

Onderzoek naar relaties tussen mineralen in drinkwater en gezondheid in verband met mogelijke centrale ontharding

1. Inleiding

Drinkwater, afgeleverd via het openbare waterleidingnet, vertoont een aantal unieke facetten waardoor het de bijzondere aandacht van onderzoekers in de gezondheidssector verdient.

Het is een essentieel voedingsmiddel dat door de gehele bevolking, inclusief gevoelige groepen zoals babies, bejaarden, zwangere vrouwen en zieken, wordt genuttigd gedurende het gehele leven. Er is voor de gebruiker van het leidingwater doorgaans geen alternatieve bron van



I.R. B. C. J. ZOETEMAN
Rijksinstituut voor
Drinkwatervoorziening

watervoorziening beschikbaar. Bovendien komt het tijdens het transport naar de consument als geen ander voedingsmiddel, in aanraking met een reusachtig oppervlak van verschillende verpakkingsmaterialen die het in meerdere of mindere mate verontreinigen.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat epidemiologen het drinkwater in hun onderzoeken hebben betrokken en het is nog minder verwonderlijk dat daarbij de waterkwaliteit vooral in verband werd gebracht met de sterfte aan hart- en vaatziekten daar deze ziekten als doodsoorzaak in de westerse landen verreweg de belangrijkste zijn geworden. Een halve eeuw geleden stierven jaarlijks ongeveer 150 op de 100.000 Nederlanders aan ziekten van de bloedsomlooporganen, wat voor ongeveer 13 % bijdroeg aan de totale sterfte.

Momenteel sterven per jaar ongeveer 400 op de 100.000 Nederlanders aan ziekten van de bloedsomlooporganen welke categorie nu 50 % van de doodsoorzaken uitmaakt. Naast de hart- en vaatziekten wordt bij het epidemiologisch onderzoek ook een toenemende aandacht aan sterfte als gevolg van kanker besteed, waarbij recent bijzondere aandacht voor het voorkomen van hoge nitraatgehalten in drinkwater is gevraagd (Hill, 1973) (Shuval, 1975). De eerste voorbeelden van een relatie tussen de minerale bestanddelen van drinkwater en de gezondheid betroffen chronische vergiften door een te hoog loodgehalte van het drinkwater (Reith, van Esveld, 1939) of juist ziekteverschijnselen als gevolg van een tekort aan bepaalde minerale bestanddelen in het water. Een voorbeeld van dit laatste was het tekort aan jodium, onder meer in het

drinkwater waardoor veelvuldig krop voorkwam in Nederland en waarover in 1932 door een Strumacommissie van de Gezondheidsraad uitvoerig is gerapporteerd.

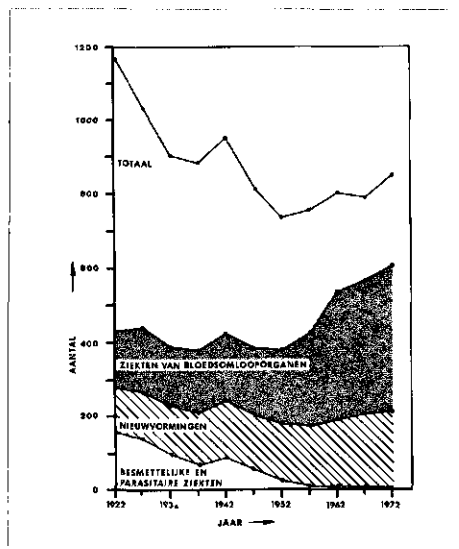
Een ander nog steeds actueel voorbeeld is het fluoridegehalte van drinkwater in relatie tot het voorkomen van tandbederf, waarover een eerste rapport van de Gezondheidsraad in 1949, dat is ruim 25 jaar geleden, verscheen.

Het ligt echter niet in de bedoeling hier nader in te gaan op andere gezondheidsaspecten dan die welke direct of indirect met de hardheid van het water in verband kunnen worden gebracht.

Dat het epidemiologisch onderzoek in verband met de hardheid van drinkwater soms tot tegenstrijdige en daardoor verwarrende resultaten heeft geleid moet in eerste instantie worden toegeschreven aan de onbekendheid van de epidemiologen en medici met de complexiteit van de kwaliteitsaspecten van het drinkwater. Men voerde tot omstreeks 1970 vrijwel uitsluitend correlatieberekeningen uit met de meest elementaire chemische kwaliteitsaspecten van drinkwater zoals de zuurgraad, het totale zoutgehalte en de hardheid. Pas de laatste jaren is ook aandacht besteed aan meer specifieke aspecten, zoals de buffercapaciteit, de agressiviteit en het gehalte aan bepaalde spoorelementen.

Als onderzoekseenheden werden tot nog toe veelal steden genomen ongeacht of deze vanuit verschillende bronnen van water werden voorzien en ongeacht verschillen in de aard van de gebruikte leidingmaterialen. Het mag dan ook een wonder heten dat ondanks deze grove simplificaties de onderzoeken een statistisch verband tussen

Sterfte naar jaar en naar doodsoorzaak per aantal van 100.000 van de gemiddelde bevolking in Nederland.



sterfte en het gehalte aan minerale bestanddelen van drinkwater aan het licht hebben gebracht.

Anderzijds doet het vinden van dit statistisch verband in een aantal landen, ondanks de eigenlijk ontoelaatbare vereenvoudigingen bij de opzet van de studies, vermoeden dat het hier gaat om een voor de gezondheid uiterst belangrijk en voor de waterleidingwereld fundamenteel verschijnsel.

In het onderstaande zal eerst aandacht worden besteed aan de resultaten van het tot nog toe uitgevoerde epidemiologische onderzoek in het buitenland en in Nederland. Vervolgens zullen een drietal mogelijke soorten verklaringen worden aangeduid voor de gevonden statistische verbanden.

Tenslotte zullen doel en opzet van voortgezet onderzoek worden toegelicht waarbij het accent op de Nederlandse situatie is gelegd.

2. Epidemiologisch onderzoek

In de zestiger jaren is het epidemiologisch onderzoek naar de invloed van de minerale samenstelling van drinkwater op de menselijke gezondheid op gang gekomen.

