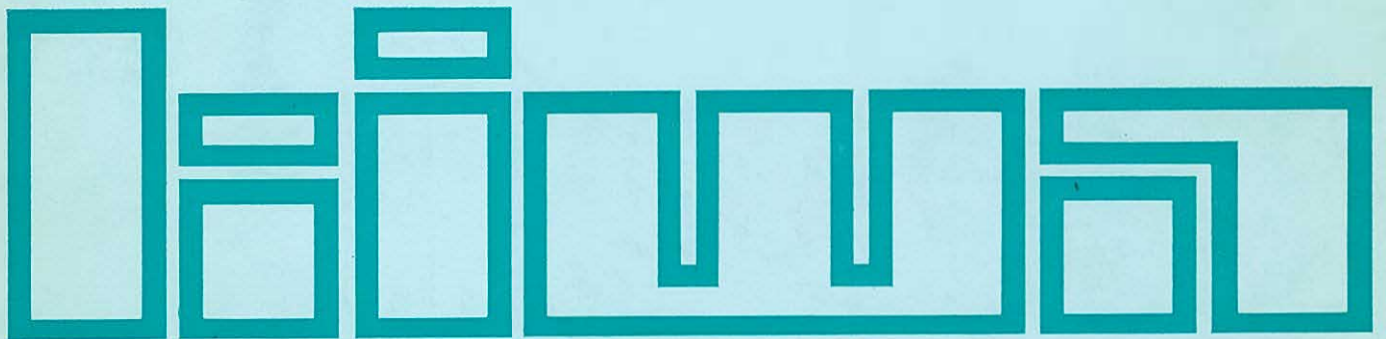


mededeling  
nr. 54

# wisselwerking tussen drinkwater en leidingmateriaal



keurings  
instituut  
voor  
waterleiding  
artikelen  
kiwa n.v.

KWALITEITSEISEN IN VERBAND MET DE  
STABILITEIT VAN HET TE DISTRIBUEREN  
DRINKWATER

Mededeling nr. 54

Een chemisch-technische beschouwing over de eisen die aan drinkwater dienen te worden gesteld, met name ten aanzien van de wisselwerking met het leidingmateriaal.

Rapport van de Commissie Methodieken  
Centrale Ontharding.

U.D.C.: 628.1.03:620.193.15:620.193.002.637

Rijswijk, februari 1978

<u>INHOUD</u>	Pag.
SUMMARY	4
SAMENVATTING	14
1. INLEIDING	16
2. BEGRIPPEN EN THEORIE BIJ OPLOSSEN EN AFZETTEN VAN KALK	21
2.1. Hardheid	21
2.2. Het kalk-koolzuur evenwicht	22
2.3. Parameters voor de afwijkingen van het kalk-koolzuur evenwicht	23
3. pH-DALING ALS GEVOLG VAN OXIDATIE VAN ORGANISCHE STOFFEN EN AMMONIUM	28
4. AFGIFTE VAN SCHADELIJKE STOFFEN DOOR LEIDINGEN EN INSTALLATIES AAN WATER	30
4.1. De afgifte van lood	30
4.2. De afgifte van koper	35
4.3. De afgifte van stoffen anders dan lood en koper	36
5. DE AANTASTING VAN LEIDINGEN EN DRINK- WATERINSTALLATIES	39
5.1. Asbestcement en beton	39
5.2. Gietijzer en staal	40

5.3. Roestvast staal	41
5.4. Verzinkt staal	42
5.5. Lood en lood met tinvoering	43
5.6. Koper	43
5.7. Messing	44
5.8. PVC en PE	45
6. DE AFZETTING VAN CALCIUMCARBONAAT	46
6.1. Kalkafzetting bij normale water- temperaturen	46
6.2. Kalkafzetting bij verhoogde water- temperatuur	47
7. CONSEQUENTIES VAN DE KWALITEITSEISEN VOOR DRINKWATER	50
LITERATUUR	53

## SUMMARY

### Stability requirements of drinking water.

A contribution of the Committee on Methods for Central Softening.

### Introduction

This contribution was originally intended to give recommendations for the required quality of drinking water after softening. However, in the Netherlands the interest in central softening has somewhat subsided, as a result of the negative advice of a government committee that reported on the possible relationship between hardness of the drinking water and the occurrence of cardiovascular disease.

Meanwhile it has become clear that formulation of stability requirements for drinking water is not only important for softened water. In fact, conditioning for stability is necessary for every type of water, in order to minimize troubles during distribution and use. The following considerations, therefore, are of a general character and could apply as much to waters, which are naturally soft or aggressive.

The different aspects, reviewed are:

- minimal release of harmful substances, such as lead and copper from service lines and installations.

- the absence of corrosive action on different materials.
- the absence of excessive scaling.
- the buffering capacity of water in relation to the pH decline in distribution systems.

Basic considerations.

Stability of water with regard to corrosiveness and scaling properties is mainly governed by the carbon dioxide - calcium carbonate equilibrium system. Langelier's formula for the saturation index (S.I.) is very convenient for describing, whether equilibrium conditions are present or not:

$$\text{S.I.} = \text{pH} - \text{pH}_s \quad (1)$$

$$\text{and } \text{pH}_s = \log K'_s - \log K_2' - \log [\text{Ca}^{2+}] - \log [\text{HCO}_3] \quad (2)$$

where pH is the actual pH of water

pH<sub>s</sub> is the pH at which the water is in equilibrium with calcium carbonate

K<sub>s</sub>' is the solubility product of calcium carbonate, corrected for ionic strength and temperature

K<sub>2</sub>' is the second dissociation constant for carbonic acid, corrected for ionic strength and temperature

$[Ca^{2+}]$  is the calcium ion concentration in mols per liter.

$[HCO_3^-]$  is the hydrogen-carbonate concentration in mols per liter.

For a given water of constant ionic strength and temperature, equations (1) and (2) can be combined into:

$$S.I. = pH - pK_L + \log [Ca^{2+}] + \log [HCO_3^-] \quad (3)$$

where  $pK_L$  is a constant, the value of which can be calculated from the known thermodynamic constants  $K_s$  and  $K_2$  and the ionic strength and the temperature of the water.

This treatment, although very much simplified serves to show that the four parameters are interrelated and that recommendations for three of them will automatically fix the fourth one.

#### Release of harmful substances.

Except for lead and copper, knowledge on this aspect is very scarce. A common view is, that a water must have a slightly positive saturation index, in order to reduce lead and copper release from pipes. This was not confirmed by an investigation by four Dutch Waterworks into the lead and copper dissolving properties of softened waters highly aggressive to calcium carbonate. Instead, the pH itself was shown to be of utmost importance, whereas also the hydrogen carbonate content had

some influence. From these experiments, combined with other theoretical and practical evidence, conditions for minimal release of lead and copper, can be summarized as follows:

	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - content mmol/l	pH
Copper	> 1	8 < pH < 8.5
Lead	-	8 < pH < 9

Corrosion of mains and installations.

The materials, which have been reviewed, are asbestos cement, iron, steel, galvanized iron, brass, copper and lead.

The attack of asbestos cement is determined by the aggressivity of the water to calcium carbonate, as expressed in the saturation index. It is often assumed, that slightly aggressive conditions are permitted without occurrence of long term damage to asbestos cement. From experience gained by Dutch Waterworks there is evidence, that severe attack of asbestos cement mains was caused by different waters, soft as well as hard, with a negative saturation index of 0.3 till 0.5. This resulted in a complete removal of the superficial layer of calcium carbonate and exposure of the fibrous inner structure to the water. From these results, it would seem that a positive saturation index is desirable in order to prevent damage to asbestos cement.



It has always tacitly been assumed, that the formation of a calcium carbonate scale is an essential requirement for preventing corrosion of iron and steel pipes. However more recent investigations stress the role of iron (II) carbonate in building the protective layer. Whatever may be true, it is generally accepted, that the S.I. must be positive and that the hydrogen carbonate should not be "too low". A value of 2-3 mmol/l has been suggested.

For galvanized iron it was found, that attack occurs at a pH below 7.5 or above 8.5. It has also been found, that a high hydrogen carbonate content promotes pole reversal of the protective zinc layer in relation to the iron at temperatures above seventy degrees centigrade which results in accelerated corrosion.

In such a case galvanised iron is preferably not used, unless the hydrogen carbonate content is not higher than 2 mmol/l. At lower temperatures (less than sixty degrees centigrade) a minimum hydrogen carbonate content of 1.5 mmol/l is desirable.

Research by KIWA into aspects of copper corrosion has shown, that the presence of a sufficient level of hydrogen carbonate is essential. A minimum concentration of 1 mmol/l is mentioned under conditions of low oxygen content. With higher oxygen levels a higher hydrogen carbonate content is preferable.

Experience with corrosion of brass mostly relates to dezincification. Investigations in the U.K. point to the pH as the most important quantity. Dezincification is prevented under all circumstances, in case the pH is below 8.3.

Although lead release can be a problem to water quality, as mentioned in the previous paragraph, serious damage of lead seems to be more of an erosion than a corrosion problem.

The conditions for minimal corrosion of waterworks materials can be summarized as follows:

	Saturation index	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - content mmol/l	pH
Asbestos cement	> 0	-	-
Iron and steel	> 0	> 2	-
Galvanized iron	-	> 1.5 <sup>*)</sup>	7.5-8.5
Copper	-	> 1	< 9
Brass	-	-	< 8.3

\*) Temperature lower than sixty degrees centigrade.

#### Scaling.

Extensive inquiries have been made in the Netherlands into the question at which level of the saturation index scaling becomes excessive. From the results can be concluded, that at normal water temperatures no problems occur when the S.I. is up to + 0.5, unless the water is very hard.

A larger problem is the formation of deposits in heating equipment. It has been found, that serious scaling occurs when the saturation index is 1.3 at 90 degrees centigrade. This means that the value of the saturation index at normal temperatures should be below + 0.3.

At lower temperatures (less than sixty degrees centigrade) a minimum hydrogen carbonate content of 1.5 mmol/l is desirable.

