Gallionella ferruginea: 'lust of last'?

ING. J.H. BRUINS, GEMEENTELIJK WATERBEDRIJF GRONINGEN
H. WOLTERS, GEMEENTELIJK WATERBEDRIJF GRONINGEN
DRS. G.H. WÜBBELS, GEMEENTELIJK WATERBEDRIJF GRONINGEN

Voor de bereiding van drinkwater maakt het Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen, naast oppervlaktewater, gebruik van grondwater. Op pompstation De Punt gaat het hierbij om ongeveer 8 miljoen m³ grondwater op jaarbasis. Binnen deze grondwaterzuivering zijn tussen de twee filtergroepen significante verschillen opgetreden met betrekking tot de ontijzering, de ontmanganing, verstoppingsproblemen en het (periodiek) al dan niet massaal in de filters aanwezig zijn van bacteriën van het geslacht Aeromonas.
Bij onderzoek naar bovengenoemde problemen werd duidelijk dat de ijzeroxiderende bacterie Gallionella ferruginea wellicht een belangrijke rol speelt.
Alvorens hierop verder wordt ingegaan, volgt eerst een globale beschrijving van de grondwaterzuivering én de bacterie Gallionella ferruginea.

De grondwaterzuivering bestaat grofweg uit een drietal zuiveringsstappen (afb. 1).

Ten eerste vindt een voorbeluchting plaats van het ruwe grondwater, waarbij waterstofsulfide (H_2S) volledig en kooldioxide (CO_2) en methaan (CH_4) gedeeltelijk worden verwijderd. Zuurstof wordt door deze voorbeluchting in het water opgenomen. De versproeiing van het ruwe grondwater verloopt per filter via 36 Dresdener-sproeiers.

De valhoogte van het water is hierbij 2,20 m. Ventilatoren leveren per filter maximaal 2400 m³/h lucht in tegenstroom.

Vervolgens vindt een enkelvoudige natte snelfiltratie plaats.

Tijdens deze filtratie vinden in de filters chemische (ijzer- en mangaanoxidatie) en biologische (omzetting van methaan, nitrificatie en eventueel biologische ijzeroxidatie) processen plaats.

Het filterbed heeft een hoogte van ca. 2 meter. Het filtergrind heeft een korreldiameter van 1,7-2,4 mm.

De oppervlaktebelasting van de filters is variabel, doch maximaal 10 m/h (bij een debiet van 125 m³/h).

Terugspoeling van de filters vindt plaats op basis van filterweerstand. Het filterspoelprogramma is voor alle filters identiek.

De derde en laatste stap in het zuiveringsproces is een nabeluchting. Ook hier vindt versproeiing van het water plaats met Dresdener-sproeiers. De capaciteit van de nabeluchting is variabel, doch maximaal 9000 m³/h lucht.

Het doel van deze nabeluchting is vooral toevoeging van zuurstof en verdere reductie van kooldioxide (ontzuring).

De beschreven grondwaterzuivering bestaat voor wat betreft de filtratie uit een zestiental identieke snelfilters verdeeld over twee zuiveringsvleugels (vleugel 1 en 2). De bedrijfsvoering, voor de inschakeling van het aantal filters, is momenteel afhankelijk van de vraag naar drinkwater. Met andere woorden, er is geen sprake van een stabiele en continue bedrijfsvoering van de filters, maar van een bedrijfsvoering waarbij perioden van productie en stilstand elkaar kunnen afwisselen.

Wel is de bedrijfsvoering voor beide vleugels gelijk en vergelijkbaar.

Het grondwater voor de zuivering is afkomstig van een puttenveld op het terrein van pompstation De Punt (16 winputten) en van een puttenveld in het nabijgelegen Quintusbos (10 winputten). Het water van de twee puttenvelden wordt hierbij apart verzameld en met twee verzamelleidingen naar de beide vleugels getransporteerd.

