

ONTHARDING VOOR HUISHOUELIJK GEBRUIK

Mededeling nr. 61 van het KIWA

Rapport van de Commissie Waterontharders

Rijswijk, juli 1979

INHOUD		Blz.
1	SUMMARY	5
2	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	9
3	INLEIDING	13
4	HARDHEID VAN WATER	17
4.1	Wat is hardheid	17
4.2	Problemen samenhangende met de hardheid	19
4.2.1	Kalkzeep	19
4.2.2	Ketelsteen	20
4.2.3	Diverse problemen	21
4.2.4	Bezwaren van hard water in warm- watertoestellen	22
4.3	Indeling van watersoorten in Nederland naar hardheid	24
5	ONTHARDEN	27
5.1	Methoden van ontharden	27
5.1.1	Het kalk- en het kalk-sodaproces	27
5.1.2	Het ionenwisselproces	28
5.1.3	Andere processen	29
5.2	Ionenwisselapparatuur	30
5.2.1	Werking	30
5.2.2	Uitvoering	32

Blz.

5.3	Bezwaren van ontharden door ionen- wisseling	37
5.3.1	Bacteriologische gesteldheid	37
5.3.2	Chemische gesteldheid	39
5.4	Proefopstellingen	42
5.5	Lood	47
5.6	Koper	47
5.7	Kunststof	48
5.8	Op welke wijze kan aan de be- zwaren tegemoetgekomen worden	48
6	AANSLUITING AAN DE DRINKWATER- INSTALLATIE	51
7	EENHEDEN VAN HARDHEID	57

1 SUMMARY AND CONCLUSIONS

1.1 Summary

The phenomenon hardness of water and its results when applying hard water for domestic use are briefly treated without quantification of the results.

From the discussion on the various methods of water softening it follows that ion exchange is the only practically applicabel method for domestic water softening.

The advantages and disadvantages of this method are further pursued, especially the hygienic aspects of which the sharp rise in the bacterial count in particular. With the aid of the results of an investigation into the influence of, by means of ion exchange, softened water on copper and leaden pipes, it is proved to be impossible to indicate in advance that this water is more or less metal agressive than non softened water.

An additional result appears to be that warm water dissolves often more copper and lead than cold water.

In conclusion it is stated how to make a liable use of water softeners.

1.2 Conclusions

Softening for consumptive use may be attended by difficulties.

Method:

For domestic softening it is nowadays recommended to use ion exchange.

Execution:

Automatic regenerating ion exchangers are preferred.

Connection:

With stop cock, test cock and non-return valve having a KIWA mark.

Discharge:

With visible interruption of at least 50 mm between discharge and sewage drain.

Mains:

Lead: not permitted; copper permitted; plastic: permitted.

Applicability:

Avoid consumption of softened cold water.
In accordance with the recommendation of

VEWIN of 14th November 1966 and 30th March 1967 the application of water softening apparatus in offices, flat buildings, institutes and such are subject to limitations.

At the water works one should also note the locally applied terms of delivery and/or terms of connections.

2 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

2.1 Samenvatting

In het kort worden het verschijnsel hardheid van water en de gevolgen daarvan bij de toepassing van hard water in het huishouden behandeld, zonder deze gevolgen te kwantificeren.

Uit de bespreking van de verschillende methoden voor het ontharden van water volgt dat ionenwisseling de enige praktisch bruikbare methode is voor huishoudelijke waterontharding.

Ingegaan wordt op de voor- en nadelen van deze methode, vooral op de hygiënische aspecten, waarvan met name de sterke verhoging van het kiemgetal van het ontharde water. Aan de hand van de resultaten van een onderzoek naar de invloed van, door middel van ionenwisseling, onthard water op koperen en loden buizen wordt aangetoond dat van te voren niet kan worden aangegeven of dit water meer of minder metaalagressief is dan niet-onthard water.

Als nevenuitkomst blijkt dat vooral warm water vaak meer koper en lood in oplossing doet gaan dan koud water.

Tenslotte wordt aangegeven op welke wijze een verantwoord gebruik van een waterontharder kan worden gemaakt.

2.2 Conclusies

Algemeen:

Aan ontharding voor consumptief gebruik kunnen bezwaren verbonden zijn.

Methode:

voor ontharding voor huishoudelijke doeleinden wordt op dit moment ionenwisseling aanbevolen.

Uitvoering:

automatisch regenererende ionenwisselaars verdienen de voorkeur.

Aansluiting:

met stopkraan, proefkraan en keerklep met KIWA-keur.

Afvoer:

met zichtbare onderbreking van ten minste 50 mm tussen afvoer en riolering.

Leidingen:

lood: niet toegestaan; koper: toegestaan; kunststof: toegestaan.

Toepasbaarheid:

de consumptie van onthard koud water vermijden.

Overeenkomstig de aanbevelingen van de VEWIN van 14 november 1966 en 30 maart 1967 is de toepassing van wateronthardingsinstallaties in kantoren, flatgebouwen, installaties en dergelijke aan beperkingen onderhevig.

Men dient tevens bij het waterleidingbedrijf kennis te nemen van de inhoud van de plaatselijk geldende leveringsvoorwaarden en/of aansluitvoorwaarden.

INLEIDING

De laatste jaren worden er in verband met de mechanisering van het huishouden in toenemende mate toestellen aangesloten aan de drinkwaterinstallaties van de verbruikers. Bij de invoering van onder meer wasautomaten en vaatwasmachines doen zich daarbij enkele problemen voor met de hardheid van het door de waterleidingbedrijven gedistribueerde drinkwater.

Tevens wordt in toenemende mate het comfort van onthard water geapprecieerd.

Door de waterbehandelingstoestellen die worden opgesteld om de kwaliteit van het drinkwater geschikt te maken voor de toepassing in deze huishoudelijke apparaten, wordt echter de chemische samenstelling van het water gewijzigd. Bovendien bestaat daarbij de mogelijkheid dat onder bijzondere omstandigheden zogenaamde "vreemde stoffen" in het leidingnet kunnen worden gebracht.

Het is noodzakelijk gebleken na te gaan, welke de gevolgen kunnen zijn zowel van de wijziging van de samenstelling van het drinkwater als van terugstroming van stoffen uit het waterbehandelingstoestel

in de drinkwaterinstallatie. In november 1966 is daartoe door het KIWA N.V. de Werkgroep Waterontharders geïnstalleerd, welke tot taak heeft alle waterleidingtechnische aspecten van de toepassing van huishoudelijke waterbehandelingstoestellen te onderzoeken en haar bevindingen hierover te verwerken tot richtlijnen, welke zowel de fabrikanten, de gebruikers van waterbehandelingsapparaten als de waterleidingbedrijven duidelijke aanwijzingen verschaffen over de mogelijkheden van toepassing en de wijze van aansluiten van deze toestellen.

De samenstelling van de Commissie was tijdens het opstellen van de Mededeling:

voorzitter: ir. W.C. Wijntjes; Gemeentelijk
Waterbedrijf Groningen

secretaris: ing. P.J. van Winsen;
KIWA N.V.

leden : drs. L.A.C. Feij, Stichting
Waterleidinglaboratorium Zuid
ir. P.J. Hoos; Homé B.V.
Apparatenfabriek
ir. D. Naayer; Van Wijk en
Boerma Waterzuivering N.V.

In dit rapport zal een exposé van de problemen rond de huishoudelijke waterontharding worden gegeven.

Vele van de problemen zouden kunnen worden opgelost, indien door de waterleidingbedrijven water met een hardheid wordt geleverd, die overeenkomt met redelijke eisen van de zijde van haar afnemers. Daarbij zal in een aantal gevallen stellig een financieel voordeel voor de belanghebbende afnemer te bereiken zijn.

Voor deze problematiek, die buiten het bestek van de gegeven opdracht ligt, kan verwezen worden naar:

- 1) KIWA-mededeling Centrale Ontharding 1971.
- 2) KIWA-mededeling nr. 54.
Wisselwerking tussen drinkwater en leidingmateriaal 1978

4.1 Wat is hardheid?

De hardheid van water wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van opgeloste calcium- en magnesiumzouten.

