

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapport nr. 289202002

Micro-organismen in water: een gezondheidsrisico

G.J. Medema & A.H. Havelaar

Augustus 1994

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal
Milieubeheer: Directie Drinkwater, Water en Landbouw onder projektnummer 289202

VERZENDLIJST

- 1 Directie Drinkwater, Water, Landbouw
- 2 Plv. directeur Generaal Milieubeheer
- 3 Hoofdinspecteur Milieuhygiëne
- 4 Ir. G.W. Ardon DWL
- 5 Ir. W. Cramer DWL
- 6 Dr. B.J.A.M. Haring DWL
- 7 Ir. S.G. Bos DWL
- 8 C. Nauta IMH
- 9 Ir. J.P. van de Linden RIMH-NB
- 10 Ir. M. Oversluizen RIMH-ZH
- 11 Ir. F.W. Weststeijn RIMH-ZH
- 12 Ing. A.A.L. van Kessel RIMH-Ut, IBC-DW
- 13 Dr.ir. D. van der Kooij KIWA
- 14 Ing. W.A.M. Hijnen KIWA
- 15 Ir. P.A.N.M. Nuhn WNWB
- 16 Dr. ir. J.A. Schellart GWA
- 17 Hoofd Laboratorium DZH
- 18 Prof.dr.ir. J.C. van Dijk TUD
- 19 Ir. L.C. Rietveld TUD
- 20 Prof.dr.ir. C. van der Akker TUD
- 21 Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
- 22 Directie RIVM
- 23 Prof.dr.ir. D. Kromhout, Directeur Sector 2
- 24 Ir. A.H.M. Bresser LWD
- 25 Ir. J. Hrubec LWD
- 26 Ir. J.F.M. Versteegh LWD
- 27 Dr. F.F.J. Brinkman IEM
- 28 Dr.ir. A.H. Havelaar LWL
- 29 Dr.ir. S.H.W. Notermans LWL
- 30 Dr. P.F.M. Teunis LWL
- 31 Dr. J.J.H. Theunissen LWL
- 32 J.F. Schijven LWL
- 33 Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations
- 34-35 Auteurs
- 36-37 Bibliotheek RIVM
- 38 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie
- 39-50 Reserve

INHOUDSOPGAVE	
VERZENDLIJST	ii
INHOUDSOPGAVE	iii
SUMMARY	iv
SAMENVATTING	v
1. INLEIDING	1
1.1 Wetgeving en beleid ten aanzien van microbiologische milieuverontreinigingen	1
1.2 Doelstelling	1
2. RATIONALE	3
3. KWANTITATIEVE RISICO-ANALYSE	4
4. BELEIDSRICHTING BEHEERSING MICROBIOLOGISCHE RISICO'S	5
4.1 Drinkwater	5
4.2 Oppervlaktewaterrecreatie	7
4.3 Brongerichte aanpak	8
5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	9
LITERATUUR	10
BIJLAGEN	12
Bijlage 1	12
Bijlage 2	15

SUMMARY

Several scientific developments in the past decennium have shown that the current basis for legislative standards for the microbial quality of drinking and recreational water are insufficient to protect the health of the consumer/bather. This basis has been empirical and uses indicator organisms for faecal pollution, an indirect measure for health risk.

This report describes the development of quantitative method for the analysis of microbiological health risks based upon dose-effect experiments with human volunteers and pathogenic micro-organisms. This method is used by the US Environmental Protection Agency as a basis for legislation. This report gives a first analysis of the applicability of this approach in the Dutch setting.

A quantitative description of the risk of pathogenic micro-organisms in drinking and recreational water makes it possible to fit the micro-organisms in the Dutch risk policy. It also allows the (control of) microbial risks to be balanced against (the creation of) other risks, i.e. the formation of disinfection by-products.

This method also gives, if an acceptable infection risk level is defined, a quantitative basis for designing treatment processes.

This report also defines research needs for the effective implementation of quantitative risk analysis in this field in the Netherlands.

SAMENVATTING

Een aantal wetenschappelijke ontwikkelingen in het afgelopen decennium hebben laten zien dat de huidige wettelijke normstelling voor de microbiologische kwaliteit van drink- en zwemwater onvoldoende basis biedt voor de bescherming van de gezondheid van de consument/recreant. De basis voor deze normstelling is grotendeels empirisch en kwalitatief en maakt gebruik van indicator-organismen voor fecale verontreiniging, welke indirect gerelateerd zijn aan het gezondheidsrisico. Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van een kwantitatieve analysemethode voor microbiologische gezondheidsrisico's op basis van dosis-effektonderzoek bij humane vrijwilligers met pathogene micro-organismen. Deze wordt door de US Environmental Protection Agency gebruikt als basis voor hun normstelling. In dit rapport wordt een eerste analyse gemaakt van de toepasbaarheid van deze aanpak voor de Nederlandse situatie.

Een kwantitatieve beschrijving van het risico van pathogene micro-organismen in drink- en zwemwater maakt inpassing mogelijk in het risico-beleid van VROM; (bestrijding van) deze risico's kunnen dan afgewogen worden tegen (het ontstaan van) andere risico's, zoals bijvoorbeeld die van de vorming van desinfectie-bijproducten. Daarnaast vormt deze methode, indien door VROM een acceptabel risico-niveau voor infecties met deze pathogene micro-organismen is gedefiniëerd, een kwantitatieve basis voor het dimensioneren van zuiveringsprocessen.

Er worden tevens een aantal aanbevelingen gedaan voor onderzoek ten behoeve van de implementatie van kwantitatieve risico-analyse op dit terrein voor de Nederlandse situatie.

1. INLEIDING

In de Nederlandse oppervlaktewateren komen, als gevolg van menselijk handelen, pathogene micro-organismen voor. De belangrijkste bronnen van deze ziekteverwekkers in oppervlaktewater zijn emissies van rioolwaterzuiverings-installaties en diffuse bronnen en afspoeling van mest van landbouwhuisdieren. Daarnaast kunnen bepaalde pathogene micro-organismen zich vermeerderen in oppervlaktewater als gevolg van eutrofiëring en/of thermische verontreiniging van het oppervlaktewater.

Bij die functies waar de mens in contact komt met het oppervlaktewater (met name recreatie en drinkwaterproductie) brengt de aanwezigheid van ziekteverwekkers in oppervlaktewater een gezondheidsrisico met zich mee.

Ook grondwater dat wordt gebruikt voor drinkwaterproductie, kan, met name bij ondiepe winningen in zandgrond, besmet raken met pathogene micro-organismen vanuit lekkende rioleringen of septic tanks, dierlijke mest of zuiveringsslib.

1.1 Wetgeving en beleid ten aanzien van microbiologische milieuverontreinigingen.

De bescherming van de consument/recreant tegen de microbiologische gezondheidsrisico's is vastgelegd in een aantal milieuwetten: de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) met daaraan gekoppeld het Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en Metingen Oppervlaktewateren (BKMO), de Wet en het Besluit Hygiëne en Veiligheid Zwemgelegenheden (WHVZ, BHVZ) en de Waterleidingwet en -besluit (WW, WB). Daarbij spelen een aantal ontwikkelingen in het beleid die een directe relatie hebben met het beheersen van de gezondheidsrisico's van microbiologische waterverontreiniging. Relevante passages uit het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) en het Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening (bDIV) zijn:

- "in 2010 dient in alle oppervlaktewateren te kunnen worden gezwommen zonder ziek te worden" (NMP)
- "in 2010 dient uit oppervlaktewater een goede kwaliteit drinkwater bereid te kunnen worden zonder hoge kosten als gevolg van zuiveringsmaatregelen" (NMP)
- "in 2010 dienen zuiveringsmaatregelen bij drinkwaterbereiding uit grondwater tot een minimum te worden beperkt" (NMP)
- "Uit oogpunt van een duurzame drinkwatervoorziening zal de kwaliteit van het oppervlaktewater nog in belangrijke mate moeten verbeteren" (bDIV)
- "Het gezamenlijk streven van rijksoverheid en de waterleidingbedrijven is er steeds op gericht om een zo goed mogelijk eindproduct te leveren. Ten einde tot een optimale kwaliteitsborging van het eindproduct te komen is extra aandacht nodig voor het beheer, de inrichting en bewaking van het productieproces van drinkwater. Daarbij gaat het om de totale procesketen, van bron tot eindproduct" (bDIV).

