

Persputten, op zoek naar de juiste middenweg*

Samenvatting

Dit artikel behandelt de verstopping van 3 experimentele persputten. Het blijkt zeer moeilijk om oppervlakte-water zodanig te bereiden dat verstopping achterwege blijft. Anderzijds kunnen putten al dan niet met chemicaliën worden schoongemaakt of schoongehouden. Voor de praktijk zal een goede middenweg tussen regeneratiewerkzaamheden en voorbehandeling de meeste kans van slagen hebben.



IR. T. N. OLSTHOORN
KIWA NV,
Rijswijk

1. Inleiding

In een vorig artikel (Olsthoorn, 1977) zijn reeds twee van de 5 proefputten van de Werkgroep Persputten naast elkaar gezet. De verstoppingsaspecten van de andere 3 komen hier aan de orde. Deze 3 putten worden gevoed met watersoorten van een kwaliteit die tussen die van het oude WRK-water en het Haagse drinkwater in ligt. Weliswaar zijn de putten aan verstopping onderhevig, doch zij blijken vaak weer goed te kunnen worden schoongemaakt. Het ziet er naar uit dat de juiste middenweg tussen van tijd tot tijd regenereren van de putten en de mate van voorzuivering van het injectiewater uiteindelijk de meest geschikte oplossing voor de praktijk zal zijn.

2. 2e Persput bij DWL te 's-Gravenhage

Nu verstoppingsloze injectie van oppervlaktewater mogelijk is gebleken (Olsthoorn, 1977) was de tijd aangebroken om een project te starten waarmee kon worden nagegaan wat de randvoorwaarden van de persputinfiltratie zijn. Met andere woorden welk water net wel en welk niet meer continu kan worden geïnfiltrerd.

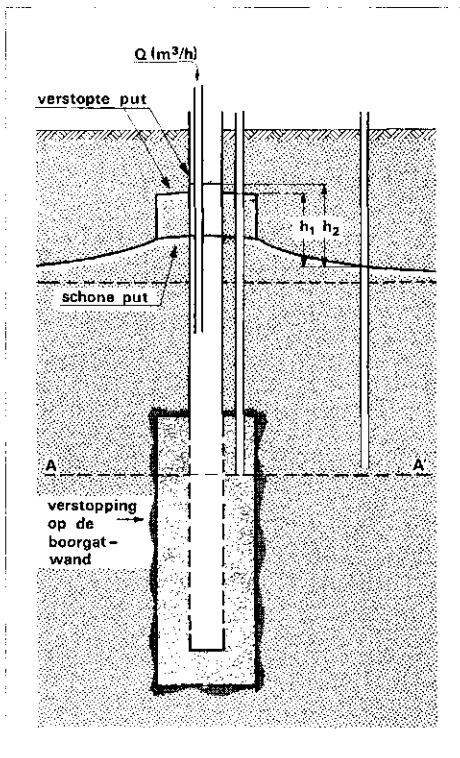
De werkgroep kreeg voor dit onderzoek de beschikking over een proefinstallatie bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage waarachter een persput werd geplaatst (zie ook tabel I). De proefinstallatie wordt

TABEL I - Oorspronkelijke voorzuivering DWL-persput no. 2.

Voorzuivering (1974).

1. Beluchting
2. $FeCl_3$ -dosering
3. Vlok Vorming en vlokverwijdering d.m.v. een vlokkendekken
4. Snelfiltratie

* Voordracht gehouden op het KIWA-colloquium 'Putten voor winning en aanvulling van grondwater', gehouden te Bunnik op 31 augustus 1977.



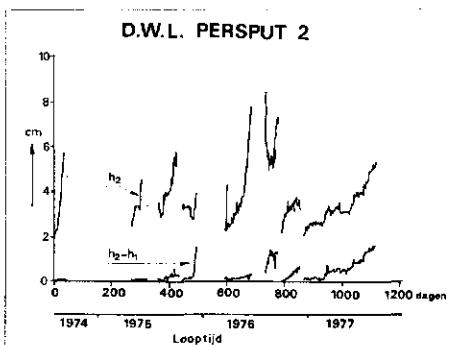
Afb. 1 - Weerstand van een persput ($mwk/(m^3/h)$).

gevoed met Lekwater (en tegenwoordig ook Maaswater) dat te Bergambacht een snelfiltratie ondergaat.

