Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

De microbiologische waterkwaliteit in semi-openbare zwemvijvers

RIVM Briefrapport 2018-0048
F.M. Schets et al.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

De microbiologische waterkwaliteit in semi-openbare zwemvijvers

RIVM Briefrapport 2018-0048
F.M. Schets et al.

Colofon

© RIVM 2018
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0048

F.M. Schets (auteur), RIVM
G. Lynch (auteur), RIVM
S. de Rijk (auteur), RIVM
J.F. Schijven (auteur), RIVM

Contact:
Ciska Schets
Centrum Z&O
ciska.schets@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van het project Zwemvijvers, M/270039/17

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

De microbiologische waterkwaliteit in semi-openbare zwemvijvers

De bestaande regelgeving voor de kwaliteit van zwemwater wordt herzien en wordt op termijn onderdeel van de Omgevingswet. Voor verschillende typen zwembaden, waaronder zwemvijvers, hebben experts voorgesteld aan welke eisen de waterkwaliteit zou moeten voldoen en welke analysemethoden gebruikt moeten worden om dit te bepalen. Er zijn in Nederland echter weinig waterkwaliteitsgegevens van zwemvijvers beschikbaar die de voorgestelde normstelling onderbouwen. Als input hiervoor heeft het RIVM daarom getoetst of de microbiologische waterkwaliteit in vier semi-openbare zwemvijvers voldeed aan de voorgestelde nieuwe eisen.

Zwemvijvers zijn kunstmatig aangelegde ecosystemen om in te zwemmen waarin de omstandigheden van natuurlijke wateren zijn nagebootst. Het water in zwemvijvers staat niet in contact met de onderliggende aarde, bijvoorbeeld doordat een laag zeil of beton is aangebracht. Het water wordt geheel of grotendeels biologisch gezuiverd, bijvoorbeeld door plantenfilters. In tegenstelling tot in zwembaden wordt geen chloor gebruikt.

De waterkwaliteit wordt beoordeeld door te controleren of er bepaalde bacteriën in zitten. Daarnaast worden een aantal fysisch-chemische kenmerken onderzocht, zoals zuurgraad, temperatuur, kleur en geur. In de onderzochte zwemvijvers waren de concentraties van de bacteriën *Escherichia coli*, intestinale enterococcen en *Pseudomonas aeruginosa* laag. Slechts een enkele keer zijn de kwaliteitseisen voor deze micro-organismen niet gehaald. Wel waren in alle zwemvijvers de concentraties van de bacterie *Staphylococcus aureus* hoog en is de kwaliteitseis hiervoor (afwezig in 100 milliliter) in 90 procent van de monsters niet gehaald. Aan de kwaliteitseisen voor de fysisch-chemische parameters is bijna altijd voldaan.

De voorgestelde methoden om de aanwezigheid van *E. coli* en *P. aeruginosa* te onderzoeken bleken niet goed geschikt om zwemvijverwater te analyseren. Het is nodig om de methoden aan te passen of nader te onderzoeken. Ook is het wenselijk om te onderzoeken of de normwaarde voor *S. aureus* aangepast dient te worden en te onderzoeken bij hoeveel mensen gezondheidsklachten optreden na het gebruik van zwemvijvers.

Kernwoorden: zwemvijver, waterkwaliteit, normstelling, Omgevingswet

Synopsis

The microbiological water quality in semi-public swimming ponds

The current regulation for the quality of bathing water will be revised and eventually become part of the Environmental Act. For various types of swimming pools, including swimming ponds, experts have suggested which requirements the water quality should meet and which methods for analysis should be used. In the Netherlands, however, few water quality data from swimming ponds are available to underpin the proposed standards. As input for this, RIVM has therefore tested whether the microbiological water quality in four semi-public swimming ponds met the proposed new requirements.

Swimming ponds are artificial ecosystems for bathing in which the conditions of natural waters have been imitated. The water in swimming ponds is not in contact with the underlying earth, for example because a layer of rubber foil or concrete has been applied. The water is completely or largely biologically purified, for example by plant filters. Unlike chlorinated swimming pools, no chlorine is used.

The water quality is assessed by checking whether it contains certain bacteria. In addition, a number of physical-chemical characteristics are investigated, such as acidity, temperature, color and odor. In the swimming ponds studied, the concentrations of the bacteria *Escherichia coli*, intestinal enterococci and *Pseudomonas aeruginosa* were low. Only a few times, the quality requirements for these micro-organisms have not been met. However, in all swimming ponds the concentrations of the bacterium *Staphylococcus aureus* were high and the quality requirement for *S. aureus* (absent in 100 milliliters) was not met in 90 percent of the samples. The quality requirements for the physical-chemical parameters were almost always met.

The proposed methods to investigate the presence of *E. coli* and *P. aeruginosa* were not well suited for analyzing swimming pond water. It is necessary to adjust or further investigate the methods. It is also desirable to investigate whether the norm value for *S. aureus* should be adjusted and to investigate the number of people with health complaints after the use of swimming ponds.

Keywords: swimming pond, water quality, normative requirements, Environmental Act

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Werkwijze — 13
2.1 Monsterlocaties en monsterneming — 13
2.2 Microbiologische analyses — 15
2.2.1 E. coli — 15
2.2.2 intestinale enterococcen — 16
2.2.3 Pseudomonas aeruginosa — 16
2.2.4 Staphylococcus aureus — 16
2.3 Fysisch-chemische analyses — 16
2.4 Gegevensanalyse — 16

3 Resultaten — 19
3.1 Meet- en analyseresultaten — 19
3.2 Toetsing aan normwaarden — 24
3.3 Regressieanalyse — 24

4 Discussie — 27
4.1 Waterkwaliteit — 27
4.2 Normstelling — 28
4.3 Detectiemethoden — 30

5 Conclusies — 33

6 Aanbevelingen — 35

7 Referenties — 37

Dankwoord — 39

Bijlage 1 Parameters en kwaliteitseisen voor zwemvijvers; uit: Aanpassingsbesluit BAL badinrichtingen, 2016-10-04 — 41

Samenvatting

De bestaande zwemwaterregelgeving wordt herzien en op termijn geïntegreerd in de Omgevingswet. Voor verschillende typen badinrichtingen, waaronder zwemvijvers, zijn adviezen opgesteld ten aanzien van waterkwaliteitsparameters en bijbehorende normwaarden en analysemethoden. Zwemvijvers zijn kunstmatig aangelegde ecosystemen om in te zwemmen, waarin men de omstandigheden van natuurlijke wateren nabootst. Het water in zwemvijvers staat niet in contact met de onderliggende bodem. De waterbehandeling is geheel of voor het grootste deel biologisch. Er zijn in Nederland nog maar weinig waterkwaliteitsgegevens van zwemvijvers die de voorgestelde normstelling onderbouwen. Het doel van het uitgevoerde onderzoek was dan ook om voor het eerst de microbiologische waterkwaliteit in een viertal semi-openbare zwemvijvers te toetsen aan de voorgestelde eisen in de nieuwe zwemwaterwetgeving en de resultaten te evalueren. Het onderzoek heeft zich gericht op de microbiologische parameters *Escherichia coli*, intestinale enterococcen, *Pseudomonas aeruginosa* en *Staphylococcus aureus* en de fysisch-chemische parameters zuurgraad, watertemperatuur, geleidbaarheid, doorzicht en kleur en geur.

Op basis van de resultaten van de bepaling van *E. coli* en intestinale enterococcen, bleek de mate van fecale verontreiniging van de onderzochte zwemvijvers gering. De normwaarden van 100 kolonievormende eenheden (kve)/100 ml voor *E. coli* en 50 kve/100 ml voor intestinale enterococcen werden slechts incidenteel overschreden. Hoewel de watertemperatuur gemiddeld in alle zwemvijvers boven 20 °C lag, werden geen hoge concentraties *P. aeruginosa* gemeten. De normwaarde van 10 kve/100 ml werd slechts een keer overschreden. In alle zwemvijvers werden echter hoge concentraties *S. aureus* gedetecteerd en werd de normwaarde van <1 kve/100 ml in 90% van de monsters overschreden. Aan de normwaarden voor de onderzochte fysisch-chemische parameters werd in de meeste gevallen voldaan.