1.2 Doelstelling

In deze notitie wordt aangegeven:

- dat het huidige wettelijke instrumentarium ontoereikend is voor het beheersen van de risico's van pathogene micro-organismen in water,
- op welke wijze deze risico's kunnen worden vastgesteld en gekwantificeerd,
- welke risiconiveaus kunnen worden berekend voor Nederlandse situaties met kwantitatieve risico-analyse methoden,

- welk onderzoek noodzakelijk is om dit risico bij de Nederlandse drinkwaterbereiding en oppervlaktewaterrecreatie in kaart te brengen en om de betrouwbaarheid van deze risico-schatting te vergroten en
- dat de risico's beheersbaar zijn door, vanuit een aangepaste risico-filosofie, maatregelen te nemen om de beleidsdoelstellingen te realiseren.

Het raamwerk voor deze filosofie van risico-analyse en risico-management is opgenomen in bijlage 1.

2. RATIONALE

In de huidige wetgeving wordt de bescherming tegen microbiologische risico's operationeel vertaald in een aantal eisen voor bacteriën die indicatief zijn voor verontreiniging met faecaliën. Een aantal wetenschappelijke ontwikkelingen in het afgelopen decennium hebben laten zien dat deze criteria niet afdoende zijn voor veilig drink- of zwemwater.

1. Er zijn, onder andere in de Verenigde Staten en Groot Brittannië een aanzienlijk aantal explosies van 'waterborne' darminfecties veroorzaakt via drinkwater dat aan de bacteriologische eisen voldoet (1). De veroorzakers van deze uitbraken waren in de meeste geïdentificeerde gevallen virussen (Norwalk-, adeno-, rotavirus) of parasitaire protozoa (*Cryptosporidium*, *Giardia*). Deze micro-organismen zijn minder goed te verwijderen door de gebruikelijke drinkwaterzuiveringsprocessen. *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn zeer resistent tegen desinfectiemiddelen. Virussen komen in het Nederlandse oppervlaktewater in relatief hoge aantallen voor. Over *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn slechts enkele data beschikbaar (2); de potentiële bronnen van deze parasieten (mens, landbouwhuisdieren) zijn in ons land in veelvuldig aanwezig. Bovendien zijn deze organismen zeer infectieus: blootstelling aan slechts 1 virusdeeltje of parasiet geeft al een kans op infectie.
2. In een epidemiologische onderzoek in Canada (3) bleek uit drinkwater, bereid uit oppervlaktewater, dat aan alle bacteriologische eisen voldeed (ook virussen $<1/1000$ L) verantwoordelijk te zijn voor eenderde van alle gevallen van darminfecties in de bevolking. Een directe vertaling van dit onderzoek naar de Nederlandse situatie, waar naar schatting jaarlijks in totaal 1,8 miljoen gevallen van darminfectie optreden, is niet mogelijk, door het ontbreken van informatie over de causatieve micro-organismen van de Canadese darminfecties.
3. Bij het gebruik van chemische desinfectiemiddelen als barriere voor pathogene micro-organismen kunnen bijproducten worden gevormd (bromaat, gehalogeneerde koolwaterstoffen) die een gezondheidsrisico in zich dragen. Er is geen duidelijk beleidskader voor het afwegen van de risico's van deze bijproducten tegen de risico's van infectie, mede doordat de infectierisico's niet gekwantificeerd zijn en de typen gezondheidsrisico's niet identiek zijn. Dit is een probleem voor het beoordelen van bestaande zuiveringen en vooral voor nieuwe zuiveringssystemen waarbij veelal ozon wordt toegepast. Een analoge situatie is het terugdringen van het gebruik van chloor als desinfectiemiddel in zwembaden.
4. Epidemiologische studies in Nederland (4) en het buitenland (5-10) tonen aan dat zwemmen in oppervlaktewater, dat aan de Nederlandse en EG normen voldoet, een meetbaar gezondheidsrisico met zich meebrengt.
5. Desinfectie van gezuiverd rioolwater met chloor geeft geen voldoende reductie van de belasting van oppervlaktewater met virussen en parasieten, maar slechts een schijnveiligheid door te voldoen aan de normen voor bacteriologische index-organismen.
6. De problematiek van de opportunistische pathogene micro-organismen die zich in het drinkwater-distributienet kunnen vermenigvuldigen (*Legionella*, *Aeromonas*, *Mycobacterium*) die relatief recent onder de aandacht is gekomen heeft laten zien dat de huidige normstelling, die gericht is op bescherming tegen externe verontreinigingen, de gezondheidsrisico's die aan deze organismen zijn verbonden onvoldoende kunnen beheersen.

3. KWANTITATIEVE RISICO-ANALYSE

De laatste jaren is in de Verenigde Staten een begin gemaakt met het modelleren van het gezondheidsrisico van pathogene micro-organismen die via water verspreid kunnen worden (11,12). Op basis van dosis-effekt relaties die zijn verkregen met humane vrijwilligers kan het infectierisico van lage aantallen pathogenen in drink- en zwemwater worden vastgesteld. Hoewel de kwantitatieve risico analyse van pathogene micro-organismen nog niet zo sterk ontwikkeld is, is ze analoog aan de risico beoordeling van toxische stoffen. Gebruik makend van dit instrument kunnen microbiologische gezondheidsrisico's geplaatst worden in de risico filosofie van DGM. Het risico wordt kwantitatief zichtbaar en afweegbaar tegen het risico van andere blootstellingsroutes en tegen andere gezondheidsrisico's, bijvoorbeeld die van bijprodukten van chemische desinfectieprocessen.

Met dit instrument kan, op basis van metingen of schattingen van het voorkomen van pathogene micro-organismen in recreatiewater en bij de drinkwaterbereiding, en van het gemiddelde gebruik/consumptie van dit water worden berekend hoeveel mensen er jaarlijks ziek worden via drinkwater en recreatie in oppervlaktewater. Hoe met dit instrument voor de Nederlandse situatie ook gezondheidsrisico's berekend kunnen worden is geïllustreerd aan de hand van een drietal voorbeelden: open terugwinning van duininfiltreat, beoordeling nieuw te bouwen drinkwaterzuivering en recreatie in oppervlaktewateren die worden verontreinigd door rioolozingen (bijlage 2).

Deze risico-berekeningen zullen, gezien de betrouwbaarheidsmarges van zowel de blootstellingsberekening als van de dosis-effektmodellering, een vrij grote onzekerheid kennen. Deze zijn nog maar beperkt in kaart gebracht. Een van de doelstellingen van onderzoek naar de gezondheidsrisico's van pathogene micro-organismen in drink- en recreatiewater is derhalve het inventariseren en verkleinen van de onzekerheden in de risicoschatting.