Het water voor de filters van vleugel 1 (filters 1 t/m 8) is voor een groot deel (maar niet volledig) afkomstig uit het Quintusbos en het water voor de filters van vleugel 2 (filters 9 t/m 16) is vooral afkomstig van het eigen terrein, maar ook niet volledig.

Een aantal (gemiddelde) relevante kwaliteitsparameters van de beide ruwe grondwater-(voedings)stromen zijn opgenomen in tabel 1.

Samenvatting

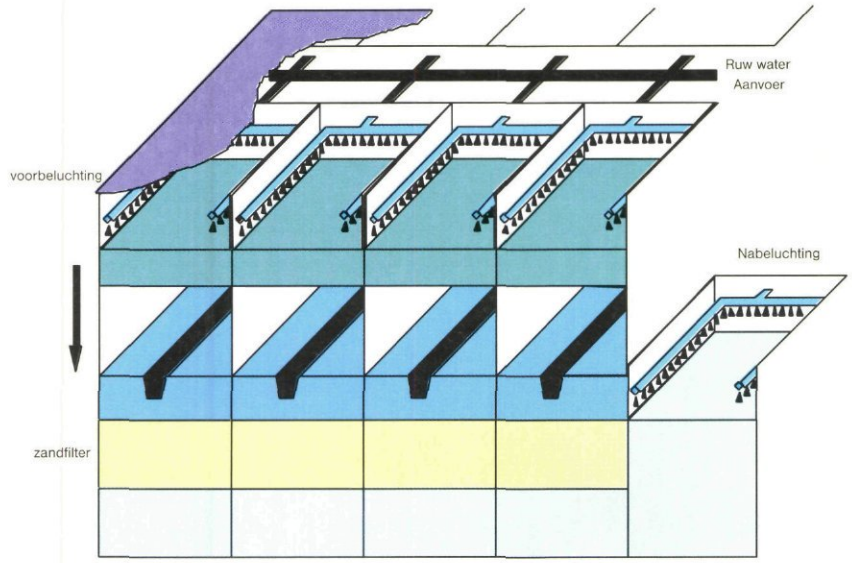
Het Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen (GWG) heeft bij de grondwaterzuivering op pompstation De Punt te maken met opmerkelijke (kwaliteits)verschillen tussen de filters van twee identieke zuiveringsvleugels. Dit heeft betrekking op de ontijzering en de ontmanganing, het optreden van verhoogde concentraties bacteriën van het geslacht Aeromonas en verstoppingsproblemen van onderdelen van de zuivering.
Bovengenoemde punten zijn niet terug te voeren op aantoonbare verschillen in de fysisch-chemische kwaliteit van het aangevoerde ruwe grondwater. Ook zijn ze niet het gevolg van een verschil in de bedrijfsvoering.
Er zijn (sterke) aanwijzingen dat de bestaande (kwaliteits)verschillen worden beïnvloed door de aan- of afwezigheid van de bacterie *Gallionella ferruginea* [14] in de filters.
Deze vermoedens worden vooral ingegeven door het feit dat het ruwe grondwater van de filters van de ene zuiveringsvleugel (vleugel 2) regelmatig grote hoeveelheden bacteriën van de species *Gallionella ferruginea* bevatten. Dit in tegenstelling tot het ruwe grondwater van de andere zuiveringsvleugel (vleugel 1). Bovendien worden in het spoelwater van de filters van vleugel 2, op basis van kwalitatief onderzoek, zeer veel actieve *Gallionella ferruginea* bacteriën aangetroffen. In het spoelwater van de filters van vleugel 1 werden slechts geringe hoeveelheden van deze ijzeroxiderende bacteriën aangetoond, waarbij nauwelijks sprake was van actieve exemplaren.
De oorzaak van de grote aantallen van de micro-aërofiele bacterie *Gallionella ferruginea* in vleugel 2, moet blijken uit aanvullend onderzoek. Het lijkt evenwel waarschijnlijk dat een reden zou kunnen zijn, het door een aantal pompputten tegelijkertijd onttrekken van anaëroob (ijzerhoudend) grondwater en freatisch, aëroob (*Gallionella ferruginea*-houdend), grondwater.