De voorgestelde analytische methoden voor bepaling van de microbiologische parameters bleken niet allemaal geschikt voor de analyse van zwemvijverwater en behoeven derhalve herziening of nader onderzoek. Omdat niet bekend is in hoeverre de onderzochte zwemvijvers representatief zijn voor de in Nederland aanwezige zwemvijvers, is het aanvullend onderzoeken van de waterkwaliteit in meerdere zwemvijvers wenselijk. Tevens is het uitvoeren van literatuuronderzoek ter onderbouwing van een eventuele aanpassing van de normwaarde voor *S. aureus*, alsmede het uitvoeren van epidemiologisch onderzoek naar het optreden van gezondheidsklachten na gebruik van zwemvijvers in relatie tot de waterkwaliteit en de badbelasting wenselijk, om te komen tot meer *evidence based* normwaarden.

1 Inleiding

Zwemvijvers zijn kunstmatig aangelegde ecosystemen om in te zwemmen, waarin men de omstandigheden van natuurlijke wateren nabootst. Het water in zwemvijvers staat niet in contact met de onderliggende bodem. Zwemvijvers hebben een gebruiksdeel, waarin gezwommen wordt, en een zuiveringsdeel, waarin het water behandeld wordt door gebruik van een helofytenfilter en eventuele andere methoden. De waterbehandeling is geheel of voor het grootste deel biologisch. Zwemvijvers onderscheiden zich van officiële zwemlocaties; dat zijn eenduidig begrensde zwemplaatsen die bestaan uit een voor zwemmen geschikt en omschreven deel van een oppervlaktewater dat is aangewezen conform de Europese Zwemwaterrichtlijn inclusief het daarbij behorende landoppervlak.

De bestaande zwemwaterregelgeving, die is opgenomen in de Wet hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden (Whvbz) (http://wetten.overheid.nl/BWBR0002660/2012-10-01) en het gelijknamige besluit (Bhvbz) (http://wetten.overheid.nl/BWBR0003716/2011-07-01), wordt ruim 30 jaar na inwerkingtreding herzien. De herziene zwemwaterregelgeving wordt geïntegreerd in de Omgevingswet. Ter ondersteuning van de wijziging van de regelgeving zijn onder andere op basis van *expert opinions* voor verschillende typen badinrichtingen adviezen opgesteld ten aanzien van te bepalen waterkwaliteitsparameters, de daarvoor te gebruiken analysemethoden en normstelling voor deze parameters (Schets *et al*., 2014). Zwemvijvers zijn een van de typen badinrichtingen waarvoor dergelijke adviezen zijn opgesteld. De voorgestelde normstelling voor zwemvijvers is voor een belangrijk deel gebaseerd op de Duitse FFL-richtlijnen (FFL, 2011). Er zijn in Nederland echter nog maar weinig meetgegevens van de waterkwaliteit in zwemvijvers die de voorgestelde normstelling (Bijlage 1) onderbouwen.

Het doel van het uitgevoerde onderzoek was om de microbiologische waterkwaliteit in een aantal semi-openbare zwemvijvers te onderzoeken en voor het eerst te toetsen aan de voorgestelde eisen die in de nieuwe zwemwaterwetgeving aan de waterkwaliteit in dergelijke zwemvijvers worden gesteld. Het onderzoek heeft zich gericht op alle voor zwemvijvers voorgestelde microbiologische parameters (*Escherichia coli*, intestinale enterococcen, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) met uitzondering van *Legionella*. Onderzoek naar *Legionella* is volgens de voorgestelde nieuwe wetgeving alleen vereist als het water thermisch verwarmd en verneveld wordt. Dit was in de onderzochte zwemvijvers niet het geval en daarom is geen onderzoek naar *Legionella* gedaan. Naast de microbiologische parameters is aanvullend een aantal van de voorgestelde fysische parameters en chemische parameters onderzocht.

2 Werkwijze

2.1 Monsterlocaties en monsterneming

De waterkwaliteitsmetingen zijn op verschillende dagen in de loop van de tijd en bij wisselende badbelastingen (aantal zwemmers) uitgevoerd. Aan het onderzoek hebben vier semi-openbare zwemvijvers deelgenomen (dit zijn zwemvijvers die door de betalende bezoekers van onderstaande gelegenheden gebruikt kunnen worden):

I. op een camping
II. in een recreatiepark
III. bij een sauna/thermen complex
IV. bij een sauna complex

In Tabel 1 zijn enkele technische specificaties van de zwemvijvers weergegeven.

Tabel 1 Technische specificaties onderzochte zwemvijvers

zwemvijver	I	II	III	IV
oppervlak zwemzone (m^2)	250	270	240	82
volume zwemzone (m^3)	250	350	600	112
oppervlak regeneratiezone en helofytenfilter (m^2)	125	250	240 + 126	173 + 32
maximale diepte zwemzone (m)	1,4	1,4	1,4	1,4
maximale diepte regeneratiezone (m)	1,0	1,2	1,4	1,0
inbreng water in vijver na filtratie door helofytenfilter	via 2 PVC 125 mm buizen 30 cm onder wateroppervlak	via inspuiters onder het wateroppervlak	via een overloop boven het wateroppervlak	onder het wateroppervlak
materiaal bodemafdekking zwemzone	PVC folie en zand	gewapend PVC folie	EPDM 1,2 mm rubberfolie	EPDM 1,2 mm rubberfolie
extra waterbehandeling	UVC lamp 220W	fosfaatfilter	fosfaatfilter	Delta zelfreinigend zeefflilter; UVC lamp

Alle deelnemende zwemvijvers zijn in de maanden juni t/m september 2017 op drie dagen bemonsterd. Er zijn monsters genomen uit het zwemgedeelte (monsterpunt 1 ‘zwemvijver’), van het water dat naar het helofytenfilter gaat (monsterpunt 2 ‘voor helofytenfilter’) en van het water dat uit het helofytenfilter komt (monsterpunt 3 ‘na helofytenfilter’), om te onderzoeken of hier verschillen in waterkwaliteit bestonden. De Figuren 1 t/m 4 tonen een overzicht van de verschillende zwemvijvers en de monsterpunten.

Figuur 1 Overzicht en monsterpunten zwemvijver I
1: zwemvijver, 2: voor helofytenfilter, 3: na helofytenfilter

Figuur 2 Overzicht en monsterpunten zwemvijver II
1: zwemvijver, 2: voor helofytenfilter, 3: na helofytenfilter

Figuur 3 Overzicht en monsterpunten zwemvijver III
1: zwemvijver, 2: voor helofytenfilter, 3: na helofytenfilter

Figuur 4 Overzicht en monsterpunten zwemvijver IV
1: zwemvijver, 2: voor helofytenfilter, 3: na helofytenfilter

Op de monsternamedagen zijn de drie monsterpunten per locatie op drie of vier verschillende tijdstippen verdeeld over de dag bemonsterd, om te onderzoeken of de waterkwaliteit in de loop van de dag veranderde. De minimale tijd tussen twee opeenvolgende bemonsteringen bedroeg 2,5 uur. De watermonsters zijn genomen volgens NEN-EN-ISO 19458:2007, op een diepte van 20 – 30 cm onder het wateroppervlak, op een plek waar het water 1 – 1,5 m diep was. De monsters zijn direct na monstername in een koelbox met smeltend ijs of koelelementen geplaatst en op deze wijze naar het laboratorium getransporteerd. Hier zijn ze in de koeling geplaatst tot de start van de analyses, binnen 24 uur na bemonstering.

2.2 Microbiologische analyses

De monsters zijn onderzocht op de aanwezigheid van *E. coli*, intestinale enterococcen, *P. aeruginosa* en *S. aureus*. Hiervoor zijn verschillende volumes van het bemonsterde water gefiltreerd, waarna de membraanfilters zijn gekweekt op verschillende voedingsbodems, zoals in de volgende paragrafen is aangegeven.