2.1. De infiltratieruns

Ogenblikkelijk na de inbedrijfname liep de weerstand op (zie afb. 2). Reeds na 1 maand moest de put worden schoongemaakt. De oorzaak van de verstopping werd geweten aan frequente doorbraak van ijzer door de filters. De verbeteringen die hierop aan de proefinstallatie werden aangebracht hadden geen invloed op de snelheid waarmee de put verstopte. Omdat het water zeker niet steriel was en zich in allerlei slangen slijm afzette is vervolgens een chlooring toegepast van ca. 5 mg actief chloor per liter. Opnieuw bleek de verstoppingsnelheid niet te zijn afgenomen.

Afb. 2 - Weerstandverloop bij $1 m^3/h$ en $10^\circ C$. Boven h_2 , onder h_2-h_1 (zie afb. 1). Waarnemingsput op 4 meter afstand.



Hierop is besloten om twee van de vier filters als voorfilters en de twee andere als nafilts te gaan gebruiken. In de nafilts is het gebruikelijke filterzand (0,6-1,2 mm) over een laag van 20 cm verwijderd en vervangen door het fijnere rivierzand (0,2 - 1,1 mm). Op deze wijze kan het materiaal dat door de eerste twee filters heenkomen toch niet in de put komen. Bovendien werd de installatie vanaf dat moment frequent schoongemaakt.

De run met de nieuwe verbeteringen, nu zonder chloor, (afb. 2, ± 600 dagen) gaf voor het eerst resultaat. De looptijd verdrievoudigde, maar toch zat de put na 3 maanden dicht. Na een wachttijd van $1\frac{1}{2}$ maand (vakantie) was de weerstand onveranderd (afb. 2, ± 700 dagen).

Omdat de nu opgetreden weerstand aan een bacteriële groei werd geweten, ijzerdoorslag was door de dubbele filtratie immers praktisch onmogelijk geworden, is de infiltratie hervat waarbij het ingaande water wel werd gechloord.

Weliswaar daalde de weerstand ogenblikkelijk, maar enkele dagen later zette zich opnieuw een stijgen in. Tijdens chloren doen zich nog meer verschijnselen voor: Zodra het ingaande water gechloord wordt blijkt de omstorting te verstopten. Zonder chloren gebeurt dit praktisch niet. Tevens konden we vaststellen dat alles waarmee het gechloorde water in aanraking kwam in korte tijd onder een donkerbruine tot zwarte aanslag werd bedekt. Toen we in maart '76 de bus trokken waardoor het water de put in wordt geleid, zat ook deze onder een zwarte aanslag, die, zoals nu is gebleken, in hoofdzaak mangaan zal hebben bevat. Om deze verschijnselen te voorkomen is de chlorering vóór de nafilts geplaatst. Het resultaat was een duidelijke verbetering; de looptijd werd opnieuw verdrievoudigd (afb. 2, laatste run). De put is nu weer aan schoonpompen toe (sept. '77). Uit dit verhaal blijkt duidelijk dat verstopping een gecompliceerde zaak is. Steeds spelen meerdere factoren door elkaar heen. Momenteel proberen we de oorzaak van de doorslag van mangaan op te sporen en weg te nemen.

2.2. De regeneraties

Zoals u wellicht is opgevallen beginnen we elke nieuwe run met een vrij lage weerstand. Dit komt omdat we de put tussen de runs in regenereren.

De weerstand van de schone put bedroeg in juli '74 $2,1 \text{ cm}/(m^3/h)$ bij $10^\circ C$. Na de eerste run was deze opgelopen tot 6,2. Hierna hebben we de put op diverse manieren geregenereerd (tabel II). Schoonpompen met het dubbele debiet verlaagde de weerstand tot 3,5. Intermitte-

TABEL II - De putweerstand na diverse activiteiten.