De Japanner Kobayashi vond in 1957 een verband tussen de zuurgraad van voor de drinkwatervoorziening gebruikt rivierwater en sterfte als gevolg van apoplexie.

De onderzochte Japanse rivieren bevatten in het algemeen zeer zacht water.

De Amerikaan Schroeder constateerde uit de gegevens van Kobayashi in 1958 dat de correlatie nog duidelijker was met sterfgevallen door hartziekten.

Sindsdien heeft Schroeder zelf aan aantal belangrijke studies in de VS verricht.

Hierbij werd eerst gebruik gemaakt van de hardheid omdat hierover omstreeks 1960 de meest volledige gegevens beschikbaar waren.

In de laatste publicatie van Schroeder en Kraemer van 1974 zijn vele andere minerale waterbestanddelen gecorreleerd met sterfte door diverse doodsoorzaken.

Bij de 94 onderzochte steden bleek een significante negatieve correlatie te bestaan tussen het sterftecijfer door atherosclerose en de voor corrosie van leidingen belangrijke Langelierindex, het calciumgehalte en de totale hardheid.

Kort na het begin van de studies van Schroeder was in Engeland een groep gestart onder leiding van Crawford die in 1961 een onderzoek publiceerde dat 83 'county boroughs' in Engeland en Wales betrof en waarin de resultaten van Schroeder werden bevestigd.

Diverse Engelse studies volgden daarna met gelijke resultaten. Na haar overlijden in 1974 is de leiding van het Engelse onderzoeksteam overgenomen door Shaper. Volgens Shaper (1975) zijn in Engeland en

Wales de verschillen tussen hoogste en laagste sterftecijfers aan cardiovasculaire ziekten even groot als die bij sterfte aan longkanker.

TABEL 1 - *Extremes sterftecijfers aan cardiovasculaire ziekten in 83 'county boroughs' in Engeland en Wales in 1958-1964* (Shaper, 1975).

Geslacht	Jaarlijkse sterfte per 100.000 inwoners in de leeftijdsgroep 45-64 jaar		
	minimum	maximum	verhouding
Mannen	499	781	1,7
Vrouwen	216	478	2,2

Uit klinisch en biochemisch onderzoek van Stitt c.s. (1973) onder 500 mannen van middelbare leeftijd afkomstig van 12 Engelse steden bleek dat de gemiddelde bloeddruk, hartslag en het plasma-cholesterolgehalte beduidend hoger waren in de groep met zacht drinkwater.

Canadese onderzoekers, met name Anderson c.s. (1971) en Neri c.s. (1974, 1975), hebben aandacht gevraagd voor hun bevinding dat in Canada sterfte in het algemeen een duidelijker negatieve correlatie met de hardheid vertoonde dan sterfte aan hart- en vaatziekte. Anderson c.s. (1969, 1971) vonden ook dat de hogere sterftecijfers voor cardiovasculaire ziekten in gebieden met zacht water in Canada vrijwel uitsluitend moesten worden toegeschreven aan een toeneming van het aantal plotselinge sterftegevallen door het niet meer goed functioneren van de hartspier. In Engeland worden deze bevindingen, zij het minder uitgesproken, bevestigd (Shaper, 1975). In Nederland werd in 1967 door Biersteker een epidemiologisch onderzoek gepubliceerd dat betrekking had op sterfte-gegevens van 23 grote steden in Nederland over de periode 1958-1962.

Hierbij werd alleen voor vrouwen een significante negatieve correlatie gevonden tussen de totale hardheid van het drinkwater en sterfte aan hart- en vaatziekten. In 1975 is door Biersteker en Zielhuis een meer uitgebreid onderzoek gepubliceerd waarin sterftegegevens over de periode 1963-1970 voor dezelfde 23 steden zijn verwerkt. Opnieuw werd een significante negatieve relatie gevonden tussen de hardheid en sterfte bij vrouwen aan ischemische hartziekten. Een mogelijke verklaring voor het feit dat het verband duidelijker bij vrouwen naar voren komt dan bij mannen kan worden gezocht in andere risico-factoren voor de vrouw zoals het doorgaans meer frekwente verblijf van de vrouw in de woonplaats. Behalve sterfte aan cardiovasculaire ziekten is er volgens Roberts (1975) op grond van onderzoek in Amerika, Canada, Engeland en Wales, tevens een duidelijke aanwijzing voor een statistisch verband tussen de hardheid van drinkwater en sterfte in het algemeen.

Daarnaast zijn er minder duidelijke maar niet te verwaarlozen aanwijzingen voor de relatie tussen hardheid van drinkwater en zuigelingensterfte door aangeboren afwijkingen van het zenuwstelsel. Ook Nederlandse gegevens ondersteunen dergelijke veronderstellingen (CBS, 1971) (Bos, 1974). Naast genoemde studies waarin een statistisch verband tussen de gezondheid en de waterhardheid wordt aangetoond staan diverse onderzoekingen die niet in dezelfde richting lijken te wijzen:

— Een studie van drie bevolkingsegroepen in Los Angeles die water ontvangen met een groot verschil in hardheid (Allwright c.s., 1974) kon geen significante correlaties aantonen.

— In de stad Kansas City, welke door de Missouri rivier in twee delen wordt gesplitst, die ieder een aparte, sterk in hardheid verschillende, watervoorziening hebben, blijkt in het deel met hard water juist de hoogste sterfte aan hart- en vaatziekten voor te komen (Bierenbaum c.s., 1975).

— In Australië is te Brisbane de sterfte aan alle oorzaken hoger dan in de stad Melbourne waar de hardheid een faktor 10 lager is (Meijers, 1975).

Al deze voorbeelden wijzen erop dat uit-zonderingen op het eerder geschetste beeld voornamelijk optreden bij studies op kleine schaal, waar o.a. de variaties in sociaal-economische kenmerken van de bevolking een meer doorslaggevende rol kunnen spelen zoals door Keil (1975) voor de stad Hannover wordt gesteld. Shaper (1975) konkludeert dan ook in dit verband: 'The significant inverse correlation between the hardness of drinking water and local cardiovascular mortality rates is only found consistently in major national studies'.

Dat er in het algemeen een significant statistisch verband bestaat tussen de hardheid van drinkwater en de gezondheid was een van de belangrijkste konklusies van het Europese Colloquium dat in mei 1975 te Luxemburg over dit thema werd gehouden (Zoeteman en Elzenga, 1975).