### pH decline during distribution.

When treating a raw water source like a polluted river or an eutrophic reservoir, traces of organic substances and/or ammonia could pass the purification system and enter distribution. Bacterial oxidation during distribution might then occur, resulting in a pH decline. In practice amounts of 0.2 mg/l degradable organic carbon are quite normal. This would lead to a pH-decline of 0.2 units at a hydrogen carbonate content of 2 mmol/l or even 0.4 units at a hydrogen carbonate content of 1 mmol/l. Although no data are available, it may be suspected that local effects are much larger, since bacterial processes proceed at the inside wall itself. From this point of view a hydrogen carbonate content of at least 2 mmol/l seems desirable for sufficient buffering capacity of the water.

### Discussion.

Summarizing the information available up till now the following recommendations can be given.

Hydrogen carbonate content  $\geq 2$  mmol/l

$0 < \text{Saturation index} \leq +0.3$

$8 \leq \text{pH} \leq 8.3$

As will be directly apparent from equation (3), the above mentioned values set upper and lower limits to the calcium content as well. This can be shown as follows.

Equation (3) can be transformed into:

$$\log [\text{Ca}^{2+}] [\text{HCO}_3^-] = \text{pK}_L - \text{pH}_s \quad (4)$$

With the ranges for saturation index and pH indicated above,  $\text{pH}_s$  can vary from 7.7 to 8.3. For a given water with an ionic strength of 10 mmol/l and a temperature of 10°C, the value of  $\text{pK}_L$  will be 2.56. From this together with a hydrogen carbonate content of 2 mmol/l the calcium concentration as function of  $\text{pH}_s$  can be calculated.

$\text{pH}_s$	$\text{Ca}^{2+}$ -content		Available pH-range	Available S.I.-range
	mg/l	mmol/l		
8.3	36.5	0.91	8.3	0
8.2	46	1.15	8.2 - 8.3	0 - 0.1
8.1	58	1.45	8.1 - 8.3	0 - 0.2
8.0	73	1.83	8.0 - 8.3	0 - 0.3
7.9	92	2.30	8.0 - 8.2	0.1 - 0.3
7.8	115	2.88	8.0 - 8.1	0.2 - 0.3
7.7	145	3.63	8.0	0.3

This table, shows that the narrow range of stability requirements for S.I. and pH has a profound influence on the calcium concentration. See fig.4 on p.52. For instance, if slightly scaling conditions during distribution are thought desirable (S.I. = +0.1), the "minimum" calcium concentration at a pH of 8.3 will be 46 mg/l. This value is even higher at lower hydrogen carbonate concentrations. From equation (4)

can be read that halving of the hydrogen carbonate to 1 mmol/l will double the necessary calcium concentrations. The reverse is of course also true, so that high hydrogen carbonate waters would tolerate lower calcium levels as well. These requirements are often opposite to the conditions in practice, where low levels of calcium and hydrogen carbonate are found simultaneously.

This means, that for such waters the calcium hydrogen carbonate content has to be increased, in order not to have aggressive properties.

On the other hand, correction of the pH of a very hard water to the desirable level of at least 8 would also meet problems. At this pH, combined with a hydrogen carbonate content of 4 mmol/l a "maximum" of 73 mg/l calcium is allowed, if excessive scaling is to be prevented. This again is not usually found in natural waters, so softening would have to be practiced to meet the stability requirements.

The situation will be more complex when a water varies in temperature and ionic strength, as is often the case with surface waters. For example, a temperature range of 4 to 20°C would give a variation in the factor  $pK_L$  of equation (4) from 2.69 to 2.33. This would result in different values for the desirable calcium content; respectively 35% higher or 40% lower than those given in the table. It will be apparent, that any formulation

of recommendations must be considered in respect of the actual temperature and composition of the water.

### Conclusions.

On the basis of literature and practical experience the following recommendations for the stability requirements of a drinking water have been drafted.

Hydrogen carbonate content  $\geq 2$  mmol/l

$0 < \text{saturation index} \leq +0.3$

$8 \leq \text{pH} \leq 8.3$

For given values of these parameters, optimal calcium concentrations can be calculated from Langelier's equation, adjusted to the temperature and the ionic strength of the water.

From the results it can be concluded, that hard waters should be softened, but also that the hardness of soft waters must be increased, in order to meet stability requirements.

U.D.C.: 628.1.03:620.193.15:620.193.002.637

Keywords: Tap water quality  
Scaling  
Corrosion by water.

## SAMENVATTING.

Stabiliteitseisen voor te distribueren drinkwater zijn geëvalueerd op grond van vier aspecten:

- de minimalisering van opname van toxische stoffen uit leidingen, met name lood en koper;
- het voorkomen van ontoelaatbare corrosie van leidingmaterialen;
- het voorkomen van hinderlijke afzettingen in leidingen en installaties;
- de buffercapaciteit van het water met betrekking tot een mogelijke pH-daling tijdens de distributie ten gevolge van bacteriële oxydatieprocessen.

De afgifte van lood en koper is minimaal, bij een  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte groter dan 1 mmol/l en een pH tussen 8 en 8,5.

De geringste aantasting van materialen treedt op bij een verzadigingsindex groter dan 0, een  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte groter dan of gelijk aan 2 mmol/l en een pH tussen 7,5 en 8,3.

Voor afzetting van calciumcarbonaat is vooral de verzadigingsindex maatgevend. De ervaring leert, dat bij normale watertemperatuur een S.I. van + 0,5 toelaatbaar is, maar dat bij gebruik van het water in heetwatertoestellen een maximale waarde van + 0,3 aan te bevelen is, om excessieve afzetting te voorkomen.

Uit een beschouwing van de mogelijke pH-daling in het leidingnet als gevolg van bacteriële oxydatie

van organische stoffen en ammonium, is voor voldoende buffering van het water een  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte van 2 mmol/l wenselijk.

Samenvattend kan als grootste gemene deler de volgende aanbeveling worden opgesteld:

$$\text{HCO}_3^- \text{-gehalte} \geq 2 \text{ mmol/l}$$

$$0 < \text{S.I.} \leq +0,3$$

$$8 \leq \text{pH} \leq 8,3$$

De hier gegeven begrenzingen van de stabiliteitsparameters houden tevens in dat het calciumgehalte aan een onder- en een bovengrens is gebonden.

Uit deze beschouwingen komt naar voren, dat het streven naar een stabiele watersoort in vele gevallen een pH- en/of een hardheidscorrectie met zich meebrengt. Naast situaties waarin een vermindering van de hardheid mogelijk is, kan dit ook betekenen, dat in een aantal gevallen opharding van zeer zacht water wenselijk is.



## 1. INLEIDING

In 1971 kwam de KIWA-Commissie Centrale Ontharding tot de conclusie dat het aanbeveling verdient dat de daarvoor in aanmerking komende waterleidingbedrijven centraal tot ontharding overgaan.

De genoemde Commissie gaf als aanbeveling dat de hardheid niet lager dan 2 meq/l zou behoren te zijn (1).

Voor de bestudering van de diverse uitvoeringsvormen van centrale ontharding werd in 1971 de Commissie Methodieken Centrale Ontharding ingesteld.

Tijdens de werkzaamheden van deze Commissie kwam de vraag naar voren wat de gewenste waterkwaliteit na ontharding zou dienen te zijn, met name of op de hierbovengenoemde aanbeveling van 2 meq/l hardheid nog aanvulling nodig is.

De waterkwaliteit na ontharding staat op het ogenblik sterk in de belangstelling, vooral ook van medische zijde, in verband met een aantal publicaties over negatieve statistische correlaties van de waterhardheid met de sterfte aan hart- en vaatziekten.

Een commissie van de Gezondheidsraad heeft onlangs over dit vraagstuk een advies uitgebracht, aan de minister van Volksgezondheid, dat er op neerkomt dat zolang er niet meer zekerheid bestaat over de

causale achtergrond van deze statistische correlaties de waterleidingsbedrijven zich van centrale ontharding dienen te onthouden (2).

Op grond daarvan heeft de commissie overwogen of het nog wel zin had om over de gewenste waterkwaliteit na ontharding een publikatie te laten verschijnen nu de Gezondheidsraad over centrale ontharding voorlopig negatief heeft geadviseerd.

De commissie heeft echter gemeend dit wel te moeten doen. Mede gezien de behoefte die in de bedrijfstak bestaat aan inzicht in deze materie heeft de Commissie het nuttig geoordeeld haar opvattingen over dit onderwerp bekend te maken. De eisen die aan onthard water dienen te worden gesteld zijn nl. helemaal niet specifiek voor onthard water maar gelden in feite voor elk drinkwater.

De hierna volgende beschouwingen hebben derhalve een algemene geldigheid er zijn dus b.v. ook van toepassing op zeer zachte agressieve watersoorten.

Bij de behandeling van het vraagstuk betreffende de gewenste waterkwaliteit heeft de Commissie Methodieken Centrale Ontharding zich onthouden van uitspraken over de medische achtergronden die hieraan verbonden zijn, aangezien zij in dit opzicht niet competent is.

Zij heeft zich beperkt tot de chemische aspecten. De voorwaarden, waaraan de gewenste waterkwaliteit in dit opzicht moet voldoen kunnen worden samengevat in de volgende eisen:

- a. Het drinkwater mag als het bij de gebruiker uit de kraan komt, geen stoffen bevatten in concentraties die schadelijk zijn voor de gezondheid.
- b. Het drinkwater mag geen ontoelaatbare corrosie noch hinderlijke afzettingen in leidingen en apparatuur veroorzaken.

Deze beide voorwaarden en de hieruit voortkomende aanbevelingen zullen in de hiernavolgende hoofdstukken nader worden besproken.

Allereerst wordt ingegaan op het begrip "stabiliteit" en de theoretische achtergronden daarvan.

Hierbij komt vooral aan de orde het verband dat er bestaat tussen de hardheid (eigenlijk: calciumgehalte) van het water, de zuurgraad, het bufferend vermogen en het koolzuurgehalte en op welke wijze uit deze parameters kan worden afgeleid of en in welke mate het water kalkafzettende dan wel kalkaantastende eigenschappen bezit.

Vervolgens wordt besproken welke factoren van invloed zijn op de aantasting van leidingen en drinkwaterinstallaties. Het blijkt dat hierbij met name de zuurgraad een belangrijke rol speelt.

