

# Chemische kwaliteitsverandering van drinkwater in distributienetten en binnenleidingen

Voordracht uit de 30e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Distributienetten en binnenleidingen', die op 12 en 13 januari 1978 aan de TH Delft werd gehouden.

## 1. Inleiding

Onder chemische kwaliteitsverandering van het drinkwater versta ik elke verandering in de samenstelling van de stoffen in het water ten opzichte van de samenstelling vanaf het pompstation gerekend tot aan de tapkraan. Iedere verandering is daarbij natuurlijk niet even belangrijk. Een afweging zal plaatsvinden op basis van de gevolgen voor de consument en de normen die er zijn of in EG-verband zullen komen voor drinkwater.



IR. J. VAN PUFFELEN  
Duinwaterleiding van  
's-Gravenhage

## 2. Overzicht problematiek

### 2.1. Historisch

Het probleem van de kwaliteitsverandering van drinkwater bij distributie is even oud als de openbare waterdistributie zelf. In de Romeinse tijd al was er sprake van het gebruik van loden buizen en werd er reeds gewezen op de gevaren van het verhoogde loodgehalte van het drinkwater door afgifte van de loden buizen. In het zeer lezenswaardige boek van K. W. H. Leeflang 'Ons drinkwater in de stroom van de tijd' uitgegeven in 1974 ter gelegenheid van het 75-jarig bestaan van de VWN staan diverse andere voorbeelden vermeld. In 1887 had men in Rotterdam al veel last van troebel, ijzerhoudend water uit de kraan en werd een commissie ingesteld om dit probleem op te lossen. Ontdekt werd dat ijzerbacteriën een belangrijke rol speelden bij deze roestproblemen. In het uiteindelijke advies werd onder andere ook sterk afgeraden hout te gebruiken op plaatsen die in contact met het water komen. Daarna traden op vele andere plaatsen deze roestproblemen als gevolg van de corrosie van gietijzeren buizen op, hetgeen onder andere leidde tot de studies van Tillmans over het kalk-koolzuurevenwicht\* in de twintiger jaren. Wat betreft dienst- en binnenleidingen werd tot 1930 vrijwel algemeen lood gebruikt als materiaal vooral door het ontbreken van goede alternatieven. In 1930 brak in Leipzig een grote endemische loodvergiftiging uit als gevolg van de opname van lood, hetgeen de stoot gaf tot het gebruik van koperen buizen. In 1934 liet de 'Koperen Buizen Commissie' het

rapport verschijnen waarin het gebruik van koper onder bepaalde voorwaarden werd toegestaan en in 1942 werd het gebruik van koper volledig toegelaten. Na de oorlog is daar ook nog het alternatief van buizen van kunststof bijgekomen. Duidelijk is in ieder geval, dat de ook vandaag nog twee grootste problemen als gevolg van chemische kwaliteitsverandering van drinkwater bepaald geen nieuwe problemen zijn.

### 2.2. Recent

U kunt zich nu afvragen of er eigenlijk wel iets nieuws is te vertellen over dit onderwerp en ik maar niet beter naar publikaties kan verwijzen. Mijn mening is dat er de laatste jaren zeer duidelijk vernieuwde belangstelling is voor kwaliteitsveranderingen in het distributienet en ook door onderzoek over de gehele wereld nieuwe inzichten zijn verkregen. De redenen hiervoor zijn velerlei, onder andere kan ik u noemen:

a. Het ontdekken van een bepaalde relatie tussen het optreden van hart- en vaatziekten en een waterkwaliteitsfactor. Aanvankelijk dacht men vooral aan de hardheid van water, maar later is meer nadruk gelegd op verschillende metalen die uit distributie- en binnenleidingen kunnen worden opgenomen. Wereldwijd onderzoek is op dit punt gaande en de hoeveelheid literatuur hierover is zeer groot.

b. Men is in EG-verband al enige jaren bezig met het opstellen van nieuwe uitgebreide normen voor drinkwater. Deze normen zullen gelden voor het water bij hoofdkraan of eventueel zelfs de tapkraan, waardoor de kwaliteitsveranderingen in het distributienet en eventueel binnenleidingen van groot belang worden voor de levering van goed drinkwater. Met name de loodnorm zal worden verscherpt tot 0,05 mg/l, waaraan lang niet altijd kan worden voldaan. Daarom zijn diverse studies verricht en is onderzoek vooral ook in Nederland gaande.

c. De uit de twintiger jaren stammende kalk-roesttheorie voor het verklaren van verschillen in roestproblemen is door enkele nieuwe onderzoeken aan enige twijfel onderhevig geworden. Waarschijnlijk zijn andere factoren dan de kalkagressiviteit meer bepalend voor het optreden van roestproblemen.

d. Door de steeds verdergaande verbetering van de zuiveringsprocessen is de kwaliteit van het op de pompstations afgeleverde water verbeterd. De nog steeds grote en nu meer opvallende kwaliteitsverslechtingen

in het distributienet kunnen steeds minder door een onvoldoende zuivering worden verklaard.

Nadere studies onder andere ter verbetering van de inzichten is daardoor nodig gebleken. Nagroeiverschijnselen vallen hieronder.

## 3. Het roestprobleem

Onder het roestprobleem versta ik het feit dat vele consumenten die hun drinkwater via een gietijzeren distributienet verkrijgen soms roestig bruin, troebel water uit hun kraan krijgen en daarvan overlast ondervinden. Deze overlast treedt vooral op bij het gebruik als waswater. Tot voor kort werd de klagende consument voorgehouden dat het ijzerroest in het water niet schadelijk voor de gezondheid is, maar sinds waargenomen is dat roestdeeltjes soms in bepaalde omstandigheden verhoogde concentraties aan metalen zoals lood en cadmium kunnen bevatten, kan dat niet meer worden volgehouden. De consumenten, die klagen over bedorven wasgoed wordt het advies gegeven het nog natte wasgoed direct opnieuw een gewone wasbeurt te geven. Dit advies is gebaseerd op onderzoek bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage naar het wassen van lapjes met roestvlekken met diverse wasmiddelen in vergelijking met het tot voor enkele jaren aanbevolen zuringzout. Daarbij bleek het gebruik van deze incurante stof niet echt nodig en het nat houden erg belangrijk te zijn. Uit dit onderzoek is tevens gebleken dat zichtbare bruinkleuring van wasgoed pas optreedt bij 7 - 8 mg ijzer/l of meer en dat in een glas getapt drinkwater pas iets zichtbaar wordt bij 1 - 2 mg ijzer/l. Ook is het een ervaringsfeit, dat de grootte van het roestprobleem niet alleen kan worden afgemeten aan het aantal klachten. Na intensivering van de voorlichting door middel van advertenties in de Haagse dagbladen over het spuiprogramma van de hoofdleidingen om deze van losse roestdeeltjes te ontdoen, daalde het aantal klachten geweldig, zonder dat er wezenlijk iets verbeterde.

