

**KWR 02-095 B**  
maart 2003

# **Microbiologische aspecten van de levering van huishoudwater**

Beleidsonderbouwende monitoring

## **Bijlagenrapport 1**

© 2002 Kiwa N.V.  
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.

**Opdrachtgever**  
VROM

**Projectnummer**  
30.3058.041

**Kiwa N.V.**  
Water Research  
Groningehaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

**KWR 02-095 B**  
maart 2003

# **Microbiologische aspecten van de levering van huishoudwater**

Beleidsonderbouwende monitoring

## **Bijlagenrapport 1**

# Colofon

**Titel**

Microbiologische aspecten van de levering van  
huishoudwater

Beleidsonderbouwende monitoring

**Projectnummer**

30.3058.041

**Projectmanager**  
[Redacted]**Kwaliteitsborger(s)**

[Redacted]

[Redacted]

**Auteurs**

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het  
Contractonderzoekproject/adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats  
door de opdrachtgever zelf.

# Verantwoording

Het onderzoek beschreven in dit rapport is uitgevoerd door Kiwa Water Research in opdracht van het Ministerie van VROM, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Bodem Water Landelijk Gebied (zaaknummer VROM: 2000.060.73).

Dit onderzoek is mede tot stand gekomen dankzij de inzet van de vertegenwoordigers van drie waterleidingbedrijven en de koepelvereniging Waterwijk te Amsterdam waarvan één of meerdere huishoudwaterprojecten door het Ministerie van VROM zijn aangewezen als voorbeeldproject (proefprojecthouders).

Het onderzoek is begeleid door een commissie die bestaat uit de volgende personen:

[Redacted]	Min. van VROM, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie BWL
[Redacted]	VEWIN
[Redacted]	RIVM
[Redacted]	VROM Inspectie Zuid
[Redacted]	Hydron Midden Nederland (proefprojecthouder Leidsche Rijn)
[Redacted]	Brabant Water (proefprojecthouder Meerhoven)
[Redacted]	Vitens Gelderland (proefprojecthouder Wageningen Noordwest)
[Redacted]	Vitens Gelderland (proefprojecthouder Dichteren Doetinchem en Buitenhof Druten)
[Redacted]	Koepelvereniging Waterwijk (proefprojecthouder Waterwijk)

# Leeswijzer

In dit bijlagenrapport vindt u de resultaten van het onderzoek gericht op de microbiologische aspecten van de levering van huishoudwater bij een viertal proefprojecten. In dit rapport is uitgebreid ingegaan op de onderzoeksmethoden en de beoordelingscriteria die zijn gehanteerd om de microbiologische veiligheid van huishoudwater te kunnen onderzoeken en beoordelen. Daarnaast is per huishoudwaterproject een uitgebreid overzicht gegeven van de resultaten.

Voor de vergelijking tussen de verschillende huishoudwaterprojecten en de conclusies over de microbiologische veiligheid van huishoudwater in relatie tot de volksgezondheid wordt de lezer verwezen naar het hoofdrapport.

## Verklaring van afkortingen

<b>AOC</b>	assimileerbaar organisch koolstof	µg acetaat-C equivalenten/l
<b>ATP</b>	adenosinetriphosfaat	pg/ml (ng/l)
<b>BVS</b>	biofilmvormingssnelheid	pg ATP/cm <sup>2</sup> -dag
<b>BVP</b>	biofilmvormingspotentie	pg ATP/cm <sup>2</sup>
<b>BPP</b>	biomassaproductiepotentie	ng ATP/l (pg ATP/cm <sup>2</sup> )
<b>DEC</b>	decimale eliminatiecapaciteit	-
<b>DOC</b>	opgeloste organisch koolstof	mg C/l
<b>Ent.</b>	Entero	-
<b>FeAS</b>	ijzerafzettingssnelheid	mg Fe/m <sup>2</sup> -dag
<b>HDPE</b>	high density polyethyleen	-
<b>Kg</b>	koloniegetal	-
<b>KMnO<sub>4</sub></b>	kaliumpermanganaat	-
<b>kPa</b>	kilopascal	-
<b>kve</b>	kolonievormende eenheden	-
<b>m-mv</b>	meter beneden maaiveld	-
<b>MnAS</b>	mangaanafzettingssnelheid	mg Mn/m <sup>2</sup> -dag
<b>MTGC</b>	maximaal toelaatbare gemiddelde concentratie	-
<b>NLV</b>	Norwalk-like calicivirus	-
<b>PE</b>	polyethyleen	-
<b>pfp</b>	plaque forming particles	-
<b>PVC</b>	polyvinylchloride	-
<b>P90</b>	90 percentiel	-
<b>R<sub>2</sub>A</b>	specifiek medium voor de bepaling van heterotrofe bacteriën in drinkwater	-
<b>RCP</b>	RNA containing particles	-
<b>RNA</b>	Ribonucleic Acid (ribonucleïnezuur). Molecuul met de genetische code betrokken bij de eiwit- synthese	-
<b>SSRC</b>	sporen van sulfietreducerende clostridia	n/100 ml
<b>stds</b>	standaarddeviatie	-
<b>TDC</b>	Total Direct Count (microscopisch telling na specifieke kleuring)	-
<b>UF</b>	ultrafiltratie	-
<b>WRK</b>	NV Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland	-

# Inhoud

	<b>Verantwoording</b>	<b>4</b>
	<b>Leeswijzer</b>	<b>5</b>
	<b>Verklaring van afkortingen</b>	<b>6</b>
	<b>Inhoud</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Huishoudwaterprojecten en onderzoeksmethoden</b>	<b>11</b>
2.1	De doelstelling en onderzoeksopzet	11
2.1.1	Monitoringprogramma	11
<b>3</b>	<b>Achtergronden en beoordelingscriteria</b>	<b>13</b>
3.1	Microbiologische veiligheid van het gebruik van water	13
3.1.1	Microbiologisch veilig drinkwater: Nieuwe Waterleidingbesluit 2001	14
3.1.2	Microbiologisch veilig huishoudwater	15
3.1.3	Aantonen van de verwijdering van micro-organismen	15
3.1.4	Beoordeling van de huishoudwaterprojecten	16
3.2	Microbiologische activiteit	17
3.2.1	Microbiologische kwaliteit van drinkwater: nagroei	17
3.2.2	Groeibevorderende eigenschappen van water: methoden en referentiewaarden	17
3.2.3	Risicoanalyses Legionella	20
3.2.4	Methodiek voor beoordeling van de huishoudwaterprojecten	21
<b>4</b>	<b>Meerhoven, Eindhoven</b>	<b>22</b>
4.1	Omschrijving proefproject	22
4.2	Microbiologische veiligheid	22
4.3	Biologische stabiliteit, nagroei	24
4.3.1	Huishoudwater na behandeling	24
4.3.2	Huishoudwater in het voorzieningsgebied	27
4.4	Discussie en conclusie	29
4.4.1	Microbiologische veiligheid:	29
4.4.2	Biologische stabiliteit en nagroei	29
<b>5</b>	<b>Leidsche Rijn, Utrecht</b>	<b>31</b>
5.1	Omschrijving proefproject	31
5.2	Microbiologische veiligheid	31
5.3	Biologische stabiliteit, nagroei	33
5.3.1	Het huishoudwater na behandeling	33
5.3.2	Het huishoudwater in het voorzieningsgebied	36

5.4	Discussie en conclusie	37
5.4.1	Microbiologische veiligheid	37
5.4.2	Biologische stabiliteit en groei	37
<b>6</b>	<b>Waterwijk, Amsterdam</b>	<b>39</b>
6.1	Omschrijving proefproject	39
6.2	Microbiologische veiligheid	40
6.3	Biologische stabiliteit, groei	41
6.3.1	Het huishoudwater	41
6.3.2	Het huishoudwater in het leidingnet	44
6.4	Discussie en conclusie	45
6.4.1	Microbiologische veiligheid	45
6.4.2	Biologische stabiliteit en groei	45
<b>7</b>	<b>Noordwest, Wageningen</b>	<b>47</b>
7.1	Omschrijving proefproject	47
7.2	Microbiologische veiligheid	47
7.3	Biologische stabiliteit, groei	49
7.3.1	Huishoudwater af pompstation	49
7.3.2	Huishoudwater in het voorzieningsgebied	52
7.4	Discussie en conclusie	52
7.4.1	Microbiologische veiligheid	52
7.4.2	Biologische stabiliteit en groei	53
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>54</b>
<b>Bijlage 1: Meerhoven, Eindhoven</b>		<b>56</b>
1.	Biologische veiligheid	56
2.	Samenvatting Ruwwater (Beatrixkanaalwater)	58
3.	Samenvatting Huishoudwater (af pompstation)	58
4.	Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)	59
5.	Biofilmmonitoronderzoek	60
6.	Leidingsegmenten	62
<b>Bijlage 2: Leidsche Rijn, Utrecht</b>		<b>63</b>
1.	Biologische veiligheid	63
2.	Samenvatting ruw water (Lekkanaalwater)	65
3.	Samenvatting huishoudwater (af pompstation)	65
4.	Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)	66
5.	Biofilmmonitoronderzoek	67
6.	Leidingsegmenten	68
<b>Bijlage 3: Waterwijk, Amsterdam</b>		<b>69</b>



1.	Biologische veiligheid	69
2.	Samenvatting ruw water	71
3.	Samenvatting huishoudwater	71
4.	Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)	72
2.	Biofilmmonitoronderzoek	74
3.	Leidingsegmenten	75
<b>Bijlage 4: Noordwest, Wageningen</b>		<b>76</b>
1.	Biologische veiligheid	76
2.	Samenvatting bron	78
3.	Samenvatting huishoudwater (af pompstation)	79
4.	Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)	79
2.	Biofilmmonitoronderzoek	80
3.	Leidingsegmenten	81
<b>Bijlage 5: Risicoanalyses <i>Legionella</i></b>		<b>82</b>
<b>Bijlage 6: Brief en notitie Legionella Waterwijk</b>		<b>88</b>

# 1 Inleiding

In de afgelopen jaren zijn in Nederland een aantal woonwijken gebouwd waar via een tweede net huishoudwater wordt geleverd. Er is nog onvoldoende inzicht in nut, risico's en inbedding in regelgeving met betrekking tot deze projecten. Om aan te sluiten bij de praktijk en bij beleidsontwikkeling te beschikken over praktijkervaringen hebben het ministerie van VROM, VROM Inspectie en RIVM zes proefprojecten geselecteerd. In nauwe samenwerking met de betreffende waterleidingbedrijven Hydron Midden Nederland, Brabant Water, Vitens en de bewonersvereniging Waterwijk en Kiwa Water Research is een monitoringprogramma uitgevoerd naar de kwaliteitsontwikkeling van huishoudwater.

Het onderzoek naar de microbiologische aspecten van het gebruik van huishoudwater is gebaseerd op de methoden en kennis die bij Kiwa op het gebied van de microbiologie van drinkwater en huishoudwater gedurende jarenlang onderzoek is ontwikkeld. De resultaten van het onderzoek alsmede de beoordeling van de proefprojecten zijn in dit rapport beschreven. In hoofdstuk 2 is de onderzoeksopzet beschreven, hoofdstuk 3 is een uiteenzetting over de achtergronden van de microbiologische aspecten van water en de toegepaste beoordelingsmethodiek. In de hoofdstukken 4 tot en met 7 zijn de resultaten per proefproject beschreven.

## 2 Huishoudwaterprojecten en onderzoeksmethoden

### 2.1 De doelstelling en onderzoeksopzet

De doelstelling van het microbiologisch onderzoek was om de proefprojecten te beoordelen op de microbiologische veiligheid van het geproduceerde huishoudwater en op de mate waarin tijdens transport, distributie en toepassing zich problemen voordoen als gevolg van overmatige microbiologische activiteit (nagroeï).

De evaluatie van de microbiologische aspecten is uitgevoerd op basis van het monitoringprotocol zoals opgenomen in bijlage 1 van het hoofdrapport (KWR 02-095 A). Oorspronkelijk zijn voor het onderzoek zes projecten geselecteerd, maar uiteindelijk zijn slechts vier projecten onderzocht. De andere twee projecten zijn niet opgestart. In tabel 2.1 zijn de proefprojecten globaal beschreven; een meer gedetailleerde beschrijving is te vinden in het hoofdrapport.

Tabel 2.1 De verschillende proefprojecten

Proefproject	Ruw water bron	Zuivering	Toepassingen <sup>b</sup>
Meerhoven, Eindhoven	Oppervlaktewater	Ultrafiltratie (actieve koolfiltratie) <sup>a</sup>	TS, WM
Leidsche Rijn, Utrecht	Oppervlaktewater	Coagulatie/ zandfiltratie	TS, WM, BK
Waterwijk, Amsterdam	Regenwater	Geen (opmenging met drinkwater)	TS
Noordwest, Wageningen	Slootwater en grondwater	Bodempassage, dubbele snelfiltratie en UV-desinfectie	TS, WM, BK

<sup>a</sup> na onder meetperiode aan zuivering toegevoegd

<sup>b</sup> TS = toiletspoeling; WM = wasmachine; BK = buitenkraan

#### 2.1.1 Monitoringprogramma

De parameters en meetfrequentie zijn genoemd tabel 2.2. Onder 'bron' wordt de grondstof voor de productie van huishoudwater verstaan. Het huishoudwater is voor de distributie ( $HHW_{\text{rein}}$ ) en bij de gebruikers na transport ( $HHW_{\text{tap}}$ ) bemonsterd. De informatie in tabel 2.2 dient als richtlijn, per proefproject kunnen afwijkende frequenties en aanvullende parameters gemeten zijn.

Tabel 2.2 Overzicht volledig microbiologisch meetprogramma beleidsondersteunende monitoring, frequenties in één jaar.

Parameter	Eenheid	bron	HHW <sub>rein</sub>	HHW <sub>tap</sub>
Virussen (Rota, Entero, NWL, Reo)	pfu/l en RCP/l	6		
Fagen (somatische en F-RNA spec.)	pfu/l	6	6	
<i>Cryptosporidium</i>	oöcysten/l	6		
<i>Giardia</i>	cysten/l	6		
<i>Campylobacter</i>	kve/100 ml	6		
Coli/thermotolerante coli	n/100 ml	52	52	52
Fecale streptococci	n/100 ml	52	52	52
Sporen van sulfietreducerende clostridia (SRRC)	n/100 ml	52	52	52
ATP-gehalte	ng/l		11	6
<i>Legionella</i>	kve/ml		11	12
Koloniegetal 22°C	kve/ml		11	6
Koloniegetal 37°C	kve/ml		11	6
<i>Aeromonas</i>	kve/100 ml		11	6
AOC-gehalte	µg C/l		2 <sup>d</sup>	1
TDC	n/l			1
Biofilmmonitor <sup>a</sup>			1	
Leidingsegmenten <sup>b</sup>				1
Risicoanalyse <i>Legionella</i> <sup>c</sup>				1

<sup>a</sup> het biofilmmonitoronderzoek omvat meerdere bepalingen in biofilm op glazen ringen uit de monitor en in de waterfase (ATP-gehalte, koloniegetal op R<sub>2</sub>A-medium, *Aeromonas*, TDC); <sup>b</sup> leidingsegmentenonderzoek omvat analyse van ATP-gehalte, koloniegetal op R<sub>2</sub>A-medium, KG 22°C KG 37°C en *Aeromonas*; <sup>c</sup> risicoanalyse omvat een inspectie op locatie door een Kiwa-inspecteur waarbij gekeken is naar factoren die besmetting met legionellabacteriën door gebruik van de binneninstallatie kunnen veroorzaken; <sup>d</sup> inclusief éénmaal AOC-afname

In het volgende hoofdstuk zijn de parameters van de tabel toegelicht aan de hand van de werkwijze die is toegepast om de proefprojecten te beoordelen op microbiologische veiligheid en microbiologische activiteit.

### 3 Achtergronden en beoordelingscriteria

Bij de beoordeling van de microbiologische risico's van de levering van huishoudwater wordt onderscheid gemaakt in:

- *microbiologische veiligheid*: hoe groot is het risico van het gebruik van een ruwwaterbron waarin ziekteverwekkende micro-organismen voorkomen (bijv. oppervlaktewater).
- *microbiologische activiteit*: welke problemen kunnen ontstaan bij opslag en transport van het huishoudwater als gevolg van overmatige bacteriegroei. Bijvoorbeeld nagroei van ziekteverwekkende micro-organismen, maar ook het ontstaan van technische en esthetische problemen.

Beide aspecten worden hierna besproken. Er wordt uiteengezet hoe deze aspecten bij drinkwater worden beoordeeld en hoe dit voor huishoudwater zal worden gedaan.

#### 3.1 Microbiologische veiligheid van het gebruik van water

Oppervlaktewater dat wordt gebruikt als bron voor drinkwater of huishoudwater bevat een grote verscheidenheid aan ziekteverwekkende micro-organismen. Dit betreft met name organismen die het maagdarmkanaal kunnen infecteren. Voorbeelden van dergelijke organismen en concentraties waarin ze kunnen worden aangetroffen zijn in tabel 3.1 weergegeven. Wanneer deze micro-organismen onvoldoende door de zuivering zijn verwijderd, kan de consument aan een te hoge concentratie van deze micro-organismen worden blootgesteld. Het gaat om verschillende virussoorten (rotavirus, Norwalk-virussen, Hepatitis), pathogene protozoën (*Cryptosporidium*, *Giardia*) en pathogene bacteriën (*Campylobacter*, *Salmonella*).

Tabel 3.1 De gemiddelde concentratie (aantal per liter) enteropathogene micro-organismen in de Rijn en de Drentsche Aa

	Rijn	Drentsche Aa
<i>Giardia</i> <sup>a,b</sup>	13	43
<i>Cryptosporidium</i> <sup>a,c</sup>	12	1,2
Enterovirussen <sup>b,c</sup>	1,8	0,072
<i>Campylobacter</i> <sup>d</sup>	nb	310

Bronnen: <sup>a</sup> Medema *et al.*, 1996<sup>a</sup>, <sup>b</sup> Theunissen *et al.*, 1998,

<sup>c</sup> Nobel *et al.*, 1997; <sup>d</sup> Wübbels, 1996

Microbiologisch veilig water is vanaf het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw een van de belangrijkste kwaliteitsdoelen bij de drinkwaterbereiding. Dankzij meer en betere zuiveringsprocessen en een gerichte microbiologische kwaliteitscontrole is in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw de hygiënische kwaliteit van het drinkwater steeds verbeterd. Toch is in het buitenland recentelijk aangetoond dat de persistente ziekteverwekkende protozoën *Giardia* en *Cryptosporidium* en ook virussen de mens via drinkwater kunnen infecteren (Mackenzie *et al.*, 1994; Moore *et al.*, 1994; Craun *et al.*, 1997). Een inventarisatie van aan water gerelateerde ziektes in de VS over de periode 1974 tot 1994 leverde 77 uitbraken op die waren veroorzaakt door

verschillende pathogene bacteriën, 50 uitbraken door enterovirussen en 127 uitbraken door pathogene protozoën.

In Nederland zijn in de afgelopen decennia geen uitbraken door drinkwater gerapporteerd. Toch hebben de genoemde buitenlandse ervaringen alsmede wetenschappelijke publicaties over infectierisico gebaseerd op blootstellingstudies in Nederland geleid tot een verdere ontwikkeling van het begrip microbiologisch veiligheid van drinkwater en tot nieuwe wetgeving.

### 3.1.1 Microbiologisch veilig drinkwater: Nieuwe Waterleidingbesluit 2001

Recent is in het nieuwe Nederlandse Waterleidingbesluit (2001) voorgeschreven dat de Waterleidingbedrijven met een kwantitatieve risicoanalyse moeten kunnen aantonen dat het geproduceerde drinkwater voldoet aan een jaarlijks maximaal toelaatbaar infectierisiconiveau van  $10^{-4}$  (1 infectie op de 10.000 consumenten). De maximaal toelaatbare gemiddelde concentraties in drinkwater (MTGC) die bij dit risiconiveau horen, zijn vermeld in tabel 3.2. Basis voor een kwantitatieve risicoanalyse zoals vereist volgens het Waterleidingbesluit vormen kwantitatieve gegevens over de concentraties ziekteverwekkers in de grondstof en over de mate waarin deze door de zuivering worden verwijderd.

Tabel 3.2 De Maximaal Toelaatbare Gemiddelde Concentraties (MTGC) van pathogene micro-organismen in drinkwater en huishoudwater bij een jaarlijks infectierisiconiveau van  $10^{-4}$  en een hoeveelheid water waarin de organismen niet mogen worden aangetroffen

	Drinkwater <sup>a</sup>		Huishoudwater <sup>b</sup>	
	MTGC (n/l)	Afwezig in (m <sup>3</sup> )	MTGC (n/l)	Afwezig in (m <sup>3</sup> )
Rotavirus	$2,2 \cdot 10^{-7}$	4500	0,05	0,02
Giardia	$5,5 \cdot 10^{-6}$	180	0,3	0,003
<i>Cryptosporidium</i>	$2,6 \cdot 10^{-5}$	38	0,1	0,001
<i>Campylobacter</i> <sup>c</sup>	$5,8 \cdot 10^{-6}$	170	1,5	0,011

<sup>a</sup>VROM, 1995; <sup>b</sup>Medema *et al.*, 1999<sup>(a)</sup>; <sup>c</sup>Medema *et al.*, 1996<sup>(b)</sup>

Het verschil tussen de concentraties ziekteverwekkers waargenomen in de bron waaruit het drinkwater wordt bereid (voorbeeld tabel 3.1) met deze MTGC waarden is de vereiste verwijderingscapaciteit<sup>1</sup> om microbiologisch veilig drinkwater te bereiden. Voor de Rijn en de Drentsche Aa bijvoorbeeld ligt de vereiste verwijdering tussen 5 en 8 logeenheden.

De concentraties ziekteverwekkers in oppervlaktewater zijn vaak laag en de meetmethoden voor ziekteverwekkers zijn complex en nog steeds in ontwikkeling. Een van de ontwikkelingen op het gebied van het meten van protozoën is de mogelijkheid om de levensvatbaarheid en de soort (wel of niet menspathogeen) te kunnen bepalen met behulp van moleculaire technieken (Heijnen *et al.*, in voorbereiding). Hiermee kan de vereiste verwijderingscapaciteit beter worden gekwantificeerd.

<sup>1</sup> Verwijdering wordt uitgedrukt in logeenheden ( $\text{Log}_{10} C_{\text{opp.water}} - \text{Log}_{10} C_{\text{MTGC}}$ )

Een andere ontwikkeling is de toepassing van moleculaire technieken om RNA-bevattende deeltjes van de Norwalk-like calicivirus (NLV) in water te kunnen bepalen (Lodder *et al.*, 1999; Roda Husman, 2001). Deze ziekteverwekkende virussen blijken een van de belangrijke veroorzakers van gastro-enteritis in Nederland te zijn. Er is onvoldoende kennis<sup>2</sup> voorhanden om de moleculaire gegevens over deze voor de watermicrobiologie nieuwe groep van virussen te vertalen naar infectierisico voor de consument. Desalniettemin is besloten de meettechnieken in dit onderzoek naar huishoudwater toe te passen bij de karakterisering van de grondstof.

### 3.1.2 *Microbiologisch veilig huishoudwater*

De waterleidingbedrijven die momenteel huishoudwater leveren voor toiletspoeling, wasmachine en buitenkraan hanteren als een belangrijke kwaliteitsnorm hetzelfde kwantitatieve infectierisico als voor drinkwater (maximaal toelaatbare infectieniveau van jaarlijks 1 infectie op de 10.000 consumenten). Uitgangspunt hierbij is dat gebruik van huishoudwater niet mag leiden tot een verhoging van het infectierisico.

Medema *et al.*, (1999) heeft op grond van onderzoek berekend aan welke concentraties ziekteverwekkers de mens kan worden blootgesteld bij de toepassingen van het huishoudwater. De belangrijkste blootstellingsroute hierbij bleek verneveling in de lucht te zijn bij toiletspoeling; een deel van de ingeademde aerosolen kan het maagdarmkanaal bereiken. Op grond hiervan zijn de voorlopige MTGC-waarden voor huishoudwater vastgesteld die in tabel 3.2 zijn vermeld. Uit het grote verschil met de MTGC-waarden voor drinkwater blijkt dat de risico's bij deze toepassingen beduidend lager zijn dan bij directe consumptie.

### 3.1.3 *Aantonen van de verwijdering van micro-organismen*

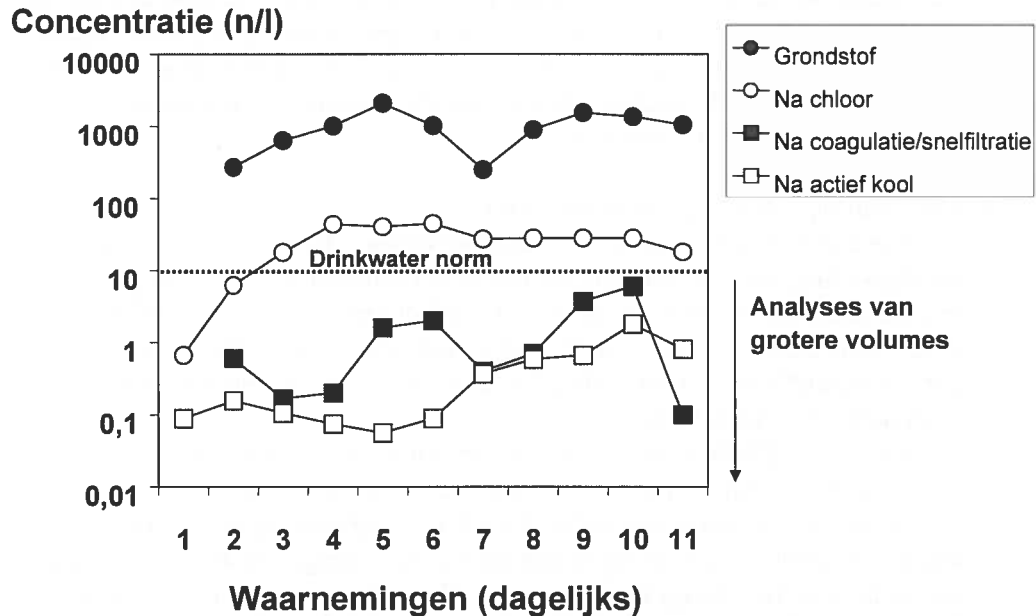
Duidelijk is dat de vereiste concentraties pathogene micro-organismen in drinkwater (tabel 3.2) te laag zijn om door middel van directe metingen in drinkwater te toetsen. Daarom wordt gebruikt gemaakt van indicatorparameters om de mate van verwijdering bij zuiveringsprocessen te kunnen kwantificeren. Voor de verwijdering van de virussen kunnen bacteriofagen (bacterievirussen) worden gebruikt. Zowel de F-specifieke RNA-fagen (Havelaar *et al.*, 1993), als de somatische colifagen (Payment *et al.* 1993) komen hiervoor in aanmerking. Voor de verwijdering van *Giardia* en *Cryptosporidium* zijn de sporen van *Clostridium perfringens* (Payment *et al.*, 1993) en de sporen van sulfiet-reducerende clostridia (SSRC) (Hijnen *et al.*, 1997, 2000a) als indicatorparameters voorgesteld. De verwijdering van Coli44 kan worden beschouwd als maatgevend voor de verwijdering van pathogene bacteriën als *Campylobacter* (Hijnen *et al.*, 2003).

De concentraties van deze indicatorparameters zijn na de eerste zuiveringsprocessen veelal gedaald tot beneden de richtwaarde voor drinkwater bepaald met de standaard analysetechniek. Met de standaardbepalingen voor indicatorbacteriën waarbij een volume van in de regel 100 ml wordt onderzocht kan slechts een verwijdering van 2 tot 3 log worden aangetoond. Daarom zijn meetmethoden ontwikkeld om grote volumes te kunnen onderzoeken, voor

---

<sup>2</sup> vertaling van genomen (genetisch materiaal) naar infectieuze deeltjes en dosis/respons curven

virussen en fagen (Van Olphen *et al.*, 1992) en voor indicatorbacteriën (Hijnen *et al.*, 2000b). Een voorbeeld van concentraties van sporen van sulfiet-reducerende clostridia (SSRC) na de diverse stadia van drinkwaterzuivering bepaald met de standaardbepaling en met de bepaling in grote volumes is gegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Concentratie sporen van sulfiet-reducerende clostridia (SSRC) in grondstof en na een aantal opeenvolgende fasen van een drinkwaterbereiding

### 3.1.4 Beoordeling van de huishoudwaterprojecten

De microbiologische veiligheid van het huishoudwater voor de enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* en *Campylobacter* is beoordeeld op basis van het bovenstaande concept. In tabel 3.4 worden de opeenvolgende stappen in de beoordeling beschreven. Voor de NLV-virussen is een evaluatie uitgevoerd op basis van de aanwezige kennis van andere virussen over de verhouding tussen RNA-bevattende deeltjes en infectieuze virussen (poliovirus) en de dosis/infectiegegevens (rotavirus).

Tabel 3.4 De opeenvolgende stappen van de beoordeling van de microbiologische veiligheid van de huishoudwaterprojecten

Stap	
1	Metingen in grondstof en berekening vereiste Decimale Eliminatie Capaciteit (DEC <sub>vereist</sub> )
2	Bepaling van de DEC van de zuivering
3	Kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling van de projecten: - worden de MTGC waarden gehaald - zo ja met welke veiligheidsmarge <sup>a</sup>

<sup>a</sup> verschil tussen de gemiddelde concentratie pathogenen en de MTGC-waarde

Door Van Dijk-Looyard en Mons (1998) werd een monitoringprogramma beschreven voor een evaluatie van een proeftraject. Op grond van dit programma en het voortschrijdend inzicht op het gebied van de microbiologische veiligheid zoals die hiervoor staat beschreven, is een meetprogramma uitgevoerd. Er is zes



maal de concentratie pathogene micro-organismen in de bron bepaald. Met een intensiever meetprogramma van fecale indicatorbacteriën voor en na de behandeling is de Decimale Eliminatie Capaciteit (DEC) van de zuivering berekend. Met deze gegevens werd per locatie de veiligheid geëvalueerd door de vereiste verwijdering of decimale eliminatie capaciteit (DEC) te vergelijken met de DEC van de zuivering voor de indicatorparameter van het betreffende ziekteverwekkende micro-organisme. Beide waarden zijn berekend met de volgende formules:

$$DEC_{vereist} = \text{Log} \frac{\bar{C}_{Rinw}}{\bar{C}_{MTGC}} \leq DEC_{zuivering} = \text{Log}_{10} \frac{\bar{C}_{Rinw}}{\bar{C}_{Huishoudwater}}$$

waarin  $\bar{C}$  de gemiddelde (rekenkundig) concentratie is,  $\bar{C}_{MTGC}$  de maximaal toelaatbare gemiddelde concentratie in het huishoudwater.

