Betekenis van *Cryptosporidium* en *Giardia* voor de drinkwatervoorziening

Samenvatting
De protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia* hebben de laatste decennia in de Verenigde Staten en Groot-Brittannië een aanzienlijk aantal epidemieën van maag-darminfecties via drinkwater veroorzaakt. In veel gevallen voldeed dit drinkwater aan de bacteriologische kwaliteitseisen. Door hun persistentie in het milieu, hun resistentie tegen desinfectiemiddelen en hoge infectiviteit stellen *Cryptosporidium* en *Giardia* strenge eisen aan de directe zuivering van oppervlaktewater. In Nederland zijn geen epidemieën via drinkwater geconstateerd. Wel is de behoefte ontstaan naar inzicht in hoe adequaat onze oppervlaktewaterzuiveringssystemen en microbiologische normstelling ons beschermen tegen overdracht van deze parasieten. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de biologie van *Cryptosporidium* en *Giardia*, het ziektebeeld dat ze veroorzaken en hoe vaak dat voorkomt. Vanuit wat bekend is over de oorzaken van epidemieën via drinkwater, bronnen, overleving en voorkomen in oppervlaktewater en verwijdering door zuiveringsprocessen wordt het belang voor de drinkwatervoorziening in Nederland geschetst.

Inleiding

In de Verenigde Staten en Groot-Brittannië zijn in de afgelopen decennia een aanzienlijk aantal grote en kleine epidemieën van maag- en darminfecties veroorzaakt via drinkwater dat was besmet met de darmparasieten *Cryptosporidium parvum* en *Giardia lamblia*. De meest omvangrijke vond plaats in Milwaukee in maart-april 1993 waar via drinkwater naar schatting 403.000 mensen een *Cryptosporidium*-infectie hebben opgelopen [1]. Daarvan moesten zo'n 4000 mensen in het ziekenhuis worden opgenomen en er worden nu officieus meer dan 100 doden aan deze epidemie toegeschreven [2]. Tijdens deze epidemie voldeed het drinkwater aan de bacteriologische kwaliteitseisen, net als bij het overgrote deel van de epidemieën veroorzaakt door deze parasieten.

G. J. MEDEMA
RIVM

H. A. M. KETELAARS
Waterwinningbedrijf
Brabantse Biesbosch

Cryptosporidium en *Giardia* kunnen door de zuivering heen dringen omdat ze zeer resistent zijn tegen desinfectiemiddelen. De huidige drinkwater-desinfectieprocessen vormen een onvoldoende barrière tegen deze parasieten.
Cryptosporidium en *Giardia* komen, ook in Nederland [3], algemeen voor in oppervlaktewater. Bij de Nederlandse oppervlaktewaterbedrijven is behoefte ontstaan naar inzicht in het voorkomen van deze parasieten in de grondstof en de effectiviteit waarmee zuiveringsprocessen deze parasieten elimineren. Omdat de huidige bacteriologische kwaliteitseisen onvoldoende waarborg bieden voor de microbiologische betrouwbaarheid van drinkwater onderzoekt de overheid een nieuwe benaderingswijze voor de beoordeling van de microbiologische veiligheid van drinkwaterproduktie.
In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de huidige stand van de kennis over *Cryptosporidium* en *Giardia* bij de drinkwaterbereiding.

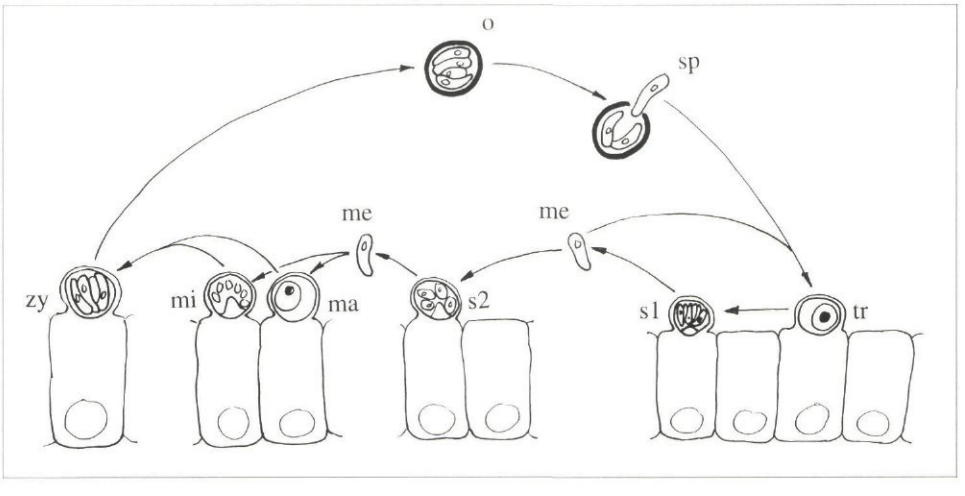
Biologie van *Cryptosporidium* en *Giardia*

Cryptosporidium en *Giardia* zijn beide eencellige parasieten, die zich alleen kunnen vermeerderen in een geschikte gastheer. Ze zijn niet gastheerspecifiek en kunnen dus verschillende diersoorten (inclusief de mens) infecteren.

Cryptosporidium

Begin deze eeuw is *Cryptosporidium* beschreven als darmparasiet bij muizen [4], maar pas veel later (1976) is ze geassocieerd met ziekte en sterfte bij de mens. Doordat *Cryptosporidium* regelmatig werd aangetroffen bij AIDS-patiënten en een groot percentage (61% [5]) aan de gevolgen van de *Cryptosporidium*-infectie overleed steeg de interesse in de epidemiologie, diagnose, therapie en preventie. Daardoor is in het afgelopen decennium veel bekend geworden over deze parasiet. *Cryptosporidium* is nu algemeen erkend als een verwekker van darminfecties bij zowel mensen met een verstoorde als gezonde afweer over de gehele wereld [5].
Cryptosporidium parvum heeft een complexe levenscyclus (afb. 1), die wordt doorlopen in één enkele gastheer. De infectie van de gastheer wordt veroorzaakt door het inslikken van oöcysten. De oöcyste bevat 4 sporozoïeten, die vrijkomen door de inwerking van maagzuur en spijsverteringsenzymen op de oöcysten (excystatie). Deze sporozoïeten dringen de darmepitheelcellen binnen. De levenscyclus bevat daarna een aantal opeenvolgende stadia van a-sexuele en sexuele