Gallionella ferruginea

[5,9,11,12,14,17,18]

Gallionella ferruginea behoort tot de groep ijzerbacteriën. Dit zijn bacteriën die ijzer (en vaak ook mangaan) kunnen oxideren.

De bacterie *Gallionella ferruginea* is uitsluitend in staat ijzer te oxideren. De gevorm-



Afb. 1 *Schematische voorstelling van een deel van de grondwaterzuivering van pompstation De Punt (4 filters + 1 nabeluchter).*

de verbindingen zijn ijzer(oxy)(hydr)oxiden.

Gallionella ferruginea is een boon- of niervormige bacterie met een breedte van 0,5 µm tot 0,7 µm en een lengte van 0,7 µm tot 1,8 µm.

Lateraal op de bacterie wordt vaak een lange steel gevormd, bestaande uit bundels (tot meer dan 90 stuks) rondgedraaide fibrillen. Deze steel is dichotoom vertakt (tweevertakking) met een lengte tot 400 µm.



Afb. 2 *Gallionella ferruginea [9].*

Bij actieve *Gallionella ferruginea* is deze steel bedekt met ijzeroxyhydroxiden als goethiet (α-FeOOH) en lepidokrokiet (τ-FeOOH) èn ijzerhydroxide.

Gallionella ferruginea kan voorkomen in koud water (temperatuur < 17 °C). De bacteriën zijn micro-aërofiel, wat wil zeggen dat ze in staat zijn te overleven onder omstandigheden met een zeer laag zuurstofgehalte (< 0,05 mg/l O_2).

De optimale redox-potentiaal ligt tussen +200 mV en +300 mV. Het pH-optimum voor *Gallionella ferruginea* ligt tussen 6 en 7.

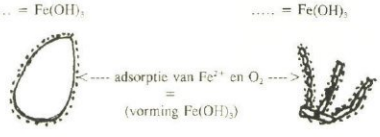
Door de afzetting van vooral ijzerhydroxide op de stelen van de *Gallionella ferruginea* kan bij optimale zuurstofconcentra



Afb. 3 *IJzerafzetting op de stelen van Gallionella ferruginea [9].*

ties verdere biologische oxidatie, maar ook de fysisch-chemische oxidatie een belangrijke impuls krijgen. Het op de stelen van de *Gallionella ferruginea* afgezette ijzerhydroxide, maar ook de afzetting op filtergrind is in staat gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) te adsorberen. Daarnaast adsorbeert dit ijzerhydroxide ook zuurstof (O_2). Op deze wijze zal versneld (katalytisch) vorming van nieuw ijzerhydroxide plaatsvinden (afb. 4). Dit kan door chemische en/of biologische oxidatie.

Afb. 4 *Schematische weergave van een korrel filtergrind (links) en een aantal 'stelen' van de Gallionella ferruginea (rechts), waarop ijzerhydroxide ($Fe(OH)_3$) is afgezet [8].*



Tabel 1 *Gemiddelde concentraties van de relevante kwaliteitsparameters van het ruwe grondwater van vleugel 1 (Quintusbos) en vleugel 2 (terrein De Punt) van de periode 1991-1996.*