### 3.2 Microbiologische activiteit

Het overgrote deel van de in (drink)water voorkomende micro-organismen is onschadelijk voor de volksgezondheid. Groei van deze micro-organismen kan aanleiding geven tot de vorming van biomassa in het leidingnet, dat zich meestal manifesteert als een biofilm op de leidingwand. Overmatige vorming van biofilm kan vervolgens leiden tot vermeerdering van in water voorkomende ziekteverwekkers als *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella*, *Mycobacterium* en schimmels (Van der Kooij, 1996). De gezondheidsrisico's van deze ziekteverwekkers ontstaan na blootstelling via de huid of via verneveling in de lucht (aërosolen). De *Legionella*-uitbraak in Bovenkarspel heeft aangetoond hoe serieus dit risico moet worden genomen. Vervuiling van watersystemen met biomassa kan tenslotte ook leiden tot problemen van esthetische en technische aard als bruin water (in combinatie met ijzer en sediment), reuk- en smaakklachten en vermeerdering van dierlijke organismen.

#### 3.2.1 Microbiologische kwaliteit van drinkwater: nagroei

Ter controle van de microbiologische kwaliteit van drinkwater tijdens distributie en opslag wordt het koloniegetal bepaald. Dit is een kweekmethode bij 22°C en voor deze parameter is in het Waterleidingbesluit een richtwaarde opgenomen. Verhoogde waarden wijzen in de regel op nagroei. De aanwezigheid van hoge aantallen *Aeromonas*-bacteriën in water wijst op verhoogde biologische activiteit in het distributiegebied. Ook voor dit micro-organisme zijn richtwaarden geformuleerd om nagroei te beperken.

#### 3.2.2 Groeibevorderende eigenschappen van water: methoden en referentiewaarden

Uit diverse studies blijkt dat bacteriën al bij zeer lage concentraties aan afbreekbare stoffen in water kunnen groeien (Van der Kooij, 1984). Daarnaast kunnen ook uit leidingmaterialen van het watersysteem afbreekbare stoffen diffunderen die bacteriegroei bevorderen. Om dit kwantitatief te kunnen meten zijn verschillende methodieken ontwikkeld die hierna worden beschreven. Per methodiek is een range aangegeven welke voor drinkwater in Nederland is waargenomen.

- De AOC-bepaling is een methode waarmee het gehalte aan gemakkelijk assimileerbare organische koolstof in water wordt bepaald (Van der Kooij en

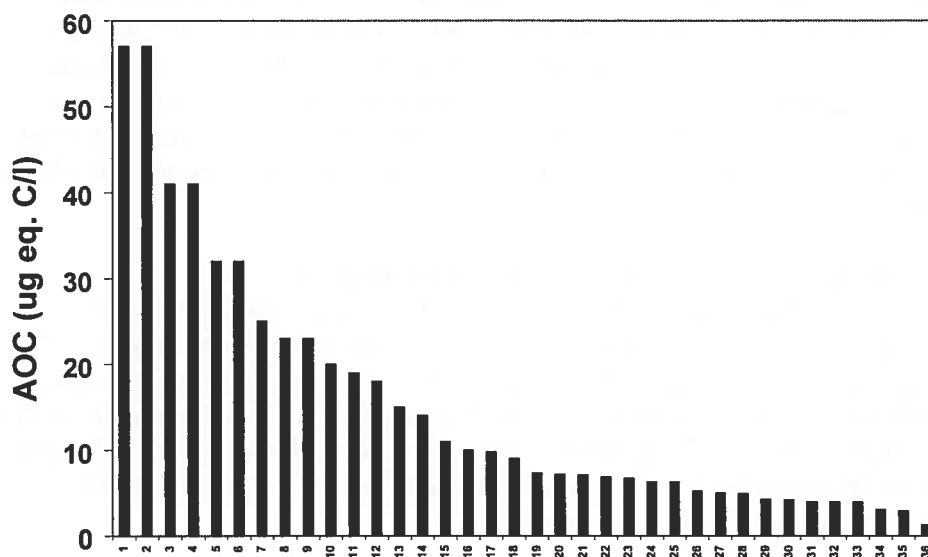
Hijnen, 1984). Het AOC-gehalte wordt bepaald door het uitvoeren van groeiingen met een tweetal bacterietypen (mengcultuur) in gepasteuriseerde monsters van het betreffende (drink)water. De bacteriestammen die bij deze groeiingen worden gebruikt zijn *Pseudomonas fluorescens* stam P17 en *Spirillum species* stam NOX. Stam P17 groeit op carbonzuren, aminozuren, koolhydraten en aromatische verbindingen. Stam NOX kan alleen een aantal carbonzuren benutten, waaronder oxaalzuur en mierenzuur, die door stam P17 niet worden opgenomen. Het AOC-gehalte van het drinkwater wordt berekend uit de maximum kolonieggetallen van de beide organismen. Hierbij worden de opbrengstfactoren van stam P17 en stam NOX op acetaat gebruikt als referentie. Het AOC-gehalte wordt vervolgens uitgedrukt in acetaat-C equivalenten per liter drinkwater.

In tabel 3.5 is een overzicht gegeven van AOC-waarden in diverse watertypen. De verdeling van AOC-waarden in drinkwater is weergegeven in figuur 3.2.

Tabel 3.5 Range van de AOC-concentratie in diverse watersoorten

Watertype	AOC ( $\mu\text{g}$ acetaat-C/l) (range)
Grondwater <sup>a</sup>	5 - 10
Drinkwater <sup>b</sup>	1,3 - 57
Oppervlaktewater voor zuivering <sup>a</sup>	25 - 100
Rivierwater <sup>a</sup>	100 - 500
Grijs afvalwater (douche, wasmachine) <sup>c</sup>	20.000 - 170.000

<sup>a</sup> Van der Kooij, 1984; <sup>b</sup> Van der Kooij, 1992; <sup>c</sup> Hijnen *et al.*, 2001<sup>(b)</sup>



Figuur 3.2 Variatie van het AOC-gehalte in het Nederlandse drinkwater (Van der Kooij, 1992)

Met de AOC-afname test wordt bepaald hoeveel AOC tijdens opslag van 7 dagen bij 15°C door de van nature in het water aanwezige bacteriën wordt opgenomen. De hoogte van deze waarde geeft een indruk van de aanwezigheid van snel opneembaar AOC dat een belangrijke rol speelt bij biofilmvorming op de buiswand van transportleidingen.

- Omdat (i) met het AOC-gehalte niet direct informatie wordt verzameld over bacteriegroei en biofilmvorming op de buiswanden in het distributiegebied en

(ii) met de bepaling ook niet alle in water aanwezige (an)organische groeibevorderende verbindingen worden gemeten is een werkwijze ontwikkeld voor het bepalen van de biofilmvormende eigenschappen van (drink)-water (Van der Kooij *et al.*, 1997, 1993). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een biofilmmonitor.

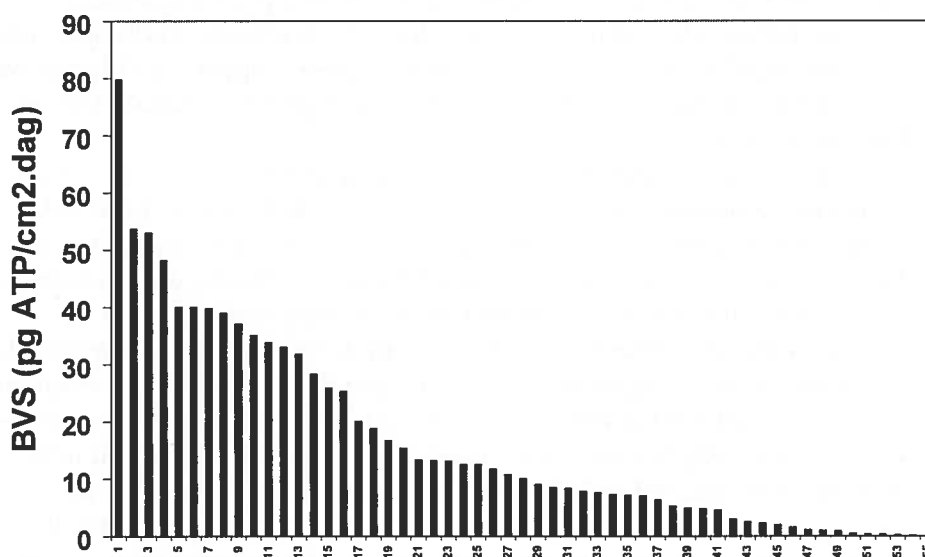
De biofilmmonitor bestaat uit een verticaal opgestelde glazen kolom gevuld met op elkaar geplaatste glazen ringen. Deze glazen kolom wordt met het te onderzoeken drinkwater doorstroomd met een constante snelheid van 0,2 m/s. De vorming van biomassa op de ringen bij deze snelheid, die overeenkomt met de stroomsnelheid in het leidingnet, is gelijkmatig verdeeld over de kolomhoogte. De vorming van biomassa in de monitor wordt bepaald door periodiek op twee uitgenomen glazen ringen de hoeveelheid adenosinetrifosfaat (ATP) te meten. De hoeveelheid ATP is een maat voor alle actieve biomassa en is snel en gevoelig te meten. Daarnaast kunnen metingen worden uitgevoerd zoals het koloniegetal op het R<sub>2</sub>A-medium, directe celtelling, het aantal *Aeromonas*-bacteriën en kunnen ook chemische analyses (met name Fe, Mn) worden verricht die informatie geven over de biofilmsamenstelling. De biofilmvormingssnelheid (BVS, pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag) is gedefinieerd als de lineaire toename van het ATP-gehalte van de biofilm als functie van de tijd voor een periode tussen 0 en 100 dagen. De biofilmvormingspotentie (BVP; pg ATP/cm<sup>2</sup>) is gedefinieerd als de gemiddelde biofilmdichtheid over de periode tussen 100 en 150 dagen blootstelling in de monitor. Uit de lineaire toename van het gehalte ijzer respectievelijk mangaan op de ringen (mits aantoonbaar) kan de ijzerafzettingssnelheid (FeAS, mg Fe/m<sup>2</sup>.dag) respectievelijk de mangaanafzettingssnelheid (MnAS, mg Mn/m<sup>2</sup>.dag) worden berekend. Gegevens over de biofilmvormende eigenschappen van drinkwater zijn verzameld (figuur 3.3). De belangrijkste kengetallen van deze dataset zijn opgenomen in tabel 3.6.

Tabel 3.6 De waarden van een aantal microbiologische parameters voor de drinkwatersituatie in Nederland

Parameter	Eenheid	P10	P50	P90	Criteria voor drinkwater
Koloniegetal 22°C <sup>a</sup>	kve/ml	5,6	30	216	100
<i>Aeromonas</i>	kve/100 ml	<1	<1	11	1000
ATP <sup>a</sup>	ng/l	1,9	4,7	11,9	< 10 <sup>b</sup>
AOC <sup>a</sup>	µg acetaat-C eq/l	4,0	8,2	36,5	<10-15
Biofilmmonitor parameters:					
BVS	pg ATP/(cm <sup>2</sup> .dag)	0,6	10	39,9	< 10 <sup>b</sup>
FeAs	mg Fe/(m <sup>2</sup> .dag)	0,03	0,63	3,81	< 1 <sup>b</sup>
MnAS	mg Mn/(m <sup>2</sup> .dag)	0,01	0,055	0,75	< 0,1 <sup>b</sup>
Biofilm op de buiswand	pg ATP/cm <sup>2</sup>	250	600	2600	nvt

<sup>a</sup> Van der Kooij, 1992; <sup>b</sup> referentiewaarden

- Een methode is ontwikkeld om de mate van biofilmvorming op de inwendige wand van transportbuizen voor leidingwater te bepalen (Van der Kooij, Vrouwenvelder en Veenendaal, 1995). Ook over het niveau van deze parameter in de drinkwatersituatie in Nederland is reeds een behoorlijke hoeveelheid data verzameld (tabel 3.6).



Figuur 3.3 Variatie van de BVS-waarden in het Nederlandse drinkwater

### 3.2.3 Risicoanalyses Legionella

Als onderdeel van het onderzoek zijn risicoanalyses *Legionella* uitgevoerd in een aantal woningen per proefproject. De resultaten van de risicoanalyses zijn opgenomen in bijlage 5. Het doel van deze risicoanalyses is om situaties in woningen in kaart te brengen die mogelijk kunnen leiden tot groei van *Legionella*. Deze risicoanalyse wordt uitgevoerd op basis van risicofactoren die bepalend zijn voor de kans op groei van *Legionella* in een binneninstallatie:

- een watertemperatuur tussen 20 en 50 °C met een maximale groei in het traject van 30 tot 40 °C;
- stilstand van water;
- lange verblijftijden van water ;
- aanwezigheid van biofilm en sediment.

Bij de beoordeling van de kans op vermeerdering van *Legionella* in een woninginstallatie zijn deze risicofactoren maatgevend. De temperatuur van het water is daarbij van doorslaggevende betekenis. Nadat groei van *Legionella* in een installatie is opgetreden, kan blootstelling aan de bacterie alleen plaatsvinden door verneveling van water aan een tappunt waarbij aërosolen worden gevormd. Aërosolen zijn in lucht gedispergeerde waterdruppeltjes met een diameter van 1 tot 10 micrometer. Aërosolvorming van huishoudwater in woninginstallaties is met name relevant bij het gebruik van de buitenkraan waarbij het water wordt verneveld.

### 3.2.4 Methodiek voor beoordeling van de huishoudwaterprojecten

De diverse onderzochte huishoudwaterprojecten zijn in dit rapport geëvalueerd zoals samengevat in tabel 3.7. Allereerst is de kwaliteit van het huishoudwater dat wordt gedistribueerd (HHW rein) beschreven (stap 1).

Vervolgens is de ontwikkeling van de kwaliteit van dit water tijdens distributie en opslag (HHW tap) bepaald (stap 2). Met gegevens over de aanwezigheid van biofilmvorming op de transportbuizen is onderzocht of en in welke mate vervuiling is opgetreden (stap 3). Tot slot wordt een kwalitatieve inschatting gemaakt van de kans op problemen door nagroei. Hierbij worden de verzamelde gegevens gebruikt samen met een systeeminspectie op *Legionella*-veiligheid en de consumentenbevindingen.

De kengetallen uit tabel 3.6 voor drinkwater zullen worden gebruikt om de gegevens voor huishoudwater uit dit onderzoek te toetsen.

Tabel 3.7 Stappen waarmee de huishoudwaterprojecten zijn geëvalueerd

Stappen	
1	Beschrijving van de kwaliteit huishoudwater af pompstation: temperatuur, troebelheid, koloniegetal, AOC, biofilmvormende eigenschappen. Vergelijking met drinkwaterkwaliteit.
2	Beschrijving van de kwaliteit van het huishoudwater tijdens distributie af tap: temperatuur, koloniegetal, <i>Aeromonas</i> aantal, ATP, AOC, <i>Legionella</i> . Vergelijking met huishoudwater af pompstation.
3	Beschrijving van de vorming van biofilm in het distributienet en vergelijking met drinkwatergegevens.
4	Kwalitatieve beoordeling van het optreden van nagroei problemen gebaseerd op <ul style="list-style-type: none"><li>- de verzamelde gegevens</li><li>- bevindingen van de uitgevoerde systeeminspecties voor de <i>Legionella</i>-veiligheid</li><li>- en de gerapporteerde consumentenbevindingen (esthetische aspecten)</li></ul>

## 4 Meerhoven, Eindhoven

### 4.1 Omschrijving proefproject

Bron:	oppervlaktewater uit het Beatrixkanaal
Zuivering:	Kaliumpermanganaat (KMnO <sub>4</sub> ) dosering, ultrafiltratie, vanaf november 2001 actieve-koolfiltratie, op 21 mei 2002 vervanging van de koolfilters na sterke vervuiling, koolfilters werden niet gerecirculeerd tijdens de stilstand van de zuivering
Productie:	10 m <sup>3</sup> /h (gedurende 4 uur per dag in bedrijf)
Distributie, aantal afnemers:	812 woningen
Gebruik van huishoudwater voor:	toiletspoeling, wasmachine-aansluiting
Historie:	zuivering 2 <sup>e</sup> helft 2000 in gebruik genomen; sinds augustus 2001 levering aan woningen
Distributienet:	sternet, tweezijdige gevoede distributiering met aftakkingen; verblijftijd water in net: vóór 24-7-2001 ongeveer 3 á 4 dagen, na die datum continue spui en verblijftijd max. 1 dag druk 80 kPa
Diameter leidingen:	25, 40, 63, 110 mm.
Leidingmateriaal:	PVC in het hoofdnet, PE naar de woningen

### 4.2 Microbiologische veiligheid

Het huishoudwater van het proefproject Meerhoven te Eindhoven wordt bereid uit oppervlaktewater uit het Beatrixkanaal. Na inname van het water en een korte standtijd wordt het water gezuiverd door middel van ultrafiltratie (UF). Na de ultrafiltratie (UF) volgt een actieve-koolfiltratie alvorens het water naar de woonwijk wordt getransporteerd. Koolfiltratie is aan de zuivering toegevoegd in november 2001 vanwege het grote aantal geur- en kleurklachten. Na sterke vervuiling van het koolfilter is dit in mei 2002 vervangen. Het koolfilter werd tijdens stilstand van de zuivering niet gerecirculeerd.

In tabel 4.1 zijn de resultaten van de metingen aan ziekteverwekkers in het Beatrixkanaalwater (bron) vermeld. Het merendeel van de gegevens is verzameld in de periode tussen april 2001 tot en met augustus 2002. Voor *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn ook gegevens van eerder uitgevoerd onderzoek in de tabel opgenomen om aan het minimaal aantal van 6 waarnemingen te komen.

In het water van het Beatrixkanaal zijn Enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* en *Campylobacter* aangetoond (tabel 4.1). Voor deze ziekteverwekkers is een vereiste DEC berekend op basis van de gemiddelde concentratie en de voorlopige richtwaarde voor huishoudwater (Medema e.a., 1999). RNA van het Rotavirus en de Norwalk-like calicivirussen (NLV) is niet aangetroffen in de onderzochte

watervolumes. Voor de pathogene protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn de gecorrigeerde<sup>3</sup> gegevens gebruikt die zijn verkregen met de immunofluorescentie bepalingsmethodiek. De vereiste DEC voor beide organismen is 1,8 en 2,0 log (tabel 4.1). Doordat een deel van de aangetoonde (oö)cysten niet menspathogeen en ook niet levensvatbaar zal zijn, is het waarschijnlijk dat de gemiddelde concentratie in werkelijkheid lager ligt.

Tabel 4.1 Concentratie pathogene micro-organismen en fecale indicatorbacteriën in de bron (n/l), Beatrixkanaalwater, alsmede de vereiste DEC voor de behandeling

Parameter	Eenheid	Gegevens bron <sup>a</sup>				DEC vereist behandeling <sup>b</sup>
		N	%pos	Gem.	Range	
Enterovirus	pfu/l	6	100	0,8	0,012 - 3,3	1,2
Rotavirus	RCP/l	6	0	< 18,4	< 11,2 - < 33,4	nvt <sup>d</sup>
Norwalk-like virus	RCP/l	6	0	< 44,1	< 27 - < 80,2	nvt
<i>Cryptosporidium</i>	oöcysten/l	6	88	5,9 <sup>c</sup>	< 0,03 - 18,5	1,8
<i>Giardia</i>	cysten/l	6	100	29,8	8,2 - 76	2,0
<i>Campylobacter</i>	kve/l	6	33	33 <sup>c</sup>	< 3 - 150	0,3

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddelde; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> decimale eliminatie capaciteit (DEC) die vereist is, berekend op basis van gemiddelde waarde in bron en voorlopig opgestelde richtwaarden (zie tabel 3.2)

<sup>c</sup> < waarden op 0 gesteld; <sup>d</sup> nvt = niet van toepassing (geen gegevens over dosis/respons (infectie) bekend of geen richtwaarden gesteld)

Een overzicht van de concentraties bacteriofagen en indicatorbacteriën in het water na de behandeling (HHW<sub>rein</sub>) wordt in tabel 4.2 gegeven. Op basis van deze gegevens is de DEC van de zuivering voor deze micro-organismen berekend. In het geproduceerde huishoudwater (HHW<sub>rein</sub>) worden weinig bacteriofagen en indicatorbacteriën aangetroffen. Voor de indicatorbacteriën waren de meeste monsters negatief. In 4 van de 6 monsters HHW<sub>rein</sub> zijn bacteriofagen aangetroffen.

Tabel 4.2 Concentratie indicatorbacteriën en bacteriofagen in het HHW<sub>rein</sub> (n/l) en de DEC van de behandeling voor deze micro-organismen (indicatorparameters)

Parameter	Bron	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>				DEC behandeling <sup>b</sup>
		Gem.	N	%pos	Gem.	
<i>E. coli</i>	5,7·10 <sup>4</sup>	66	0	< 3,3	0	> 4,2
Ent. coccen	1,1·10 <sup>4</sup>	66	2	0,3	0 - 10	4,6
SSRC	6,3·10 <sup>3</sup>	66	3	0,15 <sup>c</sup>	0 - < 20	4,6
F-spec. fagen	3,2·10 <sup>3</sup> <sup>c</sup>	6	0	< 0,0033	< 0,0028 - < 0,0044	> 6,0
Som. colifagen	3,6·10 <sup>3</sup>	6	67	0,0026	0,0028 - 0,0047	6,1 (2,6 - 6,4) <sup>d</sup>

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddeld; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> gerealiseerde decimale eliminatiecapaciteit (DEC) op basis van de gemiddelde waarde in bron en gemiddelde waarde in HHW<sub>rein</sub>; <sup>c</sup> < waarde op 0 gesteld; <sup>d</sup> gerealiseerde decimale eliminatiecapaciteit (DEC) op basis van de individuele waarde in bron en in HHW<sub>rein</sub> op dezelfde bemonsteringsdatum zie bijlage 1

De DEC van de zuivering voor de indicatorbacteriën was 4,6 log en is geschat uit een relatief grote dataset, maar met een laag percentage positieve monsters in HHW<sub>rein</sub>. Voor bacteriofagen werd een verwijderingscapaciteit van 6,1 log berekend met een geringe dataset waarvan het percentage positieve monsters hoog was.

<sup>3</sup> correctie voor opbrengst van de bepalingsmethodiek in 1999 (resp. 2,6 en 15,6% en voor de twee waarnemingen in 2001 resp. 22 en 7,9%)

### De microbiologische veiligheid

Uit een vergelijking met de vereiste DEC-waarden blijkt dat de zuivering ruimschoots voldoende is om het HHW<sub>rein</sub> als microbiologisch veilig te beoordelen. De MTGC-waarden worden ruimschoots gehaald (Tabel 4.3). Voor virussen is de veiligheidsmarge ca. 5 log en voor de protozoa en *Campylobacter* ca. 3 log.

Tabel 4.3 Veiligheidsbeoordeling van het huishoudwater

	Bron (n/l)	DEC behandeling	Pathogenen in HHW <sub>rein</sub> (n/l)	MTGC Huishoudwater
Enterovirus	0,8	6,1 (bacteriofagen)	$6,4 \times 10^{-7}$	0,05
<i>Cryptosporidium</i>	5,9	4,6 (SSRC)	0,00015	0,1
<i>Giardia</i>	29,8	4,6 (SSRC)	0,00075	0,3
<i>Campylobacter</i>	33	>4,2 ( <i>E. coli</i> ) 4,6 (Enterococcen)	0,0008	1,5

## 4.3 Biologische stabiliteit, nagroei

### 4.3.1 Huishoudwater na behandeling

De samenstelling, biofilmvormende, ijzer- en mangaanafzettende eigenschappen van het HHW<sub>rein</sub> in Meerhoven bepaald in de periode april 2001 – augustus 2002 zijn samengevat weergegeven in tabel 4.4 en 4.5. De gegevens over de samenstelling van het HHW<sub>rein</sub> komen grotendeels uit de periode zonder koolfiltratie. Alleen de waarden van het koloniegetal 37°C, de troebelheid en de DOC waren na introductie van de koolfiltratie lager dan de gemiddelde waarden genoemd in de tabel. De gegevens over de biologische stabiliteit (tabel 4.4) komen uit de periode zonder koolfiltratie. De meetresultaten zijn opgenomen in Bijlage 1.

Tabel 4.4 Samenstelling van het HHW<sub>rein</sub> in Meerhoven (af pompstation) in de periode april 2001 – augustus 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	range (min – max)	P90
Temperatuur	°C	30	14,1 ± 4,3	6 – 21	19
DOC	mg/l	56	4,4 ± 1,5	1,0 – 6,9	6,2
Ijzer	mg/l	66	0,012 ± 0,006	< 0,01 – 0,05	< 0,01
Mangaan	mg/l	64	0,050 ± 0,03	0,02 – 0,22	0,08
Troebelheid	Fte	66	0,4 ± 0,4	0,1 – 2,8	0,6
Koloniegetal 22°C	kve/l	66 <sup>c</sup>	$1,3 \cdot 10^7 \pm 2,6 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^5 - 1,4 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^7$
Koloniegetal 37°C	kve/l	66 <sup>c</sup>	$1,1 \cdot 10^6 \pm 2,4 \cdot 10^6$	$< 1 \cdot 10^3 - 1,1 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^6$
<i>Aeromonas</i>	kve/l	14	11 ± 43	< 10 – 160	-
ATP	ng ATP/l	10 <sup>b</sup>	214 ± 125	100 – 500	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; stds = standaard afwijking; Gem. = gemiddelde; P90 = 90-percentielwaarde; <sup>b</sup> waarden in meetperiode biofilmmonitor mei – oktober 2001; <sup>c</sup> > waarden als getal genomen

De koloniegetallen en het ATP-gehalte van het water zijn hoog in vergelijking met drinkwater en vertoonden relatief veel fluctuatie in de tijd. Aangezien micro-organismen door de ultrafiltratiemembranen verwijderd worden, zijn deze hoge waarden het gevolg van nagroei tijdens de behandeling na de ultrafiltratie. De zuivering wordt slechts gedurende 4 uur per dag bedreven en is verder buiten gebruik (geen recirculatie). Een dergelijke bedrijfsvoering is meestal nadelig voor de



biologische kwaliteit van het water (hoge koloniegetallen). Het koloniegetal bij 37°C is ca. 100 maal hoger dan in drinkwater.

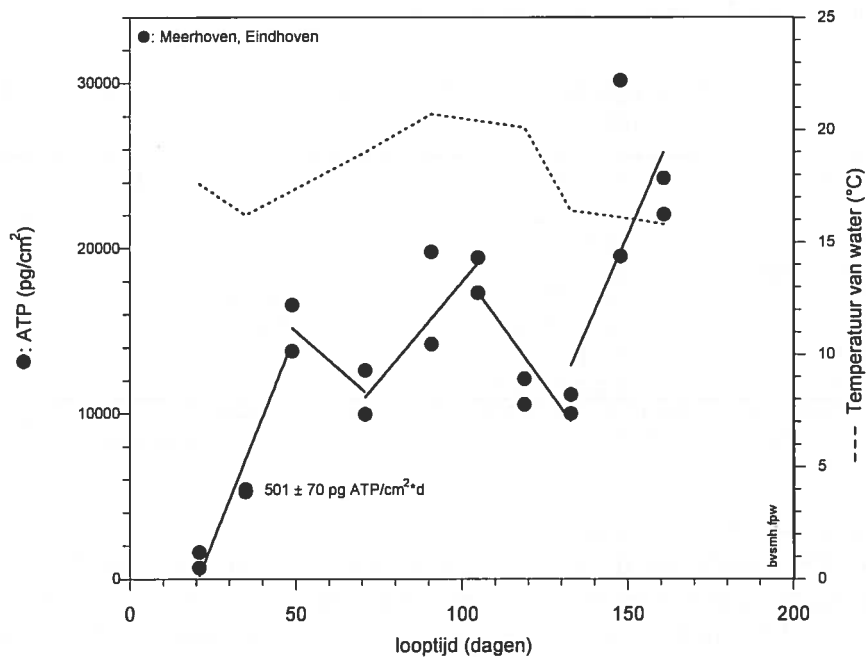
Tabel 4.5 De biologische stabiliteit van het HHW<sub>rein</sub> in Meerhoven in de periode mei 2001 – oktober 2001

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>		
		N	Gem. ± stds	range (min - max)
AOC	µg ac-C/l	2	(33) <sup>b</sup>	17 en 49 <sup>b</sup>
AOC afname	µg ac-C/l	1	8,3	-
BVS	pg ATP/cm <sup>2</sup> .d	1	500 ± 70	-
BVP	pg ATP/cm <sup>2</sup>	1	2,2·10 <sup>4</sup>	-
FeAS	mg Fe/m <sup>2</sup> .d	1	0,3 ± 0,1	-
MnAS	mg Mn/m <sup>2</sup> .d	1	nb <sup>c</sup>	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem = gemiddelde; stds = standaard afwijking; <sup>b</sup> 2 waarden in meetperiode biofilmmonitor respectievelijk op 13-6-2001 en 5-9-2001; <sup>c</sup> nb = niet bepaald vanwege variërende dichtheden in de tijd, zie figuur 2.2

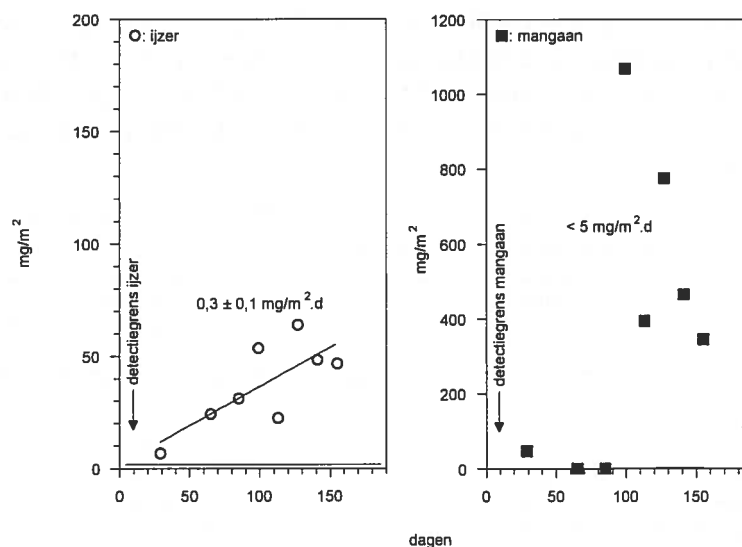
#### Biologische stabiliteit van het huishoudwater

Het AOC-gehalte werd tweemaal gedurende de onderzoeksperiode bepaald, waarbij de twee meetresultaten sterk verschilden (17 en 49 µg ac-C/l). Eénmalig is (op 13-6-2001) naast de bepaling van het AOC-gehalte ook het AOC-gehalte bepaald na 7 dagen incubatie van het watermonster. Verschillen tussen de resultaten van de twee AOC-metingen duiden op de aanwezigheid van zeer gemakkelijk afbreekbare stoffen die door de autochtone populatie snel benut worden. Het verschil bedroeg 8,3 µg ac-C/l. Dit betekent dat een groot deel (ca. 50%) en een hoge concentratie van het AOC-gehalte zeer gemakkelijk afbreekbaar is. Bij drinkwater is in de regel de afname van het AOC-gehalte door de 7-daagse incubatie met de autochtone bacteriepopulatie lager (zowel absoluut en relatief). Het verloop van de biofilmvorming in de monitor is weergegeven in figuur 4.1. De periode waarbij het onderzoek met de biofilmmonitor werd uitgevoerd was korter dan de periode vermeld in tabel 4.4. De watertemperatuur tijdens het onderzoek met de biofilmmonitor varieerde tussen de 15 en 21 °C.