Aan de hand van literatuurgegevens en praktijkervaringen worden daarop voor de meest toegepaste materialen de voorwaarden aangegeven, waaraan de waterkwaliteit dient te voldoen opdat de aantasting minimaal is.

In een samenvattend slothoofdstuk is getracht om de kwaliteitseisen ten aanzien van stabiliteit en metaaloplossend vermogen grafisch samen te vatten.

Uit deze grafiek wordt o.m. duidelijk dat de eis van een minimaal metaaloplossend vermogen voor bepaalde watersoorten consequenties heeft ten aanzien van de hardheid, d.w.z. dat een hardheidscorrectie zou dienen te worden aangebracht.

De hier gebezigde term "hardheidscorrectie" bezit een ruimere betekenis dan de tot dusver gangbare term "ontharding". Terwijl "ontharding" slechts aangeeft dat hardheid, al dan niet volledig, uit het water wordt verwijderd, wil het begrip "hardheidscorrectie" zeggen dat de hardheid naar een gewenste ofwel correcte waarde wordt gebracht. Dit houdt in dat ook een verhoging van de hardheid denkbaar is.

Onder een correcte hardheid wordt in deze publicatie verstaan een hardheid waarbij aan de hiervoor genoemde voorwaarden a en b zo goed mogelijk wordt voldaan.

De leden van de Commissie Methodieken Centrale  
Ontharding zijn:

Voorzitter : drs.A.Boes  
N.V. Waterleiding Friesland

Waarnemend  
voorzitter : dr.M.van Ammers  
N.V. Waterleiding Friesland

Secretaris : ing.P.J.van Winsen  
Keuringsinstituut voor Waterleiding-  
artikelen KIWA N.V.

Leden : drs. L.A.C.Feij  
Stichting Waterleidinglaboratorium Zuid  
dr.ir.A.Graveland  
Gemeentewaterleidingen (Amsterdam)  
ir.A.N.Hulsman  
N.V. Waterleidingmaatschappij Gelderland  
drs.B.G.v.d.Heijden  
Drinkwaterleiding der Gemeente Rotterdam  
dr.ir.A.P.Meijers  
Keuringsinstituut voor Waterleiding-  
artikelen KIWA N.V.  
drs.G.Oskam  
N.V.Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbos  
ir.J.van Puffelen  
Duinwaterleiding van 's Gravenhage  
ir.J.C.Schippers  
Keuringsinstituut voor Waterleiding-  
artikelen KIWA N.V.

## 2. BEGRIPPEN EN THEORIE BIJ OPLOSSEN EN AFZETTEN VAN KALK.

### 2.1. Hardheid.

Hoewel in de loop van de tijd een veelheid van begrippen is ingevoerd, waarmee de hardheid wordt omschreven, is het voor een juiste interpretatie van de waterkwaliteit beter, zoveel mogelijk de eenduidig gedefinieerde concentraties van de betreffende componenten in de beschouwingen te hanteren.

De begrippen tijdelijke hardheid en waterstof-carbonaathardheid kunnen dan worden vermeden. Zij belemmeren eerder een helder inzicht dan dat zij het bevorderen. Het begrip totale hardheid kan worden gehandhaafd, zijnde de som van alle kationen, die met zeep neerslagen kunnen geven. De totale hardheid wordt praktisch geheel bepaald door het gehalte aan calcium en magnesium-ionen. Daar magnesium slechts via de ionensterkte, een bij deze evenwichten, zeer geringe zijdelingse invloed heeft op het kalk-koolzuurevenwicht, is een eenduidige eis ten aanzien van de totale hardheid onmogelijk. IJzer en mangaan, die eveneens aan de hardheid bijdragen, moeten in drinkwater om andere redenen afwezig zijn en spelen net zo min een rol in de verdere beschouwingen.

De eenheid, waarin de concentraties worden uitgedrukt, is die van het thans geldende internationale

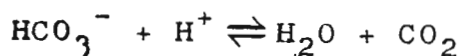
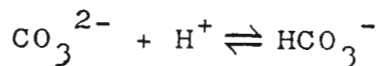
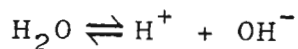
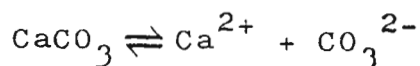
stelsel van eenheden (3). Deze eenheid is de mol/m<sup>3</sup> (= mmol/l). Als gevolg hiervan vervallen eenheden zoals meq/l en graden hardheid. Deze overgang vraagt wel weer een aanpassing van het bestaande gebruik. Gezien de status van het internationale systeem mag verwacht worden dat nu geen nieuwe aanpassingen meer gevraagd zullen worden. Voor het verband tussen de thans en vroeger gebruikte eenheden wordt verwezen naar tabel 1.

Tabel 1. Het verband tussen thans en vroeger gebruikte eenheden voor de concentraties van voor de hardheid van belang zijnde componenten.

	mmol/l	meq/l	mg/l	°D
Ca <sup>2+</sup>	1	2	40	5,6
Mg <sup>2+</sup>	1	2	24,3	5,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	1	61	2,8
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	1	2	60	5,6
CO <sub>2</sub>	1	2	44	-

## 2.2. Het kalk-koolzuur evenwicht.

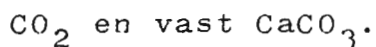
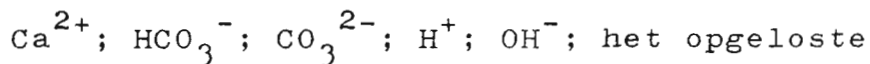
Eén van de belangrijkste gegevens bij beschouwingen over de stabiliteit van drinkwater is het kalk-koolzuur evenwicht. Dit is het evenwicht, dat zich in water instelt, wanneer het in contact is met vast calciumcarbonaat. Het wordt beschreven door de volgende evenwichtsvergelijkingen:



Een watersoort waarin de evenwichtstoestand niet heerst, zal deze nastreven door kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) op te lossen of af te zetten.

De ligging van chemische evenwichten wordt gegeven door evenwichtsconstanten. De grootte van deze constanten is afhankelijk van de temperatuur en de ionensterkte ( $\mu$ ), die berekend kan worden uit de concentraties van alle ionen in het water.

De volgende componenten zijn dus direct bij het kalk-koolzuur evenwicht in water betrokken:



### 2.3. Parameters voor de afwijkingen van het kalk-koolzuur evenwicht.

Bij het beoordelen van de kwaliteit van water is het van belang vast te stellen, of hierin het kalk-koolzuur evenwicht is bereikt, dan wel of, en in hoeverre, de watersamenstelling van de evenwichtswaarde afwijkt.



De afwijkingen kunnen naar twee kanten optreden:

- a. Wanneer het water een "te hoog" calciumgehalte heeft, "te veel" waterstofcarbonaationen bevat, zal het de neiging vertonen de evenwichtssamenstelling na te streven door afzetting van calciumcarbonaat.

Het water is kalkafzettend, het is oververzadigd aan kalk.

- b. Wanneer het water een "te laag" calciumgehalte of waterstofcarbonaatgehalte heeft, zal de evenwichtssamenstelling nagestreefd worden door het oplossen van calciumcarbonaat.

Het water is dan kalkoplossend ofwel kalkagressief.

Er worden in hoofdzaak twee parameters gebruikt om de afwijking van het evenwicht aan te geven:

- a. Het gehalte aan kalkagressief-kooldioxide, (Tillmans, Heublein (4), Louwe Kooymans (6)), dit is het verschil tussen de hoeveelheid aanwezig kooldioxide en de hoeveelheid die behoort bij het evenwicht dat wordt bereikt, als dit water met  $\text{CaCO}_3$  is uitgereageerd.

Wanneer dit verschil negatief is, is het water kalkafzettend, wanneer het verschil positief is, is het water kalkoplossend.

- b. De kalkverzadigingsindex. Langelier heeft de zogenaamde verzadigingsindex ingevoerd (Langelier (5)), dit is het verschil tussen de werkelijke pH van het water en de evenwichts-pH:

$\text{pH} - \text{pH}_s = \text{S.I.}$ , (Saturation Index). Een positieve S.I. geeft aan dat het water kalkafzettend is, een negatieve S.I. dat het kalkoplossend is.

Kleijn (7) stelt terecht dat de agressief-kool-dioxide concentratie in de berekeningen en beschouwingen de meest voor de hand liggende parameter is, omdat die hoeveelheid kooldioxide tevens een kwantitatieve maat is voor de hoeveelheid kalk die opgelost of afgezet kan worden.

Bij de bewaking van de kwaliteit van b.v. ontzuurd water verdient het gebruik van de verzadigingsindex S.I. evenwel de voorkeur, daar de pH van water eenvoudig automatisch kan worden bepaald en gebruikt kan worden om het proces te sturen. Bij grondwater is de pH praktisch constant, zodat de S.I. eenvoudig uit de pH is af te leiden.

De grootte van de verzadigingsindex zegt op zichzelf weinig over de grootte van de te verwachten afzetting of oplossing van kalk, noch over de snelheid waarmee dit zal geschieden. Het is een thermodynamische grootheid en geen kinetische.

Voor eenzelfde waarde van de S.I. zal bij water met hoge  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{Ca}^{2+}$  concentraties de hoeveelheid van de afzetting of de oplossing veel groter zijn dan bij water met lage  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{Ca}^{2+}$  concentraties (zwak gebufferd zacht water).

De snelheid van deze processen is behalve van de temperatuur ook afhankelijk van andere, deels nog onbekende factoren van de watersamenstelling.

Zo werkt polyfosfaat en soms ook een hoog organisch stofgehalte vertragend op het afzetten van kalk. Of er dus bij bepaalde waarden van de verzadigingsindex, S.I., daadwerkelijk afzetting van kalk zal optreden en in welke mate, kan alleen proefondervindelijk worden vastgesteld.

In de formule voor de kalkverzadigingsindex:

$$S.I. = pH - pH_s = pH - pK_L + \log [Ca^{2+}] + \log [HCO_3^-]$$

is  $K_L$  een constante afhankelijk van de temperatuur en de ionensterkte. Voor de getalswaarde hiervan wordt verwezen naar de overzichtsartikelen van Grohmann (31) en in Vom Wasser (32).