parameter + eenheid		ruw grondwater (voeding)			
		vleugel 1 (filter 1 t/m 8)		vleugel 2 (filter 9 t/m 16)	
Zuurgraad	(pH)	7,1	(n=68)	7,1	(n=68)
Geleidbaarheid	(mS/m)	44	(n=68)	49	(n=68)
Zuurstof	(mg/l O_2)	< 0,2	(n=20)	<0,2	(n=20)
Kooldioxide	(mg/l CO_2)	45	(n=66)	46	(n=66)
Waterstofcarbonaat	(mg/l HCO_3^-)	215	(n=68)	234	(n=67)
Chloride	(mg/l Cl^-)	39	(n=72)	53	(n=71)
Methaan	(mg/l CH_4)	0,82	(n=15)	1,44	(n=15)
Ammonium	(mg/l N)	0,35	(n=68)	0,46	(n=68)
Nitraat	(mg/l N)	0,01	(n=67)	0,02	(n=67)
Calcium	(mg/l Ca)	63	(n=67)	68	(n=68)
Magnesium	(mg/l Mg)	5,8	(n=23)	6,4	(n=23)
IJzer	(mg/l Fe)	6,3	(n=69)	6,6	(n=69)
Mangaan	(mg/l Mn)	0,21	(n=68)	0,22	(n=69)
Opg. org. Koolstof	(mg/l C)	3,2	(n=22)	3,1	(n=22)
Silicium	(mg/l Si)	11,0	(n=25)	11,1	(n=25)
Sulfaat	(mg/l SO_4)	19,0	(n=25)	24	(n=24)
Totaal-fosfaat	(mg/l P)	0,19	(n=23)	0,19	(n=23)

Tabel 2 *Gemiddelde analyseresultaten (1991-1996) van ijzer en mangaan in het voedingswater en het filtraat, inclusief de zuiveringsrendementen.*

parameter + eenheid	vleugel 1			vleugel 2		
	ruw water	*filtraat*	*zuivering (%)*	*ruw water*	*filtraat*	*zuivering (%)*
Fe (mg/l)	6,3 (n = 69)	0,075 (n = 257)	98,8	6,6 (n = 69)	0,044 (n = 260)	99,3
Mn (mg/)	0,21 (n = 68)	0,024 (n = 251)	88,6	0,22 (n = 69)	0,002 (n = 253)	99,1

Ontijzering/ontmanganing

Tussen de filters van vleugel 1 (filter 1 t/m 8) en de filters van vleugel 2 (filter 9 t/m 16) bestaat voor wat betreft de ontijzering en de ontmanganing een significant verschil.

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde analyseresultaten opgenomen van ijzer en mangaan van het voedingswater en het filtraat, inclusief de zuiveringsrendementen.

Alhoewel de verschillen niet spectaculair lijken, zijn ze significant. Uit deze resultaten blijkt onder meer dat de kwaliteit van het filtraat van de filters van vleugel 1, voor wat betreft ijzer en mangaan, gemiddeld *niet* voldoet aan de VEWIN-aanbevelingen. Dit in tegenstelling tot de gemiddelde waterkwaliteit van het gezuiverde water van de filters van vleugel 2, die *wel* voldoet aan de VEWIN-aanbevelingen (VEWIN-aanbeveling: Fe is 0,05 mg/l en Mn is 0,02 mg/l).

Bovendien betekent een lager gehalte aan ijzer en mangaan in het reine water een behoorlijke reductie van de afzetting van ijzer en mangaan in het distributienet en dus een besparing op de spuikosten.

Uitgaande van bovenstaande getallen en een gelijkmatige (jaarlijkse) waterproductie over de beide zuiveringsvleugels, zou bij een vergelijkbaar (hoger) verwijderingsrendement voor de filters van vleugel 1 sprake zijn van een aanmerkelijke vermindering van de belasting van het distributienet met ijzer en mangaan. Over de periode 1991-1996 komt dit, afhankelijk van de verschijningsvorm, neer op de onderstaande ijzer- en mangaanreductie in het distributienet:

IJzer: 745 kg als Fe = 1065 kg als Fe_2O_3 = 1425 kg als $Fe(OH)_3$

Mangaan: 530 kg als Mn = 835 kg als MnO_2

Het vermoeden bestaat dat de betere ontijzering in de filters van vleugel 2 het gevolg is van een verhoogde biologische activiteit van de bacterie *Gallionella ferruginea*.

Recent onderzoek heeft aangetoond dat het voedingswater van de filters van vleugel 2 grote hoeveelheden van deze bacteriën bevat en het voedingswater van vleugel 1 verhoudingsgewijs (zeer) weinig (tabel 3). Deze resultaten vormen een bevestiging van eerder uitgevoerd onderzoek [5].