Figuur 4.1 Biofilmvorming in de biofilmmonitor voorzien met  $HHW_{rein}$  van proefproject Meerhoven in de periode 9 mei 2001 – 17 oktober 2001.

In de biofilmmonitor werd een sterke toename van de concentratie actieve biomassa (ATP) op de glazen ringen in de tijd waargenomen (figuur 4.1), waarbij hoge concentraties biomassa werden bereikt (tot 30.000 pg ATP/cm<sup>2</sup>). In de regel verloopt de toename van de biofilmdichtheid in de monitor voorzien met drinkwater meer gelijkmatig in de tijd. Uit de periode waarbij de biofilmdichtheid lineair toeneemt in de tijd wordt de biofilmvormingssnelheid (BVS) afgeleid. Bij de biofilmmonitor voorzien met het  $HHW_{rein}$  van Meerhoven lijkt de gelijkmatige toename van concentratie actieve biomassa in de tijd gedurende de eerste 50 dagen (na het opstarten van het onderzoek met de monitor) plaats te vinden. De sterke variatie van het ATP-gehalte op de glazen ringen wijst op een biologisch instabiel water. Dit sluit aan bij het wisselende AOC-gehalte. De afgeleide BVS-waarde (500 pg ATP/cm<sup>2</sup>-dag) is echter onnauwkeurig en is een indicatie voor de waarde. Deze waarde is overigens veel hoger dan de waarden die voor drinkwater zijn waargenomen (gemiddeld < 10 pg ATP/cm<sup>2</sup>-dag).



Figuur 4.2 IJzer- en mangaangehalte op ringen uit de biofilmmonitor voorzien met  $HHW_{rein}$  van Meerhoven in de periode 9 mei 2001 – 17 oktober 2001. NB: de Y-as van de rechterfiguur heeft een afwijkende schaal

Afzetting van ijzer en mangaan op de ringen in de monitor werd eveneens waargenomen (figuur 4.2). De ijzerafzetting op de ringen was gelijkmatig en de afgeleide ijzerafzettingssnelheid (FeAS) bedroeg  $0,3 \pm 0,1$  mg Fe/ $m^2$ -dag. Deze waarde valt binnen de range van FeAS-waarden waargenomen voor drinkwater in Nederland. De mangaanafzetting in de monitor week duidelijk af van de mangaanafzetting die normaal bij drinkwater wordt gevonden: (I) meer mangaan dan ijzer (in de regel is dit andersom), (II) hoge mangaandichtheden (tot 1000 mg/ $m^2$ ) en (III) variërende dichtheden in de tijd. Dit laatste kan duiden op afspoelen van mangaan van de wand, hetgeen bij dergelijke hoge concentraties tot een relatief snelle vervuiling van het voorzieningsgebied kan leiden. Een mogelijke oorzaak voor de hoge concentraties mangaan in de monitor (en dus ook in het voorzieningsgebied) is de  $KMnO_4$ -dosering tijdens de voorzuivering. De metingen met de biofilmmonitor zijn uitgevoerd in de periode waarbij nog geen koolfiltratie in de voorzuivering werd toegepast. Onduidelijk is wat het effect van koolfiltratie op de BVS-, FeAS- en MnAS-waarden van het water is.

#### 4.3.2 Huishoudwater in het voorzieningsgebied

Bij proefproject Meerhoven is in het leidingnet een aantal monsterpunten geselecteerd ( $HHW_{tap}$ ), die verschilden in verblijftijd. Vanwege de beperkte grootte van het net zijn alle resultaten samengevat in tabel 4.6.

##### Waterkwaliteitsgegevens

Een goed oordeel over het optreden van nagroei op grond van de koloniegetallen was niet mogelijk omdat een deel van de waarden boven de bovenste analysegrens van de bepaling uitkwamen. Uit vergelijking van de gegevens van  $HHW_{rein}$  Meerhoven (tabel 4.4) en het  $HHW_{tap}$  (tabel 4.6) blijkt dat geen toename van betekenis van koloniegetal 22°C en koloniegetal 37°C in het leidingnet werd

waargenomen. Verder waren de kolonietallen in het HHW<sub>rein</sub> al relatief hoog. Een toename als gevolg van de biofilm in het HHW<sub>tap</sub> valt dan niet meer te verwachten. Het biomassagehalte van het huishoudwater bepaald met ATP daalt tijdens het verblijf in het net van gemiddeld 214 naar 87 ng/l en ook een afname van het AOC-gehalte wordt geconstateerd (waarden af pompstation en in net niet gelijktijdig gemeten).

Tabel 4.6 Samenstelling van water in het HHW<sub>tap</sub> van proefproject Meerhoven in de periode juli 2001 – november 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>tap</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	Range (min - max)	P90
Temperatuur	°C	102	15 ± 3,9	7,9 - 23,2	20,2
DOC	mg/l	3 <sup>d</sup>	5,2 ± 1,6	3,4 - 6,1	-
Ijzer	mg/l	109 <sup>d</sup>	0,012 ± 0,008	< 0,01 - 0,05	0,011
Mangaan	mg/l	110 <sup>d</sup>	0,019 ± 0,023	< 0,01 - 0,14	0,015
Koloniegetal 22°C	kve/l	106 <sup>b</sup>	> 4,4·10 <sup>6</sup> ± 1,3·10 <sup>7</sup>	6·10 <sup>3</sup> - 1,0·10 <sup>8</sup>	4,5·10 <sup>6</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	104 <sup>c</sup>	> 2,7·10 <sup>5</sup> ± 5,4·10 <sup>5</sup>	0 - 4,6·10 <sup>6</sup>	6,6·10 <sup>5</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/l	97	15 ± 46	0 - 300	40
<i>Legionella</i>	kve/l	42	< 50	< 50	< 50
ATP	ng/l	16	87 ± 58	11 - 210	155
AOC	µg ac-C/l	2 <sup>e</sup>	21,5	20 - 23	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddeld; stds= standaardafwijking; P90 = 90-percentielwaarde;

<sup>b</sup> 22% van de waarnemingen betrof > de detectiegrens, de detectiegrens is als waarde betrokken bij de berekeningen; <sup>c</sup> 13% van de waarnemingen betrof > de detectiegrens, de detectiegrens is als waarde betrokken bij de berekeningen; <sup>d</sup> periode oktober 2001 t/m april 2002; <sup>e</sup> bemonstering op 15 oktober 2001

Vergelijking van de *Aeromonas* aantallen af pompstation (HHW<sub>rein</sub>) en in het net (HHW<sub>tap</sub>)(tabellen 4.4 en 4.6) laten een lichte stijging zien van het aantal in het distributienet. Legionellabacteriën zijn niet aangetroffen.

Het ijzergehalte daalt in het voorzieningsgebied niet meer, maar het gemiddelde mangaangehalte af pompstation (0,05 mg/l) daalde tot gemiddeld 0,019 mg/l (tabel 4.6). Dit kan duiden op mangaanafzetting zoals ook is waargenomen in de biofilmmonitor.

#### Biofilmvorming in het voorzieningsgebied

In het voorzieningsgebied zijn leidingsegmenten van PVC (Ø van 110, 63, 40 mm) en PE (Ø van 125 mm) op 21 november 2001 op een 3-tal locaties uitgenomen. Deze leidingsegmenten zijn gedurende een periode van 7 maanden doorstroomd geweest, waarvan 6 maanden met drinkwater en 1 maand met huishoudwater. Er zijn in deze laatste periode meerdere spuiacties geweest, ook vlak voor het uitnemen van de segmenten.

Op de binnenkant van de leidingsegmenten werden de concentraties van diverse biomassaparameters gemeten. Het ATP-gehalte van de biofilm op de wand van deze leidingsegmenten (3,0·10<sup>3</sup> pg ATP/cm<sup>2</sup>; tabel 4.7) was lager dan de BVP in de monitor (tabel 4.5). Tussen de verschillende materialen en diameters zijn geen grote verschillen geconstateerd (Bijlage 1). Dergelijke hoge ATP-concentraties op de binnenkant van leidingsegmenten zijn in voorzieningsgebieden met drinkwater in Nederland ook waargenomen. Hierbij was altijd sprake van *Aeromonas*-nagroeï. Waarschijnlijk door het korte gebruik van het net zijn deze bacteriën in de biofilm nog niet aangetroffen. Ook *Legionella*-bacteriën werden niet in de biofilm (< 4 kve/cm<sup>2</sup>) aangetroffen (tabel 4.7).

Tabel 4.7 Biofilmgegevens van de leidingsegmenten van proefproject Meerhoven (november 2001)

Parameter	Eenheid	Gegevens leidingsegmenten <sup>a</sup>	
		N	Gemiddelde ± stds
Biomassaconcentratie	pg ATP/cm <sup>2</sup>	7	3,0·10 <sup>3</sup> ± 2,3·10 <sup>3</sup>
koloniegetal 22°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	2,5·10 <sup>3</sup> ± 3,0·10 <sup>3</sup>
koloniegetal 37°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	44 ± 40
koloniegetal 25°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	3,2·10 <sup>5</sup> ± 4,7·10 <sup>5</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/cm <sup>2</sup>	7	< 4,4
<i>Legionella</i>	kve/cm <sup>2</sup>	6	< 4,4

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; stds = standaard afwijking

#### 4.4 Discussie en conclusie

##### 4.4.1 Microbiologische veiligheid:

Het Beatrixkanaalwater dat als bron voor het huishoudwater wordt gebruikt bevat darmpathogenen. Enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* en *Campylobacter* zijn aangetroffen en op basis van de concentraties varieert de vereiste verwijdering tussen 0,3 log voor *Campylobacter* en 2,0 log voor *Giardia*. Met behulp van de indicatorbacteriën en bacteriofagen kon een Decimale Eliminatie Capaciteit (DEC) van de behandeling met ultrafiltratie worden bepaald van 4 tot 6 log. De veiligheidsmarge (verschil tussen de concentratie in het HHW en de MTGC-waarde voor een infectierisiconiveau van 10<sup>-4</sup>) voor de meest kritische ziekteverwekkers, de virussen, op deze locatie bedraagt 5 log en voor de andere pathogenen ca. 3 log. Omdat ultrafiltratie een enkelvoudige barrière is en er geen verdere desinfectie wordt toegepast, is een regelmatige controle van de microbiologische veiligheid noodzakelijk.

##### 4.4.2 Biologische stabiliteit en nagroei

Het huishoudwater is niet biologisch stabiel. Deze conclusie is gebaseerd op de volgende bevindingen waarbij de resultaten vergeleken zijn met gegevens over drinkwater in Nederland :

- Het AOC-gehalte (tot 50 µg ac-C/l) en het ATP-gehalte (tot 500 ng ATP/l) van het huishoudwater zijn (periodiek) relatief hoog;
- De BVS-waarde (500 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag) in de biofilmmonitor is hoog (drinkwater < 10 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag);
- De concentraties mangaan (tot ruim 1000 mg/m<sup>2</sup>) in de biofilmmonitor zijn hoog;
- De waarden van de genoemde parameters (AOC, ATP, mangaanconcentratie) fluctueren sterk net als de koloniegetallen;

Op basis van de hoge AOC-, ATP- en BVS-waarde(n) wordt nagroei in het voorzieningsgebied verwacht. Het AOC- en ATP-gehalte daalde tijdens distributie. Op grond van de koloniegetallen kon geen nagroei worden geconstateerd in het net, waarschijnlijk omdat de waarden af pompstation reeds hoog waren. De relatief hoge concentratie biofilm (3.000 pg ATP/cm<sup>2</sup>) op de binnenwand van de leidingsegmenten uit het voorzieningsgebied wijst op een intensieve microbiologische activiteit, vooral omdat de leeftijd van het net nog maar 2 tot 3 maanden bedroeg.

Het onderzoek met de biofilmmonitor is uitgevoerd in de periode voordat koelfiltratie in de voorzuivering werd toegepast. Verwacht wordt, op basis van

metingen elders, dat de toepassing van koolfiltratie tot een verbetering van de biologische stabiliteit van het water zal leiden. In de periode na het plaatsen van de koolfilters zijn geen gegevens beschikbaar over de biologische stabiliteit van het water in Meerhoven.

#### *Legionella nagroei*

In het voorzieningsgebied zijn in de onderzochte periode geen *Legionella*-bacteriën waargenomen (in het water en de biofilm op de wand). De waargenomen temperaturen in het voorzieningsgebied waren beneden de 20°C. Omdat de 90-percentielwaarde rond 20°C was en bij de inspectie van een viertal woningen zelfs temperaturen van ca. 27°C zijn gemeten, kan vermeerdering van *Legionella* niet worden uitgesloten.

Op grond van de risicoanalyse in de woningen is verder aannemelijk gemaakt dat in een aantal woningen een dood leidingstuk voor huishoudwater kan worden aangetroffen. Dit ontstaat als een bewoner van een koophuis niet kiest voor een extra toilet op de eerste verdieping waarvoor de leiding al wel is aangelegd. In één woning is een verkeerde aansluiting voor huishoudwater aangetroffen. In het laatste geval betrof het een fonteintje op een toilet dat bij een verbouwing door een aannemer was aangesloten op huishoudwater.

#### *Esthetische problemen*

De hoge mangaanafzetting in de biofilmmonitor en de hypothese van mangaanproblemen in het voorzieningsgebied worden bevestigd uit de gegevens van het waterleidingbedrijf over klachten. Er werden bruine verkleuringen van wasgoed en sanitair gerapporteerd. Ook geurklachten over wasgoed en water zijn opgetreden.

De bevindingen van dit onderzoek leiden tot de conclusie dat het huiswater van deze locatie in vergelijking met drinkwater niet biologisch stabiel is en dan ook aanleiding kan geven tot vervuiling van het voorzieningsgebied met daaraan gekoppeld klachten van consumenten als bruin water, geur en dierlijke organismen.

## 5 Leidsche Rijn, Utrecht

### 5.1 Omschrijving proefproject

Bron:	Oppervlaktewater uit het Lekkanaal
Zuivering:	coagulatie/sedimentatie, snelfiltratie
Productie:	ongeveer 370 m <sup>3</sup> /d
Distributie, aantal afnemers:	400 woningen
Gebruik:	toiletspoeling, wasmachine-aansluiting, buitenkraan
Historie:	sinds 1999 levering aan woningen, monitoren waterkwaliteit sinds 1999
Distributienet:	deels vertakt, ook ringleidingen waarin door middel van afsluiters de stroomrichting kan worden bepaald, afstand van WRK tot wijk is ongeveer 10 km.
Diameter leidingen:	hoofdnet tot en met 160 mm leiding
Leidingmateriaal:	PVC en PE

### 5.2 Microbiologische veiligheid

Het huishoudwater voor proefproject Leidsche Rijn bij Utrecht wordt bereid uit oppervlaktewater uit het Lekkanaal. Op pompstation Cornelis Biemond te Nieuwegein wordt het water ingenomen en na coagulatie/sedimentatie en snelfiltratie, via een transportleiding naar de betreffende woonwijk getransporteerd.

In tabel 5.1 zijn de resultaten van de metingen aan ziekteverwekkers in het Lekkanaalwater vermeld en de daarbij behorende vereiste verwijdering of Decimale Eliminatie Capaciteit (DEC) om aan de voorlopige richtwaarden voor huishoudwater te voldoen. Het merendeel van de gegevens is verzameld in de periode 1998 tot en met 2002. De gegevens over virussen zijn in 2001 verzameld. Om duidelijk te maken dat de concentratie NLV virussen in het Lekkanaalwater in de winterperiode 2 logeenheden hoger was dan in het voorjaar, zijn deze data afzonderlijk in de tabel opgenomen. Voor deze pathogene virussen is nog geen vereiste verwijdering te geven omdat de vertaling van RNA bevattende deeltjes naar infectieuze deeltjes niet bekend is en geen literatuur over de dosis/respons beschikbaar is (de Roda-Husman, 2001).

De aantallen enterovirussen in dit water waren dermate laag dat het ruwe water reeds aan de richtwaarde voor huishoudwater voldeed (DEC vereist = 0).

De concentratie (oö)cysten van *Cryptosporidium* en *Giardia* waren gemiddeld 8,2 en 95 per liter<sup>4</sup> (Medema *et al.*, 2001). Hieruit kan een vereiste verwijdering van 1,9 en 2,5 log worden berekend.

---

<sup>4</sup> correctie voor opbrengst van de bepalingsmethodiek in dit water bepaald in 1999 (respectievelijk 2,6 en 15,6%)

In het ruwe water werden betrekkelijk weinig *Campylobacter* bacteriën aangetroffen. De gemiddelde concentratie was in geringe mate (0,3 log) hoger dan de vereiste concentratie in huishoudwater.

Tabel 5.1 Concentratie pathogene micro-organismen en fecale indicatorbacteriën in de grondstof (n/l) alsmede de vereiste DEC voor de behandeling

Parameter	Eenheid	Gegevens bron <sup>a</sup>				DEC vereist behandeling <sup>b</sup>
		N	%pos	Gem.	Range	
Enterovirus	pfu/l	6	100	0,039	0,005 - 0,075	0
Rotavirus	RCP/l	6	0	< 31	< 13 - < 60	nvt <sup>e</sup>
Norwalk-like virus	RCP/l	3	50	4,6·10 <sup>3</sup> (jan-mrt)	< 31 - >1,4·10 <sup>4</sup>	nvt <sup>e</sup>
		3		31 (apr-mei)		
<i>Cryptosporidium</i>	oöcysten/l	12 <sup>c</sup>	33	8,2	<0,0 - 35	1,9
<i>Giardia</i>	cysten/l	12 <sup>c</sup>	83	95	<0,0 - 950	2,5
<i>Campylobacter</i>	kve/l	7	71	30 <sup>d</sup>	< 3 - 90	3

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddeld; Range = minimum - maximum (voor protozoa het geometrisch gemiddelde); <sup>b</sup> decimale eliminatie capaciteit (DEC) die vereist is, berekend op basis van gemiddelde waarde in bron en voorlopig opgestelde richtwaarden (zie tabel 3.2); <sup>c</sup> gegevens afkomstig uit onderzoek van Medema *et al.* 2001 (RIWA-rapport), gecorrigeerde waarden; <sup>d</sup> resultaten uit periode maart 2001 t/m april 2002, de < waarden op 0 gesteld; <sup>e</sup> nvt = niet van toepassing (geen gegevens over dosis/respons (infectie) bekend of geen richtwaarden gesteld)

Een overzicht van de concentraties bacteriofagen en indicatorbacteriën in het ruwe water (bron) en het HHW<sub>rein</sub> wordt in tabel 5.2 gegeven. Op deze locatie zijn gelijktijdig met de protozoa aantallen in de bron, ook de protozoa aantallen in het HHW<sub>rein</sub> bepaald (Bijlage 2). Op basis van deze gegevens is de gerealiseerde DEC van de zuivering voor deze micro-organismen berekend.

Tabel 5.2 Concentratie indicatorbacteriën en bacteriofagen in het huishoudwater (HHW<sub>rein</sub>) (n/l) en de verwijderingscapaciteit van de behandeling voor deze micro-organismen (indicatorparameters).

Parameter	Bron	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>				DEC behandeling (Range) <sup>b</sup>
		N	%pos	Gem.	Range	
<i>E. coli</i>	2,3·10 <sup>3</sup>	36	92	51	0 - 560	1,7 (1,1 - 3,2)
Enterococcen	830	39	87	15	0 - 80	1,7 (1 - 2,7)
SSRC	4,1·10 <sup>3</sup>	54	93	15	0 - 60	2,4 (0,8 - 3,6)
F-spec. fagen	4,6·10 <sup>3</sup>	6	100	36	0,18 - 109	1,2 (0,7 - 1,3)
Som. colifagen	350	6	100	396	16 - 939	1,3 (0,8 - 1,6)
<i>Cryptosporidium</i>	8,2	15	27	0,02	<0,0 - 0,2	2,6
<i>Giardia</i>	95	15	40	0,03	<0,0 - 0,08	3,5

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddeld; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> gerealiseerde decimale eliminatiecapaciteit (DEC) op basis van de gemiddelde waarde in bron en gemiddelde waarde in huishoudwater

Uit tabel 5.2 blijkt dat de aantallen indicatorbacteriën in het Lekkanaalwater variëren tussen 0 en 1,1·10<sup>3</sup> n/l en het aantal bacteriofagen tussen 2,8 en 1,3·10<sup>4</sup> n/l. De behandeling met coagulatie/sedimentatie en snelfiltratie verlaagt de concentraties van deze indicatorparameters met 1,2 (fagen) tot 2,4 (SSRC). Deze verwijdering is vergelijkbaar met de verlaging van het koloniegetal 22°C (1,5 log) en het koloniegetal 37°C (1,8 log) en van het *Aeromonas* aantal (2,0 log). De verwijdering van de (öo)cysten was in dezelfde orde van grootte als de verwijdering van SSRC, waaruit de voorzichtige conclusie kan worden getrokken



dat SSRC op deze locatie een goede indicatorparameter voor protozoaverwijdering is.

#### *Microbiologische veiligheid*

In tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven van de microbiologische veiligheid van het huishoudwater op deze locatie gerelateerd aan het infectierisico. Uitgaande van de beschikbare meetgegevens ligt de berekende concentratie enterovirus, *Cryptosporidium*, *Giardia* en *Campylobacter* in het huishoudwater beneden de MTGC-waarde.

Het verschil tussen de berekende concentratie en de MTGC-waarde is gering en duidelijk kleiner dan bij het project Meerhoven hiervoor beschreven; 0,4 tot 1,3 log voor respectievelijk *Campylobacter* en de virussen. Dit impliceert dat extra aandacht voor de microbiologische veiligheid noodzakelijk is, bijvoorbeeld om vast te stellen wat de risico's zijn bij de aanvoer van piekconcentraties pathogenen in het ruwe Lekkanaal water.

De gemiddelde NLV concentratie in het Lekkanaal was 2700 per liter, veel hoger dan voor de overige pathogenen. De NLV zijn bepaald met een moleculaire methode, die RNA-bevattende deeltjes aantoonde. Voor poliovirus is bekend dat de verhouding RNA-bevattend deeltje en infectieus virus 100 : 1 is. Voor NLV is dit niet bekend, maar wordt aangenomen dat deze verhouding vergelijkbaar is. Dat betekent dat de gemiddelde concentratie infectieus NLV in het Lekkanaal 27 per liter is. Na de zuivering van de WRK is die concentratie naar verwachting gedaald tot 1,7 per liter (tabel 5.3).

Welk kwantitatief infectierisico hier bij hoort, is nog niet aan te geven. Als de dosis/respons-gegevens van deze micro-organismen vergelijkbaar zijn met die bepaald voor het rota-virus dan zijn deze organismen de meest kritische voor de veiligheid bij dit project. Om deze reden en om de veiligheidsmarge voor de overige pathogenen verder te verhogen moet worden overwogen om een desinfectiestap (zoals UV-desinfectie) toe te passen.

Tabel 5.3 Veiligheidsbeoordeling van het huishoudwater

	Bron (n/l)	DEC behandeling	Pathogenen in HHW <sub>rein</sub> (n/l)	MTGC Huishoudwater
Enterovirus	0,039	1,2 (bacteriofagen)	0,0025 <sup>a</sup>	0,05
NLV virussen	2700	1,2	1,7	0,05
<i>Cryptosporidium</i>	8,2	2,6 ( <i>Cryptosporidium</i> )	0,02 <sup>b</sup>	0,1
<i>Giardia</i>	95	3,6 ( <i>Giardia</i> )	0,02 <sup>b</sup>	0,3
<i>Campylobacter</i>	30	1,7 ( <i>E. coli</i> )	0,6 <sup>a</sup>	1,5

<sup>a</sup> berekend; <sup>b</sup> gemeten, Medema 1998

### 5.3 Biologische stabiliteit, groei

#### 5.3.1 Het huishoudwater na behandeling

De samenstelling, biofilmvormende, ijzer- en mangaanafzettende eigenschappen van het HHW<sub>rein</sub> in Leidsche Rijn (af pompstation WRK) zijn samengevat en weergegeven in tabel 5.4 en 5.5. De onderzoeksperiode naar de samenstelling van het water verschilde van (en was langer dan) de onderzoeksperiode voor het bepalen van de biofilmvormende, ijzer- en mangaanafzettende eigenschappen van het water. De verschillende perioden zijn boven de tabellen aangegeven. De meetresultaten zijn opgenomen in Bijlage 2.

De troebelheid van het huishoudwater (inkoop Langerak na 10 km transport) en de koloniegetallen zijn laag (drinkwater niveau). Het huishoudwater bevat relatief veel *Aeromonas*-bacteriën. In de korte meetperiode van 2001 zijn geen legionellabacteriën in het huishoudwater aangetroffen.

Tabel 5.4 Samenstelling van het huishoudwater in Leidsche Rijn (af pompstation WRK) in de periode september '98 – oktober '01 (afwijkende perioden zie voetnoten)

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	range (min - max)	P90
Temperatuur	°C	147	13,3 ± 5,7	4,6 - 23,2	20,9
Troebelheid	Fte	11 <sup>b</sup>	< 0,1	-	-
DOC	mg/l	nb	-	-	-
Koloniegetal 22°C	kve/l	5,2·10 <sup>4</sup>	7,4·10 <sup>4</sup> ± 5,3·10 <sup>4</sup>	6·10 <sup>3</sup> - 3,5·10 <sup>5</sup>	1,2·10 <sup>5</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	9·10 <sup>3</sup> <sup>b</sup>	4,3·10 <sup>3</sup> ± 3,4·10 <sup>3</sup>	0 - 1,2·10 <sup>4</sup>	7,2·10 <sup>3</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/l	490	5,4·10 <sup>3</sup> ± 7,9·10 <sup>3</sup>	2,8·10 <sup>2</sup> - 3,0·10 <sup>4</sup>	2,1·10 <sup>4</sup>
<i>Legionella</i>	kve/l	7 <sup>c</sup>	< 50	< 50	< 50
ATP <sup>c</sup>	ng ATP/l	11 <sup>d</sup>	24 ± 10	16 - 52	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddeld; stds = standaardafwijking; P90 = 90-percentiel

<sup>b</sup> korte periode gemeten in 1998-1999; <sup>c</sup> gemeten in 2001; <sup>d</sup> tijdens de looptijd van de biofilmmonitor (tabel 5.5)

Het huishoudwater bevat een relatief hoog en variërend ATP-gehalte in vergelijking met drinkwater (P90<sub>drinkwater</sub> = 8 ng/l). Dit betekent dat het water in het net soms veel biomassa bevat.

Het AOC-gehalte werd tweemaal gedurende de onderzoeksperiode bepaald, waarbij de twee meetresultaten sterk verschilden (2,2 en 24 µg ac-C/l; tabel 5.5).