3. Mogelijke verklaringen voor de resultaten van het epidemiologische onderzoek

3.1. Algemeen

Hoewel bijna 20 jaar zijn verlopen sinds Kobayashi's publikatie kan op dit ogenblik niet worden beschikt over een sluitende verklaring voor de verschijnselen die aan het statistische verband tussen waterhardheid en sterfte ten grondslag liggen. Naarmate het aantal studies toenam werd het duidelijker dat in de hardheid van het

water zelf niet noodzakelijkerwijs de oorzaak moet worden gezocht. Diverse onderzoekers wezen op het verband tussen de hardheid en de agressiviteit van water, waardoor de hardheid van het water indirect van invloed zal zijn op het gehalte aan metalen in het water aan de tapkraan, zoals koper, lood, zink en cadmium die in de leidingmaterialen zijn verwerkt. Ook wordt de mogelijkheid niet uitgesloten geacht dat de aanwezigheid van calcium en magnesium de schadelijke werking van toxische verontreinigingen onderdrukt, bijvoorbeeld doordat deze minder goed in het bloed worden opgenomen. In het algemeen kunnen drie mechanismen worden aangevoerd ter verklaring van het statistische verband (Masironi, 1975):

- een tekort aan bepaalde mineralen in drinkwater bevordert sterfte;
- de aanwezigheid van bepaalde mineralen in water beschermt tegen ziekte;
- zacht water transporteert schadelijke metalen afkomstig van leidingmaterialen naar de consument.

Enige argumenten ter ondersteuning van de drie hypothesen zullen kort en zeker niet uitputtend naar voren worden gebracht. Vooraf is het evenwel nuttig stil te staan bij de gebruiksgewoonten van de consument wat betreft het nuttigen van waterhoudende voedingsmiddelen en bij de minerale bestanddelen van water die een significante bijdrage kunnen leveren aan de totale dagelijkse inname.

3.2. Gebruiksgewoonten van de consument

Teneinde de bijdrage van drinkwaterverontreiniging aan de totale belasting van de mens met toxische stoffen na te kunnen gaan is het noodzakelijk een gedetailleerd inzicht te verkrijgen in de hoeveelheid drinkwater die gemiddeld per persoon wordt geconsumeerd en bij voorkeur tevens in de daarbij optredende gebruiksgewoonten. Wordt het kraanwater bijv. doorgespoeld voor het tappen plaatsvindt, staat het regelmatig enige uren stil in de binneninstallatie van de woning etc. Dergelijke factoren zijn van belang voor de blootstelling van consumenten aan minerale waterbestanddelen. Zelfs de behandeling van het water na het tappen en bij het bereiden van voedsel zou wel eens van doorslaggevende betekenis kunnen zijn. Hierbij moet worden gedacht aan het vrijkomen van bepaalde sporelementen bij het zetten van koffie, thee e.d. of aan het in oplossing gaan van metalen uit het voor de voedselbereiding gebruikte vaatwerk. Voor al deze processen zal de minerale watersamenstelling en met name de hardheid van belang zijn.

Het voert te ver hier op dieper in te gaan en bovendien is er een grote leemte in kennis op dit gebied.

Van algemeen belang is evenwel het inzicht in de totale hoeveelheid geconsumeerd water en de wijze waarop deze de mens bereikt. Een overzicht hiervan is in tabel II weergegeven, waaruit blijkt dat in Nederland bijna 70 % van het geconsumeerde water afkomstig is van het plaatselijke waterleidingbedrijf. In totaal is 80 % van het opgenomen vocht van leidingwater afkomstig en slechts 20 % van andere bronnen zoals melk, vlees en groente. Als leverancier van het voedingsmiddel water verdient het leidingwater dus alleszins de aandacht.

Van de 1 m³ water die een mens jaarlijks globaal nuttigt neemt de Nederlander ongeveer de helft tot zich in de vorm van koffie en thee. Het is van belang er op te wijzen dat er wat dit betreft grote verschillen

TABEL II - *Herkomst van het geconsumeerde water in de Europese Gemeenschap en Nederland (Zoeteman, Brinkmann, 1975).*

Consumptie route	Gemiddelde geschatte bijdrage in % van totaal	
	Europese Gemeenschap	Nederland
Plaatselijk leidingwater (drinken, koffie, thee, soep, koken, bakken)	60	69
Leidingwater van elders (bier, frisdrank, mineraal water)	12	11
Geen leidingwater (melk, wijn, vlees, groente e.d.)	28	20

zijn in de drinkgewoonten van de bevolking van de verschillende landen van de Europese Gemeenschap zoals tabel III laat zien. Interessant zijn vooral de verschillen tussen Nederland en Engeland met het oog op het vele epidemiologische onderzoek dat in Engeland heeft plaatsgevonden. Door de sterke verschillen in thee, koffie en melk verbruik zal grote voorzichtigheid in acht moeten worden genomen bij het vertalen van buitenlandse onderzoeksresultaten naar de Nederlandse situatie.

3.3. *Bijdrage van minerale waterbestanddelen aan de totale dagelijkse inname met voedsel*

Om bij het zoeken naar voor de gezondheid belangrijke mineralen in drinkwater een voorselectie te kunnen maken is het nuttig na te gaan welke mineralen in extreme situaties een groot deel kunnen uitmaken van de gemiddelde dagelijkse toevoer aan mineralen naar de mens via het voedselpakket. Een dergelijk inzicht is vooral van belang voor het uitwerken van de hypo-

TABEL III - *Gemiddeld geschat verbruik aan bepaalde dranken in 1970/1971 in Nederland, Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Frankrijk (Zoeteman, Brinkmann, 1975).*

