

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE  
BILTHOVEN

Rapportnummer 714301010

Chloriet, chloraat en bromaat in drink- en  
oppervlaktewater: vóórkomen, herkomst en  
gezondheidsaspecten.

J.F.M. Versteegh, J. Neele en R.F.M.J. Cleven

November 1992

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal voor Milieubeheer,  
Directie Drinkwater, Water, Landbouw, Hoofdafdeling Drinkwater.  
Projectnummer 714301.

## VERZENDLIJST

- 1 - 2     Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water, Landbouw,  
             hoofdafdeling Drinkwater
- 3        Directeur-Generaal van de Volksgezondheid
- 4        Directeur-Generaal Milieubeheer
- 5        Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 6        Ir. G.W. Ardon, DGM/DWL
- 7        Dr. T. Trouwborst, DGM/DWL
- 8        Ir. W. Cramer, DGM/DWL
- 9        Dr. B.A.J.M. Haring, DGM/DWL
- 10       Ir. P.J. Verkerk, Hoofdinspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne
- 11 - 19   Regionale Inspecties van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne
- 20 - 44   Drinkwaterbedrijven incl deelnemende bedrijven
- 45       Ir. F.L. Schulting, KIWA NV
- 46       Dr. ir. A.M. Van Dijk-Looijaard, KIWA NV
- 47       KIWA/RIVM Commissie toxicologie t.a.v Dr. J. van Genderen
- 48       Mw. drs. W.J.M. Emaus Akzo-zout Hengelo
- 49       Mrs H. Horth Water Research Centre Medmenham UK
- 50       Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse bibliografie
- 51       Directie Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 52       Prof. dr. ir. C. van den Akker
- 53       Drs. A.G.A.C. Knaap
- 54       Ir. B.A. Bannink
- 55       Drs. F. Kragt
- 56       Drs. T. Aldenberg
- 57       Ir. J. Hrubec
- 58       Dr. W. Verweij
- 59       Dr. F.X. R. v. Leeuwen
- 60       Prof. dr. H.A.M. de Kruijf
- 61       Ir. W. v. Duijvenbooden
- 62       Dr. H.A. van 't Klooster
- 63       Ir. H.J. van de Wiel
- 64       J.E.M. v. Kotten-Vermeulen
- 65       Dr.ir. E. Lebrecht
- 66       Dr. F.J.J. Brinkmann
- 67       Ir. L. Kohsiek
- 68       Dr. ir. A.H. Havelaar
- 69       Ir. G.J. Heij
- 70       Dr. I.A. Kreis
- 71       Ir. J.H.C. Mülschlegel
- 72       Drs. P.J.M. Bergers
- 73       Drs. G.J. Medema
- 74       L.M. Oostwouder, Hoofd bureau Voorlichting en Public Relations
- 75 - 77   Auteurs
- 78       RIVM bibliotheek
- 79       LWD-depot bibliotheek
- 80       Projecten- en rapportenregistratie
- 81 - 100   Reserve exemplaren

## INHOUDSOPGAVE

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Verzendlijst                                               | II  |
| Inhoudsopgave                                              | III |
| Abstract                                                   | IV  |
| Samenvatting                                               | 1   |
| 1 Inleiding                                                | 3   |
| 2 Vóórkomen en gezondheidsaspecten                         | 5   |
| 2.1 Eigenschappen en toepassingen                          | 5   |
| 2.2 Gedrag                                                 | 6   |
| 2.3 Gezondheidseffecten                                    | 7   |
| 2.3.1 Proefdierstudies                                     | 7   |
| 2.3.2 Mutageniteit                                         | 8   |
| 2.3.3 Carcinogeniteit                                      | 8   |
| 2.3.4 Reproductie en teratogeniteit                        | 9   |
| 2.3.5 Humane studies                                       | 9   |
| 2.3.6 Normen                                               | 9   |
| 2.4 Vóórkomen                                              | 10  |
| 3 Opzet van het onderzoek                                  | 11  |
| 3.1 Monstername                                            | 11  |
| 3.2 Bepalingsmethode                                       | 11  |
| 3.3 Verwerking van de gegevens                             | 12  |
| 3.4 Enquête naar gebruik chloorbleekloog                   | 12  |
| 4 Resultaten en discussie                                  | 13  |
| 4.1 Pompstation Andijk                                     | 16  |
| 4.2 Pompstations Kralingen en Berenplaat                   | 18  |
| 4.3 Pompstation Leiduin                                    | 21  |
| 4.4 Pompstation Katwijk                                    | 23  |
| 4.5 Pompstation Monster                                    | 24  |
| 4.6 Pompstation Enschede                                   | 25  |
| 4.7 Pompstations Ridderkerk, Gouda Dijklaan en Zwijndrecht | 26  |
| 4.8 Resultaten bromaat                                     | 29  |
| 4.9 Verwerking enquête                                     | 29  |
| 5 Conclusies en aanbevelingen                              | 31  |
| Afkortingen                                                | 35  |
| Literatuur                                                 | 36  |
| Bijlage 1                                                  | 38  |
| Bijlage 2                                                  | 43  |
| Bijlage 3                                                  | 48  |

## ABSTRACT

This report describes the occurrence and behaviour of the compounds chlorite and chlorate during drinking water treatment. Health aspects and legislation are discussed. Chlorate and chlorite exist in surface water especially in the rivers Meuse and Rhine. Drinking water treatment plants use this water as raw water after storage reservoirs or dune infiltration. The average concentration of chlorite and chlorate in river water varies from 10 - 40 µg/l during the six months monitoring program in 1991/1992. The concentrations are lowered during dune infiltration and after bankfiltration the compounds are eliminated. At the treatment plant supplied with ozone and activated carbon filtration the concentrations do not change that much. When hypochlorite is used for postdisinfection the concentration of chlorate enhances significantly, especially when hypochlorite is used incidently. The average concentrations of chlorite and chlorate in drinking water at several water supplies go up till 40 µg/l. The longterm risks for public health of these levels are not known very well because of the limited toxicological database.

Bromate was found in a few samples of various origin at or slightly above the detection limit (6.4 µg/l).

In fact these persistent compounds don't belong in drinking water. Discharge of chlorate and chlorite to surface water should be banned if the goal of the government and the water supply association to produce drinking water with a simple technology has to be reached.

## SAMENVATTING

Chloriet en chloraat zijn het meest bekend als vervalprodukten van chloordioxide. Chloordioxide is een desinfectiemiddel, één van de alternatieven voor chloor bij de desinfectie van drinkwater. Chloordioxide zou een alternatief kunnen zijn voor de transportchlooring van half gezuiverd rivierwater. Chloriet wordt toegepast tijdens industriële processen. In drinkwater kunnen chloriet en chloraat aanwezig zijn als:

- vervalprodukten van chloordioxide,
- verontreinigingen in het oppervlaktewater,
- toegevoegd (chloraat) tijdens oxidatie/desinfectie met hypochloriet waarin het als verontreinigingen aanwezig is.

Er is relatief weinig bekend over de toxiciteit van chloriet en chloraat. Het belangrijkste bekende effect van chloriet, beschreven bij proefdieren, is de oxidatieve beschadiging van rode bloedlichaampjes. Hierdoor treedt een verlaging van het hemoglobinegehalte op. Chloraat is lange tijd gebruikt als herbicide, maar is binnen Nederland niet meer toegelaten. Het Waterleidingbesluit kent geen normen voor chloriet en chloraat. Er is wel een richtlijn voor de maximale dosering van chloordioxide nl. 0,2 mg/l. In de volgende 'WHO drinking water guidelines' komt een voorlopige richtwaarde voor chloriet van 200 µg/l, maar geen waarde voor chloraat.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van een meetprogramma naar chloriet en chloraat bij tien drinkwaterpompstations en op drie meetpunten in de toeleverende rivieren. Op de pompstations wordt gebruik gemaakt van rivierwater na opslag in spaarbekkens of na duininfiltratie en van oevergrondwater. De aanleiding tot dit onderzoek was dat de onderzochte stoffen eind 1989 werden aangetroffen in drinkwater uit oppervlaktewater. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode oktober 1991 - maart 1992 met een monsterfrequentie van éénmaal per maand.

Chloraat en chloriet worden aangetroffen in de Rijn (ca 20 µg/l en 10-20 µg/l) en in de Maas (ca. 40 µg/l en ca. 20 µg/l). Voor beide stoffen is de belangrijkste conclusie: indien de stoffen in ruwwater voorkomen verandert de concentratie tijdens de zuivering niet of nauwelijks. Bodempassage draagt significant bij aan de verwijdering van de stoffen. Na oeverfiltratie zijn chloriet en chloraat niet aangetoond, na duininfiltratie zijn de concentraties relatief laag. Uit dit onderzoek blijkt duidelijk dat chloraat na het gebruik van hypochloriet bij de nadesinfectie in het drinkwater aanwezig is. Vooral bij incidenteel gebruik worden hoge concentraties aangetoond. Chloordioxide wordt op slechts één pompstation gebruikt als nadesinfectants in hele lage concentraties. Een verhoging van de concentratie chloriet als gevolg hiervan is aangetoond. De gemiddelde concentratie van chloraat in drinkwater is <3,3 - 43 µg/l en voor chloriet <2 - 40 µg/l. In de monsters is bromaat geanalyseerd met de in dit onderzoek gebruikte ionchromatografische methode. De onderste analysegrens was op dat moment 6,4 µg/l. In zes monsters werd een concentratie boven deze grens aangetoond.

De aangetoonde concentraties chloriet en chloraat leveren geen direct gevaar op voor de volksgezondheid. Op grond van de beperkte toxicologische informatie is het niet

aannemelijk dat de aangetroffen concentraties chloriet bij langdurige blootstelling gevaar voor de volksgezondheid opleveren. Voor chloraat is nauwelijks iets bekend over risico's bij langdurige blootstelling. Incidentele blootstelling zal, gelet op de resultaten van een studie met vrijwilligers geen grote risico's geven. Dit neemt niet weg dat chloraat en chloriet niet in drinkwater thuishoren zeker niet in deze voor microverontreinigingen hoge concentraties. Toxicologisch onderzoek is nodig voor de onderbouwing van de noodzakelijk normstelling.

Bedrijven die nog gebruik maken van chloorgas of hypochloriet ontwikkelen thans alternatieven voor deze zuiveringsstappen. De lozing van deze persistente stoffen dient te worden vermeden indien de doelstelling van de overheid en de VEWIN, om met eenvoudige technieken drinkwater te bereiden uit schone bronnen, moet worden gehaald.

## 1 INLEIDING

Voor de bereiding van microbiologisch betrouwbaar drinkwater uit oppervlaktewater worden desinfectiemiddelen gebruikt zoals chloor (chloorbleekloog of chloorgas), ozon en chloordioxide. Chloor reageert met de organische stoffen in het water waardoor desinfectiebijprodukten worden gevormd zoals trihalomethanen, gehalogeneerde acetonitrillen en azijnzuren. Deze produkten kennen gezondheidskundige bezwaren (1-6).

Het gebruik van chloor wordt in Nederland steeds meer beperkt (2). Als alternatieven voor chloor kunnen worden gebruikt ozon, ozon/waterstofperoxide, chloordioxide maar ook UV-straling voor bijvoorbeeld de nadesinfectie. Chloordioxide kan in Nederland in aanmerking komen om chloor te vervangen tijdens de transportchlooring van gedeeltelijk gezuiverd rivierwater. Een hogere dosering dan de voor de nadesinfectie toegestane 0,2 mg/l zou dan mogelijk moeten zijn. De verwachting was dat één van de vervalprodukten van chloordioxide n.l. chloriet met actiefkoolfiltratie goed zou kunnen worden verwijderd, echter niet met poederkool. Chloraat werd in het verleden als herbicide gebruikt maar deze stof werd in het begin van de tachtiger jaren minder als een probleem gezien voor de bereiding van drinkwater.

In Nederland wordt een deel van het ingenomen rivierwater na voorzuivering naar de duinen getransporteerd. De bedrijven die van dit water gebruik maken beschikten in de tachtiger jaren niet over actiefkoolfiltratie. De hypothese dat chloriet onder zuurstofarme of anaërobe omstandigheden tijdens duininfiltratie kan worden gereduceerd tot chloride is onderzocht door Hrubec (7). Het gedrag van chloraat, het tweede vervalprodukt van chloordioxide, tijdens duininfiltratie is eveneens door Hrubec onderzocht (8). Voor deze projecten werd een analysemethode ontwikkeld zodat chloriet en chloraat tot op µg/l niveau konden worden aangetoond (9). Bij het analyseren van ongezuiverd rivierwater werden relatief hoge concentraties chloriet en chloraat aangetoond. Eind 1989 werd een aantal drinkwatermonsters geanalyseerd afkomstig van oppervlaktewater verwerkende bedrijven. In deze monsters werden chloriet en chloraat aangetroffen (4).

Chloriet en chloraat in drinkwater kunnen afkomstig zijn van meerdere bronnen:

- vervalprodukten chloordioxide
- als verontreiniging in het oppervlaktewater
- toegevoegd tijdens het gebruik van NaClO waarin het als verontreiniging aanwezig is (8,9). Er wordt vermoed dat de hoeveelheid chloraat toeneemt met de leeftijd van de hypochlorietoplossing (9).

In het Waterleidingbesluit (10) is geen norm gesteld voor chloriet en chloraat; voorlopig is er alleen een maximale dosis gesteld voor de toepassing van chloordioxide tijdens de nadesinfectie (11). De WHO en de US-EPA hebben voornemens voor deze stoffen een richtwaarde of maximaal toelaatbaar niveau te stellen.

In dit rapport wordt het deelproject: chloriet en chloraat in drinkwater, een onderdeel van het project 'Kwaliteitsdoelstellingen drinkwater' gerapporteerd. Het doel van dit project is inzicht te verkrijgen in het vóórkomen en het gedrag van stoffen tijdens de

drinkwatervoorziening. In hoofdstuk 4 van dit rapport worden de resultaten van een meetprogramma beschreven naar chloriet-, chloraat- en bromaatconcentraties in drink- en oppervlaktewater bij een op dit onderwerp toegesneden selectie van pompstations. In hoofdstuk 2 worden achtergronden waaronder gezondheidsaspecten van de chloriet- en chloraatproblematiek beschreven. De opzet van het onderzoek staat beschreven in hoofdstuk 3. Conclusies en aanbevelingen worden in Hoofdstuk 5 gegeven.

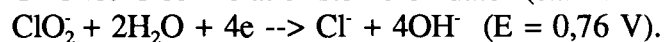
Bij de start van dit onderzoek stond de bromaatproblematiek sterk in de belangstelling. Bromaat is aangetoond met in principe dezelfde analysemethode als voor chloriet en chloraat met een onderste analysegrens van 6,4 µg/l (12). De methode wordt verder ontwikkeld om een lagere analysegrens te bereiken.

## 2 VÓÓRKOMEN EN GEZONDHEIDSASPECTEN

### 2.1 Eigenschappen en toepassingen.

#### *Chloriet*

Chloriet is een relatief sterke oxidator (standaard reductie potentiaal):



Chloriet ontstaat door de disproportioneerings van chloordioxide:



De disproportioneerings vindt onder licht versneld plaats. De reactie van  $\text{ClO}_2$  met organische stoffen kan van invloed zijn op de vorming van  $\text{ClO}_2^-$ . Uit de literatuur blijkt dat afhankelijk van de aard en de concentratie aan organische stoffen, pH en temperatuur de omzetting van  $\text{ClO}_2$  naar  $\text{ClO}_2^-$  tot 70% kan oplopen (7).

Chloriet kent een brede toepassing als oxidator bij industriële processen. Dit zijn ondermeer:

- het bleken van natuurlijke en synthetische vezels
- raffinage van dierlijke vetten
- ontvetting en ontkleuring
- bactericide werking: voorkómen van microbiële groei in de papier- en levensmiddelenindustrie

In het emissieregistratiesysteem beschikbaar binnen het RIVM is een rubriek chloriet/hypochlorieten waarvan de emissie ca. 2 miljoen kg per jaar bedraagt. Voor natriumhypochloriet is er een aparte rubriek. In dit systeem wordt niet gespecificeerd waarop wordt geloosd.

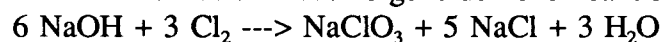
De industrie zal aanzienlijk hogere concentraties chloriet toepassen dan de bij de drinkwaterbereiding toegestane dosis voor chloordioxide van 0,2 mg/l. De bacteriële werking van chloriet en chloraat als vervalproduct bij de toegestane dosis van chloordioxide in drinkwater is onderzocht (13). Uit dit onderzoek bleek dat bij de toegestane dosis de vervalproducten geen bacteriostatische en bactericide werking voor Aeromonas bacteriën hebben. Chloordioxide heeft wel een bactericide effect voor Aeromonas zolang het desinfectans niet door het water verbruikt is. Echter in de meeste drinkwatertypen vervalt het snel bij de toegepaste dosis van 0,2 mg/l (11).

#### *Chloraat*

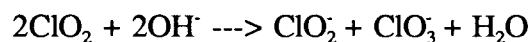
Chloraat is een sterke oxidator en wordt vanwege deze eigenschap veel gebruikt bij industriële processen zoals in de textiel en lederindustrie. In het verleden werd natriumchloraat geproduceerd voor gebruik als herbicide in de landbouw. Dit bestrijdingsmiddel is sinds 1978 in Nederland niet meer toegestaan (14) en dient als zodanig niet meer toegepast te worden. De gegevens over het gedrag in de bodem van chloraat als pesticide zijn slecht bruikbaar omdat er weinig analysegegevens beschikbaar zijn. Op grond van fytotoxische effecten is een persistentie geschat van 1-5 jaar, afhankelijk van bodemsamenstelling, vochtgehalte en temperatuur.

Volgens het emissieregistratiesysteem wordt aan chloraten ca 1 miljoen kg/jaar berekend als chloride geëmitteerd.

Chloraat wordt gevormd tijdens de produktie van chloordioxide. Het is aanwezig in het voor de produktie gebruikte technisch zuivere natriumchloriet (1,7-7%). Het komt ook vrij bij de technische bereiding van chloorbleekloog (NaClO). Beide produkten worden gebruikt voor de desinfectie van drinkwater. Daarnaast komt chloraat vrij bij de toepassing van  $\text{ClO}_2$  via disproportioneerings in water. De methoden voor de produktie van chloordioxide zijn beschreven door Hrubec (8). Bij de produktie van chloorbleekloog of natriumhypochloriet ontstaat chloraat volgens de nevenreactie:



Door disproportioneerings tijdens de opslag kan het gehalte toenemen volgens de reactie:



Chloraat kan worden gereduceerd naar chloriet en vervolgens naar chloride:



Over de condities waaronder deze processen tijdens de zuivering plaats vinden is onvoldoende duidelijk (8).