2.2.1 E. coli

- Rapid Test uit NEN-EN-ISO 9308-1:2000: incubatie van mixed cellulose esters membraanfilters op TSA (Trypton Soy Agar), gedurende 4-5 uur bij 36 ± 2 °C**,** gevolgd door incubatie op TBA (Trypton Bile Agar), gedurende 19-20 uur bij 44 ± 0,5 °C, gegroeide kolonies bevestigd op vermogen tot indolvorming met behulp van James-reagens: kolonies die rood kleuren zijn *E. coli*
- Rapid Test uit NEN-EN-ISO 9308-1:2000: incubatie van mixed cellulose esters membraanfilters op TSA, gedurende 4-5 uur bij 36 ± 2 °C**,** gevolgd door incubatie op TBA waaraan 50 mg/L O129 (vibriostaticum) is toegevoegd ter onderdrukking van achtergrondflora (TBA+), gedurende 19-20 uur bij 44 ± 0,5 °C, gegroeide kolonies bevestigd op vermogen tot indolvorming met behulp van James-reagens: kolonies die rood kleuren zijn *E. coli*

- incubatie van mixed cellulose esters membraanfilters op CCA (Chromocult® Coliform Agar, Merck Millipore)**,** volgens NEN-EN-ISO 9308-1:2014, maar met aangepaste incubatie ter verhoging van de selectiviteit gedurende 4-5 uur bij 36 ± 2 °C, gevolgd door 19-20 uur bij 44 ± 0,5 °C: blauwpaarse kolonies zijn *E. coli*

2.2.2 intestinale enterococcen

- incubatie van mixed cellulose esters membraanfilters op SBA (Slanetz & Bartley Agar), volgens NEN-EN-ISO 7899-2:2000, gedurende 44 ± 4 uur bij 36 ± 2 °C, gevolgd door incubatie op BEAA (Bile Esculin Azide Agar) gedurende 2 uur bij 44 ± 0,5 °C, ter bevestiging: zwarte kolonies zijn intestinale enterococcen

2.2.3 Pseudomonas aeruginosa

- incubatie van mixed cellulose esters membraanfilters op mPA-C agar (modified *Pseudomonas aeruginosa* agar type C), volgens NEN 6573:1987, maar met aangepast kweekmedium, gedurende 48 ± 4 uur bij 41,5 ± 0,5 °C, gevolgd door reinstrijken en kweek van verdachte kolonies op TSA (18-24 uur bij 36 ± 2 °C) en controle op geur en pigmentvorming: *P. aeruginosa* heeft een typische snoepjesgeur en vormt een blauw-groen, geel-groen of roodbruin pigment
- Pseudalert (most probable number, MPN) test (IDEXX), volgens de instructies van de fabrikant, 24 -28 uur bij 38 ± 0,5 °C: wells met *P. aeruginosa* fluoresceren blauw onder UV-licht (365 nm)

2.2.4 Staphylococcus aureus

- incubatie van Tuffryn membraanfilters op BPA (Baird Parker Agar) + RPF (Rabbit Plasma Fibrinogen), gedurende 24 + 2 uur bij 36 ± 2 °C, gebaseerd op NEN-EN-ISO 6888-2:1999; wanneer na 24 uur geen typische kolonies aanwezig zijn, wordt de incubatietijd verlengd tot 48 uur: typische kolonies zijn grijs tot zwart met een precipitatiehof

2.3 Fysisch-chemische analyses

Van alle monsters is direct na monstername de watertemperatuur (PT100 thermometer, Hanna Instruments), de zuurgraad (SevenGO, Mettler Toledo) en de geleidbaarheid (Handylab LT11, Schott) gemeten. Het doorzicht is organoleptisch vastgesteld, evenals de parameter kleur en geur van het water. Bij deze laatste parameter wordt erop gelet of het water geen vreemde kleur heeft of onaangenaam ruikt. Hoewel dit niet is opgenomen in het voorstel voor de nieuwe wetgeving, is ook van alle monsters de troebelheid gemeten (Compact turbimeter CT12, Palintest). Troebelheid is een maat voor de aanwezigheid van zwevende deeltjes in het water en geeft daarmee inzicht in de mogelijke vervuiling die bijvoorbeeld uit micro-organismen of algen kan bestaan en in de potentiele desinfectie-effectiviteit van UV-straling door de zon. Voor deze parameter is geen normwaarde gehanteerd.

2.4 Gegevensanalyse

Alle meetwaarden werden verzameld in een Excel spreadsheet. Deze waarden werden ingelezen in de programma's R (R foundation for

Statistical Computing, Wenen, Oostenrijk, versie 3.4.0 (2017-04-21)) en Mathematica (Wolfram Inc, Champaign, Illinois, versie 11.1.1.0).
In R werd met behulp van multivariate regressieanalyse de relatie tussen de niet-microbiologische parameters en de microbiologische parameters geanalyseerd. Er werd daarbij naar hoofdeffecten gekeken, niet naar de interacties tussen de parameters. In deze regressieanalyse werden troebelheid en de concentraties *E. coli*, intestinale enterococcen en *S. aureus* naar een logaritmische schaal getransformeerd. De regressie werd gedaan met het R-commando *lm* voor lineaire regressie met vaste effecten. Met het R-commando *step* werd een beste modelselectie gedaan op basis van een likelihoodratiotest (k=3.84). Badbelasting werd als verklarende variabele onderzocht als aantal zwemmers/m^3.
Met behulp van Mathematica werden de meetwaarden getabelleerd en getoetst aan de normwaarden voor de parameters in zwemvijvers, zoals die in de conceptwetgeving zijn opgenomen.

3 Resultaten

3.1 Meet- en analyseresultaten

Op basis van de resultaten van de bepaling van *E. coli* op TSA/TBA+ en CCA en de bepaling van intestinale enterococcen, is de mate van fecale verontreiniging van de onderzochte zwemvijvers gering. De normwaarden van 100 kve/100 ml voor *E. coli* en 50 kve/100 ml voor intestinale enterococcen werden slechts incidenteel overschreden. Hoewel de watertemperatuur gemiddeld in alle zwemvijvers boven 20 °C lag, werden geen hoge concentraties *P. aeruginosa* gemeten. De normwaarde van 10 kve/100 ml werd slechts een keer overschreden. Daarentegen werden in alle zwemvijvers hoge aantallen *S. aureus* gevonden en werd de normwaarde van <1 kve/100 ml in 90% van de monsters overschreden. In Tabel 2 zijn de resultaten van de microbiologische analyses samengevat.

Bij deze resultaten moet worden opgemerkt dat er bij de analyse van *E. coli* methodologische problemen zijn opgetreden. De bepaling van *E. coli* met behulp van TSA/TBA gaf voor alle zwemvijvers hoge waarden, maar deze waarden werden als onbetrouwbaar beschouwd omdat er zeer veel achtergrondflora op de membraanfilters aanwezig was. Het is bekend dat deze achtergrondflora uit *Plesiomonas shigelloides* kan bestaan. Deze bacterie kan ook op TSA/TBA groeien en is net als *E. coli* indol-positief. Om deze achtergrondflora te onderdrukken, werd aan TBA het vibriostaticum O129 toegevoegd (TBA+) (Schets *et al*., 1998). Dit had een sterke daling van het aantal storende kolonies tot gevolg, maar niet alle storende achtergrond werd onderdrukt. Karakterisering van de storende achtergrond toonde aan dat deze voor een deel ook uit *Aeromonas*-soorten bestond. *Aeromonas* wordt niet onderdrukt door O129.

Voorafgaand aan de gegevensanalyse was geen duidelijk verschil aan te geven tussen de resultaten op de monsterpunten in de zwemvijvers en voor en na de helofytenfilters. Visuele inspectie van de grafieken van de waterkwaliteitsparameters per zwemvijver als tijdserie, liet zien dat analyseresultaten van de monsters die genomen werden uit de vijver, van het water voor het helofytenfilter en van het water na het helofytenfilter nagenoeg identiek waren. Zelfs op de verschillende bemonsteringdagen lagen de meetwaarden in dezelfde grootteorde. Dit gold voor alle zwemvijvers. Op grond van deze bevindingen is in de gegevensanalyse geen onderscheid meer gemaakt tussen plaatsen van bemonstering.