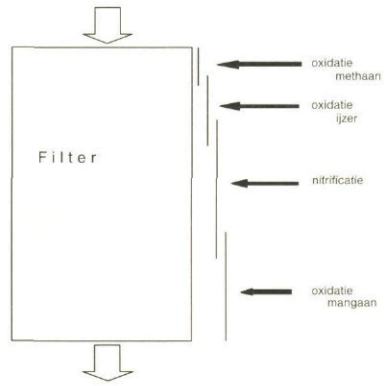
Tabel 3 *Gallionella ferruginea in ruw grondwater van vleugel 1 en vleugel 2.*

datum	*Gallionella ferruginea* (aantal/liter)	
	ruw vleugel 1	*ruw vleugel 2*
19-09-1997	30	156.000
22-09-1997	10	269.000
29-09-1997	< 250	4.100.000

Kwalitatief onderzoek naar de aanwezigheid van *Gallionella ferruginea* in spoelwater van filters van beide vleugels heeft aangetoond, dat het spoelwater van de filters van vleugel 2 grote hoeveelheden van deze ijzerbacteriën bevat.
Bovendien waren er zeer veel actieve bacteriën, getuige de soms extreem grote hoeveelheid ijzerafzetting op de 'stelen' van *Gallionella ferruginea*.

In het spoelwater van de filters van vleugel 1 waren deze ijzeroxiderende bacteriën in een veel geringere mate aanwezig, waarbij nauwelijks sprake was van actieve exemplaren.

Afb. 5 *Theoretische volgorde van de omzettingen in een filter na beluchting.*



Door een betere ontijzering verloopt ook de ontmanganing in de filters van vleugel 2 beter. Dit heeft vooral te maken met de (theoretische) volgorde en het verloop van de biologische en fysisch-chemische omzettingsprocessen in de filters [20, 21] (afb. 5).

Problemen met Aeromonas in filters

Naast een verbeterde ontijzering, lijkt de aanwezigheid van *Gallionella ferruginea* ook een positieve invloed te hebben op de 'biologie' van de filters van de grondwaterzuivering.

De hypothese hierbij is dat de massale aanwezigheid van *Gallionella ferruginea* een explosieve vermeerdering van ongewenste bacteriën (bijvoorbeeld *Aeromonas*) tegengaat, door een wijziging te bewerkstelligen van de concurrentieverhouding van de diverse microorganismen.

Geconstateerd is dat verhoogde concentraties bacteriën van het geslacht *Aeromonas* in de filters van vleugel 1 regelmatig voorkwamen, terwijl dezelfde problemen in filters van vleugel 2 niet optraden. Dit ondanks het feit dat het voedingswater van de filters van vleugel 2 in vergelijking tot het voedingswater van de filters van vleugel 1, in potentie, minimaal dezelfde groeimogelijkheden voor bacteriën van het geslacht *Aeromonas* heeft (methaan, ammonium).

Ook de perioden van stilstand (plaatselijke anaërobie!) zijn voor de filters van beide vleugels vergelijkbaar.

De problemen met *Aeromonas* waren in de filters van vleugel 1 regelmatig zo groot, dat externe reiniging of zelfs vervanging van het filtergrind noodzakelijk was.

Uit recent onderzoek [13] is gebleken dat van de *Aeromonas*-bacteriën uitsluitend de species *Aeromonas hydrophila* in de filters werd aangetroffen.

Relevante verschillen, voor het al dan niet optreden van een explosieve groei van *Aeromonas*-bacteriën, in de twee zuiveringsvleugels konden door onderzoek [5] worden teruggebracht tot de al eerder vermelde verschillen met betrekking tot de aan- of afwezigheid van de bacterie *Gallionella ferruginea*.

Overigens bleken de problemen met *Aeromonas* ook beheersbaar, door toepassing van een stabielere bedrijfsvoering [6].