Ik wil nu met u wat nader ingaan op dit roestprobleem. Bij de Duinwaterleiding wordt al sinds jaren ingezien, dat dit probleem in twee delen uiteenvalt, namelijk:

a. De eigenlijke corrosie van gietijzer en de corrosiesnelheid, die moeilijk te bepalen is en van vele factoren onder andere de watersamenstelling afhangt.

b. Het transport van de corrosieproducten ofwel het roest, dat sterk afhangt van de lokale stromingscondities. Het optreden van roestklachten wordt vooral door transportverschijnselen beheerst.

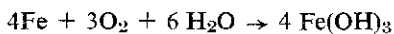
\*) Onder het ingeburgerde woord kalk zal steeds calciumcarbonaat worden verstaan.

Een probleem bij de kwantificering van het roestprobleem is, dat de corrosiesnelheid niet bekend en moeilijk vast te stellen is, omdat moeilijk te kwantificeren factoren deze snelheid kunnen beïnvloeden.

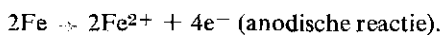
Toch is het gewenst enig inzicht te verschaffen over het belang van verschillende factoren ten opzichte van elkaar. In het volgende zal dit worden geprobeerd op basis van enkele literatuurgegevens. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de hoeveelheid literatuur over corrosie van ijzer en gietijzer weliswaar zeer groot is, maar dat inzichtverdiepende literatuurgegevens schaars zijn [o.a. 2, 4 en 10]. De literatuur bestrijkt het spectrum van zuiver theoretische beschouwingen [1, 13, 14] tot praktijkbeschrijvingen [7, 9, 11], waarbij de invloeden van de verschillende factoren niet zijn te scheiden.

Door deze grote verscheidenheid van invloeden zijn oorzakelijke relaties zeer moeilijk aan te geven.

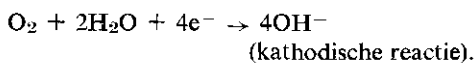
Het corrosieproces kan chemisch, elektrochemisch of bacteriologisch verlopen. De chemische corrosie verloopt volgens de somreactie:



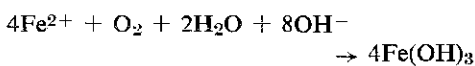
De plaatselijke corrosie, die zichtbaar wordt door de vorming van roestknobbels, begint meestal als elektrochemisch proces, waarbij door inhomogeniteit in het buiswandoppervlak anodisch en kathodisch plaatsen optreden (Evans elementen). Aan de anode gaat ijzer in oplossing:



Aan de kathode wordt zuurstof gereduceerd tot hydroxylionen:



De elektronen (elektrische stroom) bewegen zich door het metaal van anode naar kathode. Het gevormde ijzer II kan met zuurstof in het water dooroxyderen tot ijzer III, dat vanwege de geringe oplosbaarheid precipiteert, uiteindelijk als roest (anodische volgreactie):



Uit het vorenstaande kan direct al worden geconcludeerd, dat zuurstof een dominante rol speelt in zowel de chemische als de elektrochemische corrosie van ijzer. Op vele literatuurplaatsen kan men vermeld vinden, dat de snelheid van transport van zuurstof vanuit de bulk van het water naar de buiswand de corrosiesnelheidsbepalende stap is. De corrosieremmende werking van afgezette corrosieproducten wordt, ook als er geen echt afsluitende lagen worden gevormd, geweten aan de vertraagde zuurstofdoorvoer.

Von Wolzogen Kühr (2), PWN-bacterioloog, heeft indertijd voor het eerst aangetoond dat corrosie ook zonder zuurstof-toevoer kan optreden. De functie van elektronenacceptor van zuurstof wordt dan dank zij sulfaatreducerende bacteriën door sulfaat overgenomen. De beschikbaarheid van assimileerbare organische stoffen kan bij sulfaatreductie bepalend worden. Uit onze eigen praktijk is gebleken, dat deze bacteriologische corrosie in de roestknobbels op de buiswand zeker niet is te verwaarlozen. Deze roestknobbels, die ontstaan uit Evans-elementen, groeien van binnenuit aan vooral via sulfaatreductie en kunnen spontaan of bij wijziging van de stromingscondities (spuien) openbarsten. Het gevormde H<sub>2</sub>S en ijzersulfide komen vrij en geven onder andere het roest een zwart aanzien [2].

In de praktijk van stroming van drinkwater door gietijzeren buizen zal de snelheid van chemische, elektrochemische of bacteriologische corrosie vrijwel altijd sterk afhangen van de aanwezigheid van meer of minder beschermende laagjes op de buiswand. Wat betreft de samenstelling van deze laagjes werd aangenomen dat het gaat om kalk en roest, waarbij de kalk de roestdeeltjes als het ware 'aaneenmetselt'. Deze hypothese is de laatste jaren aan enige twijfel onderhevig geraakt [3, 4, 8], omdat regelmatig in beschermende laagjes geen of vrijwel geen calcium is aangetroffen. In veel gevallen bestaan de afgezette corrosieproducten vrijwel uitsluitend uit meer of minder geoxydeerde en gehydrateerde ijzer-oxyden (roest). Goede bescherming door onderste laagjes van ijzer II carbonaat is aangetoond. Zeer goed beschermende calciudeeltjes, die bijvoorbeeld veelvuldig in warmwatertoestellen worden aangetroffen, komen in het distributienet niet of vrijwel niet voor.

Een belangrijke voorwaarde voor de vorming van dichte, afsluitende laagjes van welke samenstelling dan ook lijkt de stroomsnelheid te zijn [3, 5]. De theoretische verklaring van deze uit de praktijk voortgekomen voorwaarde is gezocht in het voorkomen van gescheiden anodische en

kathodische plaatsen, de zogenaamde Evens-cellen (zie afb. 1) [3].

De grootte van deze cellen wordt bepaald door de dikte van de laminaire diffusielaag bij de buiswand. Boven een bepaalde stroomsnelheid wordt dit laminaire laagje zo dun, dat de grootte van de Evans-cellen tot nul nadert, waarbij alleen nog gelijkmatige corrosie op kan treden en de vorming van egale laagjes mogelijk is. Andere verklaringen zijn ook mogelijk bijvoorbeeld een invloed van de stroomsnelheid op de wijze van kristallisatie. Behalve deze voorwaarde zijn er andere, die veelal liggen in de samenstelling van het water.

Het is in het algemeen bekend dat een hoge pH, bepaalde organische stoffen, waterstof-carbonaationen, fosfaten, polyfosfaten en silicaten de vorming van beschermende laagjes bevorderen en dat chlorideionen, sulfaationen en nitraationen deze vorming belemmeren [6, 12].

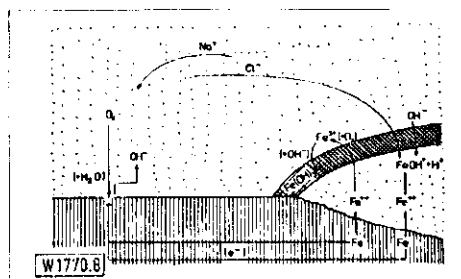
Hiermee komen wij dan op de invloed van het chlorideion en het zoutgehalte van drinkwater op de corrosiesnelheid van het gietijzer. De invloed van het chloride moet volledig worden gezocht in een specifieke werking door de grote beweeglijkheid van het zeer kleine ion bij penetratie in de beschermende roestlaagjes; in vergroting van de oplosbaarheid en de elektrische geleidbaarheid daarvan. De laagjes worden minder dicht, waardoor de diffusie van zuurstof en/of sulfaat sneller kan verlopen [6].

