

Toxicologische aspecten van drinkwater; probleemstelling

Voordracht gehouden tijdens de 33e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Toxicologische aspecten', die op 8 en 9 januari 1981 aan de TH Delft werd gehouden.

1. Inleiding

Terugblikkend op het afgelopen decennium, moet worden gesteld dat zich in deze periode op het terrein van de drinkwatervoorziening en de milieuhygiëne in het algemeen ingrijpende vragen hebben aangediend. Verschuivingen van aandachtsvelden hebben zich afgetekend, die grote betekenis hebben gehad en mogelijk nog zullen hebben voor verdere ontwikkelingen op het gebied van de drinkwaterproductie. Was tot voor kort de drinkwatervoorziening in eerste instantie gericht op de distributie

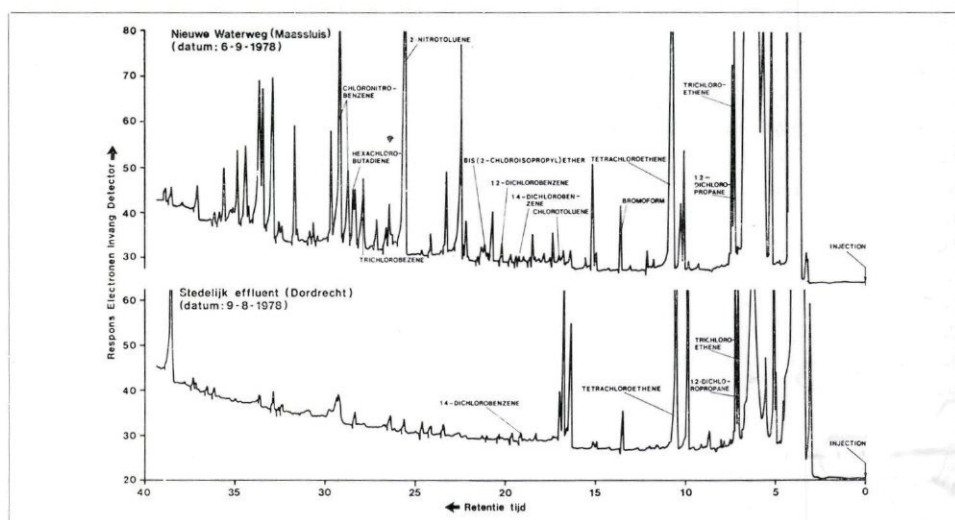
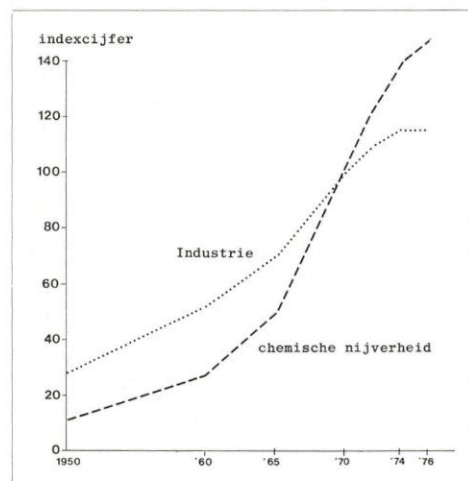


DR. T. TROUWBORST
Ministerie van Volksgezondheid
en Milieuhygiëne

van in bacteriologisch opzicht betrouwbaar drinkwater als één van de belangrijkste preventieve hygiënische voorzieningen, thans vragen met name de aspecten van de chemische verontreiniging de aandacht. Deze ontwikkeling staat echter niet op zichzelf. De in de laatste decennia snel toegenomen milieuverontreiniging als gevolg van de intensivering van de menselijke activiteiten heeft aanleiding gegeven tot een niveau van verontreiniging van het milieu dat voor de drinkwatervoorziening consequenties ging krijgen en vragen opwierp ten aanzien van de betrouwbaarheid van het uit verontreinigd water bereide drinkwater. Dat daarbij ook het voordien onverdachte grondwater in opspraak kwam zal voor velen een extra verrassing zijn geweest.

Hoe deze ontwikkeling met name in de laatste decennia versneld heeft plaatsgevonden kan onder andere worden afgeleid

Afb. 1 - Hoeveelheidsindexcijfers industriële productie Nederland, 1970 = 100, 1950 - 1976.



Afb. 2 - Gaschromatografische analyse van extracten van rivierwater en stedelijk effluent op organische microverontreinigingen, detecteerbaar met een electronen invangdetector na scheiding op een 50 meter glazen capillaire kolom (OV₁). Uit: Zoeteman, B. C. J. *H₂O* 12 (1979), blz. 236-240.

uit de toename van de industriële activiteiten (afb. 1). Terwijl in de jaren 1950 - 1976 de productie van de industrie als geheel is toegenomen met ruim een factor 4, nam de productie van de chemische industrie in deze periode toe met een factor 12. Niet alleen de hoeveelheid maar ook de verscheidenheid van in het milieu voorkomende stoffen zal daarbij zijn toegenomen. Met de beschikbaarheid van gevoelige meettechnieken kon de aanwezigheid van een groot scala van chemische stoffen ondertussen ook worden bevestigd (afb. 2). Hierdoor ontstond een toenemende onzekerheid ten aanzien van de effecten van de verontreiniging in het algemeen en de mate waarin deze van invloed is op de deugdelijkheid van het drinkwater. Deze ontwikkeling noopte tot een nieuwe aanpak voor zowel de drinkwaterproducenten als de overheid:

a. De drinkwaterproducent zag zich in verband met zijn verplichting tot levering van deugdelijk drinkwater genooddakt om technische maatregelen te nemen om aan de verontreiniging het hoofd te bieden en daarbij op mogelijke ontwikkelingen te anticiperen. De toenemende onzekerheid noopte tot verdergaande controle.

b. Voor de overheid ontstond een steeds toenemende taak om de verontreiniging via regulerende maatregelen in te perken teneinde de kwaliteit van het milieu i.c. de bron van de drinkwatervoorziening te kunnen veiligstellen.

De maatregelen welke door de overheid werden genomen verliepen nu langs twee hoofdlijnen: emissiebeperking (bestrijding van de verontreiniging bij de bron) en stellen van kwaliteitseisen.

Het milieuhygiënische beleid kenmerkt zich daarbij door aspecten van a) *herkennen*

b) *evalueren* c) *bestrijden* en d) *voorkomen* van de verontreiniging.

Het behoeft geen betoog, dat voor een effectief beleid nauwe samenwerking tussen de gebruiker (i.c. de drinkwaterproducent) en de overheid van groot belang is. De uitgangspunten en effectiviteit van het overheidsbeleid ten aanzien van de beperking van de verontreiniging zullen immers sterk bepalend zijn voor de — ook op lange termijn — door de drinkwaterproducenten in verband met hun verantwoordelijkheid tot levering van deugdelijk drinkwater aan te wenden zuiveringstechnieken.

Anderzijds kan worden gesteld, dat de effecten van de verontreiniging op de — na zuivering — verkregen drinkwaterkwaliteit een belangrijke motivatie vormen voor het door de overheid te voeren sanerings- en randvoorwaardenbeleid. Als gezamenlijke doelstelling kan derhalve worden geformuleerd: het aan de consument leveren van een met redelijke zekerheid als betrouwbaar gekwalificeerd drinkwater, geproduceerd middels een effectieve vorm van zuivering, uitgaande van een met redelijke zekerheid betrouwbare kwaliteit van de grondstof.

Bovenstaande aspecten laten zich in het kader van het onderwerp herleiden tot de volgende kernvragen:

a. welke aspecten t.a.v. de kwaliteit vragen de aandacht?

b. welke resultaten kunnen van de overheidsmaatregelen worden verwacht ten aanzien van het veiligstellen van de drinkwatervoorziening in toxicologisch opzicht op lange termijn en wat zijn daarbij de uitgangspunten?

