Verslag van het Kiwa-VWN colloquium

'Verwijdering van micro-organismen: een nieuwe aanpak van een oud probleem'

In het buitenland hebben de ziekteverwekkende protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia* in het afgelopen decennium meerdere malen uitbraken van ziekte veroorzaakt via drinkwater dat voldeed aan de kwaliteitseisen voor indicatorbacteriën. In de Verenigde Staten heeft dit geleid tot wettelijke eisen voor de verwijderingscapaciteit van zuiveringsprocessen voor ziekteverwekkende micro-organismen. Op grond van deze ontwikkelingen is ook in Nederland de vraag gerezen of het drinkwater dat voldoet aan de huidige eisen wel altijd veilig is. Ter beantwoording van deze vraag wordt bij waterleidingbedrijven, Kiwa, RIVM en TU Delft veel onderzoek verricht. Met deze opmerkingen leidde mevrouw Willemsen-Zwaagstra, voorzitter van de werkgroep Verwijdering van Micro-organismen het colloquium in dat op 12 juni 1996 werd gehouden bij Kiwa NV Onderzoek en Advies, Nieuwegein. Aan dit colloquium werd deelgenomen door 55 vertegenwoordigers van waterleidingbedrijven, overheid, ingenieursbureaus, RIVM en Kiwa.

Aanpak in de VS na 'Milwaukee'

Mark W. LeChevallier, Ph. D., directeur onderzoek van de American Waterworks Service Company (AWS) te Voorhees, New Jersey (VS), één van de grootste waterleidingbedrijven in de Verenigde Staten, voert al bijna 10 jaar onderzoek uit naar de aanwezigheid van ziekteverwekkende protozoa in (drink)water. Het laboratorium van AWS te Belleville verleende assistentie bij het uitvoeren van de analyses van de protozoa in het drinkwater te Milwaukee, nadat daar in begin 1993 een uitbraak van cryptosporidiose met meer dan 400.000 zieken plaatsvond (afb. 1). Vooral deze uitbraak heeft de discussies over verbetering van de kwaliteit van het drinkwater op ingrijpende wijze beïnvloed. Duidelijk werd dat toepassing van chemische desinfectie een afweging vereist tussen de risico's van blootstelling aan toxische nevenproducten van de chemische desinfectie en van blootstelling aan ziekteverwekkende micro-organismen. *Cryptosporidium* speelt een hoofdrol bij deze afweging. Een groot probleem hierbij is dat de bepaling van ziekteverwekkende protozoa in water zeer arbeidsintensief is en een sterk wisselend en vaak zeer gering rendement heeft. Bij AWS wordt voor *Cryptosporidium* gemiddeld een isolatierendement van 25% bereikt. Duidelijk is dat *Cryptosporidium* en ook *Giardia* algemeen voorkomen in oppervlaktewater (concentraties 1-10 (oö)cysten/l) en dat ze daarin lang overleven. Onduidelijk is echter welk deel van de aangetroffen (oö)cysten (overlevingsvorm) infectieus is voor de mens. Verschillende kleuringstechnieken, en mogelijk methoden waarmee de oöcysten op een weefsel worden gekweekt, kunnen uitsluitsel geven over dit probleem. De aanpak van het protozoënprobleem in de VS is gericht op optimalisatie van de coagulatie/sedimentatie, van de filtratie en van de chemische desinfectie (toepassen van combinaties van desinfectiemiddelen bijvoorbeeld ozon en chlooramine). Ook worden middelen ontwikkeld waarmee de operators de waterkwaliteit beter kunnen bewaken (bijvoorbeeld met behulp van deeltjestellers). Bij deze aanpak werkt een aantal waterleidingbedrijven in de VS samen in het programma 'Partnership for Safe Water'.