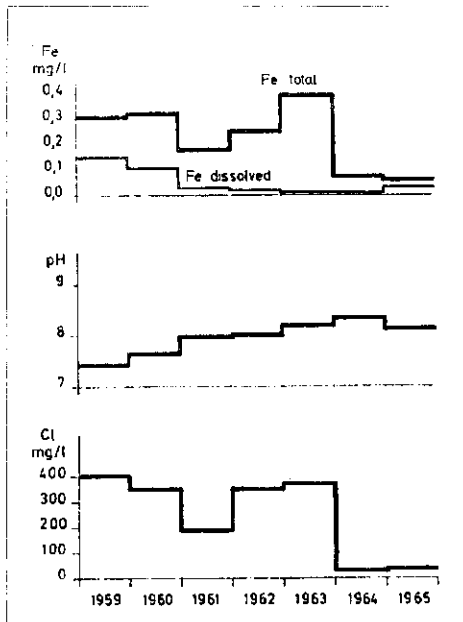
De laatste tijd is een drietal publikaties gesignaleerd, die ingaan op de invloed van chloride op het ijzergehalte van het water in het distributienet [7, 11] en op de corrosiesnelheid [10].

Heck, directeur van het waterleidingbedrijf van Hannover, vermeldde tijdens het IWSA-congres in 1974, dat in een bepaalde straat in Bremen is geconstateerd, dat bij verandering van de watersoort in 1964 het ijzergehalte 'volgens S. Madsen' daalde van ongeveer 0,3 naar 0,1 mg/l. De twee watersoorten hadden een chloridegehalte van respectievelijk 350 mg/l en 30 mg/l (zie afb. 2). Heck gaf aan, dat er sprake is van een significante correlatie tussen het chloridegehalte en het ijzergehalte. Dat wil natuurlijk nog niet zeggen, dat bij een overgang naar een totaal andere watersoort met ongetwijfeld vele verschillen in kwaliteit juist het chloridegehalte de verandering in het ijzergehalte verklaart.

Dit geldt ook voor de gevonden correlatie tussen de maandgemiddelden van het ijzeren het chloridegehalte in het rivier-duinwaterdistributiegebied van de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam [11]. De ijzergehalten varieerden daarbij van 0,04 tot 0,10 mg/l en beneden 150 mg/l chloride zal

Afb. 1 - Evans-cel met gescheiden anodische en kathodische plaatsen.





Afb. 2 - IJzergehalte, pH en chloridegehalte van drinkwater in het distributienet van Bremen van 1959 tot en met 1965.

er geen verdere verlaging van het ijzergehalte meer optreden.

Een op de drinkwaterproblematiek gericht onderzoek naar de invloed van chloride en andere ionen op de corrosiesnelheid van ijzer is verricht door W. Nissing [10]. Hij heeft proeven verricht met ongebufferd modelwater, waaraan respectievelijk 20, 50, 100 en 250 mg/l chloride werd toegevoegd. Ter beoordeling zijn onder andere stroomdichtheidsmetingen verricht om de weerstand van beschermende laagjes vast te stellen. Bij oplopend chloridegehalte nam deze weerstand af, maar herstel was mogelijk door 100 mg/l waterstofcarbonaat toe te voeren. Dit kwam overeen met de resultaten van doorstroomproeven waarbij werd geconstateerd dat bij gebufferd water 'een toevoeging van 200 mg/l chloride geen significante invloed had op de corrosiesnelheid, de kinetiek van de vorming van beschermende lagen en op de oppervlaktestructuur van de afzettingen' [10]. Dit stemde overeen met de metingen van Hatch [16], die bij een waterstofcarbonaatgehalte van 100 mg/l geen invloed van een verhoging van het chloridegehalte lieten zien.

Zeer interessant is het onderzoek van W. Kölle van Stadtwerke Hannover naar de vorming van beschermende laagjes in gietijzer. Zijn goed met de praktijk overeenkomende metingen van de corrosiesnelheid in een laboratoriumopstelling geven belangrijke informatie over de invloed van de waterstroomsnelheid en de watersamenstelling [17].

Ondanks 5 sterk in kwaliteit verschillende soorten drinkwater afkomstig van 5

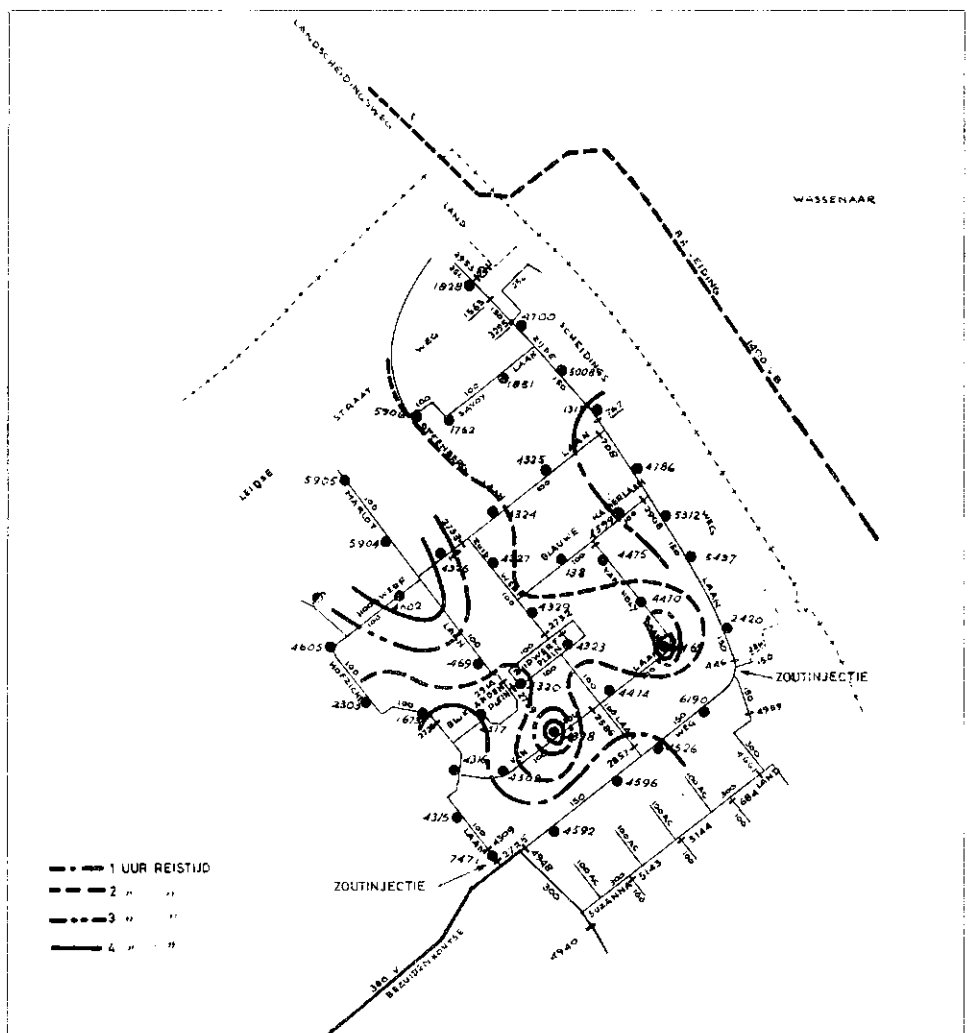
pompstations varieerde de gemeten corrosiesnelheid slechts weinig. Gemeten werd een gemiddelde snelheid van  $6,5 \mu\text{m}/\text{jaar}$  ofwel  $0,65 \text{ mm}$  in 100 jaar. Samenvattend kan worden gesteld dat diverse recente onderzoeken tot enige andere inzichten hebben geleid wat betreft de factoren, die van belang zijn voor de corrosiesnelheid van gietijzeren buizen, waardoor drinkwater wordt gedistribueerd. De vorming van beschermende laagjes is essentieel, waarbij kalk een veel minder grote rol speelt dan veelal wordt aangenomen en de corrosiesnelheid niet gelijk nul wordt. Een minimale stroomsnelheid is essentieel voor de vorming en instandhouding van deze vooral uit ijzeroxides bestaande laagjes.