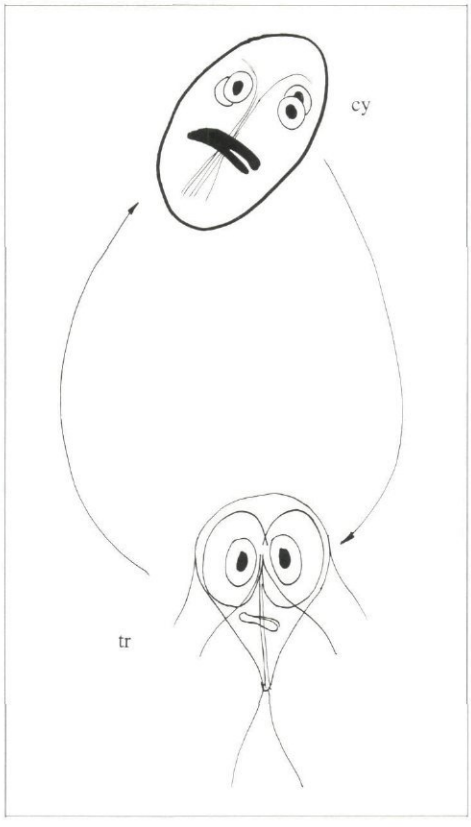
Afb. 1 - De levenscyclus van Cryptosporidium parvum.
*De levenscyclus van Cryptosporidium begint met het inslikken van de oöcyste (**o**), het overlevingsstadium. Deze oöcyste is rond tot ovaalrond met een diameter van 3-7µm. Omgeven door een vrij impermeabele oöcyste-wand bevinden zich vier sporozoïeten in deze oöcyste. Deze oöcyste wand opent zich in het darmkanaal van de gastheer. De sporozoïeten (**sp**) komen vrij en dringen de epitheelcellen van de darmwand binnen, waarin zij zich differentiëren tot trophozoïet (**tr**). In deze trophozoïet treedt deling op (type I schizont (**s1**)) en er worden 6-8 merozoïeten (**me**) gevormd die vrijkomen en weer opnieuw epitheelcellen infecteren. Hieruit kunnen opnieuw type I schizonten ontstaan en deze cyclus kan zich herhalen; er kunnen ook type II schizonten (**s2**) uit ontstaan die de geslachtelijke voortplanting in gang zetten. Uit de type II schizonten ontstaan merozoïeten (**me**) die ofwel een micro-(**mi**) ofwel een macrogamont (**ma**) vormen. Uit samensmelting van micro- en macrogameten ontstaan zygoten (**zy**) die sporulëren tot oöcysten met vier sporozoïeten. Deze kunnen opnieuw de hele infectiecyclus ingaan of ze worden uitgescheiden met de faeces en zijn dan al direct weer infectieus.*



voortplanting die resulteren in de produktie van dik- en dunwandige oöcysten. De dunwandige oöcysten kunnen dezelfde gastheer opnieuw infecteren (autoinfectie); de dikwandige oöcysten worden uitgescheiden in de faeces. Autoinfectie heeft tot gevolg dat de darmwand zwaar geïnfecteerd wordt en dat er hoge aantallen oöcysten worden uitgescheiden.

Er is een aantal soorten *Cryptosporidium* beschreven: *C. parvum* en *C. muris* bij zoogdieren, waarvan *C. parvum* de belangrijkste ziekteverwekker voor de mens en landbouwhuisdieren is, *C. baileyi* en *C. meleagridis* bij vogels, *C. serpentis* bij reptielen en *C. nasorum* bij vissen [6]. *Cryptosporidium* kan van het ene zoogdier op het andere worden overgedragen, maar overdracht van en naar andere klassen gewervelde dieren (vogels, reptielen, amfibieën, vissen) treedt niet of nauwelijks op [6].

Giardia
Giardia is waarschijnlijk circa 300 jaar geleden al beschreven door Van Leeuwenhoek en wordt nu wereldwijd gezien als een van de meest voorkomende diarree-verwekkende parasieten bij de mens [7]. De levenscyclus is minder complex dan die van *Cryptosporidium* (afb. 2). *G. lamblia* heeft twee vormen: de cyste en de trophozoïet. De cyste is



Afb. 2 - De levenscyclus van Giardia lamblia.
*Ook de levenscyclus van Giardia lamblia begint met het inslikken van de cyste (**c**). De cyste is ovaalrond met een lengte van 8-18 µm en een breedte van 5-15 µm. De cyste excysteert in de dunne darm van de gastheer en de inhoud differentieert tot twee trophozoïeten (**tr**) die vrijkomen en zich met hun 'hechtschijf' aan het darmepitheel hechten en zich vermenigvuldigen door deling. Trophozoïeten die verder het darmkanaal in komen encysteren weer. In de cyste delen de kernen van de trophozoïet om een vierkernige cyste te produceren.*

het infectieuze stadium dat wordt uitgescheiden met de faeces en die resistent is tegen milieu-invloeden. Na inslikken opent de cyste, onder invloed van maagzuur en spijsverteringsenzymen, en komt de trophozoïet, het voortplantingsstadium, vrij. De trophozoïet ondergaat een deling en de dochtercellen hechten zich met behulp van een hechtschijf aan de epitheelcellen aan het bovenste deel van de dunne darm en vermenigvuldigen zich door deling. Na verloop van tijd vormen de trophozoïeten cysten en is de levenscyclus compleet [8].

Er zijn verschillende *Giardia* soorten beschreven, waaronder: *G. lamblia* bij mensen, overige zoogdieren, vogels en reptielen; *G. agilis* bij amfibieën en *G. muris* bij knaagdieren, vogels en reptielen en *G. ardae* bij vogels. *Giardia* uit de mens kan bevers, muskusratten, honden, woestijnratten en ratten infecteren [9,10,11] en waarschijnlijk ook omgekeerd.
Er is een aantal via water veroorzaakte epidemieën in de VS toegeschreven aan *Giardia* uit bevers, de aanwijzingen hiervoor zijn echter niet sluitend [12,13]. Hoewel de rol van *Giardia* van dierlijke afkomst als verwekker voor de mens onderwerp van discussie is, is ze op dit moment zeker niet uit te sluiten.

Ziektebeeld

Cryptosporidium
In personen met een gezonde afweer kan *Cryptosporidium parvum* een zelflimiterende darm-infectie veroorzaken. Incubatietijd van de gastro-enteritis is 5-14 [14] dagen en uitscheiding van oöcysten (gemiddeld 10^6/g faeces) vindt over het algemeen plaats tussen 3 en 30 dagen (gemiddeld 12 dagen) na infectie en komt overeen met het optreden van ziekteverschijnselen. De oöcysten uitscheiding kan echter intermitterend zijn en doorgaan na het verdwijnen van de symptomen. Het ziektebeeld is diarree, misselijkheid, braken, buikpijn, gewichtsverlies en lichte koorts. Het ziektebeeld varieert afhankelijk van afweer en leeftijd van de gastheer en de virulentie van het organisme. De infectie wordt in toom gehouden door het afweersysteem en behandeling is daarom in de meeste gevallen niet noodzakelijk. Bij personen met een verstoorde afweer kan *Cryptosporidium* wel levensbedreigende infecties veroorzaken met heftige diarree, resulterend in ernstige dehydratie en kan de infectie zich verspreiden naar andere organen. Er is nog geen effectieve therapie voorhanden voor het behandelen van deze ernstige infecties. Van deze groep patiënten overlijdt een relatief hoog percentage.

Giardia
Een *Giardia*-infectie kan leiden tot een acute en chronische darminfectie of tot a-symptomatisch dragerschap, dus zonder ziekteverschijnselen. De incubatietijd is meestal 12-19 dagen, maar kan waarschijnlijk variëren van 1 tot 75 dagen. Het acute stadium is meestal kortdurend met als belangrijkste symptomen: diarree, winderigheid, misselijkheid en buikkrampen. De symptomen verdwijnen over het algemeen vanzelf binnen 2-4 weken [15]. In 30-50% van de gevallen wordt een acute giardiase gevolgd door een chronische giardiase met terugkerende, korte periodes van diarree.

Waarschijnlijk is de meest algemene respons op een infectie a-symptomatisch dragerschap. Het is onduidelijk of personen met a-symptomatisch dragerschap een niet opgemerkte, voorbijgaande diarree gehad hebben of dat de infectie geen symptomen tot gevolg heeft gehad. Het is bekend dat de virulentie van *Giardia* kan variëren en dat het immuunafweersysteem van de gastheer ziekte kan voorkomen. Therapie is voor een acute *Giardia*-infectie over het algemeen niet nodig; chronische infectie is in meer dan 80% van de gevallen te bestrijden met antibiotica (metronidazol of tinidazol) [14].