Tabel 5.5 Biologische stabiliteit van het huishoudwater in Leidsche Rijn (af pompstation WRK) in de periode april 2001 – augustus 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>		
		N	Gem. ± stds	Range (min-max)
AOC	µg ac-C/l	2	(13) <sup>b</sup>	(2,2) - 24
AOC afname	µg ac-C/l	1	nb <sup>2</sup>	-
BVS	pg ATP/cm <sup>2</sup> -d	1	1,23 ± 0,21	-
BVP	pg ATP/cm <sup>2</sup>	1	250	-
FeAS	mg Fe/m <sup>2</sup> -d	1	< 0,01 <sup>c</sup>	-
MnAS	mg Mn/m <sup>2</sup> -d	1	< 0,005	-

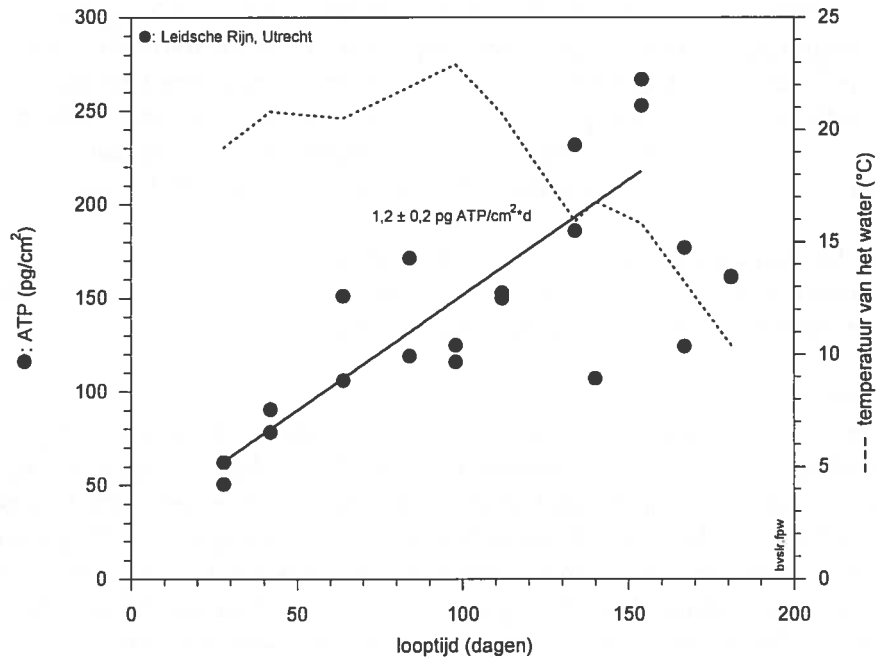
<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddeld; stds = standaardafwijking; P90 = 90-percentiel

<sup>b</sup> gemeten in de periode van de biofilmmonitor (2001)

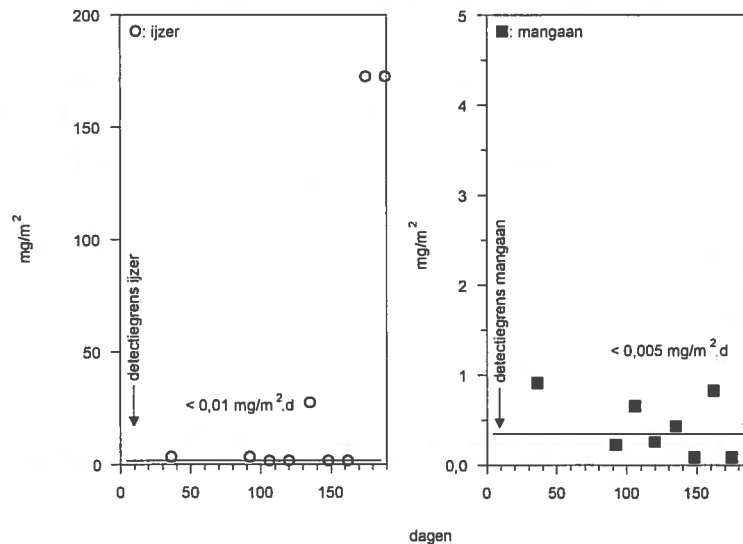
<sup>c</sup> waarde voor grootste deel van de onderzoeksperiode; aan het eind stijging tot 2,8 ± 0,4 mg Fe/m<sup>2</sup>-d

Op de glazen ringen in de biofilmmonitor werd een geleidelijke toename van de concentratie actieve biomassa in de tijd waargenomen (figuur 5.1). Uit de periode waarbij de biofilmdichtheid lineair toenam in de tijd werd de biofilmvormingssnelheid afgeleid (1,2 pg ATP/cm<sup>2</sup>-dag). Deze BVS-waarde en de waargenomen biomassa-concentraties in de monitor vallen binnen de range van waarden gemeten voor drinkwater; de waarden zijn zelfs vergelijkbaar met de laagste waarden gemeten in drinkwater. De maximale concentratie biomassa op de glazen ringen bedroeg 250 pg ATP/cm<sup>2</sup>. Dit betekent dat het water tijdens de

onderzoekperiode een relatief hoge mate van biologische stabiliteit had (lage BVS-waarde). De periode waarbij het onderzoek met de biofilmmonitor werd uitgevoerd was korter dan de periode vermeld in tabel 5.5. De watertemperatuur tijdens het onderzoek met de biofilmmonitor varieerde tussen de 10 en 23 °C.



Figuur 5.1 Biofilmvorming in de biofilmmonitor voorzien met huishoudwater van proefproject Leidsche Rijn in de periode 16 mei 2001 – 13 november 2001.



Figuur 5.2 IJzer- en mangaangehalte op ringen uit de biofilmmonitor voorzien met huishoudwater van proefproject Leidsche Rijn in de periode 16 mei 2001 – 13 november 2001.

De ijzerafzetting in de biofilmmonitor geeft een ongebruikelijk beeld (zie figuur 5.2). Op basis van de beschikbare informatie was de ijzerafzettingssnelheid van het water af pompstation in de biofilmmonitor over het grootste deel van de periode < 0,01 mg Fe/m<sup>2</sup>-dag. Echter in het laatste deel van de periode werden enkele hoge ijzerconcentraties op de ringen waargenomen die kunnen wijzen op een forse ijzerafzettingssnelheid (2,8 ± 0,4 mg Fe/m<sup>2</sup>-dag). Het is ook mogelijk dat deze metingen zijn beïnvloed door afzetting van ijzervlokjes afkomstig van het coagulatieproces. Deze zijn onvoldoende door de snelfilters verwijderd (doorbraak) en hebben zich op de ringen afgezet. De mangaanafzetting was kleiner of gelijk aan de detectiegrens van de meetmethode van mangaan. De mangaanafzettingssnelheid was niet significant en is derhalve gesteld op < 0,01 mg Mn/m<sup>2</sup>-dag.

### 5.3.2 Het huishoudwater in het voorzieningsgebied

De resultaten van onderzoek op verschillende locaties in het voorzieningsgebied naar watersamenstelling zijn samengevat in tabel 5.6.

#### Waterkwaliteit

Uit een vergelijking van de gegevens van het huishoudwater af pompstation WRK (tabel 5.5) en in het voorzieningsgebied (tabel 5.6) blijkt dat het koloniegetal 22°C van het huishoudwater van 73,5 kve/ml in het voorzieningsgebied toeneemt tot gemiddeld 171 kve/ml. De aantallen *Aeromonas*-bacteriën en ATP-gehalten in het water in beide situaties zijn niet significant verschillend (niet getoetst). Tot slot blijkt dat in deze onderzoeksperiode geen *Legionella* werd aangetroffen in het huishoudwater aan de tap. Dat komt overeen met een eerder uitgevoerd onderzoek dat kort na het ingebruikname van het net (in 1999) werd uitgevoerd. Van een stijging van de watertemperatuur was op de onderzochte monsterpunten tijdens deze periode geen sprake.

Het AOC-gehalte van het water in het voorzieningsgebied is eenmaal gemeten op 29 augustus 2001. Deze waarde is duidelijk lager dan het AOC-gehalte af pompstation gemeten op 22 augustus 2001 (24 µg ac-C eq/l).

Tabel 5.6 Samenstelling van het HHW<sub>tap</sub> Leidsche Rijn in de periode van 9 september 1998 tot 5 september 2001 (afwijkende perioden in de voetnoten)

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>tap</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem.± stds	range (min - max)	P90
Temperatuur	°C	310	13,0 ± 5,2	4,0 - 23,0	20
Koloniegetal 22°C	kve/l	308	1,7·10 <sup>5</sup> ± 3,0·10 <sup>5</sup>	2,1·10 <sup>4</sup> - 2,8·10 <sup>6</sup>	4,0·10 <sup>5</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	nb	-	-	-
<i>Aeromonas</i>	kve/l	304	3,2·10 <sup>6</sup> ± 4,1·10 <sup>6</sup>	1,7·10 <sup>2</sup> - 3,3·10 <sup>4</sup>	7,3 10 <sup>6</sup>
<i>Legionella</i>	kve/l	24 <sup>b</sup>	< 50	< 50	< 50
ATP	ng ATP/l	232	17,9 ± 7,2	3 - 45,3	28
DOC	mg/l	nb <sup>c</sup>	-	-	-
AOC	µg ac-C/l	1 <sup>2</sup>	3,9 (29 aug '01)	-	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; stds = standaardafwijking; P90 = 90-percentiel; <sup>b</sup> Tijdens biofilmmonitor periode in 2001; <sup>c</sup> nb = niet bepaald

#### Biofilmgegevens

In het voorzieningsgebied zijn op 23 en 24 oktober 2001 leidingsegmenten van PVC- en PE-materiaal (geen exacte gegevens bekend) op een 5-tal locaties uitgenomen.

Deze leidingen zijn gedurende ongeveer 36 maanden met het huishoudwater doorstroomd. Op de binnenkant van deze leidingsegmenten bedroeg de gemiddelde concentratie actieve biomassa  $1,2 \cdot 10^3$  pg ATP/cm<sup>2</sup> (zie bijlage 2, tabel 10). Van deze biofilm zijn geen andere gegevens bepaald.

Deze concentratie was duidelijk hoger dan de concentraties die eerder in dit voorzieningsgebied zijn gemeten: in 1999 zijn leidingsegmenten van verschillende materialen (PE, PE-X) onderzocht afkomstig van een meterkast van woningen in Langerak. De concentraties biomassa op de binnenkant van de leidingmaterialen PE en PE-X bedroegen respectievelijk 500 en 100 pg ATP/cm<sup>2</sup>. Ook de maximale biomassa-concentraties waargenomen in de biofilmmonitor (ca. 250 pg ATP/cm<sup>2</sup>; figuur 5.1) was duidelijk lager.

## 5.4 Discussie en conclusie

### 5.4.1 Microbiologische veiligheid

Op basis van gegevens over pathogene micro-organismen in het ruwe water en de verwijderingscapaciteit van de huidige zuivering kunnen de voorlopig gestelde richtwaarden voor enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* en *Campylobacter* in huishoudwater worden gehaald. De veiligheidsmarge voor de verschillende pathogenen is echter gering (0,4 tot 1,3 log). Daar komt bij dat in de winterperiode hoge concentraties Norwalk-like calicivirussen in het Lekkanaalwater zijn waargenomen. Er is nog niet kwantitatief aan te geven welk infectierisico daarbij hoort, maar uitgaande van de beschikbare gegevens moet in dat geval rekening worden gehouden met een hoog infectierisico.

### 5.4.2 Biologische stabiliteit en nagroei

Verrassend is dat het huishoudwater in vergelijking tot drinkwater redelijk biologisch stabiel is. De BVS-waarde van 1,2 pg ATP/cm<sup>2</sup>-dag is ook voor drinkwater een lage waarde en de FeAS- en MnAS-waarden in de monitor waren in vergelijking tot drinkwater eveneens laag. De koloniegetallen bij 22 en 37°C voldeden aan de drinkwaternormen.

Toch wijkt de biologische kwaliteit op een aantal punten af van drinkwaterkwaliteit en is er sprake van microbiologische activiteit in het net:

- Het AOC-gehalte was gemiddeld 13 µg ac-C/l en gebaseerd op 2 waarnemingen die sterk van elkaar verschilden (24 en 2,2 µg ac-C/l, waarbij vraagtekens gelden voor de lage waarde). Deze gemiddelde waarde is hoger dan de P50-waarde van AOC-waarden waargenomen voor het Nederlandse drinkwater van 8,2 µg ac-C/l (tabel 3.6).
- Het ATP-gehalte van 18 ng/l was duidelijk hoger dan de 90-percentielwaarde van drinkwater in Nederland (8 ng/l). Waarden tot 45 ng ATP/l werden waargenomen. Dit duidt op een hoog biomassagehalte in het huishoudwater van Leidsche Rijn. Ook het hoge *Aeromonas* aantal wijst op een hoog biomassagehalte in de laatste fase van de behandeling (snelfiltratie).
- In de leidingsegmenten uit het voorzieningsgebied werden relatief hoge concentraties biofilm (1.200 pg ATP/cm<sup>2</sup>) gevonden. Deze waarden waren hoger dan waarden van leidingsegmenten uit een voorzieningsgebied met drinkwater en de BVP-waarde van het huishoudwater af pompstation gemeten in dezelfde periode. Biomassaconcentraties op PE en PE-X leidingsegmenten uit

het voorzieningsgebied bepaald in 1999 waren een factor 10 lager. Waarschijnlijk is er sprake van biofilmvorming.

#### *Legionella*

Tijdens dit onderzoek zijn geen legionellabacteriën in het huishoudwater aangetroffen. Er is geen duidelijke verhoging van de gemiddelde watertemperatuur waargenomen. In bepaalde perioden van het jaar kan de temperatuur wel boven de 20°C stijgen (P90 = 20°C). Dit levert een risico voor vermeerdering van *Legionella* in de biofilm.

Door het ontbreken van informatie over het leidingenverloop kon de risicoanalyse van de woningen niet volledig worden uitgevoerd. Visuele waarneming en meetgegevens wijzen op plaatselijke opwarming van het huishoudwater. Dit geldt met name voor de meterkast als zich daar een warmtewisselaar van de stadsverwarming bevindt. De hoogste gemeten huishoudwatertemperatuur in een woning was 25 °C, veroorzaakt door een combinatie van opwarming in de meterkast en opwarming door een vloerverwarming. Op grond van de risicoanalyses kan vermeerdering van *Legionella* in een binneninstallatie van een woning niet worden uitgesloten.

#### *Esthetische problemen*

De gebruikers zijn gemiddeld zeer tevreden over het huishoudwater en er zijn geen klachten met betrekking tot geur of kleur van het water bekend.

# 6 Waterwijk, Amsterdam

## 6.1 Omschrijving proefproject

Bron:	Regenwater
Zuivering:	grof filter, opslag in buffervaten en bijmenging met drinkwater (afkomstig van pompstation Leiduin)
Distributie, aantal afnemers:	12 woonblokken met gemiddeld 20 huishoudens per woonblok, per blok (decentraal) inzameling regenwater
Gebruik:	toiletspoeling
Historie:	sinds 1998 gebruik regenwater, vóór VROM-project geen metingen verricht
Distributienet:	zeer beperkt door decentrale opslag
Diameter leidingen:	40 mm
Leidingmateriaal:	PVC

Regenwater wordt van daken opgevangen en decentraal in de wijk verzameld. Opslag vindt plaats in de kelders van appartementencomplexen (blok 8, 14 t/m 17) of ondergronds (blok 5, 7, 9 t/m 13) in opslagtanks. Voordat het water van de daken naar de opslagtanks gevoerd wordt passeert het water een groffilter. Naast deze groffiltratie vindt geen zuivering plaats. Indien er te weinig regenwateraanbod is, wordt er drinkwater aan de opslagtanks gesuppleerd om zo toch over voldoende wateraanbod voor de woningen te beschikken.

Doordat het water per woningblok decentraal wordt opgeslagen in de wijk, is er geen sprake van een uitgebreid distributienet. Alleen per woningblok is er opslag en wordt het water over een beperkte afstand naar de toiletstortbakken getransporteerd.

De bovengrondse opslagtanks zijn gemaakt van HD-PE materiaal en zijn inmiddels 5 jaar in gebruik. Er zijn er 3 in serie geschakeld. In de eerste wordt het regenwater opgevangen en in de laatste vindt suppletie met drinkwater plaats.

Tabel 6.1 *Waterverbruik per systeem en aandeel regenwater in grondstof*

	Opslagsysteem	% regenwater	verbruik regenwater in m <sup>3</sup>
Blok 4	bovengrondse tanks	78	156
Blok 5	bovengrondse tanks	60	103
Blok 9	bovengrondse tanks	6	20
Blok 12	bovengrondse tanks	41	97
Blok 17	kelder	2	4

In de periode december 2001 tot april 2002 is door middel van watermeters bepaald wat het percentage regenwater in de systemen was van het totaal waterverbruik. In tabel 6.1 zijn de resultaten samengevat (uitgebreide data zijn te vinden in bijlage 3).

Uit dit overzicht blijkt dat in de blokken 9 en 17 maar een beperkte hoeveelheid regenwater was gebruikt. Dit is veroorzaakt door technisch disfunctioneren van het systeem.

## 6.2 Microbiologische veiligheid

Om een beeld te krijgen van de maximale concentraties pathogene micro-organismen die in dit huishoudwater kunnen voorkomen, zijn alleen monsters genomen uit de eerste voorraadtank van de bovengrondse opslag waarin het regenwater wordt verzameld. De monsters zijn uit 6 verschillende en afzonderlijke systemen genomen op momenten dat er sprake was geweest van regenval. De mate van regenval in de onderzoeksperiode is weergegeven in Bijlage 3. In tabel 6.2 zijn de resultaten van de metingen aan ziekteverwekkers in het regenwater (bron) vermeld. De gegevens zijn verzameld in de periode tussen 4 april 2001 tot en met 2 april 2002.

Het systeem wordt niet belast met afvalwater van menselijke afkomst. Virusmetingen zijn daarom niet uitgevoerd. In enkele monsters zijn (oö)cysten van *Cryptosporidium* en *Giardia* aangetoond; *Campylobacter* bacteriën zijn niet aangetroffen. De gemiddelde concentratie<sup>5</sup> protozoa in het regenwater was respectievelijk lager en hoger dan de voorlopige richtwaarden voor huishoudwater. Door bijmenging met drinkwater zullen de uiteindelijke concentraties lager zijn. Onduidelijk is de verblijftijd van het regenwater in het systeem en de mate van bijmenging. Bij veel regen zal de verblijftijd kort zijn en de bijmenging met drinkwater het minst. Onder deze condities zal de levensvatbaarheid van de (oö)cysten hoog zijn. Gesteld dat alle protozoa menspathogeen zijn en de maximale concentratie in het HHW<sub>rein</sub> gelijk is aan de maximale concentratie waargenomen in het regenwater (tabel 6.2), dan is er op die momenten duidelijk sprake van een piekbelasting hoger dan de richtwaarden voor huishoudwater. Deze maximale concentraties zijn waargenomen in een periode met relatief veel regenval.

Tabel 6.2 Concentratie pathogene micro-organismen en fecale indicatorbacteriën in de bron (n/l) (woningblok 4, 5, 6, 9, 12 en 17, regenwater)

Parameter	Gegevens Bron (regenwater) <sup>a</sup>			
	N	%pos	Gem.	Range
<i>Cryptosporidium</i>	6	33	0,06 <sup>b</sup>	< 0,041 - 0,19
<i>Giardia</i>	6	67	0,35 <sup>b</sup>	0,1 - 1,1
<i>Campylobacter</i>	6	0	< 3	nvt
<i>E. coli</i>	23	87	7,9·10 <sup>5b</sup>	1 - 4,0·10 <sup>3</sup>
Ent. coccen	23	91	1,4·10 <sup>6b</sup>	< 10 - 8,5·10 <sup>3</sup>
SSRC	22	82	3,6·10 <sup>6b</sup>	< 1 - 2,0·10 <sup>4</sup>

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddelde; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> alle < waarden op 0 gesteld

### Microbiologische veiligheid

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het water fecaal besmet is. Deze besmetting zal zeer waarschijnlijk volledig van dierlijke herkomst (vogels) zijn en sterk fluctueren, afhankelijk van de aanwezigheid van dieren en de aanvoer van

<sup>5</sup> correctie voor opbrengst van de bepalingsmethodiek is resp. 22 en 7,9%



regenwater. Aangezien er geen behandeling wordt toegepast en ook pathogenen van dierlijke herkomst voor de mens schadelijk kunnen zijn, is het gebruik van dit water als huishoudwater niet zonder risico's voor de gezondheid. Hoe groot die zijn is gezien de sterk wisselende condities van zowel de fecale belasting als ook de aanvoer van regenwater, niet kwantitatief aan te geven.

### 6.3 Biologische stabiliteit, groei

#### 6.3.1 Het huishoudwater

De kwaliteit van het HHW<sub>rein</sub> (regenwater aangevuld met drinkwater vóór distributie) bepaald in de periode april 2001 tot april 2002 is beschreven in tabel 6.3. Alleen van de periode december 2001 tot april 2002 is een kwantitatief beeld van de hoeveelheid regenwater beschikbaar. Onbekend is derhalve wat de mengverhouding van drink- en regenwater over de gehele meetperiode is geweest.

Uit de resultaten in tabel 6.3 komt het beeld naar voren dat de koloniegetallen en het aantal *Aeromonas*-bacteriën relatief hoog zijn. Het water bevat een totale biomassagehalte (ATP) dat vergelijkbaar is met drinkwater (p90 = 8 ng/l). In het huishoudwater zijn in het laatste deel van de meetperiode legionellabacteriën aangetroffen tot een maximum van 4.000 kve/l.

Tabel 6.3 De gemiddelde samenstelling van het HHW<sub>rein</sub> van blok 12 in de periode april 2001 – april 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	range (min - max)	P90
Temperatuur	°C	29	16,3 ± 3,6	11 - 23	21,3
Koloniegetal 22°C	kve/l	10 <sup>b</sup>	7,6·10 <sup>5</sup> ± 2,3·10 <sup>6</sup>	610 - 7,2·10 <sup>6</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	9 <sup>b</sup>	1,5·10 <sup>5</sup> ± 4,3·10 <sup>5</sup>	50 - 1,3·10 <sup>6</sup>	1,1·10 <sup>5</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/l	8 <sup>c</sup>	5,0·10 <sup>3</sup> ± 8,9·10 <sup>3</sup>	< 10 - 2,5·10 <sup>4</sup>	7
<i>Legionella</i>	kve/l	8 <sup>e</sup>	<50 - (1,5·10 <sup>3</sup> ± 1,9·10 <sup>3</sup> ) <sup>d</sup>	< 50 - 4000	nb
ATP	ng ATP/l	11 <sup>d</sup>	4,3 ± 1,6	2,4 - 6,7	6,7

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; stds = standaard afwijking; Gem. = gemiddelde; P90 = 90-percentiel; <sup>b</sup> > waarden als getal opgenomen; <sup>c</sup> < waarde op 0 gesteld; <sup>d</sup> Gelijktijdig met biofilmmonitor periode mei - oktober 2001; <sup>e</sup> 3 van de 8 positief in de latere periode (september - december '01)

Gegevens over de biologische stabiliteit van het HHW<sub>rein</sub> van blok 12 staan in tabel 6.4 en het verloop van de biofilmvorming zijn weergegeven in figuur 6.1 (resultaten in Bijlage 3). De periode waarbij het onderzoek met de biofilmmonitor werd uitgevoerd was korter dan de periode vermeld in tabel 6.3. De watertemperatuur tijdens het onderzoek met de biofilmmonitor varieerde tussen de 14,2 en 22,4 °C.

Tabel 6.4 De biologische stabiliteit van het huishoudwater van blok 12 in de periode mei - oktober 2001

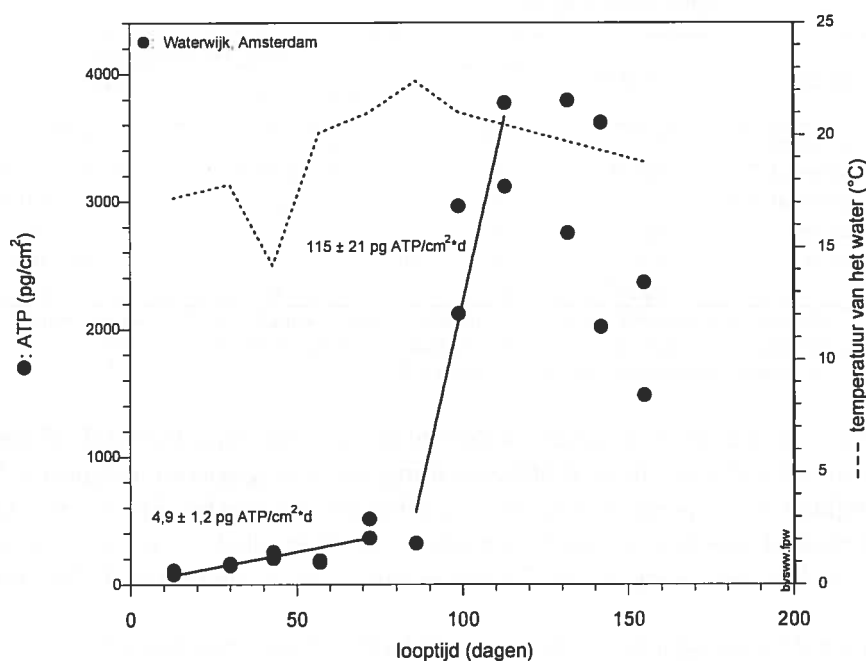
Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>		
		N	Gem. ± stds	range (min - max)
AOC	µg ac-C/l	2	(6,4) <sup>5</sup>	5,9 - 6,7
AOC afname	µg ac-C/l	1	3,5	-
BVS	pg ATP/cm <sup>2</sup> .d	1	(115 ± 21)	-
BVP	pg ATP/cm <sup>2</sup>	1	3800	-
FeAS	mg Fe/m <sup>2</sup> .d	1	1,7 ± 0,3	-
MnAS	mg Mn/m <sup>2</sup> .d	1	< 0,02	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaard afwijking;

Zoals hiervoor opgemerkt: er is geen zicht op de mengverhouding van drinkwater en regenwater. Het AOC-gehalte werd tweemaal gedurende de onderzoeksperiode bepaald, waarbij de twee meetresultaten goed overeenkwamen (5,9 en 6,7  $\mu\text{g ac-C/l}$ ) en overeenkomen met waarden die gebruikelijk zijn voor drinkwater. Met de AOC-afname test werd een gehalte gemakkelijk assimileerbare organische koolstof van 3,5  $\mu\text{g ac-C eq/l}$  gemeten.

Op basis van de resultaten van de biofilmmonitor kan een onderscheid gemaakt worden tussen de eerste 80 dagen en de periode hierna (tot ca. 160 dagen). Gedurende de eerste 80 dagen na het opstarten van de monitor bedroeg de BVS-waarde 4,9  $\text{pg ATP/cm}^2\text{-dag}$ . Deze waarde is hoger dan de waarde van het drinkwater af pompstation (Leiduin uitgaand drinkwater; ca. 1  $\text{pg ATP/cm}^2\text{-dag}$  in 1997). Na 80 dagen (augustus) werd een duidelijk hogere BVS-waarde waargenomen (115  $\text{pg ATP/cm}^2\text{-dag}$ ).

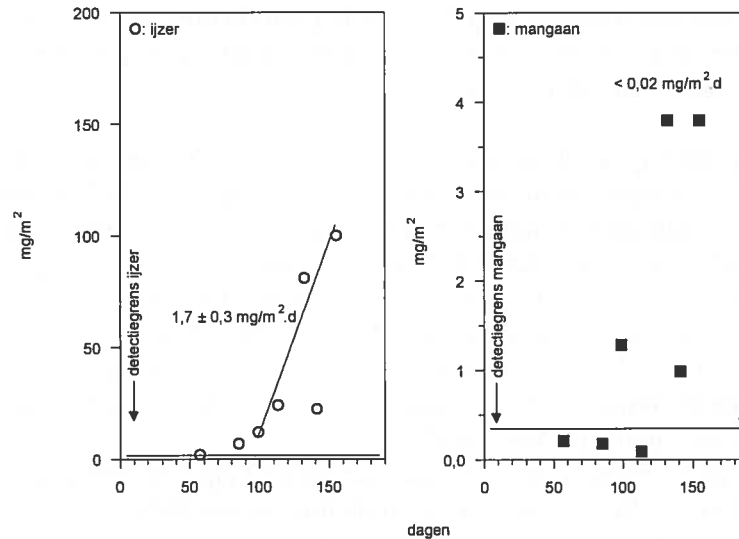
Op grond van een toename van het gemiddelde EGV en de variatie in het EGV (range 29-650) alsmede een pH-daling van 8,4 naar 7,3 is in deze periode mogelijk meer regenwater door de monitor gestroomd dan in de voorafgaande periode (dit blijkt echter niet uit de regengegevens van het KNMI, zie Bijlage 3). De opslagtanks zijn gemaakt van kunststof materiaal en de systemen werden tijdens de periode van het onderzoek niet gereinigd.



Figuur 6.1 Biofilmvorming in de biofilmmonitor voorzien met water (regenwater bijgemengd met drinkwater) van proefproject Waterwijk in de periode 9 mei 2001 – 17 oktober 2001

Op hetzelfde moment dat de BVS toenam in de monitor werd een toename van de ijzerafzetting waargenomen (figuur 6.2). De ijzermetingen duiden op een forse ijzerafzettingssnelheid ( $1,7 \pm 0,3 \text{ mg Fe/m}^2\text{-dag}$ ) in vergelijking met ijzerafzetting in monitoren die werden doorstroomd met drinkwater. Mangaanafzetting vond

nauwelijks plaats ( $< 0,02 \text{ mg Mn/m}^2\text{-dag}$ ). Omdat de FeAS- waarde van het drinkwater van Leiduin (drinkwater van deze locatie) laag is ( $< 0,03 \text{ mg Fe/m}^2\text{-dag}$ ), is deze ijzerafzetting mogelijk het gevolg van de aanvoer van regenwater. Doordat het voorzieningsgebied van het drinkwater gietijzeren leidingen bevat, kan ook het drinkwater een toename veroorzaken van de FeAs.



Figuur 6.2 IJzer- en mangaangehalte op ringen uit de biofilmmonitor voorzien van huishoudwater van het proefproject Waterwijk in de periode 8 mei 2001 – 10 oktober 2001.

Tabel 6.5 Samenstelling van het HHW<sub>tapp</sub> van Waterwijk in Blok 12 en 17 in de periode van 4 april tot en met 22 april 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>tapp</sub> <sup>a</sup>				
		N	Gem. ± stds	range (min – max)	P90	
Blok 12	Temperatuur	°C	22	17,9 ± 2,4	14 – 23,6	21,2
	Koloniegetal 22°C	kve/l	9	7,0·10 <sup>5</sup> ± 1,9·10 <sup>6</sup> <sup>b</sup>	440 – 5,8·10 <sup>6</sup>	1,3·10 <sup>6</sup>
	Koloniegetal 37°C	kve/l	8	1,8·10 <sup>5</sup> ± 4,5·10 <sup>5</sup> <sup>b</sup>	130 – 1,3·10 <sup>6</sup>	4,4·10 <sup>5</sup>
	<i>Aeromonas</i>	kve/l	6	4,4·10 <sup>3</sup> ± 6,0·10 <sup>3</sup>	10 – 1,3·10 <sup>4</sup>	1,2·10 <sup>4</sup>
	<i>Legionella</i>	kve/l	12 <sup>c</sup>	(nb) <sup>c</sup>	< 50 – 2,0·10 <sup>3</sup>	nb
	ATP	ng ATP/l	9	333 ± 523	4,4 – 1,6·10 <sup>3</sup>	760
Blok 17	Temperatuur	°C	29 <sup>e</sup>	21 ± 3,2	16 – 27	25
	Koloniegetal 22°C	kve/100 ml	10 <sup>e</sup>	1,3·10 <sup>3</sup> ± 3,6·10 <sup>3</sup>	< 1 – 1,1·10 <sup>4</sup>	2,5·10 <sup>3</sup>
	Koloniegetal 37°C	kve/100 ml	10 <sup>e</sup>	705 ± 2,2·10 <sup>3</sup>	< 1 – 7,0·10 <sup>3</sup>	714
	<i>Aeromonas</i>	kve/100 ml	10 <sup>e</sup>	64 ± 192	< 1 – 610	76
	<i>Legionella</i>	kve/l	18 <sup>e</sup>	< 50	-	-
	ATP	ng ATP/l	10 <sup>e</sup>	7,2 ± 9,4	< 1 – 31	-
	AOC	µg ac-C/l	1 <sup>d</sup>	5,6	-	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaardafwijking; P90 = 90-percentiel; <sup>b</sup> > waarde als getal genomen; <sup>c</sup> 2 van de 12 monsters positief in de periode met een verhoogde BVS (150 en 2000 kve/l op 26-9-'01 en 23-1-'01); <sup>d</sup> Gemeten in periode met alleen drinkwater; <sup>e</sup> in periode april t/m oktober 2001 werd op het tappunt van blok 17 alleen drinkwater geleverd vanwege een verkeerde aansluiting, ik oktober is dit hersteld, de resultaten zijn berekend over de gehele periode waarvan ongeveer 70% uit de eerste periode

### 6.3.2 Het huishoudwater in het leidingnet

Op twee verschillende locaties in het leidingnet is de samenstelling van het HHW<sub>tap</sub> bepaald. Bij blok 17 bleek dat in de periode van 4 april 2001 tot en met 10 oktober 2001 door een verkeerde aansluiting alleen drinkwater door het huishoudwaternet afgeleverd was. In de tabel 6.5 zijn alle meetwaarden opgenomen van de eerste periode met alleen drinkwater en de tweede periode met regenwater en drinkwater (uit de drie waarnemingen gedaan in de periode met regenwater kwam naar voren dat onder deze condities de koloniegetallen duidelijk hoger waren dan in de eerste periode alleen met drinkwater).

