

Hard of zacht drinkwater?

- enkele medische kanttekeningen bij de distributie van zacht drinkwater*)

In medische tijdschriften is de laatste jaren bij herhaling cijfermateriaal gepubliceerd dat er op wijst dat de distributie van zacht drinkwater mogelijk nadelen heeft voor de volksgezondheid. Helaas bestaat er in medische kringen op dit moment nog onvoldoende inzicht in de betekenis der epidemiologische gegevens, om reeds met een bindende uitspraak te komen over de medische toelaatbare hardheidsgraad van drinkwater. Wanneer ik tijdens mijn betoog af en toe de indruk wek, als zouden de gevonden correlaties tussen de hardheid van drinkwater en bepaalde sterftecijfers causaal zijn, moet u mijn tijdelijke meedenken in de termen van bepaalde publikaties hiervoor de schuld geven.

Ik zou graag bij de aanvang van deze presentatie van gegevens dus aan de ene kant duidelijk willen stellen, dat wij medisch nog niet in staat zijn geweest vast te stellen hoe de correlaties tussen zacht drinkwater en hogere sterftekansen ontstaan. Aan de andere kant wil ik u er tevens op wijzen dat wij uit oogpunt van de volksgezondheid in principe met een zeer belangrijk probleem hebben te maken.

De sterfte in Nederland berust tegenwoordig voor ongeveer één derde op hartvaatziekten en voor één derde op kwaadaardige gezwellen. Zoals uit tabel I blijkt is de strijd die wij thans moeten voeren niet meer alleen een strijd tegen de transmissie van microorganismen via bodem, water en lucht, doch ook een strijd tegen al die milieufactoren, die direct of zijdelings in verband gebracht worden met de sterfte aan hartvaatziekten en tumoren. In Nederland sterven momenteel jaarlijks ongeveer 100.000 personen. Als slechts 1 procent van de sterfte aan hartvaatziekten en tumoren verband houdt met watereigenschappen, kunnen wij reeds 600 van deze doodsoorzaken voorkomen. Uiteraard zullen sommige cynici vragen waar deze mensen, die toch eens moeten sterven, dan wel aan mogen overlijden. Het antwoord is simpel: uit volksgezondheidsoogpunt streven wij principieel naar verlenging van de gemiddelde levensduur,

voorkoming van ziekte en bevordering van de gezondheidsbeleving. Idealiter gaan wij eens allen als opgebrande kaarsjes plotseling uit, zonder te moeten lijden aan de pijn en afschuw van een gezweldood of de benauwdheid van een hartdood.

Historie

Historisch gezien is er eigenlijk tot aan de tweede wereldoorlog nauwelijks gedacht aan de mogelijkheid van een effect van de hardheid van drinkwater op de volksgezondheid. De enige auteurs die reeds in deze richting dachten zijn, voor zover ik heb kunnen nagaan, *Murray en Wilson (1945)* geweest die, zonder twijfel onder de druk van de oorlogsjaren waarin deficiënties op voedingsgebied de topic van de dag waren, schreven: „the implications of a wholesome water must now be extended beyond negative standards — such as the elimination of inorganic and vegetable matter likely to cause alimentary derangement, and of specific organisms leading to intestinal diseases — to the promotion of health and good nutrition by ensuring the most favourable mineral content in domestic supplies”. De mineralen die zij met name op het oog hadden, waren calcium, jodium en fluor. Zij gaven aan dat het mogelijk moet zijn per dag ongeveer 200 milligram calciumaanbod te garanderen met het drinkwater, hetgeen ongeveer 20 procent van de dagelijkse behoefte voor niet zwangere of zogende volwassenen is. Op deze potentiële bijdrage aan de calciumbehoefte van het menselijke organisme wordt zelden gewezen, omdat er in de westerse landen meestal geen gebrek aan calciumtoevoer met voedsel, met name melk, bestaat. De volwassen mens beschikt in zijn skelet bovendien over een geweldige calciumreserve van ongeveer 1 kilogram, die maakt dat een tijdelijk onderaanbod niet meteen leidt tot verstoring van het normale bloedgehalte aan calcium dat 9-12 milligram per 100 cc bedraagt (ongeveer 5 milliequivalenten per liter). De pathologie die wij als gevolg van te lage calciumtoevoer kennen treedt voornamelijk op bij snel groeiende zuigelingen en zwangere of zogende vrouwen; bij zuigelingen in de vorm van overprikelbaarheid van het spierzenuwstelsel en bij zwangeren en zogenden in de vorm van ontkalking, weekwording en vervorming van het skelet. Zoals wij nog zullen zien gaat het in de literatuur die wijst op mogelijke nadelen van zacht leidingwater echter niet om deze ziektebeelden doch om een relatie met hartvaatziekten. De kortsluiting die misschien ontstaat door te denken in de schakels hard water — kalk — aderverkalking is echter fout, want het gaat om *negatieve correlaties* die gevonden worden tussen de hardheid van drinkwater en de sterfte aan hartvaatziekten. Er zit met andere woorden medisch gezien misschien een beschermende factor in hard water of een schadelijke factor in zacht water die van invloed is op wat men in lekentermen wel eens aanduidt als aderverkalking.

TABEL I - Doodsoorzakenpatroon, 1903 en 1967, in Nederland

Categorie van doodsoorzaken	Sterfte per 100.000 der gem. bevolking		Percentages van de totale sterfte	
	1903	1967	1903	1967
Tuberculose	192	1	12,3	0,1
Infectieziekten(excl. tuberculose)	80	3	5,1	0,4
Kwaadaardige nieuwvormingen	100	191	6,4	24,1
Diabetes mellitus	8	18	0,5	2,3
Ziekten van zenuwstelsel en zintuigen	126	107	8,1	13,5
Ziekten van bloedsomlooporganen	94	256	5,8	32,2
Ziekten van ademhalingsorganen	261	38	16,8	4,8
Ziekten van spijsverteringsorganen	202	28	13,0	3,5
Ziekten van urogenitaalorganen	52	19	3,3	2,4
Ziekten van zwangerschap en complicaties van bevalling en kraambed	8	0	0,5	0,1
Overige ziekten	396	125	25,7	9,7
Ongevallen, vergiftiging, geweld	39	6	2,5	6,9
Totaal	1558	792	100	100

Centraal Bureau voor de Statistiek.

