

Het onthardingsproces in het pompstation van de NV Waterleiding Friesland te Noordbergum

Inleiding

Na de invoering van centrale ontharding in het pompstation Spannenburg in 1982 [1] wordt vanaf oktober 1984 nu ook het water van het pompstation 'Jhr E. C. Storm van 's Gravesande' te Noordbergum centraal onthard.

Evenals in Spannenburg vindt de ontharding plaats in korrelreactoren. Het principe hiervan is op verschillende plaatsen beschreven [1, 2]. De wijze waarop het proces in Noordbergum wordt bedreven wijkt echter op een aantal wezenlijke punten



DR. M. VAN AMMERS
Hoofd Laboratorium
NV Waterleiding Friesland

af van de bedrijfsvoering in Spannenburg, met name wat betreft het gebruik van kalk in plaats van natronloog.

De bestaande situatie

Het water wordt in Noordbergum gewonnen uit twee, op ca. 2 km van elkaar verwijderde puttenterreinen, het zogenaamde oude puttenterrein, in gebruik sinds 1926, en het Ritskebos dat sinds 1954 water levert (zie pag. 617).

De waterkwaliteiten zijn duidelijk verschillend (zie tabel 1). De ijzergehalten en de hardheid zijn in het oude puttenterrein aanmerkelijk hoger dan in het Ritskebos. In beide puttenterreinen treedt een verzilting op; in het Ritskebos in de vorm van een toeneming van het keukenzoutgehalte, waardoor het natriumgehalte stijgt, terwijl in het oude puttenterrein het zout als calciumchloride wordt aangetroffen, wat leidt tot een stijging van de hardheid.

TABEL 1 – Samenstelling van het ruwe water.

Parameter		Oude puttenterrein	Ritskebos
pH		6,8 - 7,0	7,0 - 7,2
geleidingsvermogen	mS/m	70 - 88	53 - 62
Fe	mg/l	11 - 19	5 - 6
Mn	mg/l	0,25 - 0,40	0,20 - 0,25
Ca	mg/l	115 - 160	80 - 90
Mg	mg/l	11 - 15	9 - 11,5
Totale hardheid	mmol/l	3,4 - 4,5	2,4 - 2,6
HCO ₃	mg/l	330 - 400	300 - 325
CO ₂	mg/l	95 - 130	30 - 40
Na	mg/l	25 - 30	35 - 50
Cl	mg/l	70 - 160	50 - 70

Deze verzilting, die met name in het oude puttenterrein de laatste jaren een exponentieel verloop begint te vertonen, is er oorzaak van dat de totale productie van het pompstation, momenteel ca. $20 \cdot 10^6$ m³/jaar, omstreeks 1990 moet worden teruggebracht tot ca. $13 \cdot 10^6$ m³/jaar (voor een uitvoering