De evenwichts-pH is

$$pH_s = pK_L - \log [Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]$$

waaruit gemakkelijk is te zien dat, wanneer het produkt  $[Ca^{2+}] \cdot [HCO_3^-]$  constant wordt gehouden (bij gelijke temperatuur en ionensterkte) de  $pH_s$  ook constant is.

Wanneer het calciumgehalte tegen het waterstofcarbonaatgehalte wordt uitgezet bij constante  $pH_s$ -waarden dan ontstaan hyperbolen.

In fig.1 wordt dit weergegeven voor een ionensterkte van  $10^{-2}$  mol/l en een temperatuur van  $10^\circ C$ .

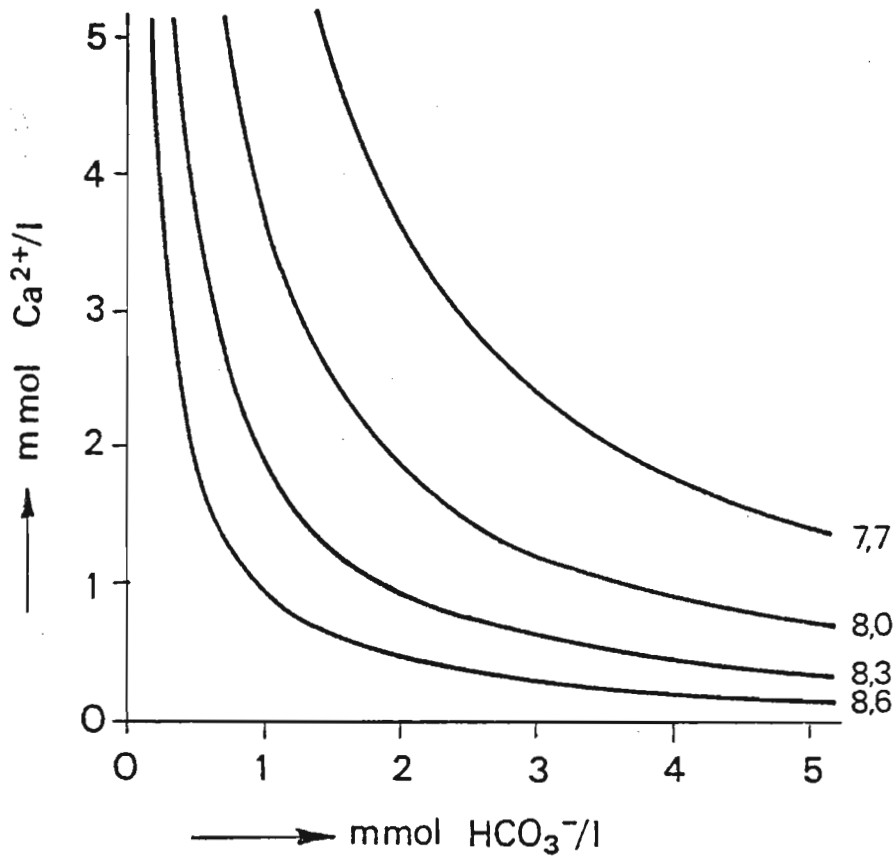
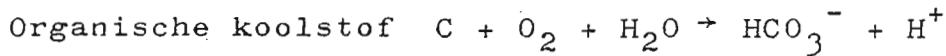
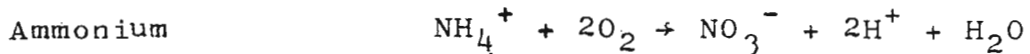


Fig. 1 Lijnen van gelijke  $\text{pH}_s$

### 3. pH-DALING ALS GEVOLG VAN DE OXIDATIE VAN ORGANISCHE STOFFEN EN AMMONIUM.

In het leidingnet kunnen door bacteriële oxidatie van ammonium en van organische stoffen, pH-dalingen optreden, hetgeen door de volgende bruto-reactievergelijkingen wordt weergegeven.



Berekeningen zijn uitgevoerd bij een waterstofcarbonaatconcentratie van 2 mmol/l en aanvangs-pH-waarden van 8 en 8,5 en een temperatuur van 12°C.

Figuur 2 laat de resultaten van deze berekeningen zien.

In de praktijk kunnen omzettingen van organische stof in de orde van 0,2 mg/l TOC<sup>\*</sup>) en van evenveel ammonium voorkomen. Door deze omzettingen blijkt bij een uitgangspH van 8,5 en een waterstofcarbonaatgehalte van 2 mmol/l een pH-daling in de orde van 0,2 eenheid op te kunnen treden. Indien het waterstofcarbonaatgehalte 1 mmol/l is, ligt de pH-daling zelfs in de orde van 0,4 eenheid. Een pH-buffering door voldoende waterstofcarbonaat lijkt dus van groot belang.

Aan de binnenwand van buizen waar de bacteriële

\* ) totaal organische koolstof

processen plaatsvinden kunnen de plaatselijke pH-dalingen belangrijk groter zijn, zodat een pH-buffering door waterstofcarbonaat van nog groter belang is dan uit de gemiddelde pH-daling kan worden afgeleid.

Over de processen aan de buiswand ontbreken echter exacte gegevens.

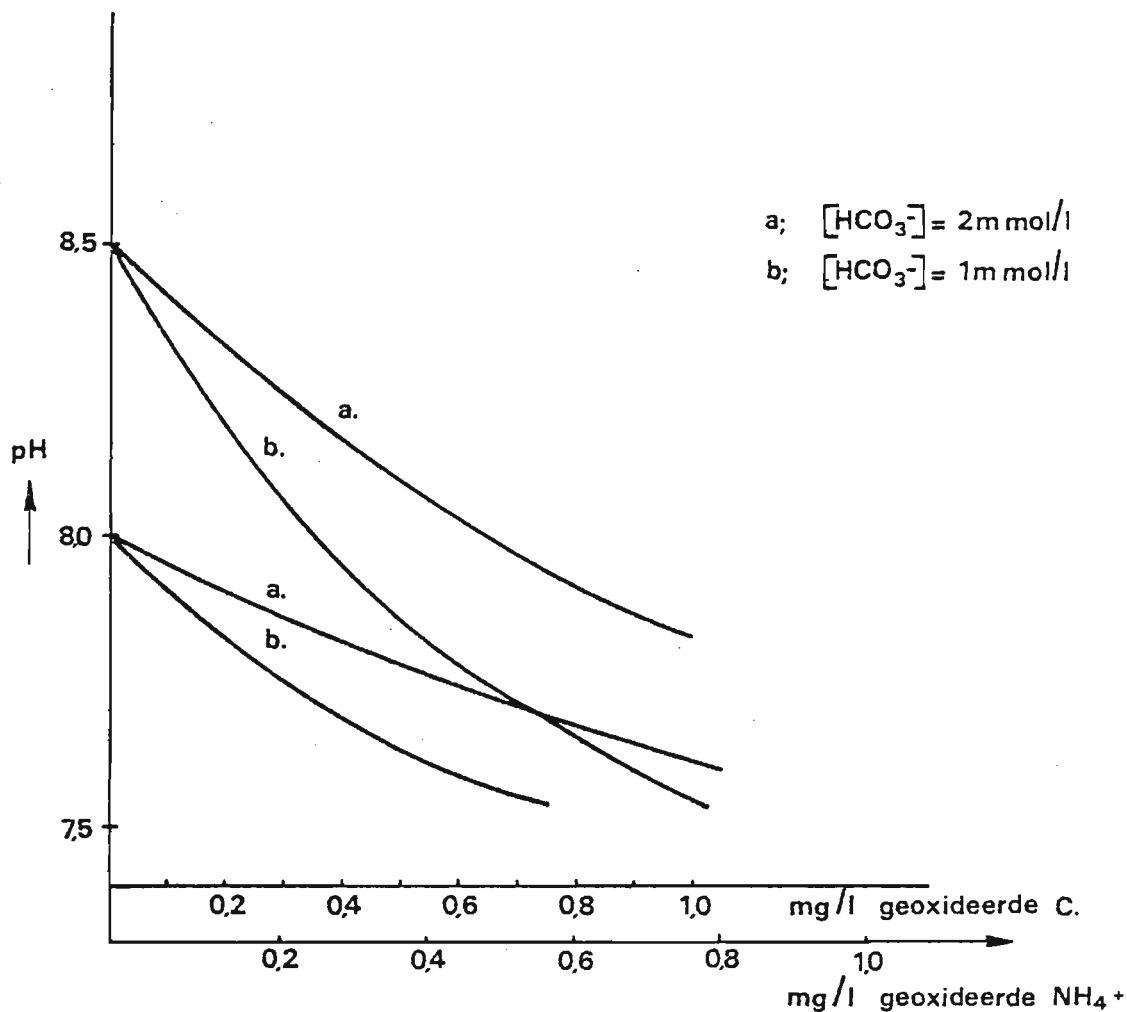


Fig.2 pH daling als functie van de oxidatie van organische koolstof en ammonium

#### 4. AFGIFTE VAN SCHADELIJKE STOFFEN DOOR LEIDINGEN EN INSTALLATIES AAN WATER.

Tijdens het transport komt het drinkwater in contact met verschillende materialen, waarbij door deze materialen stoffen aan het drinkwater kunnen worden afgegeven. Hierbij moet men niet alleen aan de gebruikte metalen leidingen van lood en koper denken, maar ook aan bijvoorbeeld de afgifte van asbestvezels van asbest-cement. Ook de afgifte van organische stoffen die meer of minder schadelijk kunnen zijn. bijvoorbeeld de stabilisatoren van ongeplasticeerd PVC en de monomeren uit bekledingen, kan van betekenis zijn.

##### 4.1. De afgifte van lood

Als dienstleiding en in binneninstallaties komen loden leidingen in Nederland vooral in de oudere stadskernen veel voor. De op 18 september 1975, door de Raad van de Europese Gemeenschappen voorgestelde norm voor het maximaal toelaatbare loodgehalte in drinkwater is gesteld op 0,05 mg/liter (8). Dit is een veel strengere eis dan die in het Waterleidingbesluit en de Aanbevelingen van de VEWIN op art.4 lid 2 van de Waterleidingwet (9), (10), (11), waarin wordt gesteld dat na een verblijf van 16 uren in een loden buis van 10 m lang met een inwendige middellijn van ten minste 18 mm, het gehalte kleiner dan 0,3 mg/l behoort te zijn,

dat wil zeggen driemaal zo hoog als het gehalte van stromend water, 0,1 mg/l volgens het Waterleidingbesluit van 1960 (10).