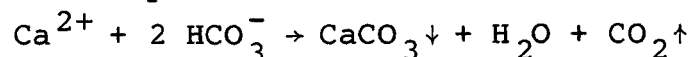
Water met een hoog gehalte aan deze zouten heeft de eigenschap, dat na het toevoegen van klassieke zepen (bereid door verzeping van vetten en oliën) deze aanvankelijk slecht of in het geheel niet schuimen, omdat calcium- en magnesiumzouten met de vetzurresten van de klassieke zepen onoplosbare kalkzeep en magnesiumzeep vormen. Nadat alle calcium- en magnesiumionen aan zeep zijn gebonden en omgezet in onoplosbare verbindingen, zal na hernieuwde zeep-toevoeging tenslotte schuim worden verkregen.

Ook andere ionen dan die van calcium en magnesium kunnen onoplosbare zeepverbindingen vormen, doch deze zijn kwantitatief van geen betekenis en worden daarom in dit verband verwaarloosd.

Water dat veel calcium- en magnesiumionen bevat, noemt men hard, water dat weinig van deze ionen bevat, noemt men zacht. De

calcium- en magnesiumhardheid wordt te zamen ook wel de totale hardheid genoemd. Men drukt deze uit in millimolen per liter. Vroeger hanteerde men andere eenheden voor de hardheid; hier te lande was dit vooral de Duitse graad ($1 \text{ mmol/l} = 2 \text{ meq/l} = 5,6 \text{ }^\circ\text{D} = 40 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{l} = 24,3 \text{ mg Mg}^{2+}/\text{l}$).

In water is steeds een grotere of kleinere hoeveelheid waterstofcarbonaationen (HCO_3^- ook wel bicarbonaat genoemd) aanwezig. Calciumwaterstofcarbonaat is bij niet te hoge temperaturen goed oplosbaar. Dit verandert bij verhitting; dan treedt de volgende reactie op:



Koolzuur ontwijkt; calciumcarbonaat slaat neer, in het bijzonder op de warmste plaatsen. Onderzoekt men het water na de verhitting (koken), dan blijkt de hardheid afgenomen te zijn met een hoeveelheid, die overeenkomt met het HCO_3^- -gehalte voordien. Dit deel der hardheid is dus door verhitting te verwijderen.

Wederom uitgedrukt in mmol/l spreekt men van de waterstofcarbonaat- of carbonaat-hardheid, ook wel genoemd bicarbonaathardheid of tijdelijke hardheid.

Indien de totale hardheid groter is dan

de tijdelijke hardheid, wordt het verschil blijvende hardheid genoemd, blijvend in de betekenis van: blijvend ook na koken.

Deze situatie is aanwezig als bijvoorbeeld calciumsulfaat (gips) en calciumchloriden in het water zijn opgenomen.

4.2 Problemen samenhangende met de hardheid

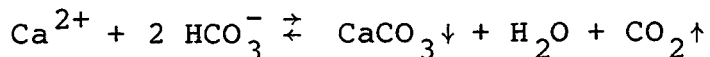
4.2.1 Kalkzeep

Zoals gezegd zijn verbindingen van calcium en magnesium met klassieke vetzuren zeep (zogenaamde kalkzeepen) onoplosbaar; ze hebben géén waswerking. Bij het wassen van het lichaam schuimt de zeep slecht, wat een onaangename gewaarwording is en tevens leidt tot een groter zeepverbruik. Bij de textielwas zet de kalkzeep zich af op de vezels en maakt deze hard en stug, waardoor breuk en verhoogde slijtage optreden. Ook hier is er uiteraard een groter zeepverbruik.

Aangezien de meeste zogenaamde synthetische wasmiddelen naast synthetische zeepen nog klassieke zeep bevatten, geldt dit bezwaar - zij het in mindere mate - ook voor deze groep.

4.2.2 Ketelsteen

Onder ketelsteen verstaat men afzettingen van mineraal karakter uit water; calciumcarbonaat is hiervan een voornaam bestanddeel.



Bij verwarming van het water verschuift het evenwicht van de reactie naar rechts, zodat CaCO_3 -afzettingen gevormd worden, vooral op de warmste plaats. Bekend is de ketelsteen op de bodem van huishoudelijke waterkookketels. Iets soortgelijks gebeurt in een in chemisch evenwicht zijnd koud water, indien het opgeloste koolzuur gelegenheid krijgt te ontwijken; dan is het evenwicht verstoord en de reactie verloopt eveneens naar rechts onder vorming van koolzuur en derhalve van calciumcarbonaat. Vooral in sterk koolzuur- en waterstofcarbonaathoudend water bemerkt men op plaatsen, waar de druk is verminderd, bijvoorbeeld in tapkranen, de afzettingen. De kranen gaan daardoor slecht sluiten.

De grote samenhang van een eenmaal gevormd calciumcarbonaatneerslag geeft hieraan het typische ketelsteenkarakter. Calciumcarbonaat is te verwijderen door het op te los-

sen in zuren.

In geval van blijvende hardheid, bijvoorbeeld wanneer het water in belangrijke mate calciumsulfaat (gips) bevat, kan bij gehele of gedeeltelijke verdamping naast calciumcarbonaat ook calciumsulfaat neerslaan. Bij verhitting tot hogere temperaturen - bij neerslagen op verwarmingsspiralen stellig niet uitgesloten - ontstaan moeilijk oplosbare kristalvormen.

Neerslagen die veel calciumsulfaat bevatten, zijn noch chemisch (met zuur) noch mechanisch gemakkelijk te verwijderen.

4.2.3 Diverse problemen

Bij het afwassen en spoelen van glas- en vaatwerk met hard water treedt vaker vorming van vlekken op dan met zacht water. Hetzelfde geldt voor het spoelen van films en foto's.

Naast de bovenvermelde chemische oorzaak (Ca) speelt hierbij ook een fysische oorzaak een rol met name de verandering van de oppervlaktespanning, waarbij onthard water eerder een film dan druppels vormt. Verder is geconstateerd, dat peulvruchten en dergelijke in hard water minder snel

zacht en gaar worden. De zetsels van thee met hard water blijken van mindere kwaliteit dan die met zacht water.

In hoeverre het optreden van hart-, vaat- en andere ziekten samenhangt met de hardheid, is een punt dat in medische kringen in onderzoek is. Het schijnt voorbarig om van een causale samenhang tussen gevonden sterftekansen en een lage hardheid van het leidingwater te spreken.

4.2.4 Bezwaren van hard water in warmwatertoestellen

De afzetting van ketelsteen en/of kalkzeep leidt bij toestellen waarin water wordt verwarmd tot praktische bezwaren.

1. In geisers, waar het water wordt opgewarmd tot 60 à 70 °C, treedt bij hard water ketelsteenvorming op.

Daardoor is herhaald schoonmaken van de verwarmingsspiralen, kranen en dergelijke nodig, terwijl er verhoogde kans is op het optreden van lekkages.

In verband met de betrekkelijk lage wattertemperaturen treden bezwaren op bij hardheden groter dan 2,5 mmol/l (14 °D).

2. In boilers wordt het water opgewarmd tot 85 à 90 °C. Ketelsteenafzetting vindt vooral plaats op de verwarmingselementen, wat aanleiding kan geven tot doorbranden daarvan; de reparatie is een kostbare zaak.

Het euvel wordt ernstig bij hardheden van 2,5 mmol/l (14 °D) en hoger, doch kan ook bij iets lagere hardheden optreden, 1,5 mmol/l (9 °D).

Ook kan afzetting in tapkranen optreden (lekkage).

3. In wasmachines met verwarming kan zich behalve ketelsteen ook kalkzeep afzetten op de verwarmingselementen bij hardheden boven 1,5 mmol/l (9 °D). Daar beneden zullen geen moeilijkheden verwacht behoeven te worden, gezien de samenstelling van de speciale wasmiddelen voor deze toestellen.
4. In het bijzonder bij het vaatwassen in afwasautomaten treden moeilijkheden op, indien daarbij hard water wordt gebruikt; in dit geval vertoont het vaatwerk na opdrogen vlekken, welke speciaal bij glaswerk opvallend en hinderlijk zijn.

5. In stoomstrijkijzers wordt het water geheel verdampt. Aangezien zowel bij gebruik van hard water als van onthard water afzettingen achterblijven, welke moeilijk zijn te verwijderen, verdient het aanbeveling voor dit geval gedestilleerd of op andere wijze ontzout water te gebruiken.