Verstopping van de Dresdener-sproeiers

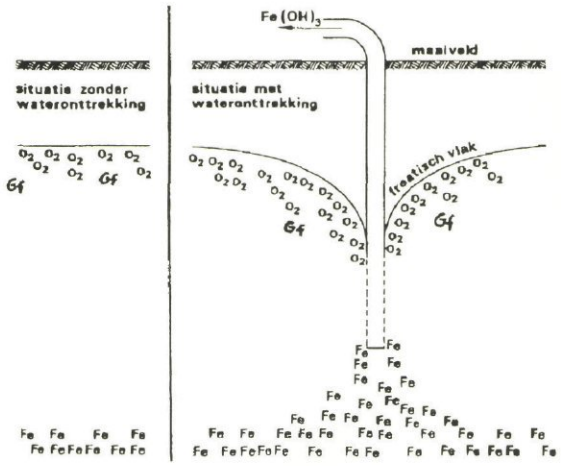
De aanwezigheid van *Gallionella ferruginea* in het ruwe grondwater heeft niet alleen positieve gevolgen. Medio september (1997) werd duidelijk dat vooral bij de filters van vleugel 2, sprake was van een versnelde verstopping van de Dresdener-sproeiers in de voorbeluchtingskamers (zie afb. 6).

Uit onderzoek [8] is gebleken dat dit werd veroorzaakt door een voorontijzering, die al aantoonbaar was in de aanvoer van het ruwe grondwater.

Deze voorontijzering, die mogelijk vooral veroorzaakt kan zijn door een toename van de biologische activiteit van *Gallionella ferruginea*, kon plaatsvinden doordat een verhoogde (extra) hoeveelheid zuurstof én *Gallionella ferruginea* (vanuit pompput 4^A) in het ruwe grondwater van vleugel 2 werd gebracht. Overigens is de aanwezigheid van, de microaërofiele, *Gallionella ferruginea* altijd een indicatie voor de aanwezigheid van zuurstof in de aanvoer van het zuiveringssysteem. Dat desondanks over de periode 1991-1996 geen zuurstof kon worden aangetoond in het ruwe grondwater van beide zuiveringsvleugels (tabel 1), heeft te maken met de (hoge) detectiegrens van de toegepaste meetmethode.

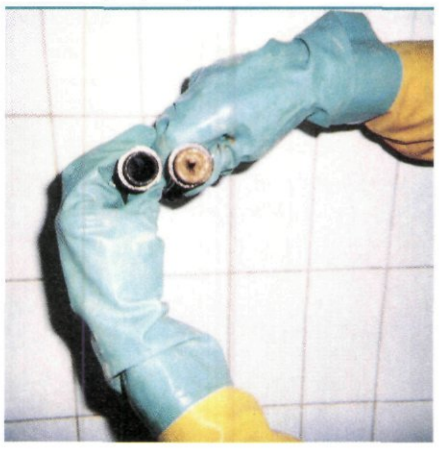
Tabel 4 *Gallionella ferruginea en zuurstof in pompput 3^B en 4^A.*

	pompput 3^B		pompput 4^A	
datum	*G. ferruginea (aantal/liter)*	*zuurstof (mg/l)*	*G. ferruginea (aantal/liter)*	*zuurstof (mg/l)*
23-09-1997	< 4	< 0,2	3.900.000	4,5



Afb. 7 *(Links) een situatie zonder grondwateronttrekking en (rechts) een situatie met gelijktijdige onttrekking van aëroob en anaëroob grondwater [4].*

Afb. 6 *Een Dresdener-sproeier met en zonder ijzerafzetting.*





Dat de verstoppingsproblemen (door voorontijzering) in de sproeiers van de filters van vleugel 1, ondanks de aanwezigheid van extra zuurstof, niet of in veel mindere mate optraden, werd veroorzaakt door het feit dat het ruwe (voedings)water van deze filters geen of slechts zeer weinig bacteriën van het geslacht Gallionella bevatte.