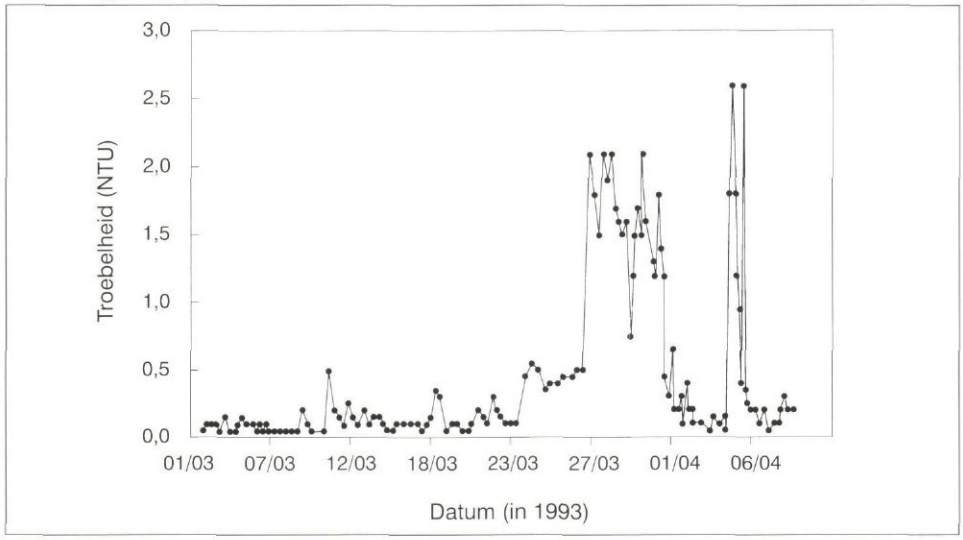
Cryptosporidium en _Giardia_ ook in oppervlaktewater Nederland

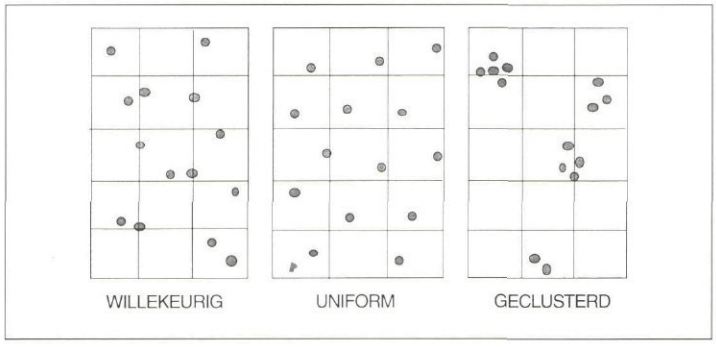
Drs. G. J. Medema (RIVM, thans werkzaam bij Kiwa NV) behandelde vervolgens de situatie in Nederland over de aanwezigheid van *Cryptosporidium* en *Giardia*. Op grond van gegevens over het totale aantal gevallen van maagdarmstoornissen in Nederland schatte hij het aantal gevallen van cryptosporidiose in Nederland op 10.000 tot 80.000 per jaar. Een acceptabel infectierisico van 10^{-4} per persoon per jaar, dat door de EPA voor drinkwater wordt gehanteerd, zou in Nederland maximaal 500-750 ziektegevallen per jaar opleveren. Uit een epidemiologische studie aan een uitbraak van cryptosporidiose in Nederland is niet gebleken dat drinkwater hierbij een rol speelt. Een diarreepatiënt in het huishouden en zwemmen in een zwembad zijn wel risicofactoren. RIVM heeft al enkele jaren ervaring met de bepaling van *Cryptosporidium* en *Giardia* in water. Door de methode op enkele punten te verbeteren kon de aanvankelijk zeer lage opbrengst (0.6-3.2%) worden verhoogd naar 5-25%. Uit veldonderzoek blijkt dat de gemiddelde concentraties van pathogene protozoa in Maas en Rijn liggen tussen 2 à 7/l (*Cryptosporidium*) en 4 à 25/l (*Giardia*) met maximumwaarden van enkele tientallen per liter. Correlaties tussen de concentraties van deze organismen en die van indicatorbacteriën voor fecale verontreiniging zijn alleen op sommige locaties gevonden en dus niet eenduidig. Op basis van de concentraties in oppervlaktewater en de maximaal toelaatbare concentratie in drinkwater is de benodigde eliminatiecapaciteit van de zuivering te berekenen. Deze bedraagt 4-6 logeenheden voor *Cryptosporidium* en 5-7 logeenheden voor *Giardia*. Gegevens over effecten van zuiveringsprocessen zijn vermeld in de literatuur. Gegevens over verwijdering in de zuivering onder praktijkomstandigheden in Nederland zijn alleen voorhanden voor verblijf in spaarbekkens; afhankelijk van verblijftijd en configuratie 0.5-2 logeenheden.

