



Annemieke van der Wal, KWR Watercycle Research Institute / NIOO

Emiel van Velzen, Deltares

Edwin Kardinaal, KWR Watercycle Research Institute

Effect van veranderingen in klimaat en ruimtedruk op de microbiologische zwemwaterkwaliteit

Het is te verwachten dat door klimaatveranderingen en sociaal-economische ontwikkelingen het gebruik en de kwaliteit van zwemwater zullen veranderen. Op basis van de huidige situatie is ingeschat hoe de vier scenario's zoals die binnen het Deltaprogramma zijn gedefinieerd, de microbiologische zwemwaterkwaliteit kunnen beïnvloeden. Uit een inventarisatie van zwemwatergegevens van 51 locaties (in de periode 2006 t/m 2010) blijkt dat in tien tot 40 procent van de zwemlocaties overschrijding van de normen voor fecale verontreiniging plaatsvindt. Mogelijke bronnen zijn meestal zwemmers, vogels en huisdieren. Verder blijken op bijna de helft van 190 onderzochte zwemwaterlocaties problemen voor te komen met cyanobacteriën. Andere problemen, zoals zwemmersjeuk en botulisme, komen in veel mindere mate voor. Zwemmers melden geen grote gezondheidsproblemen.

Naar aanleiding van de delta-scenario's, waarbij het aantal zwemmers en/of de temperatuur stijgt, is over het algemeen te verwachten dat de gezondheidsproblemen bij zwemmers toe zullen nemen. Vooral in het scenario 'Stoom', waarin zowel de zwemwatertemperatuur als het aantal zwemmers en het gebruik van het zwemwater toe zullen nemen, valt te verwachten dat vaker overlast ervaren zal worden van cyanobacteriën, diverse infecties (oor, oog en wond) en zwemmersjeuk.

Door klimaatveranderingen nemen de water-

tekorten mogelijk toe. In combinatie met een toename van de bevolkingsomvang kan dit leiden tot een tekort aan zwemwater van voldoende kwaliteit. KWR heeft uitgezocht hoe de microbiologische zwemwaterkwaliteit in oppervlaktewater kan veranderen onder invloed van de te verwachten klimaatveranderingen. Dit onderzoek maakte deel uit van een studie over de zoetwatervoorziening voor de lange termijn¹⁾.

Indicatoren voor de microbiologische zwemwaterkwaliteit

In Nederland bevinden zich in het zoete

en brakke water circa 450 officiële zwemwaterlocaties. Volgens de wet moeten voor al deze locaties zwemwaterprofielen opgesteld worden. Dit houdt een analyse in van de zwemwaterkwaliteit tijdens het zwemseizoen, van april tot oktober, en een beoordeling van potentiële bronnen van verontreiniging.

Micro-organismen komen van nature voor in oppervlaktewater. Slechts een beperkt deel van die organismen (pathogene micro-organismen) kan bij de mens ziektes veroorzaken. Deze micro-organismen worden onderverdeeld in twee groepen: micro-organismen van fecaal menselijke of dierlijke herkomst, die niet kunnen groeien in oppervlaktewater, én natuurlijke pathogenen die zich in speciale situaties kunnen vermeerderen (en mogelijk toxines produceren).

Voor de Zwemwaterrichtlijn zijn de indicatoren *Escherichia coli* en intestinale enterococci het belangrijkste voor de zwemwaterkwaliteit. Beide bacteriegroepen zijn indicatief voor pathogene micro-organismen van fecale herkomst. De meeste *E. coli*-bacteriën zijn zelf niet pathogeen en kunnen zich onder de Nederlandse condities

Tabel 1. Belangrijkste effecten van de vier deltasenario's op het natuurlijk zwemwater in 2050 (rapportage Deltares: Deltamodel 2010).

scenario	aantal zwemmers	gebruik recreatiewater per zwemmer	temperatuur recreatiewater	zomerse neerslag
Stoom	stijgt	stijgt	stijgt	daalt
Warm	daalt	stijgt	stijgt	daalt
Rust	daalt	blijft gelijk	blijft gelijk	stijgt
Vol	stijgt	blijft gelijk	blijft gelijk	stijgt

niet vermeederen in oppervlaktewater. Intestinale enterococci worden ook als indicator gebruikt, omdat zij een verschil in overleving in het milieu laten zien met *E. coli*-bacteriën. De concentraties van beide indicatoren in het oppervlaktewater zijn afhankelijk van de mate van fecale belasting, de verdunning en de overleving. Dit hangt onder andere af van de weersomstandigheden: fecale belasting en verdunning zijn direct gerelateerd aan regenval, en de overleving van de organismen hangt af van de temperatuur. Dergelijke weersinvloeden, en daarmee de concentraties aan micro-organismen met fecale herkomst, zijn onlosmakelijk verbonden met klimaatveranderingen.