Voorkomen bij de mens

In Nederland zijn geen epidemieën veroorzaakt door *Cryptosporidium* of *Giardia* gerapporteerd. Wel is er een aantal studies uitgevoerd naar het voorkomen van *Cryptosporidium* en *Giardia* in Nederland. Daaruit blijkt dat beide parasieten in Nederland ongeveer even vaak voorkomen als in andere geïndustrialiseerde landen (tabel I), zoals de Verenigde Staten en Groot-Brittannië.

In de meeste studies worden ze vaker gevonden bij kinderen, vooral bij kinderen jonger dan twee jaar. Uit buitenlands onderzoek blijkt dat a-symptomatisch dragerschap voor beide parasieten voorkomt, relatief vaak voor *Giardia* en relatief weinig voor *Cryptosporidium* [16].

TABEL I – *Isolatiepercentage van Cryptosporidium en Giardia uit faeces van patiënten met diarree.*

Land	Cryptosporidium (%)	Aantal referenties	Giardia (%)	Aantal referenties
Nederland	1,0	4	6,7	3
Europa	2,6	21	–	–
Noord-Amerika	1,6	10	3,8	1
Zuid-Amerika	–	–	40	1
Azië	4,9	7	–	–
Afrika	10,4	9	20	1

Besmettingsroutes

Cryptosporidium en *Giardia* kunnen via verschillende routes overgedragen worden. Aangezien de infectieuze (oö)cysten zich in de faeces bevinden, zijn alle routes faecaal-oraal. Directe routes zijn besmetting door contact met geïnfecteerde mensen of dieren. Indirecte routes zijn besmetting van (drink)water of levensmiddelen. De directe routes zijn voor de mens en landbouwhuisdieren de belangrijkste. Er zijn veel gevallen/kleine epidemieën beschreven in kinderdagverblijven [5,7,17] en bij mensen in contact met landbouwhuisdieren [5].

Van de indirecte routes zijn drink- en zwemwatercontact de belangrijkste. De mogelijkheden voor overdracht van deze parasitaire protozoa via water worden versterkt door:

- de lage infectieuze dosis,
- een volledige levenscyclus in één gastheer,
- de uitscheiding van hoge aantallen zeer resistente (oö)cysten; *Giardia* cysten overleefden in water beneden de 10 °C minimaal 77 [18] tot 90 dagen [7]. Bij hogere temperaturen overleefden de cysten duidelijk korter [19], *Cryptosporidium* oöcysten overleefden langer dan 12 maanden in een isotone oplossing bij 4 °C [20] en langer dan 6 maanden in rivierwater [21],
- hun hoge resistentie tegen desinfectiemiddelen,
- hun geringe omvang (oöcysten 3-7 μm, cysten 8-18 μm),
- de brede range van gastheren.

Via drinkwater veroorzaakte epidemieën van *Cryptosporidium* en *Giardia*

Water is een goed gedocumenteerde transmissie route voor *Giardia;* het gerapporteerde aantal via water veroorzaakte epidemieën ligt over de 100 [22], waarvan het overgrote deel in de VS en een aantal in Zweden en Engeland. Daarbij zijn naar schatting 27.000 personen betrokken geweest. Het grootste (ca. 2/3) deel van deze epidemieën is veroorzaakt via drinkwater geproduceerd door waterleidingbedrijven, maar dit getal omvat ook epidemieën via consumptie van oppervlaktewater door zwemmers, duikers en kampeerders. Van de epidemieën via drinkwater vond het grootste deel (42%) plaats in die gebieden waar ruw water werd betrokken van beschermde beken of reservoirs (geen afvalwaterlozing, recreatie e.d.). Dit water wordt slechts marginaal gezuiverd (alleen desinfectie).

Daarnaast werd 9% van de *Giardia* epidemieën veroorzaakt door nabesmetting van het distributiesysteem. Echter, ook via uitgebreider gezuiverd water, door filtratie (al dan niet met chemische voorbehandeling) en desinfectie, hebben epidemieën plaatsgevonden (16% van het totaal). In het overgrote deel (>90%) van de epidemieën voldeed het drinkwater wel aan de kwaliteitseisen voor bacteriën van de coligroep.

Sinds 1984 hebben zich 11 epidemieën door *Cryptosporidium* voorgedaan die via drinkwater verspreid zijn (tabel II). Bij deze epidemieën werd een groot aantal personen getroffen (zie epidemieën in Carrollton, Swindon en Milwaukee). Het totaal aantal getroffen personen bedraagt naar schatting 427.000.

Drie (grote) epidemieën vonden plaats via drinkwater dat vrij uitgebreid werd gezuiverd ('conventional treatment': coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie/chloordesinfectie), al waren onzorgvuldigheden of mankementen in de procesvoering aan te wijzen. Ook hier trad bij het overgrote deel van de epidemieën geen overschrijding van de norm voor bacteriën van de coligroep op.

De grootste, via drinkwater veroorzaakte, epidemie vond in maart-april 1993 plaats in Milwaukee (VS). Naar schatting 403.000 inwoners ontwikkelden een waterige diarree door een infectie met *Cryptosporidium parvum* [1]. De epidemie kwam aan het licht door een zeer wijd verspreide afwezigheid onder ziekenhuispersoneel, studenten en onderwijzend personeel. Op 5 april werd een verhoogd aantal gevallen van diarree bij de gezondheidsinstantie gemeld. Op 7 april werd bij een aantal patiënten *Cryptosporidium* oöcysten in de faeces aangetoond. Bij onderzoek naar de drinkwaterkwaliteit van de twee pompstations van het waterleidingbedrijf in Milwaukee, bleek bij het zuidelijke pompstation eind maart een sterke toename van de troebelheid van rein water (tot 1,7 NTU) opgetreden te zijn. Bij het noordelijke pompstation was geen toename te zien. Beide pompstations namen water in uit Lake Michigan en zuiverden dit met chloor/flocculatie/sedimentatie/snelfiltratie/chlooramine.

TABEL II – *Via drinkwater of mogelijk via drinkwater veroorzaakte epidemieën van cryptosporidiose.*

Plaats	Jaar	Aantal zieken	Type zuivering	Oorzaak	Norm-overschrijding	N oöcysten/l drinkwater	Referentie
Braun Station, Texas, VS	1984	117	gechloord bronwater	faecale verontreiniging bron	–	niet aangetoond	53
Carrollton, Georgia, VS	1987	13.000	conventionele zuivering	onzorgvuldige procesvoering	nee	0,63-2,2	54
Ayrshire, UK	1988	27	conventionele zuivering	nabesmetting	nee	0,04-2,8	55
Swindon, UK	1989	5.000	conventionele zuivering	hergebruik terugspoelwater	nee	0,002-77	56
Loch Lomond, UK	1989	244	gechloord oppervlaktewater	nabesmetting?	–	0,008-0,4	56
North Humbershire, UK	1989	477	bekken, snel- en langzame zand-filtratie, chloring	bypass langzaam zandfilters	nee	niet aangetoond	56
Isle of Thanet, UK	1990-1991	47	?	bronwater aangevuld met oppervlaktewater	–	niet aangetoond	57
Pennsylvania, VS	1991	551	chloring	bron beïnvloed door oppervlaktewater	nee	–	58
Oregon, VS	1992	3.000	gechloord bronwater	bron beïnvloed door oppervlaktewater	nee	–	58
Oregon, VS	1992		filtratie	inadequate filtratie van rivierwater	nee	niet aangetoond	58
Milwaukee, VS	1993	403.000	conventionele zuivering	inadequate zuivering	nee	0,007-0,13[1]	1

[1]: gemeten in gesmolten ijs; er zijn geen gegevens gepubliceerd van de concentraties in drinkwater.