Land	Gemiddelde verbruik in liters/hoofd/jaar in 1970/1971					
	koffie	thee	bier	mineraal water	melk	wijn
Nederland	250	250	60	0,5	107	6
Verenigd Koninkrijk	50	410	74	0,5	140	2
Duitsland	137	16	140	13	77	18
Frankrijk	127	67	40	50	71	124

thesen die uitgaan van een tekort aan een bepaald mineraal in het voedselpakket en die welke aan bepaalde uitleidingen afkomstige metalen een giftige werking toeschrijven. In beide gevallen zou immers gesteld kunnen worden dat minstens zo'n 10 % of meer van de mineraaltoevoer via het drinkwater dient plaats te vinden om effect op de gezondheid te kunnen hebben. Door diverse onderzoekers is gepoogd een voorselectie uit te voeren, vaak echter met wisselend resultaat (Brinkmann, 1973; Schoeder, Kraemer 1974). De vergelijkingen zijn bovendien meestal gebaseerd op gegevens over de waterkwaliteit bij het verlaten van het pompstation en niet bij het tappunt. Op grond van een recent overzicht dat door het RID op verzoek van de Commissie van de Europese Gemeenschappen voor de situatie in de lidstaten is opgesteld, komen de volgende elementen naar voren die doorgaans via drinkwater tot meer dan 10 % van de dagelijkse inname kunnen bijdragen: calcium, magnesium, borium, lood, lithium en strontium. Tabel IV geeft enige aanvullende gegevens op dit gebied, waaruit blijkt dat incidenteel voor de metalen lood, koper, zink en cadmium verwacht mag worden dat nog beduidend hogere belastingen via het drinkwater kunnen optreden, wanneer water met een hoog metaaloplossend vermogen via metalen leidingen wordt gedistribueerd. De concentraties aan deze metalen kunnen in extreme situaties die wat Nederland betreft vooral ten aanzien van lood en koper gelden, gemakkelijk leiden tot belastingen die de gemiddelde dagelijkse inname benaderen of zelfs overtreffen. Daarnaast kunnen mineralen in water wellicht gemakkelijker in het lichaam worden opgenomen dan mineralen aanwezig in ander voedsel, wat het relatieve belang van mineralen in water ook zou doen toenemen.

3.4. *Zacht water als voedingsmiddel met een tekort aan essentiële minerale bestanddelen*

Door Masironi (1975) is erop gewezen dat zowel in de Verenigde Staten als in Europa er een opvallende parallel bestaat m.b.t. hogere sterftecijfers aan hart- en vaatziekten in de delen met de oudste bodemlagen op de continenten. Zo is de bodem in de oostelijke gebieden in Noord Amerika ouder dan in de westelijke gebieden.

TABEL IV - *Bijdrage van drinkwater aan de belasting van de mens aan enige mineralen in de Europese Gemeenschap (Zoeteman, Brinkmann, 1975).*

Mineraal water bestanddeel	Geschatte totale dagelijkse inname via voedsel (mg)	Gemiddelde dagelijkse inname via drinkwater (mg)	Gemiddelde waterbijdrage in %
Borium	1,0	0,24	24
Cadmium	0,07	0,002	3
Calcium	1000	170	17
Koper	2,5	0,1	4
Lithium	0,1	0,016	16
Lood	0,3	0,03	10
Magnesium	250	24	10
Strontium	1,0	0,2	20
IJzer	23	0,26	1
Zink	10	0,22	2

De oostelijke gronden zijn daardoor armer aan mineralen in het grondwater, wat een verklaring zou kunnen betekenen voor de daar optredende hogere sterftecijfers. In een andere publikatie stelt Masironi (1975): 'The general impression is that water which lacks minerals may have certain undesirable health effects whereas mineralized water is good for health. This hypothesis is in line with the age-old view that mineral waters are good for the health, which explains the popularity enjoyed by spas where people have found relieve from many diseases after drinking mineral waters'. Diverse minerale waterbestanddelen worden genoemd als essentiële voedingsstoffen die de mens via drinkwater tot zich moet nemen. Voorbeelden zijn magnesium en strontium. Een tekort aan deze elementen is in verband gebracht met het frekwenter voorkomen van cardiovasculaire ziekten. De Canadese onderzoekers hebben vooral de aandacht gericht op de rol van magnesium in plaats van calcium. Volgens Neri c.s. (1975) is het karakteristiek voor de Noord-Amerikaanse man dat hij te weinig magnesium met zijn dieet krijgt toegediend. Ook werd aangetoond dat het magnesiumgehalte in de hartspeer van slachtoffers van hart- en vaatziekten in zacht water gebieden lager was dan bij gezonde personen.

3.5. *Hard water als beschermingsmiddel tegen ziekten*

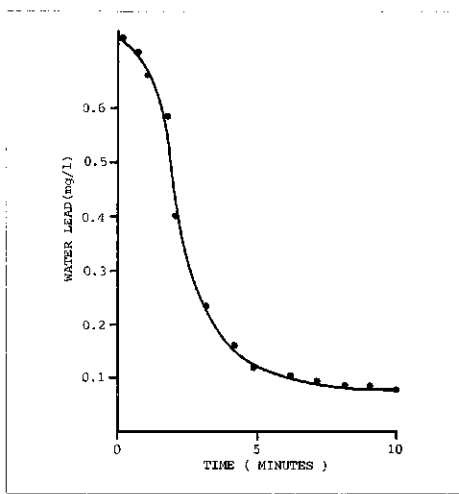
Voor een deel is deze hypothese complementair aan de voorgaande. Hij is evenwel

nieuw ten aanzien van die stoffen waaraan de mens normaal geen tekort heeft maar die bij een gevaarlijke blootstelling aan bepaalde invloeden de ongunstige werking hiervan zouden kunnen terugdringen. Zo is lithium een element dat volgens Voors (1970) bij hoge concentraties in drinkwater het sterftcijfer misschien verlaagt. Lithium heeft een kalmerende werking op de geestesgesteldheid en werkt bloeddrukverlagend. In Canada blijkt het voorkomen van lithium in drinkwater sterk gecorreleerd te zijn met het voorkomen van calcium en magnesium (Neri c.s., 1975). Zink is veelvuldig naar voren gekomen als element dat de werking van toxische metalen en met name cadmium tegengaat. Ook heeft het diensten bewezen bij de behandeling van atherosclerotische patiënten (Masironi, 1975). Of zink in hogere concentraties voorkomt in hard water is nog onvoldoende gebleken.