*) Voordracht gehouden tijdens de cursus Chemische Waterzuivering aan de TH Eindhoven op 18 maart 1970.

TABEL II - Average Annual Age-Adjusted Total Death Rates from Cardiovascular Diseases (per 100.000 Persons), and Weighted Average Hardness of finished Municipal Water, 1950-1951, by State¹⁾

State	Hardness ²⁾ (ppm)	All Causes	All Causes Except Cardiovascular	Cardiovascular Diseases ³⁾			Coronary Heart Disease ⁴⁾	All Other Cardiovascular Disease
				Total	Male	Female	Male	Male
South Dakota	299	738.1	380.5	357.6	420.9	286.7	202.7	218.2
Nebraska	247	712.2	369.3	342.9	419.7	266.3	193.1	226.6
New Mexico	237	871.5	581.3	290.2	334.3	240.7	148.2	186.1
Indiana	237	828.0	402.5	425.5	516.1	338.7	242.7	273.4
Arizona	216	906.8	572.3	334.5	415.5	245.8	193.9	221.6
Iowa	212	717.0	351.1	365.9	447.3	287.7	228.1	219.2
Utah	191	754.7	385.8	368.9	450.4	289.3	222.9	227.5
Kansas	176	732.3	373.1	359.2	441.7	280.2	216.0	225.7
Wyoming	171	821.7	448.4	373.3	441.4	289.4	206.7	234.7
North Dakota	170	746.5	381.7	364.8	422.9	296.3	194.8	228.1
Wisconsin	167	771.2	366.2	405.0	475.5	334.2	242.3	233.2
Illinois	156	874.7	417.3	457.4	549.1	369.3	255.5	293.6
Ohio	150	828.0	408.4	419.6	504.8	338.8	252.0	252.8
Nevada	135	970.5	547.2	423.3	514.7	297.8	268.0	246.7
Texas	132	820.7	463.0	357.7	443.3	275.3	208.5	234.8
Oklahoma	125	742.4	407.8	334.6	418.1	252.1	193.5	224.6
Florida	123	842.5	448.7	393.8	484.6	306.5	229.7	254.9
Montana	120	843.6	447.2	396.4	468.2	308.4	220.2	248.0
Idaho	119	773.7	397.4	376.3	447.9	293.1	223.3	224.6
California	118	808.3	395.1	413.2	516.8	316.5	295.6	221.2
Michigan	115	842.0	420.3	421.7	500.1	341.1	255.9	244.2
Minnesota	114	729.0	354.0	375.0	448.8	299.6	230.0	218.8
Colorado	107	775.8	421.2	354.6	423.5	287.3	231.9	191.6
Missouri	106	821.8	423.3	398.5	479.5	323.2	212.2	267.3
Kentucky	102	850.7	451.4	399.3	472.5	328.6	185.8	286.7
United States	97	844.4	420.5	423.9	506.6	345.2	250.8	255.8
Dist. Columbia	96	974.4	478.8	495.6	627.1	393.1	264.0	363.1
West Virginia	88	846.5	451.7	394.8	467.6	319.2	198.0	269.6
Pennsylvania	86	891.0	420.6	470.4	549.7	395.9	269.9	279.8
New Jersey	75	865.3	401.0	464.3	547.4	387.0	282.8	264.6
Tennessee	70	867.8	471.7	396.1	465.9	330.5	171.5	294.4
Louisiana	68	906.9	460.4	446.5	520.9	377.0	242.1	278.8
Virginia	65	914.5	444.9	469.6	561.4	383.6	235.8	325.6
Delaware	60	922.3	446.9	475.4	561.0	396.2	268.7	292.3
Alabama	55	917.3	491.7	425.6	493.2	362.2	177.5	315.7
Vermont	53	803.2	392.2	411.0	495.3	333.1	269.2	226.1
New York	52	873.9	404.2	469.7	550.2	395.3	336.1	214.1
Maryland	48	901.3	423.6	477.7	566.9	397.0	244.6	322.3
Washington	44	787.9	387.5	400.4	486.3	308.9	260.3	226.0
Arkansas	42	760.8	421.0	339.8	399.7	278.3	164.8	234.9
Georgia	41	927.9	471.1	456.8	554.5	370.6	190.4	364.1
Mississippi	39	950.4	549.0	401.4	448.5	355.4	145.2	303.3
North Carolina	34	872.1	414.3	457.8	553.4	370.2	202.6	350.8
Rhode Island	32	836.3	395.0	441.3	539.8	356.1	316.7	223.1
New Hampshire	28	802.4	380.3	422.1	524.9	328.5	291.5	233.4
Massachusetts	23	810.2	379.8	430.4	523.7	351.3	302.6	221.1
Connecticut	21	774.9	362.3	412.6	492.0	339.6	288.4	203.6
Maine	20	805.7	404.7	401.0	477.8	327.9	246.8	231.0
South Carolina	18	982.5	471.1	511.4	622.6	413.4	216.6	406.0
Oregon	17	764.6	381.2	383.4	464.3	297.4	241.5	222.8
x ²		10.9	1.7	16.4	11.3	21.7	4.95	11.3
p		< 0.01	||	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.05	< 0.01
r		- 0.36	0.02	- 0.56	- 0.53	- 0.58	- 0.31	- 0.36
p		0.01	||	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03	0.01

1) Death rate by place of residence. Age adjusted by Direct method to United States total population. Figures in boldface type are those which exceed national average.

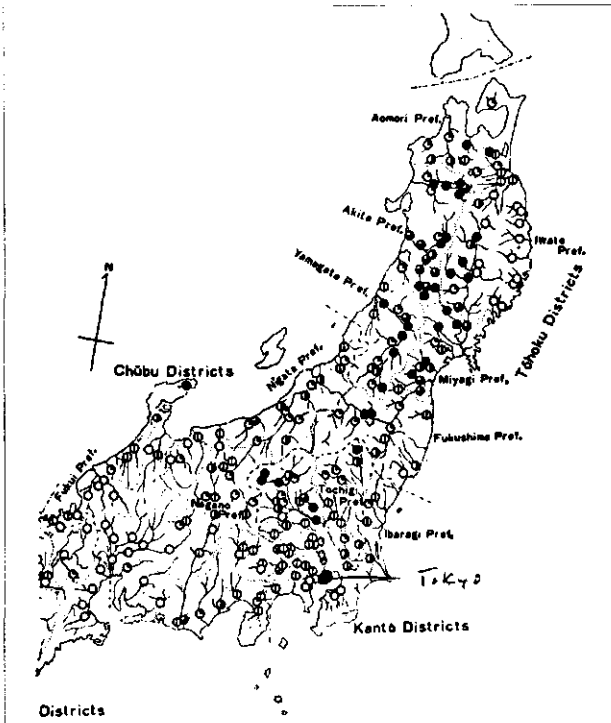
2) Calculated by average hardness of each supply, surface or ground, times the population served by that supply; the sum of the products thus obtained was then divided by the number of the total population served.