Statistische methoden onmisbaar

Statistische methoden zijn onmisbaar voor het bewerken van gegevens over aanwezigheid van micro-organismen in ruw water en in water in diverse stadia van de zuivering. Dit stelde ir. J. Th. Groennou (Kiwa NV) aan het einde van zijn betoog. Bij de beoordeling van de hygiënische betrouwbaarheid van drinkwater is kwantitatieve informatie over de aanwezigheid van indicatorbacteriën en ziekteverwekkende micro-organismen in het ruwe water, in het water in diverse stadia van de zuivering en in drinkwater van groot

Afb. 1 - De plotselinge toename van de troebelheid van het afgeleverde drinkwater van Milwaukee in de periode eind maart-begin april 1993 ging gepaard met een grote uitbraak (ca. 400.000 gevallen) van cryptosporidiose. Ontleend aan: Fox, K.R and Lytle, D.A. The Milwaukee cryptosporidiosis outbreak; investigation and recommandations. Proc. 1993 AWWA-WQTC Conf. pp. 1767-1787.





Afb. 2 - De verdeling van micro-organismen in water is meestal niet homogeen. Statische methoden zijn daarom onmisbaar bij de beoordeling van de invloed van zuiveringsprocessen op de concentraties van micro-organismen in water.

belang. Concentraties van dergelijke micro-organismen in water kunnen sterk fluctueren ten gevolge van factoren zoals verontreiniging, vermeerdering, afsterving, effect van een waterbehandeling, en ook fouten in bemonstering en meting.
Informatie over de verdeling van micro-organismen in water is nodig voor het berekenen van de juiste concentraties van micro-organismen in water op basis van de metingen in de monsters (afb. 2).
In het Waterleidingbesluit is voorgeschreven met welk meetprogramma (frequentie van bemonsteren en volume van het te onderzoeken monster) het drinkwater moet worden onderzocht. Op basis van het in het Waterleidingbesluit voorgeschreven meetprogramma en de eisen die aan het drinkwater worden gesteld voor de indicatorbacteriën kunnen met behulp van statistische methoden kwantitatieve normen (Maximaal Toelaatbare Gemiddelde Concentraties) voor deze organismen in het drinkwater worden berekend.
Met deze waarden en de concentratie van de betreffende micro-organismen in het ongezuiverde water kan de vereiste eliminatiecapaciteit (logeenheden) van een zuiveringssysteem voor indicatorbacteriën worden berekend. De elimininatiecapaciteit van een zuiveringsstap kan vervolgens worden geschat op basis van de concentraties van de micro-organismen in het water voor en na de betreffende zuiveringsstap. Verschillende statistische werkwijzen zijn beoordeeld op toepasbaarheid bij het uitvoeren van deze berekeningen.