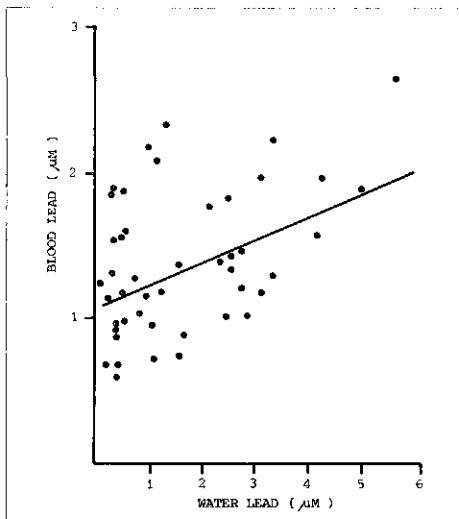
3.6. Zacht water als transportmiddel van schadelijke metalen afkomstig van leidingmaterialen

Cadmium is een van de elementen die het meest zijn bestudeerd in relatie tot hart- en vaatziekten. Teveel inname van cadmium kan leiden tot verhoogde bloeddruk en het bevordert onder meer de afzetting van vet op de aorta (Masironi, 1975). Het verhoogde sterftcijfer bij hardwatergebruikers te Kansas City is geweten aan hoge cadmium gehalten van het harde drinkwater, in combinatie met lagere zinkgehalten (Bierenbaum c.s., 1975). Cadmium kan o.a. vrijkomen uit leidingmaterialen wanneer verzinkte stalen leidingen zijn gebruikt en bij bepaalde typen mengkranen van wastafels.

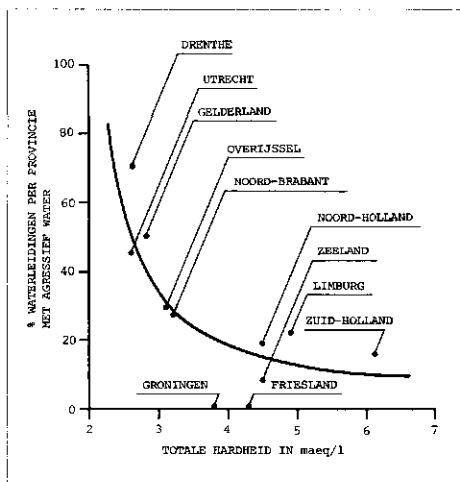
Een ander belangrijk element in relatie tot de hardheid van water is het lood. In extreme omstandigheden, wanneer zacht agressief water door loden leidingen stroomt en er een gebruikspatroon bij de consument bestaat dat hoge loodexpositie in de hand werkt, kunnen via het drinkwater voor de gezondheid schadelijke hoeveelheden lood worden opgenomen. Extreme gevallen doen zich o.a. voor in Glasgow (Moore, 1975) waar in het zeer zachte drinkwater aan de tapkraan gedurende de loop van de dag het loodgehalte kan variëren tussen 0,2 en 0,6 mg/l en waar het loodgehalte in het bloed van de bevolking duidelijk verband vertoonde met de loodgehalten van het drinkwater. Hoewel de situatie in Nederland doorgaans minder ernstig is, bevat het leidingenbestand in ons land toch nog ca. 5 % loden binneninstallaties en is het water lang niet overal geconditioneerd tot een kwaliteit die het metaaloplossende vermogen zo laag mogelijk doet zijn (Zoeteman, 1970).



Verloop loodconcentraties in tapkraanwater na doorstroming van 10 m loodpijp bij stroomsnelheid van 10 l/min.



Significante ($p < 0,01$) lineaire relatie tussen lood in drinkwater en lood in bloed bij 70 inwoners van Glasgow.



% waterleidingen met agressief water als functie van de totale hardheid voor de periode 1958-1964.

Lood is niet alleen in verband gebracht met een verhoogd sterftcijfer aan ischemische hartziekten maar ook met het optreden van een vertraagde geestelijke ontwikkeling bij kinderen die blijvende gevolgen zou kunnen hebben voor het geestelijke vermogen van het kind (Beattie c.s. 1975, Moore, 1975).

4. Doel en opzet van voortgezet onderzoek in Nederland

4.1. Algemeen

Wanneer de verschillende hypothesen ter verklaring van het statistische verband worden vergeleken dan lijkt het onverantwoord op voorhand één of meerdere hypothesen de voorkeur te geven of uit te sluiten. Om deze reden heeft de Commissie Centrale Waterontharding van de Gezondheidsraad in haar rapport het uitvoeren van nader onderzoek met kracht bepleit.

De Commissie merkt t.a.v. dit onderzoek het volgende op: 'Hierbij zal aandacht moeten worden geschonken aan alle factoren die in beginsel bij de waterconsumptie oorzaak kunnen zijn van afwijkingen en verstoringen van de gezondheid. Dit betekent dat de ziekte- en sterftefrequenties gecorreleerd zullen moeten worden aan de uitkomsten van onderzoek naar de samenstelling van het drinkwater zoals dit de gebruiker bereikt. Analyses van het drinkwater op de tappunten zijn van essentieel belang, gezien de soms lange verblijftijd van het water in het leidingnet'.

In verband met het advies van de Gezondheidsraad zijn in 1975 diverse bij voortgezet onderzoek betrokken instanties op vrijwillige basis gekomen tot een bundeling van de onderzoeksactiviteiten. Het resultaat van de discussies van o.a. vertegenwoordigers van het Coronel Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, het Instituut Maatschappelijke Gezondheidszorg van de Erasmus Universiteit te Rotterdam, RID, RIV, KIWA en VEWIN is neergelegd in een nota getiteld 'Nationaal Onderzoeksprogramma betreffende minerale samenstelling van leidingwater en de volksgezondheid' (november 1975).

In het onderstaande is gebruik gemaakt van de inhoud van deze nota.

4.2. Punten van nader onderzoek

Tijdens het EG symposium te Luxemburg, in mei 1975, over hardheid van drinkwater en volksgezondheid, is benadrukt dat een ondersteuning van de verschillende verklaringen zal moeten worden geleverd door dierexperimenten waarbij de effecten en de onderlinge beïnvloeding van de volgende elementen met prioriteit bestudeerd zouden moeten worden:

Natrium	Cadmium	Seleen
Calcium	Lood	Silicum
Magnesium	Koper	
	Chroom	
	Zink	

Op deze plaats zal niet nader op onderzoek met dieren worden ingegaan.