Uit vergelijking van de gegevens van het huishoudwater van blok 12 voor (tabel 6.3) en na transport in de leidingen (tabel 6.5) blijken de koloniegetallen en *Aeromonas* aantallen in het net niet te veranderen. De waarden in het huishoudwater af tap van blok 17 waren lager. Omdat geen gegevens zijn verzameld over het water voor transport in het net, kan geen uitspraak worden gedaan over veranderingen tijdens distributie in dit blok.

Opvallend was de sterke ATP-toename in het net van blok 12: van gemiddeld 4,3 ng/l (tabel 6.3) naar 333 ng/l (tabel 6.5). Deze laatste waarde is gemeten in de periode met de hoge BVS-waarde.

In het water na transport in het net van blok 12 zijn legionellabacteriën aangetroffen tot 2000 kve/l. In het water af tap in de huizen van blok 17 zijn in de 18 monsters geen legionellabacteriën aangetoond. Ter bevestiging van deze resultaten is in november 2001 blok 5 (ook met bovengrondse opslagtanks; zie tabel 6.1) op de aanwezigheid van *Legionella* onderzocht. In 1 van de 4 monsters is een concentratie van 4000 kve/l waargenomen.

Tabel 6.6 Samenstelling van de biofilm op de wand van leidingsegmenten van het net van Waterwijk (Blok 12 en 17) bemonsterd op 7 november 2001

Parameter	Gegevens leidingsegmenten <sup>a</sup>		
	Eenheid	N	Gem. ± stds
Blok 12			
Biomassaconcentratie	pg ATP/cm <sup>2</sup>	4	3,1·10 <sup>4</sup> ± 4,2·10 <sup>3</sup>
koloniegetal 22°C	kve/cm <sup>2</sup>	4	8,3·10 <sup>4</sup> ± 7,8·10 <sup>3</sup>
koloniegetal 37°C	kve/cm <sup>2</sup>	4	2,0·10 <sup>4</sup> ± 4,9·10 <sup>3</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/cm <sup>2</sup>	4	4,9·10 <sup>2</sup> ± 1,2·10 <sup>2</sup>
<i>Legionella</i>	kve/cm <sup>2</sup>	4	ntb <sup>4</sup>
IJzerafzetting	mg Fe/m <sup>2</sup>	4	224 ± 51
Mangaanafzetting	mg Mn/m <sup>2</sup>	4	18,3 ± 3,5
Blok 17			
Biofilmconcentratie	pg ATP/cm <sup>2</sup>	2	6,1·10 <sup>3</sup> ± 2,1·10 <sup>2</sup>
koloniegetal 22°C	kve/cm <sup>2</sup>	2	6,2·10 <sup>4</sup> ± 7,8·10 <sup>3</sup>
koloniegetal 37°C	kve/cm <sup>2</sup>	2	5,0·10 <sup>3</sup> ± 3,5·10 <sup>2</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/cm <sup>2</sup>	2	1,3·10 <sup>1</sup> ± 0,0
<i>Legionella</i>	kve/cm <sup>2</sup>	2	ntb <sup>4</sup>
IJzerafzetting	mg Fe/m <sup>2</sup>	2	241 ± 0,0
Mangaanafzetting	mg Mn/m <sup>2</sup>	2	9,6 ± 0,9

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaard afwijking; <sup>1</sup> alle waarden , drinkwater en HHW; <sup>2</sup> alle waarden , drinkwater en HHW, alle < waarden op 0 gesteld en 70% van de metingen betrof dw ipv HHW; <sup>4</sup> ntb = niet te bepalen door bijgroei

In het leidingnet zijn op 7 november 2001 leidingsegmenten (met een Ø van 40 mm) op een 3-tal locaties uitgenomen. Deze leidingsegmenten zijn gedurende een periode van ca. 36 maanden doorstroomd geweest met het huishoudwater. Op de binnenkant van deze leidingsegmenten werden in vergelijking tot leidingen

doorstroomd met drinkwater hoge ATP-gehalten waargenomen (tabel 6.6, respectievelijk  $3,1 \cdot 10^4$  (blok 12) en  $6,1 \cdot 10^3$  pg ATP/cm<sup>2</sup> (blok 17)). Op de wand met de hoogste concentratie (blok 12) werd ook de hoogste concentratie *Aeromonas*-bacteriën per cm<sup>2</sup> aangetroffen.

De waargenomen ijzer- (ca. 250 mg Fe/m<sup>2</sup>) en mangaanafzetting (10 – 20 mg Mn/m<sup>2</sup>) in de leidingsegmenten was lager dan die bij drinkwaterbuizen wordt waargenomen.

## 6.4 Discussie en conclusie

### 6.4.1 Microbiologische veiligheid

Het huishoudwater op deze locatie is fecaal besmet. Dit blijkt uit de aanwezigheid van indicatorbacteriën waarvan de concentraties sterk varieerden. (Oö)cysten van *Giardia* en *Cryptosporidium* werden aangetroffen in het regenwater voor menging met drinkwater, maar *Campylobacter*-bacteriën werden niet aangetroffen in dit water. De enige "barrière" tegen micro-organismen in dit water is een opmenging met drinkwater. Bij veel regenval en de aanwezigheid van veel vogels bestaat de kans dat de voorlopige richtwaarden voor deze ziekteverwekkende micro-organismen in huishoudwater worden overschreden. Kortom, het systeem is daarom niet zonder risico's, maar hoe groot het risico is, is niet goed aan te geven. De concentraties pathogenen in het regenwater opgevangen van daken fluctueert (veel) sterker dan de concentraties pathogenen in oppervlaktewater, de andere bronnen voor huishoudwater in dit onderzoek. Er is daarom een uitgebreider onderzoek noodzakelijk om de hoogte van het risico van een regenwatersysteem in te kunnen schatten.

### 6.4.2 Biologische stabiliteit en nagroei

Het huishoudwater, regenwater opgemengd met drinkwater, is niet biologisch stabiel vergeleken met drinkwater. Omdat de hoeveelheden regenval fluctueren in de tijd zal dit ook gelden voor de biologische stabiliteit. Dit blijkt ook uit dit onderzoek:

- De BVS-waarde in de biofilmmonitor voorzien met huishoudwater is periodiek hoog (115 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag) in vergelijking met drinkwater in Nederland (drinkwater < 10 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag);
- De FeAS-waarde in de monitor bedroeg 1,7 mg Fe/m<sup>2</sup>.dag. In vergelijking met metingen aan drinkwater is deze FeAS-waarde hoog;
- In het voorzieningsgebied werden hoge concentraties biomassa (tot  $3,1 \cdot 10^4$  pg ATP/cm<sup>2</sup>) en hoge concentraties ijzer (tot 250 mg Fe/cm<sup>2</sup>) op de binnenkant van leidingsegmenten waargenomen, waarbij het voorzieningsgebied pas relatief kort in gebruik was (aanwijzing voor snelle en sterke vervuiling van net).

#### *Legionella*

In het water voor transport en in de huizen bij de gebruikers na transport werden *Legionella*-bacteriën aangetroffen. De gegevens wijzen op een vermeerdering in de opslagtanks: de aantallen voor transport waren in dezelfde orde van grootte als de aantallen af tap in de huizen. De temperatuur van het huishoudwater komt regelmatig boven de 20°C. Dit valt te verwachten van water dat op daken wordt opgevangen. De tanks worden nooit volledig leeg getapt; er is dus sprake van een wisselende hoeveelheid stilstaand water. Uit de inspectie van de huizen is gebleken

dat de leidingen van het huishoudwater in dezelfde schachten lopen als de verwarmingsbuizen, dus ook hier is opwarming mogelijk. Het systeem is dus niet *Legionella*-veilig.

Omdat dit water wordt gebruikt voor toiletspoeling, is er beperkte blootstelling via aërosolvorming mogelijk. Op basis van de gegevens is door Kiwa een notitie opgesteld (zie Bijlage 6) waarin wordt geadviseerd om verder onderzoek naar het optreden van nagroei en de concentraties *Legionella* bacteriën uit te voeren.

Inmiddels zijn er ook gegevens beschikbaar over de mate waarin *Legionella* in de lucht kan worden verspreid bij toiletspoeling (niet gepubliceerd onderzoek). Na verdere publicatie en overleg met de opdrachtgevers van dit onderzoek zullen deze gegevens worden gebruikt bij een eindbeoordeling van de *Legionella* veiligheid van dit project. Omdat de publicatie van dit onderzoek gepland is na het verschijnen van dit rapport, wordt hierover geen verdere melding.

#### *Esthetische aspecten*

Dit water wordt alleen voor toiletspoeling gebruikt, er zijn voor zover bekend geen esthetische problemen waargenomen; ook niet aan het sanitair. De gebruikers geven wel aan dat de waterkwaliteit met betrekking tot kleur en troebelheid varieert.

# 7 Noordwest, Wageningen

## 7.1 Omschrijving proefproject

Bron:	grondwater en water uit een sloot via bodempassage
Zuivering:	korte bodempassage, menging met grondwater, grondwaterbehandeling en UV
Productie:	144 m <sup>3</sup> /d, 6 m <sup>3</sup> /h
Distributie, aantal afnemers:	162 aansluitingen
Gebruik:	toiletspoeling, wasmachine en buitenkraan
Historie:	sinds juni 2000 levering aan woningen
Diameter leidingen:	72 mm.
Leidingmateriaal:	PVC en HDPE; in de woningen ook koper.

De bron voor het huishoudwater is kwelwater van de Veluwe dat voor een deel wordt aangevuld met plaatselijk oppervlaktewater. Putten (3 stuks) pompen op enkele meters diepte (tot -12 m-mv) het anaërobe water (ca. 2 mg/l Fe, 0,5 mg/l Mn, 0,2-0,7 mg/l NH<sub>4</sub>) op. Zuivering: venturibeluchting, 2 drukfilters (zonder tussenbeluchting), UV en een reinwaterkelder van 300 m<sup>3</sup>. De zuurstofconsumptie van de nafilts neemt over de looptijd toe en is ca. 5 mg/l. De filters zijn van hard PVC en het leidingmateriaal van HDPE.

Door Bunnik (2002) is berekend hoe groot het aandeel oppervlaktewater is. Tabel 7.1 geeft het resultaat van de berekeningen van de wateronttrekking uit de drie pompputten. Uit de berekeningen blijkt verder dat het uiteindelijke aandeel oppervlaktewater in het huishoudwater gemiddeld 28% is, bij een laag waterpeil in de sloot 15 % en bij een hoog waterpeil maximaal 32%.

Tabel 7.1 *percentage oppervlaktewater van het opgepompte water*

	% opp. water Pompput 1	% opp. water Pompput 2	% opp. water Pompput 3
A gemiddelde hydrologische situatie	83	0	0
B lage slootpeilen	45	0	0
C hoge slootpeilen	97	0	0
D extreem hoge slootpeilen	100	< 5	< 5

## 7.2 Microbiologische veiligheid

In tabel 7.2 en 7.3 zijn de resultaten van de metingen aan ziekteverwekkers in het onbehandelde water vermeld. Het merendeel van de gegevens is verzameld in de periode tussen oktober 2001 tot en met april 2002. Een deel van de monsters in de bron is genomen uit de sloot (tabel 7.2) en een ander deel na menging met grondwater voor de zuivering (tabel 7.3)

Tabel 7.2 Concentratie pathogene micro-organismen en fecale indicatorbacteriën in het slootwater (n/l) alsmede de vereiste DEC voor de behandeling

Parameter			Gegevens bron <sup>a</sup>		DEC vereist behandeling <sup>b</sup>
	N	%pos	Gem.	Range	
Enterovirussen	6	0	< 0,004	< 0,0015 - < 0,0074	0
Rotavirus	6	0	< 12,9	< 11,0 - < 18,5	nvt <sup>e</sup>
Norwalk-like virus	6	0	< 30,9	< 26,5 - < 44,5	nvt
<i>Campylobacter</i>	3	33	3,3	< 3 - 4	-
<i>E. coli</i>	29	97	1,5·10 <sup>3</sup> <sup>c</sup>	< 10 - 8,0·10 <sup>3</sup>	-
Enterococcen	29	86	3,1·10 <sup>3</sup> <sup>c</sup>	< 10 - 4,1·10 <sup>4</sup>	-
SSRC	29	100	1,2·10 <sup>3</sup> <sup>c</sup>	40 - 7,1·10 <sup>3</sup>	-
F-spec. fagen	6	67	0,56 <sup>d</sup>	0,012 - 2	-
Somatische colifagen	6	100	295	8 - 1,2·10 <sup>3</sup>	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddelde; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> decimale eliminatiecapaciteit (DEC) die vereist is, berekend op basis van gemiddelde waarde in bron en voorlopig opgestelde richtwaarden (zie tabel 3.2); <sup>c</sup> > waarden als getal genomen, < 1 (detectiegrens) op 0 gesteld; <sup>d</sup> < waarden zijn op 0 gesteld; <sup>e</sup> nvt = niet van toepassing (geen gegevens over dosis/respons (infectie) bekend of geen richtwaarden gesteld)

Het slootwater vóór de bodempassage (tabel 7.2) bevatte in de onderzochte periode geen virussen (geen DEC vereist) en het aantal *Campylobacter*-bacteriën was laag (ook geen DEC vereist).

In het opgepompte grondwater (tabel 7.3) werden geen pathogene protozoa aangetroffen (< 0,1 oöcysten en < 0,32 cysten per liter) en is voor de zuivering geen DEC vereist voor deze pathogenen. In tabel 7.3 zijn voor de pathogene protozoa de gecorrigeerde waarden<sup>6</sup> opgenomen. Opmerkelijk was dat in 1 van de 2 onderzochte monsters na bodempassage *Campylobacter* werd aangetoond. De concentratie was lager dan de norm voor huishoudwater (geen DEC vereist).

Tabel 7.3 Concentratie pathogene micro-organismen en fecale indicatorbacteriën in het opgepompte grondwater (n/l) alsmede de vereiste DEC voor de behandeling

Parameter			Gegevens bron <sup>a</sup>		DEC vereist behandeling
	N	%pos	Gem.	Range	
<i>Cryptosporidium</i>	6	0	< 0,10	< 0,036 - < 0,34	0
<i>Giardia</i>	6	0	< 0,29	< 0,11 - < 1,04	0
<i>Campylobacter</i>	2	50	3,5	< 0,3 - 7	0,4
<i>E. coli</i>	44	0	< 2	< 1 - < 10	-
Enterococcen	44	0	< 2	< 1 - < 10	-
SSRC	44	7	9,1 <sup>b</sup>	< 1 - 10	-
F-spec. fagen	6	0	< 0,006	< 0,0021 - < 0,0042	-
Som. Colifagen	5	20	0,003	< 0,0021 - 0,016	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddelde; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> alle < 1 waarden op 0 gesteld

De bodempassage inclusief bijmenging met grondwater is ook een fase in de zuivering van het slootwater tot huishoudwater. Uit de resultaten van de hydrologische studie blijkt dat het merendeel van het water dat als bron dient voor het huishoudwater (afhankelijk van de putschakeling) grondwater is. Uit een aantal waarnemingen blijkt dat de kwaliteit van het huishoudwater wordt beïnvloed door

<sup>6</sup> correctie voor opbrengst van de bepalingsmethodiek is resp. 22 en 7,9%



het fecaal besmette slootwater. Meetresultaten van NUON van de eerste helft van 2000 (naderhand geen metingen uitgevoerd) toonden de aanwezigheid van thermotolerante bacteriën van de coligroep (Coli44) aan (2 van de 9 monsters van 100 ml positief). Tijdens dit onderzoek werd in afzonderlijke monsters eenmaal somatische colifagen, *Campylobacter* en sporen van sulfiet-reducerende clostridia aangetroffen (tabel 7.3). Aangezien de concentraties laag waren stelt dit geen hoge eisen aan de verwijderingscapaciteit van de zuivering. Of dit altijd zo is, hangt natuurlijk in belangrijke mate af van de fecale verontreiniging van het slootwater en de verwijdering tijdens de bodempassage. Uit de gegevens blijkt dat een DEC van 5 log voor de somatische colifagen kan worden berekend. Duidelijk lager is de beoordeling van de DEC voor SSRC en *Campylobacter*, respectievelijk 2 log en 1 log.

Tabel 7.4 Concentratie indicatorbacteriën en bacteriofagen in het HHW<sub>rein</sub> (n/l) en de verwijderingscapaciteit van de behandeling (bijmenging met grondwater en nabehandeling) voor deze micro-organismen.

Organismen	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>				DEC (grondwater/behandeling)
	N	%pos	Gem.	Range	
<i>E. coli</i>	nb	-	-	-	Nb
Enterococcen	44	2	0,2	<1 - 1	4,2
SSRC	44	2	???	< 10 - 10	(2,8)
F-spec. fagen	6	0	< 0,03	< 0,021 - < 0,038	>1,3
Som. colifagen	6	17 <sup>b</sup>	0,04	< 0,021 - 0,33	3,9

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; %pos = aantal positief; Gem. = gemiddelde; Range = minimum - maximum; <sup>b</sup> in het HHW (na de zuivering) zijn in één monster 7 fagen per 212 liter aangetoond

Opvallend was dat ook in het huishoudwater na UV-desinfectie micro-organismen van fecale herkomst zijn aangetroffen (somatische colifagen, enterococcen en SSRC; tabel 7.4). Dit duidt mogelijk op een onvoldoende verwijdering door de zuivering.

#### Microbiologische veiligheid

Het huishoudwater wordt op grond van de analyse gepresenteerd in tabel 7.5 als veilig beoordeeld.

Tabel 7.5 Veiligheidsbeoordeling van het huishoudwater

	Bron (n/l)	DEC behandeling	Pathogenen in HHW <sub>rein</sub> (n/l)	MTGC Huishoudwater
Enterovirus	<0,004	3,9 (bacteriofagen) <sup>a</sup>	5,0x10 <sup>-7</sup>	0,05
<i>Cryptosporidium</i>	<0,1	0,7 (SSRC) <sup>b</sup>	<0,02	0,1
<i>Giardia</i>	<0,32	0,7 (SSRC) <sup>b</sup>	<0,06	0,3
<i>Campylobacter</i>	3,5	4,2 (Enterococcen) <sup>a</sup>	0,0002	1,5

<sup>a</sup> Menging met grondwater en nabehandeling; <sup>b</sup> Nabehandeling

### 7.3 Biologische stabiliteit, nagroei

#### 7.3.1 Huishoudwater af pompstation

De samenstelling van het HHW<sub>rein</sub> in Noordwest ('af pompstation') is vermeld in tabel 7.6. De meetperiode van de verschillende parameters staat in de tabel genoteerd. De meetresultaten zijn opgenomen in Bijlage 4.

Tabel 7.6 Samenstelling van het HHW<sub>rein</sub> (n/l) in Noordwest (af pompstation) in de periode jan 2001 – oktober 2002 (temperatuur tot maart 2002)

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	range (min – max)	P90
Temperatuur	°C	36 <sup>b</sup>	13,5 ± 2,3	8 – 17	16
Troebelheid	Fte	28 <sup>c</sup>	0,8 (0,1) <sup>d</sup>	< 0,1– 4,5	2,3
Koloniegetal 22°C	kve/l	12	3,1·10 <sup>4</sup> ± 4,2·10 <sup>4</sup> (19) <sup>d</sup>	3·10 <sup>3</sup> – 1,6·10 <sup>5</sup>	5,1·10 <sup>3</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	12	2,5·10 <sup>3</sup> ± 4,9·10 <sup>3</sup> <sup>e</sup>	< 1·10 <sup>3</sup> – 1,8·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>3</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/l	12	8,3 ± 2,8	< 1,0 10 <sup>2</sup> – 1,0·10 <sup>2</sup>	10
<i>Legionella</i>	kve/l	12	-	< 50	-
ATP	ng ATP/l	10 <sup>f</sup>	14 ± 4,5	10 – 23	-

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaard afwijking; P90 = 90-percentiel

<sup>b</sup> jan 2001- maart 2002; <sup>c</sup> april 2000 – december 2001; <sup>d</sup> P50 of mediaan; <sup>e</sup> de < waarden op 0 gesteld; <sup>f</sup> parallel gemeten aan biofilmmonitoronderzoek mei tot oktober 2001

De temperatuur van het water varieerde tussen 8 en 17°C. De troebelheid van het huishoudwater vertoonde een sterke variatie en was soms hoog. Bij 25% van de monsters bedroeg de troebelheid > 0,5 Fte met een maximum van 4,5 Fte. Het water voldeed aan de drinkwaternormen met betrekking tot de koloniegetallen en *Legionella* werd niet aangetroffen. Het gemiddelde ATP-gehalte was iets hoger dan de 90-percentiel waarde voor drinkwater (8 ng/l).

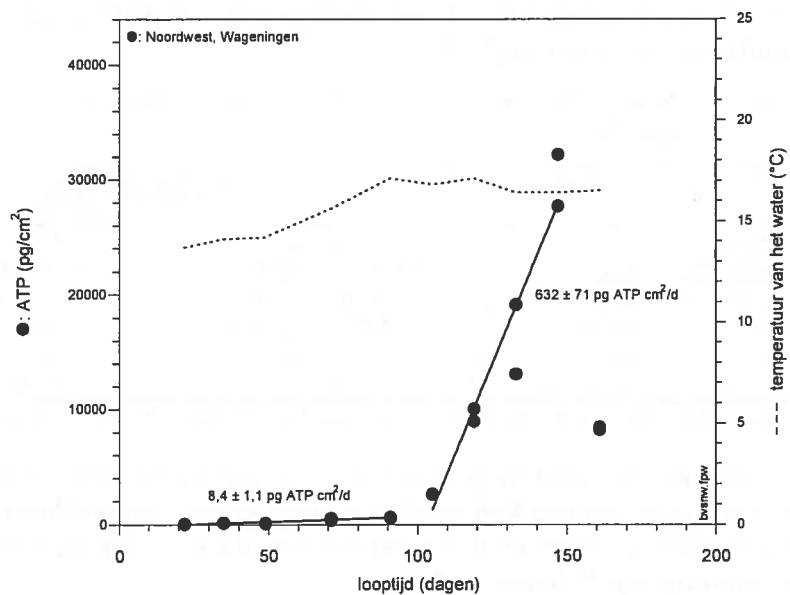
Tabel 7.7 De biologische stabiliteit van het HHW<sub>rein</sub> in Noordwest (af pompstation) in de periode mei 2001 – oktober 2002

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>rein</sub> <sup>a</sup>	
		N	Gem. ± stds
AOC	µg ac-C/l	2	23,3 (5,6 – 41)
AOC afname	µg ac-C/l	1	1,3
BVS	pg ATP/cm <sup>2</sup> .d	1	(623 ± 71) <sup>b</sup>
BVP	pg ATP/cm <sup>2</sup>	1	3,8·10 <sup>3</sup>
FeAS	mg Fe/m <sup>2</sup> .d	1	6,5 ± 0,65
MnAS	mg Mn/m <sup>2</sup> .d	1	0,021 ± 0,006

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaardafwijking; <sup>b</sup> waarde van de laatste periode

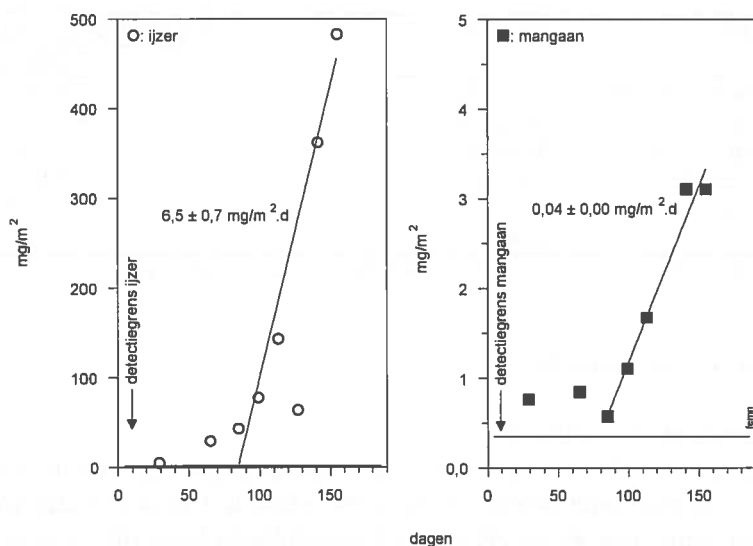
Op grond van de AOC-gegevens bleek het water niet altijd biologisch stabiel te zijn. De lage AOC-afname van 1,3 µg ac-C eq./l werd gemeten bij het lage AOC-gehalte. Bij de hoge AOC-waarde hoort zeer waarschijnlijk een hogere AOC-afname (niet bepaald).

Op basis van de resultaten van de biofilmmonitor kan een onderscheid gemaakt worden tussen de eerste 100 dagen en de periode hierna (tot ca. 160 dagen). Gedurende de eerste 100 dagen na het opstarten van de monitor (Figuur 7.1) bedroeg de BVS-waarde 8,4 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag. Na 100 dagen werd een hoge BVS-waarde waargenomen (632 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag) een waarde die veel hoger is dan de waarden die normaal zijn voor drinkwater (over het algemeen < 10 pg ATP/cm<sup>2</sup>.dag). De hoge AOC-waarde van 41 ± 20 µg ac-C eq/l werd bepaald in de periode met de hoge BVS-waarde. De periode waarbij het onderzoek met de biofilmmonitor werd uitgevoerd was korter dan de periode vermeld in tabel 7.6.



Figuur 7.1 Biofilmvorming in de biofilmmonitor doorstroomd met het HHW<sub>rein</sub> Noordwest in de periode van 9 mei 2001 tot 17 oktober 2001.

De watertemperatuur tijdens het onderzoek met de biofilmmonitor varieerde tussen de 13,7 en 17,1 °C. Ongeveer gelijktijdig met de verhoogde biofilmvorming werd een verhoogde ijzer- en mangaanafzetting in de biofilmmonitor waargenomen (Figuur 7.2). De ijzermetingen duiden op een forse FeAS-waarde ( $6,5 \pm 0,7$  mg Fe/m<sup>2</sup>-dag) in vergelijking met metingen met de biofilmmonitor aan drinkwater in Nederland. De MnAS-waarde was lager dan de FeAS-waarde en bedroeg  $0,04 \pm 0,0$  mg Mn/m<sup>2</sup>-dag.



Figuur 7.2 Ijzer- en mangaangehalte op de ringen uit de biofilmmonitor voorzien van HHW<sub>rein</sub> Noordwest in de periode van 9 mei 2001 tot 17 oktober 2001.

### 7.3.2 Huishoudwater in het voorzieningsgebied

Op 4 verschillende locaties in het voorzieningsgebied is de kwaliteit van het huishoudwater bepaald (tabel 7.8).

Tabel 7.8 Samenstelling van water in het HHW<sub>tap</sub> van Noordwest in de periode mei 2001 t/m april 2002.

Parameter	Eenheid	Gegevens HHW <sub>tap</sub> <sup>a</sup>			
		N	Gem. ± stds	range (min - max)	P90
Temperatuur	°C	89	14,3 ± 4,0	6,5 - 21,3	19,4
Koloniegetal 22°C	kve/l	21	5,1·10 <sup>4</sup> ± 9,9·10 <sup>4</sup> (1,8·10 <sup>4</sup> ) <sup>b</sup>	< 1·10 <sup>3</sup> - 4,0·10 <sup>5</sup>	8,9·10 <sup>4</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/l	21	9,0·10 <sup>3</sup> ± 1,9·10 <sup>4</sup> (0) <sup>b</sup>	< 1·10 <sup>3</sup> - 7,4·10 <sup>4</sup>	2,9·10 <sup>4</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/l	21	0,83 (10% positief)	< 10 - 20	-
<i>Legionella</i>	kve/l	44	< 50	< 50	-
ATP	ng ATP/l	50	10,7 ± 3,1	5 - 16	6,9

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaardafwijking; P90 = 90-percentiel; <sup>b</sup> P50

Uit een vergelijking van deze gegevens met de getallen uit tabel 7.6 blijkt dat in deze periode geen nagroei kon worden waargenomen. Legionellabacteriën werden niet in het HHW<sub>tap</sub> aangetoond. Er trad wel een lichte verhoging van de temperatuur op van 13,5 naar 14,3°C.

In het voorzieningsgebied zijn PVC-leidingsegmenten (met een Ø van 20 mm) op een 3-tal locaties uitgenomen (31 oktober 2001). Deze leidingsegmenten zijn gedurende een periode van ca. 16 maanden doorstroomd geweest met het huishoudwater. Op de binnenkant van deze leidingsegmenten bedroeg de concentratie actieve biomassa 5,3·10<sup>3</sup> pg ATP/cm<sup>2</sup> (tabel 7.9), een hoge waarde in vergelijking met drinkwatergegevens. Een vergelijking met de metingen met de biofilmmonitor af pompstation is niet gemaakt omdat de BVS-waarden van het huishoudwater varieerde (sterke verschilde) in de onderzoeksperiode.