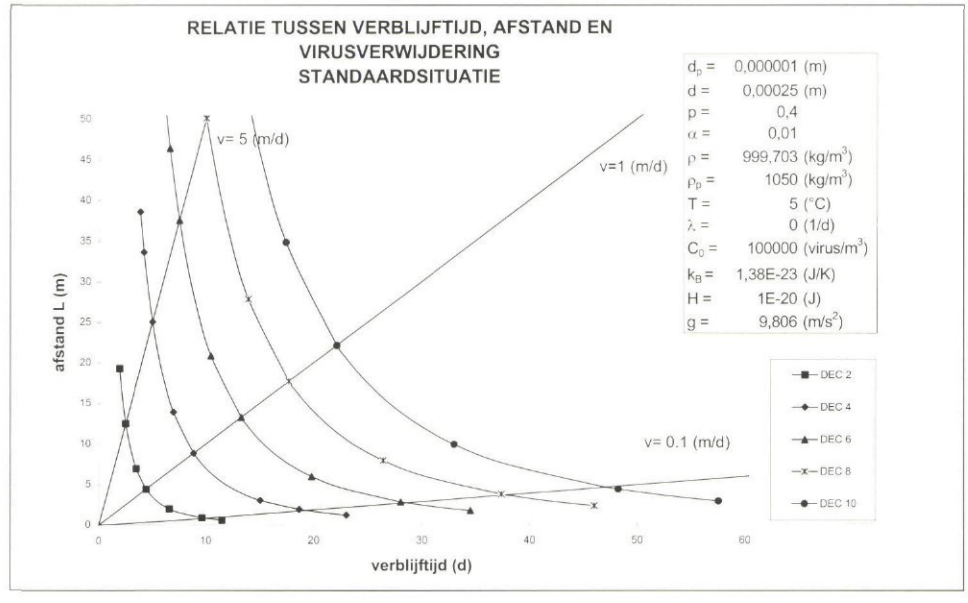
Verwijdering van indicatorbacteriën

Informatie over de verwijderingscapaciteit van zuiveringstappen is van belang voor het beoordelen van de hygiënische betrouwbaarheid van het drinkwater. Kwantitatieve gegevens over de verwijdering van ziekteverwekkende micro-organismen zijn nog vrijwel niet voorhanden en ook moeilijk te verzamelen. De waterleidingbedrijven hebben echter wel veel informatie over aantallen indicatorbacteriën in alle stadia van de zuivering. Ing. W. A. M. Hijnen presenteerde de resultaten van een bewerking van deze gegevens (bij 15 productielocaties) die in het kader van het collectieve Bedrijfstakonderzoek is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de waterleidingbedrijven.
Op basis van de concentraties van indicatorbacteriën en de eisen die aan drinkwater worden gesteld (MTGC-waarden) is voor een aantal zuiveringssystemen de vereiste decimale eliminatiecapaciteit (DEC) berekend. Deze varieert voor oppervlaktewater tussen 4 en 6 logeenheden.
Met de gegevens van de waterleidingbedrijven kan de eliminatiecapaciteit van processen zoals vlokvorming/vlokverwijdering en filtratie wel worden bepaald. Deze capaciteit blijkt tussen de verschillende processen soms sterk te verschillen en ook binnen een proces kan een variatie van 1 tot 2 logeenheden optreden. Het onderzoek richt zich op het ophelderen van de oorzaken van deze fluctuaties en verschillen, en vertaling van de gegevens naar verwijderingscapaciteit voor ziekteverwekkende micro-organismen. Een probleem bij het bepalen van de decimale eliminatiecapaciteit van de processen in verdere stadia van de zuivering is dat indicatorbacteriën in veel van de onderzochte watermonsters (meestal 100 ml) niet worden aangetroffen. Daarom is een werkwijze ontwikkeld waarmee indicatorbacteriën in grote watervolumes kunnen worden bepaald.

Bodempassage: een grondige verwijdering

Bodempassage wordt toegepast bij een aantal productielocaties voor de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater.
Het belang van de modellering van de verwijdering van micro-organismen bij de bodempassage werd uiteengezet door ir. L. C. Rietveld (TU-Delft). Dit onderzoek wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met het RIVM. De winning van oeverfiltraat en infiltratiewater voor de drinkwaterproductie biedt een aantal voordelen boven de winning van grond- of oppervlaktewater. De aanslag op de grondwatervoorraad is gering en er vindt een zekere mate van zuivering van geïnfiltreerd oppervlaktewater plaats. Bodempassage vormt een belangrijke barrière tegen pathogene micro-organismen die zich in het oppervlaktewater bevinden.
De verwijdering van virussen en protozoa wordt hierbij als maatgevend beschouwd, daar deze organismen lang kunnen overleven en in kleine doses infectueus zijn. Pathogene micro-organismen worden bij de bodempassage verwijderd door zeefwerking, hechting aan gronddeeltjes en door afsterving. Op basis van een literatuurstudie is een wiskundig model geformuleerd die de verwijdering van micro-organismen tijdens bodempassage beschrijft. Met dit model is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om een indruk te krijgen van de invloed van verschillende