DWL-Persput no. 2	Weerstand cm/(m ³ /h) 10 °C
Nieuwe put (7-'74)	2,1
Verstopte put (2-9-'74)	6,2
Na schoonpompen	3,5
Na intermitterend pompen	3,5
Na infiltr. (20-9 tot 24-9-'74)	5,6
Na schoonpompen	3,5
Na chloren (150-200 mg Cl ₂ /l)	2,8
Na zuren (pH = 1)	2,6
Na zuren + jutteren	2,5

rend schoonpompen bracht geen verbetering. Dit was midden september '74.

Eind september werd nog eens gedurende 4 dagen geïnfiltreerd waarna de weerstand weer 5,6 bedroeg. Hiervan bleef na schoonpompen 3,5 over, evenveel als bij de vorige keer schoonpompen.

Omdat bij het schoonpompen nauwelijks ijzer uit de put is gekomen, weten we de verstopping toen in eerste instantie aan microbiële groei. De put is toen op een vrijdag in de chloor gezet (150 - 200 mg Cl₂/l) en is gedurende het weekend met rust gelaten. Na het terugpompen op de maandag daarop was de weerstand gedaald tot 2,8, terwijl het chloor volledig verbruikt was. Hierna werd de put in het zuur gezet. Om de onderwaterpomp niet te beschadigen werd de zoutzuurconcentratie beperkt tot 0,1 mol/l (pH = 1). Bij het terugpompen de volgende dag bedroeg de weerstand nog 2,6. Hierna is de put nog een keer in het zuur gezet waarbij het water in de formatie door perslucht heen en weer is bewogen. Achteraf bedroeg de weerstand 2,5 cm/(m³/h) bij 10 °C.

Na de 3e run in juni 1975 bedroeg de weerstand 4,3. Na schoonpompen was dit 3,3, dus ongeveer gelijk of zelfs nog iets lager dan de vorige 2 keer na schoonpompen (tabel III). Nadat zo'n 100 m³ was afge-

TABEL III - Putweerstand na verschillende activiteiten.

DWL-Persput no. 2	Weerstand cm/(m ³ /h) 10 °C
Nieuwe put (7-'74)	2,1
1. Verstopte put (4-6-'75)	4,3
2. Schoongepompt	3,3
3. Na langer pompen	3,2
4. 4 x 10 min. pompen met terugvoer van 3 m ³	2,9
5. 5 x intermitterend pompen	2,9
6. 4 x 10 min. pompen met terugvoer van 3 m ³	2,8

pompt was de weerstand gedaald tot 3,2. Vervolgens is 4 x achtereenvolgens ca. 10 min. lang gepompt waarna steeds ± 3 m³ terug in de put werd gevoerd om de stroomrichting van het water om te keren. Na afloop was de weerstand 2,9. Na 5 x intermitterend pompen was de weerstand nog steeds 2,9.

Nadat nog eens 4 x was gepompt en steeds 3 m³ water was teruggevoerd was de weerstand gezakt tot 2,8.

Hierna is de put na afloop van elke run in het zuur gezet. De resultaten ziet u in tabel IV.

TABEL IV - Invloed van het zuren van de put op de weerstand.

DWL-Persput no. 2			
Weerstand in cm/(m ³ /h) bij 10 °C			
datum	verstopt	na zuren	pH
10-'75	6,2	3,5	1
12-'75	4,3	2,4	1
* 9-'76	7,9	2,3	0-1
11-'76	3,7	2,1	0-1

* Sectiegewijs inbrengen en afpompen van het zuur.

De belangrijkste constatering is wel dat de put in dec. '76 helemaal schoon is geworden, althans de weerstand was volledig verdwenen. Voorts is het belangrijk te constateren dat het water kennelijk voldoende zuur moet zijn om het gewenste resultaat te bereiken. pH = 1 helpt wel maar is niet voldoende.