De werkelijk beschermende laag bestaat vooral uit Fe II verbindingen, die tegen zuurstof uit het water moeten worden afgeschermd door andere laagjes. Zuurstofdiffusie, sulfaatdiffusie en reductie, aanwezigheid van bepaalde organische stoffen en beïnvloedend van de oplosbaarheid

van de laagjes zijn belangrijke factoren. Welke maatregelen kunnen worden genomen om het roestprobleem te verminderen of op te heffen?

Algehele vervanging van het gietijzer is de beste maar ook de duurste oplossing. In Nederland was per 31 december 1974 [18] nog bijna 20.000 km gietijzeren leiding aanwezig en vervanging is onbetaalbaar en ook niet nodig. De laatste tijd is het cementeren van bestaande leidingen weer in de belangstelling gekomen [19], hetgeen ook een zeer goede oplossing is, maar niet zoveel goedkoper dan vervanging. Een gecombineerde aanpak is de meest voor de hand liggende werkwijze, waarbij roestprobleemgebieden worden gelokaliseerd, eventuele discontinuïteiten in de stroming en lange reistijden van het water worden opgeheven en indien nodig bepaalde gedeelten vervangen of gecementeerd. In hoeverre van wijziging in de waterkwaliteit verandering mag worden verwacht is nog een punt van nader onderzoek in KIWA-verband.

Afb. 3 - Hoofdleidingen in de wijk Marlot met de lijnen van constante reistijd van het water op grond van twee zoutinjecties.



Ik wil dit hoofdstuk over het roest-probleem besluiten met een voorbeeld uit eigen ervaring bij de Duinwaterleiding. Dit betreft de villawijk Marlot, die al tientallen jaren bekend staat als een probleemgebied wat betreft de roestoverlast in het drinkwater. Marlot is gebouwd omstreeks 1925. De aanvoerleiding was een circa 1.500 meter lange gietijzeren hoofdleiding die was gelegen in de Bezuidenhoutseweg tussen de Carel Reinierszkade en de Hofzichtlaan (Ø 0,15 m).

Dat de wijk Marlot vanaf het begin reeds een bijzondere plaats innam in het distributiegebied blijkt wel uit het feit dat aanvankelijk in verband met drukkachten en later ook in verband met roestklachten de brandkranen in Marlot met een klein spuisstuk (opzetstuk met een Ø 30 mm messing buis) werden gespuid.

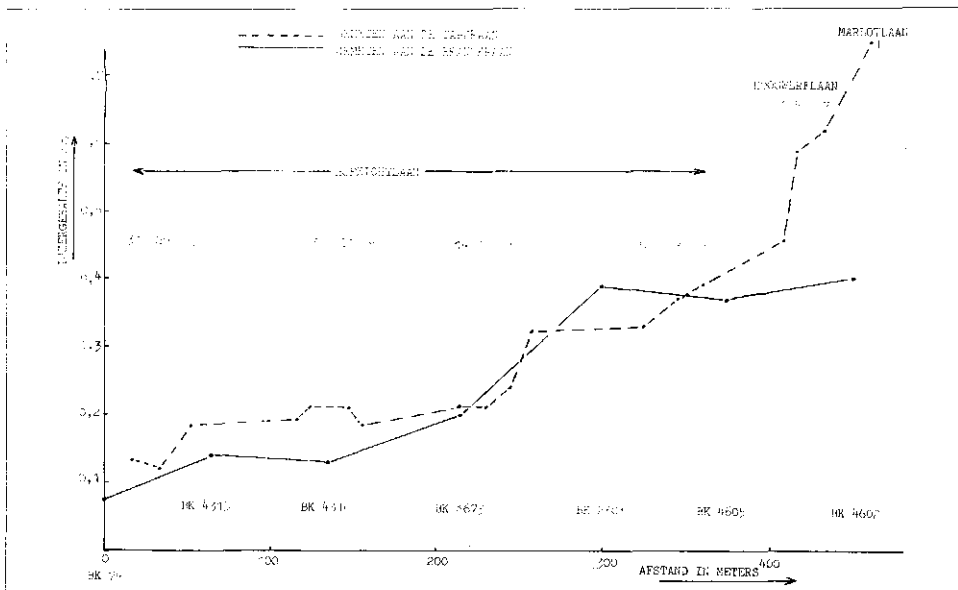
In 1959 is in de Bezuidenhoutseweg tussen de ringleiding bij de Reigersbergenweg en de Hofzichtlaan een betonnen leiding Ø 380 mm gelegd, waarna in 1967 voor het leidingnet in Marlot een tweede aanvoerleiding naar de hoek Bezuidenhoutseweg-Hofzichtlaan werd gelegd (zie afb. 3).

De hinder die een aantal bewoners in Marlot had van het door roest verontreinigde drinkwater, werd hiermee echter niet weggenomen.

Reeds vanaf het begin was het duidelijk dat de slechte doorstroming in Marlot de hoofdoorzaak moest zijn van de problemen. Om het water sneller door de buizen te laten stromen en daarmee de contacttijd tussen water en buiswand te verkorten is een aantal malen gebruik gemaakt van een zogenaamd spui-eind. Dit is een van het hoofdleidingnet aftakkende leiding van klein kaliber die zodanig is uitgevoerd dat deze met een constante hoeveelheid van enkele honderden liters per minuut wordt doorstroomd, welke hoeveelheid naar het riool wordt afgevoerd. Zo is in verband met roestklachten, voornamelijk uit de Hoogwerflaan achterin in het net een spui-eind gemaakt. Dit gaf geen merkbaar resultaat.