4. BELEIDSRICHTING BEHEERSING MICROBIOLOGISCHE RISICO'S

4.1 Drinkwater

Vanwege het groeiende besef dat alleen normstelling op basis van index bacteriën voor fecale verontreiniging onvoldoende garanties biedt voor veilig drinkwater begint een verschuiving op te treden van eindproduktbewaking naar procescontrole, analoog aan de ontwikkelingen in de levensmiddelen- en farmaceutische industrie. Aangezien virussen en parasitaire protozoa, vanwege hun hoge infectiviteit, hun persistentie in oppervlaktewater en hun resistentie tegen chemische desinfectiemiddelen de meest kritische micro-organismen bij de drinkwaterbereiding zijn, dient procescontrole primair gericht te zijn op de eliminatie van deze organismen. In de Verenigde Staten heeft de US Environmental Protection Agency daarom in de nieuwe Surface Water Treatment Rule, in aanvulling op de normen voor de indexbacteriën voor fecale verontreiniging, criteria opgesteld voor de verwijderingscapaciteit van de zuivering ten aanzien van virussen en *Giardia* (13). Bij het formuleren van deze criteria is men uitgegaan van een acceptabel risico van 1 infectie via drinkwater op 10^4 waterverbruikers per jaar. Op grond van dit risiconiveau is een schatting gemaakt van de maximaal toelaatbare concentratie van diverse virustypen en van *Giardia* in drinkwater (14). Dit ligt voor virussen in de grootte orde van 10^{-5} (poliovirus 1, echovirus 12) tot 10^{-7} (rotavirus, poliovirus 3) per liter (= 1 virus per 100-10.000 m³) en voor *Giardia* op 7×10^{-6} per liter. Hierbij is uitgegaan van een consumptie van ongekookt drinkwater van 2 liter per persoon per dag. Voor Nederland lijkt deze aanname te hoog; onderzoek van Haring et al (15) naar drinkwatergebruik laat zien dat in Nederland per dag gemiddeld 0,25 liter drinkwater direkt uit de kraan wordt gedronken. Dit is waarschijnlijk een (lichte) onderschatting van de consumptie van ongekookt drinkwater, omdat hierin geen aanmaaklimonade, groentewaswater e.d. in is meegenomen.

In Nederland zou, moet op initiatief van de rijksoverheid, een discussie dienen te ontstaan over een acceptabel gezondheidsrisico van ziekteverwekkers in drinkwater. Het risico dat geaccepteerd wordt bepaalt de maximaal toelaatbare concentratie (MTC) pathogenen in drinkwater. Deze MTC's zullen operationeel moeten worden gemaakt in de vorm van beleidsdoelstelling of normstelling.

Gezien de zeer lage toelaatbare concentraties in drinkwater is het van belang om informatie te verkrijgen over:

- het voorkomen van virussen en parasitaire protozoa in oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor drinkwaterbereiding. De afgelopen jaren is al informatie verzameld over het voorkomen van enterovirussen in oppervlaktewater (16). Deze informatie moet worden aangevuld met gegevens over andere virustypen (hepatitis A virus, rotavirus). Onderzoek naar het voorkomen van de protozoa is in 1992 opgestart.
- het effect van de verschillende zuiveringsprocessen op de verwijdering/inaktivering van virussen en protozoa. Ook hierover zijn de afgelopen jaren ten aanzien van enterovirussen gegevens verzameld. Bovendien is gebleken dat de virusverwijdering van een aantal processen is te voorspellen aan de hand van bacteriofagen als indicator-organisme (17). Belangrijke zuiveringsprocessen die nog niet (of niet in voldoende mate) zijn onderzocht zijn bodempassage (winning grondwater) en hyperfiltratie, een proces dat op dit moment sterk in de belangstelling staat voor toepassing in Nederland. Over de verwijdering van protozoa zijn geen Nederlandse gegevens bekend en zijn

buitenlandse gegevens nog fragmentarisch. Ook hier zou het gebruik van een indicator (bakteriesporen?) het verkrijgen van deze informatie sterk vereenvoudigen. Voor dit onderzoek moeten samenwerkingsverbanden met het KIWA en de TU-Delft worden aangegaan.

- de emissie van virussen en protozoa door rioolwaterzuiveringsinstallaties en vanuit dierlijke mest en het effect van rioolwaterzuiveringsprocessen. Beperking van de emissie betekent dat de drinkwaterbedrijven minder inspanning zullen moeten leveren ten aanzien van de verwijdering van virussen en protozoa en tevens dat de concentraties pathogene micro-organismen in recreatiewater wordt gereduceerd.
- Infectiviteit van virussen en protozoa die zich langere tijd in oppervlaktewater hebben bevonden en/of zijn blootgesteld aan chemische desinfectantia.

Deze gegevens dienen zodanig te worden verzameld en geïntegreerd dat voor alle Nederlandse waterleidingbedrijven een uitspraak kan worden gedaan over de omvang van de microbiologische gezondheidsrisico's. Dit type informatie is direct geschikt om op te nemen in de Milieubalans.

Daarnaast geeft deze informatie de inspectie een handvat voor het beoordelen van de microbiologische veiligheid van plannen voor nieuwe oppervlaktewaterzuiveringssystemen (WZHZ: Berenplaat; WNWB: Zevenbergen; GWA: Leiduin; PWN: Andijk). Met de beschikbare gegevens over grondstofkwaliteit en verwijderingscapaciteit kan het microbiologische risico worden doorgerekend en kunnen de microbiologische risico's worden afgewogen tegen eventuele gezondheidsrisico's van bijproducten van chemische desinfectie en eveneens tegen de microbiologische risico's vanuit andere bronnen (voedingsmiddelen).

Het toezicht zal zich dan op de eerste plaats richten op de systemen die moeten waarborgen dat het zuiveringsproces de vereiste verwijderingscapaciteit haalt (integrale kwaliteitszorg) en de huidige wettelijk vastgelegde eisen (eindproductcontrole) zien als verificatie hiervan.

Een ander prioritair aandachtsveld is de nagroei van opportunistisch pathogene bacteriën in het distributienet. De micro-organismen die hier van belang zijn, zijn *Legionella*, *Aeromonas* en mycobacteriën.

- In de afgelopen jaren is veel informatie verzameld over het voorkomen van *Aeromonas* in Nederlands drinkwater (18). Ook is veel onderzoek uitgevoerd naar de gezondheidkundige betekenis hiervan (19). Vanwege onvoldoende inzicht in de factoren die bepalen of een *Aeromonas* stam in staat is een darminfectie te veroorzaken, is het gezondheidsrisico van het voorkomen van *Aeromonas* in drinkwater niet nauwkeurig in te schatten. Dit heeft geresulteerd in het opnemen van een pragmatische ("as low as reasonably achievable") *Aeromonas* richtlijn in de VEWIN aanbevelingen en het voorstel om *Aeromonas* op te nemen als parameter in het herziene waterleidingbesluit. Op het moment dat uit de internationale literatuur duidelijk wordt welke factoren de virulentie van *Aeromonas* bepalen, dient een epidemiologisch onderzoek te worden overwogen in een gebied met een potentiëel risico (=relatief veel virulente *Aeromonas* in drinkwater).
- Regelmatig lopen mensen in Nederland een *Legionella* infectie op via drinkwater. Het wettelijk kader voor het beheersen van dit risico is gering. De maatregelen ter beheersing van dit risico zijn echter bekend, zodat moet worden toegezien in hoeverre

deze maatregelen zijn ingevoerd (taak inspectie). Gezien de grote aandacht die de bedrijfstak (KIWA) heeft voor de beheersing van nagroei, wordt voorgesteld op dit terrein te volstaan met kennisuitwisseling met het KIWA en het volgen van de (inter)nationale ontwikkelingen op dit gebied.