Het epidemiologische onderzoek in relatie tot de minerale samenstelling van het drinkwater zal gericht moeten zijn op bevolkingseenheden die uit waterleidingtechnisch oogpunt een homogene groep vormen. Zo kunnen diverse steden die vanuit hetzelfde pompstation voorzien worden als één geheel worden gezien terwijl steden met meerdere bronnen van watervoorziening wellicht beter kunnen worden uitgesloten. Na een verantwoorde selectie van de steden of groepen van steden, waarvan de sterfstatistiek zal worden bewerkt, is het noodzakelijk dat voor de bevolkingseenheden gegevens worden verzameld over:

1. de expositie van de bevolking binnen een onderzoekseenheid aan minerale bestanddelen afkomstig van het drinkwater;
2. de factoren die bepaalde verschillen in expositie kunnen verklaren;
3. onderzoek naar sporelement ophoping bij de bevolking.

4.3. Expositie aan minerale drinkwater bestanddelen

Bij het meten van de expositie aan minerale drinkwaterbestanddelen van een bevolkingseenheid moet een onderscheid worden gemaakt tussen de bestanddelen die tijdens transport van pompstation naar verbruiker niet aan concentratieveranderingen onderhevig zijn en die welke in concentratie kunnen toenemen door vrijkoming uit de leidingmaterialen.

Voor de eerste categorie kan volstaan worden met meting van de waterkwaliteit bij een of meerdere pompstations die de bevolking voorzien, terwijl voor de tweede categorie een uitgebreid bemonsteringsprogramma van tapkraanwater noodzakelijk is.

4.3.1. Mineralen met stabiele concentratie tijdens distributie

Als resultaat van de in KIWA verband samenwerkende waterleidinglaboratoria en van de onderzoeken van het RIV ten behoeve van de Inspectie van de Volksgezondheid is een redelijk goed overzicht aanwezig van de minerale hoofdbestanddelen van het drinkwater af pompstation. In het statistisch overzicht der waterleidingen in Nederland van de VEWIN staan per pompstation gemiddelde en extreme concentraties vermeld voor de

volgende parameters:

Kiezelzuur	pH
Chloride	Natrium
Nitriet	Kalium
Nitraat	Calcium
Fluoride	Magnesium
Sulfaat	IJzer
Ortho-fosfaat	Mangaan
Waterstofcarbonaat	Ammonium
Vrij koolzuur	

Van een aantal sporelementen die van belang kunnen zijn voor de volksgezondheid zijn slechts incidenteel metingen bekend.

Ter aanvulling van de kennis op dit gebied zal het RIV het water van de pompstations onderzoeken die de 23 steden voorzien welke in de onderzoeken van Biersteker en Zielhuis (1975) betrokken zijn geweest.

De volgende elementen zullen hierbij 4 x gedurende één jaar aanvullend worden gemeten:

Kwik	Beryllium
Arseen	Seleen
Chroom	Molybdeen
Nikkel	Vanadium
Kobalt	Antimoon
Lithium	Tin

4.3.2. Mineralen met sterk variabele concentratie tijdens distributie

Wanneer het gehalte aan metalen als koper, lood, zink en cadmium wordt gemeten in het eerste water dat 's morgens vroeg wordt getapt uit leidingen die zijn vervaardigd uit deze metalen dan is het geen uitzondering dat tijdelijk concentraties worden gevonden die een faktor 10-100 hoger zijn dan de concentraties die optreden na enige tijd doorstromen. Om een goed beeld te verkrijgen van de totale metaalexpositie van een gezin zou het tapkraanwater zeer frekwent over de dag moeten worden bemonsterd en de bemonstering zou tevens op een groot aantal plaatsen in een woongemeenschap moeten worden herhaald. Teneinde aan deze problematiek het hoofd te kunnen bieden en het aantal bemonsteringen en analyses zoveel mogelijk te beperken is door het RID een proportioneel bemonsteringsapparaat ontwikkeld. Dit apparaatje dient aan de keukenkraan in een huishouden te worden bevestigd en door het open of dicht draaien van een afsluiter wordt al dan niet een proportioneel deel van bijv. 5 % van het afgetapte water in een monstervat opgevangen. Door gedurende een week alleen het voor consumptie gebruikte deel van het water voor het gezin proportioneel te bemonsteren kan na afloop uit de analyse van het verzamelmonster met een redelijke

betrouwbaarheid worden afgeleid aan welke metaalexpositie de gezinsleden via het water hebben blootgestaan. Momenteel onderzoekt het RID tesamen met Gemeentewaterleidingen van Amsterdam hoe een representatieve proportionele bemonstering met succes voor een stad kan worden uitgevoerd. Het ligt in de bedoeling zonodig in alle voor epidemiologisch onderzoek geselecteerde steden de gemiddelde metaalexpositie en de spreiding in metaalexpositie langs deze weg te bepalen. Ook in Engeland denkt het Water Research Centre een soortgelijke proportionele bemonstering te gaan toepassen.

4.4. Factoren die de metaalexpositie beïnvloeden

Over de factoren die de metaalexpositie afkomstig van leidingmaterialen beïnvloeden is in ons land, maar ook daarbuiten nauwelijks gedetailleerde kennis beschikbaar. Een aantal van de belangrijkste factoren op dit gebied zijn:

Leidingnetkarakteristieken

- de aard van het leidingenbestand en vooral de binneninstallatie;
- de leeftijd, de lengte en het aantal verbindingstukken van de binneninstallatie;
- de mate waarin trillingen optreden in de leidingen door drukstoten of door verkeer waardoor corrosiemateriaal van de buiswand losloost en met het water wordt meegevoerd.

Waterkwaliteitskarakteristieken

- het metaaloplossende vermogen van het water;
- opwarming in de binneninstallatie.

Gebruiksgewoonten

- doorstromen van kraanwater voor consumptief gebruik;
- gebruik maken van boiler of geïjser voor bereiding van koffie, thee, soep e.d.;
- hoeveelheid dagelijks geconsumeerd water;
- frekwentie van voorkomen van perioden van enige uren stilstand van het water in de binneninstallatie;
- eerste gebruik van kraanwater in de ochtend voor thee- c.q. koffiezetten of voor niet consumptiedoeleinden.