Naast de aanwezigheid van zuurstof in het ruwe water van pompput 4^A, waren zeer veel bacteriën (*Gallionella ferruginea*) aanwezig. In tabel 4 is een en ander weergegeven, ter vergelijking zijn dezelfde gegevens opgenomen van de nabijgelegen pompput 3^B.

Inspectie van de stijgbuis en het filter van pompput 4^A (met behulp van een camera) moet duidelijkheid geven over de oorzaak en de oorsprong van de aanwezigheid van zuurstof en *Gallionella ferruginea*. Hieruit zou mogelijk kunnen blijken dat er naast diep (anaëroob), ijzer(Fe^{2+})houdend, grondwater ook (zuurstof (O_2)- en *Gallionella ferruginea* (Gf)houdend) freatisch grondwater wordt onttrokken (zie afb. 7).

Als blijkt dat deze twee watertypen tegelijkertijd worden onttrokken, moet uit onderzoek vast komen te staan of herstel van de winning uit pompput 4^A mogelijk en rendabel is. Zonodig na reiniging en/of aanpassing van de pompput.

Overigens beperken de verstoppingsproblemen zich niet tot de Dresdener-sproeiers, ook de onderwaterpompen en de filters van de pompputten kunnen, na verloop van tijd, verstopt raken (afb. 8).

Conclusies en aanbevelingen

De positieve effecten voor de grondwaterzuivering (betere ontijzering, betere ontmanganing en verbeterde biologische (filter) stabiliteit) zijn tijdens meerdere onderzoeken geconstateerd, doch (nog) niet exact gekwantificeerd. De daadwerkelijke bijdrage van *Gallionella ferruginea* aan bijvoorbeeld de ontijzering zal dan ook moeten blijken uit aanvullend onderzoek.

Overigens is een verbetering van de ontijzering en de ontmanganing én een verhoging van de biologische stabiliteit van de filters niet alleen realiseerbaar door introductie en beheersing van *Gallionella ferruginea*, maar ook door optimalisatie van de bedrijfsvoering. Dit laatste is bij het GWG inmiddels in gang gezet.

Of een verhoogde biologische activiteit van *Gallionella ferruginea*, op synergistische wijze, samengaat met deze gewijzigde bedrijfsvoering, zal vooral afhankelijk zijn van



Afb. 8 *Onderwaterpomp met ijzerafzetting (foto: GWG).*

de groei- en ontwikkelingsomstandigheden van *Gallionella ferruginea* in de nieuwe situatie. (Praktijk)onderzoek zal hierover, in de toekomst, uitsluitsel moeten geven.

Naast een positieve bijdrage aan het zuiveringsproces, kan de aanwezigheid van de bacterie *Gallionella ferruginea* in de grondwaterzuivering ook negatieve gevolgen hebben.

Deze negatieve aspecten (verstopping van onderdelen van de zuivering) zullen zich vooral manifesteren, wanneer door bijzondere omstandigheden te grote hoeveelheden (actieve) *Gallionella ferruginea* én voldoende zuurstof, te vroeg in het voortraject van de eigenlijke zuivering aanwezig zijn.

De herkomst van *Gallionella ferruginea* zal moeten blijken uit vervolgonderzoek. Het tegelijkertijd onttrekken van anaëroob en aëroob grondwater, door een aantal pompputten, lijkt hierbij een reële optie.

Eveneens zal door aanvullend onderzoek moeten worden nagegaan of het wenselijk én mogelijk is de bacterie *Gallionella ferruginea* op grote schaal, blijvend, te introduceren in de filters van vleugel 1, en zo ja op welke wijze dit kan worden uitgevoerd. Een fixatie van *Gallionella ferruginea* heeft hierbij de voorkeur boven een continue aanvoer vanuit de pompputten. Wel moet er uiteraard sprake zijn van een beheersbare situatie. ¶