Afb. 3 - De reductie van de concentratie van micro-organismen in water bodempassage is onder meer afhankelijk van de afgelegde afstand, de verblijftijd en de stroomsnelheid van het water (DEC= decimale eliminatie capaciteit in logeenheden; voor nadere toelichting zie: Smeets et al., H_2O (30) 1997, p. 294-296/289).



parameters op het verwijderingsproces. In Nederland wordt bij bodempassage momenteel een verblijftijd van 60 dagen gehanteerd om de hygiënische betrouwbaarheid van drinkwater te waarborgen. Uitgaande van conservatieve schattingen van de modelparameters kan uit de berekeningsresultaten echter geconcludeerd worden, dat een voldoende verwijdering van pathogene micro-organismen ook bij kortere verblijftijden is te bewerkstelligen. Dit zou onder andere betekenen dat oeverfiltraat dichter bij het oppervlaktewater gewonnen kan worden.

Toxiciteit van de nevenproducten van de chemische desinfectie

Dr. J. van Genderen (Kiwa NV Onderzoek en Advies) stelde dat de toxicologie tot doel heeft informatie te verschaffen over de giftigheid van allerlei stoffen waarmee de mens in aanraking kan komen. Op grond van deze informatie kunnen maatregelen worden genomen waarmee schade aan de gezondheid van mens en aan het milieu door blootstelling aan chemicaliën te voorkomen of te beperken. Bij het gebruik van chemische desinfectie voor het verwijderen van ziekteverwekkende micro-organismen kunnen nevenproducten met toxische eigenschappen worden gevormd. Voor zestien verschillende nevenproducten zijn thans nationaal als internationaal normwaarden voorgesteld en/of vastgesteld. Gegevens over de vorming van nevenproducten bij de toepassing van chemische desinfectie (chloor, chloordioxide en/of ozon) in Nederland zijn voor de periode van 1990 tot en met 1995 in kaart gebracht. Vervolgens zijn de gezondheidsrisico's van de aanwezigheid van de waargenomen nevenproducten beoordeeld op basis van de huidige toxicologische kennis. Naar voren kwam dat de gezondheidsrisico's berekend voor de aangetroffen organische nevenproducten vrijwel steeds geringer waren dan het verwaarloosbare risico. Dit betekent dat het gezondheidsrisico van de thans bekende nevenproducten van chemische desinfectie vrijwel geheel wordt bepaald door bromaat indien aanwezig in concentraties hoger dan 0,5 µg/l.

Overheidsbeleid inzake normstelling van pathogene micro-organismen in drinkwater

Virussen en parasitaire protozoa worden in het Nederlandse oppervlaktewater aangetoond. In Nederland hebben zich weliswaar nog geen aantoonbare ziektegevallen van virusinfecties, *giardia*sis of cryptosporidiosis via drinkwater voorgedaan, maar het risico hierop kan niet geheel worden uitgesloten. Dit stelde ir.



Afb. 4 - Ir. W. Cramer (Directoraat-Generaal Milieubeheer, ministerie van VROM); 'Als uitgangspunt voor het ontwerp van nieuwe zuiveringsinstallaties wordt voorlopig een infectierisico van maximaal 10^{-4} per persoon per jaar voorgesteld'.