3) Category 330-334, 400-468, „International List of Diseases and Causes of Death”.

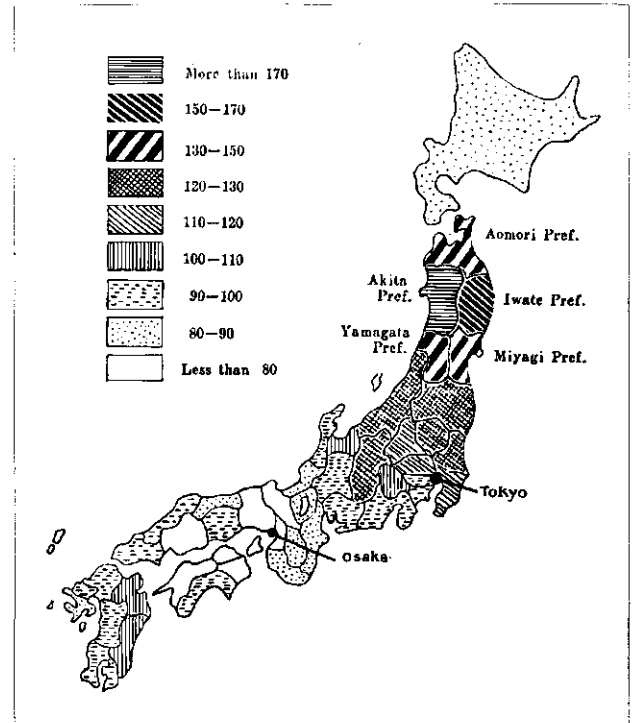
4) Category 420, „Arteriosclerotic Heart Disease Including Coronary Disease”, „International List”.

|| Not Significant.

Schroeder, H. A., J. Amer. med. Ass. 1960.



Afb. 1 - Sulfaat carbonaat verhouding in Japanse rivieren. (Kobayashi, J., 1957).



Afb. 2 - Sterfte aan apoplexie in Japan in 1950 per prefectuur. (Kobayashi, J., 1957).

Japan

De man die het eerst de kat de bel aanbod was een Japanner, een chemicus die in verband met irrigatiedoel-einden veel onderzoekingen deed over de chemische samenstelling van rivierwater in Japan. Het viel hem op dat Japanse rivieren, vergeleken met rivieren elders waar hij een onderzoek verrichtte, vaak een zeer lage p_H hadden. Kobayashi (1957) bracht voor het hoofdeiland van Japan, Honshu, de sulfaat carbonaatquotiënten in kaart welke hij in het rivierwater vond (afb. 1). In vele gevallen bleek dit quotiënt hoger dan 1 te liggen, terwijl het bv. in de Theems en de Rijn slechts 0,3 bedraagt en ook op Formosa en in Thailand veel lager ligt. Uit de kaart blijkt dat dit hoge quotiënt vooral ten noordoosten van Tokyo voorkomt. Wanneer wij nu een kaart met de sterfte door cerebrovasculaire aandoeningen bestuderen (afb. 2) blijkt er een opvallende overeenkomst te bestaan in distributie van de frequentie van deze doods-oorzaak en het sulfaatgehalte van de rivieren. Japanners hebben vergeleken met andere volken weliswaar ook in gebieden met een laag sulfaatgehalte (het Kyushu eiland) nog een hoge sterfte aan apoplexie, doch binnen het eigen land verdubbelt de frequentie in gebieden met veel sulfaat in het rivierwater. De oorzaak van de ongebruikelijke samenstelling van het water in grote delen van Japan moet in het vulkanisch karakter van de bodem gezocht worden. Bijzonderheden over het gehalte aan allerlei mogelijk een rol spelende sporenelementen van de rivieren zijn mij niet bekend. Wel zijn er, zoals u weet, de laatste jaren verontrustende berichten binnengekomen uit Japan over nieuwe ziektebeelden die zouden berusten op ernstige waterverontreiniging met industrieafval, de *Minamata ziekte* t.g.v. organische kwikverbindingen en de *Itai-Itai ziekte* t.g.v. cadmium.