4.3 Indeling van de watersoorten in Nederland naar hardheid

De in Nederland voorkomende leidingwateren hebben een zeer verschillende samenstelling; alleen al wat betreft de hardheid wordt water gedistribueerd met een totale hardheid van bijna 0 tot meer dan 5,5 mmol/l (31 °D).

Het ligt voor de hand de watersoorten in te delen naar de tijdelijke in plaats van naar de blijvende hardheid. Om praktische redenen is echter een indeling gemaakt naar de totale hardheid in de volgende groepen:

0 -0,5 mmol/l (ca. 0-3 °D) zeer zacht
0,5-1,5 mmol/l (ca. 3-9 °D) zacht
1,5-2,5 mmol/l (ca. 9-14 °D) matig hard
meer dan 2,5 mmol/l (ca. 14°D) hard en zeer hard water.

Hoewel geen scherpe grenzen kunnen worden getrokken, aangezien vele omstandigheden hun invloed uitoefenen op de ketelsteenafzetting, ligt aan bovenstaande indeling het navolgende ten grondslag:

0-0,5 mmol/l (ca. 0-3 °D)

Voor huishoudelijke doeleinden is geen ontharding nodig; bij aanwezigheid van koolzuur in het water bestaat kans op corrosie.

0,5-1,5 mmol/l (ca. 3-9 °D)

Voor vaatwasmachines kan ontharding nuttig worden. Geen ontharding is nodig voor heetwatertoestellen en de textielwas.

1,5-2,5 mmol/l (ca. 9-14 °D)

Er is kans op ketelsteenafzetting in boilers, terwijl ook in wasmachines afzettingen kunnen optreden. Gasgeisers kunnen in dit traject problemen opleveren.

meer dan 2,5 mmol/l (ca. 14 °D)

In alle warmwatertoestellen treedt in meerdere of mindere mate afzetting van ketelsteen op. Ontharding is wenselijk.

Aangezien de hardheid van het drinkwater binnen de grenzen van het voorzieningsgebied van een waterleidingbedrijf door bijvoorbeeld de aanwezigheid van verscheidene pompstations belangrijk kan variëren, is het nuttig bij de installatie van toestel-

len - waarvan een goede functionering afhankelijk is van de hardheid van het water - bij het waterleidingbedrijf ter plaatse nadere inlichtingen over de hardheid in te winnen.

5 ONTHARDEN

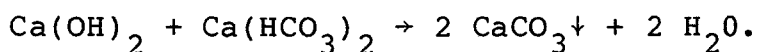
5.1 Methoden van ontharden

Ontharden is een proces, waardoor de calcium- en magnesiumionen geheel of gedeeltelijk uit het water worden verwijderd. In principe zijn er drie methoden om water te ontharden.

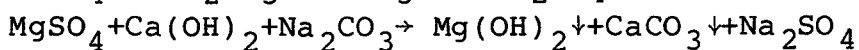
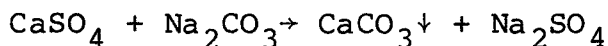
5.1.1 Het kalk- en kalksodaproces

Aan water waaruit uitsluitend de waterstofcarbonaathardheid behoeft te worden verwijderd, voegt men calciumhydroxide toe. Deze stof zet calciumwaterstofcarbonaat om in calciumcarbonaat.

Dit laatste is slecht oplosbaar en kan onder meer door bezinking of filtratie uit het water worden verwijderd.



Wanneer blijvende hardheid moet worden weggenomen, moet ook soda worden toegevoegd. Dan vinden bijvoorbeeld de volgende reacties plaats:



Dit proces is niet geschikt voor toepassing

in de huishouding; het wordt echter wel in grote industriële installaties toegepast, onder andere ook bij waterleidingbedrijven die zelf het gewonnen water ontharden. Omdat calciumcarbonaat en magnesiumhydroxide in geringe mate oplosbaar zijn, blijft er altijd een restcarbonaathardheid in het water over.

5.1.2 Het ionenwisselproces

Ionenwisselharsen bezitten het vermogen uit water calcium- en magnesiumionen op te nemen en daarvoor in de plaats een equivalente hoeveelheid natriumionen af te geven. Dus $\text{Ca-ionen} + \text{Na-hars} \rightarrow \text{Na-ionen} + \text{Ca-hars}$

$\text{Mg-ionen} + \text{Na-hars} \rightarrow \text{Na-ionen} + \text{Mg-hars}$

Het water wordt op deze wijze vrijwel geheel onthard. Na verloop van tijd raakt de ionenwisselhars verzadigd met calcium en magnesium, waardoor er een eind komt aan het onthardingsproces. De hars kan echter weer worden geregenereerd. Door behandeling met een voldoende sterke pekkel (een oplossing van keukenzout) kan men het uitwisselproces omkeren, zodat dan verloopt:

$\text{Ca-hars} + \text{zeer veel Na-ionen} \rightarrow \text{Na-hars} + \text{Ca-ionen}$.

Een soortgelijke reactie geldt voor magnesium:

Mg-hars+zeer veel Na-ionen → Na-hars+Mg-ionen.

De vrijgekomen Ca- en Mg-zouten worden met de overmaat pekkel naar het riool afgevoerd.

5.1.3 Andere processen

Fosfaattoevoeging helpt wel voor het in oplossing houden van calcium- en magnesiumzouten doch wordt voor consumptief gebruik van water niet toegestaan.

Daarnaast wordt hier nog vermeld, dat er voor huishoudelijke en industriële toepassing ook apparaten op de markt worden gebracht, die op grond van magnetische, elektrische, stralings- of andere effecten de afzetting van ketelsteen zouden kunnen voorkomen.

Bij zorgvuldig vergelijkend onderzoek is echter van een dergelijke werking van deze apparaten tot nu toe niets gebleken.

5.2 Ionenwisselapparatuur

5.2.1 Werking

Ontharding

Water kan door de ionenwisselaar zowel in opwaartse- als in neerwaartse richting stromen. De korrels waaruit de ionenwisselhars bestaat, dienen dicht tegen elkaar te liggen, ten einde een goed contact tussen het water en deze korrels te bereiken.

Bij verzadiging van de hars met Ca en Mg, zoals onder 5.1.2 is beschreven, zal het water niet meer worden onthard.

Om het vermogen tot ontharden te herstellen, dient de hars te worden geregenereerd.

Regeneratie

De regeneratie bestaat uit drie fasen.

a. Het opspoelen

Dit geschiedt in opwaartse richting en heeft tot doel vuil dat zich eventueel op het bed heeft verzameld, te verwijderen. Het bed komt hierbij in een losse (geëxpandeerde) toestand; kanalen, die zich mogelijk tijdens het gebruik in het bed hebben gevormd, worden hierdoor tenietgedaan.

Het opspoelen is geen absolute noodzaak bij gebruik van schoon leidingwater en een niet te hoge belasting.

Na langdurig gebruik moet de harsvulling dan echter vervangen of grondig gereinigd worden.

b. Het regenereren

Het principe daarvan wordt beschreven onder 5.1.2.

c. Het naspoelen

De zoutresten worden met doorgaans verhoogde snelheid uit de ontharder gespoeld, waarna deze weer voor gebruik gereed is.

Wijze van regeneratie

Naar de wijze van regenereren kan onderscheid worden gemaakt tussen de methode waarbij opspoelen en regenereren afzonderlijk geschieden en de methode waarbij deze twee bewerkingen tegelijkertijd geschieden. Voor goed opspoelen van het harsbed dient dit met 60 % te worden geëxpandeerd. Voor een goede regeneratie is het nodig, dat de pakking van het harsbed zo dicht mogelijk is. Het is dan ook het beste, dat deze twee fasen afzonderlijk worden uitgevoerd.

In geval tegelijkertijd opgespoeld en gere-geneerd wordt, wordt aan de twee eerder-genoemde voorwaarden niet voldaan. Deze methoden van regenereren is een compromis, dat zich uit in een iets hoger zoutverbruik en in een iets hogere resthardheid in het water.