Gezien het resultaat van de laatste regeneratie is sectiegewijs inbrengen en verwijderen van het zuur niet noodzakelijk. Het zuur reikte overigens maar tot een halve meter buiten de put. Hieruit blijkt dat de verstopping niet ver weg zit.

Steeds opnieuw is gebleken dat het vaak geroemde schokeffect dat bij het intermitterende schoonpompen zou optreden, althans wat betreft de weerstand, geen beter resultaat oplevert, dan het gewone continue schoonpompen. Langer schoonpompen dan een kwartier blijkt in de praktijk nauwelijks zinvol. Een verdere verlaging van de weerstand is wel mogelijk door een zekere hoeveelheid water tussentijds in de put te laten terugvloeien. Omkering van de stroomrichting is blijkbaar essentieel. Erg veel verder komt men hier overigens niet mee. Om een put voor 100 % te reinigen zijn chemicaliën vooralsnog onontbeerlijk. Indien, zoals bij deze put werd vastgesteld, de weerstand na elke run door schoonpompen tot dezelfde waarde wordt teruggebracht, is het in de praktijk ook niet nodig om chemicaliën te gebruiken, ook niet als deze met schoonpompen haalbare weerstand wat hoger is dan die van de put toen hij nog nieuw en schoon was.

2.3. Conclusies uit de regeneraties

De tot op heden belangrijkste conclusies uit het onderzoek met de 2e put van DWL van 's-Gravenhage zijn hieronder samengevat.

1. Na afloop van elke van de eerste drie infiltratieruns werd de weerstand door schoonpompen tot dezelfde waarde teruggebracht.

2. Door intermitterend te pompen kan de weerstand niet verder worden verlaagd.

3. Een lichte extra weerstandsverlaging treedt op als de stroomrichting tussentijds wordt omgekeerd.

4. Met chloor kan op zijn minst een behoorlijke extra verbetering worden bereikt.

5. Het bleek mogelijk, door injectie en terugwinning van een beperkte hoeveelheid zuur water met pH = 0, de weerstand terug te brengen tot de waarde die de put had toen hij nog nieuw was.

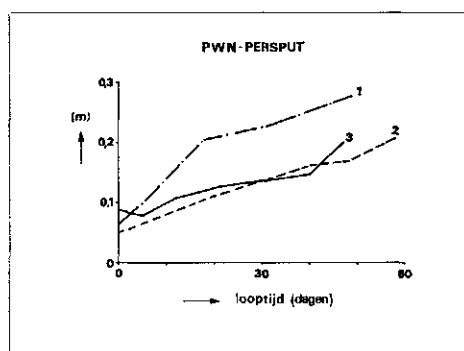
6. Dit resultaat werd bereikt, zonder dat het zuur sectiegewijs werd ingebracht en verwijderd.

3. De PWN-persput te Castricum

Nu we de nodige ervaring hadden opgedaan met de voorgaande persputten, wilden we onderzoeken hoeveel zout grondwater met zoet infiltratiewater kan worden verdrongen. In verband met in de toekomst mogelijk gewenste grootschalige toepassing van WRK-III-water uit Enkhuizen, wilden we tevens nagaan of drinkwater dat in Andijk uit IJsselmeerwater wordt bereid, goed injecteerbaar zou zijn. Hiertoe is door het PWN een injectieput geplaatst in Castricum.

3.1. Continue injectie

In tegenstelling tot de positieve ervaring met de drinkwaterput in Den Haag bleek deze put snel te verstopten (afb. 3). Al binnen enkele dagen was het duidelijk, dat het praedicaat 'drinkwater' op zichzelf geen enkele garantie biedt voor de mate van infiltreerbaarheid ervan. Na 2 maanden moest de infiltratie worden gestopt daar de put anders zou overlopen. Na schoon-

Afb. 3 - Weerstand in m/(m³/h) bij 10 °C (h₁, zie afb. 1) van de 3 eerste injectieruns (29/9-17/11'75); 18/1-17/3'76 en 4/8-20/9 '76).