Verenigde Staten

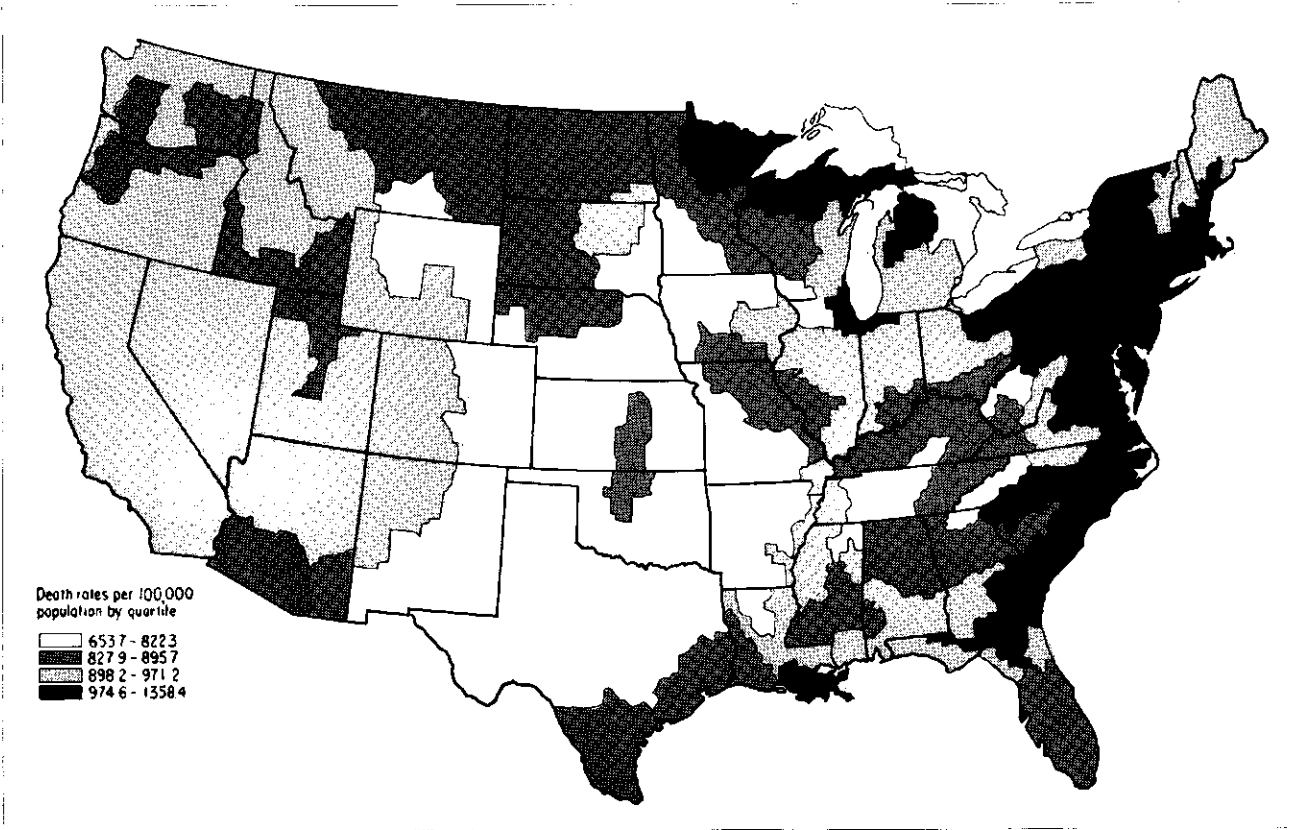
Schroeder (1960), een medicus van de Dartmouth Medical

College in New Hampshire, in de VS, werd door het werk van de Japanner aangezet om te onderzoeken of ook in de VS een relatie bestond tussen hartvaatziekten en drinkwaterhardheid. Het was hem opgevallen dat er in het Japanse cijfermateriaal niet alleen een verband scheen te bestaan tussen rivierwater en cerebrovasculaire aandoeningen, doch ook tussen hartaandoeningen en zacht water. Schroeder berekende per staat de gemiddelde samenstelling van het gedistribueerde leidingwater en ging toen na of er een verband was met de sterfte in 1950. Zoals uit tabel II blijkt bestond er een opvallend verband tussen de hardheid van het water per staat en de totale en de cardiovasculaire sterfte. Vooral bij blanke mannen van 45-65 jaar was dit verband uitgesproken.

Bij de niet-cardiovasculaire doodsoorzaken ontbrak een dergelijk verband. In de staten met ongunstige cijfers bleek de cardiovasculaire sterfte ongeveer twee keer zo hoog te zijn als in de gunstigste staten.

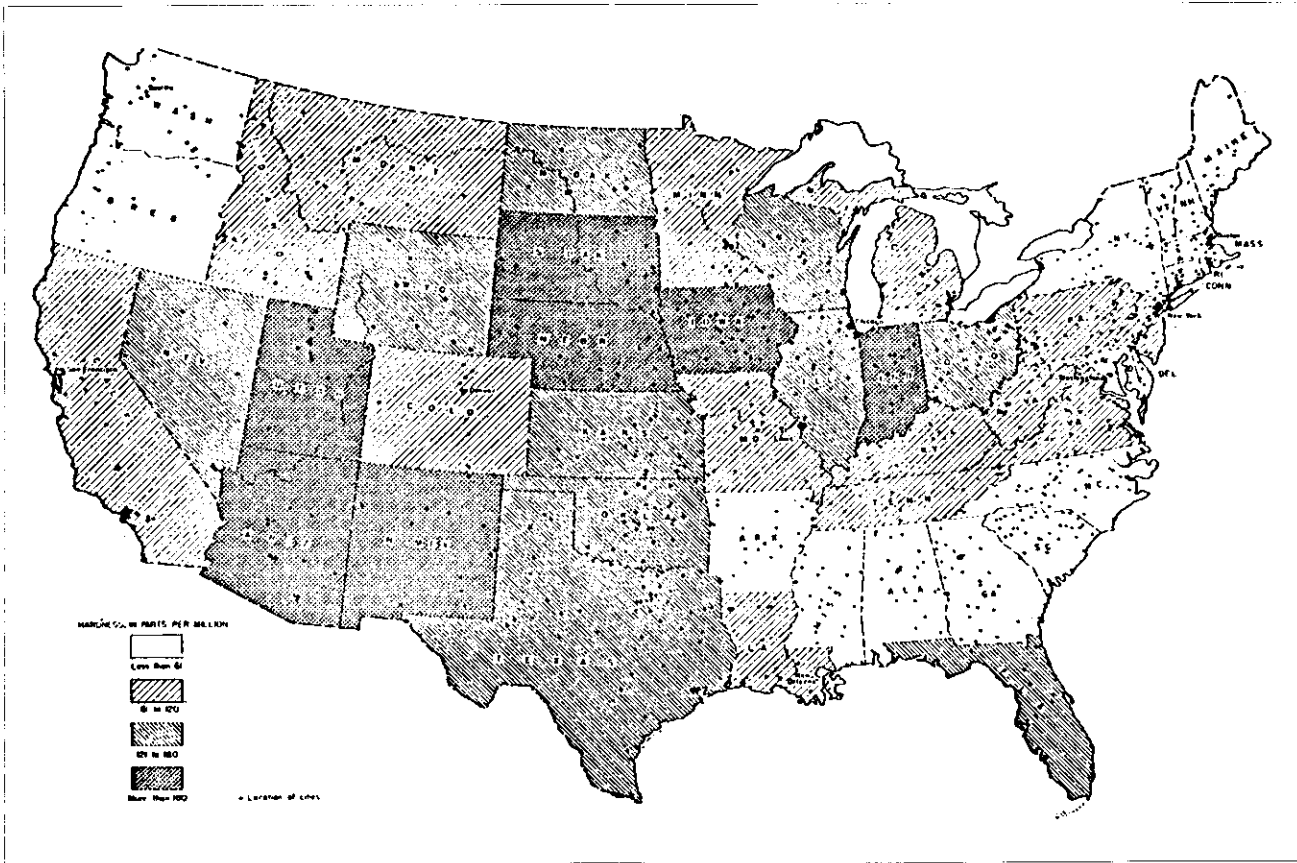
De cijfers van Schroeder zijn bekritiseerd omdat het bij bestudering van kaarten waarop de sterfte (afb. 3) en de hardheid van het water (afb. 4) staan aangegeven, onmiddellijk opvalt dat de oude staten aan de Atlantische Oceaan gekenmerkt zijn door hoge sterfte en zacht water. Volgens Schroeder is de associatie echter even-goed aanwezig in gebieden met gemiddeld vrij hoog of vrij laag calciumgehalte van het water.