Alvorens op deze aspecten nader in te gaan is een voorafgaande oriëntatie ten

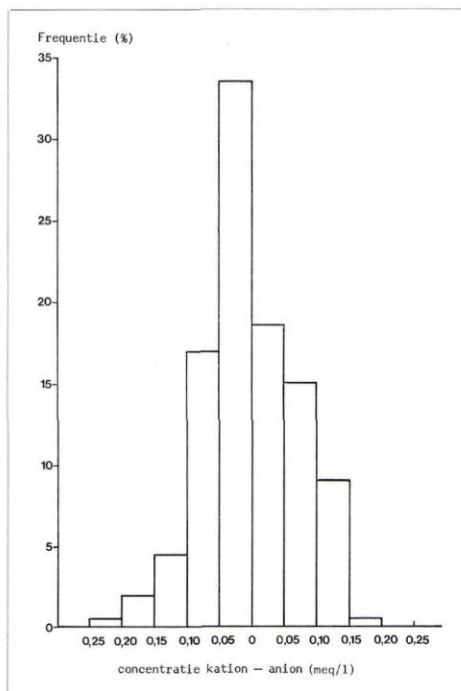
aanzien van de niveaus van verontreiniging in drinkwater in Nederland van belang.

2. De drinkwaterkwaliteit af-pompstation in Nederland

Voor de bewaking en zekerstelling van de kwaliteit van het drinkwater in toxicologisch opzicht is men in eerste instantie aangewezen op de chemische kwaliteitscontrole. Gecontroleerd wordt op een groot aantal parameters die elk voor zich elkaar aanvullende informatie geven over de kwaliteit van het water.

Aan de hand van analyses van ca. 200 pompstations uitgevoerd door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid in het jaar 1979 in het kader van het jaarlijkse drinkwateronderzoek in opdracht van de hoofdinspecteur van de Volksgezondheid belast met het toezicht op de hygiëne voor het milieu kan het volgende worden opgemerkt: De frequentie verdeling over de pompstations van de concentratie aan totaal kation (afb. 3) laat zien, dat er concentraties lager dan 1 tot 16 meq. totaal kation per liter worden gevonden. De mediane waarde van de verdeling is 3 meq/l. De grootste bijdrage tot deze ionen concentratie wordt geleverd door de ionen van Na, K, Ca en Mg.

Het verschil van de hoeveelheid kation - anion geeft een indicatie van de hoeveelheid aanwezige, niet met de genoemde parameters (afb. 4) gemeten — dus onbekende ionen. Dit verschil is minder dan 0.25 meq/l, zodat kan worden geconcludeerd, dat de samenstelling van het water ten aanzien van de anorganische, ionogene stoffen redelijk goed gedefinieerd is. De genoemde parameters hebben op het gemeten niveau geen sterke toxicologische

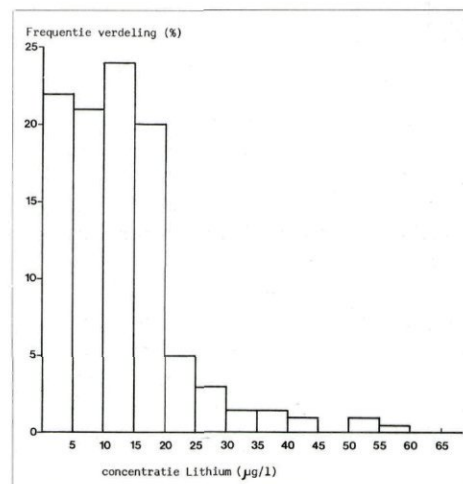


Afb. 4 - Frequentie verdeling pompstations naar concentratie kation - anion (meq/l) ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{Fe} + \text{Mn}$) - ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^- + \text{NO}_2^-$).

bezwaren, alhoewel beperking ten aanzien van het natriumgehalte en met het oog op corrosiviteit gewenst is. Sommige anorganische stoffen (zoals bv. Pb, As) kunnen bij relatief lage concentraties reeds toxisch zijn. Met controle door incidentele metingen kan hierover voldoende inzicht worden verkregen, waarbij het van belang is om ingeval van hoge of toenemende concentraties de oorzaak op te sporen. Zo zijn onlangs door het RIV analyses uitgevoerd naar het lithium gehalte in drinkwater, waarbij concentraties

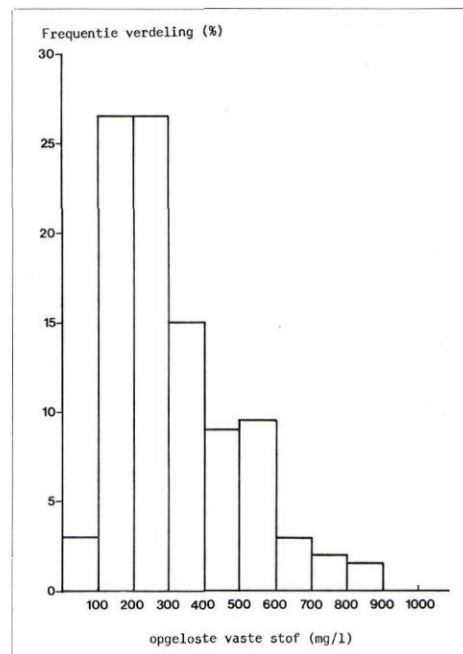
werden gemeten tussen minder dan 5 en 60 μg lithium per liter (afb. 5). Een verdere indicatie van de totale hoeveelheid aanwezige stoffen wordt verkregen uit de droogrestbepaling. Hiervoor worden waarden gevonden van kleiner dan 100 tot 900 mg/l (afb. 6). Tot deze waarden wordt voor een deel bijgedragen door het aanwezige SiO_2 , welke stof aanwezig is in concentraties van kleiner dan 5 tot 45 mg/l (afb. 7).

Het verschil tussen het gemeten vaste stof gehalte en het uit de gemeten anorganische stof berekende vaste stof gehalte (gecorrigeerd voor de omzetting bij droging van bicarbonaat in carbonaat) is weergegeven in afb. 8. Hiervoor werden waarden gevonden van - 10 tot + 40 mg/l, met een

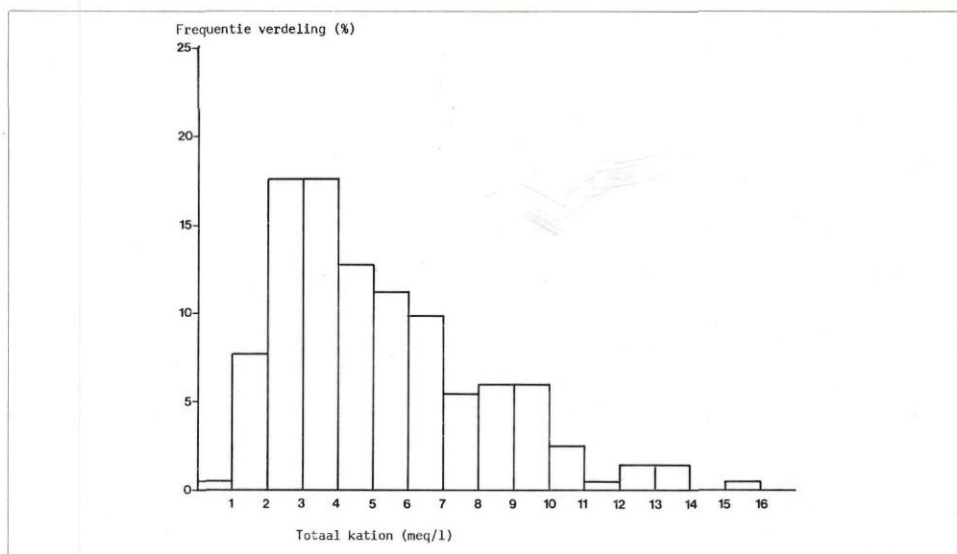


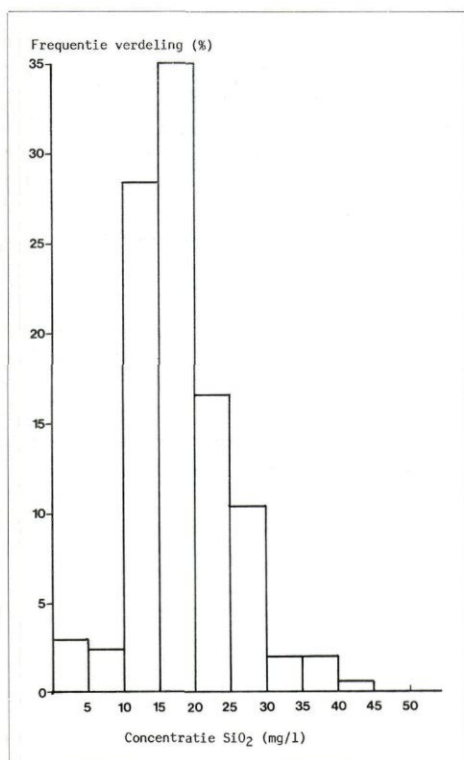
Afb. 5 - Frequentie verdeling pompstations naar Lithium concentratie ($\mu\text{g/l}$).