## 2.2 Gedrag

### *Degradatie tijdens infiltratie*

Tijdens infiltratie kunnen stoffen worden afgebroken door:

- a-biotische reductie met grondbestanddelen
- biologische activiteit in de bodem

Het organisch koolstof- en het lutumgehalte in de grond zijn bepalend voor het a-biotische proces. Door uitputting van het reducerend vermogen van de grond bij voortdurende belasting zoals tijdens infiltratie vindt a-biotische afbraak nauwelijks meer plaats. Biologische afbraak van chloriet vindt zowel aëroob als anaëroob plaats. De halfwaardetijd van chloriet tijdens infiltratie in schoon duinzand was ca. 15 dagen bij lage temperatuur ( $<10^\circ\text{C}$ ) en bij hogere temperatuur ( $>15^\circ\text{C}$ ), 2-4 dagen. In verontreinigd duinzand was de halfwaardetijd ongeacht de temperatuur korter dan één dag. De processen tijdens infiltratie zorgen voor een effectieve verwijdering van chloriet uit het rivierwater (7).

De afbraak van chloraat tijdens infiltratie is aanmerkelijk minder eenduidig. Uit een pilotstudie is gebleken dat onder aërobe en licht anaërobe omstandigheden de afbraak traag is. De aanwezigheid van nitraat speelt hierbij mogelijk een belangrijke rol. Chloraat en nitraat maken voor reductie gebruik van hetzelfde enzym n.l. nitraatreductase. Wanneer nitraat afwezig is, onder denitrificerende omstandigheden, wordt chloraat wel snel afgebroken. De verhouding (w/w) nitraat/chloraat in te infiltreren water is ca. 20. De affiniteit van nitraat voor het enzym is groter dan die van chloraat (8).

## Verwijdering

Dixon and Lee (15) hebben onderzocht wat de effecten van actieve kool en reducerende agentia zijn. De conclusie uit dit onderzoek was dat zowel actiefkoolfiltratie als reducerende agentia de bijprodukten van chloordioxide met name chloraat niet verwijderen. De chloordioxidedoses bij de experimenten met als bron rivierwater varieerden van 1,4-2,7 mg/l. Enkele aspecten die tot de conclusie hebben geleid zijn:

- De verwijdering van chloriet is een samenspel van adsorptie en reductie. De adsorptiecapaciteit van actief kool neemt snel af waarbij reductie de overhand krijgt.
- Dit fenomeen wordt beïnvloed door de bedvolumecontacttijd.
- Chloriet wordt op de actieve kool geoxideerd tot chloraat bij aanwezigheid van vrij-chloor in het water.
- Voor een efficiënte verwijdering is een te lange contacttijd nodig.
- De verwijdering van chloriet met zwaveldioxide-sulfietionen in combinatie met de aanwezige opgeloste zuurstof leidt tot oxidatie van chloriet tot chloraat.

Het is bekend dat chloriet tijdens actieve koolfiltratie wordt omgezet in chloraat en chloride (16,17) en op deze manier vrijwel volledig wordt verwijderd. Tijdens deze experimenten werden chloriet concentraties gebruikt van 50 - 200 mg/l in het influent. Er zijn geen experimenten bekend met de verwijdering van lage (0,1 mg/l) concentraties chloriet en chloraat. Lage concentraties kunnen pas sinds enkele jaren met behulp van ionchromatografie betrouwbaar worden gemeten.

Griese et al (18) hebben in een onderzoek in een pilot plant verschillende reducerende agentia gebruikt voor het terugdringen van chloordioxide en chloriet bij de oxidatie/desinfectie van drinkwater. Het gebruik van  $\text{Fe}^{2+}$ -ionen kwam als positief naar voren (enkele mg/l afhankelijk van de chloordioxidedosering: 5-18 mg/l  $\text{FeCl}_2$  en resp. 1,5-4 mg/l  $\text{ClO}_2$ ). Beide oxidanten werden binnen enkele minuten verwijderd bij pH 6 à 7. Wanneer het vrijkomen van chloraat wordt beperkt door de optimalisatie van het generatieproces van chloordioxide lijkt het gebruik van  $\text{Fe}^{2+}$ -ionen een effectief middel voor het verwijderen van deze bijprodukten.

## 2.3 Gezondheidseffecten

Er is relatief weinig bekend over de toxiciteit van chloriet en chloraat. De meeste studies zijn gericht op effecten in het bloed en maar weinige richten zich op andere doelorganen. R.J. Bull en F.C. Kopfler (5) hebben in 1991 een boek gepubliceerd waarin de gezondheidseffecten van desinfectantia en desinfectiebijprodukten zijn samengevat. De Internationale Agency for Research on Cancer (IARC) heeft in 1991 een monograaf gepubliceerd over gechloord drinkwater en bijprodukten (6). Onderstaande informatie is hieruit afkomstig.

### 2.3.1 Proefdierstudies

#### *Chloriet*

In proefdierstudies is aangetoond dat chloriet de levensduur kan reduceren na blootstelling

aan een concentratieniveau van 300 of 500 mg/l bij mannelijke F344 ratten respectievelijk vrouwelijke B6C3F1 muizen. Het belangrijkste effect van chloriet is de oxidatieve beschadiging van rode bloedcellen. Chloriet gaf een verlies aan rode bloedcellen en verlaging van het hemoglobine gehalte maar geen methaemoglobinie, bij mannelijke Sprague-Dawley ratten welke 30 resp. 60 dagen werden behandeld met 100-500 mg/l en hogere concentraties in drinkwater. Er trad enige adaptatie op bij deze parameters na een behandelingsduur van 90 dagen maar het glutatieniveau in de rode bloedcellen was significant lager vanaf de blootstellingsdosis van 50 mg/l. In andere diersoorten werden gelijksoortige effecten waargenomen. Heffernan et al (geciteerd in 5 en 6) gaven een NOAEL voor hematologische effecten in katten van 0,6 mg/kg lichaamsgewicht.

### *Chloraat*

Er zijn geen chronische studies bekend welke de effecten van chloraat beschrijven. Uit één studie is gebleken dat chloraat een niet-dosis gerelateerde verandering in de concentratie van glutation in de rode bloedcellen geeft.

### 2.3.2 Mutageniteit

#### *Chloriet*

Chloriet gaf een mutagene respons in de Amestest met Salmonella typhimurium TA 100 zonder metabole activering. Het werd niet uitgesloten dat effecten van hoge waarschijnlijk toxische concentraties chloriet in het medium bij de mutagene respons een rol speelden. Chloriet induceerde chromosomale aberraties in een fibroblast cellijn van de Chinese hamster. Ook hier werden andere effecten van de stof niet uitgesloten. In de muis micronucleus test met intraperitoneale injectie van natriumchloriet 7,5-60 mg/kg/d scoorde chloriet positief. Na orale blootstelling aan natriumchloriet werd in deze test geen effect gevonden. In een studie waarin muizen meervoudig oraal werden blootgesteld werd voor diverse eindpunten geen effect gevonden (6). IARC verklaarde de elkaar tegensprekende resultaten door verschillen tussen de doses in de diverse proeven.

#### *chloraat*

Er werden geen chromosomale afwijkingen aangetoond in de beenmerg micronucleustest met muizen voor chloraat (toediening via 'gavage') en tevens niet in een cytogenetische test (14).

### 2.3.3 Carcinogeniteit

#### *Chloriet*

Uit een tumorpromotiestudie werd de conclusie getrokken dat chloriet een zwakke promotor zou kunnen zijn. De resultaten van een huidtumorstudie met Sencar muizen waren niet statistisch significant. Er is één carcinogeniteitsstudie met ratten en muizen uitgevoerd waarbij blootstelling aan chloriet in het drinkwater plaatsvond. In deze studie werden geen aanwijzingen gevonden dat chloriet carcinogeen voor de rat (m,v) zou zijn. Uit het onderzoek met de muizen kon geen conclusie worden getrokken.

IARC (6) plaatste chloriet in groep 3; dit betekent dat de stof niet als een carcinogeen voor de mens kan worden geclassificeerd.

Voor chloraat is geen carcinogeniteitsstudie bekend.

#### 2.3.4 Reproductie en teratogeniteit

In de IARC monograaf (6) staan enkele studies beschreven. Uit één van deze studies blijkt een minimaal effect op de reproductie (verminderde groei bij de verspening van de jonge dieren) bij ratten en muizen in een drinkwaterstudie bij een dosis van 100 mg/l en hoger.

#### 2.3.5 Humane studies

##### *Chloriet en chloraat*

Er is een studie uitgevoerd met 60 gezonde vrijwilligers (20). Deze personen kregen dagelijks gedurende 12 weken 500 ml van een oplossing welke 5 mg/l  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{ClO}_2$  of  $\text{ClO}_3$  bevatte te drinken. Er werden geen veranderingen in de onderzochte parameters gevonden.

In de populatie is een subgroep welke deficiënt is voor het enzym glucose 6-fosfaatdehydrogenase (G6-PD). Deze groep is gevoelig voor acute effecten van oxidatieve stoffen. In N-Amerika behoort 10% van de zwarte mannen tot deze risicogroep. Lubbers (20) heeft 3 vrijwilligers met deze deficiëntie blootgesteld aan chloriet op dezelfde wijze zoals hierboven beschreven. Bij de proefpersonen werden geen 'significante' veranderingen van relevante biochemische en fysiologische parameters waargenomen. Vanwege de groepsgrootte (3 personen) kunnen de effecten niet voldoende statistisch worden onderbouwd. In het onderzoek werden trends gesignaleerd welke mogelijk bij langdurige blootstelling klinische effecten teweeg kunnen brengen.

Van chloraat zijn een aantal studies bekend van vergiftigingen met dit chemicalie. Doses boven 100 g waren in alle gevallen fataal. Doses tot 15 g werden meestal geassocieerd met een verminderde nierfunctie.

#### 2.3.6 Normen

In Nederland zijn geen normen gesteld voor het gehalte van chloriet en chloraat in drinkwater. In de huidige EG-richtlijn zijn deze stoffen eveneens niet opgenomen. In Amerika is de EPA bezig alle desinfectiemiddelen en desinfectiebijprodukten te normeren. In de laatste versie van 'Drinking water regulations and health advisories (april 1992)' zijn nog geen voorlopige getallen gegeven voor chloriet en chloraat. In de versie van november 1990 werden wel 'health advisories' gegeven. De WHO heeft in september 1992 de nieuwe drinkwaterrichtlijnen vastgesteld o.a. voor desinfectiebijprodukten waaronder chloriet en chloraat. Voor chloriet werd een voorlopige richtwaarde van 200  $\mu\text{g/l}$  gesteld op basis van een NOAEL van 1 mg/kg bw/d uit een 90 dagen studie met ratten waarin verlaagde glutation niveaus werden gevonden. Er werd een onzekerheidsfactor van 100 gebruikt en een allocatie voor drinkwater van 80% gehanteerd. De Tolerable Daily Intake (TDI) komt volgens de WHO (21) overeen met de NOAEL (0,036 mg/kg bw/d) uit de studie met een beperkt aantal vrijwilligers (20). Voor chloraat werd vanwege de beperkte

dataset geen richtwaarde gesteld.

De National Research Council (NRC) in Amerika (22) heeft in 1987 een Suggested no-adverse-respons level (SNARL) berekend gebaseerd op de studie van Lubbers met de NOAEL van 0,036 mg/kg bw/d. Voor een volwassen persoon van 70 kg met een consumptie van 2 l/d, een allocatie voor drinkwater van 20% en een onzekerheidsfactor van 10 werd een SNARL van 24 µg/l voor zowel chloriet en chloraat berekend. In de studie werd geen 'adverse-effect level' gevonden zodat de relevantie van de toegepaste dosis voor het vaststellen van een drempelwaarde voor hematologische effecten bij mensen niet kon worden gegeven. Het expert-comité gaf de voorkeur aan humane data boven dierexperimentele data. De WHO heeft de voorkeur van de NRC niet overgenomen.

In Nederland bestaat er wel een inspectierichtlijn voor de dosering van chloordioxide n.l. maximaal 0,2 mg/l.

## 2.4 Vóórkomen

Er is nauwelijks informatie aanwezig over het vóórkomen van zowel chloriet, bromaat als chloraat in gezuiverd drinkwater en in het milieu. In Nederland is eind 1989 (4) éénmalig de concentratie voor beide stoffen bij een aantal pompstations gemeten. De concentratie chloriet in drinkwater bereid uit oppervlaktewater was 2,4-64 µg/l en voor chloraat 7,3-41 µg/l. Dietrich et al (23) rapporteerden gemiddelden van jaargemiddelden voor chloriet bij 12 bedrijven in Amerika van 320 µg/l (s.d. 280 µg/l, minimum 1 µg/l en maximum 800 µg/l).

Er is wel onderzoek gedaan naar het voorkomen van chloriet en chloraat bij dosering van chloordioxiden in een pilot plant met water van de Ohio river (5). Als voorbeeld: na dosering van 1,0 mg/l  $\text{ClO}_2$  werd 0 µg/l  $\text{ClO}_2$ , 580 µg/l  $\text{ClO}_2$  en 130 µg/l  $\text{ClO}_3^-$  teruggevonden.

### 3 OPZET VAN HET ONDERZOEK

#### 3.1 Monstername

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode oktober 1991 tot en met maart 1992. De monstername heeft in deze periode zes maal plaats gevonden met een frequentie van één maal per maand. De monsterpunten zijn weergegeven in tabel 1. De monsters zijn genomen volgens SOP LWD 09/00 (24). Er zijn glazen flessen van het type Schott 100 ml gebruikt welke bij 160°C zijn uitgestookt. De flessen zijn tijdens het transport in een koelbox in het donker bewaard en bij aankomst op het laboratorium in de koelkast gezet. De analyses werden zo snel mogelijk na de monstername uitgevoerd in verband met de instabiliteit van met name chloriet.

Tabel 1. De monsterpunten van het onderzoek naar chloriet en chloraat.

| Pompstation      | Bedrijf | Monsterpunten                                                 |
|------------------|---------|---------------------------------------------------------------|
| Andijk           | PWN     | ruw water voor de chloring, snel-filtraat, koolfiltraat, rein |
| Enschede         | WOT     | vóór infiltratie, ruw (na infiltra-tie), rein                 |
| Katwijk          | EWR     | boezemwater, ruw (na infiltr.), rein                          |
| Monster          | WDM     | ruw (na infiltr), rein                                        |
| Berenplaat       | WZHZ    | ruw (Biesbosch water), snelfil-traat, rein                    |
| Kralingen        | WZHZ    | ruw (Biesbosch water), snelfil-traat, koolfiltraat, rein      |
| Zwijndrecht      | WZHO    | ruw water, snelfiltraat (voor chloor), rein                   |
| Ridderkerk       | WZHO    | ruw water, rein                                               |
| Gouda Dijklaan   | WZHO    | ruw water, rein                                               |
| Leiduin          | GWA     | ruw (na duininfiltratie), rein Lei-duin I, rein Leiduin II    |
| Nieuwegein       | WRK     | inlaat rivier (Lekkanaal), uitgaand voorgezuiverd             |
| Keizersveer Maas |         | rivierwater                                                   |
| Zwolle IJssel    |         | rivierwater                                                   |

#### 3.2 Bepalingsmethode

De metingen van chloriet, chloraat en bromaat zijn uitgevoerd bij het laboratorium voor anorganische chemie (LAC) volgens SOPnr: LAC M244 (24). Het betreft een ionchroma-tografische bepaling met behulp van een Dionex 2120i-systeem.

## *Principe*

Ionen in een watermonster kunnen worden gescheiden door het monster te leiden door een ionenwisselaarkolom met loopvloeistof. Het principe van ionchromatografie berust op het verschil in affiniteit van de ionen tot de uitwisselingsplaatsen van de ionenwisselaar. Om de ionen goed te kunnen scheiden worden harsen gebruikt met een lage capaciteit. Ionen van een geïnjecteerd monster worden gemeten met een geleidbaarheids- en UV-detector. De detectie vindt plaats na de scheidingskolom en de suppressor. In de suppressor wordt onder andere de geleidbaarheid van de loopvloeistof verlaagd. Tevens worden de te meten anionen in hun corresponderende zuren omgezet.

De onderste respectievelijk bovenste (onverdund monster) analysegrens bedraagt voor:

- chloriet 2,0 µg/l (0,03 µmol/l); 130 µg/l (2,0 µmol/l)
- chloraat 3,3 µg/l (0,04 µmol/l); 160 µg/l (2,0 µmol/l)
- bromaat 6,4 µg/l (0,05 µmol/l); 290 µg/l (2,0 µmol/l).

De precisie uitgedrukt als standaardafwijking voor de controle standaardoplossing van 1,5 µmol/l van deze componenten is beter dan 3%.

## *Rekenmethode*

Met een computerprogramma (Dionex AI-450) worden de meetgegevens verzameld en opgeslagen. Met behulp van standaarden vindt identificatie van componenten in monsters plaats en worden uit de piekhoogten de concentraties van de verschillende componenten berekend.

De resultaten van de monsteranalyses worden ingevoerd in het laboratorium administratiesysteem van LAC in µmol/l. De gegevens zijn in een Lotus 123 (versie 2.2) file aangeleverd aan het LWD.

### 3.3 Verwerking van de gegevens

De gegevens zijn verwerkt met Lotus 123 (versie 2.2.). Er is gerekend met de database waarin waarnemingen beneden de detectiegrens als de gemeten waarden werden weergegeven. Wanneer er geen meetsignaal werd aangetroffen is de waarde 0,0 ingevuld. Met behulp van Lotus 123 zijn per meetpunt gemiddelden (gem) en standaardafwijkingen (sd) berekend. Indien het gemiddelde beneden de onderste analysegrens lag is geen sd weergegeven. De figuren zijn na het aanmaken met Lotus 123 met het programma Quattropro verwerkt tot de gepresenteerde figuren, welke in WP 5.1 zijn geïmporteerd.

### 3.4 Enquête naar gebruik chloorbleekloog

In februari 1991 is een kleine enquête gehouden onder een aantal bedrijven welke regelmatig of incidenteel chloor in één of andere vorm doseren. Dertien bedrijven hebben een brief met vragen ontvangen. Doel van de enquête was na te gaan onder welke condities chloorbleekloog wordt opgeslagen met het oog op eventuele vorming van chloraat.

## 4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

De resultaten worden weergegeven in de tabellen 2 en 3 en in de figuren 1 - 26. De individuele meetwaarden worden in de bijlagen 1 tot en met 3 weergegeven. In tabel 2 worden de gemiddelden en de standaardafwijkingen per monsterpunt gegeven. Bij het berekenen van de gemiddelden zijn voor de metingen beneden de onderste analysegrens de actuele meetwaarden gebruikt. De standaardafwijkingen zijn veelal groot; dit betekent dat aan de hand van de gemiddelden geen betrouwbare conclusies kunnen worden getrokken. Een duidelijker beeld kan worden verkregen wanneer de gegevens van een pompstation inclusief de ruwwaterbron integraal worden geanalyseerd door middel van de figuren. In tabel 3 zijn minima en maxima van het in- en uitgaande water voor de diverse pompstations weergegeven aangevuld met het aantal metingen van de zes waarvan de waarde beneden de detectiegrens lag. Het ruwe water betreft het water dat het pompstation binnenkomt. Hieraan kan een infiltratie vooraf zijn gegaan. In afzonderlijke paragrafen worden de (groep van) pompstations besproken.