Naar verwachting kan in Nederland op vrij korte termijn een belangrijke verdieping van het inzicht in een aantal van deze factoren worden verkregen. Door het KIWA zal in samenwerking met de betreffende bedrijven worden nagegaan hoe in de te onderzoeken steden het leidingbestand globaal is opgebouwd, wat de aard van

de materialen betreft. Door het RID zal in samenwerking met het Centraal Bureau voor de Statistiek en met subsidie van de Commissie van de EG een gezinsenquête worden gehouden onder 2000 gezinnen waaruit de gebruiksgewoonten in de huishouding en de totale hoeveelheid dagelijks geconsumeerd leidingwater beter bekend zullen worden.

Op wat langere termijn zullen voor de bij het epidemiologische onderzoek betrokken steden gegevens verzameld worden over de corrosieve eigenschappen van het water waartoe het KIWA proefopstellingen met diverse typen buizen heeft ontwikkeld. Ook zullen voor het interpreteren van de metaalexpositiegegevens analyses worden verricht in watermonsters die als eerste 's morgens via de keukenkraan worden getapt. Een begin wat dit betreft wordt door het RID in 1976 gemaakt door onderzoek in een tiental steden naar de toeneming van lood, cadmium, zink en koper tussen pompstation en tapkraan. De maximale concentraties 's morgens vroeg zouden vooral van belang kunnen zijn bij gebruik van dit water voor de bereiding van babyvoeding.

4.5. Medisch onderzoek

In het onderzoeksprogramma van de medici Ziekhuis en Biersteker is voorzien dat voor de inwoners van enige in het epidemiologisch onderzoek opgenomen steden medisch onderzoek wordt uitgevoerd naar het voorkomen van diverse metalen in bloed alsmede eventueel in haar en nagels.

Tevens zullen bij de te onderzoeken personen andere belangrijke parameters worden bepaald zoals het bloedcholesterolgehalte en de bloeddruk. Momenteel staat nog niet vast hoeveel personen uit welke plaatsen zullen worden onderzocht. Zoveel mogelijk zal aangesloten worden op bestaand routinematig onderzoek naar cardio-vasculaire aandoeningen onder de bevolking.

Naast deze activiteiten zullen dergelijke medische onderzoekingen ook in enige steden te Limburg worden uitgevoerd waar gedurende de loop van het jaar periodiek sterke veranderingen in de hardheid van het water optreden die zich goed lenen om eventuele korte termijn effecten van de hardheid op de menselijke gezondheid op te sporen. Dit onderzoek staat onder leiding van de arts M. Vos.

5. Slotbeschouwing

Nederland is een klein land en het vraagstuk van de gezondheidsaspecten rond centrale ontharding is zeer complex en van internationaal niveau. In dat kader dient het onderzoek in Nederland erop gericht te

zijn dat de verzamelde gegevens passen in een internationaal kader en vergeleken kunnen worden met de elders verkregen uitkomsten.

Het besproken onderzoeksprogramma voorziet redelijk in een internationale aansluiting waarbij de gestarte activiteiten als een aanloopfase van 2 - 3 jaar moeten worden gezien waarna de meer uitgebreide kwaliteitsstudies m.b.t. de geselecteerde 20 - 30 steden voor epidemiologisch onderzoek pas ter hand worden genomen. Daarmee zullen naar het zich nu laat aanzien minstens 3 - 5 jaar van onderzoek zijn gemoeid. In die periode zal samenwerking tussen Nederland en Engeland een belangrijk vereiste zijn. Hiertoe zijn reeds eerste contacten gelegd. Mogelijk zal in breder EG verband tevens kunnen worden samengewerkt.

Wanneer het omvangrijke pakket van voorgenomen studies wordt overzien, dringt de vraag zich op of een dergelijke inspanning wel verantwoord is ten opzichte van de probleemstelling.

Wanneer wordt uitgegaan van de veronderstelling dat het drinkwater wat de minerale samenstelling betreft zo geconditioneerd zou kunnen worden dat er een zo gering mogelijk sterfterisico optreedt dan zouden daardoor in Nederland mogelijk enkele honderden mensen jaarlijks minder voortijdig overlijden. Deze raming, gebaseerd op gegevens van Biersteker en Ziekhuis (1975), doet de voorgestelde studies niet als overdreven activiteiten naar voren komen, terwijl zij anderzijds illustreren dat met de waterfactor slechts een gering deel van de oorzaken van hart- en vaatziekten in verband kan worden gebracht.

Voor de waterleidingwereld is het uiteraard bijzonder belangwekkend welke oorzaak tenslotte uit de onderzoekingen als meest waarschijnlijk naar voren zal komen. Wanneer de corrosiviteit voor leidingmaterialen de oorzaak blijkt te zijn, zullen corrigerende maatregelen bij de zuivering in belangrijke mate de medische bezwaren tegen centrale ontharding kunnen wegnemen. Blijkt echter het calcium of magnesium gehalte zelf een faktor van betekenis te zijn voor de gezondheid dan zal ontharding moeilijker als na te streven ideaal kunnen gelden en doet de vraag zich voor of zachte wateren niet moeten worden aangehard. Als laatste blijft er nog de mogelijkheid dat de gezonde werking van hard water niet samenhangt met calcium of magnesium maar met daaraan geassocieerde mineralen. Alleen wanneer deze minerale bestanddelen bij ontharding niet zouden worden verwijderd zou ontharding niet op medische bezwaren behoeven te stuiten.

Het zal voor degenen, die met de voor-

stellen voor centrale ontharding het belang op het oog hebben gehad van het tegengaan van privé onthardingsinstallaties en het verminderen van de eutrofiering door fosfaatlozing via wasmiddelen evenals het tegengaan van hoge onderhoudskosten voor huishoudelijke apparaten, een teleurstelling zijn geweest toen tegen centrale ontharding allerlei bezwaren werden ingebracht. Achteraf gezien moet echter worden geconcludeerd dat door de druk die uitging van de wens om tot centrale ontharding te komen het onderzoek naar de daaraan verbonden gezondheidsaspecten in een stroomversnelling is geraakt.