Ondanks verhoogde doses coagulant kon niet verhinderd worden dat de troebeling toenam. Na een daling in de troebeling werd overgeschakeld op een ander coagulatiemiddel (aluminium). Enkele dagen later werd weer een sterk verhoogde troebeling gemeten (1,5 NTU). Uit een inspectie bleek dat de doseringsapparatuur niet optimaal werkte. Het noordelijke produktiebedrijf van Milwaukee heeft gedurende de gehele periode geen verhoogde troebeling waargenomen. Begin april werd een kookadvies uitgegeven en twee dagen later werd het produktiebedrijf gesloten, waarna steeds minder nieuwe ziektegevallen werden gemeld en de epidemie half tot eind april ophield. De oorzaak van deze *Cryptosporidium*-epidemie is naar alle waarschijnlijkheid een piekverontreiniging van het water van Lake Michigan ter hoogte van het innamepunt van het zuidelijke pompstation, door afspoeling van mest naar oppervlaktewater door de voorjaarsregens.
Deze zeer grote epidemie heeft veel opschudding in de Verenigde Staten veroorzaakt. Bij zowel de epidemie in Milwaukee als bij andere epidemieën werd geen normoverschrijdingen geconstateerd van de traditionele procesbewakingsparameters (tabel II). Dit heeft onder andere geleid tot het instellen van de Information Collection Rule, die inhoudt dat de drinkwaterproducenten het ruwe water moeten onderzoeken op het voorkomen van protozoa. Omdat de nu gebruikte microbiologische parameters geen indicatie geven over het voorkomen van de protozoa is kennis over de protozoa-concentraties van belang voor het eventueel aanpassen van de zuivering om veilig drinkwater te kunnen distribueren.
Het produktieproces in Milwaukee werd aangepast door onder andere het innamepunt te verplaatsen, het terugspoelwater niet meer te hergebruiken, de doseringsapparatuur te herzien, continue troebelingsmonitoren te installeren bij elk filter en regelmatig meten van de deeltjesgrootte in zowel ruw als drinkwater.
In Nederland zijn dergelijke epidemieën tot op heden niet geconstateerd.

Voorkomen van *Cryptosporidium* en *Giardia* in water

Cryptosporidium en *Giardia* komen in oppervlaktewater terecht door lozingen van al dan niet gezuiverd rioolwater, afspoeling van mest van landbouwhuisdieren (vooral voor *Cryptosporidium)* en in het wild levende dieren.
In rioolwater zijn *Cryptosporidium*- en *Giardia*-concentraties gevonden van respectievelijk 28-13.700 per l en 3,7-3.800 per l. Rioolwaterzuivering verwijdert de (oö)cysten maar zeer ten dele; in secundair effluent werden *Cryptosporidium*-concentraties gemeten van 4-15.000 per l [23,24].
Mest van landbouwhuisdieren is een zeer significante bron van *Cryptosporidium*. In Nederland wordt *Cryptosporidium* aangetroffen in 55% van kalveren met diarree [25]. Een kalf met cryptosporidiose kan dagelijks circa 10^{10} oöcysten uitscheiden [26]. Ook lammeren en andere (jonge) herkauwers zijn zeer frequent besmet met *Cryptosporidium*.
De natuurlijke fauna is alleen een relevante bron op lokaties die niet onder invloed staan van rioollozingen of mestafspoeling. Er is in de Verenigde Staten een aantal gevallen van *Giardia*-infectie opgetreden door besmetting van onbelast water, waarschijnlijk door besmetting met knaagdierfaeces.
Onderzoek in de VS, Engeland, Schotland en Duitsland laat zien dat *Giardia* en *Cryptosporidium* algemeen voorkomen in oppervlaktewater [27,28,29,30,31]. De gemiddelde aantallen (oö)cysten liggen rond 0,1-1 per liter, met maxima tot enkele honderden per liter. De hoogste concentratie *Cryptosporidium* (5800 per liter) is aangetroffen in irrigatiekanalen van een gebied met intensieve veeteelt [24].
Er bestaat een relatie tussen het aantal *Giardia* en *Cryptosporidium* en de mate van faecale verontreiniging: oppervlaktewater dat wordt belast door afvalwaterlozingen bevat *Cryptosporidium* en *Giardia* aantallen die 10-50 keer hoger liggen dan in water zonder rioollozing of mestafspoeling [28,29]. Of deze relatie ook uit te drukken is in een correlatie tussen het aantal (oö)cysten en indicatorbacteriën is onduidelijk. LeChevallier *et al.* [28] vonden in het ruwe water van 66 oppervlaktewaterbedrijven een significante correlatie tussen thermotolerante bacteriën van de coligroep en *Giardia;* de correlatie met *Cryptosporidium* was eveneens significant, maar minder sterk. In de Maas is een significante correlatie aangetoond tussen *Giardia*-concentraties en aantallen faecale streptococcen en virussen (gemeten als F-specifieke RNA fagen) [32]. Rose *et al.* [29] vonden echter in 181 monsters uit verschillende typen oppervlaktewater wel een significant onderscheid in aantallen (oö)cysten tussen belaste en onbelaste oppervlaktewateren, maar geen significante correlatie tussen het aantal protozoa en indicatororganismen. Zowel Rose *et al.* als LeChevallier *et al.* vonden een significante correlatie tussen het aantal *Giardia* en het aantal *Cryptosporidium,* wat wijst op een gemeenschappelijke bron of het gemeenschappelijk voorkomen van hun verschillende bronnen. Ook in water dat niet wordt beïnvloed door rioollozingen of mest zijn (oö)cysten aangetroffen [29,33]. De (oö)cysten waren in deze gevallen afkomstig van het natuurlijk voorkomende wildbestand.
Uit studies waarin in dezelfde wateren zowel *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn bepaald, blijkt dat de aantallen *Cryptosporidium* hoger liggen dan *Giardia* (1,5-10x) [28,29]. In de Maas blijkt de situatie te variëren: in 1993 werd meer *Giardia* gevonden dan *Cryptosporidium,* in 1994 was dit verschil veel kleiner (tabel III).

In met rioolefluenten verontreinigd water worden met name verhoogde concentraties *Giardia* gevonden [3,28,29,35], terwijl hogere *Cryptosporidium*-concentraties voorkomen in gebieden met diffuse agrarische input [28,29]. Onderzoek naar de seizoensvariatie in de aantallen *Giardia* en *Cryptosporidium* in oppervlaktewater geeft geen eenduidig beeld: Rose *et al.* [29] en Gilmour *et al.* [36] vonden de hoogste aantallen in zomer en herfst. Hansen en Ongerth [37] vonden in de periode juni-september de hoogste aantallen in juni, wat samenviel met een verhoogde afvoer. In een uitgebreid onderzoek naar het voorkomen van *Cryptosporidium* in de rivier Tillingbourne (Eng.) werden de hoogste concentraties waargenomen in juli en augustus tijdens een periode van extreme droogte, bij een minimale afvoer. 30% van de *Cryptosporidium*-pieken kon gecorreleerd worden met een toegenomen regenval [38]. In Nederland [3,34] en Schotland [30] bleken de *Cryptosporidium* en *Giardia*-concentraties het hoogst te zijn in de winterperiode. Oorzaken voor deze seizoensvariatie zijn het seizoensgebonden voorkomen van de bronnen van de (oö)cysten (kalver- en lammerseizoen, mestuitrij-regime, regenval) en een langere overleving van de (oö)cysten bij lagere watertemperaturen [19,20,21].