In de figuren zijn de individuele metingen weergegeven als set van zes metingen per monsterpunt per pompstation of vergelijkbare eenheid. Als de meetwaarde beneden de detectiegrens lag is dit met stippels in de figuren weergegeven. De schaalniveaus op de Y-as zijn tijdens het maken van de figuren automatisch ingesteld. Hierdoor variëren deze niveaus per figuur. Voor de interpretatie van de gegevens is het noodzakelijk vooraf het schaalniveau te bekijken.

In een aantal gevallen zijn de resultaten niet eenvoudig te verklaren bv wanneer binnen een zuiveringsproces een lage of geen waarde wordt gemeten, terwijl het volgende punt een veel hogere waarde heeft zonder dat dit op grond van de procesvoering was te verwachten. De betekenis van een set metingen is veel groter dan van individuele metingen. Ter voorkoming van een dergelijke variabiliteit zou de monsterfrequentie verhoogd kunnen worden en zou de bemonstering in duplo kunnen worden uitgevoerd.

Bij de interpretatie van de resultaten is geen rekening gehouden met de omzetting van chloraat naar chloriet tijdens opslag in de spaarbekkens en de duinen. In principe is het mogelijk dat de gemeten chlorietconcentratie na bijvoorbeeld duininfiltratie afkomstig is van gereduceerd chloraat en dus niet als zodanig in het geïnfilterde water aanwezig was. De omzetting van chloraat in chloriet is in deze studie niet onderzocht. De oxidatie van chloriet naar chloraat tijdens actieve koolfiltratie is eveneens niet in de interpretatie betrokken. Deze studie geeft een indruk van de niveaus van de stoffen tijdens de drinkwaterbereiding en geeft tevens aan of bepaalde zuiveringsstappen in staat zijn dit niveau te veranderen.

Tabel 2. Gemiddelden en standaardafwijkingen van de metingen op alle monsterpunten (n=6).

| Pompstation      | Monsterpunt         | chloraat (µg/l) |      | chloriet (µg/l) |      |
|------------------|---------------------|-----------------|------|-----------------|------|
|                  |                     | gem             | sd   | gem             | sd   |
| Andijk           | ruw water           | 9,3             | 5,3  | 12,4            | 9,0  |
|                  | snelfiltraat        | 10,2            | 3,6  | 7,1             | 7,2  |
|                  | actief koolfiltraat | 10,6            | 7,4  | 8,7             | 9,0  |
|                  | uitgaand rein       | 18,8            | 9,0  | 39,6            | 15,8 |
| Zwolle IJssel    | rivierwater         | 25,0            | 7,3  | 17,9            | 10,2 |
| Kralingen        | ruw water           | 34,8            | 10,9 | 19,8            | 5,4  |
|                  | snelfiltraat        | 42,1            | 8,1  | 21,2            | 5,6  |
|                  | koolfiltraat        | 42,0            | 7,9  | 20,6            | 5,7  |
|                  | uitgaand rein       | 43,0            | 6,3  | 17,6            | 7,7  |
| Keizersveer Maas | rivierwater         | 38,9            | 8,3  | 19,7            | 3,7  |
| Beerenplaat      | ruw water           | 44,9            | 8,8  | 21,5            | 6,7  |
|                  | snelfiltraat        | 57,0            | 15,5 | 17,6            | 7,4  |
|                  | uitgaand rein       | 35,7            | 25,4 | 14,6            | 7,4  |
| Nieuwegein       | inlaat rivier       | 18,8            | 1,7  | 21,9            | 12,9 |
|                  | voorgezuiverd       | 18,6            | 2,8  | 26,1            | 7,8  |
| Leiduin          | ruw (na duininf.)   | <3,3            |      | 5,3             | 3,6  |
|                  | rein Leiduin I      | 16,8            | 30,2 | 6,1             | 2,2  |
|                  | rein Leiduin II     | 18,8            | 34,6 | 4,8             | 2,6  |
| Katwijk          | boezemwater         | 4,0             | 4,3  | 6,4             | 4,7  |
|                  | ruw (na infil.)     | 5,1             | 2,0  | <2              |      |
|                  | uitgaand rein       | 15,9            | 13,8 | 2,4             | 2,3  |
| Monster          | ruw (na infil.)     | 15,0            | 6,0  | 7,5             | 3,1  |
|                  | rein                | 11,7            | 7,5  | 4,0             | 3,1  |
| Enschede         | voor infiltr.       | 19,9            | 3,2  | 11,7            | 4,7  |
|                  | ruw (na infil.)     | 4,9             | 3,2  | 2,5             | 1,5  |
|                  | rein                | 25,7            | 9,6  | 5,1             | 2,9  |
| Gouda            | ruw water           | <3,3            |      | <2              |      |
|                  | rein                | <3,3            |      | <2              |      |
| Ridderkerk       | ruw water           | <3,3            |      | <2              |      |
|                  | rein                | 23,1            | 42,4 | 2,6             | 2,4  |
| Zwijndrecht      | ruw water           | <3,3            |      | <2              |      |
|                  | voor chloring       | <3,3            |      | <2              |      |
|                  | rein                | 35,3            | 19,1 | <2              |      |

Tabel 3. Minimum en maximum waarden in ruw en rein water.

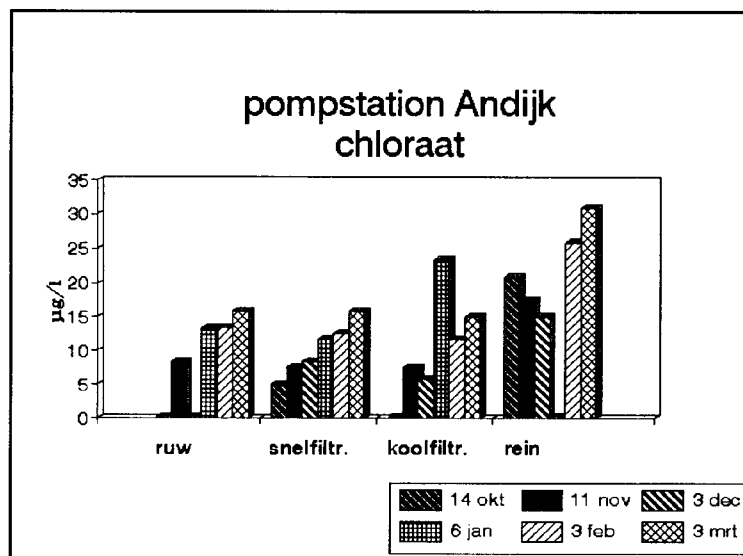
| Pompstation | Chloraat (µg/l) |                  | Chloriet (µg/l) |                 |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|             | ruw (n)*        | rein (n)*        | ruw (n)*        | rein (n)*       |
| Andijk      | <3,3 - 15,9 (2) | <3,3 - 30,9 (1)  | <2 - 26,3 (1)   | 6,7 - 59,4 (0)  |
| IJssel      | 14,2 - 37,6 (0) |                  | <2 - 33,7 (1)   |                 |
| Kralingen   | 10,8 - 42,6 (0) | 35,9 - 55,1 (0)  | 12,8 - 28,3 (0) | 9,4 - 32,4 (0)  |
| Maas        | 30,9 - 55,9 (0) |                  | 14,2 - 26,3 (0) |                 |
| Berenplaat  | 35,0 - 56,7 (0) | <3,3 - 68,4 (1)  | 12,8 - 31,0 (0) | 6,7 - 25,0 (0)  |
| WRK         | 15,9 - 20,9 (0) | 12,5 - 20,9 (0)  | <2 - 37,8 (1)   | 16,9 - 41,1 (0) |
| Leiduin     | <3,3 - 5,8 (3)  | <3,3 - 96,0 (3)  | <2 - 9,4 (2)    | <2 - 8,1 (1)    |
| Katwijk     | 3,3 - 9,2 (0)   | 5,8 - 40,9 (0)   | <2 - 2,7 (2)    | <2 - 6,7 (3)    |
| Monster     | 5,8 - 21,7 (0)  | <3,3 - 21,7 (1)  | 3,4 - 12,1 (0)  | <2 - 7,4 (2)    |
| Enschede    | <3,3 - 9,2 (2)  | 17,5 - 46,3 (0)  | <2 - 4,7 (2)    | <2 - 8,8 (1)    |
| Gouda       | <3,3 - 3,3 (5)  | <3,3 - 5,8 (5)   | <2 - <2 (6)     | <2 - <2 (6)     |
| Ridderkerk  | <3,3 - <3,3 (6) | <3,3 - 116,8 (3) | <2 - <2 (6)     | <2 - 6,1 (3)    |
| Zwijndrecht | <3,3 - <3,3 (6) | <3,3 - 70,1 (0)  | <2 - <2 (6)     | <2 - <2 (6)     |

\* aantal waarnemingen (max. 6) beneden de detectiegrens: chloraat <3,3 µg/l, chloriet <2,0 µg/l.

#### 4.1 Pompstation Andijk.

Het drinkwaterbedrijf NV PWN neemt bij Andijk water van het IJsselmeer in middels een voorraadbekken. Het IJsselmeer wordt gevoed met water uit de IJssel en uitslagwater van de omringende polders. De resultaten van het meetpunt in de IJssel bij Zwolle worden daarom ook in deze paragraaf besproken.

Figuur 1.



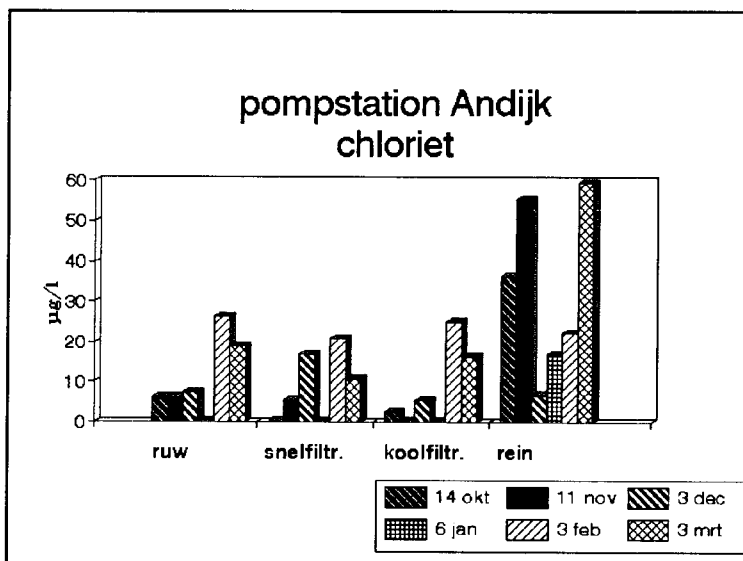
De zuivering bij Andijk is in grote lijnen als volgt opgebouwd:

- proceschloring
- coagulatie/snelfiltratie
- koolfiltratie
- chloordioxide.

#### Chloraat

Chloraat kan op verschillende plaatsen in het drinkwaterbereidingsproces worden geïntroduceerd. Chloraat is aanwezig in het ruwe water (Fig 1) tot een maximum van 15 µg/l. Van de zes metingen was het resultaat in twee gevallen lager dan de detectiegrens. Het weergegeven van een gemiddelde waarde geeft dan ook een vertekend beeld en kent een grote spreiding (tabel 2). Verwacht werd dat de concentratie chloraat door de proceschloring zou stijgen. Uit de resultaten van het snelfiltraat blijkt dit niet. Het monster snelfiltraat geeft de processtappen chloring, coagulatie en snelfiltratie weer. Coagulatie zal geen invloed hebben op de chloraat concentratie. In de monsters genomen na actieve koolfiltratie neemt het niveau

Figuur 2.



aan chloraat nauwelijks af. Hier geldt ook dat de gemeten waarde hoger kan zijn dan in het snelfiltraat (vb 6 jan). Een goede verklaring voor deze toename is niet voorhanden.

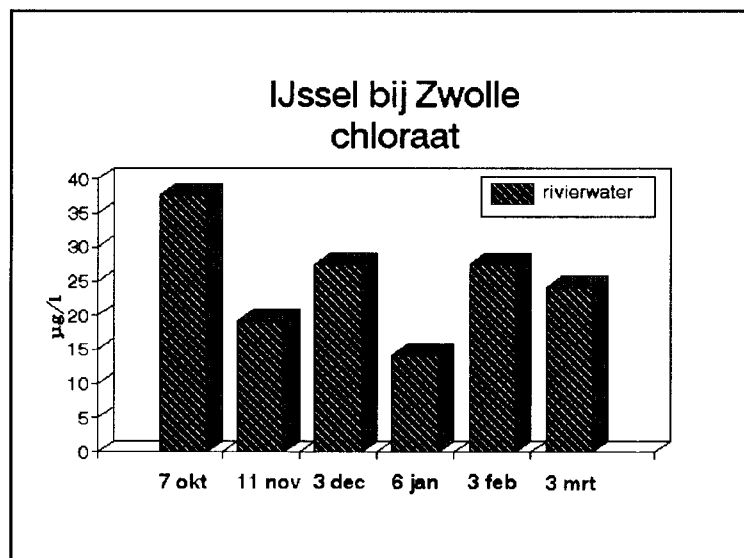
Uit de resultaten blijkt wel dat actieve koolfiltratie niet bijdraagt aan de verwijdering van chloraat. In het uitgaande water is de concentratie chloraat ten opzichte van de voorgaande stappen op de meeste data toegenomen. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de chloordioxide dosering na de koolfiltratie. De resultaten van chloraat in de IJssel variëren van ca. 15 - 35 µg/l (Fig 3). De concentratie in het ruwe water dat Andijk inneemt is niet hoger dan 15 µg/l. Dit kan door verdunning en afvlakking van de concentratie in het IJsselmeer worden veroorzaakt. Oxidatieprocessen in het oppervlaktewater kunnen eveneens een rol

spelen. In het geproduceerde drinkwater bedraagt de chloraatconcentratie max. 25 - 30  $\mu\text{g/l}$  (Fig 1).

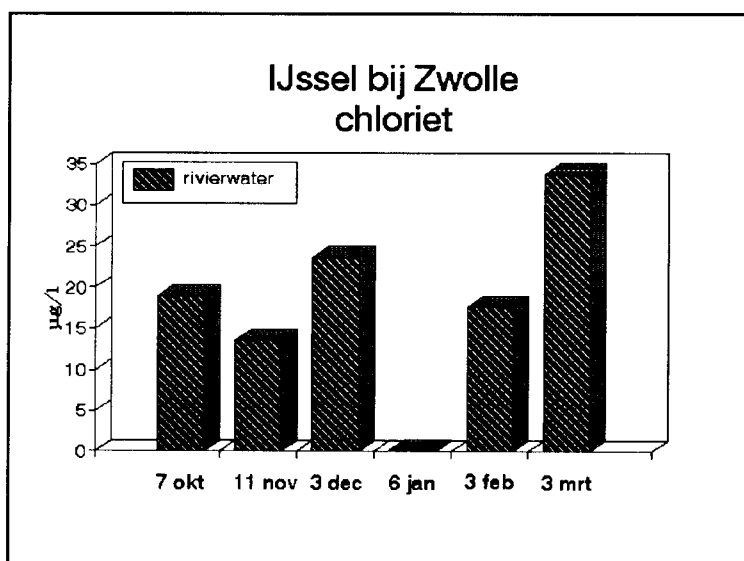
### Chloriet

Chloriet is een belangrijk vervalproduct van chloordioxide en zal bij de dosering daarvan in het water aanwezig zijn. Chloriet is aanwezig in de ruwwaterbron IJssel (Fig 4) op een

Figuur 3.



Figuur 4.



water is de concentratie chloriet meestal hoger dan die van chloraat. De gemiddelde chloriet concentratie is  $39,6 \pm 15,8 \mu\text{g/l}$  en van chloraat  $18,8 \pm 9,0 \mu\text{g/l}$  (tabel 2).

lager niveau dan chloraat (Fig 3). Opvallend is dat op één monsterdag geen chloriet (boven de onderste analysegrens) is aangetoond.

In het ingenomen water liggen de concentraties chloriet en chloraat ongeveer op hetzelfde niveau.

Tijdens de zuivering in Andijk verandert de concentratie chloriet nauwelijks (Fig 2). Met actieve koolfiltratie wordt ook chloriet hier niet verwijderd. Duidelijk is wel dat de concentratie chloriet na de chloordioxidedosering aanmerkelijk is toegenomen tot een maximum van ca 60  $\mu\text{g/l}$  in het uitgaande water.

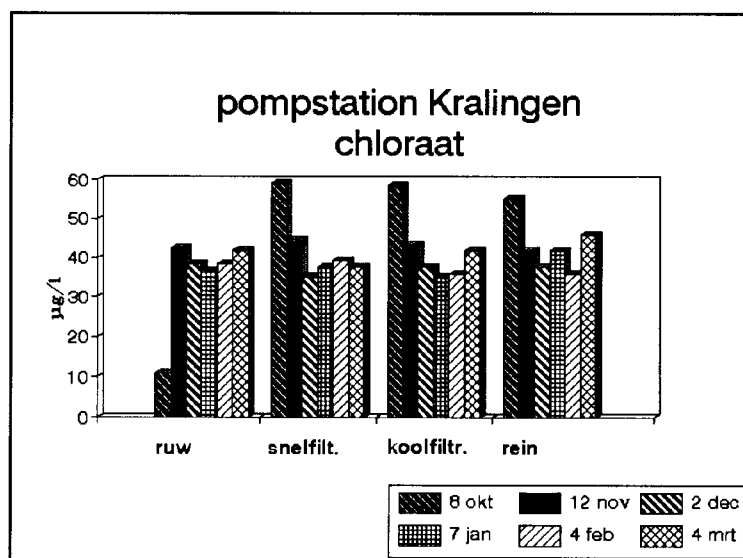
### Conclusie

Chloraat en chloriet zijn aanwezig in de ruwwaterbron van het pompstation Andijk: de IJssel en vervolgens het IJsselmeer. De concentraties veranderen niet of nauwelijks tijdens proceschlorering, snelfiltratie en actieve koolfiltratie. Na de chloordioxidedosering is de concentratie in het drinkwater met name van chloriet op de meeste monsterdata toegenomen. In het drink-

## 4.2 Pompstations Kralingen en Berenplaat

Het drinkwaterbedrijf NV WZHZ neemt op de productiebedrijven Kralingen en Berenplaat in Rotterdam water in afkomstig uit de spaarbekkens in de Biesbosch. In de drie bekkens in de Biesbosch is de gemiddelde verblijftijd ca. 7 maanden. Het water wordt ter hoogte van Keizersveer aan de Maas onttrokken. De resultaten van het Maaswater zullen daarom eveneens in deze paragraaf worden besproken.

Figuur 5.