De afgifte van lood aan het drinkwater is aan de hand van de watersamenstelling moeilijk te voorspellen, daar er nog onvoldoende inzicht bestaat in het mechanisme van de afgifte. Behalve de watersamenstelling zijn de aard van de loden buis en de stromingstoestand zeker ook van invloed op deze afgifte. De meest gangbare opvatting is, dat het drinkwater licht kalkafzettend behoort te zijn om de afgifte van lood en andere metalen te verminderen.

In KIWA-verband is bij vier waterleidingbedrijven onderzoek uitgevoerd naar de loodafgifte van loden leidingen in een proefopstelling met, door kationenwisseling verkregen, sterk kalkagressief water.

De resultaten van dit onderzoek bevestigen de hiervoor genoemde opvatting niet. Het aldus verkregen zeer zachte en sterk kalkagressieve water heeft namelijk een niet of nauwelijks verhoogd en soms zelfs een verlaagd loodoplossend vermogen. Ook het loden buizenrapport van 1954 wees al in deze richting.

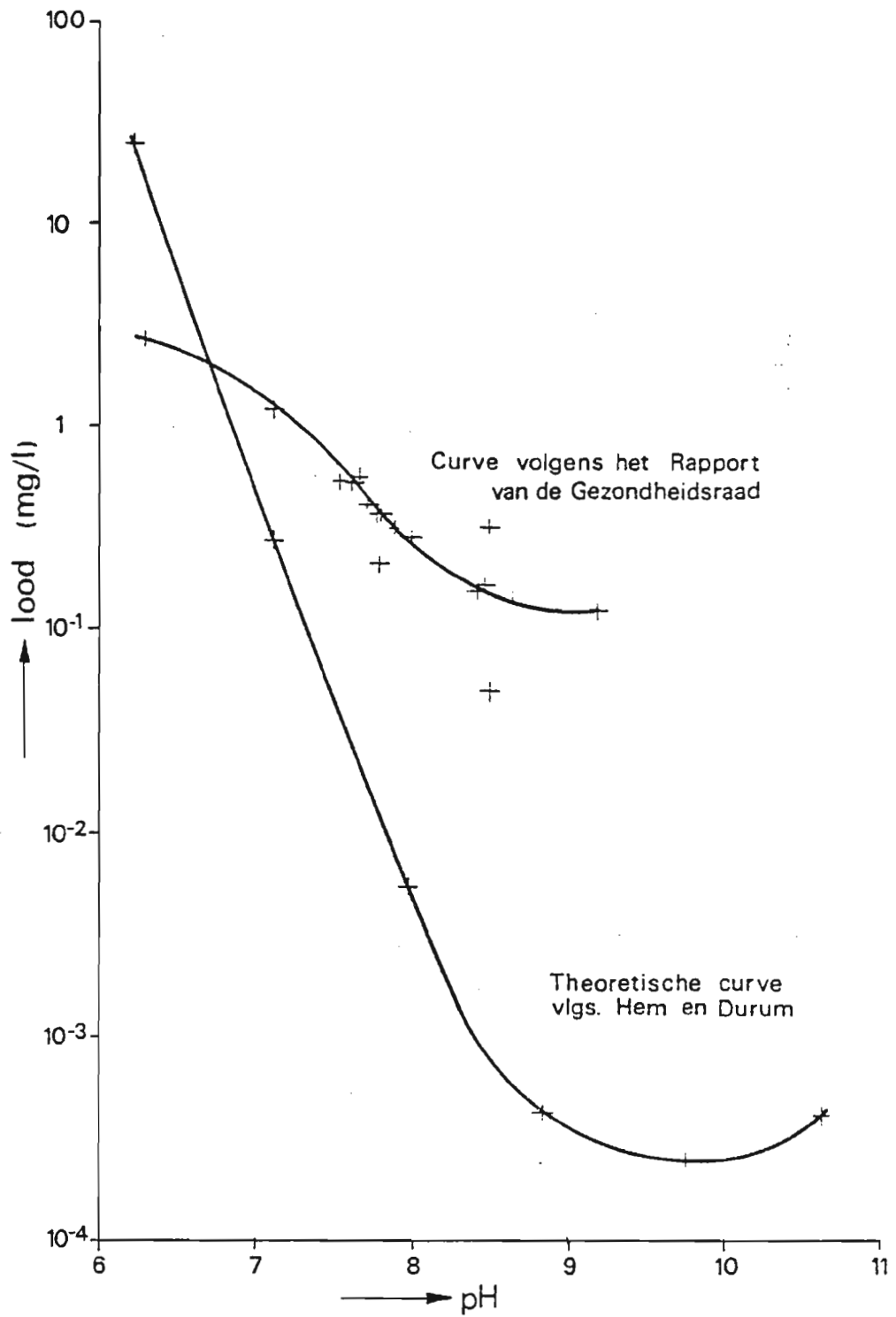
De conclusie lijkt dan ook gerechtvaardigd, dat de agressiviteit ten opzichte van kalk geen maat kan zijn voor de agressiviteit van water ten opzichte van loden leidingen.

In het "Advies inzake Centrale Waterontharding" van de Gezondheidsraad zijn een aantal relevante



gegevens uit het lodenbuizenrapport samengevat. Uit figuur 3 blijkt, dat vooral een verhoging van de pH een belangrijke factor is ter verlaging van het loodoplossend vermogen (12). Deze bevinding stemt overeen met Belgische ervaringen (13), met die van Drost (14) en met wat men op grond van oplosbaarheidgegevens zou mogen verwachten.

Hem en Durum (15) stellen, dat de theoretische oplosbaarheid wordt bepaald door de pH en het carbonaatgehalte. Bij een pH van ongeveer 8 en een waterstofcarbonaatgehalte van meer dan 60 mg/l (1 mmol/l) blijft volgens Hem en Durum de oplosbaarheid van lood binnen aanvaardbare grenzen. Dit geldt alleen indien geen andere zouten, zoals chloriden en sulfaten, en geen organische complexvormers in het water aanwezig zijn. In drinkwater zijn deze componenten vrijwel steeds aanwezig, zodat aanzienlijk hogere loodgehalten kunnen worden aangetroffen dan op grond van thermodynamische berekeningen zouden mogen worden verwacht. Toch is het zinvol om een indicatie te verkrijgen over die pH, waarbij de oplosbaarheid van lood minimaal is. Hiervoor zijn enkele literatuurgegevens bewerkt die in de volgende tabel zijn samengevat.



Figuur 3

Tabel 2 Berekende maximale  $Pb^{2+}$ -gehalten in microgr/l van een drietal watertypen bij een pH tussen 7 en 9 in vergelijking met praktijkervaringen met 12 watertypen.

pH	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	volgens literatuur opgave
hard water	550	130	30	11	13	(16)
zacht water	500	130	30	11	13	(16)
gedestilleerd water met uitsluitend $CO_2$ , $HCO_3^-$ , $CO_3^{2-}$	13	3	0,5	0,07	0,05	(17)
12 verschillende watertypen uit het Loden buizen-rapport	1100	550	280	150	120	(12)

Bij een pH tussen 8,5 en 9 is het loodgehalte minimaal. Bij nog hogere pH-waarden is door het amfotere karakter van lood te verwachten dat het gehalte weer toeneemt.

Uit het vorenstaande kan worden geconcludeerd, dat het verstandig zou zijn een richtlijn voor de pH van 8-9 aan te houden ten einde de loodafgifte van loden leidingen zo laag mogelijk te houden.

Aangezien vele wateren een evenwichts pH hebben die veel lager ligt zal bij het opvolgen van deze richtlijn het water sterk kalkafzettend worden zodat een gedeeltelijke ontharding onvermijdelijk wordt.

Een geheel andere bron voor lood in drinkwater zijn buizen van ongeplasticeerd PVC, waarin loodzouten als stabilisator aanwezig kunnen zijn.

Elzenga en Van Puffelen (18) hebben geconstateerd, dat de afgifte van lood na een kortstondige hoge afgifte bij nieuwe buizen gering is. De kortstondige hoge afgifte heeft vooral bij lage pH enige betekenis, zodat doorspoeling van nieuw gelegde leidingen aan te bevelen is. Ook na langdurige stilstand van drinkwater in buizen van ongeplasticiseerd PVC van oudere datum is een verhoogd loodgehalte mogelijk. Het betreft echter steeds een volume water, gelijk aan de inhoud van de buis. De invloed van de waterkwaliteit is hierbij te verwaarlozen.

#### 4.2. De afgifte van koper

Koper is voor de mens veel minder schadelijk dan lood. De door de EG voorgestelde norm van 18 september 1975 (8) voor het maximaal toelaatbare kopergehalte in drinkwater is gesteld op 0,05 mg/l. Tevens is een maximaal toelaatbaar kopergehalte aan de kraan van de verbruiker, na 16 uur stilstand in de leiding, gesteld op 1,5 mg/l. Wat betreft de agressiviteit ten opzichte van kalk geldt voor koper hetzelfde als voor lood, namelijk dat deze vorm van agressiviteit geen maat is voor het koperoplossend vermogen van drinkwater. Ook wat betreft de invloed van pH zijn er overeenkomsten tussen lood en koper. Er zijn voorbeelden bekend, dat bij zeer zacht water en een zeer hoge pH (tot circa 11 toe), ontstaan na passage door nieuwe asbest-cementen buizen, er sprake is van een verhoogd kopergehalte tot boven 3 mg/l. In een overzichtsartikel betreffende de relaties tussen

corrosie, metaaloplossend vermogen en de watersamenstelling beveelt Campbell (19) een pH tussen 8 en 8,5 aan om het koperoplossend vermogen zo klein mogelijk te houden. Behalve deze gegevens zijn er aanwijzingen, dat voor het koperoplossend vermogen van drinkwater het waterstofcarbonaatgehalte van meer belang is dan voor lood. Op grond van door Boorsma en Elzenga (20) verricht onderzoek kan met de nodige voorzichtigheid een richtlijn van ten minste 1 mmol/l waterstofcarbonaat worden aangenomen. Zonder waarden te vermelden wijst Campbell (19) erop, dat bij hoge waterstofcarbonaatgehalten het koperoplossend vermogen van drinkwater weer kan toenemen.