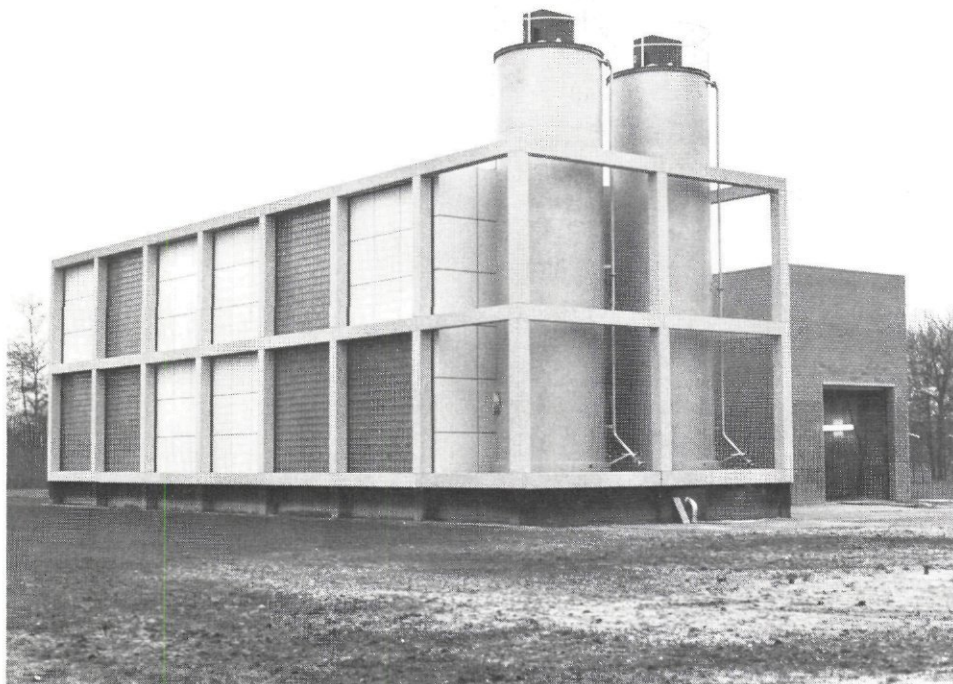


Foto 1 - Onthardingsgebouw pompstation te Noordbergum.

bespreking van deze problematiek zie men litt. [3]).

De zuivering bestaat uit een beluchting door middel van versproeiing, gevolgd door een dubbele snelfiltratie en vindt plaats in drie filtergebouwen. Problemen worden hierbij niet ondervonden.

Ontwerpoverwegingen

De plaats van de ontharding in het zuiveringsproces is, evenals in Spannenburg, na de eerste filtratie.

Op grond van de hiervoor genoemde noodzaak tot productieverlaging in de nabije toekomst is besloten om de omvang van de

onthardingsinstallatie te baseren op de productiecapaciteit na 1990.

Dit houdt in dat thans slechts een gedeelte van de totale productie wordt onthard (bij de maximale productie is dit ongeveer tweederde gedeelte), en wel zo ver, dat na bijmengen met niet onthard water het eindproduct een hardheid heeft van 1.5 mmol/l (8.4 °D). Voor het bijmengen wordt het minst harde water uit het Ritskebos (2.5 mmol/l) gebruikt. Er moet dan onthard worden tot 1 mmol/l, wat in de praktijk geen problemen blijkt op te leveren.

De keuze voor het split-treatmentsysteem heeft een aantal gevolgen voor de bedrijfs-

Foto 2 - De drie korrelreactoren.

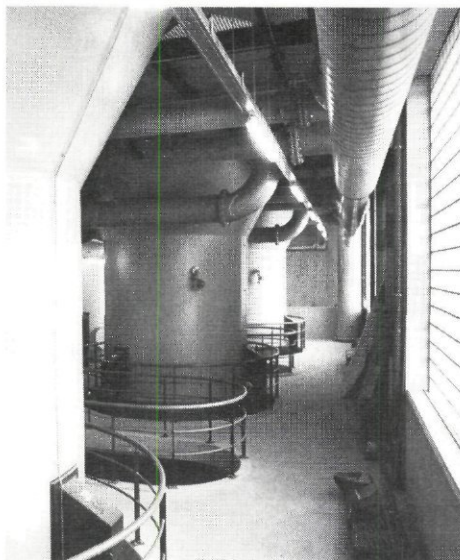
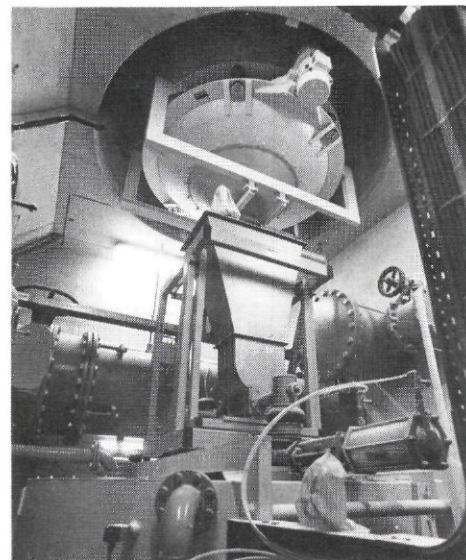


Foto 3 - Kalkdoserinrichting en kalkmelkaanmaakinstallatie.