De zuivering bij Kralingen is als volgt opgebouwd:

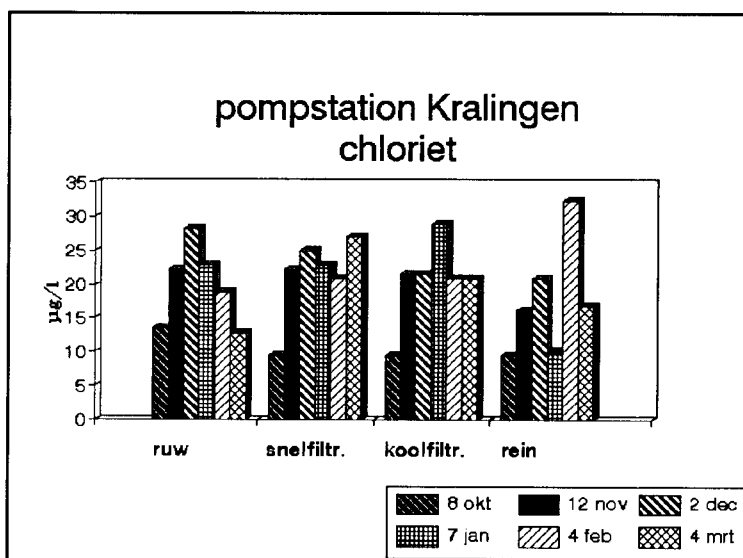
- ozonisatie
- coagulatie/snelfiltratie
- actieve koolfiltratie
- veiligheidschloring (mbv chloorgas)

De zuivering bij Berenplaat is opgebouwd door middel van:

- proceschloring
- coagulatie/snelfiltratie over kool
- veiligheidschloring

### Chloraat

Figuur 6.



In de Maas is de gemiddelde concentratie  $38,9 \pm 8,3 \mu\text{g/l}$  (tabel 2); de concentratie is vrij constant (Fig 7). In principe is het ruwwater voor de pompstations Kralingen en Berenplaat van dezelfde kwaliteit. Uit tabel 2 blijkt dat de gemiddelde waarde bij de Berenplaat ca. 25% hoger is ( $44,9 \pm 18,8 \mu\text{g/l}$ ) dan bij Kralingen ( $34,8 \pm 10,9$ ). Uit een analyse van de Figuren 5 en 9 blijkt dit verschil vooral door de eerste meting (8 okt) te worden veroorzaakt. De concentraties in het ruwe water bij de pompstations en in de Maas komen redelijk overeen.

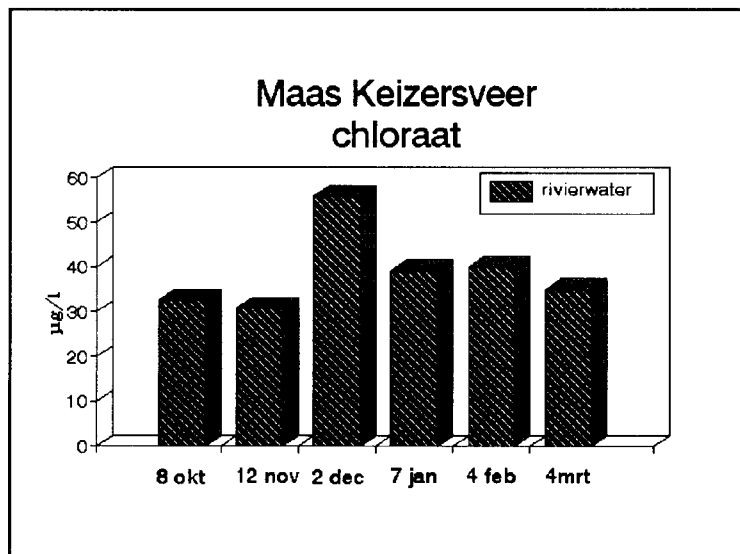
Met als randvoorwaarde dat de concentratie in de Maas redelijk constant is; is de conclusie dat de chloraatconcentratie in de spaarbekkens niet afneemt en deze stof waarschijnlijk niet wordt verwijderd. Complicerende factoren hierbij zijn de verblijftijd in de bekkens en processen in het water waarbij chloraat kan worden gevormd.

Bij Kralingen verandert de chloraatconcentratie tijdens de zuivering nauwelijks. De gemiddelde concentratie ligt iets boven  $40 \mu\text{g/l}$  en is relatief constant tijdens de onder-

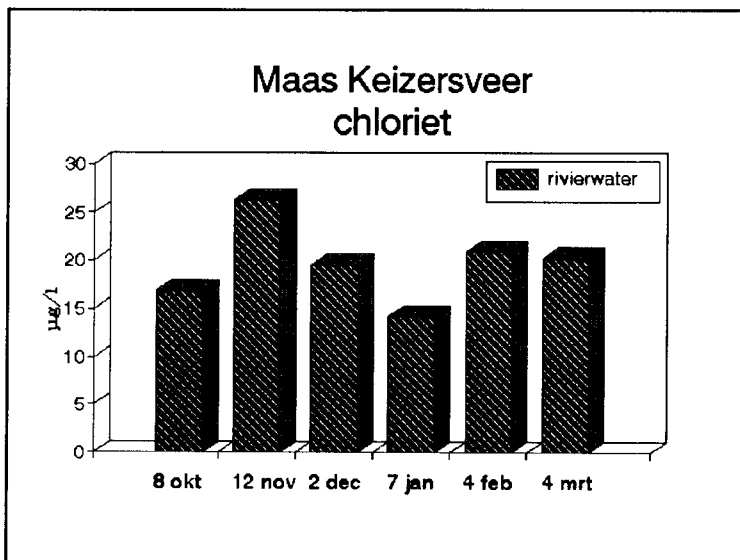
zoekperiode (Tabel 2: de sd is relatief laag). De zuiveringsstappen: ozon en actieve koolfiltratie hebben geen invloed op de chloraatconcentratie. Het gebruik van chloorgas voor de continu toegepaste veiligheidschloring ( $0,3\text{--}0,5 \text{ mg/l Cl}_2$ ) draagt zoals verwacht niet meetbaar bij aan de hoeveelheid chloraat in het drinkwater.

Bij de Berenplaat is de gemiddelde concentratie in het snelfiltraat (in feite chloring, coagulatie en snelfiltratie over kool) hoger dan in het ruwe water (tabel 2:  $57,0 \pm 15,5$  resp.  $44,9 \pm 8,8 \text{ } \mu\text{g/l}$ ).

Figuur 7.



Figuur 8.



de winterperiode.

Bij Kralingen (Fig 6) is de chlorietconcentratie tijdens de zuivering redelijk constant zij het dat deze bij één meting in het snelfiltraat (na ozon) is toegenomen. De gemiddelde concentratie in het uitgaande water is  $17,6 \pm 7,7 \text{ } \mu\text{g/l}$  en kent een minder constant verloop. Actieve koolfiltratie als zuiveringsstap verwijdert het chloriet niet.

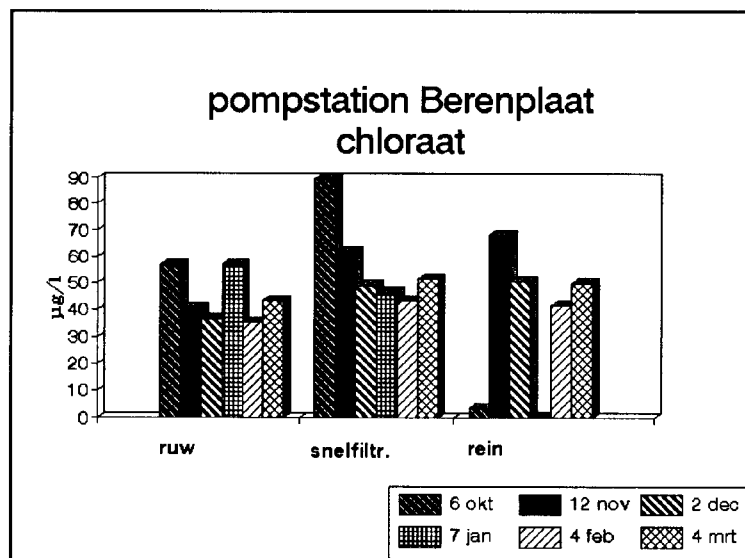
Figuur 9 laat zien dat dit concentratieverloop niet op alle monsterdagen zo duidelijk was. De concentratie is ondanks de veiligheidschloring in het reine water niet hoger of lager dan in het snelfiltraat uitgezonderd op 8 okt en 7 jan. Het gemiddelde wordt sterk door deze twee metingen bepaald.

#### Chloriet

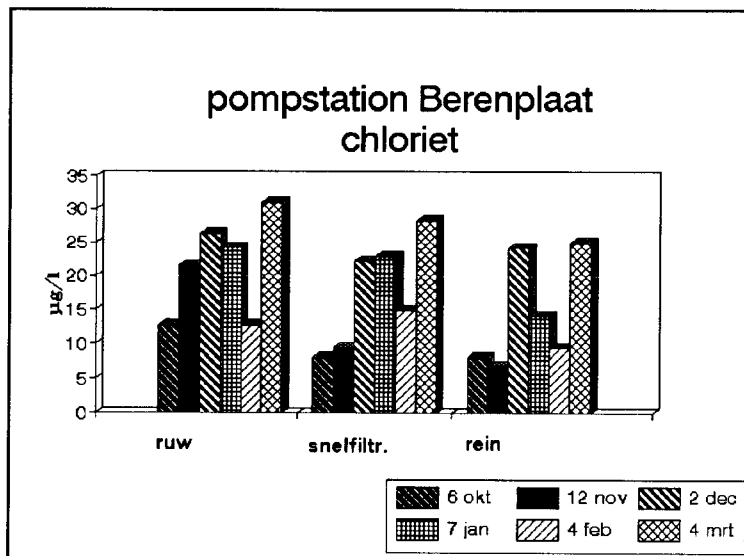
In de Maas is de gemiddelde chlorietconcentratie  $19,7 \pm 3,7 \text{ } \mu\text{g/l}$  met een maximum van  $26,3 \text{ } \mu\text{g/l}$  (tabel 2 en 3); de concentratie is redelijk constant vergelijkbaar met die voor chloraat (de rel. sd's zijn 19 en 21%). In het ruwe water van beide pompstations is de gemiddelde concentratie vrijwel gelijk, alleen bij de laatste meting wijkt deze af (Figuren 6 en 10). Net als bij chloraat is de gemiddelde concentratie in het ruwe water (Ber.  $21,5 \pm 6,7 \text{ } \mu\text{g/l}$ ; Kral.  $19,8 \pm 5,4 \text{ } \mu\text{g/l}$ ) niet wezenlijk anders dan in het Maaswater. Ook de chlorietconcentratie neemt tijdens de voorraadvorming in de spaarbekkens niet af onder de genoemde randvoorwaarden althans niet in

Bij de Berenplaat (Fig 10) is het beeld vrijwel identiek aan dat bij Kralingen. Chloriet is aanwezig in het ruwe water en de gemiddelde concentratie verandert nauwelijks tijdens de zuivering tot drinkwater (reinwater  $14,6 \pm 7,4 \mu\text{g/l}$ ). De metingen op de monsterpunten kennen een grotere variatie tijdens de onderzoeksperiode dan bij Kralingen.

Figuur 9.



Figuur 10.



### Conclusie

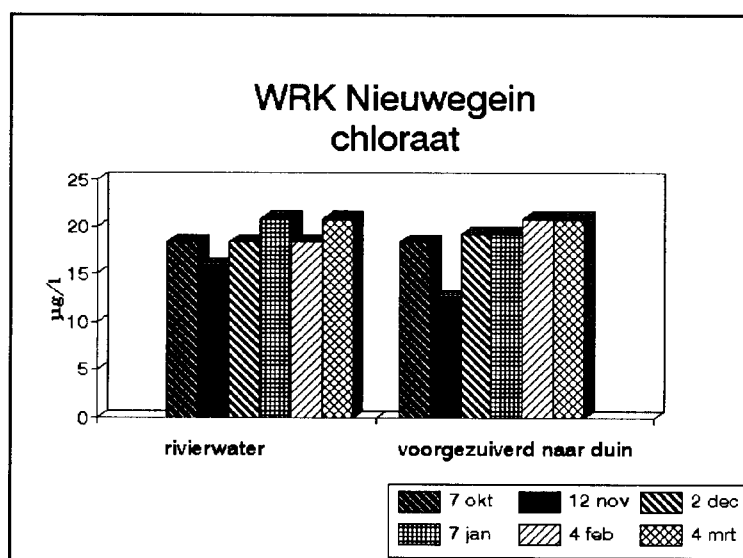
Chloriet (ca.  $40 \mu\text{g/l}$ ) en chloraat (ca.  $20 \mu\text{g/l}$ ) zijn beiden in de ruwwaterbron voor de Berenplaat en Kralingen n.l. de Maas aanwezig. Tijdens de opslag in de spaarbekkens van de Biesbosch lijken de concentraties nauwelijks te veranderen, onder de genoemde randvoorwaarden. Beide stoffen worden tijdens de zuivering op de pompstations nauwelijks verwijderd. Actieve koolfiltratie heeft geen meetbaar effect voor deze stoffen. De proceschloring bij de Berenplaat lijkt voor een lichte verhoging van de chloraatconcentratie te zorgen. De veiligheidsdesinfectie heeft geen meetbare invloed.

Bij Kralingen zijn de concentraties tijdens het onderzoek constanter dan bij de Berenplaat. De gemiddelde concentraties in het drinkwater voor chloraat zijn ca.  $30\text{--}40 \mu\text{g/l}$  en voor chloriet  $15\text{--}20 \mu\text{g/l}$ .

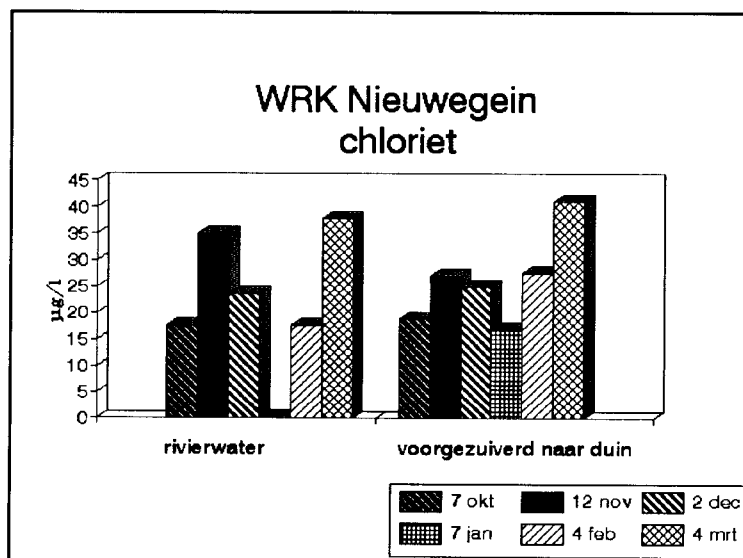
### 4.3 Pompstation Leiduin

Het drinkwaterbedrijf GWA past duininfiltratie toe en produceert in Leiduin drinkwater uit het teruggewonnen filtraat. Het water dat in de duinen wordt geïnfiltreerd is afkomstig uit de Rijn en wordt in Nieuwegein door het watertransportbedrijf WRK onttrokken aan het Lekkanaal en via coagulatie/snelfiltratie voorgezuiverd voor transport naar het duingebied.

Figuur 11.



Figuur 12.



In deze paragraaf worden daarom ook de resultaten van WRK Nieuwegein meegenomen.

De verblijftijd tijdens infiltratie is ca. 2 à 3 maanden. De zuivering in Leiduin is als volgt opgebouwd:

- snelfiltratie
- ontharding
- snelfiltratie + poederkool
- langzame zandfiltratie

Na de ontharding wordt de waterstroom gesplitst over twee zuiveringsstraten I en II. De zuiveringen zijn vrijwel identiek, het enige verschil is dat de loopsnelheid van de langzame zandfilters in straat I lager is. Straat I is het langst in bedrijf, straat II dateert van de zestiger jaren.

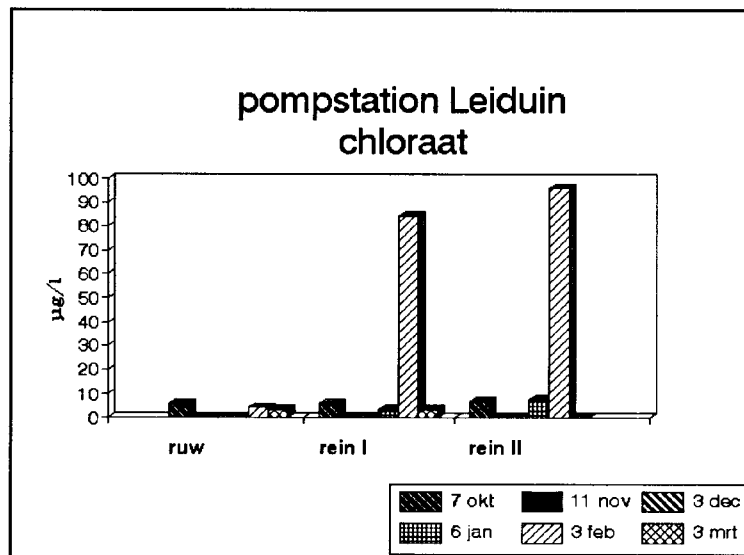
In de periode 29 jan - 21 feb is chloor toegepast vanwege te hoge aantallen coliformen in het proceswater. Er is 0,5 mg/l  $\text{Cl}_2$  gedoseerd met een contacttijd van 20 minuten zodat het restchloorgehalte nog juist detecteerbaar was (ca. 0,15 mg/l).

#### Chlooraat

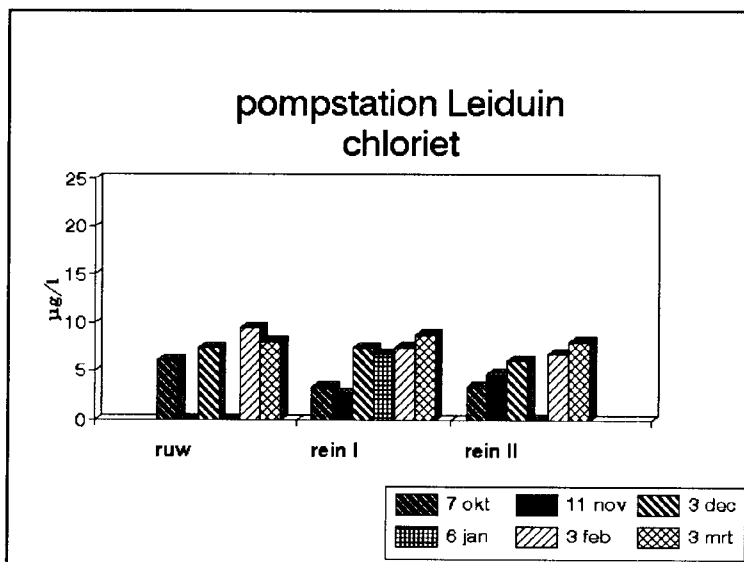
In het ruwe rivierwater van de Rijn (Lekkanaal) in Nieuwegein is de gemiddelde chlooraatconcentratie  $18,8 \pm 1,7 \mu\text{g/l}$  (tabel 2). De concentratie verandert tijdens de voorzuivering nauwelijks (Fig 11). Tijdens het transport naar de duinen vindt geen chloring plaats. Het water dat in het duin wordt geïnfiltreerd zal dezelfde hoeveelheid chlooraat bevatten als het uitgaande water van de WRK. Bij het pompstation Leiduin is de chlooraatconcentratie in het teruggewonnen duinfiltraat (Fig 13) laag (gem.  $< 3,3$ ; max.  $5,8 \mu\text{g/l}$ ). Dit duidt erop dat het chlooraat nagenoeg volledig wordt omgezet bij anaerobe bodempassage.