Afb. 6 - Frequentie verdeling pompstations naar opgeloste vaste stof (mg/l).



Afb. 3 - Frequentie verdeling pompstations naar Totaal kation ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{Fe} + \text{Mn}$).



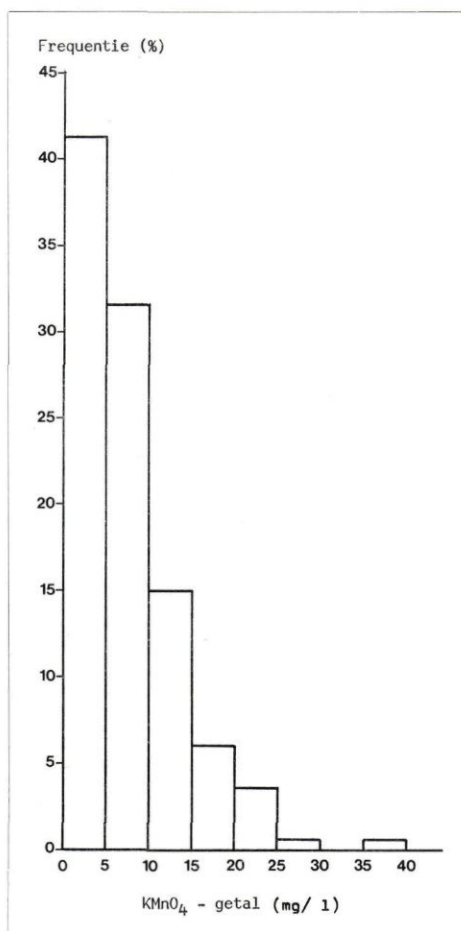
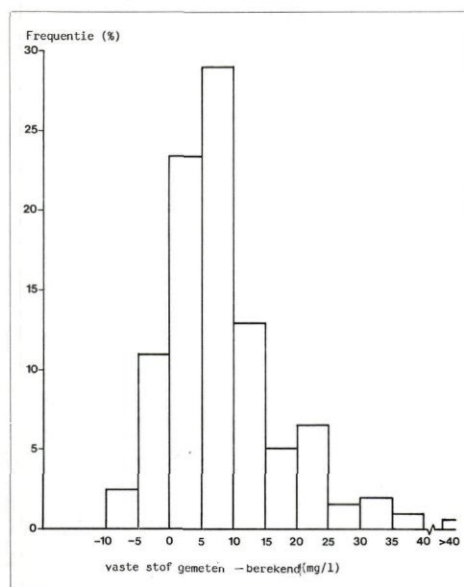


Afb. 7 - Frequentie verdeling pompstations naar SiO₂ gehalte (mg/l).

enkele uitschieter boven 40 mg/l. De grote verschillen moeten zijn veroorzaakt door niet geïdentificeerde stof (hydraat, organische stof, hydroxiden of nog aanwezig bicarbonaat).

Dit verschil geeft tevens een indruk over de onzekerheidsmarge, dat wil zeggen de hoeveelheid onbekende stoffen, voorzover het de niet-vluchtige componenten betreft. Een indicatie ten aanzien van de hoeveelheid organische stof wordt verkregen uit het

Afb. 8 - Verdeling pompstations: opgeloste vaste stof gemeten - berekend (mg/l).



Afb. 9 - Verdeling pompstations: KMnO₄-getal (mg/l).

KMnO₄-getal, waarvoor waarden worden gevonden van kleiner dan 5 tot 40, met een gemiddelde waarde van ca. 6 (afb. 9). Bedacht moet echter worden, dat niet alle

organische stoffen een evenredige bijdrage geven tot het KMnO₄-getal [1, 2]. Alhoewel de samenstelling van de organische stoffen niet bekend is, mag worden gesteld, dat het grootste deel hiervan van natuurlijke oorsprong zal zijn.

De laatste jaren zijn ontwikkelingen op gang gekomen om categorieën van stoffen die in toxicologisch opzicht verdacht zijn, via zgn. som- en groepsparameters te meten, zoals o.a. nu ook in normen in de EG-richtlijn met betrekking tot de kwaliteitseisen van water bestemd voor menselijke consumptie (80/778/EEG) tot uitdrukking is gebracht (zie tabel I).

Gesteld kan worden, dat door deze meer specifieke analyses het inzicht in het totale niveau van mogelijk schadelijke stoffen groeiende is (zie ook 3.1.).

Op deze plaats moet worden opgemerkt, dat voor de veiligstelling van de drinkwatervoorziening — dat wil zeggen het krijgen van zekerheid ten aanzien van de aanwezigheid van mogelijk schadelijke stoffen — de bescherming van de bron en het voorkómen van onbekende lozingen de beste garantie biedt voor de kwaliteitszekerheid. Voor grondwaterwinningen betekent dit een bescherming van het waterwingebied [3]. Voor oppervlaktewaterwinningen betekent dit inzicht in de lozingen en veiligstelling van de innamepunten.

De vraag wordt vervolgens, welke kwaliteit grondstof vereist is voor de productie van betrouwbaar drinkwater. Het antwoord op deze vraag moet daarbij worden gezien in relatie tot de aan te wenden zuiverings technieken.

TABEL I - Parameters en normen voor organische stoffen volgens de EG richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

Parameters		Richtniveau (RN)	Maximaal toelaatbare concentratie (MTC)
1. Oxydeerbaarheid (KMnO ₄ in zuur milieu)	mg/l O ₂	2	5
2. Chloroform extract, droogrest	mg/l	0,1	—
3. Koolwaterstoffen na ether extractie	µg/l	—	10
4. Fenolen (fenolgetal)	µg/l C ₆ H ₅ OH	—	0,5
5. Oppervlakte-actieve stoffen (die reageren op methyleen-blauw)	µg/l (laurylsulfaat)	—	200
6. Pesticiden en aanverwante producten (w.o. PBC, PCT)		—	
a. per afzonderlijke stof	µg/l	—	0,1
b. totaal	µg/l	—	0,5
7. Andere dan onder 6 genoemde gechloreerde koolwaterstoffen	µg/l	1 (de concentratie aan haloformen moet zoveel mogelijk worden verlaagd)	—
8. Aromatische polycyclische koolwaterstoffen	µg/l	—	0,2

3. Toxicologische aspecten van de bron

3.1. Uitgangspunten

Hoewel het in principe mogelijk moet zijn om uit zeer verontreinigd water drinkwater te maken door toepassing van geavanceerde (maar kostbare) technieken, is het uitgangspunt dat de bron waaraan het water wordt onttrokken een zodanige kwaliteit moet hebben, dat met relatief eenvoudige middelen een betrouwbaar eindproduct kan worden verkregen.

Deze gedachte vindt zijn weerslag in de EG-richtlijn betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater, dat is bestemd voor de productie van drinkwater (75/440/EEG). Hierin wordt de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater verdeeld in 3 klassen: A₁, A₂ en A₃ (tabel IIa) welke gerelateerd zijn aan enkele gangbare modelprocedures van zuivering (tabel IIb). Oppervlaktewater met slechtere kwaliteit dan aangegeven met de imperatieve grenswaarden voor de klasse A₃ mag normaal niet voor de drinkwaterproductie worden gebruikt. De kwaliteit A₃ wordt hierbij gezien als een te saneren kwaliteit: de lidstaten dienen een actieplan op te stellen met een tijdschema tot sanering van het oppervlaktewater, in bijzonderheid dat van de categorie A₃. De imperatieve grens-

TABEL IIb.