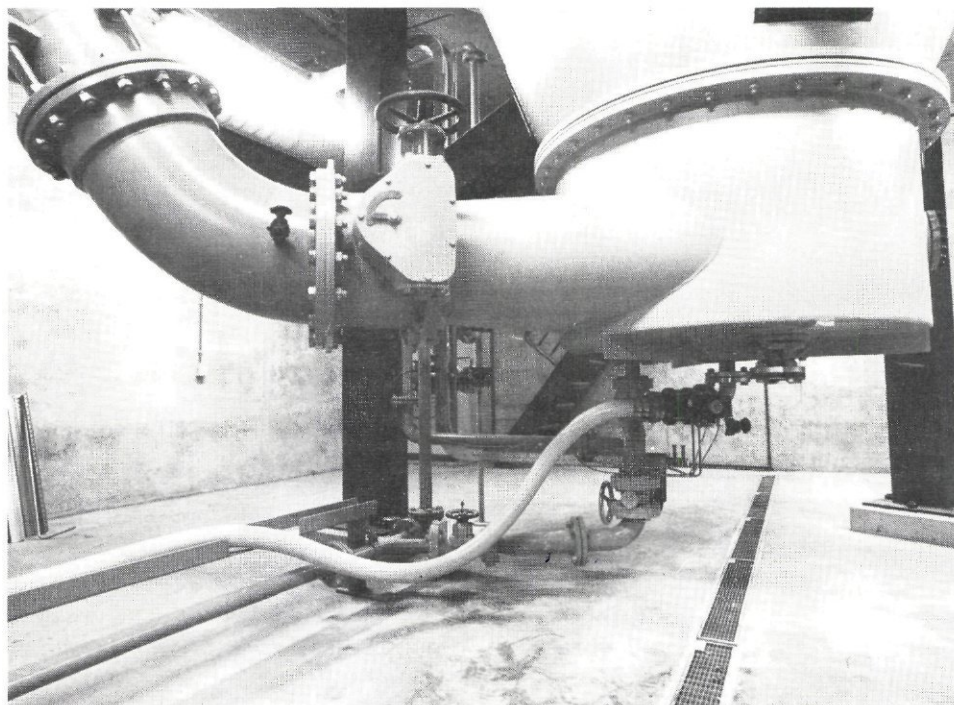


Foto 4 - Onderzijde reactor met water- en kalkmelktoevoer, alsmede zandaanvoer en pelletafvoer.

voering, nader beschreven in het hierna volgende artikel van ir. Zwierstra. Op grond van onze ervaringen in Spannenburg en een aantal experimenten aldaar alsmede door bezoeken aan een aantal installaties in het buitenland hadden wij de indruk gekregen dat korrelreactoren zonder bezwaar groter konden zijn dan de in Spannenburg toegepaste. Dit heeft ertoe geleid dat in Noordbergum het aantal reactoren beperkt is gebleven tot drie, elk met een maximale capaciteit van 650 m³/h. Het meest wezenlijke verschil met de installatie Spannenburg bestaat hierin, dat voor Noordbergum gekozen is voor kalk als onthardingschemicalie in plaats van voor natronloog. In chemisch opzicht verdient kalk de voorkeur met name omdat hierdoor het natriumgehalte van het ontharde water niet stijgt, een factor die in Noordbergum vooral een rol speelt in verband met de hiervoor genoemde verziltingsproblemen (zie kader op blz. 614). De algemene opvatting in Nederland was tot voor kort echter dat er in technisch opzicht aan de toepassing van kalk zoveel bezwaren kleefden (zoals onder meer laag rendement, verstoppingsproblemen, veel onderhoud) dat aan natronloog de voorkeur werd gegeven. Aanvankelijk lag het dan ook in de bedoeling om in Noordbergum met natronloog te ontharden. Daarnaast werd er een proefinstallatie opgestart met kalk waarvan werd aangenomen dat deze, gezien de hiervoor genoemde bezwaren, wel geruime tijd in bedrijf zou moeten blijven, te lang in ieder geval om hierop voor de realisering van de ontharding te kunnen wachten.