Tabel 7.9 Samenstelling van de biofilm in de leidingsegmenten uit het voorzieningsgebied van Noordwest (datum 31 oktober 2001)

Parameter	Eenheid	Gegevens leidingsegmenten <sup>a</sup>	
		N	Gem. ± stds
Biomassaconcentratie	pg ATP/cm <sup>2</sup>	6	5,3·10 <sup>3</sup> ± 2,5·10 <sup>3</sup>
Koloniegetal 22°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	3,5·10 <sup>3</sup> ± 2,7·10 <sup>3</sup>
Koloniegetal 37°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	1,6·10 <sup>3</sup>
Koloniegetal 25°C	kve/cm <sup>2</sup>	6	7,1·10 <sup>3</sup> ± 4,6·10 <sup>3</sup>
<i>Aeromonas</i>	kve/cm <sup>2</sup>	6	< 21
<i>Legionella</i>	kve/m <sup>2</sup>	6	< 3,2

<sup>a</sup> N = aantal waarnemingen; Gem. = gemiddelde; stds = standaardafwijking

## 7.4 Discussie en conclusie

### 7.4.1 Microbiologische veiligheid

Het huishoudwater dat op deze locatie wordt geproduceerd uit een mengsel van sloot- en grondwater is microbiologisch veilig. In het slootwater werden geen virussen aangetroffen en het aantal *Campylobacter* bacteriën was laag. Het opgepompte water bevat na de bodempassage lage concentraties micro-organismen van fecale herkomst. Er is op basis van de richtwaarden voor huishoudwater en de verzamelde gegevens geen verdere verwijdering door de zuivering vereist.

## 8 Literatuur

- Bqua Meerhoven, Technical Final Report. BTO 2001.186 (C).
- Bunnik J. (2002). Berekening aandeel oppervlaktewater bij huishoudwaterproject Wageningen Noordwest. Artesia. mei 2002.
- Craun G.F., Berger P.S. and Calderon R.L. (1997). *Coliform bacteria and waterborne disease outbreaks*. J.Am. Water Works Assoc. 89 (3):96-104.
- Havelaar A.H., van Olphen M. and Drost Y.C. (1993). *F-specific RNA Bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh water*. Appl. Environ. Microbiol. 9:2956-2962.
- De Roda-Husman A. (2001). Humane virussen in H<sub>2</sub>O. H<sub>2</sub>O 8:18-20.
- Hijnen W.A.M., Van der Speld W.M.H., Houtepen F.A.P. and Van der Kooij D. (1997). Spores of sulfite-reducing clostridia: a surrogate parameter for assessing the effects of water treatment on protozoan oocysts? In: 1997 *International Symposium on waterborne Cryptosporidium*, C.R. Fricker, J.L. Clancy and P.A. Rochelle (ed.), American Water Works Association, Denver USA, pp. 115-126.
- Hijnen W.A.M., Willemsen-Zwaagstra J., Hiemstra P., Medema G.J. and van der Kooij D. (2000a). *Removal of sulphite-reducing clostridia spores by full scale water treatment processes as a surrogate protozoan (oo)cysts removal*. Water Sci. and Technol. vol. 41: 165-171.
- Hijnen W.A.M., Veenendaal D., van der Speld W.M.H., Visser A., Hoogenboezem W. and van der Kooij D. (2000b). *Enumeration of faecal indicator bacteria in large water volumes using on site membrane filtration to assess water treatment efficiency*. Water Research, 34 (5):1659-1665.
- Hijnen W.A.M. en Groot-Marcus J.P. (2001) *Kwaliteit van douche- en wasmachinespoelwater bestemd voor hergebruik bij toiletspoeling: overwegingen met betrekking tot systeemontwikkeling*. Kiwa rapport KOA 01.099.
- Hijnen W.A.M. en Schijven J.F. (2003). *Eliminatie van pathogene micro-organismen door langzame zandfiltratie*. Kiwa rapport BTO 2002.133.
- Lodder W., Vinje J., Van de Heide R., de Roda Husman A., Leenen E. and Koopmans M. (1999). *Moleculair detection of Norwalk-like caliciviruses in sewage*. Appl. Environ. Microbiol. 65: 5624-5627.
- MacKenzie, W.R., N.J. Hoxie, M.E. Proctor, S. Gradus, K.A. Blair, D.E. Peterson, J.J. Kazmierczak, D.G. Addiss, K.R. Fox, J.B. Rose and J.P. Davis. (1994). *A massive outbreak in Milwaukee of Cryptosporidium infection transmitted through the public water supply*. New. Engl. J. Med. 331:161-167.
- Medema G.J., P.F.M. Teunis, Havelaar A.H. and Haas C.N. (1996). *Assessment of the dose-response relationship of Campylobacter jejuni*. Int. Jour. Food Microbiol. 30: 101-111.
- Medema G.J., A.Brouwer en M. de Graaf (1999). *Microbiologische veiligheid van huishoudwater voor toepassing voor toilet, wassen kleding en buitenkraan*. Kiwa rapport SWI 98.210.
- Medema G.J., Ketelaars H.A.M. en Hoogenboezem W. (2001). *Cryptosporidium and Giardia: occurrence in sewage, manure and surface water*. RIWA rapport. oktober 2001.

#### 7.4.2 *Biologische stabiliteit en nagroei*

Het huishoudwater benadert ruwweg de microbiologische kwaliteit van drinkwater. De biologische stabiliteit (biofilmvorming en AOC-gehalte zijn hoog) van het water is echter niet hoog. Deze conclusie is gebaseerd op de volgende bevindingen waarbij de resultaten vergeleken zijn met drinkwatergegevens:

- De BVS-waarde in de biofilmmonitor voorzien met huishoudwater is periodiek hoog (tot 623 pg ATP/cm<sup>2</sup>-dag);
- Een hoge FeAS-waarde van 6,5 mg Fe/m<sup>2</sup>-dag is vastgesteld;
- In het voorzieningsgebied zijn relatief hoge concentraties biomassa (5·10<sup>3</sup> pg ATP/cm<sup>2</sup>) op de binnenkant van leidingsegmenten waargenomen.

##### *Legionella*

Nagroei van *Legionella* werd in de relatief korte tijd dat huishoudwater wordt geleverd niet geconstateerd.

Tijdens inspectie bleek in een aantal woningen de temperatuur in de meterkast hoog te zijn als gevolg van de warmte-afgifte door een warmtewisselaar van de stadsverwarming. Hierdoor kunnen zowel het huishoudwater als het drinkwater in de meterkast worden opgewarmd. Op tappunten voor huishoudwater zijn temperaturen gemeten tot 22 °C (buitenkraan). Op grond van de risicoanalyses kan vermeerdering van *Legionella* in een binneninstallatie van een woning niet worden uitgesloten.

In één woning bleek tijdens de inspectie dat er een aftakking was gemaakt van de wasmachine naar een nieuw aangelegde wastafel op een zolderverdieping.

##### *Esthetische aspecten*

De gebruikers zijn tevreden over het huishoudwater en geven aan dat de kwaliteit met betrekking tot kleur en geur vrij constant is. Er zijn geen klachten bekend.

- Medema G.J., Voorkomen en verwijdering protozoa bij WRK. Notitie LR 98-32. Vergaderstuk overleg IMH en WMN, augustus 1998.
- Moore A.C., Herwaldt B.L., Craun G.F., Calderon R.L. Highsmith A.K. and Juraneck D.D. (1994). Waterborne diseases in United States. J. Am. Wat. Wks. Assoc. 86(2): 87-99.
- Nobel P.J., Medema G.J. (1997). Voorkomen van virussen, Cryptosporidium en Giardia in water bij Ps. de Punt (Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen) en in het stroomgebied van de Drentsche Aa. Kiwa-RIVM rapport KOA 97.097.
- Payement P. and Franco E. (1993). Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. Appl. Environ. Microbiol. 8: 2418-2424.
- Theunissen J.J.H., Nobel P.J. van de Heide R., de Bruin H.A.M., van Veenendaal D., Lodder W.J., Schijven J.F., Medema G.J., van der Kooij D. (1998). Enterovirussen bij innamepunten van oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater. RIVM rapport 289202-013.
- Van Dijk-Looyard A.M. en Mons M.N. (1998). Kwaliteitscontrole van huishoudwater: meetprogramma's en kosten. Kiwa rapport SWI 98.186.
- Van der Kooij D. (1984). The growth of bacteria on organic compounds in drinking water. Proefschrift, Rijswijk, 1984.
- Van der Kooij D. en Hijnen W.A.M. (1984). Mogelijkheden van AOC-bepalingen bij het vaststellen van de concentratie gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen in water. H2O 17: 249-252.
- Van der Kooij D. (1992). Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. J. Am Wat. Wks. Assoc. 84(2): 57-65.
- Van der Kooij D. and Veenendaal H.R. (1993). Biofilm development on surfaces in drinking water distribution systems. Proc. 19<sup>th</sup> Int. Water Supply Congres Budapest, pp. SS1-1-SS1-7.
- Van der Kooij D. Vrouwenfelder J.S. en Veenendaal H.R. (1995). Kinetic aspects of biofilm formation on surfaces exposed to drinking water. Wat. Sci. Tech. 32: 61-65.
- Van der Kooij D. (1996). De microbiologische kwaliteit van drinkwater in Nederland: goed, beter of best? H2O 29: 219-226.
- VROM, 1995. *Infectierisico van virussen en parasitaire protozoa via drinkwater. Notitie ter voorbereiding van beleidsstandpunt*. Concept 17 mrt. 1995. Min. VROM, DGM/DWL.
- Van Olphen M., Van der Baan E., Kapsenberg J.G. en Van Breemen L.W.C.A. (1992). Virusverwijdering bij de opslag van Maaswater in spaarbekkens. H2O 20: 550-555.
- Vrouwenfelder J.S. en D. van der Kooij. "Biofilmvorming op leidingmaterialen voor huishoudwater: een momentopname in Langerak in september 1999". Oktober 1999.
- Vrouwenfelder J.S. en D. van der Kooij. "Biofilmvormende eigenschappen van het drinkwater van de pompstations Leiduin" (KOA 97.009). 1997.
- Waterleidingbesluit (2001). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 31:1-50.
- Wubbels G.H. (1996). Inventarisatie thermofiele *Campylobacter* bacteriën Oppervlaktewaterbedrijf de Punt. Rapport GWG Code 945.

# Bijlage 1: Meerhoven, Eindhoven

## 1. Biologische veiligheid

Tabel 1 Resultaten fagenmetingen, Beatrixkanaalwater, Meerhoven

	Somatische colifagen (pfp/l)			F-RNA-specifieke fagen (pfp/l)		
	bron	HHW <sub>rein</sub>	DEC <sup>b</sup>	bron	HHW <sub>rein</sub>	DEC <sup>b</sup>
5-mrt-01	6007,3	0,0035	6,23	4889,7	< 0,0028	> 6,24
4-apr-01	9764,2	0,0043	6,36	13264,6	< 0,0044	> 6,48
1-mei-01	800,2	< 0,0031	> 5,41	821,7	< 0,0031	> 5,42
21-nov-01	1,2	0,0028	2,63	0,19	< 0,0025	> 1,88
19-dec-01	3273,9	0,0047	5,84	< 0,02	< 0,0043	> 0,67
23-jan-02	1816	< 0,0032	> 5,75	9,8	< 0,0029	> 3,53
aantal	6	6	6	6	6	6
min.	1,2	0,028	2,6	< 0,02	< 0,0025	> 0,7
max.	9764,2	0,0047	6,4	13264,6	< 0,0044	> 6,5
gemiddeld <sup>a</sup>	3610,5	< 0,0026	-6,2	< 3164	< 0,0033	> 4,0
std <sup>a</sup>	3684,3	< 0,0021	1,4	< 5300	< 0,0008	> 2,4

<sup>a</sup> < waarde op 0 gesteld; <sup>b</sup> DEC =  $\log(C_{in, gem}/C_{uit, gem})$

Tabel 2 Resultaten virusmetingen, Beatrixkanaalwater, Meerhoven

Bron	Reovirus	Enterovirus	Rotavirus	Norwalk-like calicivirus (NLV)
	pfu/l	pfu/l	RCP/l	RCP/l
5-mrt-01	< 0,029	1,2	< 11,2	< 27
4-apr-01	< 0,018	0,31	< 27,4	< 65,7
1-mei-01	0,025	0,096	< 13,6	< 32,7
21-nov-01	0,003	0,012	< 12,9	< 30,9
19-dec-01	< 0,056	3,3	< 11,8	< 28,3
23-jan-02	1,1	0,14	< 33,4	< 80,2
aantal	6	6	6	6
min.	0,003	0,012	< 11,2	< 27
max.	1,1	3,3	< 33,4	< 80,2
gemiddeld <sup>a</sup>	< 0,2 <sup>a</sup>	0,8	< 18,4	< 44,1
std. <sup>a</sup>	< 0,4 <sup>a</sup>	1,3	< 9,5	< 22,9

<sup>a</sup> < waarde op 0 gesteld



Tabel 3 Resultaten Crypto, Giardia, Campylobacter, gemeten in Beatrixkanaalwater, Meerhoven

Datum	Cryptosporidium	Cryptosporidium, waarde gecorrigeerd voor recovery van bepaling	Giardia	Giardia, waarde gecorrigeerd voor recovery van bepaling	Campylobacter
	oöcysten/l	oöcysten/l	cysten/l	cysten/l	kve/100 ml
11-05-1999	0,32	12,3	11,9	76	
07-09-1999	0,48	18,5	5	32	
30-11-1999	0,04	1,54	2,7	17	
20-03-2000	0,08	3,08	3,4	22	
6-3-2001					0,2
2-4-2001	0,025		0,65		
3-4-2001					< 0,3
5-6-2001					0,4
7-8-2001					< 0,3
3-9-2001	< 0,028		1,875		
2-10-2001					15
4-12-2001					4
aantal	6	4	6	4	6
min.	< 0,028	1,54	0,65	17	0,2
max.	0,48	18,5	11,9	76	15
gemiddeld <sup>a</sup>	0,16	8,86	4,2	36,8	3,3
std. <sup>a</sup>	0,20	7,99	4,0	26,9	6,0

<sup>a</sup> < waarden op 0 gesteld

## 2. Samenvatting Ruwwater (Beatrixkanaalwater)

Tabel 4 Karakterisering bron (Beatrixkanaalwater), meetperiode 17-4-2001 t/m 20-8-2002

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC	
	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l			
eenheid		100	100	66/67	100	67	67	100	100	100	100	100	100	50	100			
% positieve waarnemingen		65	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67			
aantal metingen	nb	130	15	0	500	8,8*10 <sup>3</sup>	3,4*10 <sup>5</sup>	7,4*10 <sup>4</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	1,1*10 <sup>4</sup>	5,1*10 <sup>3</sup>	2,5*10 <sup>5</sup>	1,7*10 <sup>3</sup>	1,6*10 <sup>3</sup>	1,1	6	67	
min		1,1*10 <sup>5</sup>	6,2*10 <sup>3</sup>	2,5*10 <sup>3</sup>	3,0*10 <sup>5</sup>	3,4*10 <sup>5</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	3,0*10 <sup>4</sup>	<50	3,7	11,8
max		1,7*10 <sup>4</sup>	1,1*10 <sup>3</sup>	6,2*10 <sup>4</sup>	6,2*10 <sup>4</sup>	7,4*10 <sup>4</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	9,6*10 <sup>3</sup>	45	6,7	6,7
gemiddeld		2,7*10 <sup>4</sup>	1,6*10 <sup>3</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	8,1*10 <sup>4</sup>	25	1,5	1,5
standaarddeviatie		5,1*10 <sup>3</sup>	375	-	2,5*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	4,6*10 <sup>4</sup>	-	6,6	6,6
geometrisch gem.		4,9*10 <sup>4</sup>	3,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>3</sup>	-	8,7	8,7
90 percentiel		438	43	96	3,6*10 <sup>3</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	-	5,1	5,1
10 percentiel																		

< waarden op helft van de detectiegrens (25) gesteld

## 3. Samenvatting Huishoudwater (af pompstation)

Tabel 5 Karakterisering HHW<sub>rein</sub> (af pompstation), meetperiode 17-4-2001 t/m 20-8-2002

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC
	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l		
eenheid		0	2	3	7	100	99	100	99	100	99	100	99	100			
% positieve waarnemingen		66	66	66	14	66	66	66	66	66	66	66	66	66			
aantal metingen	30	66	66	66	14	66	66	66	66	66	66	66	66	66			56
min	6	0	0	0	0	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	1,6*10 <sup>2</sup>	0	1,0	1,0
max	21	0	1	1	16	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,4*10 <sup>5</sup>	1,1*10 <sup>4</sup>	6,9	6,9
gemiddeld	14,1	-	-	-	1,1	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,3*10 <sup>4</sup>	1,1*10 <sup>3</sup>	4,4	4,4
standaarddeviatie	4,3	-	-	-	4,3	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,6*10 <sup>4</sup>	2,4*10 <sup>3</sup>	1,5	1,5
geometrisch gem.	13,4	-	-	-	0	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,0*10 <sup>3</sup>	4,1	4,1
90 percentiel	19	-	-	-	0	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,1*10 <sup>3</sup>	3,0*10 <sup>3</sup>	6,2	6,2
10 percentiel	15	-	-	-	0	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	3,5*10 <sup>2</sup>	12,5	2,6	2,6

#### 4. Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)

Tabel 6 Samenvatting parameters HHV<sub>tap</sub> halve verblijftijd, meetperiode: 6 augustus 2001 t/m augustus 2002

parameter	Temperatuur	<i>E. coli</i>	Enterococci	SSRC	<i>Aeromonas</i>	Koloniegetal 22°C	Koloniegetal 37°C	ATP	<i>Legionella</i>
eenheid	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	ng/l	kve/l
% positieve waarnemingen	100	0	0	0	20	100	100	100	0
aantal metingen	51	54	55	53	46	55	54	8	23
min	7,9	0	0	0	0	6	6	11	< 50
max	21,4	0	0	0	43	1,0·10 <sup>5</sup>	4,6·10 <sup>3</sup>	210	< 50
gemiddeld	14,9	-	-	-	3,1	4,7·10 <sup>3</sup>	268	83	-
standaarddeviatie	3,7	-	-	-	8,2	1,4·10 <sup>4</sup>	661	66	-
geometrisch gem.	14,4	-	-	-	-	1,2·10 <sup>3</sup>	83	60	-
90 percentiel	19,2	-	-	-	13,5	4,9·10 <sup>3</sup>	519	154	-
50 percentiel	16	-	-	-	0	1,1·10 <sup>3</sup>	70	66	-
10 percentiel	10,2	-	-	-	0	220	13	26	-

Tabel 7 Samenvatting parameters 'af tap' hele verblijftijd, meetperiode: 6 augustus 2001 t/m augustus 2002

parameter	Temperatuur	<i>E. coli</i>	Enterococci	SSRC	<i>Aeromonas</i>	Koloniegetal 22°C	Koloniegetal 37°C	ATP	<i>Legionella</i>
eenheid	°C	kve/300 ml	kve/l	kve/l	kve/l	kve/l	kve/l	ng/l	kve/l
% positieve waarnemingen	100	0	0	2	22	0	96	100	0
aantal metingen	51	55	55	55	55	55	54	8	20
min	8,4	0	0	0	0	9	0	14	< 50
max	23,2	0	0	1	39	1,0·10 <sup>5</sup>	1,8·10 <sup>3</sup>	160	< 50
gemiddeld	15,2	-	-	0,0	2,3	3,8·10 <sup>3</sup>	244	90	-
standaarddeviatie	4,2	-	-	0,1	7,3	1,3·10 <sup>4</sup>	370	53	-
geometrisch gem.	14,6	-	-	-	-	1,3·10 <sup>3</sup>	699	72	-
90 percentiel	20,8	-	-	0	4	4,5·10 <sup>3</sup>	89	153	-
50 percentiel	15,9	-	-	0	0	1,6·10 <sup>3</sup>	12	91	-
10 percentiel	9,7	-	-	0	0	268	12	36	-

## 5. Biofilmmonitoronderzoek

Tabel 8 *Directe celtelling, koloniegetal op R<sub>2</sub>A bij 25°C, Aeromonas 30°C op biofilmmonitorringen*

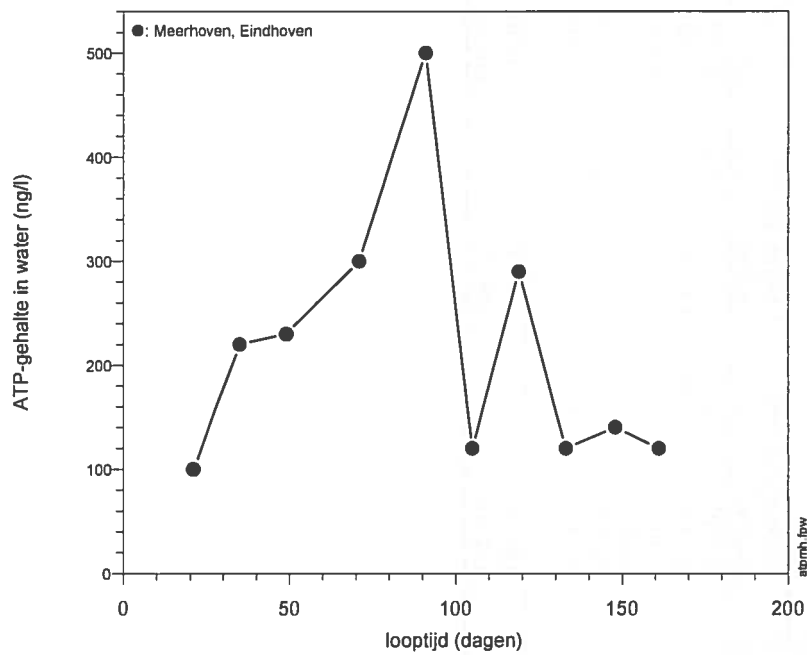
proefproject	Datum	Directe celtelling ± sd aantal /cm <sup>2</sup>	Koloniegetal R2A 25°C aantal/cm <sup>2</sup>	<i>Aeromonas</i> aantal/cm <sup>2</sup>
Meerhoven	13-06-01	7,2·10 <sup>7</sup> ± 1,8·10 <sup>7</sup>	4,0·10 <sup>6</sup>	< 6
	05-09-01	1,5·10 <sup>8</sup> ± 3,1·10 <sup>7</sup>	2,2·10 <sup>6</sup>	< 12
	17-10-01	1,2·10 <sup>8</sup> ± 4,8·10 <sup>7</sup>	1,3·10 <sup>6</sup>	< 2

Tabel 9 *AOC-gehalte van het huishoudwater (af pompstation) gemeten parallel aan het biofilmmonitoronderzoek*

Proefproject	datum	P17 (µg/l) ± std.	Nox (µg/l) ± std.	AOC-gehalte Totaal (µg /l) ± std.
Meerhoven, Eindhoven	13-06-01	9,6 ± 0,1	7,7 ± 1,7	17 ± 2*
	13-06-01+afname	4,3 ± 0,1	4,4 ± 1,3	8,7 ± 1,7
	05-09-01	40 ± 7	8,8 ± 1,2	49 ± 9**

\* Van monster M-011594 is de variatiecoëfficiënt van het maximum koloniegetal van stam Nox in één van de flessen 58%.

\*\* In monster M-012739 is een sporevormer aanwezig die de pasteurisatie heeft overleefd, hierdoor zal het werkelijke AOC-gehalte waarschijnlijk hoger liggen, dan de gemeten waarden aangeven.



*Figuur 1 ATP-gehalte van HHW<sub>rein</sub> van Meerhoven, Eindhoven gebruikt voor doorstroming van de biofilmmonitor in de periode 9 mei 2001 – 17 oktober 2001. Let op de Y-as waarden.*

## 6. Leidingsegmenten

Tabel 10 resultaten uitname leidingsegmenten, voorzieningsgebied Meerhoven

locatie	bovenzijde	ATP		Aeromonas		Legionella		Koloniëgetal 22°C		Koloniëgetal 37°C		R <sub>2</sub> A 25°C	
		pg/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd
Zandroos 51 (PVC)	bovenzijde	6,4·10 <sup>3</sup>	57	< 4,4		< 4,4		1,1·10 <sup>3</sup>	47	35	2,4	6,8·10 <sup>5</sup>	1,4·10 <sup>5</sup>
Zandroos 51	benedenzijde	5,2·10 <sup>3</sup>	5,1·10 <sup>2</sup>	< 4,4		< 4,4		4,9·10 <sup>3</sup>	4,9·10 <sup>2</sup>	1,1·10 <sup>2</sup>	7,1	1,1·10 <sup>6</sup>	1,7·10 <sup>5</sup>
Zandhagedis bij afsluiter (PVC)	bovenzijde	1,2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>2</sup>	< 4,4		< 4,4		40	-	17	4,7	8,1·10 <sup>3</sup>	8,1·10 <sup>2</sup>
Zandhagedis bij afsluiter	onderzijde	1,5·10 <sup>3</sup>	32	< 4,4		< 4,4		1,5·10 <sup>3</sup>	94	73	14	8,2·10 <sup>4</sup>	1,0·10 <sup>4</sup>
Zandhagedis eindpunt (PE)	bovenzijde	1,2·10 <sup>3</sup>	27	< 4,4		< 4,4		1,2·10 <sup>2</sup>	7,1	8,3	2,4	1,2·10 <sup>3</sup>	3,8·10 <sup>2</sup>
Zandhagedis eindpunt (PE)	onderzijde	8,2·10 <sup>2</sup>	64	< 4,4		< 4,4		7,5·10 <sup>3</sup>	3,1·10 <sup>2</sup>	18	12	2,6·10 <sup>4</sup>	1,4·10 <sup>3</sup>
zandhagedis eindpunt kraan PVC 40		4,5·10 <sup>3</sup>	1,0·10 <sup>2</sup>	< 4,4		< 4,4							
gemiddeld		2,97·10 <sup>3</sup>						2,53·10 <sup>3</sup>		4,36·10 <sup>1</sup>		3,16·10 <sup>5</sup>	
std		2,31·10 <sup>3</sup>						3,01·10 <sup>3</sup>		3,99·10 <sup>1</sup>		4,65·10 <sup>5</sup>	

## Bijlage 2: Leidsche Rijn, Utrecht

### 1. Biologische veiligheid

Tabel 1 Resultaten fagenmetingen, Leidsche Rijn

	Somatische colifagen (pfp/l)			F-RNA-spec. fagen (pfp/l)		
	bron	HHW <sub>rein</sub>	DEC <sup>a</sup>	bron	HHW <sub>rein</sub>	DEC <sup>a</sup>
23-jan-2001	2799,9	448,9	0,79	596,7	109,2	0,74
21-feb-2001	5747,5	618,5	0,97	336,2	24,3	1,14
20-mrt-2001	12541,9	288,2	1,64	342,5	22,8	1,18
03-apr-2001	4550	939,1	0,69	564,9	58,7	0,98
18-apr-2001	1595,4	66,6	1,38	242	3,2	1,88
15-mei-2001	625,5	15,9	1,59	2,8	0,18	1,19
aantal	6	6	6	6	6	6
min.	625,5	15,9	0,69	2,8	0,18	0,74
max.	12542	939	1,64	109	109	1,88
gemiddeld	4643,4	396,2	1,2	347,5	36,4	1,2
std.	4299,9	349,8	0,4	218,8	41,3	0,4

<sup>a</sup> DEC =  $\log(C_{in, gem}/C_{uit, gem})$

Tabel 2 Resultaten virusmetingen, Leidsche Rijn

Bron	Reovirus	Enterovirus	Rotavirus	Norwalk-like calicivirus (NLV)
	pfu/l	pfu/l	RCP/1	RCP/1
23-jan	0,56	0,070	< 59,5	> 14291,1
21-feb	0,62	0,031	< 33,5	> 804,0
20-mrt	0,4	0,022	< 46,1	> 1105,6
03-apr	0,12	0,075	< 18,7	< 44,8
18-apr	0,15	0,032	< 13,4	< 32,1
15-mei	0,0076	0,005	< 12,7	< 30,5
aantal	6	6	6	6
min.	0,0076	0,005	12,7	30,5
max.	0,62	0,075	59,5	14291,1
gemiddeld	0,3096	0,0392	30,7	2718,0
std.	0,2529	0,0276	19,2	5688,3

*Tabel 3 Resultaten Crypto, Giardia, Campylobacter, Leidsche Rijn*

Datum	<i>Cryptosporidium</i> oöcysten/l	<i>Giardia</i> cysten/l	<i>Campylobacter</i> kve/100 ml
2-4-2001	0,025	0,650	
6-3-01			< 0,3
5-6-01			0,4
7-8-01			< 0,3
5-9-01			5
2-10-01			2,3
6-11-01			4
4-12-01			9
aantal metingen			
min.			< 0,3
max.			9
gemiddeld			7
std			

*Tabel 4 Resultaten Crypto, Giardia onderzoek Medema, ongecorrigeerde waarden*

	Lekkanaalwater		productwater ps Cornelis Biemond	
	<i>Cryptosporidium</i> oöcysten/l	<i>Giardia</i> cysten/l	<i>Cryptosporidium</i> oöcysten/l	<i>Giardia</i> cysten/l
periode	21 mei '97 - 6 apr. '98		20 jan. '97 - 8 apr. '98	
aantal metingen	12	12	15	15
% positief	33	83	27	40
min.	0,00	0,00	< 0,001	< 0,001
max.	0,919	148	0,012	0,023
gemiddeld	0,213	14,840	0,0012	0,0065
rendement methode	6,0	29,3	-	-
gecorrigeerd gem.	3,6	50,6	-	-



## 2. Samenvatting ruw water (Lekkanaalwater)

Tabel 5 Karakterisering bron (Lekkanaalwater), meetperiode september 1998 t/m oktober 2001

parameter	Temperatuur	E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC
		kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l			
eenheid	°C	67	70	63	57	59	28	nb	nb							
aantal metingen		2	5,6	0	240	410	1									
min	3,6	900	320	1,1·10 <sup>3</sup>	8,4·10 <sup>4</sup>	3,8·10 <sup>4</sup>	990									
max	23	230	83	410	1,5·10 <sup>4</sup>	4,8·10 <sup>3</sup>	403									
gemiddeld	13	160	68	243	1,4·10 <sup>4</sup>	6,6·10 <sup>3</sup>	209									
standaarddeviatie	5,8	168	56	-	1,2·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>3</sup>	305									
geometrisch gem.	11	413	170	764	2,1·10 <sup>4</sup>	1,2·10 <sup>4</sup>	648									
90 percentiel	21	53	13	191	6,1·10 <sup>3</sup>	906	211									
10 percentiel	5,6															