Definitie van de procédés van de wijzen van behandeling, waardoor oppervlaktewater van de categorieën A₁, A₂ en A₃ tot drinkwater kan worden verwerkt. (terminologie: EEG 75/440).

Categorie A₁

Eenvoudige fysische behandeling en desinfectie, bijvoorbeeld: snelle filtratie en desinfectie.

Categorie A₂

Normale fysische en chemische behandeling en desinfectie, bijvoorbeeld: voorbehandeling met chloor, coagulatie, uitvlokkings, decanteren, filtratie, desinfectie (definitieve behandeling met chloor).

Categorie A₃

Grondige chemische en fysische behandeling, raffinage en desinfectie, bijvoorbeeld: chloorbehandeling op het 'break point', coagulatie, uitvlokkings, decanteren, filtratie, raffinage (actieve kool), desinfectie (ozon, definitieve chloorbehandeling).

waarden staan vermeld in tabel IIa. Voor de drinkwaterproducent betekent dit, dat hij geen water mag innemen dat een slechtere kwaliteit heeft dan overeenkomt met de betreffende categorie.

Voor de waterbeheerder betekent dit, dat hij een zorgverplichting heeft voor de handhaving van de vereiste waterkwaliteit, waarvoor hij het instrument van de emissieregulering van puntbronnen (WVO) tot zijn beschikking heeft. De provincie heeft in dit geheel een belangrijke rol te vervullen, daar zij verantwoordelijk is voor de vaststelling van de waterkwaliteitsplannen. In de gevallen waarin de verontreiniging van diffuse aard is (bv. toepassing van bestrijdingsmiddelen) zal het instrument van de WVO tekort schieten en zullen andere wettelijke kaders moeten worden aangewend. De provincie beschikt hierbij over verdere bevoegdheden.

De vraag zal rijzen, in hoeverre de vast te stellen normen voldoende garantie geven of met de voor ogen staande zuiveringstechnieken een betrouwbaar eindproduct wordt verkregen. Hierbij dienen zich de volgende vragen aan:

1. welke stoffen kunnen in het uitgangsproduct aanwezig zijn;
2. wat is de toxicologische betekenis van de aanwezige stoffen.

ad 1

Aanvaard moet worden, dat het onmogelijk zal zijn om alle aanwezige stoffen individueel te herkennen. Uit spectrometrische analyses is gebleken, dat een groot scala van verschillende vaak moeilijk te identificeren stoffen in het uitgangsproduct aanwezig is. Voor de routinematige kwaliteitscontrole zijn we daartoe aangewezen op de som- en groepsparameters: EOCl, KMnO₄-getal, TOCl, VOCl, Cholineesteraseremmers etc. Deze parameters kunnen een indruk

geven van het totale niveau van verontreiniging, waarbij elke parameter echter ook zijn specifieke beperkingen heeft. Met de KMnO₄-bepaling wordt slechts een deel van de aanwezige organische stof gemeten [1, 2] en de EOCl-bepaling geeft slechts een deel van de organisch gebonden chloorverbindingen. Dit is o.a. duidelijk geworden aan de hand van de recent beschikbaar gekomen methode van AOCl-bepaling, welke een niveau laat zien van ca. 80 µg/l organisch gebonden chloor (afb. 10), terwijl de EOCl-bepaling waarden gaf die ongeveer een factor 10 lager waren.

Bovenstaande gegevens illustreren, dat de huidige analysemethoden wel een redelijk inzicht geven in het niveau van verontreiniging, maar dat daarbij rekening moet worden gehouden met aanwezige beperkingen.

In de laatste jaren zijn daarnaast ontwikkelingen gaande om het substraat (mengsels van stoffen) als zodanig op zijn toxicologische eigenschappen te onderzoeken.

ad 2

Toxicologische onderzoeken hebben aangetoond, dat in oppervlaktewater stoffen voorkomen die schadelijk zijn voor een aantal aquatische organismen [14, 18], gemeten als chronische toxiciteit. Hoewel de betekenis van de betreffende onderzoeken ten aanzien van de schadelijkheidsaspecten voor de mens mede in verband met de verwijdering van toxische stoffen bij de drinkwaterbereiding nog ter discussie staat, zijn deze onderzoeken reeds van belang voor het verkrijgen van een algemene indruk ten aanzien van mogelijk aanwezige toxische stoffen.

Naast bovengenoemde toetsen van chronische toxiciteit heeft de laatste jaren een ontwikkeling plaatsgevonden ten aanzien van kortdurende testen voor mutageniteit. Daarbij wordt o.a. gebruik gemaakt van gevoeligheid voor mutagene stoffen van bacteriën in de zgn. Ames-test. Gebleken is, dat in oppervlaktewater stoffen voorkomen die na extractie en concentrering een mutageen effect te zien geven in de Ames-test (afb. 11, ref. 12).

Naar het zich laat aanzien luiden deze testen een nieuwe ontwikkeling in om de waterkwaliteit aan de hand van een biologisch criterium te onderzoeken. Ook deze technieken hebben echter onzekerheden, o.a. in verband met de te gebruiken extractie procedure, keuze van testorganisme etc.

Opgemerkt moet worden dat bovengenoemde testen pas effect zullen sorteren als deze worden ingepast in onderzoek naar:

- a. oorzakelijke agentia en

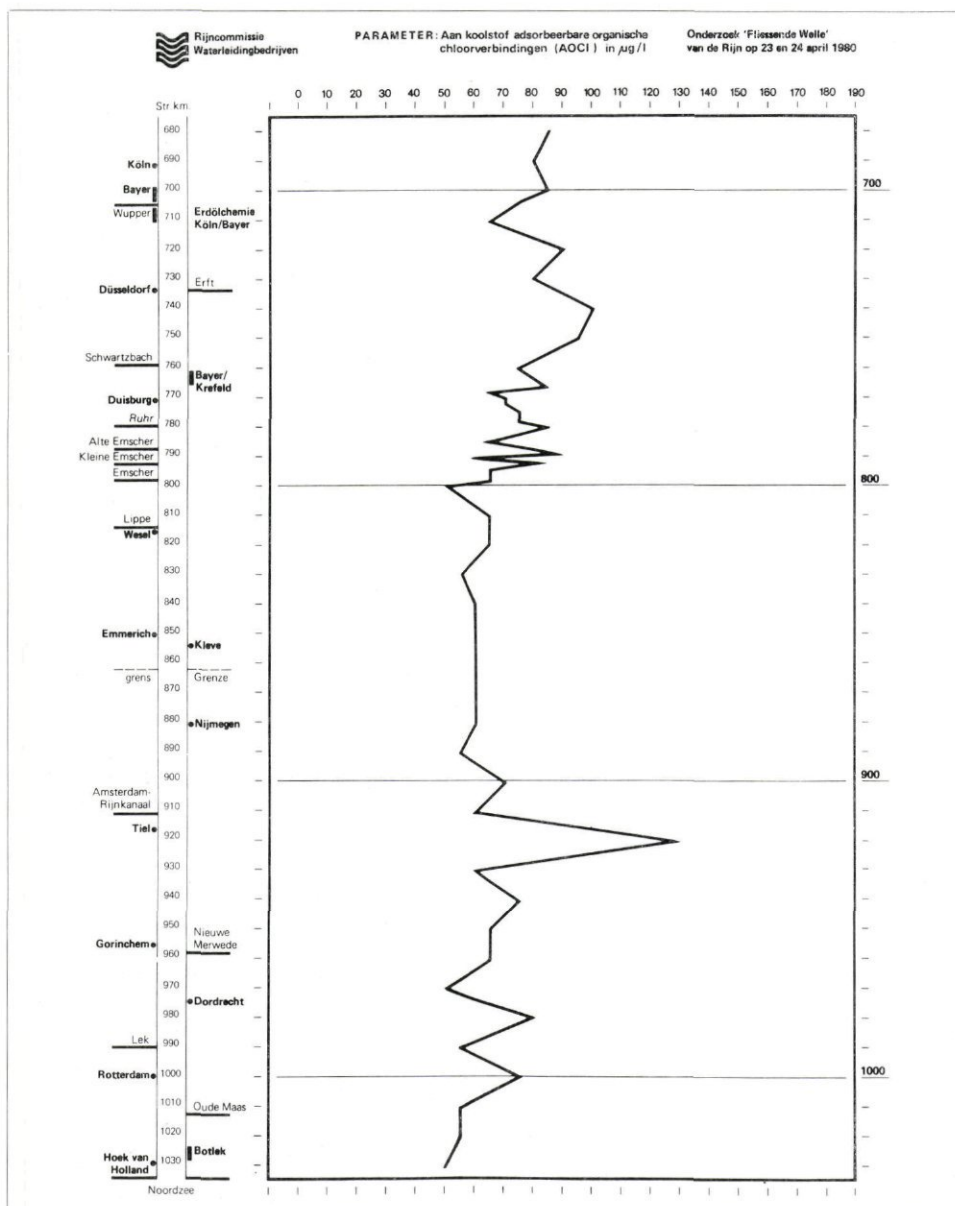
TABEL IIa - Minimaal vereiste kwaliteit van oppervlaktewater in de EG, bestemd voor de productie van drinkwater.