In het uitgaande water is de concentratie meestal laag ( $<5 \mu\text{g/l}$ ) uitgezonderd in februari (rein I  $84,3$  en rein II  $96,0 \mu\text{g/l}$ ) tijdens de periode waarin werd gechloord. De hoge concentraties worden kennelijk veroorzaakt door chloraat, aanwezig in de chloorbleekloog oplossing. In maart wanneer de chloordosering weer uitstaat is chloraat nauwelijks aanwezig. Volgens opgave van het bedrijf was de voorraad chloorbleekloog slechts enkele maanden oud.

Figuur 13.



Figuur 14.



concentratie chloriet in het drinkwater bedraagt ca.  $5 \mu\text{g/l}$  (tabel 2).

## Conclusie

Chloriet en chloraat worden beiden aangetroffen in Rijnwater, beiden op een gemiddeld niveau van ca.  $20 \mu\text{g/l}$ . De voorzuivering in Nieuwegein verwijdert deze stoffen nagenoeg niet. Tijdens duininfiltratie worden beide stoffen voor een groot deel verwijderd maar niet volledig. Het nog aanwezige chloriet en chloraat wordt tijdens de zuivering (geen koolfiltratie) niet verwijderd. Een sterke stijging van de chloraatconcentratie in het drinkwater ( $80-90 \mu\text{g/l}$ ) treedt op in de periode dat er chloor wordt gedoseerd aan het reine water.

## Chloriet

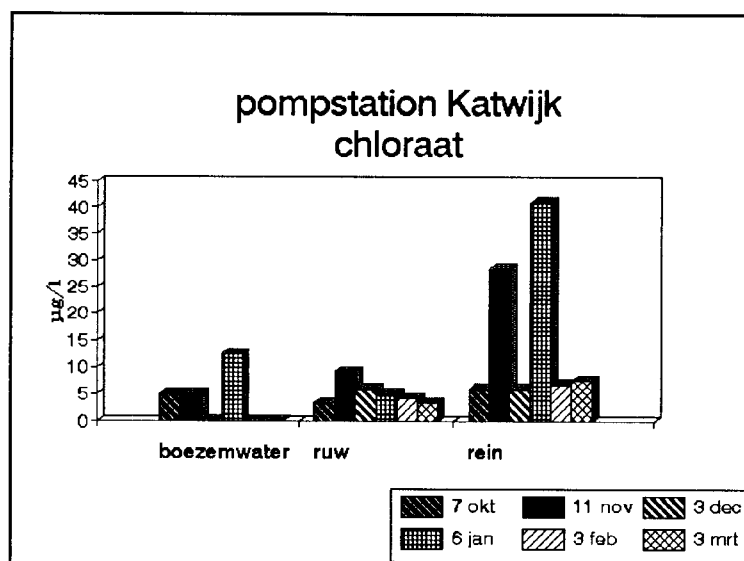
De gemiddelde chlorietconcentratie in het Rijnwater bij de WRK is ca.  $22 \mu\text{g/l}$  (tabel 2). Het niveau is niet zo stabiel als dat van chloraat; het maximum is ca.  $35 \mu\text{g/l}$ . Tijdens de voorzuivering verandert de concentratie niet wezenlijk. Het hogere gemiddelde na voorzuivering (tabel 2) vergeleken met rivierwater wordt vooral door de meting van 6 januari veroorzaakt (Fig 12).

Uit de resultaten van het ruwe water bij Leiduin (Fig 14) blijkt dat dit teruggewonnen duinfiltraat niet vrij is van chloriet. In vier monsters ligt de concentratie boven de detectielimiet (max.  $9,4 \mu\text{g/l}$  tabel 3). Chloriet (en eventueel tot chloriet gereduceerd chloraat) wordt tijdens de infiltratie voor een groot deel afgebroken maar wordt niet volledig gereduceerd. Tijdens de zuivering bij Leiduin verandert de concentratie nauwelijks, ook langzame zandfiltratie draagt niet bij aan een volledige reductie van chloriet. In principe kan chloriet in aerobisch milieu biotisch worden omgezet. De

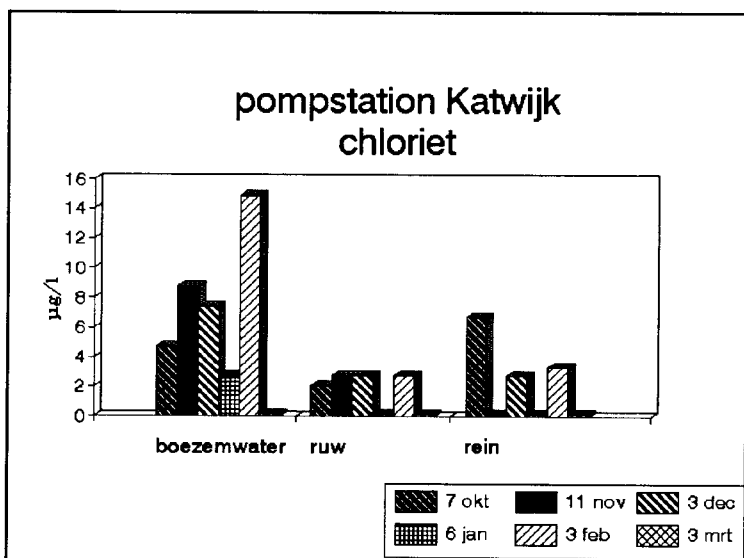
#### 4.4 Pompstation Katwijk

Het drinkwaterbedrijf EWR maakt in Katwijk gebruik van water uit een nabijgelegen polder z.g. boezemwater. Dit wordt in het duingebied geïnfiltreerd. Tevens wordt voorgezuiverd Maaswater afkomstig uit het Afgedamde Andelse Maasbekken bij Brakel geïnfiltreerd. Er vindt transportchlooring plaats van april tot november. Dit water wordt eveneens in het duingebied van Scheveningen en Monster geïnfiltreerd. Bij Katwijk vindt voor de infiltratie nog een voorzuivering van het boezemwater plaats middels coagulatie/flotatie.

Figuur 15.



Figuur 16.



is chloriet op drie van de zes monsterdagen aanwezig (ca. 5 µg/l).

#### Conclusie

Chloriet en chloraat zijn niet alleen in de grote rivieren aanwezig doch ook in het polderwater dat bij Katwijk voor de drinkwaterproductie wordt gebruikt. In het teruggewonnen infiltraat (Maas + boezemwater) zijn de beide stoffen in lage concentraties aanwezig. De stoffen worden tijdens de zuivering niet verder verwijderd. Hoge chloraatconcentraties in drinkwater worden door een eventuele nachlooring veroorzaakt.

De zuivering bij Katwijk is als volgt opgebouwd:

- coagulatie/snelfiltratie (poederkool)
- langzame zandfiltratie
- event. veiligheidschlooring (0,1 mg Cl<sub>2</sub>-vrij)

#### Chloraat

Chloraat is in het boezemwater aanwezig in lage concentraties tot max. 12,5 µg/l. Het teruggewonnen water is (Fig 15 ruw) Maaswater gemengd met boezemwater. Na de infiltratie wordt chloraat aangetroffen op een niveau van 3-9 µg/l. In het drinkwater is de concentratie op 11 nov en 6 jan duidelijk toegenomen. Dit is niet eenvoudig te verklaren door dosering van chloor, met daarin aanwezig chloraat, omdat ook op de andere data chloor aan het effluent van één of meer langzame zandfilters werd gedoseerd.

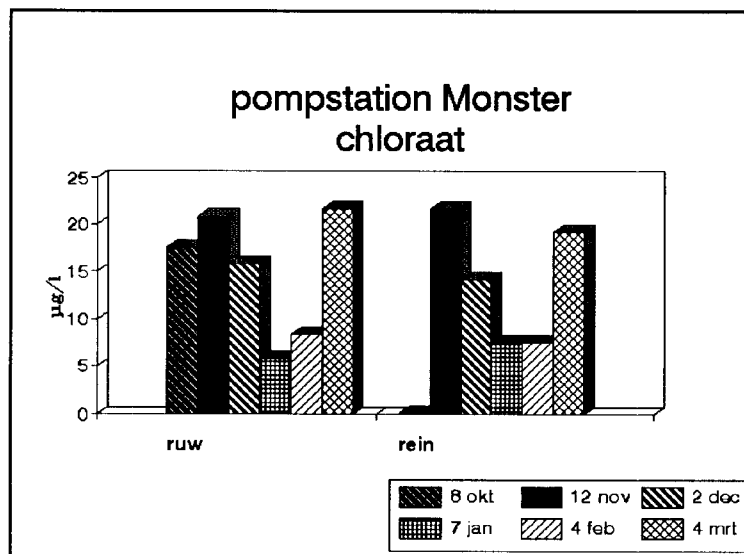
#### Chloriet

Chloriet wordt aangetroffen in het boezemwater (Fig 16) tot max. 15 µg/l. Na de infiltratie is chloriet nog in lage concentraties aanwezig. In het drinkwater

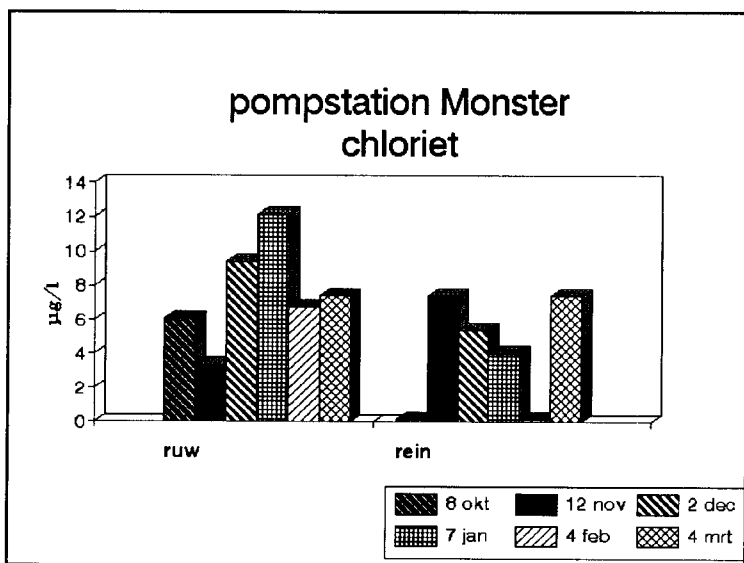
#### 4.5 Pompstation Monster

Het pompstation in Monster in het Westland van de WDM maakt voor de eigen productie gebruik van voorgezuiverd Maaswater afkomstig uit het Afgedamde Andelse Maasbekken. De verblijftijd van dit water in de duinen is ca. 3 maanden. Dit water wordt voor transport gechloord in de periode april - november.

Figuur 17.



Figuur 18.



(tabel 2) vooral vanwege de twee metingen beneden het detectieniveau. Het effect van de zuivering op de afname van chloriet is niet éénduidig (Figuur 18).

#### Conclusie

Chloriet en chloraat worden tijdens duininfiltratie niet volledig verwijderd. De zuivering incl. snelfiltratie over kool en langzame zandfiltratie lijkt niet bij te dragen aan de verwijdering. In het drinkwater zijn chloraat (max 21,7 µg/l) en chloriet (max 7,4 µg/l) aanwezig.

De zuivering is als volgt opgebouwd:

- beluchting/snelfiltratie
- actieve korrelkoolfiltratie
- langzame zandfiltratie

#### Chloraat

In het ruwe water na duininfiltratie is chloraat aanwezig (Fig 17) op een niveau van 5-20 µg/l. Hoewel de concentratie in het te infiltreren water niet bekend is blijkt dat chloraat tijdens duininfiltratie niet volledig verwijderd wordt. Wanneer de vrij constante concentratie in de Maas (ca 40 µg/l) als richtwaarde wordt aangehouden dan vindt er wel afname plaats maar geen volledige verwijdering. Tijdens de zuivering verandert de concentratie nauwelijks.

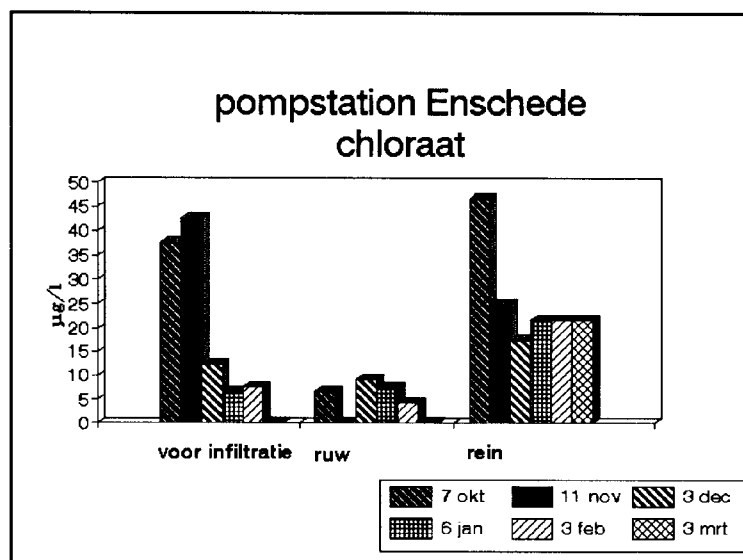
#### Chloriet

Chloriet wordt in het ruwe water aangetroffen op een niveau van 5-12 µg/l (gem 7,5 ± 3,1; tabel 2). Ook voor chloriet geldt dat het tijdens de infiltratie niet volledig wordt verwijderd. In het reine water is de berekende gemiddelde concentratie wel lager dan in het ruwe water

#### 4.6 Pompstation Enschede

Het drinkwaterbedrijf Oost-Twente (WOT) neemt voor het productiebedrijf Weerseloseweg water in van het Twentekanaal. Dit water wordt na coagulatie met Al-zouten geïnfiltreerd in een kleihoudend zandpakket. De verblijftijd is ca. 2-8 weken.

Figuur 19.



De zuivering op het pompstation is als volgt opgebouwd:

- snelfiltratie/beluchting
- koolfiltratie
- veiligheidsdesinfectie

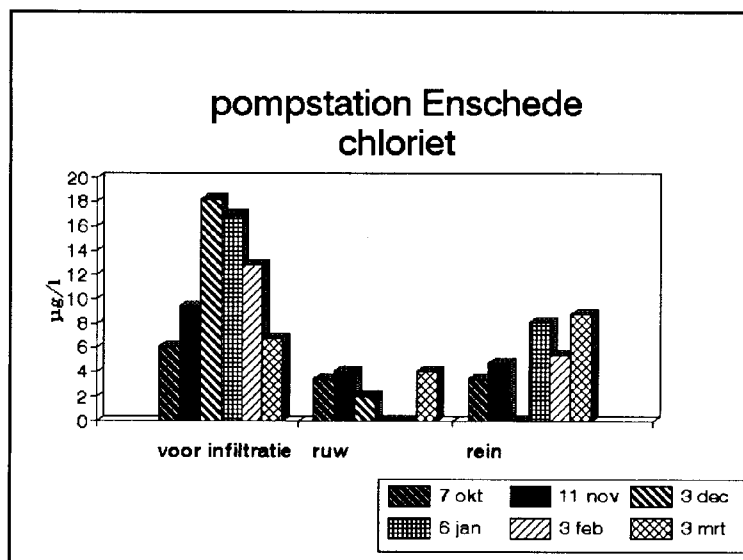
#### Chloraat

Chloraat is aanwezig in het water van het Twentekanaal met een gemiddelde concentratie van  $19,9 \pm 3,2 \mu\text{g/l}$  (tabel 2; max. ca  $40 \mu\text{g/l}$ ; bijlage I). De hoogste concentraties worden in oktober en november aangetroffen; daarna is de concentratie aanmerkelijk lager (Fig 19). Tijdens de infiltratie wordt het chloraat niet volledig verwijderd maar concentraties boven  $10 \mu\text{g/l}$  worden niet meer aangetroffen. In het proces zelf zijn geen monsters genomen alleen van het reine water. Hier is de invloed van de chloring duidelijk waar te nemen (gem.  $25,7 \pm 9,6 \mu\text{g/l}$ ; tabel 2). Dit kan worden veroorzaakt doordat chloraat als verontreiniging in het chloorbleekloog aanwezig is.

#### Chloriet

Chloriet is aanwezig in het te infiltreren water van het Twentekanaal met een gemiddelde concentratie  $11,7 \pm 4,7 \mu\text{g/l}$  (max. ca.  $18 \mu\text{g/l}$ ; bijlage 2). Na de infiltratie is de concentratie lager ( $2,5 \pm 1,5 \mu\text{g/l}$ ; tabel 2) maar volledig verwijderd is het chloriet niet. Tijdens de zuivering wordt de concentratie niet lager ondanks actieve koolfiltratie. Er treedt zoals Figuur 20 laat zien een lichte verhoging op. Een goede verklaring hiervoor ontbreekt echter.

Figuur 20.



kanaal met een gemiddelde concentratie  $11,7 \pm 4,7 \mu\text{g/l}$  (max. ca.  $18 \mu\text{g/l}$ ; bijlage 2). Na de infiltratie is de concentratie lager ( $2,5 \pm 1,5 \mu\text{g/l}$ ; tabel 2) maar volledig verwijderd is het chloriet niet. Tijdens de zuivering wordt de concentratie niet lager ondanks actieve koolfiltratie. Er treedt zoals Figuur 20 laat zien een lichte verhoging op. Een goede verklaring hiervoor ontbreekt echter.

#### Conclusie

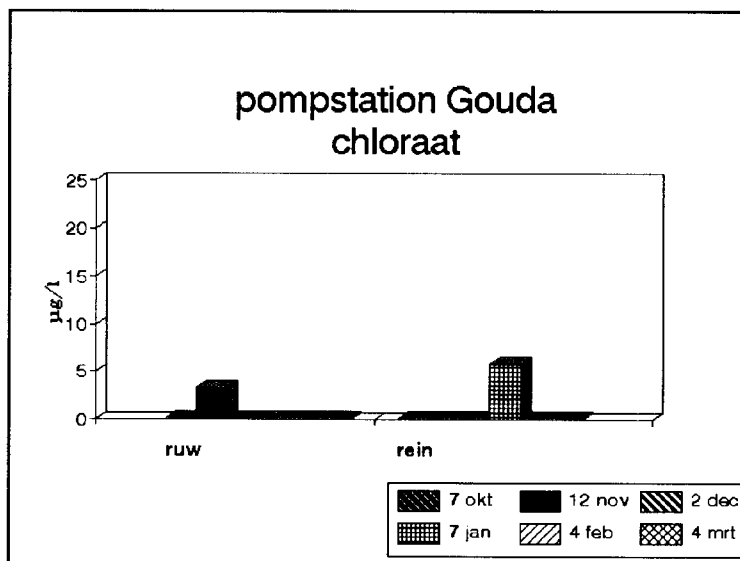
Chloraat en in mindere mate chloriet zijn aanwezig in het ruwe water van het Twentekanaal. De concentraties zijn enigszins vergelijkbaar met die in de grote rivieren. Tijdens

infiltratie verdwijnen beide stoffen voor het grootste deel maar niet volledig. Chloraat is in het drinkwater aanwezig (gem. ca. 25 µg/l) doordat het tijdens de chloordosering als verontreiniging aan het water wordt toegevoegd.