Tabel 2 Analyseresultaten microbiologische parameters

zwemvijver	parameter[1] – methode[2]	aantal monsters	gemiddelde concentratie n/100ml	95%[3] n/100ml	maximum concentratie n/100ml	minimum concentratie n/100ml	monsters met normoverschrijding[4]	
							aantal	%
I	EC – CCA	18	21	66	66	2,9	0	0
	EC – TBA	21	2400	9000	12000	68	18	86
	EC – TBA+	9	4,7	18	18	0,29	0	0
	IE – SBA	30	44	230	380	2,0	6	20
	PS – mPAC	29	0,97	3,3	7,3	0,0	0	0
	PS – pseudalert	30	0,28	0,0	8,3	0,0	0	0
	SA – BPA+RPF	24	180	810	1800	0,0	23	96
II	EC – CCA	15	3,8	13	13	0,0	0	0
	EC – TBA	21	79	150	170	5,9	11	52
	EC – TBA+	15	2	4,6	4,6	0,0	0	0
	IE – SBA	25	6,2	33	46	0,29	0	0
	PS – mPAC	27	0,37	2,3	4,3	0,0	0	0
	PS – pseudalert	27	0,26	2,0	2,0	0,0	0	0
	SA– BPA+RPF	15	79	350	350	0,0	9	60
III	EC – CCA	18	33	170	170	0,0	3	17
	EC – TBA	21	300	2100	3300	0,0	3	14
	EC – TBA+	9	2,4	4,0	4,0	0,57	0	0
	IE – SBA	30	2,3	5,4	5,7	0,29	0	0
	PS – mPAC	28	2,5	8,9	15	0,0	1	4
	PS – pseudalert	30	1,5	8,3	11	0,0	1	3
	SA– BPA+RPF	30	93	310	440	0,0	28	93
IV	EC – CCA	18	0,51	3,1	3,1	0,0	0	0
	EC – TBA	21	560	850	1000	330	21	100
	EC – TBA+	18	0,25	3,1	3,1	0,0	0	0
	IE – SBA	30	1,2	4,0	6,0	0,0	0	0
	PS – mPAC	30	0,65	2,0	2,9	0,0	0	0
	PS – pseudalert	30	0,1	1,0	2,0	0,0	0	0
	SA– BPA+RPF	26	78	180	360	1,4	26	100

[1]Verklaring parameter-codes: EC: *E. coli*; IE: intestinale enterococcen; PS: *P. aeruginosa*; SA: *S. aureus*
[2]Verklaring methode-codes: zie paragraaf 2.2
[3]De concentratie ligt in 95% van de monsters onder deze waarde
[4]Zie Tabel 4 en/of Bijlage 1 voor de normwaarden

In Tabel 3 zijn de resultaten van de uitgevoerde fysisch-chemische analyses samengevat, evenals de tellingen van het aantal zwemmers in de zwemvijvers. Voor alle individuele monsters is getoetst of zij aan de voorgestelde normwaarden voor de verschillende parameters voldeden. De geleidbaarheid van het water bleef in alle zwemvijvers binnen de voorgestelde grenzen van 200 – 1000 µS/cm. De grenswaarde voor de maximale watertemperatuur (25 °C) werd in een zwemvijver (I) regelmatig overschreden en in een andere zwemvijver (II) een aantal keren bereikt. Het toegestane pH-bereik (6,0 – 8,5) werd aan de ondergrens nooit overschreden, maar de bovengrens werd in twee zwemvijvers (II en IV) regelmatig overschreden. In zwemvijvers II – IV was de troebelheid van het water laag, in zwemvijver I iets hoger. Het doorzicht was in alle zwemvijvers op alle bemonsteringsdagen en –momenten tot op de bodem, waarmee aan de gestelde eis werd voldaan. Ten aanzien van kleur en geur van het water werd op geen enkel monsternamemoment een afwijking van een normale kleur of geur van het water geconstateerd. De eis voor deze parameter is: geen abnormale veranderingen. Het aantal zwemmers op de bemonsteringsdagen varieerde per dag en per zwemvijver: in zwemvijver I en IV zwommen relatief weinig mensen, terwijl in zwemvijver II en III het aantal zwemmers op een dag opliep tot enkele honderden. Om de zwemvijvers met betrekking tot badbelasting met elkaar te vergelijken is het aantal zwemmers per vierkante meter en per kubieke meter uitgerekend met behulp van de per zwemvijver samengevoegde gegevens van de drie bemonsteringsdagen. Hieruit bleek dat de badbelasting het hoogst was in zwemvijver III (bij een sauna/thermen complex) en het laagst in zwemvijver I (op een camping).

Er is geen onderzoek gedaan naar de biologische parameters, maar uit de waarnemingen van de monsternemers bleek dat in de zwemvijvers kikkers en kikkervisjes aanwezig waren (I, II en IV), algen (III en IV), waterinsecten zoals libellen en schaatsenrijders (I en IV) en incidenteel een watervogel (reiger in IV, eenden in de regeneratiezone van III). In zwemvijver II werden slakken (niet nader geïdentificeerd) in de regeneratiezone waargenomen.

Figuur 5 Regeneratiezone

Tabel 3 Analyseresultaten fysisch-chemische parameters

zwemvijver	parameter	aantal metingen	gemiddelde waarde	95% waarde[2]	maximum waarde	minimum waarde	monsters met norm-overschrijding[3]	
							aantal	%
I	zuurgraad (pH)	30	7,4	7,7	7,7	7,2	0	0
	watertemperatuur (°C)	30	25	29	29	20	17	57
	geleidbaarheid (µS/cm)	30	560	630	650	450	0	0
	troebelheid (FTU)	30	6,4	12	13	2	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers[1]	3	16	20	20	8	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers/m^3	3	0,06	0,08	0,08	0,03	n.v.t.	n.v.t.
II	zuurgraad (pH)	27	8,7	9,1	9,1	8,2	18	67
	watertemperatuur (°C)	27	22	25	25	16	2	7
	geleidbaarheid (µS/cm)	27	290	330	340	240	0	0
	troebelheid (FTU)	27	0,3	0,61	0,64	0,01	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers[1]	3	83	130	130	0	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers/m^3	3	0,24	0,37	0,37	0,0	n.v.t.	n.v.t.
III	zuurgraad (pH)	30	8,1	8,3	8,3	7,9	0	0
	watertemperatuur (°C)	30	20	21	22	18	0	0
	geleidbaarheid (µS/cm)	30	390	420	450	360	0	0
	troebelheid (FTU)	30	0,13	0,23	1,2	0,01	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers[1]	3	190	340	340	26	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers/m^3	3	0,31	0,56	0,56	0,04	n.v.t.	n.v.t.
IV	zuurgraad (pH)	30	8,5	8,9	9,0	8,3	15	50
	watertemperatuur (°C)	30	21	24	24	19	0	0
	geleidbaarheid (µS/cm)	30	330	390	390	260	0	0
	troebelheid (FTU)	30	0,39	0,67	0,7	0,11	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers[1]	3	18	27	27	10	n.v.t.	n.v.t.
	aantal zwemmers/m^3	3	0,16	0,24	0,24	0,09	n.v.t.	n.v.t.

[1]Het betreft hier het totaal aantal zwemmers op een bemonsteringsdag en dit totaal gedeeld door het volume van de zwemvijver in m^3
[2]In 95% van de monsters ligt de waarde onder deze waarde
[3]Zie Tabel 4 en/of Bijlage 1 voor de normwaarden

3.2 Toetsing aan normwaarden

Voor alle zwemvijvers is per bemonsteringsdag gekeken of de analyse- en meetresultaten voldeden aan de voorgestelde normwaarden voor de verschillende parameters. Geleidbaarheid moet volgens de voorgestelde nieuwe wetgeving een keer per maand gemeten worden: voor de toetsing zijn alle meetresultaten gebruikt. Zuurgraad moet volgens het voorstel een keer per dag in de ochtend gemeten worden: voor de toetsing zijn alle eerste meetresultaten van een bemonsteringsdag gebruikt. De watertemperatuur moet volgens het voorstel drie keer per dag gemeten worden: voor de toetsing zijn drie meetresultaten gebruikt die op de verschillende tijdstippen gedurende de bemonsteringsdagen zijn verkregen. Alle microbiologische parameters moeten volgens het voorstel eens per week in de middag gemeten worden: voor de toetsing zijn alle analyseresultaten gebruikt van de monsters genomen op het tweede tijdstip op de bemonsteringsdagen. De uitkomsten van deze toetsing staan vermeld in Tabel 4. De normwaarden voor de fysisch-chemische parameters en de meeste microbiologische parameters werden slechts op enkele dagen overschreden. Een uitzondering is de parameter *S. aureus*; de normwaarde voor deze parameter werd in drie van de vier zwemvijvers (I, III en IV) op alle drie de bemonsteringsdagen overschreden. In zwemvijver II was dit op een van de drie dagen.