## 3. Samenvatting huishoudwater (af pompstation)

Tabel 6 Karakterisering HHW<sub>rem</sub> (af pompstation), meetperiode september 1998 t/m oktober 2001

parameter	Temperatuur	E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC
		kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l				
eenheid	°C	33/36	35/39	50/54	100	100	8/9									
% positieve waarnemingen																
aantal metingen	nb	36	39	54	49	52	9									
min		0	0	0	28	6	0									
max		56	8	6	3,0·10 <sup>3</sup>	349	12									
gemiddeld		5,1	1,5	1,5	539	74	4,3									
standaarddeviatie		10	1,7	1,5	793	53	3,4									
geometrisch gem.		-	-	-	196	60	-									
90 percentiel		8,8	4	3,8	2120	120	7,2									
10 percentiel		1	0,2	0,7	43	27	1,6									

#### 4. Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)

Tabel 7 Samenvatting parameters 'af tap' alle meetlocaties bijeen genomen, meetperiode: september 1998 t/m december 1999

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSIRC		Aeromonas		Koloniëgetal 22°C		Koloniëgetal 37°C		ATP		Legionella		
	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	ng/l	kve/l	kve/l	ng/l	kve/l	
% positieve waarnemingen	-	67	38	98	100														
aantal metingen	310	310	275	309	304														
min	4,0	1,0	1,0	1,0	17														
max	23	11	14	57	3,3·10 <sup>3</sup>														
gemiddeld	13	2	1,4	5,0	323														
standaarddeviatie	5,2	1,4	1,2	5,8	409														
geometrisch gem.	-	1,4	1,2	3,2	-														
90 percentiel	20	3	2	11	734														
50 percentiel	12	1	1	3	185														
10 percentiel	6	1	1	1	39														

<sup>1</sup> meetperiode mei 2001 t/m juli 2002

## 5. Biofilmmonitoronderzoek

Tabel 8 Directe celtelling, koloniegetal op R<sub>2</sub>A bij 25°C, Aeromonas 30°C op biofilmmonitorringen

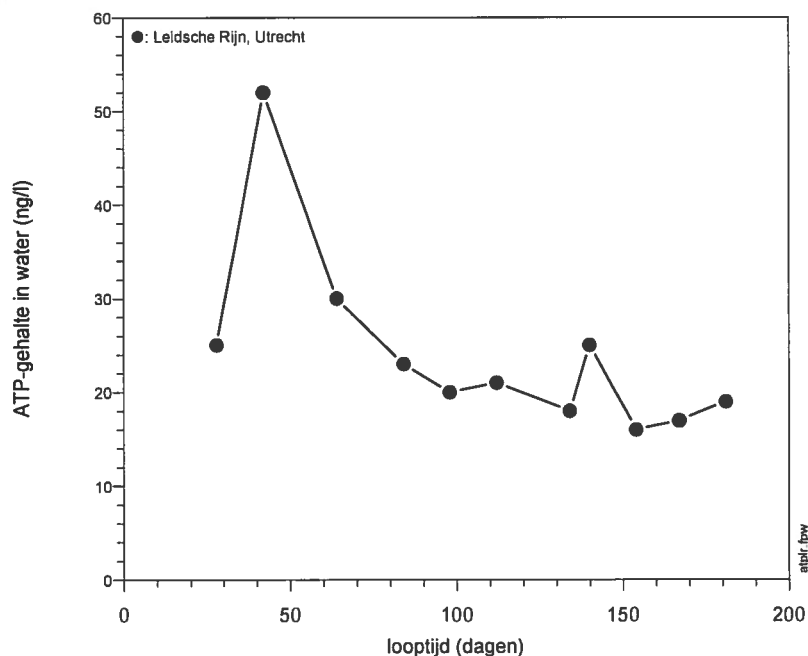
proefproject	Datum	Directe celtelling ± sd aantal / cm <sup>2</sup>	Koloniegetal R <sub>2</sub> A 25°C aantal/cm <sup>2</sup>	Aeromonas aantal/cm <sup>2</sup>
Leidsche Rijn	13-06-01	1,3·10 <sup>6</sup> ± 2,5·10 <sup>5</sup>	1,5·10 <sup>5</sup>	< 6
	19-07-01	9,8·10 <sup>5</sup> ± 2,7·10 <sup>5</sup>	2,1·10 <sup>4</sup>	< 6
	22-08-01	2,0·10 <sup>6</sup> ± 2,6·10 <sup>5</sup>	6,9·10 <sup>3</sup>	< 2
	03-10-01	2,9·10 <sup>6</sup> ± 5,9·10 <sup>5</sup>	3,4·10 <sup>3</sup>	< 2

Tabel 9 AOC-gehalte van het huishoudwater (af pompstation) gemeten parallel aan het biofilmmonitoronderzoek

Proefproject	datum	P17 (µg/l) ± std.	Nox (µg/l) ± std.	AOC-gehalte Totaal (µg /l) ± std.
Leidsche Rijn, Utrecht	13-06-01	1,1 ± 0,2	1,1 ± 1,2	2,2 ± 1,4 <sup>#</sup>
	13-06-01+afname	2,9 ± 1,3	2,1 ± 0,1	4,9 ± 1,2
	22-08-01	17 ± 0	6,9 ± 0,8	24 ± 0

<sup>#</sup>Van monster M-011598 is de variatiecoëfficiënt van het maximum koloniegetal van stam Nox in één van de flessen 54%.

ATP-gehalte in productwater (gebruikt voor doorstroming van de biofilmmonitor) bedroeg gemiddeld 24 ng/l met een standaarddeviatie van 10 ng/l.



Figuur 1 ATP-gehalte in het HHW<sub>rein</sub> van Leidsche Rijn, Utrecht voor doorstroming van de biofilmmonitor in de periode 16 mei 2001 – 13 november 2001

## 6. Leidingsegmenten

Tabel 10 Resultaten uitname leidingsegmenten

adres	swab	locatiecode	ATP-gehalte	
			pg/cm <sup>2</sup>	sd
Kreekraklaan 40	bovenzijde	M	4,0·10 <sup>3</sup>	1,3·10 <sup>2</sup>
Kreekraklaan 40	benedenzijde		1,8·10 <sup>3</sup>	3,0
Slingerraklaan 194	bovenzijde		4,2·10 <sup>2</sup>	5,5
Slingerraklaan 194	benedenzijde		7,6·10 <sup>2</sup>	11
Klifrakplantsoen 164	bovenzijde	M10	4,2·10 <sup>2</sup>	10
Klifrakplantsoen 164	benedenzijde	M10	6,1·10 <sup>2</sup>	0,0
Houtrakgracht 320	bovenzijde		8,9·10 <sup>2</sup>	38
Houtrakgracht 320	benedenzijde		7,6·10 <sup>2</sup>	0,99
Houtrakgracht 101-199	bovenzijde		7,1·10 <sup>2</sup>	44
Houtrakgracht 101-199	benedenzijde		1,9·10 <sup>3</sup>	15
gemiddeld			1,2·10 <sup>3</sup>	
std			1,1·10 <sup>3</sup>	

# Bijlage 3: Waterwijk, Amsterdam

## 1. Biologische veiligheid

Tabel 1 Regenvolgegevens van het KNMI over 2001

Schellingwoude	aantal mm.regenval	
jan	82	
feb	92,9	
maart	64,7	
apr.	91,7	
mei	43,4	9 mei start BFM
jun	77,9	
jul	79,4	
aug	102,1	15 aug 1e hoge waarde, toename BVS
sept	194,5	
okt	47,8	17 okt einde BFM
nov	107,7	
dec	104,5	
jaar	1088,6	
norm	851,8	

Tabel 2 Resultaten Crypto, Giardia, Campylobacter, Waterwijk

Datum	monsterlocatie	Cryptosporidium oöcysten/l	Giardia cysten/l	Campylobacter kve/100 ml
25-4-2001	blok 4	< 0,019	< 0,019	
	blok 5	0,033	0,008	
	blok 9	< 0,042	< 0,042	
11-6-2001	blok 6	0,015	0,046	
	blok 12	0,042	0,033	
	blok 17	< 0,009	0,078	
7-8-2001	blok 5			< 0,3
	blok 6			< 0,3
	blok 9			< 0,3
	blok 12			< 0,3
	blok 17			< 0,3
aantal		6	6	6
% pos.		33	67	0
min		< 0,019	< 0,042	< 0,3
max		0,042	0,078	< 0,3
gemiddeld		0,0125	0,0275	nvt

1 april tot 25 april: ongeveer 68 mm gevallen

1-6-01 tot 11-6-01: ongeveer 19 mm gevallen

23 juli tot 7 aug 01: ongeveer 27 mm gevallen

## Gegevens biofilmpakket

*Tabel 3 ATP-gehalte op diverse plaatsten in de systemen gemeten.*

monsterlokatie	Datum	ATP-gehalte ng/l
Blok 17 'af tap'	4-7-2001	3,3
Blok 17 1 <sup>e</sup> verdieping	4-7-2001	1,7
Blok 17, begane grond	8-8-2001	2,1
Blok 17, 4e verdieping	8-8-2001	4,5
Blok 12, aftak 366	20-8-2001	553
Blok12, aftak 392	20-8-2001	507
Blok 17, begane grond	20-8-2001	1,4
Blok17, 4e verdieping	20-8-2001	0,89

## 2. Samenvatting ruw water

Tabel 4 Karakterisering bron (regenwater 1<sup>e</sup> opslagtank), meetperiode april t/m oktober 2001

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC	
	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	kve/l	mg/l	mg/l
aantal metingen	12 <sup>a</sup>	23	23	23	22	22	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
min	11,3	0	0	0	0	0												
max	20,1	400	850	2000														
gemiddeld	16	79	141	355														
standaarddeviatie	3,2	101	205	609														
geometrisch gem.	15,2	-	-	-														
90 percentiel	19,6	200	314	1402														
10 percentiel	11,6	0,02	1,4	0														

Resultaten afzonderlijke blokken samengenomen en < waarden op 0 gesteld; <sup>a</sup> periode april t/m juni 2001

## 3. Samenvatting huishoudwater

Tabel 5 Karakterisering HHW<sub>rem</sub> (uitgaand water opslag blok 12), meetperiode april 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella		DOC	
	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/l	kve/l	mg/l	mg/l
% positieve waarnemingen	-	62	55	62	62	62	88	100	100	100	100	100	100	100	nb	nb	nb	nb
aantal metingen	29	13	20	21	21	21	8	10	10	10	10	9	9	nb	nb	nb	nb	nb
min	11	0	0	0	0	0	0	61	61	61	61	5	5					
max	23,2	400	2,2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	2,5·10 <sup>3</sup>	7,2·10 <sup>5</sup>	7,2·10 <sup>5</sup>	7,2·10 <sup>5</sup>	7,2·10 <sup>5</sup>	1,3·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>4</sup>					
gemiddeld	16,3	75	280	165	165	165	499	7,6·10 <sup>4</sup>	7,6·10 <sup>4</sup>	7,6·10 <sup>4</sup>	7,6·10 <sup>4</sup>	1,5·10 <sup>4</sup>	1,5·10 <sup>4</sup>					
standaarddeviatie	3,6	142	613	360	360	360	886	2,4·10 <sup>5</sup>	2,4·10 <sup>5</sup>	2,4·10 <sup>5</sup>	2,4·10 <sup>5</sup>	4,3·10 <sup>4</sup>	4,3·10 <sup>4</sup>					
geometrisch gem.	15,9	-	-	-	-	-	-	1,5·10 <sup>3</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	1,5·10 <sup>3</sup>	302	302					
90 percentiel	21,3	320	1,2·10 <sup>3</sup>	680	680	680	1,4·10 <sup>3</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	3,0·10 <sup>4</sup>	3,0·10 <sup>4</sup>					
10 percentiel	11,9	0	0	0	0	0	0,7	123	123	123	123	11,4	11,4					

#### 4. Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)

Tabel 6 Samenvatting parameters 'af tap' blok 12, meetperiode: april 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur	E. coli	Enterococcon	SSRC	Aeromonas	Koloniegetal 22°C	Koloniegetal 37°C	ATP	Legionella
eenheid	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	ng/l	kve/l
% positief	-	85	39	0	-	-	-	-	17
aantal	22	13	18	17	6	9	8	9	12
min	14	0	0	1,6	1	44	13	4,4	< 50
max	23,6	360	850	2,0·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>3</sup>	5,8·10 <sup>5</sup>	1,3·10 <sup>4</sup>	1,6·10 <sup>3</sup>	2000
gemiddeld	17,9	35	138	353	439	7,0·10 <sup>4</sup>	1,8·10 <sup>4</sup>	333	-
standaarddeviatie	2,4	101	265	549	595	1,9·10 <sup>5</sup>	4,5·10 <sup>4</sup>	523	-
geometrisch gem.	17,8	-	-	83	76	3,5·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	76,6	-
90 percentiel	21,2	73	446	984	1,2·10 <sup>3</sup>	1,3·10 <sup>5</sup>	4,4·10 <sup>4</sup>	760	-
50 percentiel	17,4	10	10	130	111	2,5·10 <sup>3</sup>	1,6·10 <sup>3</sup>	32	-
10 percentiel	15,4	0	0	6	6	233	42	8,88	-

< waarden op 0 gesteld; > als waarde genomen



Tabel 7 *Samenvatting parameters 'af tap' blok 17, meetperiode: april 2001 t/m april 2002 (alleen drinkwater en regenwater+drinkwater)*

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		Koloniegetal 22°C		Koloniegetal 37°C		ATP		Legionella	
	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	ng/l	kve/l	kve/l	kve/l
% positief	-	71	71	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
aantal	29	7	21	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	18	18	18	18
min	16,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	< 50	< 50	< 50	< 50
max	27,3	320	290	210	610	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	1,1-0 <sup>3</sup>	31	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
gemiddeld	20,5	46	28	11,4	64	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	1,2-0 <sup>3</sup>	7,2	-	-	-	-	-
standaarddeviatie	3,2	121	71	47	192	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	3,5-0 <sup>3</sup>	9,4	-	-	-	-	-
geometrisch gem.	20,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	-	-	-	-
90 percentiel	24,7	129	100	3,7	76	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	1,4-0 <sup>3</sup>	15	-	-	-	-	-
50 percentiel	19,8	0	0	0	0,5	10	10	10	10	10	10	10	5	4,4	-	-	-	-
10 percentiel	16,9	0	0	0	0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	0,9	1,64	-	-	-	-

< waarden op 0 gesteld; > als waarde genomen

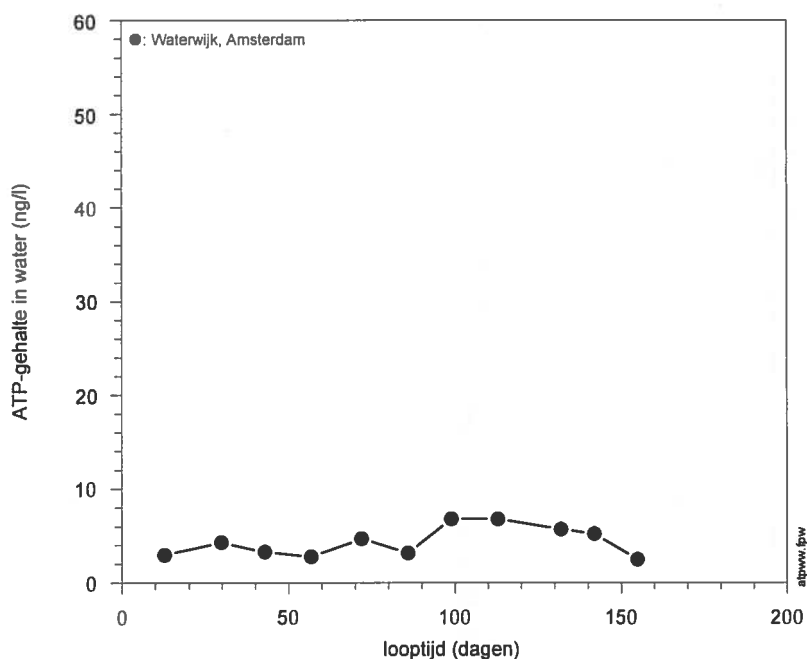
## 2. Biofilmmonitoronderzoek

Tabel 8 Directe celtelling, koloniegetal op R<sub>2</sub>A bij 25°C, Aeromonas 30°C op biofilmmonitorringen

proefproject	Datum	Directe celtelling ± sd aantal /cm <sup>2</sup>	Koloniegetal R <sub>2</sub> A 25°C aantal/cm <sup>2</sup>	Aeromonas aantal/cm <sup>2</sup>
Waterwijk	07-06-01	1,8·10 <sup>6</sup> ± 1,9·10 <sup>5</sup>	7,7·10 <sup>4</sup>	< 12
	19-07-01	3,5·10 <sup>6</sup> ± 1,1·10 <sup>6</sup>	3,5·10 <sup>5</sup>	< 12
	29-08-01	4,7·10 <sup>6</sup> ± 5,3·10 <sup>5</sup>	2,0·10 <sup>5</sup>	< 12
	10-10-01	8,8·10 <sup>6</sup> ± 1,1·10 <sup>6</sup>	2,1·10 <sup>5</sup>	< 2

Tabel 9 AOC-gehalte van het huishoudwater (af pompstation) gemeten parallel aan het biofilmmonitoronderzoek

Proefproject	datum	P17 (µg/l) ± std.	Nox (µg/l) ± std.	AOC-gehalte Totaal (µg /l) ± std.
Waterwijk, Amsterdam	07-06-01	0,57 ± 0,14	5,3 ± 0,2	5,9 ± 0,0
	07-06-01+afname	0,07 ± 0,02	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,2
	29-08-01	2,1 ± 0,5	4,6 ± 0,9	6,7 ± 0,4



Figuur 1 ATP-gehalte van huishoudwater van Waterwijk, Amsterdam gebruikt voor doorstroming van de biofilmmonitor in de periode 8 mei 2001 - 10 oktober 2001

### 3. Leidingsegmenten

Tabel 10 Resultaten uitname leidingsegmenten, voorzieningsgebied Waterwijk

lokatie	ATP		Aeromonas		Legionella		Koloniëgetal 22°C		Koloniëgetal 37°C		R <sub>2</sub> A 25°C	
	pg/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd
Blok 12 A	instroomzijde	2,6·10 <sup>4</sup>	4,0·10 <sup>3</sup>	410	160,0	nb	8,2·10 <sup>4</sup>	2,6·10 <sup>4</sup>	1,5·10 <sup>4</sup>	2,5·10 <sup>3</sup>	1,5·10 <sup>4</sup>	nb
Blok 12 A	uitstroomzijde	3,5·10 <sup>4</sup>	1,8·10 <sup>2</sup>	610	170	nb	7,4·10 <sup>4</sup>	4,8·10 <sup>3</sup>	2,4·10 <sup>4</sup>	1,6·10 <sup>3</sup>	2,4·10 <sup>4</sup>	nb
Blok 12 B	instroomzijde	3,3·10 <sup>4</sup>	2,6·10 <sup>3</sup>	370	120	nb	8,2·10 <sup>4</sup>	1,8·10 <sup>4</sup>	1,6·10 <sup>4</sup>	1,1·10 <sup>3</sup>	1,6·10 <sup>4</sup>	nb
Blok 12 B	uitstroomzijde	2,8·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>3</sup>	570	130	nb	9,3·10 <sup>4</sup>	1,2·10 <sup>4</sup>	2,4·10 <sup>4</sup>	3,6·10 <sup>2</sup>	2,4·10 <sup>4</sup>	nb
Blok 17	instroomzijde	5,9·10 <sup>3</sup>	4,3·10 <sup>2</sup>	13	13	nb	5,6·10 <sup>4</sup>	1,4·10 <sup>4</sup>	4,7·10 <sup>3</sup>	1,9·10 <sup>3</sup>	4,7·10 <sup>3</sup>	nb
Blok 17	uitstroomzijde	6,2·10 <sup>3</sup>	3,6·10 <sup>2</sup>	13	13	nb	6,7·10 <sup>4</sup>	3,6·10 <sup>2</sup>	5,2·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	5,2·10 <sup>3</sup>	nb
gemiddeld	blok 12	3,05·10 <sup>4</sup>		4,90·10 <sup>2</sup>			8,28·10 <sup>4</sup>		1,98·10 <sup>4</sup>		1,98·10 <sup>4</sup>	
std		4,20·10 <sup>3</sup>		1,18·10 <sup>2</sup>			7,80·10 <sup>3</sup>		4,92·10 <sup>3</sup>		4,92·10 <sup>3</sup>	
gemiddeld	blok 17	6,05·10 <sup>3</sup>		13			6,15·10 <sup>4</sup>		4,95·10 <sup>3</sup>		4,95·10 <sup>3</sup>	
std		2,12·10 <sup>2</sup>		0,00			7,78·10 <sup>3</sup>		3,54·10 <sup>2</sup>		3,54·10 <sup>2</sup>	

# Bijlage 4: Noordwest, Wageningen

## 1. Biologische veiligheid

Als 'bron' is het slootwater gemeten en het gemengde slootwater met grondwater vóór behandeling

Tabel 1 Volledige resultaten fagenmetingen,

	Somatische colifagen (pfp/l)					F-RNA-spec. (pfp/l)				
	sloot	ruw	hhw	DEC sloot/ ruw	DEC ruw/h hw	sloot	ruw	hhw	DEC sloot/ ruw	DEC ruw/h hw
22-10-01	93,1	<0,0021	<0,0021	4,65	0,00	2	<0,0021	<0,0021	2,98	0,00
12-11-01	459	0,016	0,033	4,46	-0,31	0,053	<0,0042	<0,0038	1,10	0,04
28-11-01	8	<0,0028	<0,0037	3,46	-0,12	<0,014	<0,0034	<0,0027	0,61	0,10
12-12-01	47,1	<0,0034	<0,0034	4,14	0,00	0,012	<0,003	<0,0026	0,60	0,06
16-1-02	12,3	nb	<0,0044	3,45		<0,038	nb	<0,003	1,10	
30-1-02	1152,1	<0,0032	<0,0031	5,56	0,01	1,3	<0,003	<0,0028	2,64	0,03
aantal	6	5	6			6	5	6		
min.	8	<0,0021	<0,0021			0,012				
max.	1152,1	0,016	0,033			2				
gem.	295,3									
std.	453,0									

<sup>a</sup> < waarde op 0 gesteld

<sup>b</sup> DEC =  $\log(C_{in, gem}/C_{uit, gem})$

Tabel 2 Volledige resultaten virusmetingen, gemeten in het slootwater

Bron	Reovirus pfu/l	Enterovirus pfu/l	Rotavirus RCP/1	Norwalk-like calicivirus (NLV) RCP/1
22-okt-01	< 0,0046	< 0,0046	< 18,5	< 44,5
12-nov-01	< 0,0034	< 0,0034	< 12,4	< 29,7
28-nov-01	< 0,0035	< 0,0035	< 11,5	< 27,5
12-dec-01	< 0,0015	< 0,0015	< 11,3	< 27,2
16-jan-02	< 0,0074	< 0,0074	< 12,5	< 30
30-jan-02	0,039	< 0,0033	< 11	< 26,5
aantal	6	6	6	6
min.	< 0,0015	< 0,0015	< 11	< 26,5
max.	0,039	< 0,0074	< 18,5	< 44,5
gemiddeld	0,010	< 0,004	< 12,9	< 30,9
std.	0,014	0,002	2,8	6,8

Tabel 3 Volledige resultaten *Crypto*, *Giardia*, *Campylobacter*, metingen aan bron (gemengd grondwater en slootwater) tenzij anders vermeld

Datum	<i>Cryptosporidium</i> oöcysten/l	<i>Giardia</i> cysten/l	<i>Campylobacter</i> kve/100 ml
27-7-01	< 0,008	< 0,008	
6-8-01	< 0,075	< 0,075	
5-9-01			< 0,03
17-9-01	< 0,013	< 0,013	
2-10-01			0,7
10-10-01	< 0,01	< 0,01	
26-11-01	< 0,009	< 0,009	
12-12-01	< 0,045	< 0,045	
6-2-02			0,4 (slootwater)
13-3-02			< 0,3 (slootwater)
25-4-02			< 0,3 (slootwater)

<sup>a</sup> < waarde op 0 gesteld

Tabel 4 Samenvatting resultaten pathogenen in bron, gemengd grondwater met oppervlakte water zoals het in behandeling wordt genomen

	<i>E. coli</i> kve/100 ml	Enterococcen kve/100 ml	SSRC kve/100 ml
periode		30-5-2001 t/m 24-4-2002	
aantal metingen	44	44	44
percentage pos.	0	0	7
minimale waarde	< 1	< 1	< 1
maximale waarde	< 1	< 1	1
gemiddeld	-	-	-
standaarddeviatie	-	-	-

Tabel 5 Samenvatting resultaten pathogenen in slootwater

	<i>E. coli</i> kve/100 ml	Enterococcen kve/100 ml	SSRC kve/100 ml
periode		19-9-2001 t/m 24-4-2002	
aantal metingen	29	29	29
percentage pos.	97	86	100
minimale waarde	< 1	< 1	4
maximale waarde	630	4100	710
gemiddeld	105	324	123
standaarddeviatie	163	846	167

## 2. Samenvatting bron

**Tabel 6** Karakterisering bron (opgepompt oeverfilteraat aangevuld met grondwater), meetperiode mei 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur	E. coli	Enterococci	SSRC	Aeromonas	koloniegetal 22°C	koloniegetal 37°C	Legionella	DOC
eenheid	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l
aantal metingen	nb	44	44	44	nb	nb	nb	nb	nb
min		<0,1	<0,1	<0,1					
max		<1	<1	1					
gemiddeld		<0,2	<0,2	0,91					
standaarddeviatie		-	-	-					
geometrisch gem.		-	-	-					
90 percentiel		-	-	-					
10 percentiel		-	-	-					
< waarden op 0 gesteld									

**Tabel 7** Karakterisering slootwater, meetperiode september 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur	E. coli	Enterococci	SSRC	Aeromonas	koloniegetal 22°C	koloniegetal 37°C	Legionella	DOC
eenheid	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l
aantal metingen	nb	29	29	29	nb	nb	nb	nb	nb
min		0	0	4					
max		800	4,1·10 <sup>3</sup>	710					
gemiddeld		150	312	120					
standaarddeviatie		238	771	161					
geometrisch gem.		-	-	63					
90 percentiel		518	744	204					
10 percentiel		7	0	18					
< waarden op 0 gesteld									

### 3. Samenvatting huishoudwater (af pompstation)

Tabel 8 Karakterisering HHW<sub>ren</sub> (direct na zuivering), meetperiode mei 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		Legionella	DOC
	°C	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/l	mg/l	
% positieve waarnemingen	-		2		8		100		25		0					
aantal metingen	36	nb	44		12		12		12		12		12			nb
min	8		<1		<1		3		1		<50		<50			
max	17,2		1		1		160		18		<50		<50			
gemiddeld	13,5		<0,02		<0,02		31,0		2,5		-		-			
standaarddeviatie	2,3		-		-		42,0		4,9		-		-			
geometrisch gem.	13,3		-		-		18,8		1,3		-		-			
90 percentiel	16,1		-		-		40,7		1,9		-		-			
10 percentiel	10,7		-		-		5,1		1,0		-		-			

### 4. Samenvatting huishoudwater in het net (af tap)

Tabel 9 Samenvatting parameters 'af tap', meetperiode: april 2001 t/m april 2002

parameter	Temperatuur		E. coli		Enterococci		SSRC		Aeromonas		koloniegetal 22°C		koloniegetal 37°C		ATP	Legionella
	°C	kve/300 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/100 ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	kve/ml	ng/l	kve/l	
% positief	-	0	11		8		95		41		100		0			
aantal	89	89	89		12		22		22		50		22			22
min	6,5	<1	<1		nb		0		0		4,95		0		<50	<50
max	21,3	<1	1		1		400		74		16,2		74		<50	<50
gemiddeld	14,3	-	-		0,083		51		9		10,7		9		-	-
standaarddeviatie	4,0	-	-		0,3		99		19		3,1		19		-	-
geometrisch gem.	13,7	-	-		-		-		-		10,2		-		-	-
90 percentiel	19,4	-	-		0		89		29		16		29		-	-
50 percentiel	15,5	-	-		0		18		0,0		10,0		0,0		-	-
10 percentiel	9,2	-	-		0		2,1		0		6,9		0		-	-

< waarden op 0 gesteld; > als waarde genomen

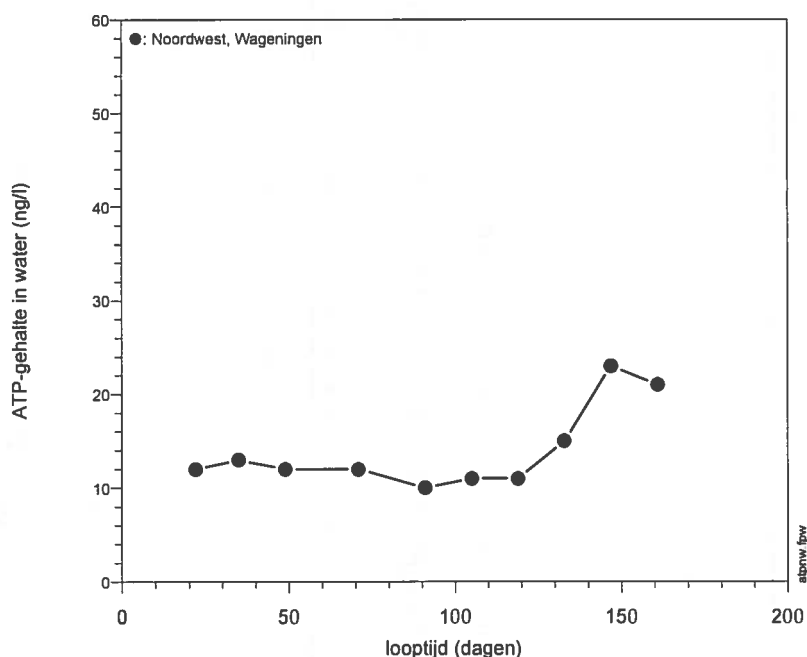
## 2. Biofilmmonitoronderzoek

Tabel 10 Directe celtelling, koloniegetal op R<sub>2</sub>A bij 25°C, Aeromonas 30°C op biofilmmonitorringen

proefproject	Datum	Directe celtelling ± sd aantal /cm <sup>2</sup>	Koloniegetal R <sub>2</sub> A 25°C aantal/cm <sup>2</sup>	Aeromonas aantal/cm <sup>2</sup>
Noordwest	13-06-01	1,4·10 <sup>6</sup> ± 5,8·10 <sup>5</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>	< 6
	05-09-01	1,6·10 <sup>7</sup> ± 2,9·10 <sup>6</sup>	2,2·10 <sup>5</sup>	< 12
	17-10-01	2,9·10 <sup>7</sup> ± 2,8·10 <sup>6</sup>	5,8·10 <sup>5</sup>	< 2