Deze proeven met kalk bleken echter wat het eigenlijke onthardingsproces in de reactor betreft zeer bevredigend te verlopen. Op grond hiervan is toen tijdens de bouw, na een proefperiode die eigenlijk wat aan de korte kant was voor het optimaliseren van het proces, alsnog besloten om tot ontharding met kalk over te gaan. Ten aanzien van de onthardingsreactoren was deze beslissing niet erg ingrijpend; volstaan kon worden met een verzwaaring van de aanvoerleiding van de chemicaliën en het wijder maken van het doseerpunt onder in de reactor. Omdat het ontharde water nog troebel is, is het voor de nazuivering noodzakelijk om een filtratie over een meerlaagsfilter toe te passen. De bestaande nafilts in een van de filtergebouwen bleken zodanig gebouwd te zijn dat een dergelijke aanpassing zonder al te veel moeite mogelijk was. Voor het filtermateriaal werd gekozen voor een combinatie van hydrofilt (fijngekorreld puimsteen) en zand. Dit had het voordeel dat bij het spoelen van de filters de spoelwater-snelheid niet hoger hoefde te zijn dan ca. 45

m/h waardoor geen extra voorzieningen aan het bestaande spoelleidingsysteem nodig waren.

Enkele resultaten en praktijkbedrijfs-ervaringen

Omdat Ca(OH)₂ maar beperkt oplosbaar is in water (ca. 1,7 g/l) wordt de kalk voor de ontharding toegevoegd als een suspensie waarvan de concentratie kan variëren tussen 0,5 en 1,5%. Bij het verlaten van de korrelreactor is in het ontharde water nog een hoeveelheid zwevend materiaal (de zogenaamde carry-over) aanwezig, bij normaal bedrijf ca. 10-30 mg/l, die door filtratie moet worden verwijderd. Het ontharde water is ook nog niet geheel uitgereageerd en vertoont een na-ontharding van ca. 0,2 mmol/l in de nafilts, wat neerkomt op een extra slibblast van 20 mg/l. De totale slibbelasting kan derhalve 30-50 mg/l bedragen.

De looptijden van de nafilts bedragen gemiddeld ca. 35 h, bij een filtratiesnelheid van 9 m/h. Dit komt neer op een slibbelasting van 10 à 15 kg per m² filteroppervlak.

De filtratie van het ontharde water vereist de nodige aandacht. Bij onregelmatigheden in de bedrijfsvoering treedt gemakkelijk doorslag op. Het einde van de looptijd wordt bepaald door een toename van de troebelheid (doorslag) en niet door het dichtslaan van het filter. Een continu-meting van de troebelheid van het filtraat is derhalve noodzakelijk. Het is gebleken dat de carry-over sterk toeneemt als er te weinig entzand wordt toegevoegd, wat kan leiden tot een ontoelaatbare verkorting van de looptijd van de filters.

Goede resultaten worden verkregen indien de hoeveelheid entzand niet lager is dan 1 kg zand op 25 kg Ca (OH)₂.

De kalkpellets hebben dan een zandgehalte van ca. 2%, wat voor de afzet aan de veevoederindustrie geen bezwaar is. Een aantal waterkwaliteitsparameters zijn in tabel 2 samengevat. Hieruit blijkt dat hoewel het diep-ontharde water uit de reactoren na filtratie nog een vrij hoge verzadigingsindex (S.I.) kan bezitten, het afgeleverde mengwater in dit opzicht aan de eisen voldoet.

Een verschijnsel dat ons in Spannenburg de

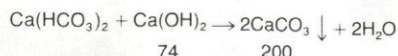
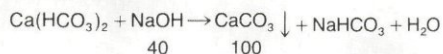
TABEL II - Waterkwaliteitsverloop tijdens de ontharding.

Parameter	Aanvoer naar reactor	Onthard water		Gedistribueerd reinwater
		voor filtratie	na filtratie	
Troebelheid	FTU	1 - 2	20 - 50	0,2 - 0,4
Hardheid	mmol/l	2,5 - 3,2	1,0 - 1,4	1,5 - 1,7
Ca	mg/l	80 - 110	25 - 40	40 - 50
Mg	mg/l	9 - 12		9 - 12
HCO ₃	mg/l	320		140 - 180
pH		7,3 - 7,5	8,8 - 9,5	8,0 - 8,3
verzadigingsindex S.I.		-0,2 - +0,1	0,1 - 0,5	0 - +0,2

De marges in de getalswaarden worden veroorzaakt door variaties in de aangeboden waterkwaliteit en verschillen in het onthardingstraject.