Naast de indicatorsoorten wordt de zwemwaterkwaliteit beoordeeld op micro-organismen die van natuurlijke herkomst zijn. De belangrijkste groep organismen waaraan in de Zwemwaterrichtlijn aandacht besteed wordt, zijn de cyanobacteriën. Cyanobacteriën of blauwalgen vormen een diverse groep aan fototrofe bacteriën die in staat zijn om in oppervlaktewater tot grote dichtheden te groeien en drijfvlagen te vormen. Sommige soorten van deze cyanobacteriebacteriën kunnen toxische stoffen produceren die gevaarlijk zijn voor mens en dier. De aanwezigheid van drijfvlagen is met regelmaat aanleiding om zwemwaterlocaties te sluiten. Cyanobacteriën concurreren met andere algensoorten om licht en voedsel, maar zijn in het voordeel onder voedselrijke omstandigheden wanneer licht een beperkende groeifactor in het water is, en bij hogere watertemperaturen (boven 25°C)¹⁾.

Bij de beoordeling van de zwemwaterkwaliteit wordt niet standaard gelet op andere ziekteverwekkers van natuurlijke herkomst, zoals *Pseudomonas aeruginosa* en *Vibrio* spp. Dit zijn bacteriën die bij mensen verschillende typen infecties veroorzaken, zoals oorontsteking. In oppervlaktewater treedt vermeerdering van deze bacteriën op bij temperaturen boven de 20°C^{2),3)}. Andere, van nature voorkomende organismen, zijn *Leptospira* (bacterie die de ziekte van Weil

organisme	ziekte	deltascenario			
		Stoom	Warm	Rust	Vol
fecale herkomst					
<i>E. coli</i>		-/+*	-	-	+
intestinale enterococci		0/+*	-	-	+
natuurlijke herkomst					
cyanobacteriën		++	+	--	-
<i>Trichobilharzia</i>	zwemmersjeuk	+	0	-	+
<i>Leptospira</i>	Leptospirose (ziekte van Weil)	+	0	-	+
<i>C. botulinum</i>	humana botulisme	0	0	0	0
<i>N. fowleri</i>	hersenvliesontsteking	0	0	0	0
<i>Acanthamoeba</i>	hersenvliesontsteking of ooginfectie	0	0	0	0
<i>Vibrio</i>	oor- en wondinfecties	++	+	-	+
<i>P. aeruginosa</i>	oorinfectie	+++	++	-	+
<i>L. pneumophila</i> **	Legionellose	+++	++	-	+
NTM**	longontsteking	+++	++	-	+

Tabel 2. Het effect van de vier deltagenario's op het risico van infectie door verschillende micro-organismen (- betekent een afname van het risico, + een toename van het risico).

veroorzaakt), *Clostridium botulinum* (bacterie die botulisme veroorzaakt) en *Trichobilharzia* (larven van een parasitaire platworm die zwemmersjeuk veroorzaken). Voor dergelijke organismen zijn geen officiële normen opgenomen in de Zwemwaterrichtlijn.

Bronnen voor verontreiniging

Fecale verontreiniging van natuurzwemwater heeft verschillende bronnen. Menselijke ontlasting komt in het oppervlaktewater terecht via uitstroom van rioolwaterzuiveringsinstallaties, door overstorten van het rioelstelsel tijdens hevige regenval of als directe lozingen van plezier- en beroepsvaart. Ook de zwemmers zelf kunnen bijdragen aan een verhoogde concentratie aan ziekteverwekkers in het zwem- en recreatiewater. Daarnaast zijn er dierlijke bronnen die voor verontreiniging zorgen, zoals de afspoeling van mest van landbouwgebieden,

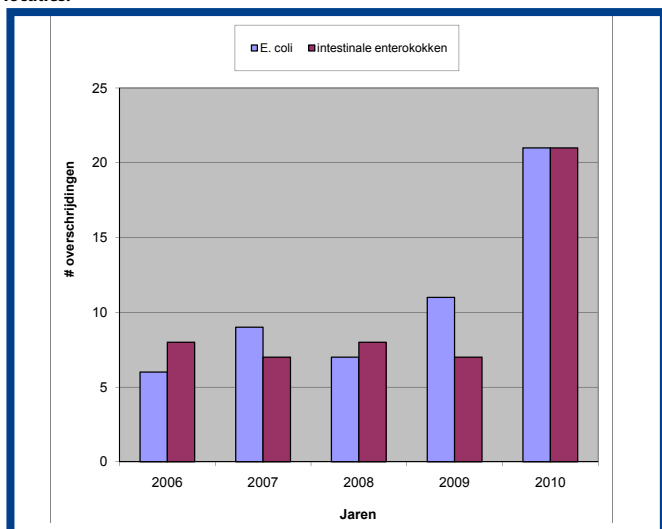
feces van honden en paarden en uitwerpselen van watervogels.