#### 4.7 Pompstations Ridderkerk, Gouda Dijklaan en Zwijndrecht.

Het drinkwaterbedrijf WZHO wint op deze pompstations oevergrondwater afkomstig uit de Lek. Bij Gouda Dijklaan wordt alleen ondiep water gewonnen, bij Ridderkerk wordt zowel diep als ondiep water gewonnen in variërende verhoudingen. Bij Zwijndrecht wordt oevergrondwater van de Waal/Noord gewonnen; daarnaast wordt diepgrondwater gewonnen in een verhouding van ca. 1:1.

Figuur 21.



De zuivering bij Gouda Dijklaan is als volgt opgebouwd:

- beluchting
- enkele filtratie.

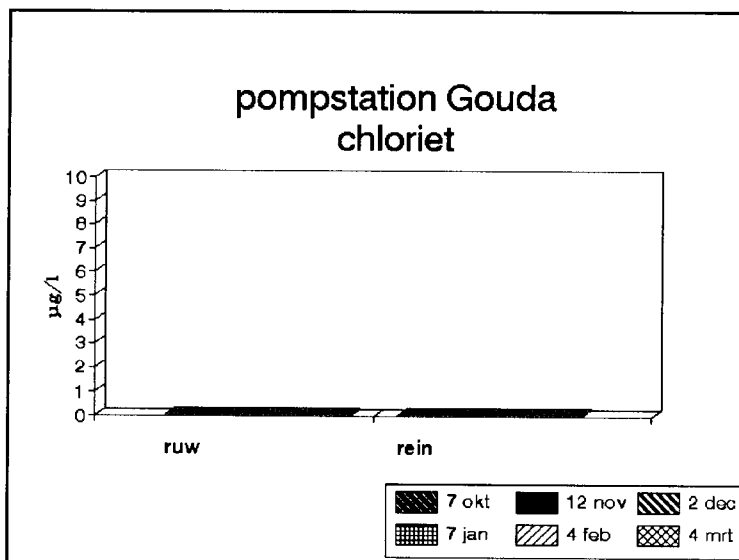
De zuivering bij Ridderkerk:

- cascade beluchting
- enkele filtratie
- koolfiltratie (in gebruik eind 1992)
- beluchting met UV-desinfectie, in gebruik per 4 feb.

De zuivering bij Zwijndrecht:

- beluchting
- enkele snelfiltratie
- ozon met filtratie
- veiligheidsdesinfectie.

Figuur 22.



#### Chloraat

In het onderzoek uitgevoerd eind 1989 (4) werd in het reine water van de pompstations met oevergrondwater als bron geen chloraat en chloriet aangetroffen, uitgezonderd bij Zwijndrecht. Ter bevestiging van het vermoeden dat deze stoffen tijdens oeverinfiltratie worden verwijderd zijn de hier beschreven pompstations in dit onderzoek meegenomen.

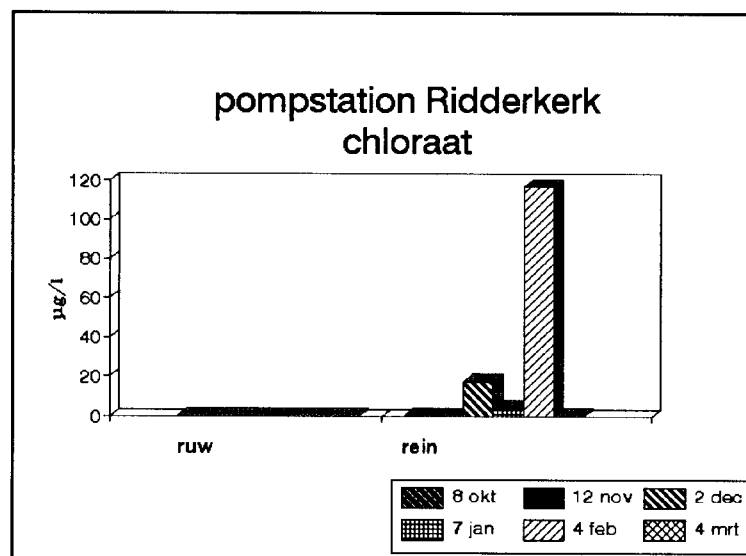
In de monsters ruwwater genomen bij de drie pompstations

gedurende de gehele onderzoeksperiode wordt chloraat niet aangetroffen, op één uitzonde-

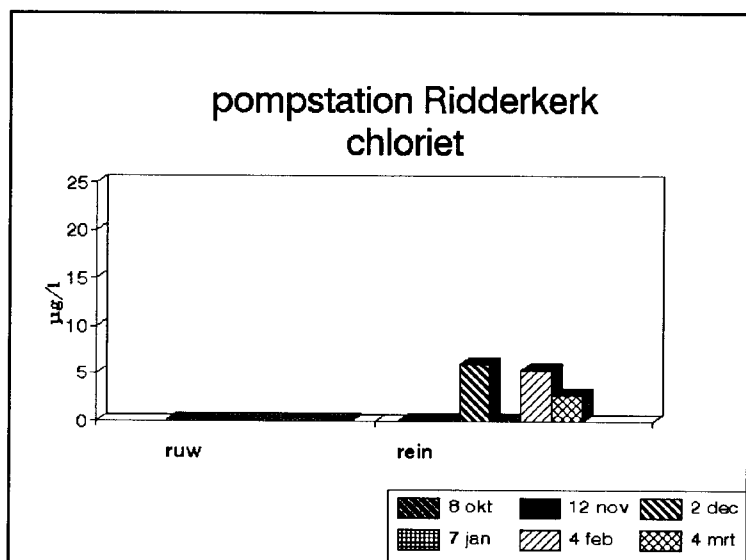
ring na (Fig. 21; 3,3 µg/l).

In het reine water wordt chloraat bij Gouda Dijklaan eenmaal gemeten (5,8 µg/l; tabel 3). Bij Ridderkerk (Fig. 23) worden twee lage waarden en éénmaal een hoge waarde (116,8 µg/l; tabel 3) gemeten. In verband met werkzaamheden op het pompstation (o.a. ten behoeve van de UV-installatie) is de reinwaterkelder buiten bedrijf gesteld, schoongemaakt en op 3 februari in de chloor gezet.

Figuur 23.



Figuur 24.



In de onderzoeksperiode werden regelmatig werkzaamheden uitgevoerd op het pompstation waarna mogelijk gedesinfecteerd werd.

Op 4 februari is de kelder weer gevuld en bijgezet voor de levering aan het net (pers. med. ir. REHJ Hamers, WZHO). Juist op 4 februari is bemonsterd en werd een hoge concentratie chloraat aangetroffen. Het in de chloor zetten van de kelder zou hiervan de oorzaak kunnen zijn. Bij Zwijndrecht (Fig. 25) is het effect van de nadesinfectie met chloorbleekloog op de chloraatconcentratie duidelijk waarneembaar (gem.  $35,7 \pm 19,1$ ; max. ca 70 µg/l; tabel 2 en 3)).

### Chloriet

Voor chloriet werd eveneens verwacht dat deze stof tijdens oeverinfiltratie zou worden verwijderd. Dit wordt bevestigd doordat chloriet in geen enkel monster ruwwater wordt aangetroffen bij deze drie stations (Figuren 22, 24, 26).

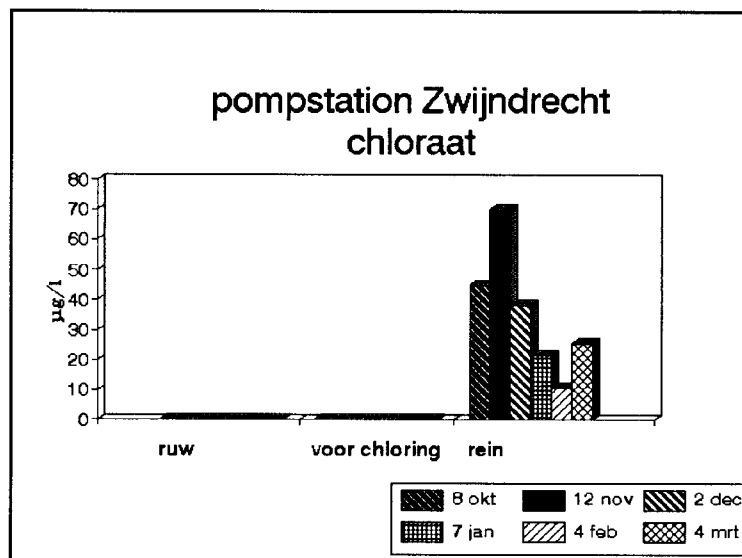
In het reine water wordt chloriet bij Gouda en Zwijndrecht in het geheel niet aangetroffen (Fig 22 en 26). In het reine water van pompstation Ridderkerk wordt chloriet driemaal aangetoond tot ca. 5 µg/l. Een verklaring hiervoor is niet eenvoudig te geven.

## Conclusie

In het oevergrondwater zoals dat bij de pompstations Gouda Dijklaan, Ridderkerk en Zwijndrecht wordt gewonnen komen chloriet en chloraat niet voor. Deze resultaten bevestigen het in 1989 uitgevoerde onderzoek.

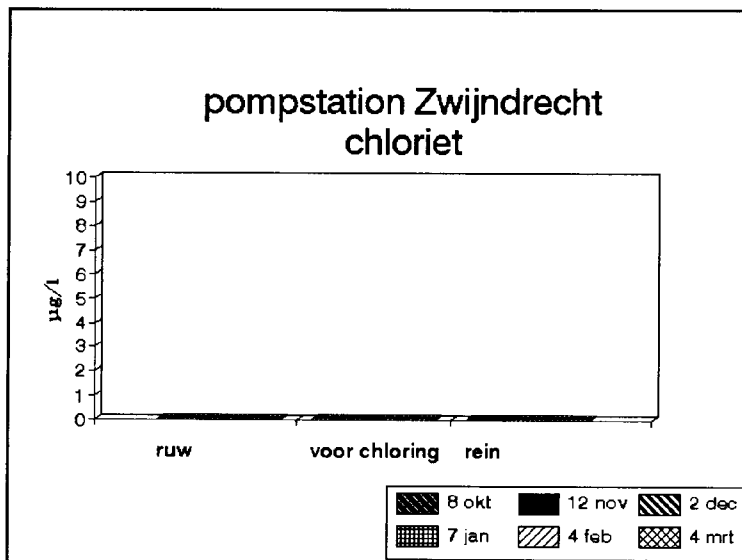
Chloriet wordt in het gezuiverde water bij de drie stations niet of nauwelijks aangetroffen.

Figuur 25.



Chloraat wordt aangetroffen in het reinwater van Zwijndrecht, zeer waarschijnlijk als gevolg van de veiligheidsdesinfectie met hypochloriet. Bij Ridderkerk wordt ten gevolge van het schoonmaken en chloren van de reinwaterkelder in februari één hoge waarde gevonden.

Figuur 26.



#### 4.8 Resultaten bromaat

In bijlage 3 worden de meetresultaten van bromaat gepresenteerd. Bromaat is in alle monsters geanalyseerd met als onderste analysegrens (o.a.g.) 6,4 µg/l. Slechts in zes monsters is een concentratie hoger of gelijk aan 6,4 µg/l aangetroffen. De hoogste was 10,2 µg/l. Het betreft twee monsters ruw teruggewonnen duininfilttraat (Maas), één monster ruw oppervlaktewater, twee monsters reinwater en één monster snelfilttraat voorafgaand aan een positief monster reinwater. Van de overige 192 monsters is in 71 (37%) daarvan een signaal hoger dan de blanco maar lager dan de o.a.g. gevonden (meetresultaten niet vermeld).

Deze resultaten leiden tot de volgende conclusies:

- bromaat komt een enkele keer voor in monsters water genomen op verschillende plaatsen in het productieproces.
- de concentratie in het drinkwater ligt in een zeer gering aantal monsters boven de o.a.g.
- bromaat kan in veel meer monsters aanwezig zijn (signaal lager dan de o.a.g.)
- de onderste analysegrens van de bepaling dient verlaagd te worden.

#### 4.9 Verwerking enquête

Uitslag van de enquête naar het gebruik van chloorbleekloog bij drinkwaterbedrijven.

##### Respons

Er is naar 13 bedrijven een vragenlijst verstuurd. Hierop hebben 8 bedrijven gereageerd; in de responsbrieven werden 11 punten aangegeven waar chloor kan worden toegepast. Eén reactie was niet bruikbaar.

##### Antwoorden:

Vraag 1: Is er bij een of meerdere pompstations een hypochlorietoplossing aanwezig welke wordt of kan worden gebruikt?

Antwoord: gebruik chloorbleekloog op 10 punten  
gebruik chloorgas op 1 punt.

Vraag 2: Wordt de hypochlorietoplossing dagelijks gebruikt of staat deze standby ?

Antwoord: dagelijks: 3  
dagelijks gedurende een bepaalde periode: 4  
standby: 3

Vraag 3: Welk type chloring betreft het (transport, proces of nadesinfectie) ?

Antwoord: transport: 4  
proces + nadesinfectie: 1  
nadesinfectie: 5 (waarvan 3 standby)

Vraag 4: Wat is de bewaartijd van de oplossing ?

Antwoord: Deze varieert van 12 dagen tot meer dan 3 jaar, dit is vooral afhankelijk van gebruik. Als chloorbleekloog dagelijks wordt gebruikt is de bewaartijd 0,5-2 maanden.

Vraag 5: Bij welke temperatuur vindt de opslag plaats ?

Antwoord: temperatuur: 1-25°C (actuele temperatuur; 1 keer hoger dan 10°C)

Vraag 6: Bij welke pH vindt opslag plaats ?

Antwoord: pH: actuele pH >12 (1 maal pH 7-8)

Vraag 7: Wat is de concentratie van de oplossing (Cl<sub>2</sub>/l) ?

Antwoord: concentratie: 150 g/l, soms verdund 60-75 g/l

Vraag 8: Zijn de omstandigheden tijdens opslag en dosering identiek ?

Antwoord: Deze zijn meestal identiek, in enkele gevallen wordt verdund gedoseerd in aanwezigheid van HCl.

Vraag 9: Welk merk hypochloriet wordt gebruikt?

Antwoord: Solvay/AKZO/Chemproha Zwijndrecht/Molenchemie BV Wormerveer  
Het wordt als vloeistof per tankwagen aangevoerd.

Vraag 10 Hoe wordt de vaste stof bewaard?

Antwoord: Er wordt geen vaste stof gebruikt.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### *Chloraat*

Chloraat wordt aangetroffen in oppervlaktewater afkomstig uit de Rijn (IJssel, Twentekanaal en Lekkanaal in Nieuwegein). De gemiddelde concentratie hierin is ca 20 µg/l. In water afkomstig uit de Maas is de gemiddelde concentratie ca. 40 µg/l. Deze waarden komen vrij goed overeen met de eenmalige metingen van eind 1989 (4).

Chloraat komt, in veel lagere concentraties, ook voor in het boezemwater bij Katwijk.

Als chloraat in het ruwe water aanwezig is verandert de concentratie niet of nauwelijks na passage van de verschillende zuiveringsstappen:

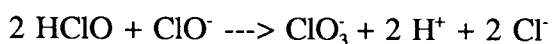
- opslag in spaarbekkens (randvoorwaarden zie par. 4.2)
- coagulatie/snelfiltratie
- ozonisatie
- koelfiltratie

Tijdens duininfiltratie neemt de concentratie chloraat af maar in de meeste monsters duininfiltraat is het nog in lage concentraties aanwezig. Dit betekent dat door duininfiltratie chloraat niet volledig wordt verwijderd. De verwachting was dat dit wel zo zou zijn (8). Oorzaken kunnen zijn onvoldoende anaërobie in het duin gecombineerd met de aanwezigheid van nitraat, concentratie effecten (lage concentraties worden moeilijk verwijderd), verzadiging van het duinpakket en/of de lagere watertemperatuur in de overigens zeer milde winterperiode. Wanneer de temperatuur hoger is, is het zuurstofgehalte in de bodem ook hoger. Er is geen halfwaardetijd voor chloraat bekend. Na oeverinfiltratie wordt chloraat normaliter niet meer aangetoond in ruwwater.

Chloraat wordt tijdens de zuivering aan het water toegevoegd bij de volgende processtappen:

- proceschloring: alléén duidelijk in Figuur 9.
- dosering van chloordioxide: effect is niet echt duidelijk (Fig 1)
- nachloring: effect is duidelijk in de Figuren 19 en 25; in Figuur 9 is een mogelijke verhoging door de nachloring vanwege de reeds aanwezige hoge concentraties niet meetbaar. De leeftijd van de voorraad chloorbleekloog (ca. twee weken) is hier mogelijk ook van invloed.
- incidentele chloring: de hoogste concentraties zijn aangetroffen na een incidentele chloordosering vanwege te hoge aantallen coli's of de reiniging van de reinwaterkelder (Fig. 13 en 23).

Het is niet duidelijk wat de rol van de leeftijd van de hypochlorietoplossing is, met name bij een incidentele chloring. Uit de enquête blijkt dat de bewaartijd niet is gestandaardiseerd maar kan oplopen tot drie jaar. Chloraat wordt tijdens de produktie van hypochloriet gevormd. Bij produktie op technische schaal is dit niet te voorkomen. De chloraatvorming kan toenemen onder invloed van metaalionen en bij een pH <10 (pers. med. Mw WJM Emaus, Akzo, Hengelo). Er zijn aanwijzingen dat de chloraatconcentratie oploopt door verdere disproportionering van hypochloriet:



Systematisch onderzoek hiernaar is niet gedaan. Uit een enkelvoudig experiment is

gebleken dat een oplossing van 1M NaClO van twee maanden oud 1,1 g/l (1,3%) ClO<sub>2</sub> bevatte (8).

Bij de pompstations Berenplaat en Kralingen wordt door de nachloring de concentratie chloraat niet meetbaar verhoogd. Volgens de enquête wordt bij Kralingen chloorgas gedoseerd. Het gebruik van chloor gedurende een korte periode (Leiduin) leidt wel tot een hoge concentratie chloraat terwijl de gebruikte dosis in dezelfde orde van grootte ligt (0,3-0,5 mg/l). De voorraad bij Leiduin was ca. twee maanden oud. Bij de beantwoording van de enquête werd voor de Berenplaat een bewaartijd van 12 dagen opgegeven.

De gemiddelde concentratie chloraat in drinkwater varieert van <3,3 tot 43,0 µg/l met een maximale waarde van 116,8 µg/l.

### *Chloriet*

Chloriet komt voor in ruw oppervlaktewater afkomstig uit de Rijn (IJssel, Twentekanaal en Lekkanaal bij Nieuwegein). De gemiddelden liggen in de grootte-orde 10-20 µg/l. In de Maas is de gemiddelde concentratie ca 20 µg/l. Het gehalte chloriet in de Maas komt overeen met de resultaten van eind 1989 (4), het éénmalig gemeten gehalte chloriet in de Rijn en zijrivieren was in 1989 aanmerkelijk hoger (>40 µg/l). De maximale waarden in 1991/1992 liggen iets beneden de 40 µg/l. Chloriet komt, in lagere concentraties, ook voor in lokaal water zoals het boezemwater dat in Katwijk wordt gewonnen.