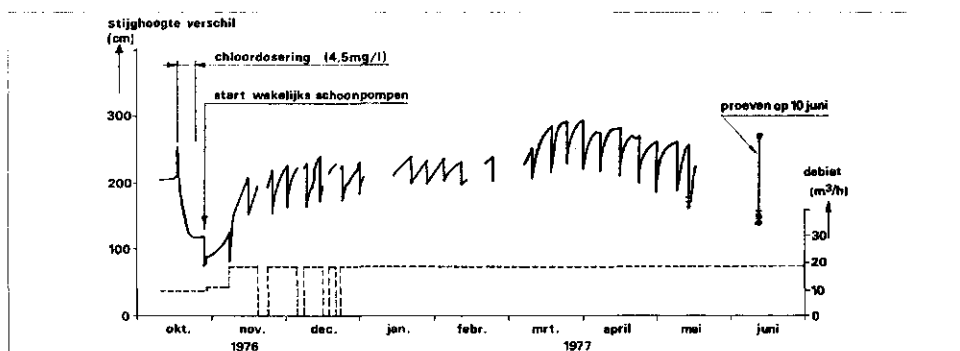
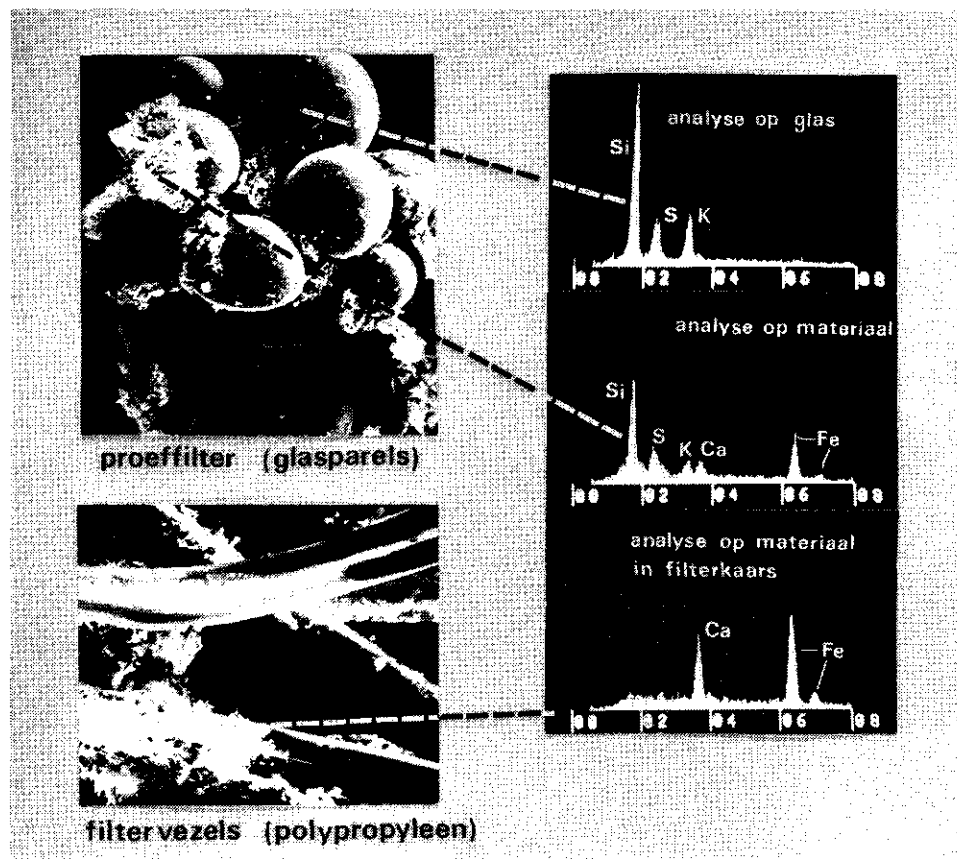
pompen werd de infiltratie hervat, met een vergelijkbaar resultaat.