Tabel 11 AOC-gehalte van het huishoudwater (af pompstation) gemeten parallel aan het biofilmmonitoronderzoek

Proefproject	datum	P17 (µg/l) ± std.	Nox (µg/l) ± std.	AOC-gehalte Totaal (µg /l) ± std.
Noordwest, Wageningen	13-06-01	1,1 ± 0,1	4,5 ± 0,2	5,6 ± 0,1
	13-06-01+afname	0,76 ± 0,08	3,6 ± 0,5	4,3 ± 0,4
	05-09-01	15 ± 5	25 ± 15	41 ± 20



Figuur 1 ATP-gehalte van huishoudwater van Noordwest, Wageningen gebruikt voor doorstroming van de biofilmmonitor in de periode 9 mei 2001 - 17 oktober 2001



### 3. Leidingsegmenten

Tabel 12 Resultaten uitname leidingsegmenten bemonstering op 31 oktober 2001

lokatie	ATP		Aeromonas		Legionella		Koloniëgetal 22°C		Koloniëgetal 37°C		R <sub>2</sub> A 25°C	
	pg/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd	kve/cm <sup>2</sup>	sd
Laantje van Anton Pieck 4 instroom	3,50·10 <sup>3</sup>	2,1·10 <sup>2</sup>	< 16		< 3,2		1,6·10 <sup>3</sup>	2,3·10 <sup>3</sup>	< 1,6·10 <sup>3</sup>		1,3·10 <sup>5</sup>	5,8·10 <sup>4</sup>
Laantje van Anton Pieck 4 uitstroom	3,3·10 <sup>3</sup>	5,3·10 <sup>1</sup>	< 16		< 3,2		1,6·10 <sup>3</sup>	2,3·10 <sup>3</sup>	1,60·10 <sup>3</sup>	2,30·10 <sup>3</sup>	1,3·10 <sup>5</sup>	4,1·10 <sup>4</sup>
Laantje van de 14 uilen 14-2 instroom	7,4·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>3</sup>	< 16		< 3,2		3,2·10 <sup>3</sup>	4,5·10 <sup>3</sup>	< 1,6·10 <sup>3</sup>		4,7·10 <sup>4</sup>	9,7·10 <sup>3</sup>
Laantje van de 14 uilen 14-2 uitstroom	2,9·10 <sup>3</sup>	6,7·10 <sup>1</sup>	< 16		< 3,2		1,6·10 <sup>3</sup>	2,3·10 <sup>3</sup>	< 1,6·10 <sup>3</sup>		3,8·10 <sup>4</sup>	1,7·10 <sup>4</sup>
Laantje van de 14 uilen 14-1 instroom	5,9·10 <sup>3</sup>	8,5·10 <sup>1</sup>	< 21		< 3,2		8,5·10 <sup>3</sup>	0,0	< 1,6·10 <sup>3</sup>		4,5·10 <sup>4</sup>	3,5·10 <sup>4</sup>
Laantje van de 14 uilen 14-1 uitstroom	8,8·10 <sup>3</sup>	1,2·10 <sup>2</sup>	< 21		< 3,2		4,2·10 <sup>3</sup>	6,0·10 <sup>3</sup>	< 1,6·10 <sup>3</sup>		3,7·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>4</sup>
gemiddeld	5,3·10 <sup>3</sup>						3,5·10 <sup>3</sup>		1,6·10 <sup>3</sup>		7,12·10 <sup>4</sup>	
std	2,5·10 <sup>3</sup>						2,7·10 <sup>3</sup>		-		4,6·10 <sup>4</sup>	

Alle leidingsegmenten 75 mm. diameter PVC-materiaal

## Bijlage 5: Risicoanalyses *Legionella*

## Risicoanalyses *Legionella* locatie Meerhoven, Eindhoven

Inspecties uitgevoerd op 24 augustus 2001

### **Woning 1**

Het betreft een rijtjeswoning. Huishoudwater komt de meterkast binnen via een PE-leiding. Na de watermeter splitst de leiding zich in twee richtingen. Eén voor het toilet op de begane vloer (leidinglengte ca. 5 meter) en één leiding loopt naar boven voor het tweede toilet en de wasmachineaansluiting. De temperatuur is gemeten op het tappunt van de wasmachine. Begintemperatuur 27,7 °C (buitentemperatuur 30 °C), na 15 liter 22,5 °C. Niet gemeten tot minimumtemperatuur. De leidingen lopen in een schacht bij de trap naar de bovenverdieping. In deze schacht zitten zowel de leidingen van de verwarming als de waterleidingen. Niet zichtbaar is of leidingen geïsoleerd zijn.

### **Woning 2**

Het betreft een rijtjeswoning. Bij de voordeur komt de huishoudwaterleiding de woning binnen. In de woning zijn de leidingen voor huishoudwater gedeeltelijk van koper, gedeeltelijk van PE. Op de begane verdieping is een toilet aangesloten, op de eerste verdieping een tweede toilet, op de zolderverdieping is de wasmachine aangesloten. De leidingen lopen in een schacht bij de trap naar de bovenverdiepingen gezamenlijk met de leidingen van de verwarming. De temperatuur is gemeten op de zolderverdieping. De maximale temperatuur bedroeg 27,0 °C (buitentemperatuur 30 °C), de minimale temperatuur bedroeg 21,1 °C.

De koophuizen in de wijk hadden bij de bouw een aantal "meer-opties". Eén ervan betrof het toilet op de eerste verdieping. In de bouwfase is er wel een leiding met huishoudwater aangelegd maar de aansluiting van het toilet was meerwerk. Het is dus mogelijk dat sommige huizen deze optie niet genomen hebben. In dat geval is er een dood leidingdeel aanwezig op de eerste verdieping. De lengte van het leidingdeel is niet bekend. In woning 2 heeft de eigenaar zelf een toilet laten aanleggen door een installateur. Deze heeft het fonteintje in het toilet ook op het huishoudwater aangesloten.

### **Woning 3**

Het betreft een huurwoning in een rijtje met seniorenwoningen. De woning is geheel gelijkvloers. Op het huishoudwater is een toilet en de wasmachine aangesloten. De wasmachine staat in de badkamer opgesteld. De badkamer is voorbereid op bewoners die mindervalide zijn en dus is er de mogelijkheid aanwezig om daar een mindervalide toilet te laten plaatsen. De leiding is reeds aangelegd maar niet alle bewoners hebben er een toilet laten plaatsen. De betreffende woning waar de inspectie is uitgevoerd heeft zelf op de leiding van het tweede toilet een kraan geplaatst en gebruikt deze om bv de tuinslang op aan te sluiten. De temperatuur van het water bedraagt 21,8 °C.

### **Woning 4**

Woning 4 is een koopwoning in een rijtje met seniorenwoningen. De woning is geheel gelijkvloers. Op het huishoudwater zijn twee toiletten en een wasmachine aangesloten. Er zijn geen bijzonderheden opgemerkt. De gemeten temperatuur bedraagt maximaal 26,0 °C (buitentemperatuur 30 °C), de minimumtemperatuur bedraagt 22,0 °C.

## Risicoanalyses Legionella locatie Leidsche Rijn, Utrecht

Inspecties uitgevoerd op 5 juli 2001

### **Woning 5**

Het pand betreft een rijtjeswoning. In de meterkast is een warmtewisselaar aanwezig van de stadsverwarming. De leidingen zijn niet geïsoleerd. Na de meter splitst de leiding zich in vijf vertakkingen. Twee naar de toiletten, twee naar de beide buitenkranen, en één naar de wasmachineaansluiting. De buitenkraan aan de tuinzijde loopt door de huiskamervloer waar ook vloerverwarming in is aangelegd. De temperatuur is gemeten bij de buitenkraan aan de tuinzijde. De maximale temperatuur bedraagt 25,3 °C, de minimumtemperatuur bedraagt 21,8 °C.

### **Woning 6**

Na de watermeter in de meterkast loopt er één leiding het huis in. Er zijn twee toiletten op aangesloten en de wasmachine. De wasmachineaansluiting is gesitueerd in de buitenberging en wordt door deze bewoners ook gebruikt om de tuin te besproeien. Het leidingverloop in de woning is niet te traceren. De temperatuur is gemeten bij de wasmachineaansluiting en bedraagt maximaal 21,0 °C en is stabiel op 20,5 °C.

### **Woning 7**

Het pand is een appartement op de tweede verdieping, tevens de hoogste verdieping van dit complex. Bij de voordeur komen de leidingen van zowel het water als de verwarming de woning binnen. De leidingen zijn daar niet geïsoleerd en het exacte leidingverloop is niet traceerbaar. Op het huishoudwater zijn twee toiletten aangesloten en een wasmachine. Het is niet mogelijk om de temperatuur te meten.

### **Woning 8**

Het pand is een twee-onder-één-kap woning. Er zijn twee toiletten aangesloten op huishoudwater, één op de begane grond en één op de eerste verdieping. De wasmachine-aansluiting is gesitueerd op de eerste verdieping. Direct naast de voordeur is de buitenkraan gesitueerd. Daar is ook de temperatuurmeting uitgevoerd. De maximale temperatuur bedraagt 20,1 °C, de minimale temperatuur bedraagt 19,4 °C. Verder zijn er geen bijzonderheden opgemerkt.

### **Woning 9**

Het pand is een vrijstaande woning. De watermeter is gesitueerd in de meterkast naast de voordeur. Na de watermeter splitst de leiding zich in drie delen. Op het huishoudwater zijn twee toiletten aangesloten. Deze zijn gesitueerd op de begane grond en de derde verdieping. Verder is de wasmachine aangesloten op het huishoudwater en een buitenkraan. Het leidingverloop is niet traceerbaar. De temperatuur die gemeten is bij de buitenkraan bedraagt maximaal 21,5 °C en minimaal 20,9 °C.

## Risicoanalyses Legionella locatie Noordwest, Wageningen

Inspecties uitgevoerd op 13 december 2001

### **Woning 10**

De woning is een eengezinswoning. Op het huishoudwaternet zijn twee toiletten aangesloten, een buitenkraan en op zolder een wasmachine. In de woning is vloerverwarming aanwezig.

Het huishoudwater komt de woning binnen via een PE- leiding in de meterkast. Na de watermeter gaan twee strengen verder. In de meterkast is de temperatuur erg hoog. Dit komt door de stadsverwarmingsunit. De leidingen van zowel het huishoudwater als de verwarmingsbuizen lopen door een schacht langs de trap naar bovengelegen verdiepingen. Niet zichtbaar is of de leidingen geïsoleerd zijn. Bij de wasmachine-aansluiting is de temperatuur van het water 19,8 °C, bij de buitenkraan 13,0 °C. Beide tappunten waren die dag niet eerder gebruikt.

### **Woning 11**

De woning is een eengezinswoning. Op het huishoudwaternet is één toilet, een wasmachine en twee buitenkranen aangesloten.

De leiding is uitgevoerd in PE en komt binnen in de meterkast. De temperatuur in de meterkast is erg warm in verband met de aanwezige warmtewisselaar van de stadsverwarming. De temperatuur bij de wasmachine is niet gemeten. De wasmachine was op het moment van inspectie in gebruik. De temperatuur bij de buitenkraan aan de voorzijde bedraagt maximaal 18,0 °C en minimaal 11,0 °C. De temperatuur van de buitenkraan aan de achterzijde bedraagt maximaal 22,0 °C en minimaal < 15,0 °C.

### **Woning 12**

De woning is een eengezinswoning. De leiding komt binnen in de meterkast en loopt vandaar naar de verschillende tappunten. Bij de aanleg is er een toilet, een buitenkraan en een wasmachine op aangesloten. De bewoners hebben zelf bij de wasmachine-aansluiting een aftakking gemaakt naar een wastafel in een slaapkamer. Hierbij is ook een close-in boiler aangesloten. De close-in boiler staat op maximale stand. De bewoners zijn zich bewust dat er geen water gedronken kan worden uit deze kraan.

De temperatuur van het water in de slaapkamer is maximaal 19,3 °C en minimaal < 15,0 °C. De temperatuur bij de buitenkraan bedraagt maximaal 13,0 en minimaal < 12,0 °C.

## Risicoanalyses Legionella Waterwijk, Amsterdam

Inspecties uitgevoerd op 1 november 2001

Het huishoudwater bestaat uit regenwater. Indien er niet genoeg regenwater beschikbaar is worden de opslagtanks aangevuld met drinkwater. Dit gebeurt middels een vlottersysteem. Als er meerdere tanks aanwezig zijn, zijn deze volgens het principe van communicerende vaten aan elkaar gekoppeld. De tanks worden nooit volledig leeg getapt. Dit betekent dat er sprake kan zijn van lange verblijftijden van water in de tank..

### **Woning 13**

Onder in het appartementencomplex staan vijf tanks opgesteld met een inhoud van ieder 2000 liter. De tanks staan onderling gekoppeld en worden van onderuit leeg getapt en middels een hydrofoorunit wordt het water de appartementen in gebracht. Direct na de hydrofoorunit is een kraan aanwezig. Daar is de temperatuurmeting uitgevoerd. De maximale gemeten temperatuur is 17,1 °C, de minimale temperatuur bedraagt 16,6 °C. Opwarming door omgevingsfactoren vindt niet plaats. Mogelijk alleen in de zomerperiode door omgevingstemperatuur.

Het pand zelf is een appartement op de vierde verdieping. Dit is ook de hoogste verdieping. Op de leiding is alleen een toilet aangesloten. Het leidingverloop is niet zichtbaar. Er is geen temperatuurmeting in de woning uitgevoerd omdat daarvoor het waterreservoir van het toilet moest worden gedemonteerd.

### **Woning 14**

De opslag van het regenwater voor de woningen aan de Waterbaan vindt plaats in een ondergrondse tank. De geschatte inhoud van de tank is 2500 liter. Na de tank is er een hydrofoorunit opgesteld die de woningen van het regenwater voorziet. Alleen het toilet is aangesloten op het regenwater. Het leidingverloop is niet zichtbaar. Er is geen temperatuurmeting in de woning uitgevoerd omdat daarvoor het waterreservoir van het toilet moest worden gedemonteerd.

### **Woning 15**

De woningen in de straat zijn appartementen tot drie hoog. Onder de woningen zijn kelderboxen aanwezig. Eén kelderbox is beschikbaar voor de opslagtanks van het regenwater. In de kelderbox staan vier tanks opgesteld met ieder een inhoud van 2000 liter. Na de tanks staat een hydrofoorunit opgesteld die het water naar de woningen pompt. De leiding is niet geïsoleerd. In de ruimte bij de kelderboxen lopen ook de leidingen van de stadsverwarming. De ruimtetemperatuur was tijdens inspectie 21,5 °C. De temperatuur na de hydrofoor bedroeg maximaal 19,4 °C en minimaal 17,6 °C. De woning die is geïnspecteerd, heeft één toilet op het huishoudwater aangesloten. De leidingen lopen door een schacht samen met de leidingen van de stadsverwarming. Hierdoor vindt (volgens de bewoner) opwarming plaats van het huishoudwater. De temperatuur van het water is gemeten in de stortbak van het toilet. Bij aanvang was de temperatuur 19,6 °C. Na één maal spoelen was de temperatuur 20,6 °C, na tweemaal spoelen 19,6 °C. Verder zijn er geen bijzonderheden opgemerkt.

### **Woning 16**

De vier tanks met elk een inhoud van 2000 liter voor het opslag van het huishoudwater staan opgesteld in een kelderbox onder het appartementencomplex. Na de opslag is een hydrofoorunit opgesteld. Bij een lage waterstand wordt er drinkwater toegevoegd aan de tanks. De temperatuur van het water is gemeten op het tappunt na de hydrofoors. De maximale temperatuur was 19,6 °C, de minimum temperatuur 17,0 °C.

In de woning komt de leiding in de meterkast de woning binnen en loopt vandaar naar het toilet dat direct naast de meterkast is gesitueerd. De leidingen van de CV lopen ook door de kast. De leiding naar het toilet ligt direct tegen de leidingen van de CV. Hierdoor kan opwarming van het water plaatsvinden. De lengte van de leiding bedraagt circa 1 m.

# Bijlage 6: Brief en notitie Legionella Waterwijk

Kiwa N.V.  
Water Research  
Groningenhaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

Koepelvereniging Waterwijk  
T.a.v. de heer R. Damstra  
Waterkersweg 234  
1051 PH AMSTERDAM

Projectnummer 30.3058.041  
Betreft Legionella in spoelwater van het toilet  
Bijlagen 3  
Informatie Wim Hijnen, 030 6069596  
E-mail [wim.hijnen@kiwa.nl](mailto:wim.hijnen@kiwa.nl)  
Datum 8 januari 2002  
Kenmerk

Geachte heer Damstra,

Naar aanleiding van de aanwezigheid van *Legionella* bacteriën in het spoelwatersysteem van de toiletten bij u in de woonwijk zenden wij u hierbij een kwantitatieve onderbouwing van het eerder toegezonden advies (Bijlage 1). Hierin werd over het gezondheidsrisico het volgende geschreven:

“Omdat het hier gaat om gebruik van met *Legionella* besmet water voor de spoeling van het toilet zijn de gezondheidsrisico's waarschijnlijk beduidend lager dan bij gebruik van dergelijk water in warm watersystemen voor bijvoorbeeld douches. De blootstelling zal dan ook laag zijn, maar op grond van onderzoeksgegevens verzameld bij Kiwa, is de blootstelling niet nul.”

Op basis van gegevens uit eerder Kiwa-onderzoek naar de verneveling van micro-organismen bij toiletspoeling is de concentratie *Legionella* in de lucht tijdens toiletspoeling met water uit uw systemen (met 4000 kve/l) in te schatten. Deze is vervolgens vergeleken met de gemeten gehalten in de lucht in andere situaties waar wel en geen ziektegevallen zijn gerapporteerd. Ook is een vergelijking gemaakt met de regelgeving voor leidingwater, door de concentraties in de lucht bij douchen met leidingwater met 50 kve/l (norm) en 1000 kve/l (actieniveau) te berekenen. Uit deze vergelijking blijkt dat de concentraties in de lucht bij toiletspoeling met water uit uw systemen beduidend lager ligt dan de concentraties die in de literatuur zijn





gerapporteerd en de concentraties in de lucht tijdens douchen met leidingwater met 1000 en zelfs met 50 kve/l. Dat betekent dat er ons inziens geen aanleiding is voor acute maatregelen.

De aanwezigheid van *Legionella* in uw systemen betekent dat er vermeerdering mogelijk is. Er is dus wel aanleiding tot nader onderzoek naar de oorzaken daarvan en het zo veel mogelijk wegnemen van deze oorzaken (zie ook de veiligheidsinspectie). Door het uitvoeren van meer metingen kan worden nagegaan of *Legionella* niet in hogere concentraties in uw systemen voorkomt.

Tot slot is in deze brief de veiligheidsinspectie toegevoegd (Bijlage 3) waaruit blijkt dat in het systeem enkele verbeteringen zouden moeten worden aangebracht om vermeerdering van *Legionella* te voorkomen.

Wij gaan ervan uit u hierbij in voldoende mate te hebben geïnformeerd en zijn gaarne bereid om mogelijke vragen die gezonden informatie oproept te beantwoorden.

Hoogachtend,  
Kiwa Water Research  
Dr. G.J. Medema

## Bijlage 6.1: Mail-advies *Legionella* in toiletspoelwater Waterwijk

**From:** Hijnen, Wim  
**Sent:** vrijdag 21 december 2001 13:23  
**To:** Ronald Damstra (E-mail)  
**Cc:** Senden, Wiel; Mons, Margreet; Kooij, Dick van der; Medema, Gertjan; Veenendaal, Harm; Medema, Gertjan  
**Subject:** rddamstra@hr.nl  
Geachte heer Damstra,

Hierbij zenden wij u ons advies betreffende het voorkomen van *Legionella* in uw regenwatersysteem voor de spoeling van het toilet in de woonwijk Waterwijk te Amsterdam.

### Resultaten

In de periode september tot/ met december zijn in blok 12 totaal 11 monsters onderzocht, product (mengmonster regenwater en drinkwater; vijfmaal) en bij een van de gebruikers (zes monsters). Het product water was tweemaal positief en eenmaal werd het monsterpunt bij de gebruiker positief bevonden. De gevonden aantallen varieerden tussen de 150 tot 4000 per liter.

Een ander systeem (blok 17) bleek vooralsnog *Legionella* vrij te zijn.

Bij de inspectie van het systeem kwam naar voren dat de aanvoerleidingen weggewerkt zijn in een schacht waardoor ook de stadsverwarming loopt. Dit verhoogt de kans op temperatuursstijging van het water in de aanvoerleiding, een risicofactor voor de vermeerdering van *Legionella* in leidingsystemen.

Eind november is het onderzoek uitgebreid naar een derde systeem: blok 5. Ook in dit systeem *Legionella*'s zijn aangetroffen in een van de 4 onderzochte monsters (4000/l).

Omdat het hier gaat om gebruik van met *Legionella* besmet water voor de spoeling van het toilet zijn de gezondheidsrisico's waarschijnlijk beduidend lager dan bij gebruik van dergelijk water in warm watersystemen voor bijvoorbeeld douches. De blootstelling zal dan ook laag zijn, maar op grond van onderzoeksgegevens verzameld bij Kiwa, is de blootstelling niet nul. Vanwege de hierboven bechreven resultaten adviseren we u ook het volgende:

### Advies

Wij adviseren u contact op te nemen met het plaatselijke waterleidingbedrijf, Gemeentewaterleidingen Amsterdam en/of met een Waterleidingbedrijf in de naaste omgeving (NV PWN) en het met hen te melden aan de inspectie voor de volksgezondheid in uw regio. De contactpersonen bij de waterleidingbedrijven zijn resp. drs. R.A.G. te Welscher (0235233507) en dr. W. Hoogenboezem (0235413521), beide microbiologen.

Bij warmwatersystemen is dan een beheersmaatregel aan de orde: doorspoelen met heet water (boven 60oC). Omdat dit hier niet kan, moet over worden gegaan op een alternatieve beheersstrategie. Deze zou kunnen bestaan uit het doseren van een

desinfectiemiddel, mono-chlooramine. Wanneer u dit combineert met de afkoppeling van de regenwateraanvoer en een vervolgmeetprogramma om de effectiviteit van de maatregel vast te stellen, is de veiligheid op de korte termijn waarschijnlijk in voldoende mate gewaarborgd.

Wij hopen u hiermee van dienst te zijn geweest,

Hoogachtend,

W.A.M. Hijnen  
Projectadviseur  
Kiwa Water Research  
0306069596  
wim.hijnen@kiwa.nl

## Bijlage 6.2: Kwantitatieve overwegingen bij het Legionella-advies Waterwijk

In de woonwijk Waterwijk wordt regenwater via een gescheiden leidingsysteem gebruikt als spoelwater voor de toiletten. Dit water wordt aangevuld met drinkwater bij onvoelende aanvoer van regenwater. Dit project van toepassen van "huishoudwater" ten behoeve van waterbesparing, is een van de projecten die geselecteerd zijn om te dienen als evaluatieproject voor de ontwikkeling van regelgeving door de overheid (VROM). Het onderzoek is opgezet als een duurproef waarin gedurende een periode van ca. 1 jaar gegevens worden verzameld.

Gebleken is dat in het leidingwatersysteem van Waterwijk Legionella is aangetroffen. De resultaten worden hieronder samengevat:

- In de periode september tot/met december zijn in blok 12 totaal 11 monsters onderzocht, vijf monsters productwater (mengmonster regenwater en drinkwater) en zes monsters bij van de gebruikers. In het productwater werd tweemaal Legionella aangetroffen en in het monsterpunt bij de gebruiker eenmaal. De gevonden aantallen varieerden tussen de 150 en 4000 per liter.
- In een ander systeem (blok 17) zijn geen Legionella aangetroffen.
- Eind november is het onderzoek uitgebreid naar een derde systeem (blok 5). Ook in dit systeem is Legionella aangetroffen in een van de 4 onderzochte monsters (4000/l).

Bij de uitgevoerde veiligheidsinspectie van de systemen kwam naar voren dat de aanvoerleidingen weggewerkt zijn in een schacht waardoor ook de stadsverwarming loopt. Dit verhoogt de kans op temperatuurstijging van het water in de aanvoerleiding, een risicofactor voor de vermeerdering van Legionella in leidingsystemen.

Op 21 december 2001 heeft Kiwa een advies verstrekt (Bijlage 1) waarin over het specifieke risico van blootstelling het volgende was opgenomen:

*"Omdat het hier gaat om gebruik van met Legionella besmet water voor de spoeling van het toilet zijn de gezondheidsrisico's waarschijnlijk beduidend lager dan bij gebruik van dergelijk water in warm watersystemen voor bijvoorbeeld douches. De blootstelling zal dan ook laag zijn, maar op grond van onderzoeksgegevens verzameld bij Kiwa, is de blootstelling niet nul."*

### Kwantitatieve onderbouwing

Deze stelling wordt hier onderbouwd met kwantitatieve informatie. De concentratie Legionella in de lucht bij toiletspoeling met water uit de systemen van Waterwijk kan worden ingeschat op basis van de gemeten concentratie in het huishoudwater (4000 kve/l) en de mate van verneveling van micro-organismen bij toiletspoeling. Dit is in eerder Kiwa-onderzoek uitgezocht (Medema et al, 1999) voor E.coli bacteriën en sporen van C. bifermentans. Legionella is minder gevoelig voor uitdroging (proces dat bij aerosolvorming afsterving tot gevolg kan hebben) dan E.coli en waarschijnlijk gevoeliger dan de sporen.

De geschatte concentratie Legionella in de lucht bij toiletspoeling met water uit uw systemen (met 4000 kve per liter) ligt tussen  $4,6 \times 10^{-5}$  en  $4,3 \times 10^{-2}$  per m<sup>3</sup> lucht (Tabel 1).

### Vergelijking met blootstelling bij andere watertoepassingen

Een indicatie voor de betekenis van de gevonden Legionella-gehalten in de lucht zou kunnen worden gehaald uit een vergelijking met aërosolgehaltes die in andere situaties zijn gemeten, met name in situaties waar ziektegevallen zijn opgetreden. Daarbij zou de meest ideale situatie zijn als er een grenswaarde kon worden afgeleid voor het gehalte Legionella in de lucht, waar beneden geen gezondheidseffecten te verwachten zijn. Hoewel veel onderzoek is gedaan naar Legionella, is het onderzoek naar Legionella in aërosolen beperkt. Er zijn nauwelijks studies waar naast onderzoek van patiënten en onderzoek van de waterinstallaties ook onderzoek is gedaan naar het gehalte aan Legionella in aërosolen. In een studie van Breimann et al. [1990] is wel onderzoek gedaan naar Legionella in aërosolen. In een bejaardenhuis waar zich gevallen van legionellose hadden voorgedaan wees het epidemiologisch onderzoek duidelijk in de richting van een ruimte die door een luchtbevochtiger werd doorblazen. Onderzoek van het water in de luchtbevochtiger toonde Legionella (pneumophila serogroep 1) aan (9000/ml) en in de lucht in deze ruimte werden 20 Legionella per m<sup>3</sup> aangetroffen in gekweekte aërosolmonsters. De lucht direct bij de uitlaat van de bevochtiger bevatte zelfs 2300 Legionella per m<sup>3</sup>. Andere studies waar Legionella-gehalten in aërosolen zijn gerapporteerd zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1. Vergelijking berekende Legionella concentraties in de lucht bij Waterwijk met gemeten concentraties in omgevingslucht van waterinstallaties en waargenomen ziektegevallen

	Legionella-gehalte in aërosolen (n/m <sup>3</sup> )	Ziektegevallen	Literatuur referentie
Waterwijk toiletspoeling	0,000046 - 0,043	nvt	deze studie
Douchen met drinkwater met Legionella 1000 kve/l	0,33	nvt	Gezondheidsraad, 1986
Douchen met drinkwater met Legionella 50 kve/l	0,017	nvt	deze studie
Douches	4,7	nee	Bollin et al., 1985
Kranen	8,1	nee	Bollin et al., 1985
Douches	0,33	nee	Dennis et al., 1984
Ruimte met airco	20	ja	Breiman et al., 1990
Luchtbevochtiger	2300	ja	Breiman et al., 1990
Douches	190	ja	Breiman et al., 1990b
Lucht rond koeltoren	20 - 2580	?	Tyndall et al., 1985

De in tabel 1 geschatte Legionella concentraties in de lucht bij de toiletspoeling in de woon wijk Waterwijk zijn over het algemeen veel lager dan de concentraties die zijn waargenomen in situaties zonder ziektegevallen (0,33 tot 8,1 per m<sup>3</sup>).

### **Vergelijking met regelgeving leidingwater**

De huidige Legionella norm voor leidingwater is <50 kve/l is gebaseerd op de detectielimiet van de bepaling en niet op een infectierisico-niveau. Er zijn geen dosis/effect gegevens beschikbaar om het infectierisico te kunnen kwantificeren. Eind vorig jaar heeft de Inspectie Milieuhygiëne in de inspectierichtlijn over deze regelgeving opgenomen dat bij Legionella gehalten in leidingwater boven de 1000 kve/l acute maatregelen nodig zijn. De Legionella concentratie in de omgevingslucht bij douchen met een dergelijke concentratie in leidingwater is 0,33/m<sup>3</sup>. Uit tabel 1 blijkt dat de berekende concentratie Legionella in de lucht bij toiletspoeling met water uit Waterwijk beduidend lager ligt en zelfs nog lager dan het niveau dat in de lucht zit tijdens douchen met 50 kve/l in leidingwater.

De dosis waar de gebruiker mee te maken krijgt is ook afhankelijk van de duur van de blootstelling. Deze is in de bovenstaande berekeningen niet meegenomen, maar zal bij de toiletspoeling lager zijn dan bij douchen. Verder zal door toepassing van een waterbesparend toilet in de woonwijk het blootstellingsniveau nog wel eens lager kunnen zijn.

Bij hogere concentraties Legionella in het huishoudwater neemt de concentratie in de lucht navenant toe. Er is nog een marge (zie tabel 1), maar de aanwezigheid van Legionella in het huishoudwater geeft aan dat er vermeerderingsmogelijkheden zijn. Beheersing van de risicofactoren voor de groei is dus voor deze systemen wel van belang.