Er kan worden geconcludeerd, dat betrekkelijk weinig bekend is over de relatie tussen de watersamenstelling en het koperoplossend vermogen van dat water. Een eventuele richtlijn zou kunnen luiden:

pH tussen 8 en 8,5

$\text{HCO}_3^-$ -gehalte groter dan 1 mmol/l,  
maar niet al te hoog.

#### 4.3. De afgifte van stoffen anders dan lood en koper

Is er over de relatie tussen de watersamenstelling en de afgifte van lood en koper al betrekkelijk weinig bekend, van de afgifte van andere schadelijke stoffen is de kennis vrijwel nihil.

Toch mag zeker niet worden gesteld, dat deze afgifte daarom van geen belang is.

Een voorbeeld kan dit illustreren. Tot voor kort werd vrijwel nooit het cadmiumgehalte van het water aan de tapkraan bepaald.

Door de EG is hiervoor een maximaal toelaatbaar cadmiumgehalte van 0,005 mg/l voorgesteld.

Bij oriënterende onderzoeken van verschillende waterleidingbedrijven in Nederland is gebleken, dat dit gehalte niet zelden meervoudig wordt overschreden. Zeer waarschijnlijk wordt de cadmiumafgifte beheerst door de aanwezigheid van cadmiumlegeringen (hardsoldeer) in de binneninstallatie en speelt de watersamenstelling een ondergeschikte rol. Toch is het niet ondenkbaar, dat de richtlijnen die gelden voor een minimaal lood- en koperoplossend vermogen ook gelden voor het cadmiumoplossend vermogen van het drinkwater.

Nader onderzoek op dit punt is gewenst.

Een ander voorbeeld is de mogelijke afgifte van asbestvezels door aantasting van asbestcementen leidingen en hulpstukken (21).

Hoewel over de schadelijkheid van asbestvezels na opname in het menselijk lichaam via consumptie geen harde uitspraken mogelijk zijn, kan toch worden gesteld dat deze afgifte ongewenst is. De richtlijnen voor de watersamenstelling die hieruit voortvloeien, worden vermeld in hoofdstuk 5.1.

De afgifte van zink wordt in Nederland van minder belang geacht, vanwege het weinig voorkomen van

verzinkt stalen leidingen voor transport en distributie van drinkwater.

Over de afgifte van organische stoffen door kunststof buizen, bekledingen, vloei-, glijmiddelen en dergelijke is evenals van de invloed van de waterkwaliteit hierop, zeer weinig bekend. Afgezien van incidentele, lokale problemen zal deze afgifte niet leiden tot een wezenlijke verhoging van het organische stofgehalte van drinkwater. Wel kunnen bepaalde, specifiek schadelijke stoffen worden afgegeven. Een voorbeeld daarvan is de afgifte van kankerverwekkende, polycyclische aromaten van bepaalde beschermingen op teerbasis, die voor drinkwaterdoeleinden niet meer voor inwendige bescherming mogen worden toegepast.

Nieuwe materialen dienen eerst op hun toxicologische betrouwbaarheid te worden onderzocht door de Commissie Gezondheidsaspecten Chemicaliën en Materialen Drinkwatervoorziening.

## 5. DE AANTASTING VAN LEIDINGEN EN DRINKWATERINSTALLATIES.

Leidingwater mag geen ontoelaatbare aantasting van leidingen en apparaten veroorzaken d.w.z. de installaties moeten intact blijven, er mogen geen lekkages ontstaan.

Deze eisen lopen gedeeltelijk parallel aan de eis dat de gebruikte materialen geen schadelijke concentraties toxische stoffen aan het water mogen afgeven. Asbestcement, beton, gietijzer, staal, roestvaststaal, verzinkt staal, lood, vertind lood, koper, messing, PVC en PE zijn momenteel de materialen die in de waterleidingsector worden gebruikt.

Voor elk van deze materialen zal worden nagegaan waardoor de aantasting wordt bepaald en onder welke voorwaarden deze minimaal is.

### 5.1. Asbestcement en beton

Asbestcement en beton worden aangetast door water dat agressief is ten opzichte van calciumcarbonaat, dat de belangrijkste component van deze materialen is. De mate van aantasting wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid kalkoplossend kooldioxyde. Weliswaar is de verzadigingsindex S.I. op zichzelf hiervoor geen maat, maar in combinatie met het  $\text{Ca}^{2+}$ - en het  $\text{HCO}_3^-$ -gehalte van het water, kan hij hiervoor gebruikt worden.



In het algemeen wordt aangenomen, dat een lichte kalkagressiviteit getolereerd kan worden voor wat betreft de aantasting van asbestcement. Dit houdt dan in, dat voor sterk gebufferd water de verzadigingsindex minder negatief mag zijn dan voor zwak gebufferd, zacht water.

Uit ervaringen van de Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam en de Waterleiding Maatschappij Gelderland, die hard resp. zacht water distribueerden, is echter gebleken, dat bij S.I.-waarden van -0,3 tot -0,5 zodanige aantasting van asbestcement op kan treden, dat de vezelstructuur van het asbest bloot komt te liggen, waardoor afgifte van vezeltjes aan het water mogelijk wordt. Om een dergelijke ongewenste situatie te voorkomen, is het beter een positieve S.I. te handhaven, mede gelet op een mogelijke pH-daling van het water t.g.v. nagroei in het distributienet.

## 5.2. Gietijzer en staal.

Vanouds is de hypothese aangenomen, dat de vorming van calciumcarbonaatafzettingen een noodzakelijke voorwaarde is om aantasting van gietijzer en staal door water te voorkomen. Er zou zich een kalkroestlaag vormen, waarbij de kalk de roestlaag als het ware "dichtmetselt". Voldoende zuurstof om reductie van  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  te voorkomen dient aanwezig te zijn.

Bij gietijzer werkt de relatief veel ferrosilicium

bevattende giethuid passiverend. Staal kan het beste steeds inwendig worden beschermd.

Onderzoek van Rijkens (22) heeft geleid tot een nieuwe hypothese, waarin het waterstofcarbonaat-ion de hoofdrol speelt bij de vorming van "dichte" beschermende lagen. Deze dunne beschermende roestlagen zouden bestaan uit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en  $\text{FeCO}_3$ .

Richtlijnen voor het waterstofcarbonaatgehalte komen uit zijn onderzoek niet naar voren, hoewel bijvoorbeeld gebleken is dat 2 mmol/l waterstofcarbonaat in gedestilleerd water volledige bescherming tegen corrosie biedt. Andere ionen zoals chloride, sulfaat en nitraat kunnen deze bescherming weer doen afnemen. Rijkens vond bij een gehalte aan  $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-)$  van totaal 200 à 300 mg/l de optimale condities bij een "tijdelijke hardheid van 8 à 10<sup>o</sup>D". Dit betekent dus een optimaal waterstofcarbonaatgehalte van 3-3,5 mmol/l.

Welke van de twee hypothesen de waarheid het dichtst benadert wordt hier in het midden gelaten. Tracht men te voldoen aan de aanbevelingen die hieruit voortvloeien dan volgen hieruit een positieve kalkverzadigingsindex en een "niet te laag" waterstofcarbonaatgehalte,  $> 2$  mmol/l.

### 5.3. Roestvast staal.

De voor het gebruik in de waterleidingsector economisch in aanmerking komende soorten (AINSI 304 en 316) zijn alleen gevoelig voor hogere chloridegehalten.

Szederjei (23) geeft een grens aan van 200 mg  $\text{Cl}^-$ /l.

#### 5.4. Verzinkt staal.

Box (24) vermeldt dat de aantasting van zink en gegalvaniseerd ijzer reeds optreedt bij een pH lager dan 7,5 en hoger dan 8.5.

Bij heetwaterinstallaties waarin gegalvaniseerd staal is verwerkt kan zich het volgende probleem voordoen: Volgens Butler en Ison (25) kan bij temperaturen boven 70°C zink, dat het ijzer kathodisch beschermt, worden omgepoold ten opzichte van het ijzer. Het effect wordt door waterstofcarbonaatgehalten boven 2 mmol/l versterkt; sulfaat en chloride werken de ompoling tegen.

In zacht water met een tamelijk hoog waterstofcarbonaatgehalte zoals dit ontstaat bij ontharding in een kationwisselaar, leidt deze mogelijkheid van potentiaalomkering van combinatie zink-ijzer van gegalvaniseerd ijzer tot een vergrote kans op zeer snelle corrosie van het ijzer.

Niet alleen om ketelsteenafzetting te vermijden maar ook om corrosie tegen te gaan is het noodzakelijk de temperatuur zo laag mogelijk te houden, in ieder geval onder 65°C.

In de volgende tabel zijn de waarden die Schwenk (26) opgeeft, samengevat:

temperatuur	< 60	°C
pH	> 7	
Cu	< 0,06	mg/l
Cl <sup>-</sup>	< 5	mmol/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 2,5	mmol/l
Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 7,5	mmol/l
CO <sub>2</sub> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	> 1,5	mmol/l
	-0,5 < S.I. < +0,5	

Resumerend zijn de voorwaarden voor minimale aantasting van verzinkt staal: pH tussen 7,5 en 8,5 temperatuur lager dan 60°C en een waterstofcarbonaatgehalte van meer dan 1,5 mmol/l.

#### 5.5. Lood en lood met tinvoering.

Ondanks de duidelijke afgifte van lood uit loden leidingen zonder tinvoering, leidt dit niet tot een merkbare corrosie.

Lekkage in loden drinkwaterleidingen (al of niet met tinvoering) is meestal het gevolg van erosie of van uitwendige corrosie in zeer alkalisch milieu.

#### 5.6. Koper.

Uit bedrijfservaringen concludeert Feij dat in zacht water putcorrosie in koperen buizen optreedt bij waterstofcarbonaatgehalten van 0,33 en 0,41 mmol/l. Uit het werk van Elzenga en Boorsma (27) blijkt dat de aanwezigheid van waterstofcarbonaat een noodzakelijke voorwaarde is om corrosie van koperen leidingen te voorkomen; zij noemen als

minimum concentratie 1 mmol/l en een niet te hoog zuurstofgehalte van het water.