Omdat in het verloop van de troebelheid regelmatig pieken voorkwamen, werd de oorzaak in eerste instantie hieraan geweten. Tijdens de 3e run werd het water daarom via een kaarsenfilter in de put geleid.

Als bewijs van het aandeel dat organisch materiaal en of groei in de verstopping had, kan worden aangevoerd dat een chloordosering een snelle daling van de weerstand veroorzaakte (afb. 5). Omdat dit niet de enige oorzaak was, was de weerstandsafname niet volledig. In het afgevangen materiaal bevond zich ook ijzer en calcium zoals op het resultaat van een röntgenmicro-analyse te zien is (afb. 4). Deze analyse is gemaakt van materiaal dat is afgevangen in een met glasparsels gevuld proeffiltertje en op materiaal dat is afgevangen in een filterkaars. Weergegeven worden de aanwezige elementen boven Na in het periodiek systeem.

Uit deze gegevens mogen we concluderen dat ijzer, organisch materiaal en wellicht een zekere groei van micro-organismen en misschien ook wat kalk de verstopping veroorzaken. Tijdens de 3e injectierun is gebleken dat een voorfiltratie door een kaarsenfilter met poriën van 1μ niet afdoende is, evenmin als een enkele chloring van het water dit kon zijn.

Afb. 4 - Rasterelektronenmicroscopische opname en röntgenmicro-analyse van het materiaal dat is afgezet in proeffilters te Castricum.



Afb. 5 - Stijghoogte in de omstorting van de put te Castricum minus stijghoogte in de waarnemingsput op 8 meter afstand, sinds september 1976.

3.2. Wekelijks schoonpompen

Een prettige constatering bij deze put was dat de weerstand door schoonpompen nagenoeg geheel werd weggenomen. Als dit ook op de langere termijn zo zou blijven, dan zou een regelmatig schoonpompen van de put een goede oplossing zijn om de verstopping de baas te blijven; en een goede manier om dit water te injecteren.

Om deze reden werd eind vorig jaar besloten de put elke week een keer schoon te pompen met een debiet van ca. $90 \text{ m}^3/\text{h}$. Afb. 5 toont het verloop van het stijghoogteverschil tussen de put en de waarnemingsput op 8 m afstand.

Afb. 6 toont het verloop van de weerstand na schoonpompen. Gezien de elementen die uit het water worden afgevangen zal de weerstand zeer waarschijnlijk met zuur kunnen worden verwijderd.

Al met al blijkt de stijging van de weerstand na schoonpompen over de langere perioden zo langzaam te verlopen dat dit systeem nog lange tijd kan worden voortgezet. In een dergelijke situatie hoeft een sporadische regeneratie met chemicaliën geen bezwaar te zijn.

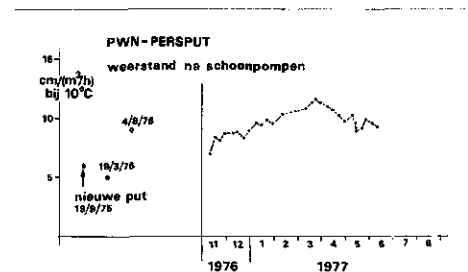
3.3. Optimaal schoonpompen

Om bij deze put iets meer te weten te komen over het mechanisme van de verstopping en om te zoeken naar een optimale manier van schoonpompen zijn op 10 juni jl. wat schoonpompproeven gedaan (zie afb. 7).

De put werd om te beginnen aangezet met een debiet dat lager was dan het infiltratiedebiet, nl. $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$ i.p.v. $18,5 \text{ m}^3/\text{h}$. (Normaal wordt met ruim $80 \text{ m}^3/\text{h}$ schoongepompt). Vervolgens is het debiet in stappen verhoogd en is het verloop van de weerstand in de gaten gehouden. Verder is de pomp geleidelijk dichtgedraaid en plotseling aangezet e.d.