Kalk of natronloog Wat zijn de verschillen?

De onthardingsreacties bij gebruik van natronloog of kalk kunnen als volgt worden weergegeven:



Voor een hardheidsverlaging van 1 mmol/l (= 5,6 °D) is in theorie 40 mg NaOH nodig of 74 mg Ca(OH)₂ (in de praktijk is het Ca(OH)₂-verbruik 10 à 15% hoger). Bij toepassing van kalk ontstaan er tweemaal zoveel pellets als met natronloog. Het natriumgehalte van het water blijft bij gebruik van kalk onveranderd, met natronloog neemt het natriumgehalte toe evenredig met het onthardingstraject. Het HCO₃⁻-gehalte daalt met kalk tweemaal zo sterk als met natronloog. Voor ontharding van oppervlaktewater met kalk kan dit een belemmering zijn. Volgens het waterleidingbesluit behoort water minstens 30 mg/l HCO₃⁻ te bevatten. Ontharding met kalk zou bij temperaturen beneden 5 °C te traag verlopen [8]. Volgens een Engels onderzoek [9] werd echter bij 3 °C nog een goed resultaat verkregen. Nader onderzoek hierover lijkt wenselijk.

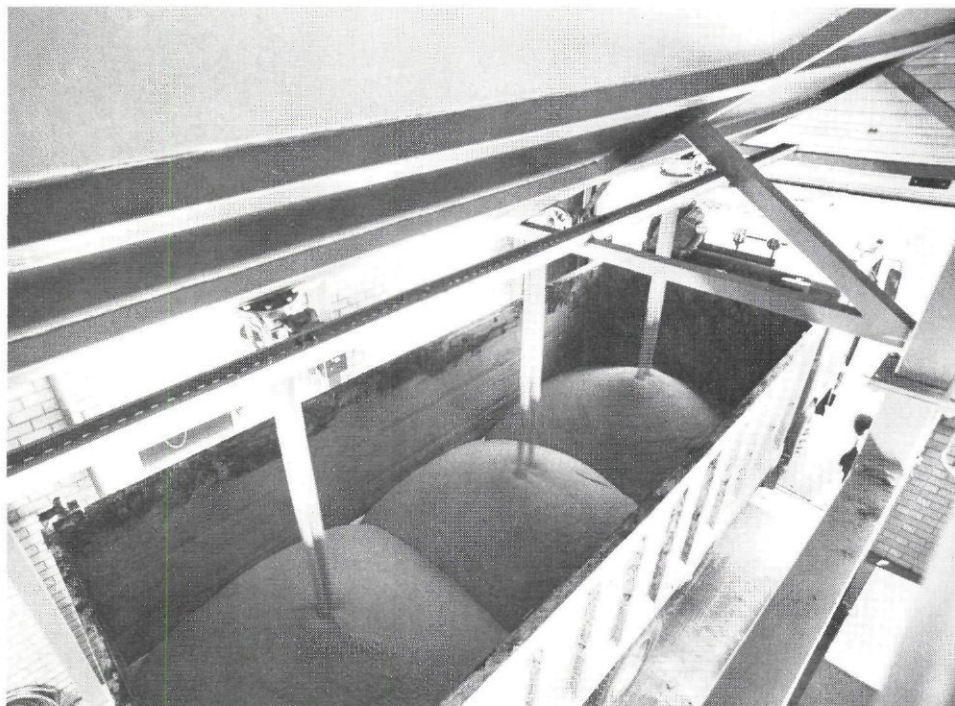


Foto 5 - Pelletopslag en afvoer.

nodige zorg heeft verschaft, namelijk het ietwat troebel worden van het water bij koken, treedt in Noordbergum niet op. Dit is in overeenstemming met de destijds gemaakte veronderstelling dat deze troebeling een gevolg is van de aanwezigheid van microscopisch kleine entkristallen die door spontane kristallisatie ontstaan op plaatsen waar geen pelletoppervlak beschikbaar is.