Schroeder berekende ook de correlatie voor de 163 grote steden van de Verenigde Staten en was nu in staat naar meerdere componenten van het gedistribueerde water te kijken. Het blijkt uit tabel III dat er verschillende correlaties waren die significantie bereikten. De sterkste correlaties bestonden met calcium en magnesium. Het sulfaat/carbonaatquotiënt, dat in Japan zo'n duidelijk verschil opleverde, vertoonde geen verband.



Afb. 3 - Sterfte aan hartvaatziekten in de VS bij de oudere blanke bevolking in 116 regio's in 1949-1951. Sauer, H. I., *Am. J. of Public Health* I (1962) 94.

Afb. 4 - Gemiddelde waterhardheid in de VS per staat in 1952. Muss, D. L., *Journ. AWWA*, II (1962) 1372.



TABEL III - Correlation of Constituents of Finished Water, 1950-1951 and Death Rates from Coronary Heart Disease in 163 Metropolitan Areas of the United States of White Men, Aged 45-64 Years, 1949-1951.

Coronary Disease and Water Constituents	Chi-Square Distribution			Coefficient of Correlation		
	Ppm		Chi-Square	p	r	p
	Mean	Median				
Silica (SiO ₂)	10.3	7.0	0.72	.....	- 0.188	0.03
Iron (Fe)	0.12	0.07	0.224	.....	- 0.051	.....
Manganese (Mn)	—	.....	.....	.....	.....	.....
Calcium (Ca)	31.1	23.0	5.19	< 0.05	- 0.27	< 0.01
Magnesium (Mg)	9.75	6.2	7.07	< 0.01	- 0.30	< 0.01
Sodium and potassium	21.7	8.0	3.27	.....	- 0.01	.....
Carbonate (CO ₃)	—	.....	.....	.....	.....	.....
Bicarbonate (HCO ₃)	98.1	55.0	7.53	< 0.01	- 0.21	0.01
Sulfate (SO ₄)	43.9	26.0	3.847	0.05	- 0.22	< 0.01
SO ₄ : HCO ₃	0.98	0.39	0.155	.....	- 0.035	.....
Chloride (Cl)	20.1	8.0	3.836	0.05	- 0.02	.....
Fluoride (F)	0.25	0.1	1.26	.....	- 0.207	0.01
Nitrate (NO ₃)	2.3	1.2	3.02	.....	- 0.144	.....
Dissolved solids	210	137	6.44	< 0.02	- 0.22	< 0.01
Hardness as CaCO ₃ , total	117.7	86	12.14	< 0.01	- 0.29	< 0.01
Noncarbonate	38.7	25	2.22	.....	- 0.198	0.02
Color	4.2	3	0.07	.....	.....	.....
pH	7.68	7.6	6.36	< 0.02	- 0.204	0.01
Specific conductance (microohms at 25 C)	327	270	9.19	< 0.01	- 0.207	0.01
Turbidity	1.5	1.0	0.01	.....	.....	.....
Number of treatments	4.9	6	0.05	.....	.....	.....
All causes of death and hardness	.....	.....	.....	.....	- 0.33	< 0.01

Schroeder, H. A., J. Amer. med. Ass. 1960.

Engeland

Het hoeft niet te verbazen dat engelse onderzoekers (Morris e.a. 1961) kort hierna een onderzoek publiceerden naar de mogelijke correlaties tussen drinkwater-eigenschappen en sterfte in Engeland en Wales. Zij bestudeerden hiertoe de graafschapssteden, 83 in totaal. De eerste studie betrof de sterfte in 1951. Deze bleek te variëren van 168 tot 382 per 100.000 mannen voor coronairaandoeningen in de leeftijdsgroepen van 45-65 jaar. Voor cerebrovasculaire aandoeningen was de spreiding 82-182. In tabel IV zijn de correlaties vermeld die gevonden werden. Het viel op dat er niet alleen correlaties met hartvaatziekten doch ook met bronchitis en bepaalde tumoren bestonden.

Het zachte water in Engeland en Wales wordt vooral gevonden in Yorkshire, Lancashire en Zuid Wales. Omdat dit tevens de gebieden zijn waar de eerste industriële revolutie op gang kwam bij de verwerking van katoen en wol, rijst de vraag of hier niet, net als in oude kuststeden van de VS een niet-causale correlatie bestaat. De auteurs toonden ook hier echter aan dat de gradiënt bij allerlei graden van hardheid nog bestond. Crawford e.a. (1968) herhaalden het onderzoek op basis van sterftecijfers van 1961. Wel is uit beide onderzoekingen gebleken dat de hardheid van het drinkwater correleert met allerlei sociale en andere factoren die mogelijk van betekenis zijn in de relatie met de sterfte. Zo bleken met de waterhardheid de in tabel V gevonden correlaties te bestaan. Met behulp van multiële regressieanalyse bleven er echter onafhankelijke effecten van de drinkwater-

hardheid over blijkens tabel VI. Wel illustreerden de britse onderzoekers hiermee duidelijk hoe gevaarlijk het is te snel tot causaliteit te besluiten, als de samenhang mogelijk onderdeel van een veel sterkere associatie is.