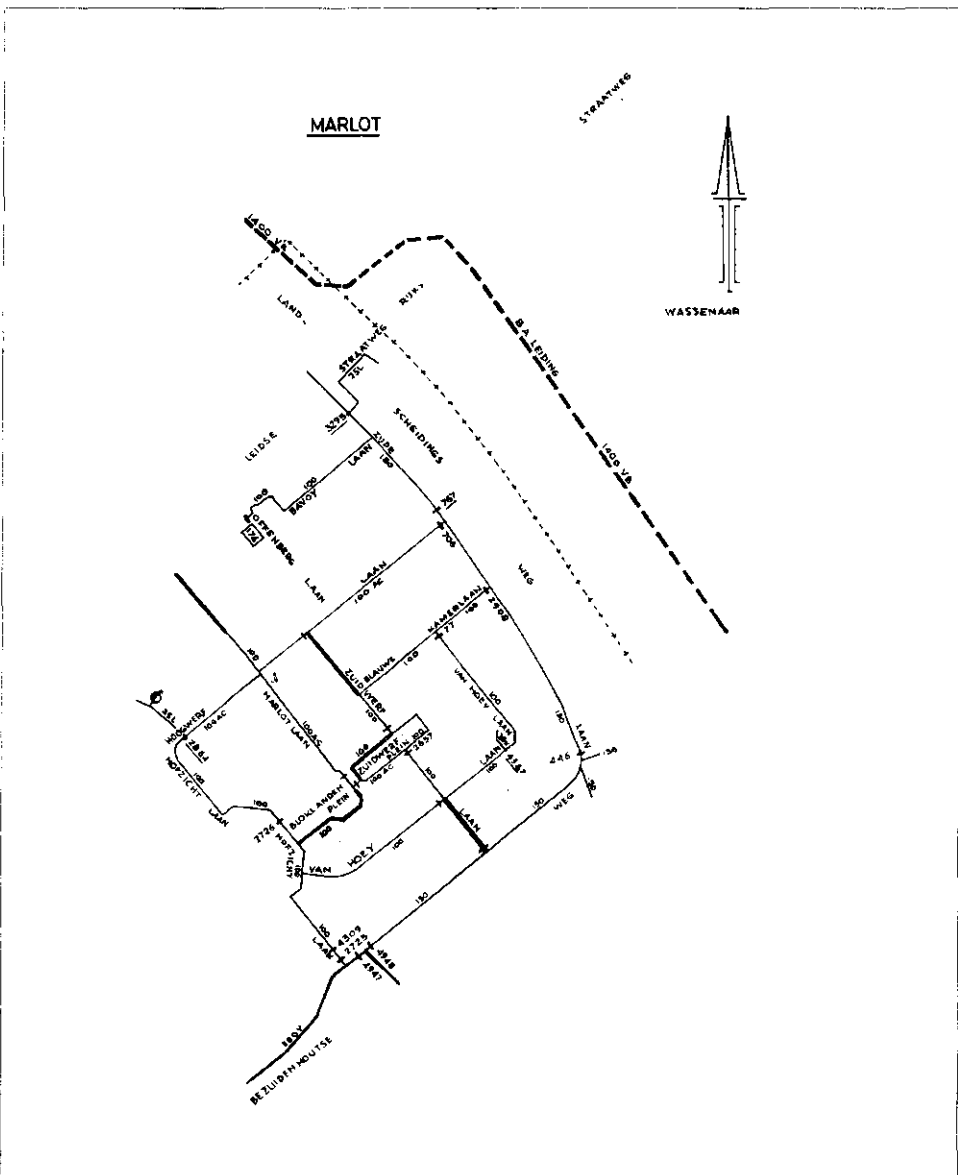
Later is voor perceel Hoogwerflaan 21 een spui-eind gemaakt, wat voor de percelen in de onmiddellijke nabijheid daarvan een duidelijke verbetering te zien gaf. De klachten van de bewoners in de Hoogwerflaan bij de Marlotlaan bleven.

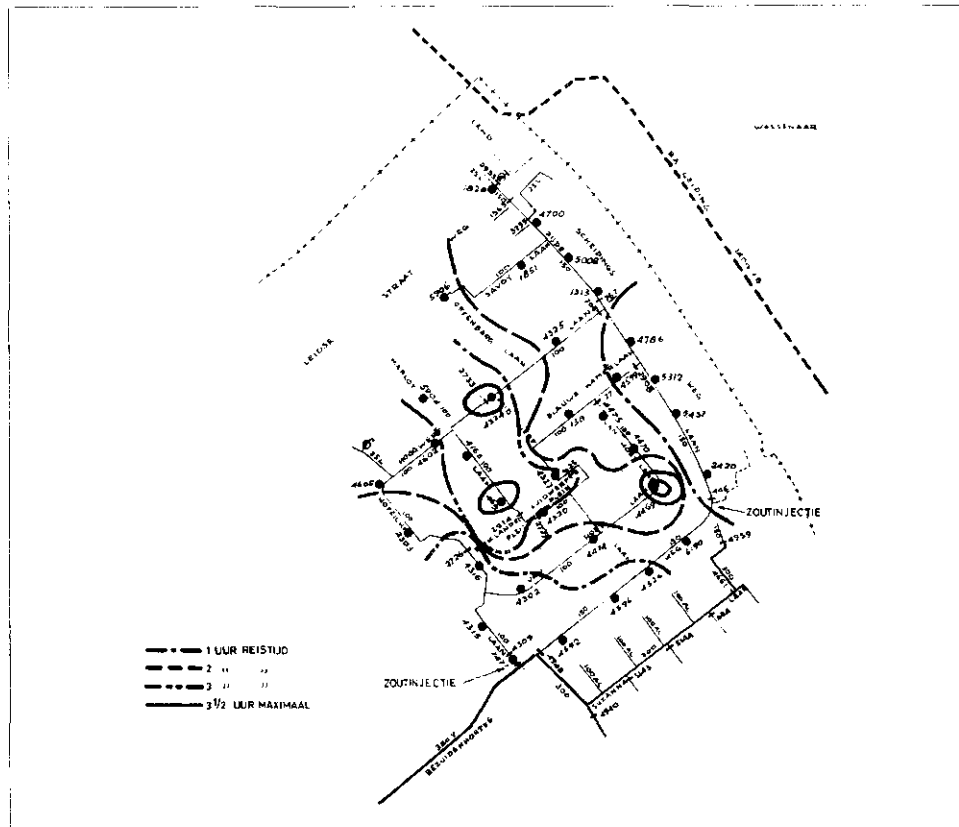
Het was duidelijk dat naar andere technieken moest worden gezocht om aan deze slepende problematiek een einde te maken. Voordat echter aan andere oplossingen kon worden gedacht was het noodzakelijk, dat wilden deze enige kans van slagen hebben, eerst een beter inzicht in de stromingsrichting en verblijfstijden van het water in deze wijk werd verkregen.



Afb. 4 - IJzergehalten van water uit tap- en brandkranen op verschillende afstanden van het voedingspunt van Marlot.

Afb. 5 - Hoofdleidingen in de wijk Marlot met aangegeven de gesloopte gedeelten.





Afb. 6 - De wijk Marlot met de lijnen van constante reistijd na het slopen van hoofdleidinggedeelten.

Om het stromingspatroon in de wijk te weten te komen is een methode ontwikkeld waarbij het chloridegehalte van het aangevoerde water gedurende enige tijd met circa 100 mg/l werd verhoogd. De verplaatsing van dit water met een verhoogd chloridegehalte in het leidingnet is nauwkeurig vast te stellen door het meten van de geleidbaarheid.