Tabel 4 Toetsing van de analyseresultaten aan de voorgestelde normen, uitgevoerd per bemonsteringsdag

		aantal dagen (van 3) met normoverschrijding			
	zwemvijver	I	II	III	IV
parameter[1,2]	normwaarde[3]				
zuurgraad (pH)	6,0 ≤ pH ≤ 8,5	0	1	0	1
watertemperatuur (°C)	≤ 25 °C	2	1	0	0
geleidbaarheid (µS/cm)	200 – ≤ 1000 µS/cm	0	0	0	0
EC – CCA	100 kve[4] / 100 ml	0	0	1	0
EC – TBA+	100 kve[4] / 100 ml	0	0	0	0
IE – SBA	50 kve[4] / 100 ml	0	0	0	0
PS – mPAC	10 kve[4] / 100 ml	0	0	1	0
PS- pseudalert	10 kve[4] / 100 ml	0	0	1	0
SA – BPA+RPF	<1 kve[4] / 100 ml	3	1	3	3

[1]Verklaring parameter-codes: EC: *E. coli*; IE: intestinale enterococcen; PS: *P. aeruginosa*; SA: *S. aureus*
[2]Verklaring methode-codes: zie paragraaf 2.2
[3]In het voorstel voor de nieuwe zwemwaterwetgeving opgenomen normwaarde, tenzij anders aangegeven, betreft het maximumwaarden
[4]kve: kolonievormende eenheden

3.3 Regressieanalyse

In Tabel 5 zijn de resultaten van het onderzoek naar de relaties tussen de waterkwaliteitsparameters, zoals onderzocht met behulp van regressieanalyse, samengevat. De tabel toont de onderzochte responsvariabelen en bijbehorende verklarende variabelen. Alle verklarende variabelen waren zeer significant (p<0.1%). Elke onafhankelijke responsvariabele kan berekend worden met een model waarin de aangegeven verklarende variabelen met elk hun eigen coëfficiënt zijn opgenomen (modellen en coëfficiënten niet getoond).

De regressieanalyse toont dat alle waterkwaliteitsparameters per zwemvijver verschillend zijn (locatie (loc1) is steeds een verklarende parameter). Ook blijkt dat de bemonsteringsdatum (dat) voor alle parameters met uitzondering van de geleidbaarheid een rol speelt. Het tijdstip van bemonstering (tim) speelt een rol voor de parameters watertemperatuur (oc), pH, troebelheid (ftu), *S. aureus* (csa), intestinale enterococcen (cie) en *P. aeruginosa* (cps).
De waarden voor watertemperatuur, pH, troebelheid en concentraties *S. aureus* nemen licht toe gedurende de dag, terwijl de geleidbaarheid en de concentraties *E. coli* geen trends vertonen gedurende de dag. De concentraties intestinale enterococcen nemen gedurende de dag alleen licht toe in zwemvijver IV.

Uit de regressieanalyse blijkt ook dat de badbelasting (in aantal zwemmers/m^3 (belv)) invloed heeft op de parameters watertemperatuur, pH, *E. coli* intestinale enterococcen en *P. aeruginosa*, maar niet op geleidbaarheid, troebelheid en *S. aureus*.

Tabel 5 Regressieanalyse: de waterkwaliteitsparameters als responsvariabelen met bijbehorende zeer significante (p<0,1) verklarende variabelen

Responsvariabele	Verklarende variabelen
oc	loc1 + dat + tim + ph + con + ftu + belv
ph	loc1 + dat + tim + oc + con + belv
con	loc1 + oc + ph + ftu
log10(ftu)	loc1 + dat + tim + oc + con
log10(cec)	loc1 + dat + belv
log10(cie)	loc1 + dat + tim + ph + con + ftu + belv
cps	loc1 + dat + tim + ph + ftu + belv
log10(csa)	loc1 + dat + tim + ph + con + ftu

Variabelen: oc=watertemperatuur; ph=Ph; con=geleidbaarheid; ftu=troebelheid; cec=concentratie *E. coli*; cie=concentratie enterokokken; cps=concentratie *P. aeruginosa*; csa= concentratie *S. aureus*; loc1=vijver; dat=datum; tim=tijdstip monstername; belv=aantal zwemmers/m^3.

4 Discussie

4.1 Waterkwaliteit

In dit onderzoek is de waterkwaliteit onderzocht in vier zwemvijvers op drie verschillende dagen in de zomer van 2017. De dagen zijn willekeurig gekozen omdat uitvraag voorafgaand aan het onderzoek duidelijk maakte dat er geen specifieke piekdagen of –momenten zijn met vooraf verwachte hoge bezoekersaantallen. De mate waarin de zwemvijvers bezocht worden, wordt vrijwel uitsluitend bepaald door de weersomstandigheden: veel bezoekers bij mooi weer. Omdat het op de bemonsteringslocaties op alle bemonsteringsdagen, met uitzondering van twee dagen (24 juli en 12 september), mooi weer was (zonnig, met soms lichte bewolking; temperatuur ca. 18 – 24 °C), is de aanname dat het aantal bezoekers op de bemonsteringsdagen representatief was voor dergelijke dagen.

In de voorgestelde nieuwe wetgeving wordt voor de microbiologische parameters een meetmoment in de middag vereist, voor de zuurgraad en de geleidbaarheid ligt dit verplichte meetmoment in de ochtend. De lichte toename van de concentraties *S. aureus*, *P. aeruginosa* en deels ook intestinale enterococcen, en van de zuurgraad en de troebelheid, gedurende de bemonsteringsdagen, pleit ervoor om in de middag of aan het einde van de dag bemonsteringen of metingen uit te voeren, in plaats van in de ochtend of midden op de dag. Ook de watertemperatuur kan vooral op warme dagen gedurende de dag oplopen. Wanneer men één meting in plaats van de nu voorgestelde drie metingen per dag zou willen uitvoeren, dient deze aan het eind van de middag uitgevoerd te worden omdat dan de hoogste watertemperatuur wordt verwacht.

Bij de gegevensanalyse werd op basis van visuele inspectie van de grafische weergave van de meetresultaten geen onderscheid gemaakt tussen de drie monsterpunten per zwemvijver. Als gevolg van de constructie van de zwemvijvers konden de monsters eigenlijk alleen maar uit de zwemvijver zelf genomen worden. Het monsterpunt ‘voor helofytenfilter’ betrof in alle gevallen het water op het punt waar het de zwemvijver verliet, maar was dus wel water uit de zwemvijver, hetzij op een ander punt dan het monsterpunt ‘zwemvijver’. Het water na passage van het helofytenfilter, kwam via een voorziening in het midden van de zwemvijver terug in de zwemvijver. Het monsterpunt ‘na helofytenfilter’ bevond zich hierdoor dan ook weer in de zwemvijver, maar op een ander punt dan het monsterpunt ‘zwemvijver’. Hierdoor is geen informatie verkregen over de werking van de helofytenfilters, in tegenstelling tot wat bij het opzetten van de studie werd gedacht op basis van de verkregen informatie over de constructie van de zwemvijvers. Onderzoek naar de effectiviteit van helofytenfilters en aanvullende waterbehandelingen vergt een andere experimentele aanpak.