Omdat het Ca(OH)₂ als een fijne suspensie van vaste deeltjes wordt toegevoegd is er naar verhouding veel meer oppervlak beschikbaar voor kristallisatie dan bij gebruik van natronloog en daardoor hoeft de in energetisch opzicht minder aantrekkelijke spontane kristallisatie niet op te treden. Een gunstig neveneffect van de ontharding is de verlaging van het metaalaantastend vermogen van het water als gevolg van de stijging van de pH. In Spannenburg is gebleken dat het koperoplossend vermogen met ca. 65% is afgenomen en het loodoplossend vermogen met ca. 25%. (De gevolgen hiervan voor de afzet van rioolslib in de landbouw worden beschreven in het onlangs verschenen artikel van de Jong c.s. [4]).

Enkele oriënterende metingen aan het ontharde water in Noordbergum wijzen in dezelfde richting. Het koper- en loodoplossend vermogen blijkt bij een pH van 8,2 à 8,3 met resp. 80% en 50% te zijn verlaagd. Nog sterker is dit effect bij het diep-ontharde water dat bij een pH van 8,6 een daling van het metaalaantastend vermogen laat zien van 90% voor koper en van 70% voor lood.

Uiteraard zullen deze voorlopige uitkomsten moeten worden geverifieerd.

Het onthardingsproject wordt zo ingesteld dat het gedistribueerde water een hardheid heeft van ca. 1,5 mmol/l (8,4 °D). Ontharding tot een lager niveau is, hoewel technisch eenvoudig te realiseren, volgens de huidige wetgeving niet toegestaan. Het nieuwe waterleidingbesluit schrijft namelijk voor dat water dat een hardheidsverlaging heeft ondergaan een hardheid van minstens 1,5 mmol/l dient te bezitten en een waterstofcarbonaatgehalte van minstens 30 mg/l [5].

In principe zouden de kwaliteitseisen die aan drinkwater worden gesteld niet mogen afhangen van de zuiveringsmethode waarmee die kwaliteit wordt verkregen en aan centraal onthard water zouden dan ook geen andere eisen behoren te worden gesteld dan aan water dat deze bewerking niet heeft ondergaan.

Aangezien in een aantal gevallen een statistisch verband is waargenomen tussen de hardheid van het drinkwater en het voorkomen van hart- en vaatziekten [6, 7] is bij toepassing van centrale ontharding het onthardingstraject beperkt tot de hiervoor genoemde grens van 1,5 mmol/l. Omdat echter een oorzakelijk verband niet vaststaat is er afgezien van een eis tot opharding van watertypen die zachter zijn dan 1,5 mmol/l. Dit is een onbevredigende situatie, die aan onze afnemers moeilijk te verklaren is. Verder onderzoek is nodig en gewenst om meer duidelijkheid te verkrijgen aangaande dit probleem en om daardoor te komen tot

eenduidige kwaliteitseisen voor drinkwater, ook ten aanzien van de hardheid.

Kosten en baten

De investeringskosten bedragen in totaal (dus inclusief ombouw nafilts, leidingwerk en bouwrente) ca. f 9.000.000,-. Op annuïteitsbasis (9% rente, 4% afschrijving) bedragen de jaarlijkse kosten dan ca. f 915.000,-. Aan kalk zal naar wij verwachten 2.000 à 2.500 ton per jaar worden verbruikt, dit is een jaarlijks bedrag van f 400.000,- à f 500.000,- (bij toepassing van natronloog zou ca. f 575.000,- à f 690.000,- per jaar nodig zijn).

De kosten per m³ onthard water bedragen dan:

aan investeringskosten	7 ct/m ³
aan chemicaliënkosten	3 à 4 ct/m ³
totaal	10 à 11 ct/m³

Worden de kosten berekend over de totale hoeveelheid afgeleverd water (20.10⁶ m³/jaar) dan zijn de kosten van ontharding slechts 6,5 à 7 ct/m³.

De kosten voor bediening, onderhoud en energie zijn op dit moment nog niet goed te schatten en zijn buiten beschouwing gebleven. Ze zijn niet te verwaarlozen, maar vermoedelijk klein ten opzichte van de overige kosten.

Welke besparingen staan hier voor de consument tegenover? Wegen de extra kosten op tegen de besparingen? De algemene indruk is van wel, maar de meningen over de grootte van het voordeel voor de consument lopen uiteen van iets

meer dan quitte spelen tot meer dan f 100,— besparing per jaar per gezin.