De chlorietconcentratie verandert tijdens de volgende zuiveringsstappen niet of nauwelijks verwijderd:

- opslag in spaarbekken (randvoorwaarde par. 4.2)
- coagulatie/snelfiltratie
- ozonisatie
- koelfiltratie

Tijdens duininfiltratie wordt de chlorietconcentratie verlaagd. In een aantal monsters is chloriet hoewel in lage concentraties nog steeds aanwezig. Dit betekent dat het tijdens infiltratie in het duin niet volledig wordt verwijderd. De verwachting was dat chloriet nagenoeg volledig zou worden gereduceerd immers de halfwaardetijd is, afhankelijk van de temperatuur, 2-15 dagen in schoon duinzand (7) en in verontreinigd duinzand korter dan een dag. De verblijftijd in het duin is in de regel enkele maanden. De resultaten wijzen erop dat relatief lage concentraties minder eenvoudig worden afgebroken. De door Hrubec gedoseerde hoeveelheid chloriet was minimaal een factor 10 hoger dan in ruw oppervlaktewater voorkomt (7). Daarnaast kan chloriet gedurende infiltratie als afbraakproduct van chloraat worden toegevoegd. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat chloriet na oeverinfiltratie niet meer wordt aangetoond.

Chloriet kan na de veiligheidsdesinfectie met chloordioxide in het drinkwater aanwezig zijn. Dit blijkt uit de resultaten in Figuur 2 van het pompstation Andijk waar een geringe hoeveelheid chloordioxide (<0,1 mg/l) wordt gedoseerd.

De gemiddelde concentratie die in drinkwater is aangetroffen varieert van <2 tot 39,6 µg/l met een maximum van 59,4 µg/l.

### *Bromaat*

De bepaling van bromaat is op het laatste moment aan dit onderzoek toegevoegd. De onderste analysegrens was 6,4 µg/l. In slechts zes monsters werd een concentratie >6,4 µg/l gemeten met een maximum van 10,2 µg/l. Dit betekent dat de concentraties bromaat aanmerkelijk lager zijn dan die van chloriet en chloraat en dat de stof mogelijk veel minder frequent voorkomt. Voor het verkrijgen van een beter beeld van de aanwezigheid van bromaat zou een meetprogramma met een lagere o.a.g. moeten worden uitgevoerd waarbij ook bedrijven die ozon gebruiken zijn betrokken.

### *Betekenis voor de volksgezondheid*

Voor chloriet, chloraat en bromaat zijn geen normen aanwezig. Voor bromaat is onlangs een advies uitgebracht gebaseerd op een risico-evaluatie van 0,5 µg/l (26). De gemeten concentraties chloriet, chloraat en bromaat zullen geen acuut gevaar voor de volksgezondheid opleveren. Bromaat wordt gerekend onder de genotoxische carcinogenen. De berekende waarde van 0,5 µg/l wil zeggen dat bij deze concentratie de kans op overlijden door kanker door bromaat in principe 1 op de miljoen is bij levenslange blootstelling. De berekening is gebaseerd op het principe dat één molecule van een genotoxisch carcinogeen het DNA van een cel zodanig kan veranderen dat een kankercel ontstaat. Het lichaam kent repair-mechanismen voor DNA schade, maar deze bieden geen volledige garantie.

De, hoogst aangetroffen, gemiddelde concentratie chloriet in drinkwater blijft ca. een factor 10 onder de voorlopige WHO-guideline, maar is wel hoger dan de door de National Research Council berekende SNARL. De diverse expert comités benaderen de beperkte database op een verschillende manier. Er is niet eenduidig aangetoond dat chloriet carcinogeen is. Hematologische effecten van chloriet zijn het meest bekend. Personen met een deficiëntie van het enzym G6-PD zijn gevoelig voor oxidatieve stoffen zoals chloriet en chloraat. In de beperkte studie met vrijwilligers werd geen significant effect waargenomen. Op grond van de beperkte informatie is het niet aannemelijk dat het in drinkwater aanwezige chloriet ook bij langdurige blootstelling gevaar voor de volksgezondheid oplevert.

Voor chloraat is er geen richtwaarde bekend (anders dan als pesticide), er is alléén een SNARL bekend. De in drinkwater aangetroffen concentraties zijn in een aantal gevallen hoger dan deze SNARL. De openbare database voor chloraat is uiterst beperkt waardoor het vrijwel onmogelijk is iets over de risico's bij langdurige blootstelling te zeggen. Incidentele blootstelling zal, mede gelet op de resultaten van de studie met vrijwilligers, geen grote risico's met zich meebrengen.

Dit alles neemt niet weg, juist vanwege het gebrek aan toxicologische informatie, dat dergelijke stoffen (chloriet en chloraat) in de aangetoonde hoeveelheden niet in het drinkwater thuishoren.

## Aanbevelingen

- De belangrijkste bijdrage van chloriet en chloraat tijdens de drinkwaterbereiding wordt geleverd door de bron oppervlaktewater. Er is weinig inzicht waar lozingen plaats vinden of hoe de stoffen zich in oppervlaktewater gedragen. Bij een volgende meetcampagne van de RIWA of RIZA op de Rijn of Maas dient hieraan aandacht te worden besteed.
- Gelet op de persistentie van deze stoffen tijdens de drinkwaterproductie dient het gebruik hiervan zoveel mogelijk te worden voorkomen. Bij de vergunningverlening moet hier aandacht aan worden besteed. Minder schadelijke alternatieven zullen in veel gevallen voorhanden zijn.
- Chloraat komt voor in het chloorbleekloog dat gebruikt wordt bij het desinfecteren van drinkwater. Er zijn beperkte aanwijzingen dat de concentratie toeneemt met de leeftijd van de voorraad. Enkele experimenten zullen deze veronderstelling kunnen onderbouwen. Het voorraadbeheer van het chloorbleekloog kan dan hierop worden afgestemd.
- Chloraat is één van de vele bijprodukten van het gebruik van chloor. Dit feit kan een extra stimulans zijn naar alternatieven te zoeken en het gebruik van chloor te beperken.
- De onderste analysegrens van de methode voor bromaat zal moeten worden verlaagd om de relatief lage concentraties (vergeleken met chloriet en chloraat) te kunnen meten.
- Er is weinig informatie over de effecten van chloriet en met name chloraat. Dit feit en het concentratieniveau van deze stoffen maken normstelling noodzakelijk. Toxicologisch onderzoek zal hiervoor nodig zijn, ook omdat het niet aannemelijk is dat de stoffen op korte termijn zullen worden gesaneerd.
- Wanneer in de toekomst in Nederland meer oppervlaktewater voor de drinkwaterproductie zal worden ingezet zal de betekenis van stoffen als chloriet, chloraat en bromaat alleen maar toenemen. Van de eerste twee is bekend dat zij moeilijk, (uitgezonderd bij anaërobe infiltratie) worden verwijderd.

## Verantwoording

Een woord van dank is verschuldigd aan de drinkwaterbedrijven die toestemming hebben verleend om monsters te nemen. Aan de totstandkoming van dit rapport hebben meegewerkt: Wilbert van den Beld, Paul Bergers, Arthur de Groot, Elly Smit en Wilko Verweij. Douwe Poelstra wordt bedankt voor de bemonstering.

## AFKORTINGEN

|             |                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| EWR         | Energie en Watervoorziening Rijnland                              |
| IARC        | International Agency for Research on Cancer                       |
| GWA         | GemeenteWaterleiding Amsterdam                                    |
| LAC         | Laboratorium voor Anorganische Chemie                             |
| LWD         | Laboratorium voor Water- en Drinkwateronderzoek                   |
| NOAEL       | No-Observed-Adverse Effect Level                                  |
| NRC         | National Research Council                                         |
| PWN         | Waterleidingbedrijf Noord-Holland                                 |
| RIWA        | Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven                  |
| RIZA        | Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbeheer |
| SNARL       | Suggested No-Adverse-Response Level                               |
| SOP         | Standard Operation Procedure                                      |
| TDI         | Tolerable Daily Intake                                            |
| US-EPA      | United States Environmental Protection Agency                     |
| UV-straling | Ultra Violette straling                                           |
| VEWIN       | Vereniging van Waterleidingbedrijven In Nederland                 |
| WDM         | Westlandsche Drinkwater Maatschappij                              |
| WHO         | World Health Organization                                         |
| WOT         | Waterleidingbedrijf Oost Twente                                   |
| WRK         | Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland                      |
| WZHO        | Waterleidingbedrijf Zuid-Holland-Oost                             |
| WZHZ        | Waterleidingbedrijf Zuid-Holland-Zuid                             |

## LITERATUUR

- 1 Meier JR (1988).  
Genotoxic activity of organic chemicals in drinking water.  
Mutation Res 196 211-245.
- 2 Versteegh JFM, Kramers PGN en J van Genderen (1989).  
Genotoxiciteit van drinkwater: betekenis en toekomstperspectieven.  
H<sub>2</sub>O (22) nr 19 578-581.
- 3 Peters RJB, Versteegh JFM en EWB de Leer (1989).  
Haloacetonitrillen in Nederlands drinkwater.  
H<sub>2</sub>O (22) nr 28 800-804.
- 4 Versteegh JFM, Peters RJB en EWB de Leer (1990).  
Halo-azijnzuren, chloriet en chloraat in Nederlands drinkwater.  
H<sub>2</sub>O (23) nr 17 451-454.
- 5 Bull RJ and FC Kopfler (1991).  
Health Effects of Disinfectants and Disinfection By-Products.  
AWWA Research Foundation, Denver CO 80235, USA.
- 6 WHO (1991).  
IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.  
Vol 52: chlorinated drinking-water; chlorination by-products etc.  
IARC, Lyon France.
- 7 Hrubec J, en W Koot (1990).  
Gedrag van chloriet tijdens de infiltratie van rivierwater.  
RIVM Rapport nr 718613001.
- 8 Hrubec J en CM Bom (1991).  
Verwijderbaarheid van chloraat tijdens infiltratie van rivierwater.  
RIVM Rapport nr 714701003.
- 9 Bom CM (1990).  
Onderzoek naar en het operationeel maken van een ionchromatografische methode voor de gehaltebepaling van chloraat en chloriet in drinkwater.  
RIVM Rapport nr 718808001.
- 10 Waterleidingbesluit 1984. Besluit van 2 april 1984, inhoudende wijziging van het Waterleidingbesluit (Stb 1960, 345) Staatsblad Kon. der Ned. 220, 36 p.
- 11 Wondergem E and AM van Dijk-Looijaard (1991).  
Chlorine dioxide as a post-disinfectant for Dutch drinking water.  
Sci Tot Environ 102 101-112.
- 12 Neele J, Cleven RFMJ en J Hrubec.  
Een ionchromatografische methode voor de simultane bepaling van diverse halogeniden en halogeenoxiden in drink-en oppervlaktewater.  
Aangeboden aan H<sub>2</sub>O september 1992.
- 13 Medema GJ (1990).  
Aeromonas in drinkwater: nadesinfectie met chloordioxide.  
RIVM Rapport nr 148901001.
- 14 Hopman R, Van Beek CGEM, Janssen HMJ en LM Puijker (1990).  
Bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in Nederland.  
KIWA-mededeling 113, KIWA NV Nieuwegein.
- 15 Dixon KL and RG Lee (1991).  
The effect of sulfur-based reducing agents and GAC filtration on chlorine dioxide by-products.  
JAWWA, 83, nr. 5, 48-55.

- 16 Hrubec J, 't Hart MJ, Kool HJ en P Marsman (1984).  
Onderzoek betreffende de toepassing van alternatieve oxidatie-desinfectiemethoden bij de bereiding van drinkwater.  
RIVM Rapport nr. 840132001.
- 17 Karpel Vel Leitner N, De Laat J, Dore M, Suty H et M Pouillot (1992).  
Chlorite and Chlorine dioxide removal by activated carbon.  
Wat. Res. Vol 26, no 8; 1053-1066.
- 18 MH Griesse, K Hauser, M Berkemeier and G Gordon (1991).  
Using reducing agents to eliminate chlorine dioxide and chlorite ion residuals in drinking water.  
JAWWA, 83, nr 5, 56-61.
- 19 Meier JR et al (1985).  
Evaluation of chemicals used for drinking water disinfection for production of chromosomal damage and sperm-head abnormalities in mice.  
Environmental Mutagenesis, 7:201-211.
- 20 Lubbers JR, Chauhan S and JR Bianchini (1982).  
Controlled clinical evaluations of chlorine dioxide, chlorite and chlorate in man.  
Environ. Health Perspec. Vol 46 p 57-62.
- 21 WHO (1991)  
Revision of the WHO guidelines for drinking water quality.  
Report of the review group on disinfectants  
Bethesda Maryland, USA 10-14 June 1991. distr. limited.
- 22 Anonymus (1987)  
Drinking Water and Health. Disinfectant and Disinfectant By-products. Vol 7.  
National Academy press Washington DC.
- 23 AM Dietrich, MP Orr, DL Gallagher and RC Hoehn (1992).  
Tastes and odors associated with chlorine dioxide.  
JAWWA, 84, nr 6, 82-88.
- 24 Anonymus (1992)  
SOP LWD/009/00: Voorschrift voor de monsternamen ten behoeve van bacteriologisch onderzoek van water. Concept.
- 25 Neele J (1992)  
SOP LAC-M244: Automatische ionchromatografische bepaling van chloriet, bromaat en chloraat in water met behulp van het Dionex 2120i-systeem.
- 26 Knaap AGAC (1992).  
RIVM brief nr. 445/92 ACT vKo/Kn/mm naar de HIMH, Leidschendam.

| Bijlage 1<br>datum | Meetresultaten chlooraat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| 07-oct-1991        | Enschede - voor infiltratie                     | 37.6      |
| 07-oct-1991        | Enschede - ruw                                  | 6.7       |
| 07-oct-1991        | Enschede - uitg. rein                           | 46.7      |
| 11-nov-1991        | Enschede - voor infiltratie                     | 42.6      |
| 11-nov-1991        | Enschede - ruw                                  | dl        |
| 11-nov-1991        | Enschede - uitg. rein                           | 25.0      |
| 03-dec-1991        | Enschede - voor infiltratie                     | 12.5      |
| 03-dec-1991        | Enschede - ruw                                  | 9.2       |
| 03-dec-1991        | Enschede - uitg. rein                           | 17.5      |
| 06-jan-1992        | Enschede - voor infiltratie                     | 6.7       |
| 06-jan-1992        | Enschede - ruw                                  | 7.5       |
| 06-jan-1992        | Enschede - uitg. rein                           | 21.7      |
| 03-feb-1992        | Enschede - voor infiltratie                     | 7.5       |
| 03-feb-1992        | Enschede - ruw                                  | 4.2       |
| 03-feb-1992        | Enschede - uitg. rein                           | 21.7      |
| 03-mar-1992        | Enschede - voor infiltratie                     | dl        |
| 03-mar-1992        | Enschede - ruw                                  | dl        |
| 03-mar-1992        | Enschede - uitg. rein                           | 21.7      |
| 07-oct-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 37.6      |
| 11-nov-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 19.2      |
| 03-dec-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 27.5      |
| 06-jan-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 14.2      |
| 03-feb-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 27.5      |
| 03-mar-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                  | 24.2      |
| 07-oct-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                               | 5.8       |
| 07-oct-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | 5.8       |
| 07-oct-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | 6.7       |
| 11-nov-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                               | dl        |
| 11-nov-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | dl        |
| 11-nov-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | dl        |
| 03-dec-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                               | dl        |
| 03-dec-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | dl        |
| 03-dec-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | dl        |
| 06-jan-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                               | dl        |
| 06-jan-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | 3.3       |
| 06-jan-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | 7.5       |
| 03-feb-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                               | 4.2       |
| 03-feb-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | 84.3      |
| 03-feb-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | 96.0      |
| 03-mar-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                               | 3.3       |
| 03-mar-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                          | 3.3       |
| 03-mar-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                          | dl        |
| 14-oct-1991        | Andijk - ruw                                    | dl        |
| 14-oct-1991        | Andijk - snelfiltraat                           | 5.0       |
| 14-oct-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                    | dl        |

| Bijlage 1<br>datum | Meetresultaten chloraat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 14-oct-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 20.9      |
| 11-nov-1991        | Andijk - ruw                                   | 8.3       |
| 11-nov-1991        | Andijk - snelfiltraat                          | 7.5       |
| 11-nov-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 7.5       |
| 11-nov-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 17.5      |
| 03-dec-1991        | Andijk - ruw                                   | dl        |
| 03-dec-1991        | Andijk - snelfiltraat                          | 8.3       |
| 03-dec-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 5.8       |
| 03-dec-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 15.0      |
| 06-jan-1992        | Andijk - ruw                                   | 13.4      |
| 06-jan-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | 11.7      |
| 06-jan-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 23.4      |
| 06-jan-1992        | Andijk - uitg. rein                            | dl        |
| 03-feb-1992        | Andijk - ruw                                   | 13.4      |
| 03-feb-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | 12.5      |
| 03-feb-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 11.7      |
| 03-feb-1992        | Andijk - uitg. rein                            | 25.9      |
| 03-mar-1992        | Andijk - ruw                                   | 15.9      |
| 03-mar-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | 15.9      |
| 03-mar-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 15.0      |
| 03-mar-1992        | Andijk - uitg. rein                            | 30.9      |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 5.0       |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 3.3       |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 5.8       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 5.0       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 9.2       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 28.4      |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | dl        |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 5.8       |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 5.8       |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 12.5      |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 5.0       |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 40.9      |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | dl        |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 4.2       |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 6.7       |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | dl        |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 3.3       |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 7.5       |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 56.7      |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 89.3      |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 3.3       |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 40.9      |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 61.8      |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 68.4      |

| Bijlage 1<br>datum | Meetresultaten chloraat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 36.7      |
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 49.2      |
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 50.9      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 56.7      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 46.7      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | dl        |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 35.0      |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 43.4      |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 41.7      |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 43.4      |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 51.7      |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 50.1      |
| 07-oct-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 07-oct-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 12-nov-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | 3.3       |
| 12-nov-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 02-dec-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 02-dec-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 07-jan-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 07-jan-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | 5.8       |
| 04-feb-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 04-feb-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 04-mar-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 04-mar-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 08-oct-1991        | Kralingen - ruw                                | 10.8      |
| 08-oct-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 59.2      |
| 08-oct-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 58.4      |
| 08-oct-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 55.1      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - ruw                                | 42.6      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 44.2      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 43.4      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 41.7      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - ruw                                | 38.4      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 35.0      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 37.6      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 37.6      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - ruw                                | 36.7      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 37.6      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 35.0      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 41.7      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - ruw                                | 38.4      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 39.2      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 35.9      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 35.9      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - ruw                                | 41.7      |