		Maximaal toelaatbare concentratie**		
		A ₁	A ₂	A ₃
1. Kleur	mg/l Pt-schaal	20*	100*	200*
2. Temperatuur	°C	25*	25*	25*
3. Nitraat	mg/l NO ₃	50*	50*	50*
4. Fluoride	mg/l F	1.5	—	—
5. Opgelost ijzer	mg/l Fe	0.3	2	—
6. Koper	mg/l Cu	0.05*	—	—
7. Zink	mg/l Zn	3	5	5
8. Arseen	mg/l As	0.05	0.05	0.1
9. Cadmium	mg/l Cd	0.005	0.005	0.005
10. Chrom totaal	mg/l Cr	0.05	0.05	0.05
11. Lood	mg/l Pb	0.05	0.05	0.05
12. Seleen	mg/l SO ₄	250	250*	250*
13. Kwik	mg/l Se	0.01	0.01	0.01
14. Barium	mg/l Hg	0.001	0.001	0.001
15. Cyanide	mg/l Ba	0.1	1	1
16. Sulfaten	mg/l CN	0.05	0.05	0.05
17. Fenolen	mg/l C ₆ H ₅ OH	0.001	0.005	0.1
18. Koolwaterstoffen na extr. petr. ether	mg/l	0.05	0	1
19. Polycyclische aromaten	mg/l	0.0002	0.0002	0.001
20. Pesticiden-totaal	mg/l	0.001	0.0025	0.005
21. Ammoniak	mg/l NH ₄	—	1.5	4*

* uitgezonderd geografische weersomstandigheden.

** 95 % van de monsters moet aan de waarde voldoen.

N.B. Parameters uit de EG-richtlijn met een richtwaarde zijn niet in de tabel opgenomen.



Afb. 10.

b. methoden om de agentia te verwijderen. Slechts op deze wijze kan een zinvolle terugkoppeling plaatsvinden van het signaleren van de verontreiniging en evalueren naar gerichte sanerende maatregelen bij de bron (zie 3.2.) en gericht onderzoek naar de effectiviteit van de zuivering bij de drinkwaterbereiding.

3.2. Preventieve maatregelen voor bescherming van de kwaliteit van de bron en toxicologische criteria

3.2.1. Emissieregulering oppervlaktewater
 Voor een doelmatige preventie en zekerstelling van de waterkwaliteit, dient de verontreiniging te worden herkend en bestreden aan de bron. De wettelijke basis hiervoor is gelegd in de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren en internationaal

in de EG-richtlijn betreffende de verontreiniging veroorzaakt door bepaalde gevaarlijke stoffen die in het aquatisch milieu van de gemeenschap worden geloosd (76/464/EEG).

De richtlijn verplicht de lidstaten om voor lozingen die stoffen kunnen bevatten van de grijze of zwarte lijst een vergunning af te geven, waarin emissienormen zijn vastgelegd.

Voor stoffen van de z.n. zwarte lijst (tabel IIIa), welke worden vastgesteld op kenmerken van milieutoxiciteit, geldt dat de verontreiniging moet worden beëindigd en dat emissienormen worden vastgesteld met inachtneming van de beste beschikbare technische middelen. Voor grijze lijst stoffen worden de emissienormen vastgesteld aan de hand van waterkwaliteitsdoelstellingen. Gesteld kan worden, dat reeds de

TABEL IIIa - Lijst van families en groepen van stoffen. (Oppervlaktewater)

Lijst 1 omvat sommige afzonderlijke stoffen die deel uitmaken van de volgende families en groepen van stoffen die in hoofdzaak moeten worden gekozen op basis van hun toxiciteit, persistentie, bio-accumulatie, met uitzondering van die stoffen welke biologisch onschadelijk zijn of die snel worden omgezet in biologisch onschadelijke stoffen:

1. Organische halogeenverbindingen en stoffen waaruit in water dergelijke verbindingen kunnen ontstaan.
2. Organische fosforverbindingen.
3. Organische tinverbindingen.
4. Stoffen waarvan is aangetoond dat zij in of via het water een kankerverwekkende werking hebben.
5. Kwik en kwikverbindingen.
6. Cadmium en cadmiumverbindingen.
7. Persistente minerale oliën en uit aardolie bereide persistente koolwaterstoffen en voor wat betreft de toepassing van de artikelen 2, 8, 9 en 14 van deze richtlijn:
8. Persistente kunststoffen die in water kunnen drijven, zweven of zinken en die enig gebruik van het water kunnen hinderen.

verplichting tot het afgeven van vergunningen een belangrijk sanerend effect geeft in verband met de hiervoor noodzakelijke evaluatie.

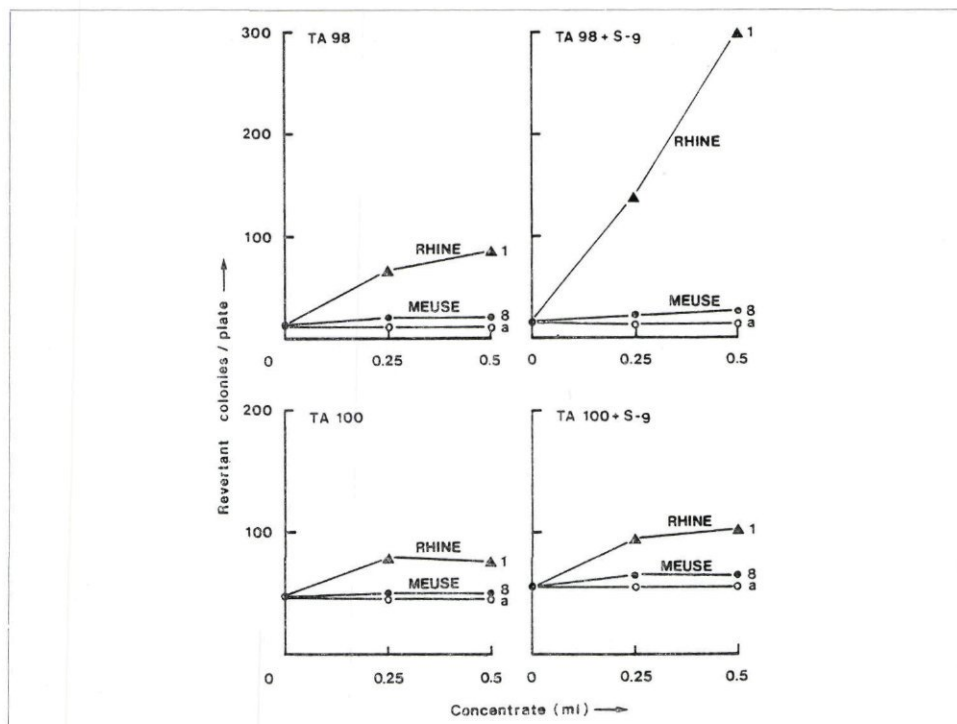
Voor de toekomst is het van belang, dat binnen het kader van de genoemde richtlijn de criteria voor de zwarte lijst stoffen — waaronder toxiciteit, bio-accumulatie, persistentie — nader worden uitgewerkt, zodat middels algemeen geaccepteerde uitgangspunten de herkenbaarheid van zwarte lijst stoffen wordt verhoogd en een systematische aanpak wordt bevorderd.