Verontreiniging van natuurzwemwater door cyanobacteriën is vooral gerelateerd aan de beschikbaarheid van voedsel. In zoet oppervlaktewater speelt fosfaat een belangrijke rol voor hun groei. Wanneer een overmaat fosfaat aanwezig is, kunnen cyanobacteriën ten opzichte van andere algensoorten en waterplanten gaan domineren. Fosfaten komen onder andere in het water terecht via afspoeling van landbouwgrond en uitstroom van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

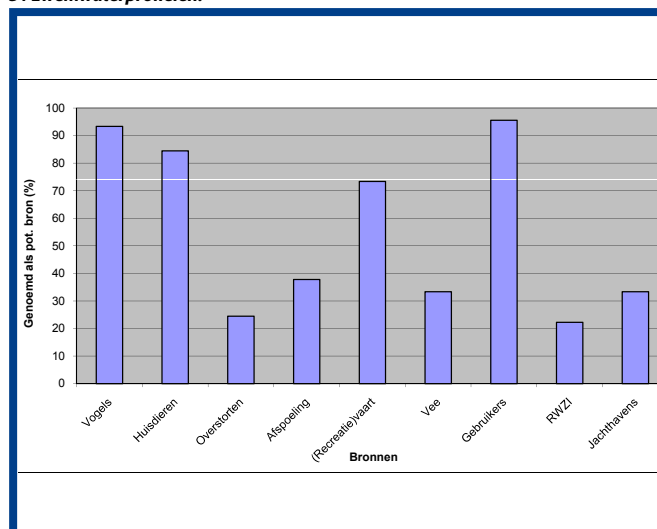
Huidige zwemwaterkwaliteit

Voor de beschrijving van de huidige zwemwaterkwaliteit is gebruik gemaakt van zwemwaterprofielen zoals waterbeheerders die opstellen. Uit de inventarisatie blijkt dat het aantal locaties met overschrijdingen van

Afb. 1: Aantal locaties waar één of enkele keren een overschrijding van de richtlijn geconstateerd is, uitgedrukt als percentage van het totaal aantal (51) beoordeelde locaties.



Afb. 2: Potentiële bronnen van fecale verontreiniging genoemd in 51 zwemwaterprofielen.



de normen voor fecale indicatoren *E. coli* en intestinale enterococci fluctueert tussen 6 en 12. In 2010 laten beide indicatoren echter een uitschieter zien naar meer dan 20 overschrijdingen van de 51 beoordeelde locaties (zie afbeelding 1). Dit betekent dat in tien tot 40 procent van de zwemlocaties een overschrijding van de richtlijnen plaatsvindt. Hierbij vormden vogels, huisdieren en bezoekers de meest waarschijnlijke bronnen (zie afbeelding 2).

Uit een analyse van 190 beoordeelde zwemwaterlocaties bleek dat op 45 procent van de locaties de afgelopen vijf jaar problemen ontstonden met cyanobacteriën. Vooral in het westen van het land op klei- en veengronden lag dit percentage hoog (zie afbeelding 3).

De overige ziekteverwekkers kwamen tot dusver veel minder vaak voor of konden niet altijd worden gerelateerd aan zwemmen in oppervlaktewater.

Afgaande op het aantal dagtrips dat gemiddeld per jaar naar zoete zwemwateren gemaakt wordt (ongeveer 5,7 miljoen) ten opzichte van het aantal gemelde incidenten per jaar (maximaal 80) is geen sprake van grote problemen. Dit komt mogelijk door de preventieve maatregelen die elk jaar genomen worden om blootstelling van zwemmers aan ziekteverwekkers te voorkomen, zoals het sluiten van zwemwaterlocaties wanneer cyanobacterieproblemen zijn gesignaleerd.