TABEL III – *Cryptosporidium en Giardia in Maaswater.*

	Cryptosporidium		Giardia		Referentie
Jaar	% positief	oöcysten per l	% positief	cysten per l	
1993	12	0.001	60	0.085	3
1994	90	0.059	85	0.095	34

Daarnaast is ook de recovery van de detectiemethoden afhankelijk van (o.a.) de troebelheid van het water, waardoor het niet goed mogelijk is uitspraken te doen over seizoensvariatie zonder de recovery daarin te betrekken.

Verwijdering van *Cryptosporidium* en *Giardia* bij de drinkwaterbereiding

De gegevens over de verwijderingscapaciteit van zuiveringsprocessen zijn, zeker over *Cryptosporidium*, erg fragmentarisch. De beschikbare gegevens komen zowel uit laboratoriumonderzoek van afzonderlijke zuiveringsprocessen als uit praktijkonderzoek naar het voorkomen van *Cryptosporidium* en *Giardia* in ruw en behandeld water.
Cryptosporidium oöcysten en *Giardia* cysten zijn zeer resistent tegen desinfectiemiddelen. Vrij chloor, monochlooramine en UV zijn volstrekt ontoereikend voor verwijdering van (oö)cysten (zie tabel IV). Chloordioxyde is relatief effectief tegen *Giardia*-cysten en *Cryptosporidium*-oöcysten; de toegestane dosering (0,2 mg/l) is echter onvoldoende voor een significante reductie van *Cryptosporidium*-oöcysten. Alleen ozon kan een substantiële verwijdering van (oö)cysten geven.

Langzame zandfiltratie leverde bij een optimale bedrijfsvoering een verwijdering van *Giardia*-cysten van 99,98-99,99% [46]. De verwijdering was >98% onder alle geteste omstandigheden; alleen bij zeer lage temperaturen (<0,5 °C) nam de verwijderingscapaciteit af tot 93,7%. Voor *Cryptosporidium* is bij 0,5 °C een verwijderingscapaciteit gevonden van 28-50% [47].
Coagulatie/filtratie leverde, bij een goede procesvoering, 99-99,3% verwijdering van *Cryptosporidium*-oöcysten en *Giardia*-cysten [48,49]. De verwijderingscapaciteit was onafhankelijk van het type coagulant (ijzer, aluminium, polymeer) of filtermedium (zand, actief kool, dubbellaags of gemengd) [49]. Suboptimaal procesontwerp of suboptimale bedrijfsvoering kunnen deze verwijderingscapaciteit reduceren tot minder dan 90%.
Filtratie zonder chemische voorbehandeling verwijderde beduidend minder (oö)cysten (0-70% [50]; 80-91% [48]. Voor coagulatie/filtratie bestaat er een relatie tussen de verwijdering van troebelheid en van (oö)cysten, maar deze relatie is niet sterk genoeg om voorspellingen te kunnen doen; verwijdering van troebelheid tot <0,5 NTU (Surface Water Treatment Rule, VS) levert geen garantie voor afdoende verwijdering van (oö)cysten [49].
Het effect van verblijf in spaarbekkens op (oö)cysten is in 1993 en 1994 onderzocht in de bekkens van Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch. Voor 1993 zijn reducties gemeten van 96% voor *Cryptosporidium* en 99,5% voor *Giardia* [3].

Belang voor de drinkwatervoorziening in Nederland

Wat is de betekenis van deze gegevens voor de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater in Nederland?
In Nederland zijn tot op heden geen epidemieën van deze parasieten via drinkwater gesignaleerd, al is *Giardia* tijdens de epidemie van diarree-gevallen in het Scheepvaartkwartier [51] (maart 1981) in relatief hoge frequentie (8%) aangetroffen. De surveillance systemen voor dergelijke epidemieën zijn echter in Nederland minder goed ontwikkeld dan in de VS en Engeland. Bovendien worden faeces van diarree-patiënten maar in een zeer gering percentage onderzocht op deze parasieten. De kans dat een drinkwaterepidemie wordt gesignaleerd in Nederland is daarom relatief klein.
In verschillende opzichten verschilt de situatie in Nederland niet van die van andere westerse landen. De bronnen van *Cryptosporidium* en *Giardia* (mens, schapen, runderen, muskusratten) zijn in Nederland in hoge dichtheid aanwezig. De isolatiepercentages van deze protozoa uit faeces van diarree-patiënten liggen in dezelfde orde van grootte als in andere Westerse landen (zie tabel I).
Cryptosporidium en *Giardia* komen in het Nederlandse oppervlaktewater voor in concentraties die in dezelfde orde van grootte liggen als in Groot-Brittannië. De concentraties in rioolwater en effluent liggen echter lager dan in studies in de VS. Wel een groot verschil is dat de zuivering van oppervlaktewater in Nederland over het algemeen uitgebreider is dan in de VS en Groot-Brittannië. Dit is waarschijnlijk de belangrijkste reden waarom hier geen epidemieën via drinkwater worden gesignaleerd. Ook in Nederland zijn echter chloordesinfectie en coagulatie/filtratie belangrijke barrières tegen ziekteverwekkende micro-organismen bij een aantal oppervlaktewaterbedrijven. Een aantal bedrijven gebruikt ozon in plaats van chloor en een aantal bedrijven past bekkenverblijf en/of langzame zandfiltratie toe als additionele barrière. Door het bestaan van dierlijke reservoirs kan nabesmetting optreden van open reservoirs (spaarbekkens, duinfiltraatbekkens), waardoor een deel van de zuivering teniet wordt gedaan.
Ook in Nederland vormen *Cryptosporidium* en *Giardia* dus op een aantal lokaties een potentiële bedreiging voor de microbiologische veiligheid drinkwater. Hoe groot deze bedreiging is en hoe goed de Nederlandse zuiveringsconfiguraties in staat zijn de (oö)cysten afdoende uit het water te elimineren is nog grotendeels onbekend. Het is daarom van belang om meer inzicht te krijgen in de Nederlandse situatie. Daarvoor is onderzoek nodig naar:
- de emissie van *Cryptosporidium* en *Giardia* naar oppervlaktewater vanuit de verschillende bronnen (rioollozingen, mestafspoeling, natuurlijke fauna);
- de concentratie met *Cryptosporidium* en *Giardia* in oppervlaktewater bestemd voor drinkwaterproduktie en de seizoensvariatie in de concentraties;
- de overleving van de (oö)cysten in water;
- de verwijderingscapaciteit van zuiveringsprocessen voor de protozoa;
- het verbeteren van de opbrengst van de analysemethode, het bepalen van de levensvatbaarheid en typering van de (oö)cysten;
- de waarde van surrogaatparameters (indicator-organismen, deeltjestelling) voor het voorspellen van voorkomen en verwijderbaarheid van deze protozoa.