4.2 Oppervlaktewaterrecreatie

In recreatiewater is niet, zoals bij de drinkwaterbereiding, een groep van meest kritische pathogene micro-organismen aan te wijzen. Uit epidemiologisch onderzoek naar het optreden van ziekteverschijnselen na zwemmen in oppervlaktewater is een groot aantal verschillende micro-organismen naar voren gekomen die via deze route ziekte kunnen veroorzaken (20). De bron van deze ziekteverwekkers is divers: fecale verontreiniging van de mens (riool/effluentlozing), van landbouwhuisdieren en van de natuurlijke fauna en groei van de ziekteverwekker in het oppervlaktewater zelf. Uit zowel epidemiologisch onderzoek dat in Nederland aan triatleten is uitgevoerd (4) als uit een inventarisatie van de klachten die bij de waterbeheerder binnenkomen (21), blijkt dat darminfecties als gevolg van zwemmen in oppervlaktewater dat aan de normen voldoet frequent voorkomen. Bron van deze infecties zal in veel gevallen emissie van ziekteverwekkers door rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn, maar ook infectie door micro-organismen die autochtoon zijn in het watermilieu (*Plesiomonas*) komen voor (22). Ook huid- en oogirritaties, door de aanwezigheid van schistosomen of toxische cyanobacteriën wordt frequent gerapporteerd. Ook dit type micro-organismen is direct gekoppeld aan man-made milieuverontreiniging, omdat zij zich vermeerderen in eutroof water. Direct onderzoek naar het voorkomen in oppervlaktewater is slechts voor een beperkt aantal van de betrokken micro-organismen mogelijk vanwege het ontbreken van adequate detectiemethoden.

De meest directe methode voor het vaststellen van het gezondheidsrisico van zwemmen in Nederlands oppervlaktewater is epidemiologisch onderzoek naar de relatie tussen waterkwaliteitsparameters en het optreden van gezondheidsklachten. De prioritaire aandachtsvelden van dit epidemiologisch onderzoek kunnen worden gedefinieerd op basis van de meest frequent gerapporteerde gezondheidsklachten en de causaliteit van een relatie van deze klachten met waterkwaliteitsparameters.

- Onderzoek naar de relatie tussen het optreden van darminfecties en het aantal indexorganismen voor fecale verontreiniging.
- Onderzoek naar de relatie tussen het optreden van huid- en oogklachten en het voorkomen van toxische cyanobacteriën.

Indien een kwantitatieve relatie tussen waterkwaliteitsparameters en het gezondheidsrisico kan worden gelegd, is deze relatie te gebruiken om, op basis van waterkwaliteitsmetingen, het gezondheidsrisico van de Nederlandse recreatiewateren vast te stellen (op te nemen in de Milieubalans).

Door de emissie- en waterloopmodellen (PROMISE, NPKRUN, PAWN) van RIVM/RIZA te voeden met gegevens over het voorkomen van pathogene micro-organismen in effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties en diffuse lozingen en de lokatie van waterrecreatiegebieden, is het mogelijk een kwetsbaarheidsanalyse te

maken van alle Nederlandse recreatiewateren (op te nemen in de Milieubalans). Voor deze modellering moet een samenwerkingsverband met LWD en het RIZA worden opgezet.

4.3 Brongerichte aanpak

De preventie van infecties via water vindt plaats door het voorkomen van verontreiniging van oppervlaktewater en grondwater en door het verwijderen van verontreinigingen tot een niveau dat ongewenste risico's voorkomt. De verschillende bronnen van microbiologische verontreinigingen van water vragen om een verschillende die op veel punten gelijkgericht kan zijn aan maatregelen voor beheersing van chemische verontreinigingen.

De verontreiniging van oppervlaktewater via lozing van (gezuiverd) rioolwater is een van de belangrijkste emissiebronnen voor pathogene micro-organismen en dient dus op plaatsen waar het oppervlaktewater de functie van recreatie of grondstof voor drinkwater of vis- of schelpdierkweekwater vervuld beperkt te worden. Deels kan dit worden bereikt door een juiste dimensionering van processen voor de verwijdering van organische stof, fosfaten en stikstofverbindingen. Hiervoor is kennis nodig van het gedrag van pathogenen bij de verschillende processen die hiervoor ingezet kunnen worden. Desinfectie van het effluent met een breed werkend alternatief voor chloor, zoals UV, zal meestal nodig zijn. In samenwerking met het RIZA en de TU Delft is gedurende de laatste jaren een solide basis gelegd voor de toepassing van deze technologie; implementatie dient vanuit het beleid te worden aangespoord, zeker nu in 1994 de Nederlandse virusnorm voor recreatiewater op het strengere niveau van de EG richtlijn wordt gebracht.

Afspoeling van dierlijke mest en zuiveringsslib is een tweede belangrijke bron voor ziekteverwekkers in oppervlaktewater, die echter minder goed beheersbaar is en kan leiden tot een ongewenst grote belasting van bronnen voor drinkwatervoorziening, met name in perioden van hevige regenval. In Engeland en de Verenigde Staten zijn als gevolg hiervan grote epidemieën van cryptosporidiose via drinkwater opgetreden (23,24). Volumegerichte maatregelen ter voorkoming van vermisting zullen ook de oppervlaktewaterverontreiniging door afspoeling reduceren. Ook verontreiniging van grondwater via deze route is een reëel risico, zeker bij ondiepe winningen op zandgronden. Micro-organismen blijken in grondwater vaak sneller door te dringen dan chemische verontreinigingen. Grondwater wordt ook bedreigd door lekkende rioleringen en septic tanks. Bepaling van het gedrag van pathogenen in de Nederlandse bodem en inpassen van deze gegevens in bestaande hydrologische modellen zal leiden tot nieuwe inzichten in de risico's van het opbrengen of injecteren van mest en in de definitie van beschermingszones. Tot op heden is in Nederland aan deze problematiek nog geen aandacht besteed. In de internationale literatuur zijn echter voldoende gegevens om een effectief onderzoeksprogramma op te baseren.

De vermeerdering van pathogenen in oppervlaktewater is een moeilijk beheersbaar proces. Er zijn duidelijke verbanden met de vermisting van het oppervlaktewater en met thermische verontreiniging. Een goede kwantificering van de met de autochtone pathogenen samenhangende risico's zal derhalve een versterking betekenen van de noodzaak tot aanpak van deze verontreinigingen.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- De huidige normstelling voor de microbiologische kwaliteit van drink- en zwembadwater biedt onvoldoende basis voor de bescherming van de gezondheid van de consument of bader.
- Er zijn methoden ontwikkeld voor analyse van het gezondheidsrisico dat is verbonden aan de lage concentraties pathogene micro-organismen die in water aanwezig zijn.
- Een kwantitatieve basis voor het omgaan met risico's van pathogene micro-organismen plaatst deze in het risicobeleid van VROM en maakt het mogelijk deze risico's af te wegen tegen de risico's van de vorming van desinfectiebijproducten.
- Voor de toepassing van deze risico benadering in Nederland is het noodzakelijk dat het beleid formuleert welke uitgangspunten gehanteerd dienen te worden voor de risico's van pathogene micro-organismen.
- De geschetste risico filosofie sluit aan bij de verschuiving in het toezicht op de naleving van wetgeving en beleid van eindproductbeoordeling naar procesbeoordeling.