5.2.2 Uitvoering

Bediening

Naar de bediening kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- handbediende uitvoering;
- semi-automatische uitvoering;
- automatische uitvoering;

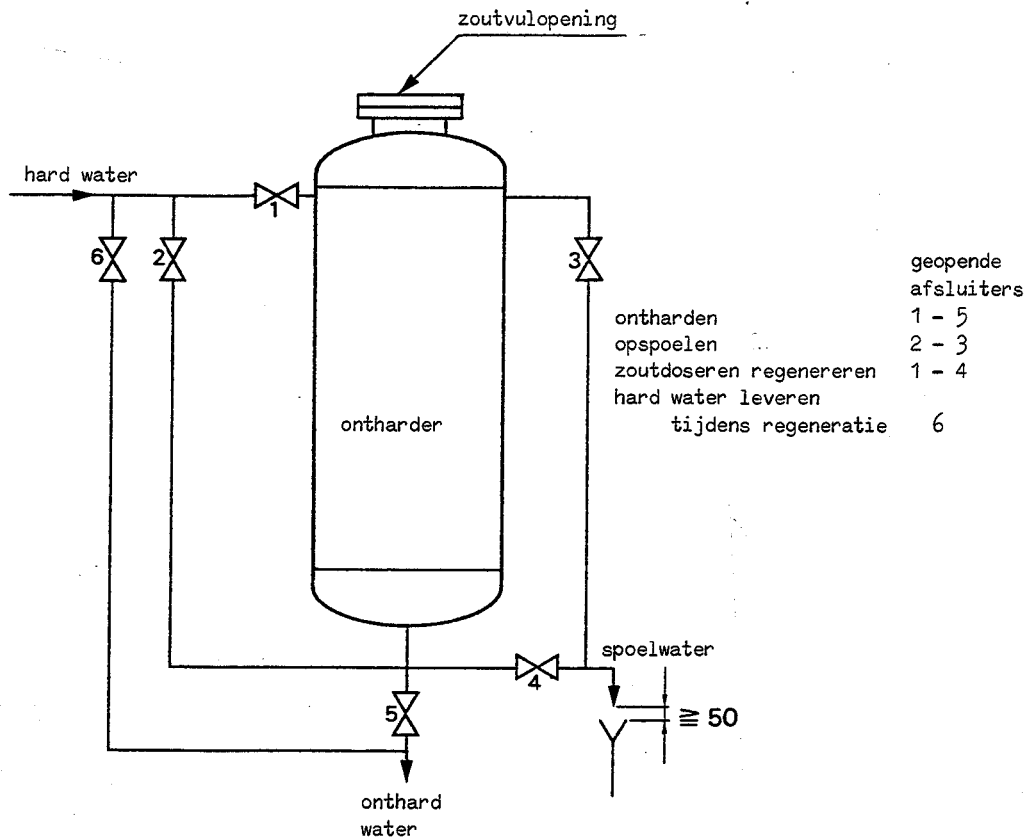
De pekelbereiding kan worden uitgevoerd:

- a. door de directe zoutinbreng;
- b. in een afzonderlijk zoutoplosvat;
- c. in een afzonderlijk pekeltvat met een zoutvoorraad.

Deze laatste pekeltvaten worden speciaal toegepast voor (semi-)automatische onthar-dingsapparaten, zowel voor die waarbij het opspoelen en regenereren apart als voor die waarbij dit gecombineerd geschiedt.

Uitvoeringsvormen kunnen als volgt zijn:

Handbediend met directe zoutdosering (zie afb. 1).



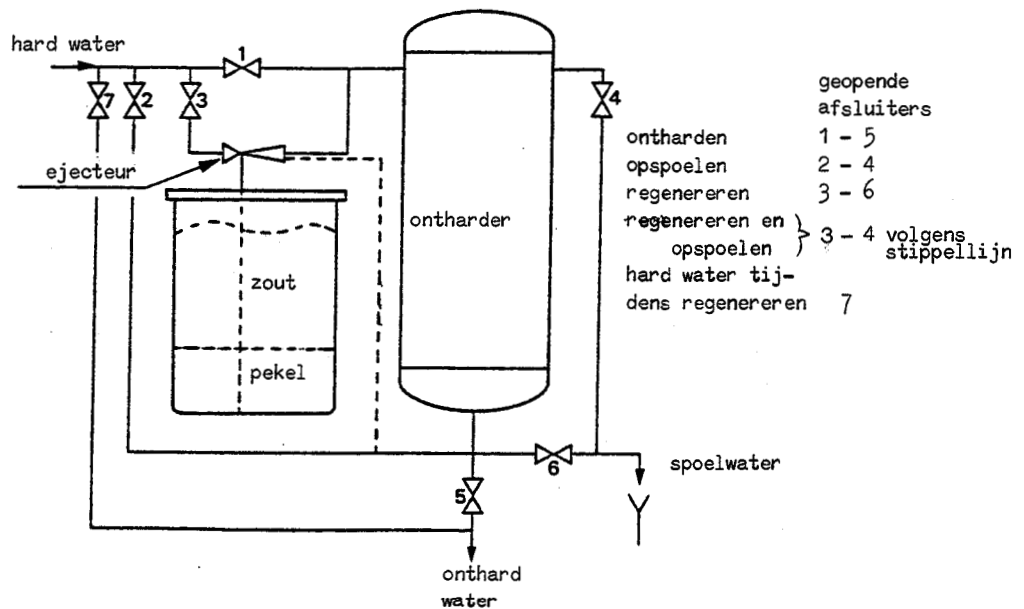
Afb. 1 - Schema handbediende ontharder met directe zoutdosering

De bovenzijde van de ontharder is toegankelijk voor het inbrengen van zout. Het opspoelen geschiedt vóór de eigenlijke regeneratie.

Handbediend met pekел- en zoutvoorraadvat
(zie afb. 2)

De ontharder is gesloten uitgevoerd; het afzonderlijk zoutvat is drukloos uitgevoerd en bevat een zoutvoorraad, voldoende voor meerdere regeneraties, alsmede een pekелvoorraad voor één regeneratie.

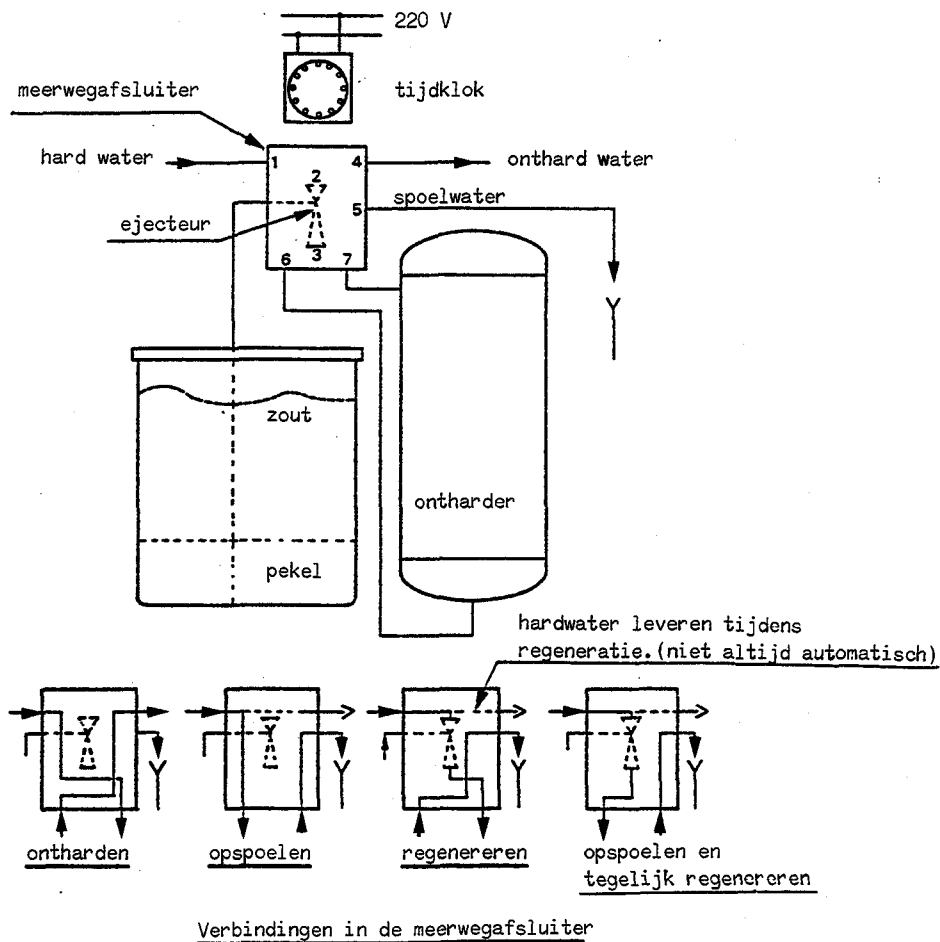
In geval van een combinatie van opspoelen en regenereren vindt pekelaanvoer aan de onderzijde van de ontharder plaats. Na de regeneratie wordt een hoeveelheid water naar het zoutvat gevoerd om de vereiste pekел voor de volgende regeneratie te vormen.