Ik denk dat beide uitersten waar kunnen zijn en dat de uitkomsten sterk afhangen van de persoonlijke omstandigheden bij de afnemer. Voor een gezin dat $\pm 200 \text{ m}^3$ water per jaar verbruikt zijn de kosten tengevolge van de ontharding, indien ze volledig worden doorberekend, $\pm f 25,—$ per jaar. Volgens de informatie op de verpakking van wasmiddelen is bij een overgang van water harder dan 16°D naar water van minder dan 10°D een besparing mogelijk van 30 à 40%, wat in geld uitgedrukt neerkomt op een jaarlijks voordeel van ca. f 30,— à f 35,— per gezin. Deze besparing is uiteraard afhankelijk van het gedrag van de huisvrouw die daadwerkelijk minder wasmiddel in haar machine moet doen.

Het zeepverbruik zou, volgens de berekeningen van het KIWA-rapport 'Centrale Ontharding' uit 1970, en aangepast aan het huidige prijspeil, tot een besparing van ca. f 6,50 kunnen leiden.

Het overbodig worden van een ionenwisselaar in een afwasmachine kan een besparing opleveren van ca. f 25,— per jaar. Lang niet iedereen heeft echter de beschikking over een dergelijk apparaat. Voor de besparingen op het onderhoud van boilers en geisers tengevolge van geringere ketelsteenafzettingen worden door de gas- en elektriciteitsbedrijven in Friesland uiteenlopende schattingen opgegeven, variërend van f 5,— tot f 25,— per jaar. In vele gevallen wordt deze warmwaterapparatuur echter gehuurd van nutsbedrijven of woningstichtingen en de besparingen komen dan niet of misschien pas op langere termijn ten gunste van de verbruikers.

De financiële voordelen van ontharding zullen dus ongelijk zijn verdeeld over de bevolking en daarom zou ik voorzichtig zijn met harde uitspraken en hierover zeker geen hoge verwachtingen wekken. Het gaat niet om grote bedragen.

Het 'behaaglijkeheidsaspect' dat voor velen aan het gebruik van zacht water is verbonden en de moeilijk in geld uit te drukken voordelen als geringere slijtage van textiel en minder onderhoud aan sanitair, tegels, kranen en douches zijn bij deze afweging buiten beschouwing gebleven.

Slotopmerkingen en conclusies

Technisch is ontharden in korrelreactoren goed realiseerbaar. Met de bodemconstructie zoals die bij de WLF is toegepast kan zowel natronloog als kalk als onthardingschemicalie worden gebruikt.

De keuze voor kalk of natronloog wordt bepaald door de uitgangskwaliteit van het te ontharden water, waarbij naast de hardheid de gehalten aan natrium en waterstofcarbonaat de belangrijkste factoren vormen.

Vooraf bij ontharding met kalk vraagt de filtratie van het ontharde water extra aandacht.

Bij kleine onthardingstrajecten zijn de investeringskosten relatief hoog. Omdat de besparingen voor de consument evenredig zijn met het onthardingstraject wordt het economisch voordeel dan problematisch. In deze gevallen (klein onthardingstraject) kunnen kwalitatieve overwegingen, met name de wenselijkheid van verlaging van het lood- en koperoplossend vermogen de doorslag geven of er al dan niet wordt onthard.

Door toepassen van split-treatment kunnen de investeringskosten enigszins worden verlaagd.