Effect deltasenario's op zwemwaterkwaliteit

De verwachting is dat onder invloed van klimaatverandering en sociaal-economische ontwikkelingen het waterbeheer in de komende eeuw aanzienlijk verandert. Binnen het Deltaprogramma zijn vier scenario's gedefinieerd waarin de mogelijke toekomstige veranderingen zijn vastgelegd. Deze hebben een verschillend effect op het natuurlijk zwemwater (zie tabel 1). Hoe zullen deze scenario's de microbiologische zwemwaterkwaliteit kunnen beïnvloeden?

Het effect is op basis van de huidige situatie en per ziekteverwekker beoordeeld (zie tabel 2). Voor organismen van fecale herkomst geldt over het algemeen dat hun overlevingskans in zoet water en de hoeveelheid waarmee ze in het water belanden, bepalen wat de concentraties in het water zullen zijn. Zo zal heftige regenval leiden tot een toename van riooloverstorten en daarmee tot een toename van het aantal ziekteverwekkers van fecale herkomst in het oppervlaktewater. Voor organismen die van nature voorkomen geldt dat hun groeiomstandigheden kunnen verbeteren of verslechteren afhankelijk van de beschikbare voedingsstoffen (cyanobacteriën) of de beschikbaarheid van gastheren (*Trichobolharzia*). Bij de beoordeling is ook het gedrag van zwemmers meegewogen: als het aantal zwemmers stijgt, neemt ook de blootstelling aan potentiële ziekteverwekkers toe.

In het deltasenario 'Stoom' worden meer gezondheidsproblemen verwacht als gevolg van zwemmen in oppervlaktewater. Geen



Afb. 3: Overzicht van zwemwaterlocaties waar in de jaren 2006 t/m 2010 één of enkele keren overlast van cyanobacteriën voorkwam (op basis van 190 random gekozen locaties).

verandering of zelfs een afname van het risico is te verwachten in het scenario 'Rust'. In het scenario 'Vol' is een lichte stijging van het aantal gezondheidsproblemen te verwachten, vooral veroorzaakt door een toename in het aantal zwemmers dat verkoeling zal zoeken in het oppervlaktewater. In het scenario 'Warm' zal het gezondheidsrisico als gevolg van pathogenen met fecale herkomst licht afnemen, maar negatieve effecten op de waterkwaliteit als gevolg van cyanobacteriën en een aantal opportunistische organismen zijn niet uit te sluiten.

Aanbevelingen voor het beoordelen van deltasenario's

Naast klimaatverandering en verandering van het bevolkingsaantal in Nederland zal het aantal mensen met een verzwakt immuunsysteem door vergrijzing en verbetering van de gezondheidszorg toenemen. Dit aspect, dat van belang is in relatie tot infectieziekten, bleef binnen de beschrijving van sociaal-economische ontwikkelingen tot nu toe onderbelicht. Naar verwachting zal het aantal ziektegevallen door van nature voorkomende opportunistische ziekteverwekkende micro-organismen door deze factor ook toenemen. Daarnaast zal ook de tijdsbesteding van een vergrijzende bevolking veranderen, wat mogelijk kan leiden tot meer recreatie in en om het water.

Onder invloed van temperatuurveranderingen kan de verhouding tussen indicatoren voor fecale verontreiniging en de daadwer-

kelijke ziekteverwekkers veranderen. Indien blijkt dat de indicatoren sneller afsterven dan deze ziekteverwekkers, dan zal het gebruik van deze indicatorwaarden opnieuw beoordeeld moeten worden.

LITERATUUR

- 1) Deltares (2011). Zoetwatervoorziening in Nederland; landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. In opdracht van RWS Waterdienst. Projectnummer 1204358-002.
- 2) Kosten S. (2010). Aquatic ecosystems in hot water: Effects of climate on the functioning of shallow lakes. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- 3) Oliver J. en J. Kaper (1997). *Vibrio* species, pag. 228-264. In: M. Doyle, L. Beuchat en T. Montvillee (eds). Food microbiology - fundamentals and frontiers. AMS Press, Washington D.C..
- 4) Schets F., H. van den Berg, A. Marchese, S. Garbom en A.M. de Roda Husman (2011). Human pathogenic vibrios in marine and fresh bathing waters related to environmental conditions and disease outcome. Ter beoordeling.

NOTEN

- * Het verhoogde risico is incidenteel, als gevolg van heftige regenval.
- ** *L. pneumophila* en NTM (non-tuberculoose mycobacteriën) veroorzaken alleen infecties via natuurlijk zwemwater wanneer het zwemwater wordt verneveld (bijvoorbeeld door fontein).