Afb. 2 - Schema handbediende ontharder met pekелvat en zoutvoorraad.

Automatische uitvoering (zie afb. 3)

Deze apparaten worden uitsluitend uitgevoerd met een pekeltvat met een zoutvoorraad. Het invoeren van water in het zoutvoorraadvat kan begrensd worden met een vlotterklep. Bij andere uitvoeringen worden zowel de stroomsnelheid van het invoeren als de tijd begrensd, waarbij de vlotterklep vervalt.



Afb. 3 - Schema automatische ontharder met meerwegafsluiter en tijd klok.

De verschillende fasen van het regenereren (opspoelen, aanvoer van pekkel, naspoelen) worden bereikt met behulp van een automatische meerwegafsluiter. Het tijdstip waarop de regeneratie in werking treedt, wordt afgesteld op een tijd klok.

Semi-automatische uitvoering

Het begrip semi-automatisch wordt in de praktijk op verschillende wijzen gehanteerd. De automatische installaties bezitten vrijwel alle een tijd klok. De regeneratie kan ook door bediening van een drukknop worden gestart, waarna het regeneratieproces automatisch verloopt. In dit geval kan dus van een semi-automatische bediening worden gesproken.

Ook wordt de aanduiding semi-automatisch gebezigd voor de uitvoering met een niet-automatische meerwegafsluiter. Indien een regeneratie verlangd wordt, dient de meerwegafsluiter in een andere stand gebracht te worden, waarna regeneratie (gecombineerd met opspoelen) plaatsvindt.

Slechts indien automatische terugkeer in de bedrijfsstand plaatsvindt, is voor deze uitvoering de benaming semi-automatisch gerechtvaardigd.

5.3 Bezwaren van ontharden door ionenwisseling

Ontharding van drinkwater door middel van ionenwisseling kan zowel de bacteriologische gesteldheid als de chemische eigenschappen van dat water veranderen. Dit kan in bepaalde situaties tot bezwaren aanleiding geven, die zowel van bacteriologische als van chemische aard kunnen zijn.

5.3.1 Bacteriologische gesteldheid

In verschillende publikaties wordt erop gewezen dat het kiemgetal van water sterk kan stijgen na passage door een ontharder, ongeacht het feit of het ingaande water al dan niet aan de bacteriologische normen voor goed drinkwater voldoet. Ook door een aantal waterleidingbedrijven is dit verschijnsel geconstateerd. Al naar gelang de omstandigheden zijn verhogingen van het kiemgetal met een factor 10 tot 1.000.000 waargenomen. Hoewel het kiemgetal van goed drinkwater, na passage door een ontharder, ver boven de norm kan liggen, is de hygiënische betekenis hiervan niet geheel duidelijk.

Het kiemgetal van het water wordt echter

wèl als een hulpmiddel gebruikt bij de controle op de hygiënische betrouwbaarheid van het drinkwater.

Een verhoogd kiemgetal geeft altijd aanleiding tot een onderzoek naar de reden hiervan. Is het verhoogde kiemgetal geconstateerd na een ontharder dan dient door bemonstering van het water voor de ontharder, nagegaan te worden of de oorzaak gelegen is in het leidingnet dan wel in de ontharder. Betreft het de ontharder dan bestaat de mogelijkheid dat na een regeneratie van de ontharder die is uitgevoerd op minder hygiënische wijze of waarbij verontreinigd zout is gebruikt, het ontharde water bacteriologisch onbetrouwbaar is geworden. Om dit echter vast te stellen zou een uitgebreid bacteriologisch onderzoek dienen plaats te vinden. Om praktische redenen wordt dit niet verricht.

In het algemeen moet derhalve het gebruik van koud onthard water voor consumptie worden vermeden. Het verdient sterke aanbeveling de aanleg of de wijziging van een drinkwaterinstallatie op zodanige wijze uit te voeren, dat het voor consumptie bestemde water niet via de ontharder loopt.

De genoemde bacteriologische bezwaren komen te vervallen indien het ontharde water in een voorraad-warmwatervat tot ten minste 343 K (70 °C) wordt verwarmd.

5.3.2 Chemische gesteldheid

Zoals reeds aan het begin van dit rapport werd vermeld, bestaat de totale hardheid van het water voor een deel uit waterstof-carbonaathardheid. Het calciumwaterstof-carbonaat kan in oplossing slechts bestaan in aanwezigheid van een bepaalde hoeveelheid zogenaamd "bijbehorend" koolzuur. Dit bijbehorende koolzuur is dus niet agres-sief. Wordt water over een ionenwisselaar geleid, dan worden de calciumwaterstofcar-bonaten omgezet in natriumwaterstofcarbo-naten. Natriumwaterstofcarbonaat echter heeft in tegenstelling tot calciumwater-stofcarbonaat geen koolzuur nodig om in oplossing te blijven. De omzetting heeft

daardoor tot gevolg, dat het bijbehorende koolzuur kalkagressief wordt.

Kalklagen op binnenwanden van buizen en toestellen kunnen daardoor oplossen, waarna het onderliggende metaal met het water kan reageren. In welke mate dit gebeurt hangt van de omstandigheden af.

In de eerste plaats speelt de temperatuur, waarbij de verschillende reacties plaatsvinden, een rol. Chemische reacties verlopen bij hogere temperaturen sneller.

Warm water zal derhalve in het algemeen een groter metaaloplossend vermogen bezitten dan koud water.

In de tweede plaats is de samenstelling van het te ontharden water van belang. De meeste soorten drinkwater in Nederland zijn rijk aan allerlei andere ionen. Naarmate er meer ionen zoals chloriden in het water aanwezig zijn, neemt het metaaloplossend vermogen van het ontharde water in aanwezigheid van koolzuur en van zuurstof sterk toe. Het door de waterleidingbedrijven afgeleverde water vertoont grote verschillen in samenstelling, zodat niet zonder onderzoek is te zeggen of een water door ontharding corrosieve eigenschappen zal gaan vertonen of niet. Zelfs is het zo, dat het

door een bepaald bedrijf afgeleverde water in de loop van de tijd vrij sterk in samenstelling kan variëren. Daarbij komt nog dat de gevolgen van de agressiviteit afhankelijk zijn van de toegepaste materiaalsoorten in de drinkwaterinstallaties. In Nederland worden thans voor drinkwaterinstallaties praktisch alleen koperen buizen toegepast. Er bestaan echter nog zeer vele - voornamelijk vooroorlogse - drinkwaterinstallaties, die zijn opgebouwd uit lood. Voor de toekomst mag zeker een ontwikkeling worden verwacht in de richting van kunststof; een aantal woningen is hiermede reeds geïnstalleerd.

Een ander aspect is, dat door de uitwisseling van calcium- en magnesiumionen tegen natriumionen, het natriumgehalte stijgt. Deze stijging is afhankelijk van het onthardingstraject. Een onthardingstraject van bijvoorbeeld 2,5 mmol/l (14 °D) komt overeen met een stijging van het natriumgehalte met 115 mg/l. Deze toename kan voor mensen met een natriumarm dieet te groot zijn.

In de nabije toekomst is bovendien een wettelijke regeling voor het maximale natriumgehalte voor drinkwater te verwachten in de grootte-orde van 175 mg/l.