Naast onderzoek naar deze protozoa bij de Nederlandse oppervlaktewaterbedrijven, vraagt het falen van de huidige microbiologische kwaliteitsparameters, gebleken uit het optreden van epidemieën via drinkwater dat aan de standaard kwaliteitseisen voldeed, om aanvullende eisen teneinde de veiligheid van drinkwater bereid uit oppervlaktewater te kunnen waarborgen. In de Verenigde Staten is daarom de Surface Water Treatment Rule (SWTR) opgesteld, die voorschrijft dat oppervlaktewaterzuiveringen in staat moeten zijn *Giardia* voor 99,9% en virussen voor

TABEL IV – *Gevoeligheid van Cryptosporidium en Giardia voor desinfectiemiddelen (bij 5 °C en pH=7 (tenzij anders aangegeven)).*

Desinfectiemiddel	Cryptosporidium CT_{99}*	Referentie	Giardia CT_{99}*	Referentie
Chloor	7200 (25 °C)	39	93-121	41
Chloordioxyde	51**	39	10,7	42
Chlooramine	7200	39	1400	43
Ozon	7 (7 °C)	40	2,9	44
UV	–	–	1,8***	45

* CT_{99}: concentratie desinfectans (mg/l) x contacttijd (min.) nodig voor 99% inactivatie
** CT_{90}
*** KJ/m^2

99,99% te elimineren (*Cryptosporidium* is daar (nog) niet in opgenomen). In de herziening van de SWTR wordt de benodigde verwijderingscapaciteit afhankelijk gemaakt van de concentratie in het ruwe water. Op dit moment is daar ook de Information Collection Rule in ontwikkeling, die voorschrijft dat alle oppervlaktewaterbedrijven gedurende een jaar hun ruw water moeten onderzoeken op *Cryptosporidium* en *Giardia* (en grotere bedrijven ook op virussen).

Het laatste decennium zijn voor steeds meer ziekteverwekkers dosis-respons relaties vastgesteld, door de ziekteverwekkers in diverse doses toe te dienen aan humane vrijwilligers. Met deze dosis-respons relaties is het mogelijk geworden het risico dat deze ziekteverwekkers opleveren kwantitatief te beschrijven, analoog aan de wijze waarop toxicologische risico's worden beschreven. Daarmee kan ook voor de micro-organismen een maat voor een acceptabel of verwaarloosbaar risico worden gehanteerd als basis voor normstelling in drinkwater. In de VS heeft de US Environmental Protection Agency een gemiddeld infectierisico van <1 per 10.000 personen per jaar via drinkwater als acceptabel gesteld. Virussen en parasitaire protozoa (*Cryptosporidium, Giardia)* zijn de meest geschikte ziekteverwekkers voor een dergelijke benadering, omdat zij vanwege hun hoge infectiviteit, persistentie in oppervlaktewater en resistentie tegen desinfectie (protozoa) of slechte verwijdering door filtratieprocessen (virussen) de meest kritische microbiologische parameters zijn voor de drinkwaterbereiding. Vertaling van het acceptabele gemiddelde infectierisico naar richtlijnen voor de drinkwaterkwaliteit leidt tot zeer lage maximaal toelaatbare gemiddelde concentraties virussen en parasitaire protozoa, in de grootte-orde van 10^{-6} per liter [52]. Deze lage concentraties liggen ver onder de onderste analyse grens van de detectiemethode en structureel onderzoek van drinkwater op deze protozoa is daarom niet uitvoerbaar.

Volgens deze benaderingswijze verschuift de huidige nadruk op eindproduktbewaking met indicator-bacteriën naar onderzoek over concentraties ziekteverwekkende micro-organismen in de grondstof en beheersing van de eliminatie van deze organismen in het zuiveringsproces teneinde drinkwater te produceren met een acceptabel infectierisico. De overheid onderzoekt momenteel of en hoe deze benadering past in het risicobeleid van VROM en of de uitgangspunten die in de VS gebruikt zijn ook de juiste zijn voor de Nederlandse situatie.