LITERATUUR

1. Adekoya O.A., *Optimisation of iron removal in an aeration/filtration proces – IHE, april 1995.*
2. Amoateng P.A., *Improvement of iron removal in groundwater treatment at water supply company 'Overijssel' (WMO) – IHE, mei 1996.*
3. Bakeine J.M., *Proces analysis of dry sand filters at WZHO – IHE, april 1996.*
4. Beek C.G.E.M. (KIWA), *Regeneratie van verstopte winputten, H_2O, nr. 15, 1982.*
5. Bruins J.H., (rapport GWG) *Inventarisatie Aeromonas en Gallionella ferruginea, april 1997.*
6. Bruins J.H., (rapport GWG) *Optimalisatie van de grondwaterzuivering, november 1996.*
7. Bruins J.H., (rapport GWG) *Vóórkomen en voorkómen Enterobacter amnigenus, september 1997.*
8. Bruins J.H., (rapport GWG) *Voorontijzering grondwaterzuivering De Punt, oktober 1997.*
9. Clancey J.L., *Problem organisms in water: identification and treatment (AWWA) manual M7, hfdst. 2, 1995.*
10. Cullimore D.R., *Practical manual of groundwater microbiology, 1993.*
11. Czekally C. e.a., *Quantitative removal of iron and mangenese by microorganisms in rapid sand filters, water supply, 3:111, 1985.*
12. Hasselbarth U. e.a., *Removal of iron and mangenese from groundwater by microorganisms., Water treatment and exam., 22:1:62, 1973.*
13. Huisman K., *Aeromonas in drinkwater (stageverslag GWG), januari 1997.*
14. Holt J.G. e.a., *Bergey's manual of determinative bacteriology, 1993.*
15. Kiwa/RIVM, *Aeromonas in drinkwater, 1987*
16. Krieg N.R. e.a., *Bergey's manual of systematic bacteriology, 1984.*
17. Locher W.P., *Bodemkunde van Nederland (hfdst 6.4), 1992.*
18. Mouchet P., *From conventional to biological removal of iron and mangenese in France, AWWA, april 1992.*
19. Prescott L.M. e.a., *Microbiology, 1990*
20. Reijnen G.K., *Behandeling van methaanhoudend grondwater (KIWA mededeling nummer 123), december 1994.*
21. Reijnen G.K. e.a., *Effecten bedrijfsvoering filtratie van grondwater op de filtraatkwaliteit (SWI 97.147), juli 1997.*
22. Wolters H, (rapport GWG), *grondwaterzuivering – stand van zaken (concept), augustus 1995.*
23. Wübbels G.H., (rapport GWG) *Biofilmvorming bij de grondwaterwinning IRB en SRB, juni 1994.*

GALLIONELLA FERRUGINEA: 'PROFIT OR PROBLEM ?'

The Municipal Waterworks of Groningen is faced with a remarkable (quality)difference between the filters of two identically constructed purification sand-filter-units at the groundwater treatment plant 'De Punt'.
These (quality)differences are: removal of iron and mangenese, the appearance of high concentrations of bacteria of the genus Aeromonas and blockage of parts of the purification system.
The differences mentioned above are not caused by a difference of the chemical quality of the supplied raw groundwater. Neither is it caused by a different way of processing.
There are (strong) indications that the existing (quality)differences are influenced by the presence or absence of the bacterium *Gallionella ferruginea* in the filters.
This presumption is inspired by the fact that the supplied raw groundwater of one unit (filters 9-16) regulary contains lots of bacteria of the species *Gallionella ferruginea*, this in contrast with the supplied raw groundwater of the other unit (filters 1-8) which contains almost non detectable concentrations of *Gallionella ferruginea*.
Moreover, quite a lot of active *Gallionella ferruginea* have been found in the backwashwater of the filters 9-16.
The backwashwater of the filters 1-8 hardly contains these bacteria, which by the way mostly are non-active.
The origin of the bacterium *Gallionella ferruginea* will have to be found by supplementary research. However, it is likely that at a number of the used groundwater sources anaerobic groundwater (with dissolved iron as Fe^{2+}) and freatic groundwater (with *Gallionella ferruginea* and dissolved oxygen) are pumped up at the same time.