Op 21 december 1972 is de eerste zogenaamde zoutproef uitgevoerd. In figuur 3 is het stromingsgebied geschetst dat aan de hand van de gemeten reistijden kon worden samengesteld. De ijzergehalten die daarbij aan de tapkraan van de diverse percelen en aan de brandkranen (na vijf minuten doorstroming) werden gemeten, zijn als functie van de afstand tot het injectiepunt aangegeven in afb. 4. De lange verblijfstijd van het water in het leidingnet werd als grote boosdoener aangemerkt.

In januari-februari 1973 zijn daarom de in afb. 5 aangegeven gietijzeren hoofdleidingen geruimd en vervangen door niet doorlopende koperen leidingen van een aanzienlijk kleinere diameter.

In maart 1973 is de tweede zoutproef uitgevoerd. Het resulterende stromingspatroon is aangegeven in afb. 6. De aan de tapkranen en brandkranen gemeten ijzergehalten zijn grafisch uitgezet in afb. 7.

Het stromingspatroon was onder invloed

2,7 m<sup>3</sup> ('schoon' gerekend) of circa 8,4 % van de totale leidinginhoud van ongeveer 32 m<sup>3</sup>.

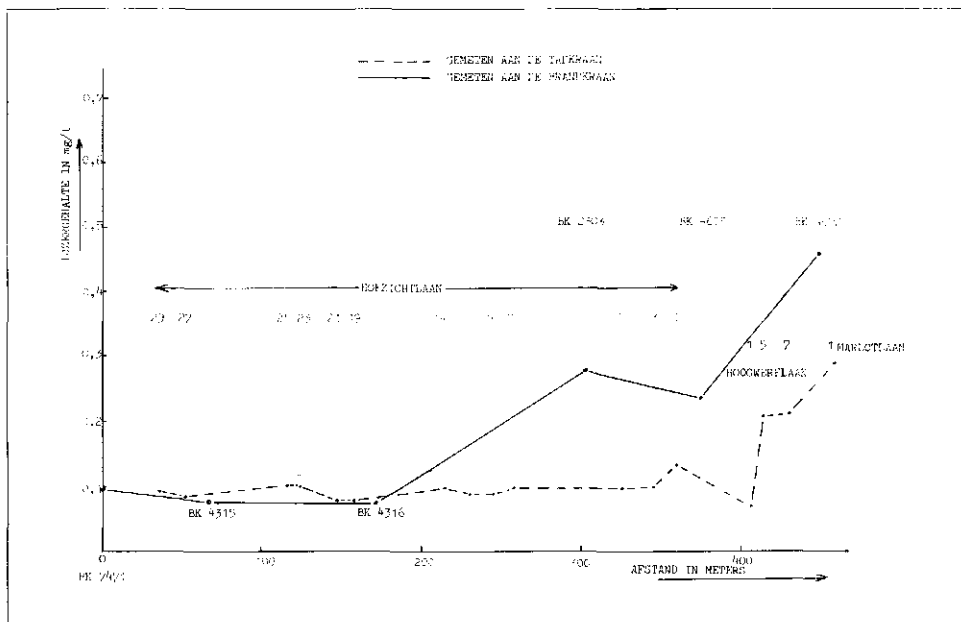
De betekenis van het slopen van de gietijzeren leidingdelen was meer gelegen in het feit dat daardoor het stromingspatroon en daarmee de plaats van de waterscheidingen was veranderd, dan in het feit dat daardoor een verkorting van de reistijd en daarmee een verlaging van het ijzergehalte werd verkregen. Het is duidelijk dat hiermee de problemen werden verplaatst en niet opgelost.

Daarom werd besloten de gietijzeren leidingen, waarin het water de langste reistijd had, te vervangen door asbestcementen leidingen. Nadat de percelen die op de betreffende leidingdelen waren geaard op een vervangende aardingsinstallatie waren aangesloten, werden de leidingdelen zoals die in afb. 8 zijn aangegeven vervangen door asbestcementen leidingen. Op 5 juni, 9 oktober en 4 november 1975 werden in de Hofzichtlaan en Hoogwerflaan weer monsters genomen (nu alleen aan de tapkraan), waarvan het ijzergehalte werd bepaald. In afb. 9 zijn de gemiddelde waarden van de ijzergehalten die bij deze drie metingen zijn verkregen grafisch uitgezet. Dat het maximum ijzergehalte niet hoog is, is voor een deel het gevolg van de lage aanvangsconcentratie. Belangrijker is echter dat de vorm van de grafiek duidelijk is veranderd. De sterke toename van het ijzergehalte aan het eind van de leiding is hier niet aanwezig. Dat hierbij het ijzergehalte na het punt waarop het gietijzer overgaat in asbestcement nagenoeg constant blijft, is nauwelijks als toeval aan te merken.

van de gesloopte leidingen duidelijk veranderd en daarmee ook de plaats van de waterscheidingen. Van een aanzienlijke verkorting van de reistijd was echter geen sprake.

Dit kon ook eigenlijk niet worden verwacht. De inhoud van de gesloopte Ø 100 mm gietijzeren leidingen bedraagt immers slechts

Afb. 7 - IJzergehalten van water uit tap- en brandkranen na het slopen van hoofdleidinggedeelten.





in een loden leiding van 10 m lengte.

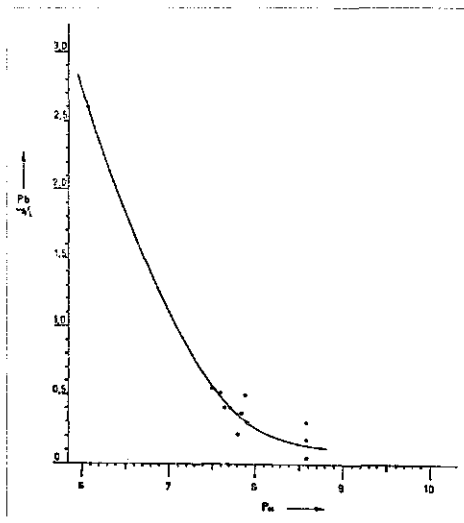
Deze normen zijn gefundeerd op toxicologisch onderzoek en later aan een kritische studie van de Gezondheidsraad onderworpen.

Er zijn de laatste tien jaar nieuwe nadelige aspecten van loodakkumulatie waargenomen, die een bijstelling zoals in EG-verband wordt voorgesteld rechtvaardigen, maar het is toch ook zinvol een hogere norm na een stilstandperiode te handhaven. Het KIWA is in samenwerking met het RID en waterleidingbedrijven een landelijk onderzoek begonnen naar de dagelijkse inname van lood via drinkwater.

Ook in Engeland is een dergelijk onderzoek gaande [23], waarbij niet een integraal verzameld monster water maar een geheel zogenaamd 'lood-profiel' wordt gemeten.