Literatuur

1. Mackenzie, W. R., Hoxie, N. J., Proctor, M. E., Gradus, M. S., Blair, K. A., Peterson, D. E., Kazmierczak, J. J., Addiss, D. G., Fox, K. R., Rose, J. B. en DavisJ. P. (1994). *A massive outbreak in Milwaukee of Cryptosporidium infection transmitted through the public water supply.* N. Eng. J. Med., 331:161-167.
2. Miller, K. J. (1994). *Protecting consumers from cryptosporidiosis.* J.AWWA, 86:8/110.
3. Ketelaars, H. A. M., Medema, G. J., Breemen, L. W. C. A. van, Kooij, D. van der, Nobel, P.J. en Nuhn, P. (1995a). *Occurrence of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in the River Meuse and removal in the Biesbosch storage reservoirs (the Netherlands).* Aqua 44, suppl. 1:108-111.
4. Tyzzer, E. E. (1907). *A protozoan found in the peptic glands of the common mouse.* Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 5:12-13.
5. Ungar, B. L. P. (1990). *Cryptosporidiosis in humans (Homo sapiens). In: J. P. Dubey, C. A. Speer en R. Fayer (eds). Cryptosporidiosis of man and animals.* CRC Press. Boca Raton: 59-82.
6. Fayer, R., Speer, C. A. en Dubey, J. P. (1990). *General biology of Cryptosporidium. In: J. P. Dubey, C. A. Speer en R. Fayer (eds). Cryptosporidiosis of man and animals.* CRC Press. Boca Raton: 1-29.
7. Smith, H. V. (1991). *Parasitic protozoa in drinking water.* Proceedings First UK national symposium on Health-related Water Microbiology, Glasgow, 3-5 september 1991.
8. Meyer, E. A. (1994). *Giardia as an organism. In: Thompson, R. C. A., Reynoldson, J. A. en Lymbery, A. J. (eds.) Giardia: from molecules to disease.* Cab int. Wallingford UK, pp. 3-14.
9. Davies, R. R. en Hibler, C. P. (1979). *Animal reservoirs and cross-species transmission of Giardia. In: W. Jakubowski en J. C. Hoff (eds.). Waterborne transmission of giardiasis.* US EPA. Cincinnati:104-126.
10. Erlandsen, S. L., Sherloch, L. A., Januschka, M., Schupp, D. G., Schaeffer III, F. W., Jakubowski, W. en Bemrick, W. J. (1988). *Cross-species transmission of Giardia spp.: inoculation of beavers and muskrats with cysts of human, beaver, mouse and muskrat origin.* Appl. Environ. Microbiol., 54:2777-2785.
11. Belosevic, M. en Faubert, G. M. (1990). *Animal models for infections with G. duodenalis-type organisms. In: E. A. Meyer (ed.). Human parasitic diseases,* Vol. 3, Giardiasis. Elsevier Sci. Publ. New York: 77-90.
12. Bemrick, W. J. (1984). *Some perpectives of the transmission of giardiasis. In: S. L. Erlandsen en E. A. Meyer (eds.). Giardia and giardiasis.* Plenum Press. New York: 379-400.
13. Istre, G. R., Dunlop, T. S., Gasperd, G. B. en Hopkins, R. S. (1984). *Waterborne giardiasis at a mountain resort: evidence of acquired immunity.* Am. J. Public Health, 74:602-604.
14. Casemore, D. P. (1985). *Cryptosporidium species a 'new' human pathogen.* J. Clin. Pathol., 38:1321-1336.
15. Farthing, M. J. G. (1994). *Giardiasis as a disease. In: Thompson, R. C. A., Reynoldson, J. A. en Lymbery, A. J. (eds.) Giardia: from molecules to disease.* Cab int. Wallingford, UK, pp. 15-38.
16. Casemore, D. P. (1990). *Epidemiological aspects of human cryptosporidiosis.* Epidemiol. Infect., 104:1-28.
17. Bosch, D. A. van den (1991). *Prevalentie van Giardia lamblia in peuterspeelzalen en kinderdagverblijven in Tilburg.* Infectieziekten-bulletin, 2(8):2-6.
18. Bingham, A. K., Jarrol, E. L. en Meyer, E. A. (1979). *Giardia sp.: physical factors of excystation in vitro and excystation vs eosin exclusion and determinants of viability.* Exp. Parasitol., 47:284-291.
19. Wickramanayake, G. B., Rubin, A. J. en Sproul, O. J. (1985). *Effects of ozone and storage temperature on Giardia cysts.* J. AWWA, 77:74-77.
20. Smith, H. V. (1992). *Cryptosporidium and water: A review.* J. IWEM, 6:443-451.
21. Robertson, L. J., Campbell, A. T. en Smith, H. V. (1993). *Survival of Cryptosporidium parvum oocysts under various environmental pressures.* Appl. Environ. Microbiol., 58:3494-3500.
22. Craun, G. F. (1990). *Waterborne giardiasis. In: Meyer, E. A. (ed). Giardiasis.* Elsevier Sc. Publ.: 267-293.
23. Rose, J. B., Cifrino, A., Madore, M. S., Gerba, C. P., Sterling, C. R. en Arrowood, M. J. (1986). *Detection of Cryptosporidium from wastewater and freshwater environments.* Water Sci. Technol., 18:233-239.
24. Madore, M. S., Rose, J. B., Gerba, C. P., Arrowood, M. J. en Sterling, C. R. (1987). *Occurrence of Cryptosporidium oocysts in sewage effluents and selected surface waters.* J. Parasitol., 73:702-705.
25. Leeuw, P. W. de, Moerman, A., Pol, J. M. A., Talmon, F. P. en Zijderveld, F. G. (1984). *Epidemiological observations on cryptosporidiosis in dairy herds in the Netherlands.* Proceedings 13th World Congress on Diseases in Cattle, Durban, Zuid Afrika, p.104.
26. Angus, F. W. (1990). *Cryptosporidiosis in ruminants. In: J. P. Dubey, C. A. Speer en R. Fayer (eds). Cryptosporidiosis of man and animals.* CRC Press. Boca Raton: 1-29.
27. Exner, M. en Gornik, V. (1990). *Cryptosporidiosis. Karakterisierung einer neuen Infektion mit besonderer Berücksichtigung des Wassers als Infectionsquelle.* Zbl. Hyg., 190:13-25.
28. LeChevallier, M. W., Norton, W. D. en Lee, R. G. (1991a). *Occurrence of Giardia and Cryptosporidium spp. in surface water supplies.* Appl. Environ. Microbiol., 57:2610-2616.
29. Rose, J. B., Gerba, C. P. en Jakubowski, W. (1991). *Survey of potable water supplies for Cryptosporidium and Giardia. Environ.* Sci. Technol., 25:1393-1400.
30. Smith, H. V., Grimason, A. M., Benton, C. en Parker, J. F. W. (1991). *The occurrence of Cryptosporidium spp. oocysts in Scottish waters, and the development of a fluorgenic viability assay for individual Cryptosporidium spp. oocysts.* Wat. Sci. Technol., 24:632-635.
31. Smith, H. V., Robertson, L. J., Gilmour, R. A., Morris, G. P., Girdwood, R. W. A. en Smith., P. G. (1993). *The occurrence and viability of Giardia cysts in Scottish raw and final waters.* J. IWEM, 7:632-635.
32. Ketelaars, H. A. M., Medema, G. J. en Pikaar-Schoonen, C. P. R. (1995b). *Het voorkomen van Cryptosporidium en Giardia in de Maas, correlaties met waterkwaliteitsparameters en verwijdering in de Biesbosch spaarbekkens.* Rapport Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch. Werkendam. (In voorbereiding).
33. Ongerth, J. E. (1989). *Giardia cyst concentrations in river water.* J. AWWA, 81:81-86.
34. Medema, G. J., Kruidenier, L., Ketelaars, H. A. M., Breemen, L. W. C. A. en Havelaar A. H. (1995). *Cryptosporidium and Giardia in surface water: occurrence and correlation with indicator parameters.* (In voorbereiding:)
35. Payment, P, en Franco, E. (1993). *Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts.* Appl. Environ. Microbiol., 59:2418-2424.
36. Gilmour, R. A., Smith, H. V., Smith, P. G., Morris, G. P. en Girdwood, R. W. A. (1991). *The occurrence and viability of Giardia spp. cysts in UK waters.* Wat. Sci. Technol., 24:179-182.
37. Hansen, J. S. en Ongerth, J. E. (1991). *Effects of time and watershed characteristics on the concentration of Cryptosporidium oocysts in river water.* Appl. Environ. Microbiol., 57:2790-2795.
38. Poulton, M. J., Colbourne, J. C. en Dennis, P. J. (1991). *Thames Water's experiences with Cryptosporidium.* Wat. Sci. Technol., 24:21-26.
39. Sterling, C. R., Korich, D. G., Mead, J. R., Madore, M. S. en Sinclair, N. A. (1989). *Chlorine and ozone inactivation of Cryptosporidium oocysts.*

• *Vervolg op pagina 709.*

Hernebring, C. (1981). *On flocculation efficiency in water treatment.* Chalmers University of Technology, Department of Sanitary Engineering, Dissertation no 4, Göteborg.
Kamp, P. C. (1993). *Bezinkproef in situ en verwerking van de resultaten, uit: Het coagulatieproces in de negentiger jaren.* Kiwa rapport SWE 93.020.
Nieuwenhuyze, R. F. van en Koppers, H. M. M, (1995). *'Spoelwater- en slibverwerking: State of the art' Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleidingbedrijven'.* Delft, 13-16 juni 1995, pp 30.
Vos, G., (1995). *'Spoelwaterzuiveringsinstallaties Nutsbedrijf Regio Eindhoven', Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleidingbedrijven'.* Delft, 13-16 juni 1995, pp 13.
Wortel, N. C., & Koreman, E. A. (1995). *'Spoelwater- en slibverwerking: onderzoek' Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleidingbedrijven'.* Delft, 13-16 juni 1995, pp 30.

● ● ●

Kralingse Plas

• *Vervolg van pagina 698.*

van het effect van stabilisering en versteviging van de waterbodem en reductie van de algengroei. Hoewel optimisme hier past, kunnen geen garanties worden geboden.

Conclusies

De huidige toestand van de Kralingse Plas kan worden verbeterd. Voor het verbeteren van de huidige toestand in de richting van dit streefbeeld zijn drie scenario's ontwikkeld, die verschillen in ecologisch rendement, het effect op de recreatie en kosten. In elk van de scenario's is naar een optimale afstemming gestreefd tussen recreatie en ecologie in het stedelijke gebied van Rotterdam. Het Hoogheemraadschap kan – samen met de andere bij de Kralingse Plas betrokken actoren – nu een keuze maken die past bij de gewenste ontwikkeling en de beschikbare middelen. In hoeverre het streefbeeld-scenario uitgevoerd kan worden is afhankelijk van de draagwijdte van de herstelplannen bij de bevolking en andere belanghebbenden. Voordat herstelmaatregelen worden uitgevoerd, moet nader onderzoek plaatsvinden, vooral naar het toestaan van peilfluctuaties en de urgentie voor waterbodemsanering.