De mate van fecale verontreiniging was in alle onderzochte zwemvijvers gering. In zwemvijvers zijn de zwemmers vrijwel de enige bron van

fecale verontreiniging en ziekteverwekkers, er is hier immers geen sprake van instroom van al dan niet gezuiverd rioolwater, riooloverstorten en fecale verontreiniging door bijvoorbeeld scheepvaart of landbouwhuisdieren. Zowel vogels als ratten kunnen ook ziekteverwekkers in het water brengen, maar de voorgestelde nieuwe wetgeving geeft 'afwezigheid' als streefwaarde voor deze organismen. Geïnfecteerde zwemmers kunnen ziekteverwekkers in hoge concentraties uitscheiden. Het is bekend dat de concentratie fecale indicatoren niet altijd de concentratie ziekteverwekkers reflecteert, mede doordat ziekteverwekkers, zoals parasitaire protozoa, virussen en sporen van bacteriën langer in water en sediment persisteren dan fecale indicator bacteriën (Schets *et al*., 2011). Omdat het volume van zwemvijvers veel kleiner is dan dat van zwemlocaties, en daarmee de badbelasting veel groter kan zijn, is het verdedigbaar dat de eisen voor individuele watermonsters uit zwemvijvers strenger zijn dan die voor zwemlocaties in oppervlaktewater. De voorgestelde normen voor *E. coli* en intestinale enterococcen bleken in de onderzochte zwemvijvers goed nageleefd te kunnen worden. Op de bemonsteringsdagen was het, op twee dagen na, mooi en zonnig weer; op dergelijke dagen heeft inactivatie van micro-organismen door zonlicht (UV-B straling) een gunstig effect op de waterkwaliteit. Een lage troebelheid van het water, waardoor de UV-straling dieper in het water kan doordringen, is hierbij gunstig (Deller *et al*., 2006; Davies *et al*., 2009). Doordat er geen correlatie bestond tussen de troebelheid en de concentraties van de microbiologische parameters, lijkt de toegevoegde waarde van troebelheid als parameter gering. Echter, de parameter is eenvoudig te meten en geeft wel inzicht in de mate van aanwezigheid van zwevende deeltjes en daarmee in potentiele aanwezigheid van micro-organismen of algen en de potentiele effectiviteit van UV-straling door de zon. Bij hoge troebelheid is weinig inactivatie van micro-organismen door zonlicht te verwachten.

4.2 Normstelling

De concentraties *Pseudomonas aeruginosa* waren in de onderzochte zwemvijvers laag, ook bij de incidentele hoge watertemperatuur. Aan de voorgestelde norm kon meestal goed voldaan worden. *P. aeruginosa* komt van nature in allerlei watertypen voor en kan bij hogere watertemperatuur uitgroeien tot concentraties die ziekteverwekkend zijn voor de mens. De aanwezigheid van deze bacterie wordt niet aangegeven door de aanwezigheid van de fecale indicator parameters, vanwege de andere herkomst, waardoor het een uiterst relevante parameter is om in zwemvijvers te meten. *P. aeruginosa* kan mogelijk in andere zwemvijvers en/of situaties wel tot gezondheidsklachten leiden, zoals oorontstekingen en wondinfecties.

Staphylococcus aureus was in de meeste monsters uit de onderzochte zwemvijvers aanwezig. De mens is de enige bron van *S. aureus*: de bacterie komt bij de mens algemeen voor op de huid en in de slijmvliezen in de mond- en keelholte. *S. aureus* is ziekteverwekkend voor de mens en kan resistent zijn tegen bepaalde antibiotica. De aanwezigheid van deze bacterie in zwemwater duidt rechtstreeks een gezondheidsrisico voor de zwemmer aan (WHO, 2003). Gezondheidsklachten door aanwezigheid van *S. aureus* in zwemwater worden vooral geassocieerd met een hoge badbelasting. Wanneer *S.*

aureus wordt aangetroffen, was er op het moment van monstername mogelijk sprake van een te hoge (momentane en/of voorafgaande) badbelasting in combinatie met een daartoe ontoereikende waterzuivering. In dit onderzoek bleek volgens de regressieanalyse voor *S. aureus* geen verband met de badbelasting, met andere woorden: de concentraties *S. aureus* in het zwemvijverwater namen niet toe bij een groter aantal zwemmers. Desondanks werd *S. aureus* zeer vaak gedetecteerd en lijkt het niet mogelijk om aan de voorgestelde norm voor *S. aureus* (afwezig in 100 ml) te voldoen. Op basis van epidemiologisch onderzoek naar het oplopen van gezondheidsklachten bij zwemmen in zwemvijvers, ondersteund door literatuuronderzoek naar de dosis-responsrelatie voor *S. aureus* bij besmetting via water, is een onderbouwing van een heroverweging van de hoogte van de voorgestelde normwaarde mogelijk. Op dit moment bestaat geen inzicht in of, en de mate waarin, zwemmers een infectie met *S. aureus* oplopen bij gebruik van zwemvijvers waarin de voorgestelde norm voor *S. aureus* wordt overschreden.

Uit de regressieanalyse bleek dat voor de meeste onderzochte waterkwaliteitsparameters (responsvariabelen) meerdere verklarende variabelen waren, die invloed kunnen hebben op de waterkwaliteitsparameters. Op basis van de huidige beschikbare gegevens en uitkomsten van de regressieanalyse, is het niet altijd mogelijk deze invloeden te verklaren of nader te duiden. Dit geldt vooral voor de invloed van de badbelasting op de watertemperatuur en de zuurgraad van het water, alsook voor het ontbreken van invloed van de badbelasting op de concentratie *S. aureus*, terwijl deze wel bestond voor *E. coli*, *P. aeruginosa* en intestinale entrococcen. Het genereren en analyseren van gegevens uit aanvullend onderzoek bij andere zwemvijvers, kan hier mogelijk bij helpen.
Het is echter duidelijk dat de gevolgen van slechte waterkwaliteit groot kunnen zijn wanneer veel mensen (tegelijkertijd) van een zwemvijver gebruik maken. Naar aanleiding van een uitbraak van virale meningitis, met 215 patiënten, die op basis van een case-control studie werd gekoppeld aan zwemmen in een zwemvijver, werd beperking van het aantal zwemmers per dag (badbelasting) als maatregel ingesteld (Hauri *et al*., 2005).

Aan de normwaarden voor de fysisch-chemische parameters zuurgraad, watertemperatuur, geleidbaarheid en doorzicht in de voorgestelde nieuwe wetgeving werd grotendeels voldaan. In twee van de onderzochte zwemvijvers werden de voorgestelde normwaarden voor de zuurgraad van het water en de watertemperatuur regelmatig overschreden en zijn maatregelen nodig om deze parameters te beheersen. Een te hoge watertemperatuur kan leiden tot groei van bacteriën zoals *P. aeruginosa*, terwijl een te hoge zuurgraad ongunstige effecten kan hebben op het leven in het water en de gezondheid van de mens, met name op de huid (WHO, 2003).

Voorafgaand aan het onderzoek werd door de brancheorganisatie aangegeven dat zwemmersjeuk een van de grootste problemen in zwemvijvers kan zijn. In de onderzochte zwemvijvers werden echter geen verdachte zoetwaterslakken aangetroffen die als tussengastheer kunnen optreden voor de door watervogels verspreide parasiet

Trichobilharzia, waarvan de larven bij zwemmers zwemmersjeuk veroorzaken. Ook werd door de beheerders geen melding gemaakt van zwemmers die gedurende de looptijd van het onderzoek last hadden van zwemmersjeukklachten na gebruik van de zwemvijvers. Bij het onderhouden van zwemvijvers worden soms slakken in het water gebracht met het idee dat deze bijdragen aan de zuivering van het water. Dit brengt echter een risico op zwemmersjeuk met zich mee, aangezien vele soorten zoetwaterslakken als tussengastheer voor de parasiet kunnen fungeren (Horák *et al*., 2002; Aldhoun *et al*., 2012). Het is daarom aan te bevelen te streven naar afwezigheid van slakken in zwemvijvers, zoals in de voorgestelde nieuwe wetgeving, en ze niet aan het zwemvijverwater toe te voegen.