| Bijlage 1<br>datum | Meetresultaten chloraat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 04-mar-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 37.6      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 41.7      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 45.9      |
| 08-oct-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 32.5      |
| 12-nov-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 30.9      |
| 02-dec-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 55.9      |
| 07-jan-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 39.2      |
| 04-feb-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 40.1      |
| 04-mar-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 35.0      |
| 08-oct-1991        | Monster - ruw                                  | 17.5      |
| 08-oct-1991        | Monster - uitg. rein                           | dl        |
| 12-nov-1991        | Monster - ruw                                  | 20.9      |
| 12-nov-1991        | Monster - uitg. rein                           | 21.7      |
| 02-dec-1991        | Monster - ruw                                  | 15.9      |
| 02-dec-1991        | Monster - uitg. rein                           | 14.2      |
| 07-jan-1992        | Monster - ruw                                  | 5.8       |
| 07-jan-1992        | Monster - uitg. rein                           | 7.5       |
| 04-feb-1992        | Monster - ruw                                  | 8.3       |
| 04-feb-1992        | Monster - uitg. rein                           | 7.5       |
| 04-mar-1992        | Monster - ruw                                  | 21.7      |
| 04-mar-1992        | Monster - uitg. rein                           | 19.2      |
| 07-oct-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 18.4      |
| 07-oct-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 18.4      |
| 12-nov-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 15.9      |
| 12-nov-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 12.5      |
| 02-dec-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 18.4      |
| 02-dec-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 19.2      |
| 07-jan-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | 20.9      |
| 07-jan-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 19.2      |
| 04-feb-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | 18.4      |
| 04-feb-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 20.9      |
| 04-mar-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | 20.9      |
| 04-mar-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 20.9      |
| 08-oct-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 08-oct-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |
| 12-nov-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 12-nov-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |
| 02-dec-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 02-dec-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 17.5      |
| 07-jan-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 07-jan-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 4.2       |
| 04-feb-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 04-feb-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 116.8     |
| 04-mar-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 04-mar-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |

| Bijlage 1<br>datum | Meetresultaten chlooraat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 45.1      |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 70.1      |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 38.4      |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 21.7      |
| 07-feb-1992        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 04-feb-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 04-feb-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 10.8      |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - ruw                               | dl        |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                 | dl        |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                        | 25.9      |

dl: lager dan de detectielimiet: 3.3 ug/l

| Bijlage 2<br>datum | Meetresultaten chloriet (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 07-oct-1991        | Enschede - voor infiltratie                    | 6.1       |
| 07-oct-1991        | Enschede - ruw                                 | 3.4       |
| 07-oct-1991        | Enschede - uitg. rein                          | 3.4       |
| 11-nov-1991        | Enschede - voor infiltratie                    | 9.4       |
| 11-nov-1991        | Enschede - ruw                                 | 4.0       |
| 11-nov-1991        | Enschede - uitg. rein                          | 4.7       |
| 03-dec-1991        | Enschede - voor infiltratie                    | 18.2      |
| 03-dec-1991        | Enschede - ruw                                 | 2.0       |
| 03-dec-1991        | Enschede - uitg. rein                          | dl        |
| 06-jan-1992        | Enschede - voor infiltratie                    | 16.9      |
| 06-jan-1992        | Enschede - ruw                                 | dl        |
| 06-jan-1992        | Enschede - uitg. rein                          | 8.1       |
| 03-feb-1992        | Enschede - voor infiltratie                    | 12.8      |
| 03-feb-1992        | Enschede - ruw                                 | dl        |
| 03-feb-1992        | Enschede - uitg. rein                          | 5.4       |
| 03-mar-1992        | Enschede - voor infiltratie                    | 6.7       |
| 03-mar-1992        | Enschede - ruw                                 | 4.0       |
| 03-mar-1992        | Enschede - uitg. rein                          | 8.8       |
| 07-oct-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | 18.9      |
| 11-nov-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | 13.5      |
| 03-dec-1991        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | 23.6      |
| 06-jan-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | dl        |
| 03-feb-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | 17.5      |
| 03-mar-1992        | IJssel bij Zwolle - opp. water                 | 33.7      |
| 07-oct-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                              | 6.1       |
| 07-oct-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 3.4       |
| 07-oct-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | 3.4       |
| 11-nov-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                              | dl        |
| 11-nov-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 2.7       |
| 11-nov-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | 4.7       |
| 03-dec-1991        | Leiduin 1+2 - ruw                              | 7.4       |
| 03-dec-1991        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 7.4       |
| 03-dec-1991        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | 6.1       |
| 06-jan-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                              | dl        |
| 06-jan-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 6.7       |
| 06-jan-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | dl        |
| 03-feb-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                              | 9.4       |
| 03-feb-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 7.4       |
| 03-feb-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | 6.7       |
| 03-mar-1992        | Leiduin 1+2 - ruw                              | 8.1       |
| 03-mar-1992        | Leiduin 1 - uitg. rein                         | 8.8       |
| 03-mar-1992        | Leiduin 2 - uitg. rein                         | 8.1       |
| 14-oct-1991        | Andijk - ruw                                   | 6.1       |
| 14-oct-1991        | Andijk - snelfiltraat                          | dl        |
| 14-oct-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 2.7       |

| Bijlage 2<br>datum | Meetresultaten chloriet (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 14-oct-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 36.4      |
| 11-nov-1991        | Andijk - ruw                                   | 6.1       |
| 11-nov-1991        | Andijk - snelfiltraat                          | 5.4       |
| 11-nov-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                   | dl        |
| 11-nov-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 55.3      |
| 03-dec-1991        | Andijk - ruw                                   | 16.9      |
| 03-dec-1991        | Andijk - snelfiltraat                          | 5.4       |
| 03-dec-1991        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 6.7       |
| 03-dec-1991        | Andijk - uitg. rein                            | 31.0      |
| 06-jan-1992        | Andijk - ruw                                   | dl        |
| 06-jan-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | dl        |
| 06-jan-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | dl        |
| 06-jan-1992        | Andijk - uitg. rein                            | 16.9      |
| 03-feb-1992        | Andijk - ruw                                   | 26.3      |
| 03-feb-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | 20.9      |
| 03-feb-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 25.0      |
| 03-feb-1992        | Andijk - uitg. rein                            | 22.3      |
| 03-mar-1992        | Andijk - ruw                                   | 18.9      |
| 03-mar-1992        | Andijk - snelfiltraat                          | 10.8      |
| 03-mar-1992        | Andijk - actief koolfiltraat                   | 16.2      |
| 03-mar-1992        | Andijk - uitg. rein                            | 59.4      |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 4.7       |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 2.0       |
| 07-oct-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 6.7       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 8.8       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 2.7       |
| 11-nov-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | dl        |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 7.4       |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 2.7       |
| 03-dec-1991        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 2.7       |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 2.7       |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | dl        |
| 06-jan-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | dl        |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | 14.8      |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | 2.7       |
| 03-feb-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | 3.4       |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                 | dl        |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - ruw                         | dl        |
| 03-mar-1992        | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                  | dl        |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 12.8      |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 8.1       |
| 08-oct-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 8.1       |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 21.6      |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 9.4       |
| 12-nov-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 6.7       |

| Bijlage 2<br>datum | Meetresultaten chloriet (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 26.3      |
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 22.3      |
| 02-dec-1991        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 24.3      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 24.3      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 22.9      |
| 07-jan-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 14.2      |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 12.8      |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 14.8      |
| 04-feb-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 9.4       |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - ruw (Biesb. water)               | 31.0      |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - snelfiltraat                     | 28.3      |
| 04-mar-1992        | Beerenplaat - uitg. rein                       | 25.0      |
| 07-oct-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 07-oct-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 12-nov-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 12-nov-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 02-dec-1991        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 02-dec-1991        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 07-jan-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 07-jan-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 04-feb-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 04-feb-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 04-mar-1992        | Gouda Dijklaan - ruw                           | dl        |
| 04-mar-1992        | Gouda Dijklaan - uitg. rein                    | dl        |
| 08-oct-1991        | Kralingen - ruw                                | 13.5      |
| 08-oct-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 9.4       |
| 08-oct-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 9.4       |
| 08-oct-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 9.4       |
| 12-nov-1991        | Kralingen - ruw                                | 22.3      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 22.3      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 21.6      |
| 12-nov-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 16.2      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - ruw                                | 28.3      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 25.0      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - na actief koolfilter               | 21.6      |
| 02-dec-1991        | Kralingen - uitg. rein                         | 20.9      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - ruw                                | 22.9      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 22.9      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 29.0      |
| 07-jan-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 10.1      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - ruw                                | 18.9      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 20.9      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 20.9      |
| 04-feb-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 32.4      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - ruw                                | 12.8      |

| Bijlage 2<br>datum | Meetresultaten chloriet (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 04-mar-1992        | Kralingen - voor actief koolfilter             | 27.0      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - na actief koolfilter               | 20.9      |
| 04-mar-1992        | Kralingen - uitg. rein                         | 16.9      |
| 08-oct-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 16.9      |
| 12-nov-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 26.3      |
| 02-dec-1991        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 19.6      |
| 07-jan-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 14.2      |
| 04-feb-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 20.9      |
| 04-mar-1992        | Maas bij Keizersveer - opp. water              | 20.2      |
| 08-oct-1991        | Monster - ruw                                  | 6.1       |
| 08-oct-1991        | Monster - uitg. rein                           | dl        |
| 12-nov-1991        | Monster - ruw                                  | 3.4       |
| 12-nov-1991        | Monster - uitg. rein                           | 7.4       |
| 02-dec-1991        | Monster - ruw                                  | 9.4       |
| 02-dec-1991        | Monster - uitg. rein                           | 5.4       |
| 07-jan-1992        | Monster - ruw                                  | 12.1      |
| 07-jan-1992        | Monster - uitg. rein                           | 4.0       |
| 04-feb-1992        | Monster - ruw                                  | 6.7       |
| 04-feb-1992        | Monster - uitg. rein                           | dl        |
| 04-mar-1992        | Monster - ruw                                  | 7.4       |
| 04-mar-1992        | Monster - uitg. rein                           | 7.4       |
| 07-oct-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 17.5      |
| 07-oct-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 18.9      |
| 12-nov-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 35.1      |
| 12-nov-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 27.0      |
| 02-dec-1991        | Nieuwegein - inlaat                            | 23.6      |
| 02-dec-1991        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 25.0      |
| 07-jan-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | dl        |
| 07-jan-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 16.9      |
| 04-feb-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | 17.5      |
| 04-feb-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 27.7      |
| 04-mar-1992        | Nieuwegein - inlaat                            | 37.8      |
| 04-mar-1992        | Nieuwegein - uitg. gezuiverd water             | 41.1      |
| 08-oct-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 08-oct-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |
| 12-nov-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 12-nov-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |
| 02-dec-1991        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 02-dec-1991        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 6.1       |
| 07-jan-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 07-jan-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | dl        |
| 04-feb-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 04-feb-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 5.4       |
| 04-mar-1992        | Ridderkerk - ruw                               | dl        |
| 04-mar-1992        | Ridderkerk - uitg. rein                        | 2.7       |

| Bijlage 2<br>datum | Meetresultaten chloriet (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|--------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 08-oct-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 12-nov-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 02-dec-1991        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 07-jan-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |
| 04-feb-1992        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 04-feb-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 04-feb-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - ruw                              | dl        |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - voor nachlorering                | dl        |
| 04-mar-1992        | Zwijndrecht - uitg. rein                       | dl        |

dl: lager dan de detectielimiet van 2 ug/l

| Bijlage 3.<br>datum | Meetresultaten bromaat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 07-oct-1991         | Enschede - voor infiltratie                   | dl        |
| 07-oct-1991         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 07-oct-1991         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 11-nov-1991         | Enschede - voor infiltratie                   | dl        |
| 11-nov-1991         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 11-nov-1991         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 03-dec-1991         | Enschede - voor infiltratie                   | dl        |
| 03-dec-1991         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 03-dec-1991         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 06-jan-1992         | Enschede - voor infiltratie                   | dl        |
| 06-jan-1992         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 06-jan-1992         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 03-feb-1992         | Enschede - voor infiltratie                   | dl        |
| 03-feb-1992         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 03-feb-1992         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 03-mar-1992         | Enschede - voor infiltratie                   | 10.2      |
| 03-mar-1992         | Enschede - ruw                                | dl        |
| 03-mar-1992         | Enschede - uitg. rein                         | dl        |
| 07-oct-1991         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 11-nov-1991         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 03-dec-1991         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 06-jan-1992         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 03-feb-1992         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 03-mar-1992         | IJssel bij Zwolle - opp. water                | dl        |
| 07-oct-1991         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 07-oct-1991         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 07-oct-1991         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 11-nov-1991         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 11-nov-1991         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 11-nov-1991         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-dec-1991         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 03-dec-1991         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-dec-1991         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 06-jan-1992         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 06-jan-1992         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 06-jan-1992         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-feb-1992         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 03-feb-1992         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-feb-1992         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-mar-1992         | Leiduin 1+2 - ruw                             | dl        |
| 03-mar-1992         | Leiduin 1 - uitg. rein                        | dl        |
| 03-mar-1992         | Leiduin 2 - uitg. rein                        | dl        |
| 14-oct-1991         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 14-oct-1991         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 14-oct-1991         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |

| Bijlage 3.<br>datum | Meetresultaten bromaat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 14-oct-1991         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 11-nov-1991         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 11-nov-1991         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 11-nov-1991         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |
| 11-nov-1991         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 03-dec-1991         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 03-dec-1991         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 03-dec-1991         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |
| 03-dec-1991         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 06-jan-1992         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 06-jan-1992         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 06-jan-1992         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |
| 06-jan-1992         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 03-feb-1992         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 03-feb-1992         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 03-feb-1992         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |
| 03-feb-1992         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 03-mar-1992         | Andijk - ruw                                  | dl        |
| 03-mar-1992         | Andijk - snelfiltraat                         | dl        |
| 03-mar-1992         | Andijk - actief koolfiltraat                  | dl        |
| 03-mar-1992         | Andijk - uitg. rein                           | dl        |
| 07-oct-1991         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 07-oct-1991         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | dl        |
| 07-oct-1991         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 11-nov-1991         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 11-nov-1991         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | dl        |
| 11-nov-1991         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 03-dec-1991         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 03-dec-1991         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | dl        |
| 03-dec-1991         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 06-jan-1992         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 06-jan-1992         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | 7.7       |
| 06-jan-1992         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 03-feb-1992         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 03-feb-1992         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | dl        |
| 03-feb-1992         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 03-mar-1992         | Katwijk a/d Rijn - boezemwater                | dl        |
| 03-mar-1992         | Katwijk a/d Rijn - ruw                        | dl        |
| 03-mar-1992         | Katwijk a/d Rijn - uitg. rein                 | dl        |
| 08-oct-1991         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 08-oct-1991         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | 6.4       |
| 08-oct-1991         | Beerenplaat - uitg. rein                      | 6.4       |
| 12-nov-1991         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 12-nov-1991         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | dl        |
| 12-nov-1991         | Beerenplaat - uitg. rein                      | dl        |

| Bijlage 3.<br>datum | Meetresultaten bromaat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 02-dec-1991         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 02-dec-1991         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | dl        |
| 02-dec-1991         | Beerenplaat - uitg. rein                      | dl        |
| 07-jan-1992         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 07-jan-1992         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | dl        |
| 07-jan-1992         | Beerenplaat - uitg. rein                      | dl        |
| 04-feb-1992         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 04-feb-1992         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | dl        |
| 04-feb-1992         | Beerenplaat - uitg. rein                      | dl        |
| 04-mar-1992         | Beerenplaat - ruw (Biesb. wate                | dl        |
| 04-mar-1992         | Beerenplaat - snelfiltraat                    | dl        |
| 04-mar-1992         | Beerenplaat - uitg. rein                      | dl        |
| 07-oct-1991         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 07-oct-1991         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 12-nov-1991         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 12-nov-1991         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 02-dec-1991         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 02-dec-1991         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 07-jan-1992         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 07-jan-1992         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 04-feb-1992         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 04-feb-1992         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 04-mar-1992         | Gouda Dijklaan - ruw                          | dl        |
| 04-mar-1992         | Gouda Dijklaan - uitg. rein                   | dl        |
| 08-oct-1991         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 08-oct-1991         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 08-oct-1991         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |
| 08-oct-1991         | Kralingen - uitg. rein                        | dl        |
| 12-nov-1991         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |
| 12-nov-1991         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 12-nov-1991         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 12-nov-1991         | Kralingen - uitg. rein                        | 6.4       |
| 02-dec-1991         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |
| 02-dec-1991         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 02-dec-1991         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 02-dec-1991         | Kralingen - uitg. rein                        | dl        |
| 07-jan-1992         | Kralingen - uitg. rein                        | dl        |
| 07-jan-1992         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 07-jan-1992         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |
| 07-jan-1992         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 04-feb-1992         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |
| 04-feb-1992         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 04-feb-1992         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 04-feb-1992         | Kralingen - uitg. rein                        | dl        |
| 04-mar-1992         | Kralingen - na actief koolfilter              | dl        |

| Bijlage 3.<br>datum | Meetresultaten bromaat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 04-mar-1992         | Kralingen - ruw                               | dl        |
| 04-mar-1992         | Kralingen - voor actief koolfilter            | dl        |
| 04-mar-1992         | Kralingen - uitg. rein                        | dl        |
| 08-oct-1991         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 12-nov-1991         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 02-dec-1991         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 07-jan-1992         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 04-feb-1992         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 04-mar-1992         | Maas bij Keizersveer - opp. wat               | dl        |
| 08-oct-1991         | Monster - ruw                                 | 6.4       |
| 08-oct-1991         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 12-nov-1991         | Monster - ruw                                 | dl        |
| 12-nov-1991         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 02-dec-1991         | Monster - ruw                                 | dl        |
| 02-dec-1991         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 07-jan-1992         | Monster - ruw                                 | dl        |
| 07-jan-1992         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 04-feb-1992         | Monster - ruw                                 | dl        |
| 04-feb-1992         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 04-mar-1992         | Monster - ruw                                 | dl        |
| 04-mar-1992         | Monster - uitg. rein                          | dl        |
| 07-oct-1991         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 07-oct-1991         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 12-nov-1991         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 12-nov-1991         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 02-dec-1991         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 02-dec-1991         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 07-jan-1992         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 07-jan-1992         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 04-feb-1992         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 04-feb-1992         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 04-mar-1992         | Nieuwegein - inlaat                           | dl        |
| 04-mar-1992         | Nieuwegein - uitg. gezuiverd wa               | dl        |
| 08-oct-1991         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 08-oct-1991         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |
| 12-nov-1991         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 12-nov-1991         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |
| 02-dec-1991         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 02-dec-1991         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |
| 07-jan-1992         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 07-jan-1992         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |
| 04-feb-1992         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 04-feb-1992         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |
| 04-mar-1992         | Ridderkerk - ruw                              | dl        |
| 04-mar-1992         | Ridderkerk - uitg. rein                       | dl        |

| Bijlage 3.<br>datum | Meetresultaten bromaat (ug/l)<br>Omschrijving | resultaat |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|
| 08-oct-1991         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 08-oct-1991         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 08-oct-1991         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |
| 12-nov-1991         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 12-nov-1991         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 12-nov-1991         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |
| 02-dec-1991         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 02-dec-1991         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 02-dec-1991         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |
| 07-jan-1992         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 07-jan-1992         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 07-jan-1992         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |
| 04-feb-1992         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 04-feb-1992         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 04-feb-1992         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |
| 04-mar-1992         | Zwijndrecht - ruw                             | dl        |
| 04-mar-1992         | Zwijndrecht - voor nachlorering               | dl        |
| 04-mar-1992         | Zwijndrecht - uitg. rein                      | dl        |

dl: lager dan de detectielimiet van 6.4 ug/l.