Literatuur

1. Smit, D. de, & Wierenga, R. D. J. (1993). *Integrale eutrofiëringsbestrijding Kralingse Plas. Deelrapporten Water- en stoffenbalansen en Modelberekeningen.* Hoogheemraadschap van Schieland, Rotterdam.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1994). *Evaluatie Nota Water.* Regeringsbeslissing.
3. Jong, G. L. J. de, & Hokken, M. P. (1994). *Integrale eutrofiëringsbestrijding Kralingse Plas. Inventariserend onderzoek waterfase en levensgemeenschappen.* Hoogheemraadschap van Schieland, Rotterdam.
4. Lijklema, L., Radovanovic, H., Ydema, T. S. J. & Portielje, R. (1993). *Sedimentanalyse en nalevering van nutriënten in de Kralingse Plas.* Rapport, Vakgroep Natuurbeheer, LUW.
5. Hutchinson, G. E. (1967). *A treatise on limnology. Vol.II. Introduction to lake biology and the limnoplankton.* Wiley & Sons, New York.
6. Hosper, S. H., Meijer, M. L. & Walker, P. A. (red.) (1992). *Handleiding Actief Biologisch Beheer.* RIZA, Lelystad.
7. Vischer, L. W. A. (1981). *Onderzoek naar de macrofauna in wateren met bekende verschillen in de groeisnelheid van de brasem (Abramis brama L.).* Doctoraalverslag, Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwuniversiteit Wageningen.
8. Witteveen+Bos (1995). *Plan van aanpak Kralingse Plas.* In opdracht van het Hoogheemraadschap van Schieland.

● ● ●

Cryptosporidium en *Giardia*

• *Vervolg van pagina 704.*

Proceedings AWWA Water Quality Technology Conference, November 1989, Philadelphia.
40. Finch, G. R., Black, E. K., Gyürék, L. en Belosevic, M. (1993). *Ozone inactivation of Cryptosporidium parvum in demand-free phosphate buffer determined by in vitro excystation and animal infectivity.* Appl. Environ. Microbiol., 59:4203-4210.
41. Clark, R. M. en Regli, S. (1993). *Development of Giardia C.t values for the Surface Water Treatment Rule.* J. Environ. Sci. Health, A28(5):1081-1097.
42. Leahy, J. G., Rubin, A. J. en Sproul, O. J. (1987). *Inactivation of Giardia muris cysts by free chlorine.* Appl. Environ. Microbiol., 53:1448-1453.
43. Rubin, A. J. (1988). *Factors affecting the inactivation of Giardia cysts by monochloramine and comparison with other disinfectants.* Proceedings Conference on Current Research in Drinking Water Treatment, US EPA rapport EPA/600/9-88/004, Cincinnati, pp. 224-229.
44. Wickramanayake, G. B., Rubin, A. J. en Sproul, O. J. (1984). *Inactivation of Giardia lamblia cysts with ozone.* Appl. Environ. Microbiol., 48(3):671-672.
45. Karanis, P., Maire, W. A., Seitz, H. M. en Schoenen, D. (1992). *UV sensitivity of protozoan parasites.* J. Water SRT-Aqua, 41(2):95-100.
46. Bellamy, W. D., Silverman, G. P., Hendricks, D. W. en Logsdon, G. S. (1985). *Removing Giardia cysts with slow sand filtration.* J. AWWA, 77:55-60.
47. Fogel, D., Isaac-Renton, J., Guasparini, R., Moorehead, W. en Ongerth, J. (1993). *Removing Giardia and Cryptosporidium by slow sand filtration.* J. AWWA, 85:77-84.
48. Mosher, R. R. en Hendricks, D. W. (1986). *Rapid rate filtration of low turbidity water using field-scale pilot filters.* J. AWWA, 78:42-51.
49. LeChevallier, M. W., Norton, W. D. en Lee, R. G. (1991b). *Evaluation of a method to detect Giardia and Cryptosporidium in water. In: J. R. Hall & G. D. Glysson (eds.) Meeting new challenges, ASTM STP 1102.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia.
50. Al-Ani, M. Y., Hendricks, D. W., Logsdon, G. G. en Hibler, C. P. (1986). *Removing Giardia cysts from low turbidity waters by rapid rate filtration.* J. AWWA, 78:66-73.
51. Huisman, J. en Nobel, P. J. (1981). *Enkele epidemiologische gegevens over de gevolgen van de faecale drinkwaterverontreiniging in het Scheepvaartkwartier te Rotterdam in maart 1981.* H_2O, 14(26):642-646.
52. Regli, S., Rose, J. B., Haas, C. N. en Gerba, C. P. (1991). *Modeling the risk from Giardia and viruses in drinking water.* J. AWWA, 83:76-84.
53. D'Antonio, R. G., Winn, R. E, Taylor, J. R., Gustafson, T. L., Current, W. L., Rhodes, M. M., Gary, G. W., & Zajac, R. A. (1985). *A waterborne outbreak of cryptosporidiosis in normal hosts.* Ann. Intern. Med., 103:886-888.
54. Hayes, E. B., Matte, T. D., O'Brien, T. R., McKinley, T. W., Logdson, G. S., Rose, J. B., Ungar, B. L. P., Word, D. M., Pinsky, P. F., Cummings, M. L., Wilson, M. A., Long, E. G., Hurwitz, E. S. en Juranek, D. M. (1989). *Large community outbreak of cryptosporidiosis due to contamination of a filtered public water supply.* N. Engl. J. Med., 320:1372-1376.
55. Smith, H. V., Girdwood, R. W. A., Hardie, R., Green, L. A., Benton, C., Tulloch, W., Sharp, J. C. M. en Forbes, G. I. (1988). *Waterborne outbreak of cryptosporidiosis.* Lancet, 2:1484.
56. Badenoch, J. (1990). *Cryptosporidium in water supplies.* HMSO. London.
57. Joseph, C., Hamilton, G., O'Connor, M., Nicholas, S., Marshall, R. en Maxwellsmith, R. (1991). *Cryptosporidiosis in the Isle of Thanet: an outbreak associated with local drinking water.* Epidemiol. Infect., 107:509-519.
58. Moore, A. C., Herwaldt, B. L., Craun, G. F., Calderon, R. L., Highsmith, A. K. en Juranek, D. D. (1994). *Waterborne disease in the United States, 1991 and 1992.* J. AWWA, 86:87-99.

● ● ●

EWPCA-NVA Conference on Future Water Quality Management in Europe

Future Water Quality Management in Europe is an international Conference organized by the European Water Pollution Control Association (EWPCA) in cooperation with the Netherlands Association on Water Management (NVA) and Aquatech.
The Conference will be held in September 26-27, 1996 in the RAI Conference Centre in Amsterdam, together with the 16th Aquatech Exhibition.
Future Water Quality Management is an important issue at the agenda of the European Community. The EC calls for sustainable water management, ecologically sound and rational water management, conservation and restoration of water resources and ecosystems.
Several directives and other regulations have been produced by the EC in the past and others are being prepared. This conference aims to discuss the environmental and social-economic effects of past legislation, the needs for future directives and their anticipated effects on water quality, water pollution control and effluent standards.
Papers and posters are presented. A call for papers is available.
Information can be obtained from: Conference secretariat, Buerweg 51, 1861 CH Bergen, telephone 0725 - 89 90 62.