4.3 Detectiemethoden

De detectiemethoden voor de microbiologische parameters, zoals die in de voorgestelde nieuwe wetgeving zijn opgenomen, zijn niet allemaal geschikt voor onderzoek van zwemvijverwater en behoeven derhalve herziening dan wel verdere uitdieping. In het aan de voorgestelde nieuwe wetgeving ten grondslag liggende RIVM-rapport (Schets *et al*., 2014) werd voor *E. coli* de methode conform NEN-EN-ISO 9308-1:2000 (Rapid Test) aanbevolen. In het Aanpassingsbesluit BAL badinrichtingen (versie 20161004) is NEN-EN-ISO 9308-1:2014 opgenomen. De in deze standaard opgenomen methode is echter niet geschikt voor het bepalen van *E. coli* in water met meer achtergrondflora dan drinkwater of gedesinfecteerd zwembadwater. Toepassing van de Rapid Test uit NEN-EN-ISO 9308-1:2000 gaf echter ook problemen bij de analyse van de monsters water uit de zwemvijvers door aanwezigheid van veel storende achtergrondflora die zowel met de volgens de standaard uitgevoerde Rapid Test als door toevoeging van het vibriostaticum O129 (Schets *et al*., 1998) onvoldoende te onderdrukken was. Op dit moment ontbreekt het aan een NEN-EN-ISO standaard voor een membraanfiltratiemethode die geschikt is om *E. coli* in oppervlaktewater te bepalen. Het RIVM start binnenkort onderzoek naar een potentieel geschikte memraanfiltratiemethode voor deze parameter. Hierbij wordt CCA agar, zoals voorgeschreven in NEN-EN-ISO 9308-1:2014, maar geïncubeerd bij een verhoogde incubatietemperatuur van 44 °C, zoals toegepast in deze studie, verder onderzocht als een van de mogelijkheden. De MPN-methode uit NEN-EN-ISO 9308-3:1999 is in dit onderzoek niet toegepast, maar is in theorie geschikt, hoewel deze op een ander principe berust dan membraanfiltratie.

De bepaling van de tweede fecale indicator parameter, intestinale enterococcen, op SBA volgens NEN-EN-ISO 7899-2:2000 was probleemloos en eenvoudig, zowel in uitvoering, aflezen als interpretatie en behoeft daarom geen aanpassing.

De bepaling van *P. aeruginosa* op mPA-C agar was goed uitvoerbaar, maar lastig af te lezen en vraagt ervaring en expertise van laboratoriummedewerkers. mPA-C agar is een aanpassing van de in NEN 6573:1987 aanbevolen mPA-B agar voor bepaling van *P. aeruginosa* in oppervlaktewater. mPA-B blijkt niet (meer) commercieel verkrijgbaar en is gecompliceerd om zelf te maken omdat het uit meer dan 10 losse componenten bestaat. Dit kan de kosten van een dergelijke analyse opdrijven. Het medium conform de in de voorgestelde nieuwe wetgeving

opgenomen NEN-EN-ISO 16266:2008 is slechts geschikt voor analyse van water met weinig achtergrondflora, zoals drinkwater en gedesinfecteerd zwembadwater. De Pseudalert-test is in principe geschikt om toe te passen op monsters zwemvijverwater en is zeer eenvoudig uitvoerbaar, maar vergt training met betrekking tot de interpretatie van de fluorescentie in de wells. De watermonsters uit de onderzochte zwemvijvers veroorzaakten in alle wells zwakke fluorescentie waardoor het in eerste instantie onduidelijk was of zij meegeteld moesten worden. Testen toonden echter aan dat uit zwak-fluorescerende wells geen *P. aeruginosa* werd geïsoleerd. Een Canadese studie naar het gebruik van Pseudalert voor onderzoek van oppervlaktewater toonde aan dat Pseudalert regelmatig vals-positieve resultaten geeft en de onderzoekers bevelen derhalve een bevestigingsstap aan (Ngwa *et al*., 2017). Dit punt behoeft in relatie tot een mogelijk gebruik van deze methode voor onderzoek van zwemvijverwater nader onderzoek.

De bepaling van *S. aureus* op BPA + RPF was goed uitvoerbaar en redelijk goed af te lezen. Ook deze methode vraagt expertise en ervaring, die bij laboratoria die deze bepaling routinematig gaan uitvoeren opgebouwd moet worden.

5 Conclusies

Onderstaande conclusies kunnen getrokken worden op basis van de bevindingen bij de vier onderzochte semi-openbare zwemvijvers. Het is niet bekend hoe representatief deze zwemvijvers zijn voor overige zwemvijvers in Nederland. Wel werd uit dit onderzoek duidelijk dat de waterkwaliteitsparameters in de vier zwemvijvers heel verschillend zijn.

1. Het is mogelijk om aan de voorgestelde eisen ten aanzien van de microbiologische parameters in zwemvijverwater te voldoen, met uitzondering van de eis ten aanzien van *S. aureus*.
2. De voorgestelde analytische methoden voor bepaling van de microbiologische parameters *E. coli* en *P. aeruginosa* zijn niet geschikt voor de analyse van zwemvijverwater.
3. De fecale verontreiniging van het zwemvijverwater was gering, maar een fecaal incident terwijl er veel mensen in het water zijn, kan een grote impact hebben.
4. De verzamelde gegevens maken een betrouwbare kwantitatieve inschatting van het mogelijke gezondheidsrisico voor gebruikers van de zwemvijvers (nog) niet mogelijk, omdat onder andere gegevens over blootstelling ontbreken.

Figuur 6 Zwemvijver

6 Aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek bij vier semi-openbare zwemvijvers en de resultaten van dat onderzoek is een aantal aanbevelingen voor aanvullend of vervolgonderzoek geformuleerd. Door het uitvoeren van dit extra onderzoek kan nog ontbrekende kennis worden gegenereerd of kunnen uit het huidige onderzoek voortgekomen vragen beantwoord worden.

1. Het onderzoeken van de waterkwaliteit in meerdere zwemvijvers, omdat niet bekend is hoe representatief de onderzochte zwemvijvers zijn voor de in Nederland aanwezige zwemvijvers en gebleken is dat de waterkwaliteitsparameters in de vier onderzochte zwemvijvers heel verschillend was.
2. Onderzoek naar de aanwezigheid van Legionella in zwemvijvers waarvan het water verwarmd en/of verneveld wordt.
3. Onderzoek naar en evaluatie van de effectiviteit van helofytenfilters ten aanzien van de verwijdering van micro-organismen uit zwemvijverwater.
4. Het uitzoeken van de meest geschikte analytische methoden voor de bepaling van de voorgestelde microbiologische parameters in zwemvijvers. De in het huidige voorstel voor de nieuwe wetgeving opgenomen methoden blijken in de praktijk niet allemaal geschikt voor onderzoek van zwemvijverwater. Het betreft met name de analysemethoden voor *E. coli* en *P. aeruginosa* en in mindere mate de analysemethode voor *S. aureus.*
5. Het uitvoeren van literatuuronderzoek ter onderbouwing van een eventuele aanpassing van de normwaarde voor *S. aureus*, gebaseerd op de relatie tussen de dosis en het optreden van gezondheidsklacht bij blootstelling aan water.
6. Het uitvoeren van epidemiologisch onderzoek naar het optreden van gezondheidsklachten na gebruik van zwemvijvers in relatie tot de waterkwaliteit en badbelasting, ten behoeve van meer *evidence based* normwaarden.
7. Het onderzoeken van de mogelijkheid om een normwaarde (maximumwaarde) in te stellen voor het toegestane aantal zwemmers per dag in relatie tot de dimensionering van de zwemvijver, zoals in de FFL-richtlijn (FFL, 2011) voorgesteld.
8. Het ontwikkelen van een *risk assessment tool* waarmee het gezondheidsrisico voor gebruikers van verschillende typen zwemwater, waaronder zwemvijvers, geschat kan worden. Hiermee wordt bijgedragen aan een *risk based approach* voor zwemwater.

7 Referenties

Aldhoun JA, Podhorský M, Holická M, Horák P. 2012 Bird schistosomes in planorbid snails in the Czech Republic. Parasitol Int. 61(2):250-259. doi: 10.1016/j.parint.2011.10.006.

Davies CM, Roser DJ, Feitz AJ, Ashbolt NJ. 2009 Solar radiation disinfection of drinking water at temperate latitudes: inactivation rates for an optimised reactor configuration. Water Res 43(3):643-652. doi: 10.1016/j.watres.2008.11.016.

Deller S, Mascher F, Platzer S, Reinthaler FF, Marth E. 2006 Effect of solar radiation on survival of indicator bacteria in bathing waters. Cent Eur J Public Health 14(3):133-137

FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.), 2011, Richtlienen für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm– und Badeteiche)

Hauri AM, Schimmelpfennig M, Walter-Domes M, Letz A, Diedrich S, Lopez-Pila J, Schreier E. 2005 An outbreak of viral meningitis associated with a public swimming pond. Epidemiol Infect 133(2):291-298.

Horák P, Kolářová L, Adema C. 2002 Biology of the schistosome genus *Trichobilharzia*. Adv Parasitol 52: 155-233.