Frappant is de enorme weerstandsval die optreedt bij het geringe pompdebiet. Alle verdere activiteiten geven nauwelijks extra verlaging van de weerstand. Hiervan levert het verhogen van het pompdebiet nog het meeste op.

Afb. 6 - Weerstandsverloop (h_2 , zie afb. 1) bij $1 \text{ m}^3/\text{h}$ en 10°C . Waarnemingspunt op 8 m afstand.



Verder blijkt het terugstromen in de put van ca. 130 l water (de inhoud van de pompleiding) gecombineerd met het plotseling aanzetten van de pomp en het plotseling uitzetten en aanzetten van de pomp ietsje te helpen. Dit echter maar één keer. De volgende keer blijkt zelfs de combinatie van plotseling uit- en aanzetten van de pomp met het terugstromen van 130 l water geen enkele verbetering meer op te leveren. Een *optimaal pompregime* dat men op basis van deze gegevens zou willen samenstellen zou als volgt kunnen luiden:

- Pomp starten met zo hoog mogelijk debiet.
- Na enkele minuten stoppen en wat water terug in de put laten vloeien.
- Vervolgens weer starten en gedurende ca. 10 minuten doorpompen.

3.4. Conclusies

De belangrijkste conclusies die tot nu toe uit dit onderzoek volgen zijn hieronder samengevat.

1. Continue injectie van Andijks drinkwater is niet mogelijk.

Verbetering door:

- a. constante en lagere troebelheid;
- b. voorkomen van microbiële groei.

2. Wekelijks schoonpompen is effectief.

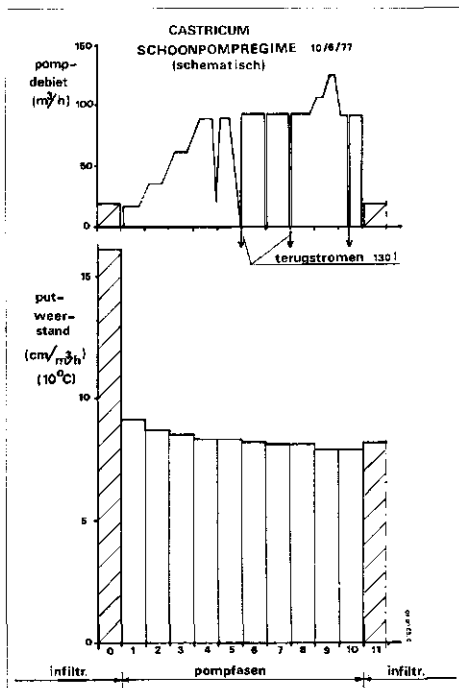
3. Chloren of zuren bij blijvende verstopping.

4. GWA-persput te Leiduin

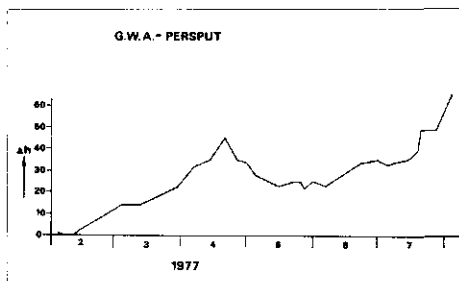
Speciaal om het al dan niet vermeende succes van het frequente schoonpompen te onderzoeken is een put geslagen door Gemeentewaterleidingen van Amsterdam. Het is de bedoeling om WRK-water te infiltreren.

Anders dan destijds bij de Hoogovenput het geval was (Olsthoorn, 1977), ondergaat het Lekwater tegenwoordig een coagulatie en bezinking voordat het gefiltreerd wordt. Het is duidelijk dat het bijzonder prettig zou zijn om juist dit water te kunnen infiltreren zonder dat een verdere voorzuivering vereist is. Immers de Duinwaterleidingen streven allemaal naar verbetering van de kwaliteit van het infiltratiewater. In concreto betekent dit dat water van een met WRK-water vergelijkbare kwaliteit in de toekomst vrij algemeen ter beschikking zal staan. Continu injecteren van WRK-water is, gezien het nog voorkomende slijbgehalte, niet mogelijk. Het lag daarom voor de hand het frequente schoonpompen juist in samenhang met dit water te onderzoeken.