5.4 Proefopstellingen

In samenwerking met waterleidingbedrijven is bij derden door de Werkgroep een aantal proefopstellingen geplaatst met koperen en loden buizen.

Door deze buizen stroomde periodiek hard en door middel van ionenwisseling onthard water, zowel koud als verwarmd.

Twee opstellingen werden beproefd met grondwater, een met oppervlaktewater en een met in de duinen geïnfiltreerd en vervolgens teruggewonnen oppervlaktewater.

Deze opstellingen zijn tot twee jaar in bedrijf geweest. Volgens de huidige inzichten is dit echter nog te kort om te kunnen vaststellen of een stabiele toestand is ingetreden.

De resultaten zijn statistisch bewerkt en samengevat in tabellen.

In de hiernavolgende tabellen is duidelijk te zien welke invloed chloride en temperatuurverhoging hebben op het metaaloplossend vermogen van het water.

In tabel 1 komen onder het p.s. Scheveningen twee perioden voor met respectievelijk 123 en 187 mg Cl⁻/l.

Bezien wij de kopergehalten tijdens doorstroming dan zijn deze voor hard koud (HK) water respectievelijk 0,18 en 0,61 mg/l, en voor zacht koud (ZK) water respectievelijk 0,12 en 0,40 mg/l.

Bij de twee soorten warm water treden dergelijke verschillen op. Bezien wij de loodgehalten tijdens doorstroming dan zijn de verschillen nog veel duidelijker, ook de invloed van de temperatuur is duidelijk te zien.

In tabel 2 worden de verschillen direct in mg/l gegeven en in tabel 3 de verhoudingen tussen de metaalgehalten.

Voor locatie 4 bijvoorbeeld, is te zien dat tijdens doorstroming het harde warme (HW) water 1,5 x zoveel koper bevat als het harde koude water.

Samenvattend kan gesteld worden dat op grond van de hiervermelde resultaten niet van te voren kan worden aangegeven of door middel van ionenwisseling onthard water meer of minder metaalagressief is dan het niet-ontharde water. Als nevenuitkomst blijkt dat vooral warm water en water met een hoog chloridegehalte vaak meer koper en lood in oplossing doen gaan dan koud water, respectievelijk water met een laag chloridegehalte.

Tabel 1 Algemeen overzicht van de resultaten van de proefopstellingen

	Locatie 1			locatie 2			locatie 3			locatie 4						
	mg/l	sa	n	mg/l	sa	n	mg/l	sa	n	3-7-1970 - 15-12-1970 Cl ⁻ =123 mg/l			3-1-1972 - 14-8-1972 Cl ⁻ =187 mg/l			
										mg/l	sa	n	mg/l	sa	n	
kopergehalten na 16 h stilstand																
HK	5,68	1,26	19	3,34	0,43	7	1,26	0,18	30	1,17	0,07	7	1,18	0,09	6	
ZK	4,03	1,16	19	3,75	0,45	7	1,14	0,19	27	1,69	0,10	6	1,90	0,47	6	
HW	3,77	0,84	22	4,11	0,59	5	0,77	0,12	28	0,90	0,08	7	0,96	0,09	6	
ZW	3,34	0,77	26	2,40	0,24	7	0,70	0,14	28	1,20	0,15	7	1,39	0,14	6	
kopergehalten tijdens doorstroming																
HK	0,13	0,05	28	0,06	0,03	3	0,22	0,26	37	0,18	0,04	8	0,61	0,09	6	
ZK	0,08	0,02	26	0,05	0,02	7	0,09	0,14	36	0,12	0,03	8	0,40	0,15	6	
HW	0,68	0,08	28	0,55	0,07	4	0,10	0,13	37	0,24	0,03	9	0,52	0,14	6	
ZW	0,68	0,08	28	0,54	0,04	6	0,19	0,19	36	0,24	0,06	9	0,56	0,14	5	
loodgehalten na 16 h stilstand																
HK	0,53	0,15	22	0,36	0,27	6	0,19	0,07	25	0,26	0,03	23	0,34	0,05	18	
ZK	0,63	0,09	14	0,75	0,13	5	0,16	0,07	27	0,47	0,05	24	0,54	0,07	19	
HW	0,73	0,21	29	0,66	0,09	5	0,18	0,06	24	0,27	0,08	24	0,36	0,05	18	
ZW	0,80	0,40	20	0,81	0,19	4	0,27	0,12	30	0,50	0,08	22	0,64	0,11	22	
loodgehalten tijdens doorstroming																
HK	0,03	0,00	30	0,07	0,02	4	0,02	0,03	37	0,01	0,005	27	0,20	0,06	24	
ZK	0,05	0,07	26	0,03	0,06	3	0,02	0,03	37	0,02	0,01	28	0,20	0,08	18	
HW	0,32	0,05	20	0,27	0,05	5	0,13	0,07	27	0,13	0,08	26	0,33	0,07	17	
ZW	0,32	0,03	28	0,19	0,02	5	0,13	0,11	36	0,14	0,01	20	0,54	0,14	19	

HK = hard koud water
 ZK = zacht koud water
 HW = hard warm water
 ZW = zacht warm water

mg/l = gemiddelde metaalgehalte
 sa = standaardafwijking
 n = aantal waarnemingen

Tabel 2 Verschillen in kopergehalten tussen de verschillende soorten water

	locatie 1				locatie 2				locatie 3				locatie 4			
	mg/l	sa	k	n	mg/l	sa	k	n	mg/l	sa	k	n	mg/l	sa	k	n
kopergehalten na 16 h stilstand																
ZK - HK	-1,6	1,5	3	29	+0,35	0,18	0	7	-0,21	0,44	12	37	+0,71	0,45	0	25
ZW - HW	-0,51	0,45	3	24	-1,45	0,92	0	7	-0,04	0,29	15	35	+0,33	0,33	4	25
HW - HK	-1,8	1,6	5	28	+0,69	0,56	0	8	-0,56	0,24	1	38	-0,25	0,16	0	25
ZW - ZK	-0,6	0,7	4	28	-1,20	0,48	0	8	-0,47	0,34	3	36	-0,63	0,42	0	25
kopergehalten tijdens doorstroming																
ZK - HK	-0,07	0,07	1	30	+0,02	0,4	2	7	-0,18	0,19	2	31	-0,4	0,34	8	25
ZW - HW	-0,02	0,13	15	30	+0,2	0,11	4	7	+0,1	0,16	6	30	-0,04	0,33	10	25
HW - HK	+0,54	0,18	0	32	+0,47	0,11	0	8	-0,14	0,21	5	34	+0,15	0,26	6	24
ZW - ZK	+0,60	0,20	0	32	+0,47	0,16	0	8	+0,12	0,14	5	32	+0,06	0,35	5	24
Verschillen in loodgehalten tussen de verschillende soorten water																
loodgehalten na 16 h stilstand																
ZK - HK	+0,15	0,14	2	29	+0,4	0,43	4	6	+0,67	2,91	13	36	+0,19	0,08	1	74
ZW - HW	+0,7	0,31	11	30	+0,05	0,13	3	6	+0,07	0,20	10	37	+0,22	0,15	8	73
HW - HK	+0,22	0,16	1	31	+0,34	0,15	0	7	-0,01	0,08	16	38	+0,02	0,08	32	66
ZW - ZK	+0,16	0,28	11	30	-0,03	0,34	3	7	+0,10	0,19	9	37	+0,05	0,16	26	74
loodgehalten tijdens doorstroming																
ZK - HK	+0,02	0,04	7	27	+0,01	0,60	2	6	0,0	0,04	15	30	+0,01	0,07	15	58
ZW - HW	+0,03	0,15	14	31	-0,08	0,10	1	6	+0,01	0,10	14	35	+0,08	0,23	18	76
HW - HK	+0,26	0,09	0	32	+0,23	0,14	0	7	+0,10	0,09	6	37	+0,17	0,22	5	75
ZW - ZK	+0,28	0,09	0	31	+0,23	0,18	0	7	+0,12	0,12	3	35	+0,22	0,19	4	76

HK = hard koud water
 ZK = zacht koud water
 HW = hard warm water
 ZW = zacht warm water

d = gemiddeld verschil in metaalgehalte in mg/l
 sa = standaardafwijking
 k = aantal afwijkingen
 n = aantal waarnemingen