Ngwa GA, Schop R, Chow J, Lukic L, McKague K. 2017 Comparative detection and recovery of Pseudomonas aeruginosa by membrane filtration and a Most Probable Number technique. J Microbiol Methods 133:76-81. doi: 10.1016/j.mimet.2016.12.012.

NEN 6573:1987 Bacteriologisch onderzoek van water – Onderzoek met behulp van membraanfiltratie naar de aanwezigheid en het aantal kolonievormende eenheden (KVE) van *Pseudomonas aeruginosa*.

NEN-EN-ISO 6888-2:1999 Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) — Part 2: Technique using rabbit plasma fibrinogen agar medium.

NEN-EN-ISO 9308-3:1999 Water - Bepaling en enumeratie van *Escherichia coli* en bacteriën van de coligroep in oppervlaktewater en afvalwater - Deel 3: Geminiaturiseerde methode (meest waarschijnlijke aantal) door enting in een vloeibaar medium.

NEN-EN-ISO 7899-2:2000 Water - Detectie en telling van enterococcen - Deel 2: Membraanfiltratiemethode.

NEN-EN-ISO 9308-1:2000 Water - Detectie en enumeratie van *Escherichia coli* en bacteriën van de coligroep - Deel 1: Methode met membraanfiltratie.

NEN-EN-ISO 19458:2007 Water – Monsterneming voor microbiologisch onderzoek

NEN-EN-ISO 9308-1:2014/A1:2017 Water – Telling van *Escherichia coli* en bacteriën van de coligroep – Deel 1: Methode met membraanfiltratie voor water met een lage achtergrondconcentratie aan bacteriën.

NEN-EN-ISO 16266:2008 Water - Detectie en telling van *Pseudomonas aeruginosa* - Methode met membraanfiltratie.
Ngwa GA, Schop R, Chow J, Lukic L, McKague K. 2017 Comparative detection and recovery of *Pseudomonas aeruginosa* by membrane filtration and a Most Probable Number technique. J Microbiol Methods 133:76-81. doi: 10.1016/j.mimet.2016.12.012.

Schets FM, van der List C, Kadar M, Ruiter H. Medema GJ. 1998. Suppression of *Plesiomonas shigelloides* growth in the Direct Plating method for the enumeration of *Escherichia coli* in water. RIVM report no. 289202020.

Schets FM, de Roda Husman AM, Havelaar AH. 2011. Disease outbreaks associated with untreated recreational water use. Epidemiology and Infection 139(7): 1114-1125.

Schets FM, Keltjens LLM, Hulshof GJM, Schoon H, Feyen LJG, Janssen PJCM, te Biesebeek JD. 2014. Normen en methoden voor kwaliteitsparameters in het te wijzigen Besluit hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden. RIVM rapport 2014-0121.

WHO.2003 Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1: Coastal and fresh waters. World Health Organisation, http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1/en.

Dankwoord

De auteurs danken de bouwers, eigenaren en exploitanten van de onderzochte zwemvijvers voor hun deelname aan dit onderzoek. Tevens danken de auteurs Christiaan Veenman en Anna Gritchina voor hun hulp bij het analyseren van de monsters in de vakantieperiode.

Bijlage 1 Parameters en kwaliteitseisen voor zwemvijvers; uit: Aanpassingsbesluit BAL badinrichtingen, 2016-10-04

	parameter(groep)	kwaliteitseis (maximumwaarde, tenzij anders aangegeven)	plaats van bemonstering	frequentie van bemonstering door		tijdstip monstername	analyse-methode
				Houder (zie noot 1)	Labora-torium (zie noot 1)		
A. Fysische parameters							
1	Zuurstof-verzadiging	80-120%	bassin	1/dag	-	ochtend	NEN–ISO 5813:1993 NEN–ISO 5814:2012
2	Doorzicht (zie noot 1)	tot op de bodem (zie noot 1)	bassin	2/dag	-	ochtend, middag	Organo-leptisch
3	watertemperatuur (zie noot 2)	25 C	bassin	3/dag	-	ochtend, middag, avond	thermometer
B. Chemische parameters							
4	ammonium	0,3 mg/l in bassin 0,1 mg/l in behandelde water	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN–ISO 7150–1:2002 NEN-ISO 5664:2004 NEN-EN-ISO 11732: 2005 NEN 6604:2007 NEN 6646: 2006 (noot 7)
5	totaal fosfor	0,01 mg/l	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN-EN-ISO 6878:2004 NEN-EN-ISO 15681-1: 2005 NEN-EN-ISO 15681-2: 2005

							NEN-EN-ISO 17294-2:2004
6	hardheid (totaal)	≥ 1,0 mmol/l	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN-ISO 6059:2005
7	geleidbaarheid	200 – ≤ 1000 µS/cm bij 25 °C	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN-EN-ISO 7888: 1994
8	nitraat	30 mg/l	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN–EN–ISO 10304–1:2009 NEN-EN-ISO 13395: 1997
9	zuurgraad (zie noot 3)	6,0 ≤ pH ≤ 8,5 (zie noot 3)	bassin behandelde water	1/dag	-	ochtend	NEN-EN-ISO 10523:2012
10	waterstofcarbonaat	≥ 2 mmol/l	bassin behandelde water	-	1/maand	ochtend	NEN-EN-ISO 9963-1:1996 NEN-EN-ISO 9963-2:1996
C. Biologische parameters							
11	vissen (zie noot 4)	streefwaarde: afwezig (zie noot 4)	bassin behandelde water	1/maand	-		Visueel en meldingen van bezoekers
12	watervogels en ratten (zie noot 4)	streefwaarde: afwezig (zie noot 4)	bassin behandelde water	1/dag	-		Visueel en meldingen van bezoekers
13	slakken (zie noot 4)	streefwaarde: afwezig (zie noot 4)	bassin	1/week	-		Visueel en meldingen van bezoekers
14	fytoplankton (zie noot 5)	1 mm3/l 100 µg/l	bassin	-	1/maand	ochtend	NEN-EN 15204: 2006

D. Microbiologische parameters							
15	*Escherichia coli*	100 kve/100 ml	bassin	-	1/week	middag	NEN–EN–ISO 9308–1:2014 NEN–EN–ISO 9308–3:1999
16	intestinale enterococcen	50 kve/100 ml	bassin	-	1/week	middag	NEN–EN–ISO 7899–1:1998 NEN–EN–ISO 7899–2:2000
17	*Pseudomonas aeruginosa*	10 kve/100 ml	bassin	-	1/week	middag	NEN–EN–ISO 16266:2008
18	Legionella (zie noot 6)	< 100 kve/l	risicopunten	-	1/maand (bij technische verwarming van het water) 1/half jaar	middag	ISO 11731
19	*Staphylococcus aureus*	<1/100 ml	bassin	-	1/week	middag	NEN–EN–ISO 6888–1:1999

Noot 1. Het zwem- en badwater heeft een doorzicht van ten minste 1,80 m.
Noot 2. In afwijking van de maximumwaarde van 25 °C is gedurende ten hoogste 5 dagen per jaar een watertemperatuur van ten hoogste 28 °C toegestaan. Technische verwarming van het water is alleen toegestaan bij een watertemperatuur beneden 23°C. De watertemperatuur wordt gemeten aan het wateroppervlak.
Noot 3. De waarde van 8,5 voor pH mag in maximaal 5% van de metingen overschreden worden, met een maximumwaarde van 9,0.
Noot 4. Aantoonbare voorzieningen worden getroffen opdat wordt voorkomen dat vissen, watervogels, ratten en slakken gebruik maken van het water. Aanwezige vissen en slakken worden zo veel mogelijk weggevangen en er worden maatregelen genomen om watervogels en ratten op afstand te houden.
Noot 5. Het fytoplankton bestaat hoofdzakelijk uit groenalgen (Chlorophyta), kiezelalgen (Bacillariophyceae) en bruin–groenalgen (Cryptophyceae). Cyanobacteriën komen alleen als begeleidende soorten voor.
Noot 6. De norm voor Legionella geldt alleen indien sprake is van aerosolvorming, zoals bij fonteinen en andere vormen van versproeiing of verneveling van het water.
Noot 7. Dit is een vrij beschikbare NEN-norm

RIVM
De zorg voor morgen begint vandaag