LITERATUUR

1. Smith HV, Rose JB. Waterborne cryptosporidiosis. *Parasitol Today* 1990; 6(1):8-12.
2. Medema GJ. *Cryptosporidium* en *Giardia* bij de drinkwaterbereiding. Literatuuroverzicht en oriënterend onderzoek. Bilthoven: 1992. RIVM rapport 149103001.
3. Payment P, Richardson L, Siemiatycki J, *et al.* A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to consumption of drinking water meeting current microbiological standards. *Am J Publ Hlth* 1991; 81(6):703-708.
4. Medema GJ. Triathlon in Alphen a/d Rijn, augustus 1991. Onderzoek naar gezondheidsklachten en zwemwaterkwaliteit. Bilthoven: 1991. RIVM rapport 968902001.
5. Cabelli VJ, Dufour AP, McCabe LJ, Levin MA. Swimming-associated gastro-enteritis and water quality. *Am J Environ* 1982; 115:606-616.
6. Pike EB. Health effects of sea bathing (EH 9021). Phase III studies in 1991. Medmenham: WRC, 1992. Report DoE 3164 (P).
7. Seyfried PL, Tobin RS, Brown NE, Ness PF. A prospective study of swimming-related illness. I. Swimming-associated health risk. *Am J Publ Hlth* 1985; 75:1068-1070.
8. Seyfried PL, Tobin RS, Brown NE, Ness PF. A prospective study of swimming-related illness. II. Morbidity and the microbiological quality of water. *Am J Publ Hlth* 1985; 75:1071-1075.
9. Cheung WHS, Chang KCK, Hung RPS. Health effects of beach water pollution in Hong Kong. *Epidemiol Infect* 1990; 105:139-162.
10. Fattal B, Peleg-Olevsky E, Cabelli VJ. Bathers as possible source of contamination of swimming-associated illness at marine beaches. *Int J Environ Health Res* 1991; 1:204-214.
11. Haas CN. Estimation of risk due to low doses of microorganisms: a comparison of alternative methodologies. *Am J Epidemiol* 1983; 118:573-582.
12. Rose JB, Haas CN, Regli S. Risk assessment of waterborne giardiasis. *Am J Publ Hlth* 1991; 81:709-713.
13. Anonymous. "National Drinking Water Regulations: Filtration Disinfection; Turbidity, *Giardia lamblia*, Viruses, *Legionella*, and Heterotrophic Bacteria". Federal Register 54:27486-27541, June 29, 1989.
14. Regli S, Rose JB, Haas CN, Gerba CP. Modeling the risk from *Giardia* and viruses in drinking water. *JAWWA* 1991; 83:76-84.
15. Haring BJA, Karres JJC, Poel P van der, Zoeteman BCJ. Onderzoek naar de gebruiksgewoonten bij drinkwaterconsumptie in Nederland. *H2O* 1979; 12:212-216.
16. Havelaar AH, Olphen M van, Drost YC. F-specific RNA-bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh water. *Appl Environ Microbiol* 1993; 59:2956-2962.
17. Havelaar AH. A bacteriophage standard for bathing waters? EC-report 1993; contract B4-3040/92/012609
18. Baggelaar P, Drost YC, Nauta G, Kooij D van der. Landelijk overzicht van *Aeromonas* bacteriën in drinkwater. In: Kooij, D van der. *Aeromonas* in drinkwater. KIWA workshop 7 maart 1991; 14-26.
19. Havelaar AH, Schets FM, Silfhout A van, *et al.* Typing of *Aeromonas* strains from patients with diarrhoea and from drinking water. *J Appl Bacteriol* 1992; 72:435-444.

20. Havelaar AH, Buijs J, Hoogenboom-Verdegaal AMM, *et al.* Gezondheidsrisico's van microbiële aard bij zwemmen in oppervlaktewater; een literatuuroverzicht. Bilthoven, 1989. RIVM rapport 148701002.
21. Havelaar AH. Gezondheidsklachten in verband met recreatie rond oppervlaktewater in de zomer van 1991. Infectieziektenbulletin 1991; 3(11):11-12.
22. Leentvaar-Kuijpers A, Boonstra A, Medema GJ. Gastro-enteritis door *Plesiomonas shigelloides*; de eerste beschrijving van endemische gevallen in Nederland. Infectieziektenbulletin 1990; 1(4):8-11.
23. Richardson AJ, Frankenberg RA, Buck AC *et al* An outbreak of waterborne cryptosporidiosis in Swindon and Oxfordshire. Epidemiol Infect 1991; 107:485-495.
24. MacKenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME *et al.* A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. N Engl J Med 1994; 331:161-167.

BIJLAGEN

Bijlage 1.

Een integrale analyse van risico's en beheersing van pathogene microorganismen in water

De geconstateerde problemen ten aanzien van de zekerstelling van de hygiënische betrouwbaarheid van water zijn niet specifiek voor dit aandachtsveld, maar een probleem dat b.v. ook in de levensmiddelen- en farmaceutische industrie speelt. Overal is een verschuiving te zien van eindproductcontrole naar procesbeheersing. In de levensmiddelenindustrie vindt het principe van de Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) een steeds bredere toepassing en wordt in 1995 verplicht in de EG-lidstaten. Wanneer deze aanpak wordt gecombineerd met die van de kwantitatieve risico-analyse volgens de lijnen zoals die zijn ontwikkeld voor het beleid ten aanzien van toxische stoffen, ontstaat een krachtig en flexibel instrument voor beleid en toezicht. Onderstaand worden de contouren van een dergelijk instrument geschetst.

Het principe van een gecombineerde HACCP/risico-analyse is gegeven in figuur 1. De eerste stap is het vaststellen van de hazards; dat wil zeggen potentiële risico's die via een bepaalde blootstellingsroute (drinkwater, recreatie in oppervlaktewater, circulatiebaden, schelpdieren) kunnen ontstaan ten gevolge van verontreiniging met ziekteverwekkende organismen. Het identificeren van potentiële hazards gebeurt op grond van epidemiologische studies (prospectief en retrospectief), maar ook op grond van gegevens over eigenschappen van in water voorkomende kiemen, in laboratoriumexperimenten, proefdierexperimenten en vrijwilligersexperimenten. Niet alle potentiële hazards leiden tot een reëel of onacceptabel risico, en vaak kan de inschatting al gemaakt worden op grond van eenvoudige gegevens, bijvoorbeeld in relatie tot de effecten van bepaalde processen op de microorganismen (het begrip proces dient in deze context ruim gezien te worden en omvat b.v. ook transport, overleving of vermeerdering in het milieu). Ook kan het op voorhand duidelijk zijn dat bepaalde (groepen van) microorganismen het meest kritisch zijn voor een bepaalde route; beheersing van risico's ten aanzien van deze organismen leidt tevens tot beheersing van andere risico's. Op deze wijze kunnen de potentiële hazards worden geïdentificeerd naar prioriteit.

De blootstelling van de mens wordt vervolgens gemeten of geschat op grond van gegevens over de verontreinigingsbronnen, de effecten van transport (inclusief verdunning, vermeerdering en afsterving) en de zuivering. Op basis van dosis-responsrelaties wordt vervolgens het risico geschat in termen van infectie, ziekte of sterfte. Er volgt dan een aantal beslispunten ten aanzien van de mate waarin het risico bekend en gekwantificeerd is en in hoeverre het risico acceptabel is. Indien het risico onacceptabel is, wordt nagegaan of het beter beheersbaar is op een aanvaardbare (economisch, sociaal en politiek) wijze. Indien mogelijk wordt het "proces" aangepast, leidend tot een lagere blootstelling en een lager risico. De beheersing van de gekozen processen dient te worden geconcentreerd op de "Critical Control Points", dat zijn die punten waarvan onvoldoende beheersing direct gevolgen heeft voor de blootstelling. Voor de CCP's dienen criteria te worden opgesteld, liefst in de vorm van eenvoudig meetbare parameters. Het voldoen aan deze criteria wordt vervolgens gecontroleerd in een monitoring programma, eventueel gevolgd door correcties naar aanleiding van de resultaten. De aannames die onvermijdelijk worden gemaakt bij de opstelling van de HACCP/risico-analyse worden geïdentificeerd door controle

van het water na zuivering en/of op het moment van gebruik. Ook epidemiologisch onderzoek is een methode ter verificatie van de gemaakte aannames. Uit epidemiologisch onderzoek naar het optreden van klachten als gevolg van een bepaalde blootstelling aan pathogene micro-organismen in drink- of recreatiewater zou direct informatie kunnen worden afgeleid over de omvang van bestaande risico's.