Tabel 3 Gemiddelde verhoudingen van de metaalgehalten van de verschillende soorten water na de proefbuizen

	locatie 1	locatie 2	locatie 3	locatie 4	
				1e periode	3e periode
koper na 16 h stilstand					
ZK : HK	0,71	1,13	0,94	1,41	1,67
ZW : HW	0,88	0,61	0,94	1,37	1,40
HW : HK	0,65	1,16	0,57	0,79	0,84
ZW : ZK	0,87	0,65	0,58	0,75	0,66
ZW : HK	0,58	0,72	0,55	1,08	1,15
koper tijdens doorstroming					
ZK : HK	0,56	0,55	0,29	0,55	0,95
ZW : HW	1,00	0,98	1,69	0,96	0,92
HW : HK	5,17	7,65	0,55	1,45	1,23
ZW : ZK	9,14	11,57	2,04	1,96	1,35
ZW : HK	5,26	8,83	0,68	1,12	1,21
lood na 16 h stilstand					
ZK : HK	1,16	0,75	0,85	1,74	1,63
ZW : HW	1,21	0,73	1,51	1,41	1,88
HW : HK	1,55	1,50	0,92	1,01	1,05
ZW : ZK	1,25	3,41	1,94	1,04	1,22
ZW : HK	1,45	4,21	1,36	1,82	1,92
lood tijdens doorstroming					
ZK : HK	1,38	2,43	1,16	1,92	1,05
ZW : HW	1,10	1,13	1,34	1,50	1,89
HW : HK	10,17	3,15	(7,32)	8,14	1,64
ZW : ZK	8,05	1,23	6,24	6,31	3,07
ZW : HK	10,82	2,43	5,35	12,69	3,61

() niet bewerkt, standaardafwijking groter dan dit gemiddelde

5.5 Lood

De ervaring heeft geleerd, dat door onthard water uit loden leidingen meer dan de, uit oogpunt van volksgezondheid toelaatbare hoeveelheden lood worden opgenomen.

Lood is uit medisch oogpunt gevaarlijk, daar lood in het lichaam cumuleert en bij overschrijding van een bepaalde grens giftig wordt.

Gezien de bijzondere giftigheid van lood is het niet toegestaan loden leidingen te gebruiken voor onthard water, voor zover dit als drinkwater kan worden gebruikt.

In nieuw aan te leggen drinkwaterinstallaties mogen in het geheel geen loden leidingen meer worden toegepast.

5.6 Koper

Koper is aanzienlijk minder giftig dan lood.

Volgens de aan de Waterleidingwet toegevoegde aanbevelingen van de VEWIN behoort het koperoplossend vermogen kleiner te zijn dan 3 mg/l na een verblijf van 16 uur in een koperen buis. Een gelukkige omstandigheid is dat het water voor velen een wrange smaak krijgt voordat de grens van

3 mg koper/l wordt bereikt, waardoor de consument wordt gewaarschuwd.

In het kader van de harmonisering van de wetgevingen van de lid-staten van de Europese Gemeenschappen zal binnenkort een definitieve richtlijn voor kwaliteitsparameters voor drinkwater worden vastgesteld, waarin het maximaal toelaatbare gehalte voor koper naar verwachting lager zal zijn, dan de waarde die in de aanbeveling van de VEWIN wordt genoemd.

5.7 Kunststof

Van dit materiaal is bekend, dat er vaak loodverbindingen in verwerkt worden. Het loodoplossend vermogen voor gewoon niet onthard water wordt geregeld gecontroleerd, doch van onthard water, koud en warm, zijn de Werkgroep geen ervaringen bekend.

Buizen van ongeplasticeerd PVC die voldoen aan de door het KIWA gehanteerde keurings-eisen nr. 49, waarin ook de maximale afgifte van lood is vastgelegd, leveren in dit opzicht geen bezwaren op.

5.8 Op welke wijze kan aan de bezwaren tegemoet worden gekomen?

Ter voorkoming en bestrijding van de genoemde bezwaren (bacteriën, lood, koper)

worden de volgende maatregelen aanbevolen.

1. Loden leidingen mogen niet worden toegepast bij onthard drinkwater.
2. Bevorder een zo rein mogelijke hantering van het onthardingsapparaat en van de inhoud.
 - a. Zorg dat het zoutvat in een schone omgeving staat opgesteld.
 - b. Zorg dat het zoutvat in- en uitwendig schoon blijft; speciale aandacht dient daarbij te worden besteed aan het deksel en de sluitrand.
 - c. Leg het deksel niet met de sluitrand op de grond.
 - d. Zorg dat geen andere stoffen dan keukenzout in het voorraadvat komen.
3. Gebruik een zuivere kwaliteit zout, hygiënisch verpakt, in een hoeveelheid die in één keer in het zoutvat kan worden geledigd.
4. Gebruik in het huishouden bij voorkeur waterontharders die automatisch periodiek worden geregenereerd en wel ten minste tweemaal per week, ten einde de bacteriëngroei in de hars te beperken.
5. Er zijn aanwijzingen, dat bij het ontharden van sommige watertypen, smaakbezwaren kunnen optreden. Dit kan vermin-

derd worden door niet-onthard water bij te mengen.

Aanbevolen wordt, zoveel niet onthard water bij te mengen tot een hardheid van ten minste 0,5 mmol/l is bereikt.

6. Vaatwasmachines daarentegen kunnen het beste met niet-bijgemengd, dat wil zeggen volledig onthard, water gevoed worden.

Het door de waterleidingbedrijven afgeleverde water is in de eerste plaats veilig drinkwater; het moet voldoen aan de in de Waterleidingwet gestelde eisen. Om dit te kunnen waarborgen, zijn de waterleidingbedrijven gehouden toezicht uit te oefenen op de drinkwaterinstallaties in de percelen. Daarbij worden de Algemene Voorschriften voor Drinkwaterinstallaties gehanteerd (AVWI) NEN 1006. De belangrijkste voorwaarde die in de AVWI gesteld wordt is dat de installatie geen bezwaar mag opleveren voor de volksgezondheid.

Voor alle wijzigingen van de drinkwaterinstallatie - daartoe behoort ook het aanbrengen van apparaten, waaronder waterontharders - dient toestemming van het waterleidingbedrijf te worden verkregen. De wijzigingen van de drinkwaterinstallaties mogen in het algemeen slechts worden uitgevoerd door diegenen, die zijn erkend overeenkomstig de Regeling Erkenning Watertechnische Installateurs (REW-1970).

Onder bepaalde omstandigheden - bijvoorbeeld bij brandblussing of bij buisbreuk - kunnen zich ernstige drukdalingen voordoen

in een waterleidingnet. In die situatie is het mogelijk, dat eenmaal aan een drinkwaterinstallatie of aan een toestel geleverd water terugstroomt.

Afhankelijk van de soort stof, die daarbij kan terugstromen, dienen deze installaties c.q. toestellen van een beveiliging te worden voorzien, waarvoor richtlijnen zijn gegeven in een uitgave van het KIWA N.V., getiteld: "Beveiliging tegen het binnendringen van vreemde stoffen in waterleidingen", naar welke uitgave hier korthedshalve wordt verwezen.

Om het drinkwater in de installaties te beschermen tegen verontreiniging door stoffen uit ontharders, kan worden volstaan met het aanbrengen van een goed sluitende keerklep met proef- en stopkraan in het zich bovengestrooms van de ontharder bevindende leidingdeel, een en ander zoals in fig. A (blz. 55) nader is aangegeven. De vereiste toestellen - stopkraan, proefkraan, keerklep - dienen voorzien te zijn van een KIWA-keur.

Naast de beschermingen aan de aansluitzijde dient tevens de nodige zorg te worden besteed aan de wijze waarop het terugspoelwater op de riolering wordt geloosd. Artikel 14 van de AVWI heeft hierop betrekking.

Daarin staat aangegeven, dat in een aftap-leiding een zichtbare onderbreking van ten minste 50 mm aanwezig moet zijn (zie fig. B).

Naast de eisen die aan de wijze van aansluiten van de ontharder moeten worden gesteld, dient tevens rekening te worden gehouden met de eisen die uit soortgelijke overwegingen aan de aansluiting van een toestel moeten worden gesteld, waarbij of waarin de ontharder is geplaatst.