Na een 2 maanden lange voorproef met Amsterdams drinkwater wordt de put sinds 1 februari van dit jaar met WRK-water gevoed (zie afb. 8). Vanwege een snellere



Afb. 7 - Resultaten van het schoonpompre regime op 10 juni 1977.



Afb. 8 - Weerstandstoename (Δh) in cm bij 30 m³/h en 6 °C.



Afb. 9 - Voorbeeld van het zichtbare deel van een persput met waarnemingsputten.

verstopping eind juli/begin augustus, welke samenviel met een verslechtering van de kwaliteit van het WRK-water, is de put tijdelijk buiten bedrijf (tot 12 sept.). In normaal bedrijf wordt 30 m³/h ge-

infiltrerd en wordt de put dagelijks 12 minuten lang schoongepompt met 120 m³/h, d.w.z. een debiet dat 4 x zo groot is als het injectiedebiet. Nu, na 6 maanden, is de weerstand na schoonpompen 60 cm toegenomen. Het huidige injectieregime wordt zo mogelijk 1 jaar lang gehandhaafd. Hierna wordt dit gewijzigd om zodoende uiteindelijk tot de optimale bedrijfsvoering te komen.

5. Voortgang

Met de drinkwaterput in Den Haag is bewezen dat infiltratie door putten mogelijk is (Olsthoorn, 1977). Er zijn aanwijzingen, dat ook water van een minder goede kwaliteit kan worden geïnjecteerd, zonder dat de verstoppingsproblemen te groot hoeven te worden. Met een behoorlijk voorgezuiverd water zullen lange looptijden kunnen worden bereikt als de putten af en toe worden schoongepompt. Op dit punt is nog onderzoek nodig, daar het voorsnog noodzakelijk lijkt de putten van tijd tot tijd met chemicaliën te behandelen. Ook andere aspecten als voorraadvorming, kwaliteitsverbetering tijdens bodempassage etc., dienen nog verder te worden uitgediept. Heeft ons onderzoek op deze en verdere essentiële punten eenmaal het nodige inzicht verschaft, en zijn de resultaten positief, dan zullen persputten als mogelijke nieuwe vorm van infiltratie in overweging kunnen worden genomen. Uiteraard zullen daarbij alle factoren dienen te worden betrokken die op de systeemkeuze van invloed kunnen zijn, zoals technisch-economische, hydrologische, bedrijfs-technische en landschappelijke factoren. Wat deze laatste betreft kan het van belang zijn dat bij persputinfiltratie een serie putdeksels (afb. 9) het enige is, dat van toekomstige uitbreidingen van infiltratiewerken nog zichtbaar hoeft te zijn.

6. Dankbetuiging

Mijn dank gaat uit naar de medewerkers van de betrokken bedrijven. Zonder hun hulp, bijdragen en kritische opmerkingen had deze publicatie niet tot stand kunnen komen.

Literatuur

1. Bulten, B.; Brandes, C. en Puffelen, J. van, *Verslag van bezoeken en objecten voor kunstmatige infiltratie van water door middel van putten in de USA*. Provinciaal Waterleidingbedrijf voor Noord-Holland, febr. 1974.
2. Olsthoorn, T. N.; Tuinzaad, H.; Beek, C. van en Puffelen, J. van, *Putinfiltratie met drinkwater te 's-Gravenhage*; KIWA-mededeling nr. 41; KIWA, Rijswijk, 1975.
3. Olsthoorn, T. N., *Persputten: één met en één zonder verstopping*; H₂O 10 (1977) 25, 582-584.
4. Steinmetz, J. J., *Technische aspecten van een infiltratie met behulp van een persput*; H₂O (10) (1977) 26, blz. 590.