Enkele gevolgtrekkingen uit deze analyse:

De huidige wettelijk vastgelegde microbiologische kwaliteitseisen voor drink- en recreatiewater passen bij monitoring en verificatie; ze zijn niet direct gebaseerd op een gezondheidsrisico. Ze kunnen dan ook alleen op zinvolle wijze worden gehanteerd in de volledige context van deze benadering. Voldoen aan de wettelijk vastgelegde eisen is op zich geen voldoende garantie voor een acceptabel gezondheidsrisico. Hier ligt een belangrijk gebied voor het opnieuw formuleren van beleid.

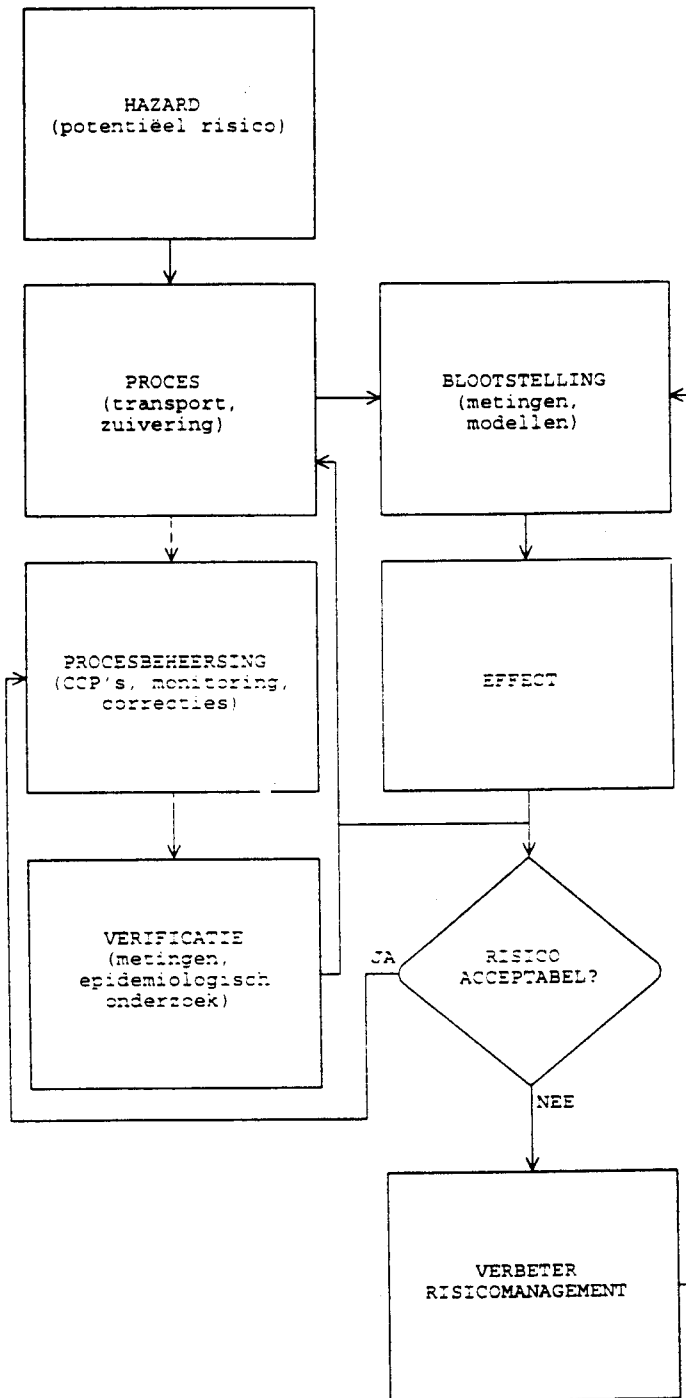
De bestaande zuiverings- en beschermingsmethoden leveren een belangrijke bijdrage aan de risicoreductie; hieruit valt een aantal te handhaven CCP's af te leiden.

De taken van de overheid en producenten/waterkwaliteitsbeheerders zijn sterk verweven.

De nadruk bij de taken van de overheid ligt op het eerste deel van het proces (risico-analyse) en het (mede) nemen van beslissingen in het middentraject. De taken van de producent liggen vooral op technologieontwikkeling, opstellen van CCP's en monitoring.

De verificatie is een gezamenlijke verantwoordelijkheid. Daar waar wettelijke eisen zijn gebaseerd op monitoringscriteria, heeft de overheid ook een taak om deze te onderbouwen.

De overheid dient deskundig te zijn op het gehele terrein om beleid te kunnen voorbereiden en toezicht te kunnen uitoefenen.



Bijlage 2.

Open terugwinning van duininfiltraat

Inleiding

Bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater vormt duininfiltratie een effectieve barriere tegen pathogene microorganismen die in de grondstof voorkomen. Bij een aantal duininfiltratiebedrijven in Nederland (DZH ps Scheveningen, GWA ps Leiduin) wordt het geïnfiltreerde water geheel of gedeeltelijk opgeslagen of getransporteerd in open reservoirs en kanalen. Hierdoor staat het water bloot aan nabesmetting met uitwerpselen van in het wild levende fauna. In een recent rapport van het RIVM (149103002) werd beschreven dat in de winterperiode het uit de duinen teruggewonnen water van de pompstations Leiduin en Scheveningen een aanzienlijk aantal *Campylobacter* bacterien voorkomt, waarschijnlijk met name afkomstig uit de faeces van watervogels. De gemiddelde concentratie was in de maanden januari t/m maart van 1990 2,5 per 100 ml in Scheveningen en 9,2 per 100 ml in Leiduin met maximale waarden tot 46 per 100 ml. In de huidige situatie wordt het water slechts met een eenvoudige nazuivering behandeld, te weten snelfiltratie en langzame zandfiltratie. De snelfiltratie bleek vrijwel geen effect te hebben op de aantallen *Campylobacter* in het water; ten gevolge van de langzame zandfiltratie trad een reductie met meer dan 98% op. Bij beide bedrijven werd in geen van 8 monsters reinwater van 3 liter werd *Campylobacter* aangetroffen. De reductie in de langzame zandfilters is ongeveer datgene wat maximaal als effect in de koude winterperiode verwacht mag worden (1,2). Op grond daarvan mag verwacht worden dat het aantal *Campylobacter* in het reine water niet ver onder de detectielimiet zal liggen, en in de grootte-orde van 1 per 10 à 100 liter zal zijn. Om aan de norm voor bacteriën van de coligroep in het Waterleidingbesluit te voldoen, moet elke dag een 300 ml monsters worden genomen van het water af-pompstation; hierin mogen zich geen bacteriën van de coligroep bevinden. Om gedurende de gehele winterperiode aan de coli-norm te voldoen moeten deze bacteriën dus afwezig zijn in 27 liter (0,3 liter x 91 monsters). De ervaring van de waterleidingbedrijven is dat soms in het reine water in monsters van 300 ml thermotolerante bacteriën van de coligroep worden aangetroffen. Dit wijst op een incidenteel hogere belasting van het teruggewonnen water met faecaliën, of op een tijdelijk minder goed verlopende langzame zandfiltratie. Op grond van de verhouding tussen de thermotolerante bacteriën van de coligroep en *Campylobacter* in het teruggewonnen water kan geschat worden dat het aantal *Campylobacter* in drinkwater in de grootte-orde van 1 per 10 à 100 liter ligt. Deze schatting komt overeen met de schatting op basis van de verwijderingscapaciteit van de nazuivering. Daarnaast betekent dit dat er in drinkwater piekconcentraties van *Campylobacter* voorkomen in de grootte-orde van 1 per liter.