Zweden en Nederland

Behalve in de genoemde drie landen, werd in Zweden een verband gevonden tussen de hardheid van het drinkwater in de grotere Zweedse steden en de sterfte aan overige degeneratieve hartziekten (codenummer 422 van de Internationale lijst van Ziekten en Doodsoorzaken van

TABEL IV - Associations between hardness of finished water (1958) and death rate from cardiovascular disease (1948-54) in county boroughs, England and Wales.

Water	Correlation (r) with mortality from cardiovascular disease			
	45 - 64 years		65 - 74 years	
	M	F	M	F
Total hardness	- 0.55	- 0.44	- 0.53	- 0.36
Temporary hardness (carbonate)	- 0.52	- 0.50	- 0.54	- 0.40
Permanent hardness (noncarbonate)	- 0.42	- 0.18	- 0.33	- 0.14
Calcium (as Ca) ¹⁾	- 0.65	- 0.58	- 0.60	- 0.45
Magnesium (as Mg)	- 0.04	+ 0.08	- 0.09	+ 0.05
Sulphate (as SO ₄) ²⁾	- 0.24	- 0.04	- 0.14	+ 0.01

For normally distributed variables the significance levels of the correlation coefficient (r) for 53 pairs of observations are: r > 0.27, P < 0.05; r > 0.35, P < 0.01; r > 0.44, P < 0.01. There is a little change in total water hardness in the county boroughs comparing 1931, 1951, and 1958.

1) Correlations with coronary heart-disease are - 0.52, - 0.41, - 0.31, and - 0.28; with cerebrovascular disease - 0.48, - 0.43, - 0.52, and - 0.35.

2) 48 county boroughs.

Morris, J. N., The Lancet 1961.

TABEL V - Association between water calcium ppm (1961) and some local environmental indices in the 61 county boroughs of England and Wales with a population of 80000 or over in 1961.

Environmental index	Correlation (r) with water calcium
Total population (1961) ¹⁾	- 0.22
Proportion of population aged 65 or over (1961) ¹⁾	+ 0.16
Persons per acre (1961) ¹⁾	+ 0.16
Proportion of households with 1½ or over persons per room (1961) ¹⁾	- 0.06
Households per car (1961) ¹⁾²⁾	- 0.31
Proportion in lower socioeconomic groups, i.e. groups 7, 10, 11, 15, 16, 17 (1961) ¹⁾	- 0.13
Proportion in social classes I and II (1951) ¹⁾	+ 0.18
Combined social factor score ³⁾	- 0.29
Domestic air pollution (1951) ⁴⁾	- 0.29
Latitude	- 0.37
Long period average temperature (1921-50) ⁵⁾	+ 0.42

1) Registrar General, Census, 1951 or 1961.

2) Ministry of Transport (1961).

3) The social factor score is a weighted linear combination of six indices measuring overcrowding in households, social-class composition, population density, education, all for 1951 (Daly 1959), unemployment for 1927-38 (Morris and Titmuss 1944), and income levels for 1950 (Wilkins 1952). The weights used were those of the first component from a principal component analysis on the six factors.

4) Daly (1959).

5) Meteorological Office (personal communications).

Crawford, M. D., The Lancet 1968.

TABEL VI - Standardised regression coefficients of death-rates at ages 45-64 (1958-64) on environmental factors in the 61 county boroughs of England and Wales with a population of 80,000 or over in 1961.

Certified cause of death	Standardised regression coefficient*) for:			
	Water calcium (ppm)	Social factor score	Latitude	% of variance explained
Males:				
All causes	- 0.44 ³⁾	+ 0.41 ³⁾	+ 0.26 ¹⁾	73 %
Cardiovascular disease	- 0.61 ³⁾	+ 0.03	+ 0.27	58 %
Bronchitis	- 0.33 ²⁾	+ 0.48 ³⁾	+ 0.23	66 %
All „other” causes	- 0.12	+ 0.64 ³⁾	+ 0.16	63 %
Females:				
All causes	- 0.48 ³⁾	+ 0.38 ²⁾	+ 0.15	61 %
Cardiovascular disease	- 0.54 ³⁾	+ 0.27 ¹⁾	+ 0.23	66 %
Bronchitis	- 0.26 ¹⁾	+ 0.43 ²⁾	+ 0.23	53 %
All „other” causes	- 0.34 ¹⁾	+ 0.40 ²⁾	+ 0.04	33 %

Significance of regression coefficient: 1) $P < 0.01$, 2) $P < 0.001$, 3) $P < 0.0001$.

*) Coefficients of standardised variables-i.e., reduced to the same mean (zero) and variance (one)-are shown to allow values for the three factors in each cause of death to be compared. The higher of two coefficients is not necessarily the more significant statistically. For method see Snedecor and Cochran (1967).

Crawford, M. D., The Lancet 1968.

TABEL VII - Correlation coefficients (r) for death rate from different groups of cardiovascular diseases and total mortality against total water hardness in Sweden.

Code No	25 - 44 years		45 - 64 years		65 - 74 years	
	Males	Females	Males	Females	Males	Females
330-334	+ 0.175	- 0.285	- 0.189	- 0.432 ²⁾	- 0.325 ¹⁾	- 0.270
400-416	+ 0.180	- 0.038	+ 0.020	- 0.033	+ 0.194	+ 0.018
420	+ 0.219	+ 0.103	- 0.157	- 0.186	- 0.186	- 0.323 ¹⁾
421	+ 0.319 ¹⁾	+ 0.099	- 0.014	- 0.187	+ 0.161	- 0.015
422	- 0.591 ³⁾	- 0.109	- 0.259	- 0.372 ¹⁾	- 0.243	- 0.299 ¹⁾
Total mortality	+ 0.235	- 0.051	+ 0.058	- 0.204	+ 0.320 ¹⁾	- 0.314 ¹⁾

1) = $P < 0.05$ 2) = $P < 0.01$ 3) = $P < 0.005$

Biörck, G., Acta med. Scand. 1965.