Literatuur

1. Ammers, M. van (1982). *De zuivering in het nieuwe Spannenburg*. H₂O (15) 1982, p. 485.
2. Graveland, A., Prinsen Geerlig, W. L. en Soleman, M. A. A. (1973). *Centrale hardheidscorrectie door kristallisatie*. H₂O (6) 1973, p. 382.
3. Sprong, D. en Geirnaert, W. (1983). *Verziltig van de twee waterwingebieden te Noordbergum (Friesland)*. H₂O (16) 1983, p. 244.
4. Jong, J. W. de, Haring, B. J. A., Hoogsteen, K. en Nes, A. W. van (1984). *De invloed van de drinkwaterkwaliteit op het kopergehalte in afvalwater en in zuiveringslib in de provincies Friesland, Groningen en Drenthe*. H₂O (17) 1984, p. 556.
5. Staatsblad 1984, 220. *Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingbesluit*. (Stb. 1960, 345) bijlage A tabel II.
6. Werkgroep GCOL (1982). *Gezondheidsaspecten van Centrale Ontharding van leidingwater*. Verslagen, Adviezen, Rapporten, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, nr. 28.
7. *Drinking Water and cardiovascular disease 1980*. Pathotox Publishers Inc. III. USA. ISBN 0-930376-26-2. Verslag van een 3-daags symposium aan de universiteit van Amherst (Mass.) in oktober 1979.
8. *Het kalk-koolzuurevenwicht opnieuw bezien*. Publ. v. DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV, maart 1982, p. 96.
9. Hilson, M. A. and Law, F. (1970). *Water Treatment and Examination* (19) 1970, p. 32.

● ● ●

● End of page 611

H₂O (17) 1984, nr. 26; 630

U.D.C. 628.112:556.332.52.001.24:519.68

H. J. VINKERS

Computer program: non-steady flow towards a pumping well in a confined aquifer

Aquifer parameters can be determined by means of a pumping test. However, a certain knowledge of these parameters is required beforehand, in order to decide where and how often hydraulic heads should be measured during the test. Analytical formulae can be very useful for this prediction.

In this article, the non-steady flow towards a pumping well in a confined aquifer is considered. The aquifer is bounded by two straight lines at an angle of 180 degrees: an impervious boundary and a boundary of zero drawdown. The drawdown in an observation well is calculated using a computer program in machine code language for the HP41, a handheld programmable calculator. The program is fully documented, while a listing and an example of calculation are given.

37e Vakantiecursus over 'Winning en zuivering van drinkwater'

De 37e Vakantiecursus in drinkwater wordt gegeven op 10 en 11 januari 1985 bij de TH Delft over 'Bedrijfsmatige aspecten van winning en zuivering'.

Donderdag 10 januari 1985

Na een inleiding door ir. Th. G. Martijn (KIWA/VEWIN) komen de volgende sprekers aan het woord:

Ir. J. C. van Winkelen (Waterleiding

Friesland) over 'Grondwaterwinning'.

Ir. H. Bosch (Duinwaterleiding Den Haag) over 'Oppervlaktewaterwinning en kunstmatige infiltratie'.

Ir. E. G. H. Vreedenburgh (Waterwinning-bedrijf Brabantse Biesbosch) over 'Oppervlaktewaterwinning en opslag in bekkens'.

Dr. ir. A. Graveland (Gemeentewaterleidingen Amsterdam) over 'Oppervlaktewaterwinning zonder voorraadvorming'.

Forumdiscussie.

Vrijdag 11 januari 1985

Drs. J. C. Sybrandi (Waterleiding Mij Overijssel) over 'Zuivering van grondwater'. Ing. B. J. Hofhuis (De Goudse Waterleiding Mij) over 'Winning en zuivering van oevergrondwater'.

Frau Dr. C. Engels (Düsseldorf) over 'Aufbereitung von Uferfiltrat'.

Ir. P. C. Kamp (PWN) over 'Zuivering van oppervlaktewater'.

Drs. O. I. Snoek (Gemeentewaterleidingen Amsterdam) over 'Taak en plaats van het laboratorium'.

Ir. C. van der Veen (Gemeentewaterleidingen Amsterdam) over 'Taak en plaats van de bedrijfstak en het waterleidingbedrijf'. De kosten bedragen f 125,—.

De cursus is bedoeld als post-academische scholing voor allen die bij het waterleidingvak betrokken zijn. Hoewel het niveau van de cursussen daarmee aansluit op een academische opleiding kunnen ook andere belangstellenden de cursus bijwonen.

Inlichtingen worden verstrekt door het secretariaat van de Vakantiecursussen in Drinkwatervoorziening, kamer 3.69, Stevinweg 1, 2628 CN Delft. Telefoon 015 - 78 42 84 of 78 33 47. Ook alle correspondentie dient aan dit adres te worden gericht.

● ● ●