Campylobacter is de belangrijkste bekende veroorzaker van gastro-enteritis bij de mens in Nederland. Op grond van peilstation- en populatieonderzoek wordt geschat dat jaarlijks 200.000-250.000 personen in Nederland een acute maag-darmonsteking ten gevolge van infectie met deze bacterie doormaken (3). Bovendien is de kiem sterk infectieus; zeer lage aantallen kunnen al aanleiding zijn tot infectie en ziekte. De vraag dient dan ook gesteld te worden in hoeverre de aanwezigheid in meetbare aantallen van *Campylobacter* in het voorlaatste stadium van de zuivering een onacceptabel risico voor de volksgezondheid betekent. In deze notitie wordt getracht het gezondheidsrisico van dergelijke aantallen

bacterien te kwantificeren met behulp van modellen die in de Verenigde Staten zijn ontwikkeld (4,5) en door de US Environmental Protection Agency worden gebruikt als basis voor het beleid ten aanzien van pathogene microorganismen in drinkwater (6).

Modellering van het infectierisico van *Campylobacter* in drinkwater

Om een infectierisico te kunnen modelleren is een kwantitatieve beschrijving nodig van de relatie tussen het aantal *Campylobacter* en het risico op het verkrijgen van een infectie. Deze dosis-effect relatie is in de VS onderzocht door vrijwilligers oraal diverse doses *Campylobacter* toe te dienen en deze vrijwilligers te onderzoeken op het optreden van een darminfectie met *Campylobacter* (7). Deze dosis-effect data zijn statistisch geanalyseerd en blijken het best te worden beschreven door een zogenaamd β -verdeeld model (8). In dit model wordt de kans op infectie (P_i ; het microorganisme kan zich handhaven en vermeerderen in het lichaam) beschreven als functie van de dosis micro-organismen:

$$P_i = 1 - (1 + N/\beta)^{-\alpha}$$

waarin

N = dosis van het microorganisme

α en β = constanten die de infectiviteit van het microorganisme beschrijven

Voor *Campylobacter* is uit vrijwilligersexperimenten bekend dat $\alpha = 0.039$ en $\beta = 55$. Dat betekent dat de kans op het optreden van een infectie bij ingestie van slechts 1 *Campylobacter* 0,0007 is. Zolang voor elke blootstelling geldt dat de dosis *Campylobacter* niet groter is dan 1, kan het infectierisico van een bepaalde concentratie *Campylobacter* in drinkwater is nu te berekenen door het risico op blootstelling (de kans om een *Campylobacter* binnen te krijgen) vast te stellen en dit te vermenigvuldigen met de kans op het oplopen van een darminfectie bij die blootstelling. Het blootstellingsrisico is afhankelijk van de hoeveelheid geconsumeerd ongekookt drinkwater (V) en de concentratie *Campylobacter* in drinkwater (μ). Bij een *Campylobacter* concentratie (μ) van 1 per 100 liter en een consumptie (V) van 2 liter water per dag (aanneمة gebruikt door USEPA) is het blootstellingsrisico 0,02 *Campylobacter* per persoon per dag. Dit leidt tot een infectierisico van $1,4 \times 10^{-5}$ per persoon per dag. Uit onderzoek van Haring et al (9) naar drinkwatergebruik in Nederland blijkt dat de consumptie van drinkwater direkt uit de kraan in Nederland in de orde ligt van 0,25 liter per dag. Hoewel dit waarschijnlijk een lichte onderschatting is van de consumptie van ongekookt drinkwater, omdat dit ook wordt geconsumeerd in aanmaaklimonade, als waswater van rauwe groente e.d., is de aanname van 2 liter water per dag voor Nederland te hoog.

Voor het inzicht in de grootte-orde van de risico's is in onderstaande tabel het infectierisico per jaar gegeven als functie van μ en V . Daarbij is ervan uitgegaan dat relatief hoge aantallen *Campylobacter* in duininfiltratiewater met een open terugwinning slechts voorkomen gedurende 3 maanden per jaar (het winterseizoen) en dat de concentraties in de andere seizoenen aanmerkelijk kleiner zijn.

C (l ⁻¹) (winter)	Infectierisico bij V =		
	0,25 l	1 l	2 l
10 ⁰	1,6x10 ⁻²	6,4x10 ⁻²	1,3x10 ⁻¹
10 ⁻¹	1,6x10 ⁻³	6,4x10 ⁻³	1,3x10 ⁻²
10 ⁻²	1,6x10 ⁻⁴	6,4x10 ⁻⁴	1,3x10 ⁻³
10 ⁻³	1,6x10 ⁻⁵	6,4x10 ⁻⁵	1,3x10 ⁻⁴

Bij een piekconcentratie die 10 maal hoger is dan de gemiddelde, en die gedurende 10 dagen van het jaar voorkomt, verdubbelt het infectierisico ongeveer.

Wat is de betekenis van het aldus berekende risico?

In een voorzieningsgebied van 1 miljoen mensen leidt een concentratie van *Campylobacter* van 1 per 100 liter bij een consumptie van 250 ml ongekookt drinkwater per dag, tot een totaal aantal van 160 infecties per jaar. Bij waterborne explosies is de attack-rate (aantal mensen ziek/aantal mensen blootgesteld x 100%) 15-20% (10,11). Dit zou betekenen dat jaarlijks zo'n 24-32 ziektegevallen optreden door blootstelling via drinkwater. Bij een piekconcentratie van 10 *Campylobacter* per 100 liter gedurende 10 dagen in de winter loopt de schatting op naar ca 50-67 ziektegevallen.

Uitgaande van deze risicoschatting blijkt dus dat er in Nederland mensen ziek worden van de consumptie van drinkwater!

Dit moet echter worden geplaatst in het totale perspectief van campylobacteriose in Nederland: 15.000 gevallen per miljoen inwoners per jaar. De bijdrage van drinkwater hieraan is dus 0,2-0,5%. Of dit acceptabel is, is een beleidsmatige afweging. De risicoperceptie van de drinkwaterconsument, die nauwelijks tot geen invloed heeft op de keuze van drinkwater, ten aanzien van chemische of microbiologische verontreinigingen in drinkwater is hoog. Het is de vraag in hoeverre dit een rol speelt bij de acceptatie van (eenvoudig) te nemen maatregelen (afdekken, uitgebreider naziveren) en de kosten daarvan.

De US EPA gaat er in haar beleid van uit dat een maximaal aanvaardbaar infectierisico op jaarbasis 10⁻⁴ mag bedragen. Op grond daarvan kan dus een maximaal toelaatbare concentratie van *Campylobacter* worden afgeleid van 10⁻² tot 10⁻³ l⁻¹. Het drinkwater in bedrijven met open verzamelsystemen voldoet volgens deze schatting in de winter slechts marginaal aan deze eis. Maatregelen (afdekken van de verzamelsystemen of nadesinfectie van het gezuiverde drinkwater in de winterperiode) zouden noodzakelijk zijn.