Systemen als emissieregistratie kunnen de herkenbaarheid bevorderen.

Voor de drinkwatervoorziening zijn naast bovengenoemde criteria van milieutoxiciteit ook nog andere aspecten van belang: stoffen die op zichzelf genomen niet direct schadelijk zijn in of via het water en als grijze lijst stof worden aangemerkt, kunnen bij de drinkwaterbereiding aanleiding geven tot ongewenste en mogelijk schadelijke nevenprodukten. In dit verband kan worden gewezen op de rol van humuszuren bij de vorming van haloformen en de invloed van het bromide-ion op de vorming van gebromeerde verbindingen.

3.2.2. Grondwater emissie

Recent is door de Raad van Ministers van de EG de richtlijn aangenomen betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging veroorzaakt door lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen. Volgens deze richtlijn is het verboden om stoffen van de zwarte lijst in grondwater te lozen (zie tabel IIIb). Het regiem van de onderhavige



Afb. 11 - Comparison of the mutagenic activity of the rivers Rhine and Meuse in the Ames test. Samples were taken at the rivers' entries into The Netherlands, concentrated 103-fold (XAD) and assayed as described in Methods. As control a similar concentrate of tapwater (The Hague) was used. Each point represents the average of 5 plates.

Uit: Kreijl e.a. *Sci. Total Environ.* 15, 137 - 147 (1980).

richtlijn is strikter dan dat van de oppervlaktewaterrichtlijn: in de grondwaterrichtlijn zijn stoffen, die behoren tot de categorieën van de zwarte lijst automatisch in eerste aanleg als zwart aangemerkt, terwijl in de zwarte lijst van de richtlijn 76/464/EEG de daartoe behorende stoffen nader moeten worden aangewezen.

TABEL IIIb - Lijst I van families en groepen van stoffen. (Grondwater)

Lijst I omvat de afzonderlijke stoffen van onderstaande families of groepen van stoffen, met uitzondering van die stoffen welke, gezien het geringe risico van toxiciteit, persistentie en bio-accumulatie, niet geschikt voor lijst I worden geacht.

Dergelijke stoffen die gezien de toxiciteit, de persistentie en de bio-accumulatie geschikt zijn voor lijst II, moeten op die lijst worden opgenomen.

1. Organische halogeenverbindingen en stoffen waaruit in water dergelijke verbindingen kunnen ontstaan.
2. Organische fosforverbindingen.
3. Organische tinverbindingen.
4. Stoffen die in of via het water een kanker-verwekkende, mutagene of teratogene werking hebben.
5. Kwik en kwikverbindingen.
6. Cadmium en cadmiumverbindingen.
7. Minerale oliën en koolwaterstoffen.
8. Cyaniden.

3.2.3. Productie van stoffen

In de richtlijn van de EG inzake de bepalingen ten aanzien van de indeling, verpakking en het kenmerken van gevaarlijke stoffen (79/831/EEG) wordt vereist dat alvorens een stof op de markt wordt gebracht, aan de overheid basisgegevens worden overlegd met betrekking tot de chemische, fysische en toxicologische eigenschappen van de stof. Langs deze weg wordt de fabrikant verplicht zich van tevoren rekenschap te geven van de mogelijke gevaren voor het milieu. Het laat zich aanzien, dat de betreffende richtlijn een belangrijk preventief effect zal hebben. Stoffen die momenteel reeds in productie zijn en die voor een bepaalde datum zijn aangemeld vallen buiten de verplichting tot onderzoek. In de VS zijn volgens deze procedure ca. 50.000 stoffen aangemeld, waaruit een indicatie wordt verkregen van het aantal potentieel in het milieu voorkomende stoffen.

Samenvattend moet worden opgemerkt, dat de beschreven maatregelen nog maar recent van kracht zijn geworden en voor een deel nog in ontwikkeling zijn. De maatregelen zijn gericht op herkenning en bestrijding van de verontreiniging aan de bron. Verwacht mag worden dat deze maatregelen in de toekomst een doelgerichte verbetering van de kwaliteit van het milieu tot gevolg zullen hebben.

4. Toxicologische aspecten van de zuivering

Bij een beschouwing over de effectiviteit van de zuivering moeten twee verschillende aspecten worden onderscheiden:

- a. verwijdering van toxische stoffen
- b. vorming van nieuwe verbindingen.

Het is nog maar een decennium geleden, dat geconstateerd werd, dat bij de uit oogpunt van hygiëne noodzakelijke desinfectie door middel van chloor, chloroform en andere (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen werden geproduceerd. Niveaus van soms meer dan 100 µg/l werden gerapporteerd. De aandacht was daarbij, mede in verband met de beschikbare analyse technieken in eerste instantie gericht op de vluchtige verbindingen. Met nieuwe, recent beschikbaar gekomen analysetechnieken zoals de OACI-bepaling is recent aangetoond dat naast de vluchtige verbindingen ook minder vluchtige organohalogenen verbindingen worden gevormd [5].

Mede naar aanleiding van bovengenoemde bevindingen zijn onderzoeken naar de gezondheidsaspecten van het drinkwater mede in relatie tot de kwaliteit van de bron van start gegaan. Bekend zijn in dit verband de epidemiologische onderzoeken in Louisiana in de VS, met water uit de Mississippi als bron voor de drinkwatervoorziening. Sommige epidemiologische onderzoeken suggereren een verschil in het optreden van kanker tussen gebieden met verschil in bron voor de watervoorziening [6, 7].

Recent is in een Frans onderzoek naar toxicologische eigenschappen van extracten van drinkwater bij zoogdieren (rat en muis) gebleken, dat concentraten van chloroform extracten van uit oppervlaktewater bereid drinkwater toxische effecten te zien gaven [9]. Daarbij werd een afname van de leeftijd, verhoging van de tumorfrequentie en een verhoging van enzymactiviteit van leverenzymen gevonden. De geteste hoeveelheden waren een factor 100 hoger dan overeenkwam met opname door de mens met drinkwater op basis van opname per kg lichaamsgewicht.

Ook bij experimenten met de zgn. Ames-test, waarbij getest wordt op de aanwezigheid van mutagene verbindingen, worden in concentraten van extracten van drinkwater verhoogde niveaus gevonden bij drinkwater bereid uit oppervlaktewater, vergeleken met dat bereid uit grondwater. De gevonden niveaus in drinkwater in Nederland (Kreijl, persoonlijke mededeling) zijn lager dan gevonden in onbehandeld oppervlaktewater, zodat er een — zij het voorzichtig — indicatie is, dat de zuive-

ring over het algemeen genomen, afge-
meten aan de resultaten van de Ames-
testen, een gunstig resultaat heeft.

Op dit moment moet echter nog worden
gesteld, dat in het huidige stadium de
onderzoekingen nog geen conclusie toelaten
met betrekking tot de betekenis van de
gevonden resultaten voor de gezondheid
van de mens. Wel maken methoden als de
zgn. Ames-test het mogelijk om via ver-
gelijking de effecten van verschillende
waterbehandelingsmethoden te onderzoe-
ken. Ook vervullen deze testen een nuttige
rol bij het opsporen van mutagene stoffen
in het algemeen. Een goed voorbeeld hier-
van is bv. de aantoning van mutagene
stoffen in de urine, waarbij een belangrijk
verschil wordt gevonden tussen rokers en
niet-rokers [ref. 10].

Bij het gebruik van de betreffende methode
voor evaluatie van de effectiviteit van de
zuiveringsprocessen doet zich het probleem
voor, dat vaak moeilijk kan worden vast-
gesteld of het gevonden niveau van
mutageniteit een gevolg is van overblijven-
de restactiviteit uit de bron of dat deze
wordt veroorzaakt door nieuw gevormde
produkten. Gebleken is wel, dat de toe-
passing van oxydatiemiddelen een belang-

rijke bijdrage kunnen leveren tot in de
Ames-test gevonden positieve resultaten.
Bij gebruik van verbindingen met een
lagere reactiviteit als chlooraminen werd
een lager aantal positieven gevonden in de
Ames-test (afb. 12, ref. 11).