Dit is de relatie tussen het loodgehalte en de hoeveelheid getapt water. Dergelijke 'lood-profielen' zijn ook een aantal malen bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage bepaald. In beide gevallen is wel gebleken, dat deze 'lood-profielen' zeer verschillend kunnen zijn, zodat moet worden geconcludeerd, dat de tot nu toe gehanteerde bemonsteringswijze in de percelen een verkeerd beeld kan geven van de feitelijke situatie wat betreft loodgehaltes in het getapte drinkwater. Nader onderzoek is gaande.

De vraag is in hoeverre men door wijzigingen in de waterkwaliteit af pompstation de loodafgifte kan verminderen. Tot ongeveer 1930 was het standpunt dat indien de hardheid groter dan 1 m.mol/l (ca. 6 °D) was er geen problemen met te hoge loodgehaltes op zouden treden. Bij lagere hardheden diende men loden buizen met tinvoering te gebruiken. Rond 1930 ontdekte men diverse gevallen waarbij een hoge hardheid gepaard ging met hoge loodgehaltes in het drinkwater (onder ander in Heerenveen). Het standpunt dat de hardheid van primair belang was is toen verlaten. De meest gangbare opvatting tot voorkort was, dat het drinkwater licht kalkafzettend behoort te zijn om de afgifte van lood en andere metalen te verminderen. In het 'Rapport inzake het onderzoek van loden en gelegerd loden buizen [24] van 1950 staan al gegevens die erop wijzen dat kalkagressief water niet zonder meer tot hoge loodgehaltes leidt. Dit is bevestigd in een jarenlang onderzoek bij 4 waterleidingbedrijven, waarbij sterk kalkagressief water een nagevoeg gelijk loodoplossend vermogen bleek te hebben als volledig vergelijkbaar water dat licht kalkafscheidend was. Graveland heeft in verband met het opstellen van een 'Advies inzake Centrale Waterontharding' van de Gezondheidsraad een aantal relevante gegevens uit het genoemde 'lood-



Afb. 10 - Relatie tussen het loodgehalte van het water aan de tapkraan en de pH volgens gegevens uit het 'loodrapport' van 1950.

rapport' van 1950 [24] samengevat. Uit figuur 10 blijkt dat de pH een belangrijke factor is, hetgeen ook door Drost [21] wordt aangegeven en overeenstemt met de tendens van de oplosbaarheidsgegevens van verschillende loodzouten zoals die door Hem en Durum [25] worden vermeld. De KIWA commissie Centrale Onthardingsmethodieken komt zo tot de aanbeveling een pH van 8 - 9 en bij voorkeur van 8,5 - 9 aan te houden voor het drinkwater af pompstation ten einde de loodafgifte van loden leidingen zo laag mogelijk te houden [26]. Deze richtlijn kan overigens bij harde drinkwatertypen alleen worden gerealiseerd indien tot een gedeeltelijk centrale ontharding wordt overgegaan.

De invloed van andere componenten in het drinkwater op de loodafgifte moet aanwezig zijn, omdat de in de praktijk gevonden waarden hoger liggen dan de theoretische uit oplosbaarheidsgegevens te berekenen waarden. Met name kunnen bepaalde organische stoffen (fulvine zuren) waarschijnlijk een rol spelen.

Ik wil nu van het loodprobleem afstappen en kort ingaan op de afgifte van koper, dat voor de mens veel minder schadelijk is dan lood. De afgifte van koper door koperen buizen, die sinds de tweede wereldoorlog op grote schaal worden toegepast voor dienst- en binnenleidingen, aan drinkwater is weliswaar niet te verwaarlozen, maar de VEWIN aanbevelingen op dit punt worden meestal niet overschreden [27]. Alleen bij nieuwe leidingen gedurende korte tijd en in bijzondere gevallen zoals bij het optreden van een lage pH of een zeer hoge pH bij zacht water na passage door nieuwe asbestcemen buizen is er sprake van een verhoogd kopergehalte tot boven 3 mg/l. In een overzichtartikel betreffende de relaties tussen corrosie, metaalafgifte en

watersamenstelling beveelt Campbell [6] een pH tussen 8 en 8,5 aan. Er zijn verdere aanwijzingen, dat het waterstofcarbonaatgehalte bij koper van meer belang is dan bij loden buizen [29]. Hoewel er dus in het algemeen wel sprake is van een verhoogd kopergehalte van het drinkwater na het passeren van koperen leidingen is er geen sprake van een probleem. Dit geldt dan zolang de huidige normen van 1 mg/l en 3 mg/l na 16 uur stilstand niet veranderen.

In EG-verband is een norm van 0,05 mg/l voorgesteld [30] gebaseerd op de grote gevoeligheid van waterorganismen voor koper, die wel tot grote problemen in de praktijk zal leiden. De waargenomen gehalten aan de tapkraan liggen namelijk niet zelden boven deze waarde en zijn bijvoorbeeld in Den Haag gemiddeld ongeveer 0,1 à 0,2 mg/l bij doorstroming.

#### Literatuur

1. Theorie van de elektrochemische corrosie. W. A. Schultze, Polytechnisch Tijdschrift, 17 (1975), 550.
2. Aerobe en anaerobe ijzer corrosie in waterleidingbuizen. C. A. H. von Wolzogen Kühr en L. S. van der Vlugt, Water, 24 (1951), 273.
3. Ursachen und Erscheinungsformen der Korrosion in Installationssystemen, H. Kaesche, Werkstoffe und Korrosion 26 (1975), 175.
4. Maatstaven en richtlijnen voor de materiaalkeuze in verschillende milieus. B. A. Rijkens, Polytechnisch Tijdschrift, 20 (1970), 790 - 797.
5. Stahlrohre für Transport und Vereilung von Trinkwässern. W. Schwenck, Tijdschrift H<sub>2</sub>O, 7 (1974), 187.
6. Corrosion, water composition and water treatment. H. S. Campbell, Journal of Soc. Water Treatment and Examination, 1971, 11 - 34.
7. Deterioration in the physical and chemical quality of water in the distribution system. R. Heck, IWSA congress, Brighton 1974.
8. Aufbau und chemische Zusammensetzung von Rosten in eisernen Rohrleitungen. G. Weidmann, Gas- und Wasserfach, 111 (1970), 713.
9. Deterioration of water quality in distribution systems. J. T. O'Connor, L. Hash, A. B. Edwards, JAWWA (1975), 113 - 116.
10. Zur Korrosion des Eisens in salzhaltigen gepufferten Wassern. W. Nissing, Gas- und Wasserfach, 117 (1976), 267 - 271.
11. Chemisch en bacteriologisch onderzoek laboratoriumwagen 1974. R. C. Lindhout, Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
12. Towards longer pump life - Australian report on alleviation of corrosion in pumps, Aqua, ISWA, 1976.
13. Taschenbuch des Metallschutzes (1960), Ph. W. Wiederholt, J. Elze.
14. Corrosion en haar bestrijding (1962), H. J. Zelders.
15. Water voor de Industrie. Uitgave van de Vereniging van Gebruikers van Stoomketels en krachtwerktuigen, Amersfoort, 1971.
16. G. B. Hatch and O. Rice, JAWWA, 51 (1959), 719 - 727.
17. Untersuchungen zur Schutzschichtbildung in Gussrohren. W. Kölle en H. Sontheimer, Vom Wasser, 65 (1977).