Ook is bekend dat koper bij aanwezigheid van ammonium en  $\text{pH} \approx 9$  kan worden aangetast. Ammonium behoort echter in drinkwater praktisch afwezig te zijn.

In een aantal gevallen is putcorrosie geconstateerd in zuurstofhoudend-koperen buizen, die water transporteerden met hogere waterstofcarbonaatgehalten en hoge zuurstofgehalten (27).

Voor deze soort buizen wordt dan ook geen KIWA-garantiemerk meer verleend.

Om corrosie te voorkomen dient de waterstofcarbonaatconcentratie niet kleiner te zijn dan 1 mmol/l en het zuurstofgehalte niet te hoog te zijn, vooral niet bij de minimale waterstofcarbonaatconcentratie.

### 5.7. Messing.

Turner (28, 29) heeft op het laboratorium en in de praktijk onderzoek gedaan naar de invloed van de samenstelling van water op een bepaalde manier van ontzinking van messing fittingen, waarbij volumieuze corrosieproducten ontstaan (z.g. meringue-ontzinking).

Deze vorm van ontzinking komt in Engeland voornamelijk voor in warmwatersystemen maar ook wel bij normale temperaturen.

De samenstelling van het messing heeft invloed op de corrosievastheid. Duplexmessing is het meest gevoelig voor corrosie.

Volgens Lucy (30) speelt het chloridegehalte bij deze vorm van ontzinking een rol. Ervaringen in Engeland wijzen uit dat ontzinking niet optreedt indien het waterstofcarbonaatgehalte meer dan tweemaal zo hoog is als het chloridegehalte in mmolen per liter.

Turner is van mening dat het optreden van meringue-ontzinking primair door de pH wordt bepaald. Om meringue-ontzinking te voorkomen, ongeacht de verdere samenstelling van het water, moet de pH lager dan 8,3 zijn.

#### 5.8. PVC en PE.

Polyvinylchloride en polyetheen worden niet door drinkwater aangetast.

## 6. DE AFZETTING VAN CALCIUMCARBONAAT

### 6.1. Kalkafzetting bij normale watertemperaturen.

Indien als aanbeveling wordt gesteld dat de S.I. positief behoort te zijn, komt de vraag naar voren of ook een bovengrens moet worden aanbevolen.

Verschillende leden van de Commissie hebben daartoe voor 82 verschillende watersoorten navraag gedaan naar ervaringen met kalkafzetting in watermeters. Bij ongeveer 25 pompstations c.q. waterleiding-bedrijven bleek het water een positieve S.I. te hebben, die meestal ongeveer 0,1 pH-eenheid bedroeg. In slechts vier gevallen bleek de positieve S.I. groter dan 0,5 pH-eenheid te zijn. In drie gevallen werd er melding gemaakt van hinderlijke kalkafzetting in watermeters, waarbij de S.I. waarden + 0,1 bij 3 mmol/l, + 0,8 bij 1 mmol/l en + 0,9 bij 2 mmol/l totale hardheid bedroegen.

Dit wil zeggen dat in twee van de vier gevallen dat de S.I. groter dan 0,5 pH-eenheid was, er sprake was van hinderlijke kalkafzetting.

Tegelijk met de verzadigingsindex dient ook de totale hardheid vermeld te worden aangezien de verzadigingsindex slechts de richting van het proces, kalkafzettend of kalkoplossend aangeeft.

De totale hardheid is een aanduiding voor de mate waarin dit kan geschieden.

## 6.2. Kalkafzetting bij verhoogde watertemperatuur.

Naast de mate van kalkafzetting bij normale watertemperatuur in watermeters is de mate van kalkafzetting (ketelsteenvorming) bij verhoogde watertemperatuur in geisers en boilers van belang voor een aanbeveling betreffende een maximale S.I.-waarde. Door het GEB te Dordrecht is hiervoor in een zestal gemeenten een onderzoek verricht naar de relatie tussen het aantal verwisselde binnenwerken van geisers en boilers en de S.I.-waarden bij 20°C.

De gegevens zijn vermeld in tabel 3 op bladzijde 49. Uit de tabel kan de conclusie worden getrokken dat ernstige ketelsteenvorming optreedt bij S.I.-waarden groter dan 1,3 bij 90°C. Aangezien de S.I. bij 20°C ongeveer een pH-eenheid minder is dan die bij 90°C betekent dit, dat de S.I.-waarde bij normale watertemperatuur ten hoogste 0,3 dient te zijn voor hard water (2,5 mmol/l).

De N.V. Waterleiding Maatschappij "Noord-West-Brabant" heeft proeven genomen met water van het pomstation Seppe, dat een totale hardheid heeft van 2,84 mmol/l en een S.I.-waarde van 0,6 bij 20°C.

Met behulp van HCl is de S.I. van dit water tot + 0,2 bij 20° verlaagd, waarna het water in een proefopstelling werd verwarmd.

Gebleken is dat in douchekoppen en op tegels de afzettingen met een faktor vier verminderden ten opzichte van het niet behandelde water.



Voor zacht water kan de verzadigingsindex mogelijk wat groter zijn.

Gegevens hierover zijn niet beschikbaar.

Samenvattend kan op basis van de beperkt beschikbare gegevens worden gesteld, dat om hinderlijke kalkafzetting van drinkwater te voorkomen, de verzadigingsindex niet groter dan ongeveer + 0,3 zou behoren te zijn.

Tabel 3

## Aantal verwisselde binnenwerken geisers en boilers als gevolg van ketelsteenvorming

## Geisers

Gemeente	aantal onder- zochte kaarten	aantal verwisselde binnenwerken				S.I. 20°C	S.I. 90°C	tot.hard- heid mmol/l	Jaar
		1969							
		1966	1967	1968	1969				
Papendrecht	100	-	-	4 %	3 %	0,0	+ 1,0	2,55	1968
Numansdorp	100	-	-	58 %	50 %	+ 0,7	+ 1,7	-	-
Dubbeldam	100	-	55 %	88 %	77 %	+ 0,7	+ 1,8	3,15	1968
H.I. Ambacht	100	38%	42 %	106 %	110 %	+ 0,4	+ 1,5	3,8	1973
Dordrecht	100	1%	0 %	2 %	1 %	- 0,2	+ 0,9	-	-
Dordrecht	tot.hardheid	1,9	1,7	1,7	2,65				

## Boilers

Gemeente	aantal onder- zochte kaarten	aantal verwisselde binnenwerken				S.I. 20°C	S.I. 90°C	tot.hard- heid mmol/l	Jaar
		1969							
		1966	1967	1968	1969				
Papendrecht	100	-	-	1 %	3 %	0,0	+ 1,0	2,55	1968
Zwijndrecht	100	-	-	8 %	8%	+ 0,3	+ 1,3	3,10	1973
Dubbeldam	100	-	-	14 %	21 %	+ 0,7	+ 1,8	3,15	1968
H.I. Ambacht	100	8%	15 %	33 %	26 %	+ 0,4	+ 1,5	3,8	1973
Barendrecht	100	81%	68 %	82 %	55 %	+ 1,0	+ 2,0	5,9	1968
Dordrecht	100	2%	1 %	2 %	5 %	- 0,2	+ 0,9	-	-
Dordrecht	tot.hardheid	1,9	1,7	1,7	2,65				

## 7. CONSEQUENTIES VAN DE KWALITEITSEISEN VOOR DRINK- WATER.

De in de vorige hoofdstukken voorgestelde richtlijnen kunnen als volgt worden samengevat:

$$[\text{HCO}_3^-] \geq 2 \text{ mmol/l}$$

pH tussen 8 en 8,3

S.I. tussen 0 en +0,3.

De hierboven gegeven begrenzungen van de stabiliteitsparameters houden echter in dat het calciumgehalte aan beperkingen onderhevig is, namelijk:

$$\text{S.I.} = \text{pH} - \text{pK}_L + \log [\text{Ca}^{2+}] + \log [\text{HCO}_3^-]$$

$$\text{of: } \log [\text{Ca}^{2+}] = \text{SI} - \text{pH} + \text{pK}_L - \log [\text{HCO}_3^-]$$

Omdat de S.I., de pH en de  $\text{HCO}_3^-$  concentraties begrensd zijn en de constante  $\text{pK}_L$  alleen afhankelijk is van de ionensterkte en de temperatuur, is  $\log [\text{Ca}^{2+}]$  en daarmee eveneens de calciumconcentratie begrensd. Nu kan in het reeds eerder genoemde  $[\text{Ca}^{2+}]$ ,  $[\text{HCO}_3^-]$ -diagram met hyperbolen van constante  $\text{pH}_s$  (figuur 1, pagina 27) een gebied afgebakend worden waarbinnen aan de voorgestelde richtlijnen wordt voldaan, zie hiervoor figuur 4.

Uit deze grafiek is nu makkelijk af te lezen dat de stabiliteitseisen voor de verzadigingsindex, de pH en het waterstofcarbonaatgehalte grote invloed uitoefenen op de bijbehorende calciumconcentratie.

Dit wordt in onderstaande tabel geïllustreerd voor het geval dat de ionensterkte 10 mmol/l bedraagt, de temperatuur 10°C, en het waterstofcarbonaatgehalte 2 mmol/l is.