1955). De correlaties zijn vermeld in tabel VII. Het onderzoek werd verricht door Biörck e.a. (1965). Zelf stelde ik een onderzoek in naar de correlaties in Nederland (Biersteker 1967). Er waren 23 grotere gemeenten die zich leenden voor een vergelijking. Er bleek een negatieve correlatie te zijn, doch deze haalde alleen bij vrouwen significantie. De uitkomsten zijn te vinden in tabel VIII. In Nederland en Zweden is het verband dus min-

TABEL VIII - Belangrijkste correlaties die gevonden werden tussen chemische eigenschappen van het drinkwater en de sterfte in Nederland.

doodsoorzaak	totale hardheid	calciumionen
420 mannen	- 0.15	- 0.17
vrouwen	- 0.46 ¹⁾	- 0.49 ¹⁾
440-443 mannen	- 0.13	- 0.13
vrouwen	- 0.27	- 0.29
330-334 mannen	+ 0.06	+ 0.06
vrouwen	- 0.10	- 0.15
150-159 mannen	- 0.28	- 0.23
vrouwen	- 0.61 ²⁾	- 0.62 ²⁾

1) $P < 0.05$

2) $P < 0.01$

Biersteker, K., T. soc. Geneesk. 1967.

der uitgesproken dan in de eerder genoemde landen. Het lijkt niet waarschijnlijk dat in Nederland, met zijn harde water in het westen en zijn urbanisatie in het westen, de correlatie berust op urbanisatie.

Verklaringen der correlaties

Intussen zijn er natuurlijk allerlei verklaringen gezocht voor de mogelijke oorzaak van de sinds kort ook in Canada (Anderson e.a. 1969) gevonden negatieve correlatie tussen de hardheid van het water en de sterfte aan hartvaatziekten. In dit verband kan naar het zich laat aanzien alleen het opnemen van verfijndere componenten van het water in het onderzoek ons verder brengen. Dit is in Engeland reeds gedaan. Er werden allerlei metalen vergeleken in bulkmonsters van het gedistribueerde water van 9 steden met zacht en 6 steden met hard water. Hierbij werden geen duidelijke verschillen opgespoord, zoals blijkt uit tabel IX. Wel is later gebleken (Crawford en Morris 1967) dat er een hoger gehalte aan lood meekomt met zacht water. Zo werden in 7 van de 50 monsters van woningen met zacht water, hogere concentraties dan 0,3 ppm lood gevonden vergeleken met 1 van de 45 monsters bij hard water.

Verder bleek het loodgehalte van de ribben bij obducties in gebieden met zacht water gemiddeld 93 ppm te bedragen vergeleken met 54 ppm in hardwatergebieden (Crawford en Crawford 1969). Ook Schroeder heeft bij

TABEL IX - Elements in bulked samples of drinking-water in towns in Britain 1962-63.

Elements ¹⁾	9 towns with soft water ²⁾		6 towns with hard water ³⁾	
	Mean ($\mu\text{g./l.}$)	Range ($\mu\text{g./l.}$)	Mean ($\mu\text{g./l.}$)	Range ($\mu\text{g./l.}$)
Calcium	8500	7000-10,000	102,000	90,000-114,000
Magnesium	2500	200-3000	9250	450-14,000
Sodium	4500	3000-6000	36,000	17,000-55,000
Manganese	51	43-58	< 10	< 10
Aluminium	58	30-85	12	< 10-19
Boron	15	7-22	123	75-170
Iodide	1	1	5	3-7
Fluoride	40	40	135	90-180
Silica	7600	6600-8500	17,300	16,800-17,800

Analyses by Government Chemist of samples taken at a point in the distribution system.

1) Only elements showing consistent differences between the soft and hard water are shown.

2) Average total hardness, 29 ppm as calcium carbonate.

3) Average total hardness, 310 ppm as calcium carbonate.

Crawford, M. D., The Lancet 1968.

zijn tweede studie, die sterftcijfers van 1961 bevatte en op grote Amerikaanse steden betrekking had, geen duidelijk verband met sporenelementen kunnen vaststellen. Het betrof hier echter nog niet gedistribueerd water. De enige correlaties die positief waren in het water op het gebied der metalen waren koper en mangaan, zoals blijkt uit tabel X (Schroeder 1966). Schroeder wijst er echter op dat water dat geruime tijd in leidingen staat metalen kan opnemen, o.a. cadmium. Omdat cadmium in het dierexperiment hypertensie veroorzaakt, is cadmium een tweede verdachte in de epidemiologie van het zachte water. De relatieve bijdrage van de verschillende elementen uit water en voedsel zijn te vinden in tabel XI. Als derde verdachte kan chroom genoemd worden. In het dierexperiment blijkt chroom een beschermende werking te hebben tegen vaataandoeningen. Hier zou dan echter een hogere concentratie in hard water bij moeten voorkomen ter verklaring van de correlatie. Voors (1969) heeft er verder op gewezen dat het lithium gehalte van hard en zacht water misschien de verschillen verklaren kan. Ook zijn de laatste tijd weer argumenten aangevoerd voor een rol van de calcium- en magnesium ionen zelf, omdat in gebieden met hard water de bloedspiegels voor deze mineralen hoger zouden liggen (The Lancet 1969). Waarmee wij de cirkel, die bij Murray en Wilson begon naar mijn mening wel rond zijn.

Conclusie

Tot nu toe staat cadmium bij medici die studie maken van dit verschijnsel het sterkst onder verdenking in de reeks genoemde mogelijkheden, omdat cadmium een der sporen metalen is die geen essentiële functie hebben in het menselijke lichaam. Het accumuleert geleidelijk in ons lichaam vanaf de geboorte en komt bij volwassenen voor in een hoeveelheid van ongeveer 30 milligram. In 30 jaar behoeft hiertoe een dagelijkse accumulatie van slechts enkele microgrammen plaats hebben. Zoals gezegd pleiten dierexperimenten voor een rol in de etiologie der hartvaatziekten.

Dat wij nog maar zeer onvolledig op de hoogte zijn van de rol die sporenelementen hebben in de epidemiologie blijkt bv. uit de behandeling van een vroeger dodelijke ziekte, pernicieuse anemie. Een dagelijkse toevoer van 1 µg cobalt is voldoende om de ziekte te behandelen. Omgekeerd is gebleken dat in 1965 en 1966 tientallen zware bierdrinkers in Quebec aan hartspierafwijkingen overleden door gebruik van zeer kleine hoeveelheden cobalt bij de bierbereiding.