Het is te wensen dat de intensieve samenwerking tussen waterleiding technici, medici en epidemiologen, die door dit onderzoek aan het ontstaan is, spoedig tot een resultaat mag leiden dat ons aller gezondheid ten goede komt.

Literatuur

- Allwright, S.P.A., Coulson, A., Detels, R. en Porter, C. (1974). 'Mortality and water hardness in three matched communities in Los Angeles', *Lancet* ii, 860.
- Anderson, T. W., Le Riche, W. M. en Mackay, J. S. (1969). 'Sudden death and ischaemic heart disease' *New Engl. J. Med.*, 280, 805.
- Anderson, T. W. en Le Riche, W. M. (1971). 'Sudden death from ischaemic heart disease in Ontario and its correlation with water hardness and other factors'. *Canadian Med. Assoc. J.*, 105, 155.
- Anderson, T. W., Neri, L. C., Schreiber, G. B., Talbot, F. D. F. en Zdrojewski, A. (1975). 'Ischaemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium' *Canadian Med. Assoc. J.*, 113, 199.
- Beattie, A. D., Moore, M. R. e.a. (1975). 'Role of chronic low level-lead exposure in the aetiology of mental retardation', *Lancet*, ii, 589.
- Bierenbaum, M. L., Fleischman, A. I., Dunn, J. en Arnold, J. (1975). 'Possible toxic water factor in coronary heart-disease' *Lancet*, i, 672.
- Biersteker, K. (1967). 'Drinkwaterzachtheid en sterfte', *T. Soc. Geneesk.*, 45, 658.
- Biersteker, K., Ziekhuis, R. L. (1975). 'Hard of zacht drinkwater', *T. Soc. Geneesk.*, 53, 3.
- Bos, G. J. (1974). 'Het oorzakelijk karakter van metaalsporen in het drinkwater voor aangeboren afwijkingen, met name anencefalie', *T. Soc. Geneesk.*, 52, 268.
- Brinkmann, F. J. J. (1973). 'Spoorelementen en hardheid van drinkwater in verband met cardio-vasculaire sterfte', RID Mededeling Nr. 73-2.
- CBS (1971). 'Monografie: Anencephalie in Nederland 1951-1968'. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- CBS (1957). 'De sterfte in Nederland naar geslacht, leeftijd en doodsoorzaak van 1921-1955', alsmede Supplementen op jaaroverzichten van 'De maandstatistiek van bevolking en volksgezondheid', Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Hill, M. J., Hawksworth, G. en Tattershall, G. (1973). 'Bacteria, nitrosamines and cancer of the stomach', *Br. J. Cancer*, 28, 562.
- Keil, U. (1975). 'Relationships between drinking water hardness and cardiovascular mortality in Hanover', *European Colloquium on Hardness of Drinking Water and Public Health*, Luxembourg, May 21-23.
- Kobayashi, J. (1957). 'A geographical relationship between the chemical nature of river water

- and death rate from apoplexy'. *Berichte Ohara Inst. Landw. Biol.*, II, 12.
- Masironi, R. (1975). 'Cardiovascular diseases in relation to trace element balance'. European Colloquium on Hardness of Drinking Water and Public Health Luxembourg, May 21-23.
- Masironi, R. (1975). *Trace elements in water and health*. Water Research Centre Colloquium on Drinking Water Quality and Public Health, High Wycombe, November 4-6.
- Meijers, D. (1975). 'Ischaemic heart disease and the water factor, A variable relationship', *Br. J. Prev. Soc. Med.*, 29, 98.
- Moore, M. R. (1975). 'Lead in drinking water and its significance to health', WRC Colloquium on Drinking Water Quality and Public Health, High Wycombe, November 4-6.
- Morris, J. N., Crawford, M. D., Heady, J. A. (1961). *Lancet*, 860.
- Neri, L. C., Schreiber, G. B. e.a. (1974), 'Health aspects of hard and soft water', 94th Annual Conference of the AWWA, Boston, Mass., June 16-21.
- Neri, L. C., Hewitt, D. (1975). 'Review and implications of ongoing and projected research outside the European community', European Colloquium on Hardness of Drinking Water and Public Health, Luxembourg, May 21-23.
- Reith, J. F., Esveld, L. W. van (1939). 'De toelaatbare hoeveelheid lood in drinkwater, de dagelijkse loodopneming door de normale mens en het vraagstuk der chronische lood intoxicatie', *Ned. Tijdschr. Gen.*, 48, 5642.
- Roberts, C. J. (1975). 'Diseases other than cardiovascular disease and their association with the physico-chemical quality of drinking water', European Colloquium on Hardness of Drinking Water and Public Health, Luxembourg, May 21-23.
- Schroeder, H. A. (1958). *J. Chron. Dis.*, 8, 312.
- Schroeder, H. A., Kraemer, L. A. (1974). 'Cardiovascular Mortality, Municipal Water and Corrosion' *Arch. Env. Health*, 28, 303.
- Shaper, A. G. (1975). 'Water hardness and cardiovascular mortality', Water Research Centre Colloquium on Drinking Water Quality and Public Health, High Wycombe, November 4-6.
- Shuval, H. I., Gruener, N. (1975). 'Public Health Considerations associated with Nitrates in Drinking Water', Water Research Centre Colloquium on Drinking Water Quality and Public Health, High Wycombe, November 4-6.
- Stitt, F. W., Clayton, D. G., Crawford, M. D., Morris, J. N. (1973). 'Clinical and biochemical indications of cardiovascular disease among men living in hard and soft water areas', *Lancet* i, 122.
- Voors, A. W. (1970). 'Lithium in drinking water and athero-sclerotic heart death: epidemiologic argument for protective effect', *Am. J. Epidemiol.*, 92, 164.
- Zoeteman, B. C. J. (1970), 'Zuiveringsmethoden van zoet grondwater voor de drinkwatervoorziening in Nederland', *H₂O*, 3 nr. 3.
- Zoeteman, B. C. J., Brinkmann, F. J. J. (1975). 'Human intake of minerals from drinking water in the European communities', European Colloquium on Hardness of Drinking Water and Public Health, Luxembourg, May 21-23.
- Zoeteman, B. C. J., Elzenga, C. H. J. (1975). 'Europees colloquium over hardheid van drinkwater en volksgezondheid', *H₂O*, 8, nr. 18, 364.