Bovengenoemde bevindingen, samen met de
eerder genoemde chemische ontdekkingen
hebben aanleiding gegeven tot een her-
bezinning en nadere evaluatie ten aanzien
van de plaats en de mate van het gebruik
van oxydatie c.q. desinfectiemiddelen in
het zuiveringsproces. De aanzet tot zo'n
evaluatie in Nederland is o.a. gegeven in
het KIWA-rapport met betrekking tot de
problematiek van de haloformaten [12].
Momenteel vindt een verdere evaluatie
plaats in het kader van de KIWA-commissie
inzake de neveneffecten van de chloring.
Bij pogingen om via vermindering van het
chloorverbruik de chemische contaminatie
te verminderen mag echter de eis van een
in bacteriologisch opzicht hygiënisch be-
trouwbaar drinkwater niet uit het oog
worden verloren. Bij verder onderzoek naar
alternatieve zuiveringsmethoden zal der-
halve ruime aandacht moeten worden ge-
geven aan de effectiviteit ten aanzien van
bacteriologische verontreiniging.

5. Toxicologische aspecten van de distributie en vereiste kwaliteit af-tapkraan; eisen aan chemicaliën en materialen

5.1. Interactie van het drinkwater met het distributienet

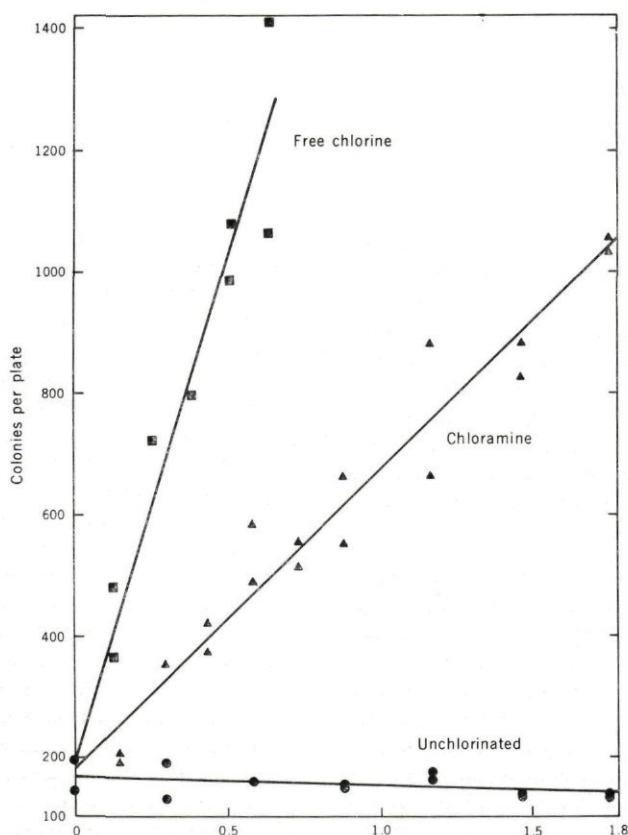
Interactie van het drinkwater met het
distributienet en materialen is een veel
besproken onderwerp en vormt een reeds
lang bekend probleem getuige de werk-
zaamheden van een aantal commissies op
dit gebied [13, 14]. Het probleem is echter
niet specifiek voor de openbare watervoor-
ziening. In Nederland hebben zich bv.
ernstige gevallen van loodopname met
name voorgedaan bij de particuliere water-
voorziening in Limburg in de jaren dertig.
De betreffende gevallen hebben onderwerp
gevormd van een advies van de Gezond-
heidsraad in 1939 [14]. Wel kan worden
gesteld dat door de openbare watervoor-
ziening een betere controle mogelijk is
geworden. Hierdoor is tevens een grotere
verantwoordelijkheid op een gecentraliseerd
niveau ontstaan. In de laatste jaren heeft
in dit verband de problematiek van de
waterconditionering, centrale ontharding
en de agressiviteit van het water in sterke
mate aandacht gevraagd. Duidelijk werd,
dat voor veiligstelling van het water af-
tapkraan de daarvoor benodigde optimale
kwaliteit van het water af-pompstation in
nauwe relatie moest worden gezien met de
gebruikte leidingmaterialen, zowel in bin-
nenleiding als hoofdleiding en de methode
van behandeling van het water (o.a. in
verband met na-reacties in het leidingnet,
ref. 15). Daar uiteindelijk de gezondheid
van de consument vooropstaat, ligt hier
voor de drinkwaterproducent een belang-
rijke verantwoordelijkheid. Zodanige maat-
regelen moeten worden genomen dat de
kwaliteit van het water waar dit de consu-
ment bereikt, gewaarborgd blijft. In termen
van kwaliteitseisen van de EG-drinkwater-
richtlijn (80/778/EEG) betekent dit dat het
water niet agressief mag zijn. Hiermee
wordt beoogd een zodanige kwaliteit te
bereiken dat de afgifte van metalen wordt
geminimaliseerd.

Voor wat betreft de minimaal vereiste
hardheid, schrijft de EG-richtlijn een
minimaal vereiste concentratie voor van
3 meq/l, welke waarde samen met een
minimaal vereist bicarbonaat gehalte tevens
een garantie geeft voor een voldoende
buffercapaciteit van het op hardheid ge-
corrigeerde water. Binnen twee jaar zal de
betreffende richtlijn in de Nederlandse
wetgeving moeten zijn opgenomen. Daarbij
worden aan een zestigtal parameters grens-
waarden gesteld.

Het op de betreffende grenswaarden van
toepassing zijnde regiem hangt sterk af
van de aard van de parameters: de waar-

Afb. 12 - Aantal mutanten van stam TA 100 in de Ames test met concentraten van met desinfectie-
middel (chloor, chlooramine) behandeld water. X-as: volume geconcentreerd en getest water;
concentratie toegevoegd chloor: 4,2 ppm Cl_2 ; rest chloor: 0,7 ppm.
Concentratie chlooramine: 4,8 ppm (als chloor); rest chloor: 2,0 ppm.

Uit: Cheh e.a. Science 207, 90 - 92 (1980).



den van toxicologische en microbiologische parameters mogen niet worden overschreden, terwijl voor sommige parameters — afhankelijk van de locale situatie — overschrijding van de waarden onder bepaalde omstandigheden kan worden toegestaan.

5.2. *Produkten en materialen voor de drinkwatervoorziening*

De vele nieuwe producten die op de markt worden aangeboden voor de drinkwatervoorziening en de toegenomen noodzaak om bij de drinkwaterbereiding gebruik te maken van chemische stoffen, hebben gepocht tot procedures voor de beoordeling van stoffen en materialen op hun toxicologische eigenschappen. Hierdoor wordt een inzicht verkregen in de mogelijk aanwezige stoffen en verontreinigingen en worden extra garanties verkregen voor de kwaliteit van het afgeleverde drinkwater. De beoordeling van de stoffen vindt plaats in een samenwerkingsverband van overheid en waterleidingbedrijven, in de Commissie Gezondheidsaspecten Chemicaliën en Materialen voor de Drinkwatervoorziening (CGCMD). In de toekomst zal daarbij worden gewerkt aan de hand van een nog op te stellen 'positieve lijst' systeem. Recent is naar voren gekomen dat ook met de mogelijkheid van verontreiniging van het drinkwater bij distributie als gevolg van bodemverontreiniging rekening moet worden gehouden, mede in relatie met de gebruikte materialen.

6. Aspecten van normstelling

Het terrein van de drinkwatervoorziening is één van de eerste gebieden geweest waarbij normen een belangrijke rol gingen spelen voor de garantie van de kwaliteit. Door de toegenomen verontreiniging van het milieu en het aantal geconstateerde gevallen van verontreiniging is er de laatste decennia een sterk toenemende behoefte ontstaan aan normen: in het waterleidingbesluit van 1960 waren er nog slechts normen opgenomen voor een zevental parameters. De Wereld Gezondheids Organisatie stelde zijn eerste drinkwaternormen op in 1958, een herziening vond plaats in 1963 en 1971, terwijl thans een revisie wordt voorbereid waarbij een belangrijk groter aantal parameters aandacht zullen krijgen. De in 1980 aangenomen EG-richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water (80/778/EEG), bevat normen voor een zestigtal parameters. Deze richtlijn is bindend voor alle landen van de EG.