De in de huishouding meest voorkomende toestellen met ingebouwde ontharder zijn de wasautomaat en de afwasmachine. Het waswater mag onder geen enkele voorwaarde kunnen terugstromen in de waterleiding, daar het besmet kan zijn met ziektekiemen.

De eisen, die aan de aansluiting van deze machines moeten worden gesteld, dienen derhalve zwaarder te zijn dan de aan de aansluiting van de ontharder te stellen eisen. Rekening houdende met de stand van zaken op dit moment, is het mogelijk de aansluiting van de combinatie van een wasautomaat respectievelijk een afwasmachine met een ontharder op de in de fig. C, D, E en F aangegeven wijze uit te voeren.

Gezien de ontwikkeling van de beveiliging van toestellen die worden aangesloten aan de drinkwaterinstallaties, kan op grond van het vorenstaande worden verwacht, dat in de nabije toekomst door de waterleidingbedrijven alleen nog die toestellen worden toegestaan, die van een interne beveiliging zijn voorzien.

Het is derhalve nuttig erop te wijzen, dat bij het ontwerpen van nieuwe toestellen met ingebouwde ontharders met deze ontwikkeling rekening dient te worden gehouden en dat een oplossing wordt gekozen, die voldoet aan de opstelling in fig. E.

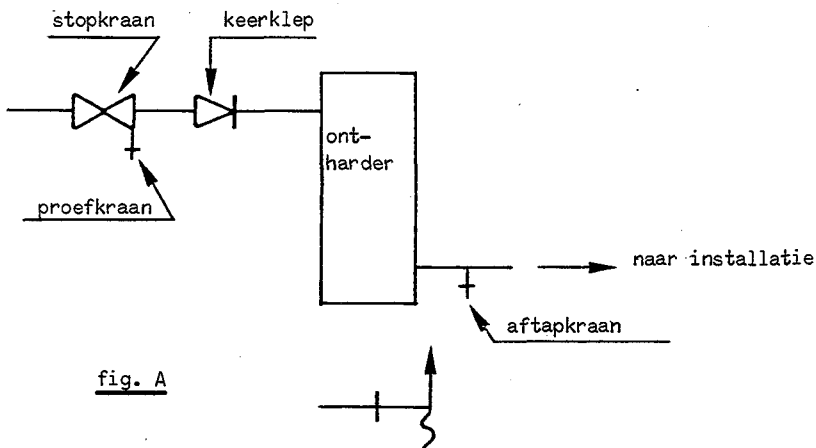


fig. A

tapkraan met beluchter en slangaansluiting i.p.v. stopkraan, aftapkraan en keerklep

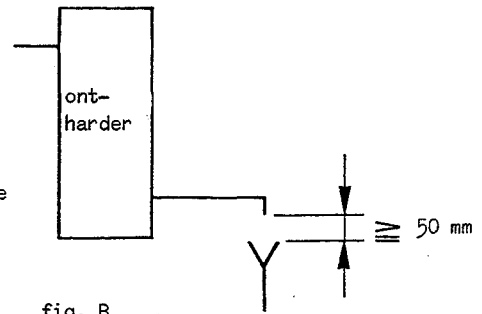


fig. B

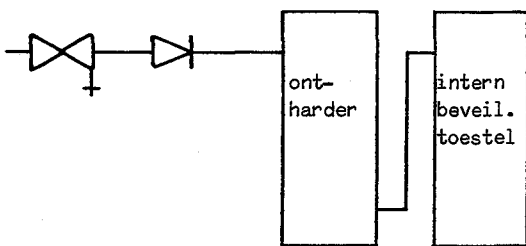


fig. C

ontharder en intern beveiligd toestel gescheiden

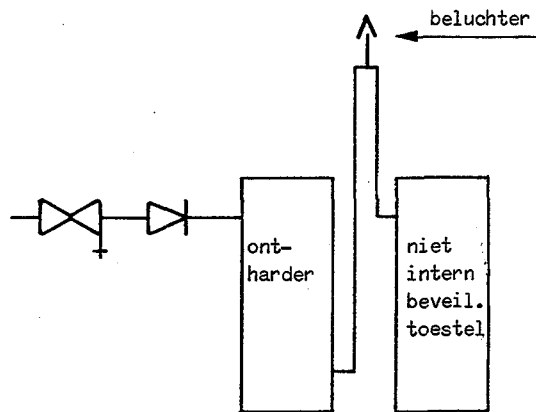


fig. D

ontharder en niet intern beveiligd toestel gescheiden

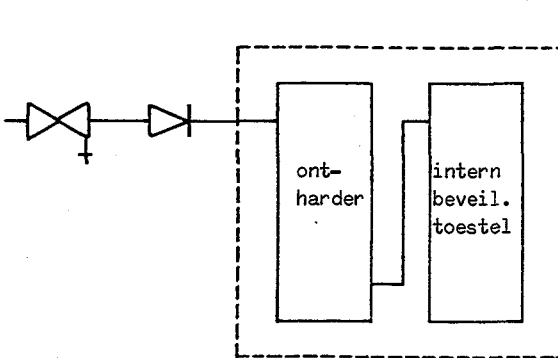


fig. E

ontharder samengebouwd met een intern beveiligd toestel

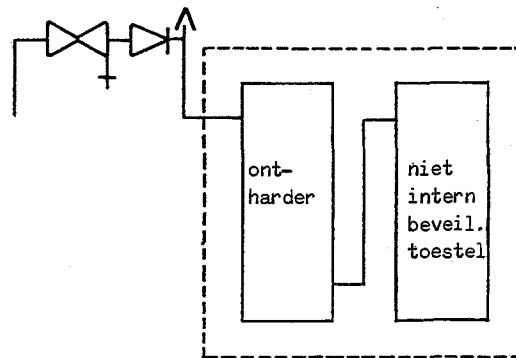


fig. F

ontharder samengebouwd met een niet intern beveiligd toestel

EENHEDEN VAN HARDHEID

Definitie

1 millimol/l = 1 mmol/l = 56 mg CaO of 100 mg
CaCO₃ per liter water

1 milliequi-
valent/l = 1 meq/l = 28 mg CaO of 50 mg CaCO₃
per liter water

1 Duitse graad = °D = 10 mg CaO (calciumoxide)
per liter water

1 Franse graad = °F = 10 mg CaCO₃ (calcium-
carbonaat) per liter wa-
ter

1 Clark graad = °C = 1 grain CaCO₃ (cal-
ciumcarbonaat) per Impe-
rial gallon water = 14,25
mg CaCO₃ per liter
water

1 grain per
U.S. Gallon = GPG = 1 grain CaCO₃ (cal-
ciumcarbonaat) per U.S.
gallon water = 17,12 mg
CaCO₃ per liter water

1 nieuwe Amerikaanse
en Britse eenheid = °U.S = °U.K = 1 mg CaCO₃
(calciumcarbonaat) per
1000 gram water

1 Russische
eenheid = °R = 1 mg Ca (calcium) per
liter water

Per definitie 1 l = 1 dm³.

1 dm³ water staat gelijk met 1 kg water.

	1 mmol/1	1 meq/1	Duitse graad (°D)	Franse graad (°F)	Clark graad (°C)	grain/U.S. gallon	°U.S. en °U.K.	U.S.S.R. °R
1 mmol/1	1,00	2,00	5,6	10,0	7,0	5,8	100,0	40,0
1 meq/1	0,50	1,00	2,8	5,0	3,5	2,9	50,0	20,0
1 Duitse graad (°D)	0,18	0,36	1,00	1,78	1,25	1,04	17,8	7,1
1 Franse graad (°F)	0,10	0,20	0,56	1,00	0,69	0,58	10	4,0
1 Clark graad (°C)	0,14	0,29	0,80	1,43	1,00	0,83	14,3	5,7
U.K.								
1 grain CaCO ₃ /U.S. gallon	0,17	0,34	0,96	1,71	1,20	1,00	17,2	6,8
1°U.S. en 1°U.K.	0,01	0,02	0,06	0,10	0,07	0,06	1,0	0,4
1 Russische eenheid	0,025	0,05	0,14	0,25	0,18	0,15	2,5	1,0