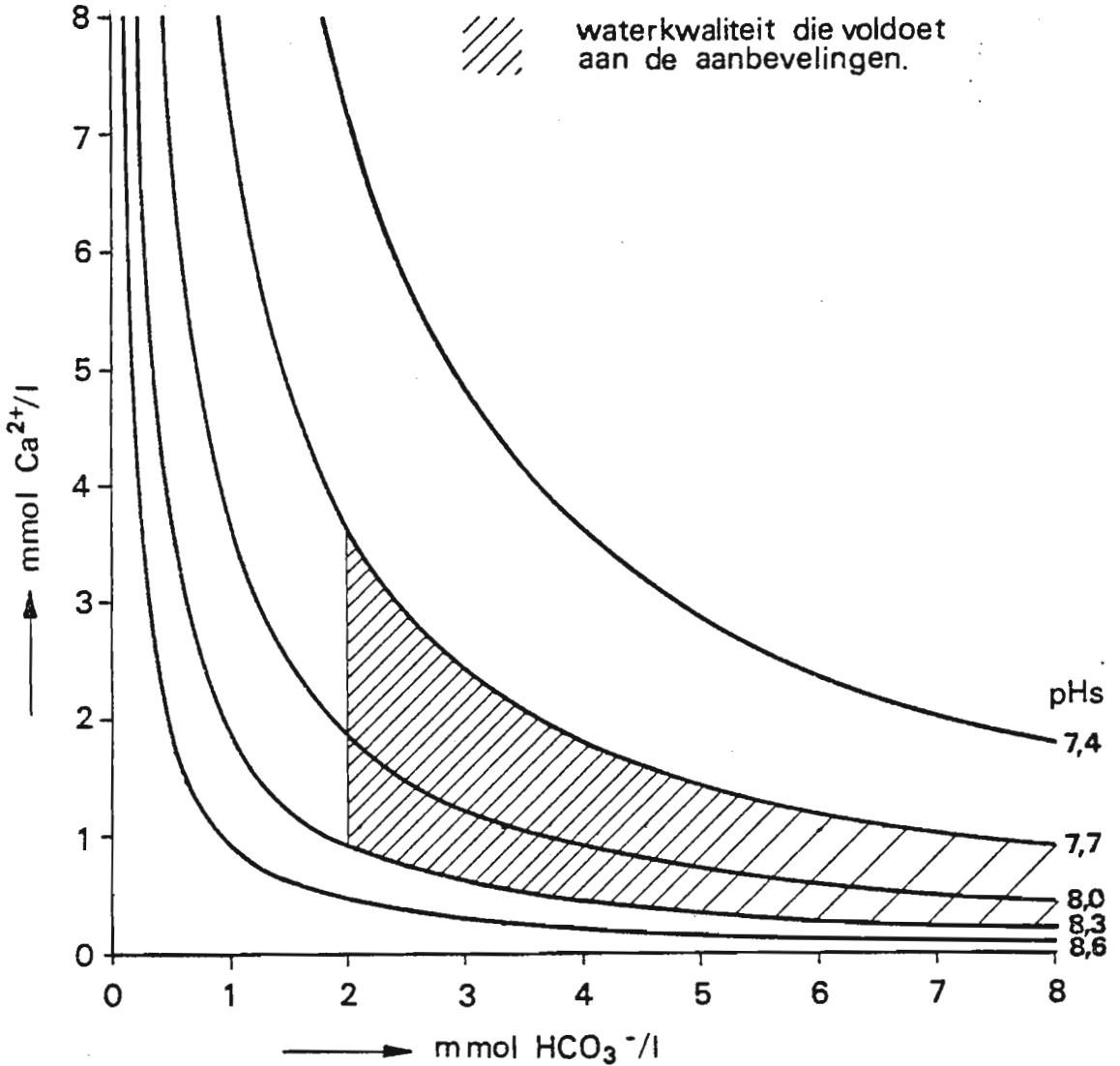
pH <sub>s</sub>	Ca <sup>2+</sup> mmol/l	beschikbaar pH-gebied	beschikbaar S.I.-gebied
8,3	0,91	8,3	0
8,2	1,15	8,2 - 8,3	0 - 0,1
8,1	1,45	8,1 - 8,3	0 - 0,2
8,0	1,83	8,0 - 8,3	0 - 0,3
7,9	2,30	8,0 - 8,2	0,1 - 0,3
7,8	2,88	8,0 - 8,1	0,2 - 0,3
7,7	3,63	8,0	0,3

Voor het aangeven van een maximaal waterstofcarbonaatgehalte kunnen thans nog geen scherpe waarden worden opgegeven. Uit verschillende overwegingen is echter een beperking naar boven gewenst. Zie hiervoor de bladzijden 36, 41 en 44. Bovendien heeft een hoog waterstofcarbonaatgehalte bij verhitting een sterke pH-verhoging tot gevolg.

Resumerend kan worden gezegd dat, om aan de in dit rapport voorgestelde kwaliteitseisen te voldoen, het in vele gevallen nodig zal zijn om een hardheidscorrectie uit te voeren. Hetgeen zowel opharden als ontharden kan betekenen.

$$\text{pH}_s = 2,56 - \log [\text{Ca}^{2+}] - \log [\text{HCO}_3^-]$$

bij een ionensterkte  $\mu = 10^{-2}$   
 en een temperatuur van  $10^\circ\text{C}$



Figuur 4.

## LITERATUUR

1. KIWA, Commissie Centrale Ontharding;  
Centrale Ontharding  
Rijswijk, 1971
2. Advies inzake centrale waterontharding aan de  
Minister en Staatssecretaris van Volksgezondheid  
en Milieuhygiëne.
3. NEN 1224;  
Grootheden, S.I.-eenheden en hun symbolen  
Warmte en materie  
Rijswijk, NNI, 1968
4. TILLMANS, J.; HEUBLEIN, O.;  
Über die kohlenäuren Kalk angreifende Kohlen-  
säure der natürlichen Wässer  
Gesundh.Ing. 35 (1912), p.669-677
5. LANGELIER, W.F.;  
The analytical control of anti-corrosion  
water treatment  
JAWWA 28 (1936), p.1500-1521
6. LOUWE KOOYMANS, L.H.;  
Ontzuring  
Water 36 (1952) 14, p.169-175
7. KLEIJN, H.F.W.;  
Gedeeltelijke ontharding van water  
H<sub>2</sub>O 5 (1972) 9, p.172-178
8. Europese Gemeenschappen;  
Voorstel voor een richtlijn van de Raad be-  
treffende de kwaliteit van water bestemd voor

menselijke consumptie.

Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen  
18 (1975) nr.c 214.

9. WATERLEIDINGWET

Wet van 6 april 1957, houdende regelen met betrekking tot het toezicht op waterleidingbedrijven en tot de reorganisatie van de openbare drinkwatervoorziening.  
Staatsblad 150, 1957.

10. WATERLEIDINGBESLUIT

7 juni 1960, Staatsblad 360

11. VEWIN

Aanbevelingen ter zake het bepaalde in artikel 4, lid 2, van de Waterleidingwet.  
17 november 1960.  
IJmuiden, Vermande en zonen.

12. Studie Commissie Metalen Leidingen.

Rapport inzake het onderzoek van loden en gelegerd loden buizen.  
KIWA december 1950.

13. Etude et l'importance de la contamination alimentaire par le plomb dans l'Est de la Belgique

La Tribune du Cebedeau 26 (1973) 354, p.204-215.

14. DROST, G.;

Nader onderzoek naar zuurgraadcorrectie gewenst  $H_2O$ , 9 (1976) 6, p.131-132.

15. HEM, J.D.; DURUM, W.H.;  
Solubility and occurrence of lead in surface  
water  
JAWWA 65 (1973) 8, p.562-568
16. DAVIES, P.H., e.a.;  
Acute and chronic toxicity of lead to rainbow  
trout in hard and soft water.  
Water Research 10 (1976), p.199-206.
17. NISSING, W.;  
"Wasserentsäuerung und Metallkorrosion".  
Wasserfachliche Aussprachetagung des DVGW und  
VGW (1974), p. 135-148.
18. ELZENGA, C.H.J.; VAN PUFFELEN, J.;  
Health aspects relating to the use of  
PVC pipes for community water supply.  
WHO, International Reference Centre for  
community water supply The Hague, 1973.  
Technical Paper nr.4.
19. CAMPBELL, H.C.;  
Corrosion, water composition and water treat-  
ment  
Wat.Treatm.Exam. 20 (1971) 1, p.11-34
20. BOORSMA, H.J.; ELZENGA, C.H.J.;  
Het kopergehalte van drink- en gebruikswater  
TNO-nieuws 27 (1972) 9, p.442-443
21. ELZENGA, C.H.J., MEIJER, P.B. en STUMPHIUS, J.;  
Oriënterend onderzoek naar het voorkomen van



asbest in het Nederlandse drinkwater.  
H<sub>2</sub>O 19 (1974), p.406-410.

22. RIJKENS, B.A. ;  
Maatstaven en richtlijnen voor de materiaal-  
keuze in verschillende milieus  
Polytechnisch tijdschrift ed.P.25 (1970) 20,  
p.790-797.
23. SZEDERJEI, E. ;  
Verwendung von Edelstahlrohren und Fittings  
in der Sanitärinstallation.  
Sanitär und Heizungstechnik (1972)12, p.849-854.
24. BOX, C.R. ;  
Operation and control of water treatment pro-  
cesses  
WHO, 1964
25. BUTLER, G. ; ISON, H.C.K. ;  
Corrosion and its prevention in waters  
London, Leonard Hill, 1968
26. SCHWENK, W. ;  
Galvanised steel and stainless steel tubing  
for domestic water distribution.  
La Tribune du Cebedeau 29 (1976) 396 p.382-389.
27. ELZENGA, C.H.J. ; BOORSMA, H.J. ;  
Corrosion of copper pipes in various types of  
drinking water  
10e IWSA congres 1974  
International Committee on corrosion and  
protection of underground pipelines  
Subject 1, p.01-07

28. TURNER, M.E.D. ;  
The influence of water composition on the dezincification of duplex brass fittings  
Proceedings of the Society for Wat.Treat.  
and Exam. 10 (1961) 2, p.162-179
29. TURNER, M.E.D. ;  
Further studies on the influence of water composition on the dezincification of duplex brass fittings  
Proceedings of the Society for Wat.Treatm. and Exam. 14 (1965) 1, p.81-87
30. LUCEY, V.F. ;  
Relationship between watercomposition and dezincification of duplex brass.  
Proc.British Non-ferrous metals research Ass.  
Sem. Copenhagen sept.1973  
(Tegenwoordige naam BNF Metals Technology Centre).
31. GROHMANN, A. ;  
Indikatoren des Kalk-Kohlensäure-gleichgewichtes.  
Gesundh.Ing. 90 (1969) p.261.
32. Die Kohlensäure in dem Deutschen Einheitsverfahren. II Die Kalkagressivität von Wasser.  
Vom Wasser 38 (1971) p.97-118.