Met het vaststellen van (drinkwater)normen wordt het volgende beoogd:

- a. het geven van inzicht in en garantie

voor de vereiste kwaliteit van het eind-product;

- b. het vormen van een referentiekader voor het milieuhygiënisch handelen. Normen scheppen duidelijkheid en geven een grondslag voor een grotere rechtszekerheid.

Aan de totstandkoming van normen liggen twee elkaar aanvullende elementen ten grondslag:

- a. toxicologische criteria (c.q. wetenschappelijke criteria);

- b. haalbaarheidscriteria.

Volgens de Nota Milieuhygiënische normen [16] is het uitgangspunt bij de normstelling binnen het milieuhygiënisch beleid, dat *elke milieubelasting die onnodig is in de zin dat deze met een redelijke inspanning kan worden voorkomen, onaanvaardbaar moet worden geacht*.

Hieruit moet worden geconcludeerd, dat de technische mogelijkheden bij de vaststelling van de normen een belangrijke rol spelen. De reden voor dit standpunt is gelegen in het feit, dat de vaststelling van het nul-effect niveau voor het milieu (w.o. de mens) een aantal onzekerheden omvat, zelfs als bij extrapolatie van het dierexperiment naar de mens een veiligheidsfactor wordt toegepast.

De volgende aspecten geven hiervan een illustratie:

1. In het milieu zullen een groot aantal verbindingen naast elkaar voorkomen, die, hoewel elk in lage concentratie aanwezig, als totaal een gesommeerd effect kunnen geven of elkaars werking kunnen versterken (additiviteit, synergisme). In dit opzicht bestaat er een verschil met de normstelling in de arbeidssfeer, waarbij de blootstelling veelal betrekking heeft op een relatief beperkt aantal stoffen.
2. Uitgangspunt bij de normstelling is, dat rekening moet worden gehouden met de zwakken in de samenleving. Proefdiergroepen zijn noodzakelijkerwijs klein in omvang en geven slechts gedeeltelijk een afspiegeling van de spreiding in de menselijke populatie.
3. De opname van stoffen kan per proefdier aanmerkelijk verschillen. De mens scheidt vele stoffen ook langzamer uit dan bv. de muis, waardoor bij de mens een grotere accumulatie kan optreden. Ook is de levensduur (en dus de chronische expositie) van de mens langer.
4. De opname kan ook binnen de menselijke populatie aanmerkelijk verschillen. Zo worden bv. voor de opname van lood waarden gemeld van 5 - 10 % voor vol-

wassenen en 40 - 50 % voor kinderen van 2-3 jaar [17].

Terwijl bij de normstelling ten aanzien van toxische stoffen volstaan wordt met extrapolatie vanaf het dierexperiment en toepassing van een veiligheidsfactor, geldt dit niet voor de categorie carcinogene stoffen waarvan de werking berust op een genotoxisch effect. In dat geval is er geen sprake van een nul-effect niveau. Wel neemt de tumorincidentie (kans op optreden van een geval) af met de blootstellingsdosis. Voor carcinogene stoffen is derhalve het uitgangspunt, dat deze steeds zoveel mogelijk uit het milieu moeten worden geweerd.

In de praktijk zal men wel trachten om een indruk te krijgen van het risico van de expositie. Hiervoor moeten dan extrapolatiemodellen worden gehanteerd, waarbij een aanname wordt gemaakt ten aanzien van de relatie tussen tumorincidentie en de expositie. In principe zou via kosten-baten analyses een aanvaardbaarheids(norm)-niveau kunnen worden vastgesteld, zoals onlangs door de EPA [17] is gedaan, waarbij een aantal — vrij willekeurige — aannames essentieel zijn voor de uitkomst. Daar met name voor carcinogene stoffen geldt, dat de technische mogelijkheden in sterke mate bepalend zullen zijn voor de toelaatbare concentraties, kan een normstelling voor deze stoffen verstarrend werken. Dit geldt zeker in een periode waarin de ontwikkelingen nog sterk in beweging zijn en de problematiek door betrokkenen wordt onderkend. De problematiek van de reactieproducten gevormd bij de huidige desinfectieprocessen geeft hier een goed voorbeeld van.

Literatuur

1. Meissner, B. *Der Kaliumpermanganatverbrauch der Wasseranalyse*. WWT 8, 14 - 20 (1958).
2. Gubin, A. und Hoffmann, W. *Die Kaliumpermanganatzahl als Mittel zur Beurteilung der in Wasser gelösten organische Substanz*. Mitteilungen der VGB, 53, 108 - 121 (1958).
3. Trouwborst, T. *Bronnen van verontreiniging van grondwater en hun betekenis*. H₂O 14, 4-10 (1981).
4. Prein, A. E., Thie, G. M., Alink, G. M., Koeman, J. H. and Poels, C. L. M. *Cytogenic changes in fish exposed to water of the river Rhine*. Sci. Total Environ. 9, 287 - 291 (1978).
5. *Control of organochlorinated compounds in drinking water* (assessment of alternative treatment methods). OECD, Paris, 1980.
6. Page, T., Harris, R. H. and Epstein, S. S. *Drinking water and cancer mortality in Louisiana*. Science, 193, 55 - 57 (1976).
7. Kuzma, R. J., Kuzma, C. M. and Buncher, C. R. *Ohio drinkingwater source and cancer rates*. Am. J. Public Health 67, 725 - 729 (1977).
8. Dowty, B., Carlisle, D., Laseter, J. L. and Storer, J. *Halogenated hydrocarbons in New Orleans drinking water and blood plasma*. Science 187, 75 - 77 (1975).

9. Truhaut, R., Gak, J. C. et Graillot, C. L. *Recherches sur les risques pouvant resulter de la pollution chimique des eaux d'alimentation - I: etude de la toxicité à long term chez le rat et la souris des micropollutants organiques chloroform - extractibles à partir d'eaux livrées à la consommation humaine.* Water Research 13, 689 - 697 (1979).
10. Yamasaki, E. and Ames, B. N. *Concentration of mutagens from urine by adsorption with the nonpolar resin XAD-2: cigarette smokers have mutagenic urine.* Proc. Natl. Acad. Sci. USA 74, 3555 - 3559 (1977).
11. Cheh, A. M., Skochdopole, J., Koski, P. and Cole, L. *Nonvolatile mutagens in drinking water: production by chlorination and destruction by sulfite.* Science 207, 90 - 92 (1980).
12. Kreijl, C. F. van, Kool, H. J., De Vries, M., Van Kranen, H. J. and de Greef, E. *Mutagenic activity in the rivers Rhine and Meuse in the Netherlands.* Sci. Total Environ. 15, 137-147 (1980).
13. *Rapport inzake de toepassing van koperen buizen voor waterleidingdoeleinden.* Uitgebracht door de koperen buizen commissie, 1934.
14. Ten Berg, J. A. S. en Grotepass, W. *Verslag over het onderzoek in de gemeente Helden-Panningen naar verschijnselen van loodvergiftiging als gevolg van loodhoudend drinkwater.* Verricht in opdracht van de Gezondheidsraad. Uitg. Dekker & v. d. Vegt, Utrecht, 1941.
15. Schwartz, D. J., Saxena, J. and Kopfler, F. C. *Water distribution system, a new source of mutagens in drinking water.* Environ. Sci. Technol., 13, 1138 - 1141 (1979).
16. *Nota Milieuhygiënische normen 1976.* Staatsuitgeverij 's-Gravenhage, 1976.
17. *Drinking water and Health.* National Academy of Sciences, Washington D.C. (1977).
18. *National Interim primary drinking water regulations; control of trihalomethanes in drinking water; correction.* Federal Register 45, 15542 - 15547 (1980).
19. Poels, C. L. M. *Ontwikkeling van biologische methoden om de toxicologische kwaliteit van water te bepalen.* H₂O 12, 160 - 164 (1979).