W. Cramer (Directoraat-Generaal Milieubeheer, ministerie van VROM). De achterliggende gedachte voor deze stelling is dat de normstelling in het Waterleidingbesluit op basis van indicatororganismen voor fecale verontreiniging, zoals bacteriën van de coligroep, onvoldoende garantie biedt voor de afwezigheid van virussen en parasitaire protozoa. In de praktijk is het, gelet op de benodigde volumina, echter niet uitvoerbaar om de pathogene micro-organismen in het reine water te meten op niveaus waarbij risico's voor de volksgezondheid verwaarloosbaar zijn. Grondstofcontrole gekoppeld aan een verzekerde, gewaarborgde en controleerbare werking (verwijderingscapaciteit) van de zuivering kan deze eindproductcontrole voor de pathogene virussen en parasitaire protozoa bij drinkwater aanvullen.
In 1995 is een concept-beleidsnotitie over deze materie door VROM/DGM aan de VEWIN voor commentaar voorgelegd. Deze notitie wordt binnenkort afgerond en zal als richtsnoer dienen voor de Inspectie Milieuhygiëne en als uitgangspunt bij de herziening van het Waterleidingbesluit. Als uitgangspunt voor het ontwerp van nieuwe zuiveringsinstallaties en de beoordeling en eventuele aanpassing van bestaande installaties wordt voorlopig een infectierisico van maximaal 10^{-4} per persoon per jaar voorgesteld.
Het is gewenst op termijn een norm voor het ziekterisico te ontwikkelen. De wijze waarop in de praktijk aan dit uitgangspunt moet worden voldaan, moet nog nader worden onderbouwd en gestandaardiseerd. Een aandachtspunt hierbij is de onzekerheid en variabiliteit in de risico-analyse. Chemische desinfectie vormt een specifiek aandachtspunt. Parasitaire protozoa blijken een hoge resistentie tegen de gebruikelijke concentratie desinfectiemiddelen te hebben. Verhoging van deze concentraties leidt veelal tot hogere concentraties nevenproducten. Deze potentieel carcinogene en anderszins toxische nevenproducten kunnen nadelige effecten hebben op de volksgezondheid. Een methode om het risico van langdurige blootstelling aan deze nevenproducten af te wegen tegen de acute risico's van infectie door pathogenen micro-organismen is nog in ontwikkeling.

Betekenis van de ontwikkelingen voor de drinkwaterbereiding in Nederland

Ruim een eeuw geleden ontstond de centrale drinkwatervoorziening vanuit de visie dat het noodzakelijk is om aan consumenten water ter beschikking te stellen dat hygiënisch betrouwbaar is. Decennia lang hebben we gedacht dat ook ons uit oppervlaktewater bereide drinkwater in dit opzicht in orde was zolang het maar voldeed aan de normen voor indicatorbacteriën. Recentelijk weten we dat we daar toch nog niet zo zeker van kunnen zijn, aldus mw. ir. J. Willemsen-Zwaagstra (NV PWN): niet voor wat betreft de kwaliteit af productielocatie en evenmin voor wat betreft de kwaliteit na transport en distributie. Aanvullende normstelling, bijvoorbeeld voor de verwijderingscapaciteit is dus nodig.
Een vraag hierbij is of, uitgaande van het geaccepteerde infectierisiconiveau van 10^{-4}, de onderbouwing voor de normstelling voor virussen en pathogene protozoa juist is gebeurd. Een volgende vraag is of we een juiste afweging kunnen maken tussen de lange-termijn-effecten van desinfectiebijproducten en de korte-termijn-risico's van micro-organismen. Samen met de overheid moeten we daar uit kunnen komen. Vervolgens is het nodig na te gaan wat dit betekent voor bijvoorbeeld het proces van ontwerpen van nieuwe zuiveringsschema's. Aangezien niet alles in het eindproduct meetbaar is, zijn ervaringsgegevens over prestaties van afzonderlijke processen een onmisbaar hulpmiddel. Uit praktijkgegevens blijkt dat er sprake is van een zekere (grote) spreiding in verwijdering. Dit betekent dat reservecapaciteit nodig is. Gebleken is ook dat andere dan microbiologische parameters indicatief kunnen zijn voor het functioneren van een zuiveringsproces. Troebeling en deeltjestelling zijn daar voorbeelden van.
Samenvattend komt het erop neer dat we anders naar onze productie moeten kijken dan we gewend zijn: niet alleen het eindresultaat telt, ook de (on)zekerheden over de prestaties van de procesonderdelen tellen mee.

Dr. ir. D. van der Kooij,
Kiwa NV, Onderzoek en Advies