Er bestaan nog een aantal onzekerheden omtrent het toepassen van risico-analyse als basis voor het stellen van eisen aan drinkwaterkwaliteit:

- Niet alle *Campylobacter* stammen zijn even virulent. Het is niet duidelijk in hoeverre de *Campylobacter*-isolaten uit de duinreservoirs qua virulentie overeenkomen met de stam waarmee de dosis-effectrelatie is vastgesteld.
- De gevoeligheid van individuen voor infecties verschilt. Het is niet duidelijk of de dosis-effectrelatie te extrapoleren is naar de totale bevolking en hoe moet worden omgegaan met risico-groepen.

- Er is hier gerekend met gemiddelde concentraties en gemiddelde consumptie. Verfijndere modellen zijn nodig om een beter beeld te krijgen van de verdeling van het blootstellingsrisico over de bevolking.

Literatuur

1. Kool HJ, Kranen HJ van (1983) H2O 16:79
2. Hoekstra AC (1979) Rapport desinfectie van Haags drinkwater en zuiverende werking van langzame zandfilters (periode 1966-1978). Duinwaterleiding van 's Gravenhage.
3. Hoogenboom-Verdegaal AMM *et al* (1990) RIVM rapport 148612002
4. Haas CN (1983) Am. J. Epidemiol. 118:573
5. Rose JB, Haas CN, Regli S (1991) Am. J. Publ. Health 81:701
6. Regli S *et al* (1991) JAWWA 83:76
7. Cooper RC *et al* (1984) In: 8.
8. Rose JB, Gerba CP (1991) Wat. Sci. Tech. 24(2):29
9. Haring BJA *et al* (1979) H2O 12:2126.
10. Mentzing LO (1991) Lancet ii:352
11. Palmer SR *et al* (1983) Lancet ii:287

Beoordeling nieuwe drinkwaterzuiveringen

Waterleidingbedrijf Noord-West Brabant moet, vanwege een voorzien capaciteitstekort, de zuiveringscapaciteit uitbreiden. Omdat uitbreiding van de huidige grondwateronttrekking niet haalbaar is, heeft het bedrijf een ontwerp gemaakt voor een oppervlaktewaterzuivering. Als grondstof wordt het water uit de Biesbosch bekkens gebruikt en er zijn twee alternatieve zuiveringsschema's:

1. coagulatie->dubbellaagsfiltratie->actief koolfiltratie-> UV nadesinfectie
2. coagulatie->ozon->dubbellaagsfiltratie->actief koolfiltratie-> UV nadesinfectie

De microbiologische betrouwbaarheid van beide schema's is te beoordelen met gegevens over de het aantal virussen (onderzoek RIVM/KIWA 1985) en parasieten (onderzoek RIVM 1991/WBB 1993) in de grondstof: in de winterperiode worden virusgehalten gemeten van 0,1-4,8 per 100 l en protozoa in gehalten van 1 per 1000 l. Eigen en literatuurgegevens over virus en parasietverwijdering door coagulatie/filtratie kennen aan dit proces een verwijderingscapaciteit van ca 99% toe, voor zowel virussen als parasieten. Actief koolfiltratie en UV desinfectie onder drinkwatercondities geven geen significante verwijdering van virussen en protozoa. Het schema zonder ozon reduceert het aantal virussen en protozoa dus met ca 99%, hetgeen resulteert in concentraties van 0,1-5 virussen per 10.000 l en 1 protozoon per 100.000 l. Gebruik makend van de dosis effect relaties voor rotavirus en *Giardia* levert dat, bij consumptie van 0,25 liter drinkwater, een dagelijks individueel risico op van $7,5 \times 10^{-7}$ tot 4×10^{-5} voor een rotavirus infectie en van 5×10^{-8} voor een *Giardia* infectie. Gerekend over de winterperiode (hoge virus en protozoa concentraties in de grondstof) van 4 maanden en ca 10^5 watergebruikers betekent dit dat er jaarlijks 18-350 mensen een rotavirusinfectie oplopen en 0,5 mensen een *Giardia* infectie. Voor rotavirus is het infectierisico dus hoger dan 10^{-4} per persoon per jaar. Tussenvoegen van ozon met een CT-waarde van 2-3 mg.min/l verhoogt de verwijderingscapaciteit van de zuivering met ca 99,9% voor virussen en ca 99% voor *Giardia*. Dit betekent een risico-redukatie naar 0,018-0,35 rotavirusinfecties en 0,005 *Giardia* infecties per jaar.

Op basis van deze analyse is geadviseerd alleen het zuiveringsschema met ozon als reële optie voor de capaciteitsuitbreiding mee te nemen.

Tussenvoegen van ozon betekent wel dat bromaat en andere omzettingsprodukten worden gevormd. Door het kwantificeren van de microbiologische risico's kunnen deze worden afgewogen tegen bijvoorbeeld de risico's van bromaatvorming. Ook vormt dit een kwantitatieve basis voor de bedrijfsvoering van de ozonisatie in de vorm van het aantal te verwijderen virussen/parasieten en de CT-waarde die daarvoor nodig is.

Belangrijke onzekerheden/onvolkomenheden bij deze analyse zijn:

- de hoeveelheid water die de gemiddelde consument ongekookt consumeert
- de aantallen *Giardia* in de zomerperiode
- het ontbreken van een dosis-effekt relatie voor *Cryptosporidium*
- de verwijderingscapaciteit van de zuiveringsprocessen zoals die bij dit pompstation worden bedreven
- het afwegen van het gezondheidsrisico dat inschakelen van ozon meebrengt tegen de reduktie van het risico van pathogene micro-organismen

Infectierisico van recreatie in oppervlaktewater

In de zomer van 1991 is bij een recreatiewater dat wordt verontreinigd door emissies van een rioolwaterzuiveringsinstallatie een epidemiologisch onderzoek uitgevoerd naar het optreden van gezondheidsklachten na blootstelling aan dit water. De waterkwaliteit van deze lokatie voldeed aan het BHVZ (thermotolerante bacteriën van de coligroep gemiddeld 720 per 100 ml). Desondanks rapporteerde 41% van de zwemmers (triatleten) gezondheidsklachten te hebben ondervonden, tegen 6% van de niet-zwemmers. Het risico op een darminfectie was voor de zwemmers 14,7 maal zo hoog als voor niet-zwemmers en trad op bij 6,4% van de zwemmers. Blootstelling aan het water was de enige bron die gerelateerd was aan het optreden van de darminfecties.

Extrapolerend naar de gemiddelde waterrecreant betekent dit dat ca 6% van de zwemmers in water van deze kwaliteit een darminfectie op zullen lopen. In een onderzoek naar de kwaliteit van een 18-tal zwemlocaties in de zomers van 1989 en 1990 bleek dat in 14% (10 van 72) van de monsters het aantal thermotolerante bacteriën van de coligroep op een zelfde niveau of hoger lagen. Ervan uitgaande dat zomers ca 10^5 keer op deze 18 locaties wordt gezwommen betekent dit dat elke zomer ca 840 mensen een darminfectie oplopen door oppervlaktewaterrecreatie, gerekend over deze 18 oppervlaktewateren.

Belangrijke onzekerheden/onvolkomenheden bij deze analyse zijn:

- het is niet duidelijk in hoeverre de (kwart) triatleten representatief zijn voor de gemiddelde recreant; enerzijds is het een groep van gezonde, getrainde personen tussen 16 en 40 jaar, anderzijds kan de gevoeligheid voor infecties verhoogd worden door de lichamelijke inspanning.
- de mate waarin de 18 locaties representatief zijn voor het Nederlandse recreatiewater bepaald in hoeverre dit te extrapoleren is naar de gehele oppervlaktewaterrecreatie in Nederland.
- het ontbreken van een kwantitatieve beschrijving van de relatie tussen microbiologische waterkwaliteitsparameters en het optreden van gezondheidsklachten.
- inzicht in welke micro-organismen de gerapporteerde symptomen veroorzaken.