Nu is het niet zo dat alleen water een rol speelt bij de toevoer van sporenelementen. Het speelt in vele gevallen zelfs een zeer ondergeschikte rol, zoals bleek uit tabel XI. Bij de keuze van hard water of zacht water zal echter m.i. gerekend moeten worden met de ter beschikking staande epidemiologische gegevens, die alle op dit moment pleiten vóór de distributie van hard en tégen de distributie van zacht water. Op deze gronden zullen wij o.a. in Nederland in de komende jaren meer onderzoek moeten verrichten over de sporenelementen in het gedistribueerde en aan het eind van het net getapte water en sterftepatronen. Hiertoe heeft reeds overleg plaats gehad met het Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening.

Het is natuurlijk mogelijk dat binnenkort iemand aan toont dat wij ons nodeloos zorg hebben gemaakt over de gevaren van „zacht water”. Tot dit het geval is kunnen wij uit oogpunt van volksgezondheid alleen maar

TABEL X - Coefficients of correlation (*r*) of death rates from arteriosclerotic heart disease, white males, aged 45 to 64 years, and certain major and minor constituents of municipal waters from 88 cities in the USA.

	<i>r</i>	P
Deaths, all causes	+ 0.635	< 0.0005
Major Constituents		
Potassium	— 0.475	< 0.0005
Specific conductance	— 0.434	< 0.0005
Hardness	— 0.411	< 0.0005
Magnesium	— 0.398	< 0.0005
Silicon	— 0.340	≈ 0.0005
Bicarbonate	— 0.337	< 0.005
Dissolved solids	— 0.302	< 0.005
Chloride	— 0.281	< 0.005
Sodium	— 0.268	< 0.01
Sulfate	— 0.254	< 0.01
Calcium	— 0.231	< 0.02
Minor Constituents		
Vanadium	— 0.344	≈ 0.0005
Barium	— 0.340	≈ 0.0005
Copper	+ 0.294	< 0.005
Strontium	— 0.287	< 0.005
Lithium	— 0.280	< 0.005
Manganese	+ 0.262	< 0.01
β-radioactivity	— 0.211	≈ 0.025

Only correlation coefficients greater than 0.178, P = 0.05, are included. Negative coefficients less than 0.178 were found for noncarbonate hardness, aluminium, boron. Coefficients were small for nickel and lead.

Schroeder, H. A., J. Amer. med. 1966.

TABEL XI - Approximate daily human intakes of several elements from food and water in USA. Values for cities with lowest death rates.

Elements	Water	Food	% From Water
Major Elements, Mg			
Calcium ¹⁾	45	800	5.6
Magnesium ¹⁾	33	270	12.2
Sodium ¹⁾	69	4,400	1.5
Potassium ¹⁾	70	3,000	2.3
Silicon ¹⁾	14	> 35	< 40.0
Trace Elements, µg			
Aluminium ²⁾	540	36,000	1.5
Boron ¹⁾	130	15,000	0.9
Barium ¹⁾	160	1,400	11.4
Cadmium ²⁾	< 4	25	< 16.0
Chromium	3	75	4.0
Copper ¹⁾	14	2,500	0.6
Lithium ¹⁾	34	.....	.....
Manganese ¹⁾	28	3,000	0.9
Molybdenum	6	1,000	0.6
Lead ¹⁾²⁾	7	300	2.3
Strontium ¹⁾	480	2,700	17.8
Titanium ²⁾	4	300	1.3
Vanadium ¹⁾	15	2,000	0.8

Elements believed essential for man are in boldface type.

1) Correlation with death rates from arteriosclerotic heart disease in one or more analysis.

2) Accumulates in man.

Schroeder, H. A., J. Amer. Ass. 1966.

vraagtekens plaatsen bij de distributie van onthard water en zou ik zelfs een pleidooi willen voeren voor wat harder maken van het zeer zachte water in Nederland. Het medisch wel acceptabele alternatief van ontharding is m.i. het distribueren van water dat op het tappunt nog vrij is van gevaarlijke sporenelementen. In dat geval bestaat in medische kringen zekerheid dat van deze kant geen ongunstige beïnvloeding van de volksgezondheid optreedt.

Samenvatting

Schrijver geeft een overzicht van de epidemiologische studies die twijfel hebben doen ontstaan of het wel gewenst is uit medisch oogpunt distributie van onthard drinkwater via de thans gebruikte leidingen toe te passen. Een bevredigende verklaring voor de positieve correlatie die in een minstens zestal landen gevonden is tussen drinkwaterzachtheid en sterfte aan cardiovasculaire aandoeningen, ontbreekt tot nu toe. De waarnemingen manen echter voorlopig tot voorzichtigheid bij het opzetten van plannen tot waterontharding.

Literatuur

Anderson, T. W., Le Riche, W. H., Mac Kay, J. S., *Sudden death and ischemic heart disease. Correlation with hardness of local water supply.* New. Engl. J. Med. 280 (1969) 805.

Biersteker, K., *Drinkwaterzachtheid en sterfte.* T. soc. Geneesk. 45 (1967) 658.

Biörck, G., Boström, H., Widström, A., *On the relationship between water hardness and death rate in cardiovascular disease.* Acta med. Scand. 178, II (1965) 239.

Crawford, M. D., Morris, J. N., *Lead in drinking water.* Lancet, II (1967) 1087.

Crawford, M. D., Gardner, M. J., Morris, J. N., *Mortality and hardness of local water supplies.* Lancet I (1968) 827.

Crawford, M. D., Crawford, T., *Lead Content of Bones in a soft and a hard water area.* Lancet I (1969) 699.

Kobayashi, J., *A geographical relationship between the chemical nature of river water and death rate from apoplexy, preliminary report.* Ber. Ohara. Inst. landw. Biol. II (1957) 12.

The Lancet. *The Water Story*, I (1969) 1012.

Morris, J. N., Crawford, M. D., Heady, J. A., *Hardness of local water supplies and mortality from cardiovascular disease.* Lancet I (1961) 860.

Murray, M. M., Wilson, D. C., *Positive influence of water supply on health.* Lancet II (1945) 23.

Schroeder, H. A., *Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies.* J. Amer. med. Ass. 172 (1960) 1902.

Schroeder, H. A., *Municipal drinking water and cardiovascular death rates.* J. Amer. med. Ass. 195 (1966) 81.

Voors, A. W., *Does lithium depletion cause atherosclerotic heart-disease?* Lancet II (1969) 1337.