# Aanleg, beheer en onderhoud van het distributienet; materiaalkeuze

Voordracht uit de 30e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Distributienetten en binnenleidingen', die op 12 en 13 januari 1978 aan de TH Delft werd gehouden.

18. VEWIN (1974) Statistisch overzicht der Waterleidingen in Nederland (Rijswijk).
19. Amsterdamse drinkwaterleidingen worden gereinigd en gecementeerd en Provincie Noord-Holland begonnen met cementeren van gietijzeren leidingen. A. J. van Eeden en C. A. de Water, Tijdschrift H<sub>2</sub>O 10 (1977), 209 - 212.
20. Onderzoek naar verschijnselen van loodvergiftiging als gevolg van loodhoudend drinkwater. J. A. G. ten Berg, 1941. NV Dekker en Van de Vegt, Utrecht, Nijmegen.
21. Nader onderzoek naar zuurgraad-correctie gewenst. G. Drost, Tijdschrift H<sub>2</sub>O, 9 (1976) 6, 131 - 132.
22. Proefonderzoek naar de dagelijkse inname aan enkele metalen via drinkwater door de bevolking van Hoensbroek en Brussum. RID-mededeling 77-2, maart 1977. B. J. A. Haring, W. V. Delft en J. D. F. Habbema.
23. Lead in drinking water. J. M. Carter, Water, september 1977, 2 - 6.
24. Rapport inzake het onderzoek van loden en gelegeerd loden buizen. KIWA, 1950 Studie Commissie metalen leidingen.
25. Solubility and occurrence of lead in surface water. J. D. Hem en W. H. Durum, JAWWA, 65 (1973), 8, 562 - 568.
26. Kwaliteitseisen in verband met de stabiliteit van het te distribueren drinkwater. KIWA-mededeling nr. 54, 1977.
27. Waterleidingwet, Waterleidingbesluit en VEWIN Aanbevelingen ter zake van het bepaalde in artikel 4, lid 2 van de Waterleidingwet; 1957 en 1960; IJmuiden, Vermande en Zonen.
28. Ons drinkwater in de stroom van de tijd. K. W. H. Leeftang, VEWIN-uitgave 1974.
29. Het kopergehalte van drink- en gebruikswater. H. J. Boorsma en C. H. J. Elzenga. TNO-Nieuws, 27 (1972), 9, 442 - 443.
30. Voorstel voor een richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen betreffende de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 18 (1975) nr. c. 214/3.

## I. Inleiding

Teneinde op ieder moment goed drinkwater te leveren, is een effectief en betrouwbaar distributienet een essentiële voorwaarde. Om aan die voorwaarde te voldoen vinden in een waterleidingbedrijf voortdurend — op elkaar afgestemde — activiteiten plaats. De componenten in dit samenspel worden gevormd door de aanleg, het beheer en het onderhoud van het distributienet, waartussen derhalve duidelijke en evenwichtige verhoudingen moeten bestaan. Op de lange duur genomen, zal een goede



IR. H. W. STRUIKSMA  
Gemeentewaterleidingen  
(Amsterdam)

afstemming groeien. De verhoudingen kunnen echter aanzienlijk wijzigen, indien van buitenaf ingrijpende veranderingen optreden, bijv. door structurele maatschappijwijzigingen. Deze veranderingen vereisen aanpassingen in de structuur van het waterleidingbedrijf en met name van de distributiesector. Voorbeelden van dergelijke aanpassingen kunnen worden ontleend aan de recente ontwikkelingen in Amsterdam. Op de relatief evenwichtige toestand aldaar van de na-oorlogse jaren volgde een periode van grote stadsuitbreidingen, gecombineerd met een sterk stijgend waterverbruik. In deze periode met grootschalige projecten, werd van de distributiesector een drastische vergroting aan de aanlegcapaciteit geëist. Daarop volgende sociale ontwikkelingen alsmede het feit, dat de stadsgrenzen werden bereikt, veranderden de aard van de bouwactiviteiten, zoals blijkt uit de buurtrenovaties — kleinschalige projecten met een nadruk op het behoud van het bestaande. Voor de structuur van de distributiesector had deze ontwikkeling tot gevolg, dat weer een evaluatie moest plaatsvinden van de verhouding tussen de componenten.

Gedurende de veranderingsprocessen moest er ook voortdurend en nauwlettend op worden toegezien, dat het vervullen van de eigen bedrijfsstaak voldoende gewaarborgd was. Er ontstond derhalve een proces van verwerken van maatschappelijke invloeden tegenover het functioneren van het waterleidingbedrijf, waarbij op elk beslissingsmoment het doel en de middelen moesten worden gewogen tegen de ervaring en de gezichtspunten van het ogenblik en die op lange termijn. Deze situatie was aanleiding om de waterleidingfunctie nader uit te werken en wel

aan de hand van drie maatstaven:

- de doelstelling van het bedrijf;
- de uit de doelstelling voortvloeiende taken;
- de onderlinge verhouding van de componenten.

## De doelstelling van de organisatie

Er moet worden voldaan aan de bedrijfsdoelstelling, te weten 'het voortdurend leveren van voldoende hoeveelheden water onder voldoende druk en van voldoende kwaliteit, e.e.a. met inachtnaam van de eisen van de economie'. In het Waterleidingbesluit en in de Aanbevelingen behorende bij de Waterleidingwet, worden voor sommige elementen uit de doelstelling grenswaarden en richtlijnen gegeven, bijv. voor de waterkwaliteit en de druk. Binnen dit kader kunnen de bedrijven zelf nadere grensvoorwaarden vaststellen. Van groot belang zijn daarbij de ervaring en de gezichtspunten. Zo heeft het vaststellen van de maximale tijdsduur van de tolerantie van distributieleidingen d.w.z. de tolerantie van de continuïteitseis gevolgen intern in het bedrijf — de tijdsduur van reparaties, het leidingnetontwerp — alsmede sociale repercussies — het ongemak voor de verbruikers. Dit ongemak kan door het bedrijf worden verlicht door goede serviceverlening en in bepaalde gevallen door technische voorzieningen, zoals een bedrijfszekere aansluiting of een tussenreservoir. De keuzen kunnen per bedrijf verschillen, daar zij afhankelijk zijn van de aard van het bedrijf en de behoeften van het distributiegebied. Het gaat bij de keuzen om beleidsbeslissingen, die in de distributiesector vervuld dienen te worden:

## De taken

Uitgaande van de doelstelling dient ervoor gezorgd te worden, dat tijdig de benodigde installaties te weten het leidingnet en de opvoerwerktuigen gereed zijn en dat deze goed worden onderhouden. Uit deze voorwaarden vloeit een aantal taken voort, die in de distributiesector vervuld dienen te worden:

- de bouwende taak (aanleg, sanering). Het tijdig gereedmaken van de installaties, alsmede de aanpassing daarvan bij ontwikkelingen;
- de beheerstaak. Het zich vergewissen van het functioneren van de installatie overeenkomstig de gestelde criteria, alsmede het open bijstellen van de operationele normen en de daarbij behorende middelen en regelingen;
- de onderhoudstaak. Het verzekeren, dat de installaties bij onveranderde omstandigheden blijven functioneren. Gekozen moet