

Regeneratie van putten*

1. Inleiding

In 1968 is door de Commissie Putten van het KIWA een enquête gehouden onder de Nederlandse waterleidingbedrijven. Uit deze enquête bleek onder meer dat bij de helft van de geënquêteerde bedrijven regelmatig putten worden geregenereerd. Later is gebleken dat een aantal bedrijven, waar ten tijde van de enquête geen putverstopping optrad, daar nadien wel last van heeft gekregen. De indruk bestaat daarom dat bij meer dan de helft van het aantal bedrijven putverstopping optreedt. Regene-



IR. C. G. E. M. VAN BEEK
KIWA NV



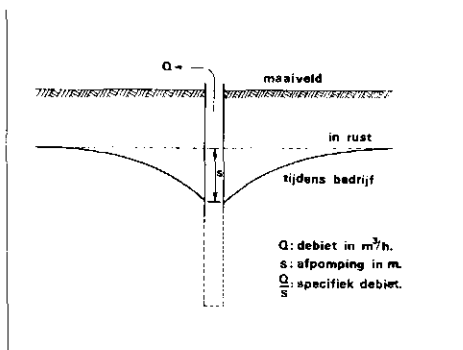
IR. M. C. BRANDES
RID

ratie van deze verstopte putten leidde niet in alle gevallen tot een gunstig resultaat. Om het onderzoek op het gebied van putverstopping te coördineren en te intensiveren werd in 1972 door het KIWA de Werkgroep Putverstopping ingesteld. Het onderzoek richt zich op de oorzaken van de verschillende vormen van putverstopping, om op deze wijze tot een optimale methode van regeneratie te komen, en naar middelen en methoden om het optreden van putverstopping te voorkomen, dan wel het voortschrijden van de verstopping te vertragen. In de Werkgroep zijn diverse waterleidingbedrijven, het KIWA en het RID vertegenwoordigd. De werkzaamheden van de Werkgroep hebben geleid tot verschillende publicaties (Kobus en Pieper, 1973, Kobus en Vlasblom, 1975). In deze publicatie zal een overzicht worden gegeven van de huidige stand van zaken op het gebied van de regeneratie van verstopte putten. Het betreft hier alleen winputten, dus geen injectieputten of retourputten.

2. Putverstopping

Putverstopping wordt gekenmerkt door een voortdurende afname van het specifiek debiet. Het specifiek debiet is gedefinieerd als het debiet per meter afpompingshoogte, waarbij de afpompingshoogte gelijk is aan het verschil

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

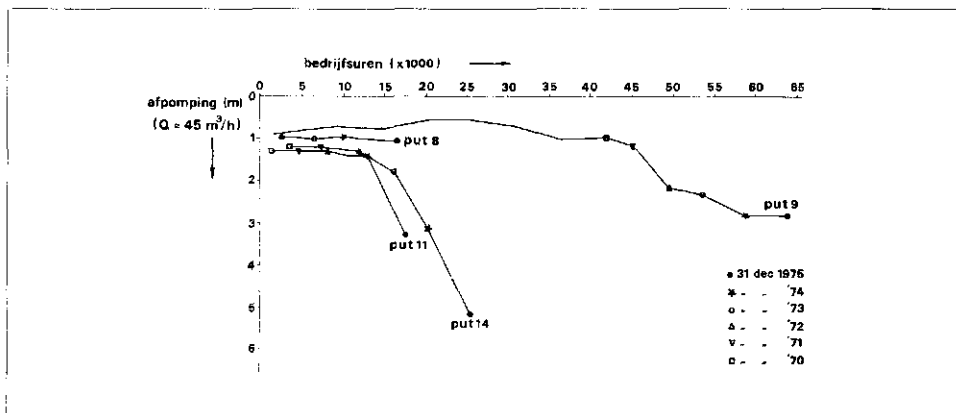


Afb. 1 - Het verschijnsel putverstopping. De afpompingshoogte is het verschil in stijghoogte in rust en tijdens bedrijf.

in het niveau van de waterspiegel in de put tijdens bedrijf en in rust. Het verschijnsel putverstopping is toegelicht in afb. 1. Bij het gebruik van onderwaterpompen zal putverstopping zich vooral manifesteren door een toename in de afpompingshoogte. De afname in het debiet wordt bepaald door de Q-h kromme van de onderwaterpomp, doch zal over het algemeen gering zijn. Bij een vacuümsysteem is het niveau van de waterspiegel in de put tijdens bedrijf gebonden aan een limiet. Putverstopping zal zich in dit geval door een afname van de productie manifesteren.

Indien op een puttenveld verstopping optreedt of indien met het optreden van putverstopping rekening moet worden gehouden, is een regelmatige bepaling van het specifiek debiet noodzakelijk. Door het specifiek debiet, of, bij het gebruik van een onderwaterpomp, de afpompingshoogte met de waarde bij de oplevering te vergelijken kan worden nagegaan of de put inderdaad verstopt is. In afb. 2 is het verloop van de afpompingshoogte van een aantal putten op het pompstation te Alphen aan den Rijn weergegeven. Opvallend is de grote variatie in de snelheid van de toename van de afpompingshoogte en dus in de verstopping van de putten, binnen een puttenveld. Het niet regelmatig bepalen van de afpompingshoogte brengt enig risico met zich mee. Het

Afb. 2 - Verloop van de afpompingshoogte van een aantal putten op het pompstation te Alphen aan den Rijn.



komt wel eens voor dat men door het luchthappen van de onderwaterpomp op de verstopping wordt geattendeerd. Als noodmaatregel wordt dan de afsluiter in de afvoerleiding gedeeltelijk dichtgedraaid of wordt de onderwaterpomp dieper gehangen. Aangezien de verstopping echter verder toeneemt zijn dit maatregelen waarvan het effect spoedig kan zijn verdwenen.

3. Vormen van putverstopping

Op het gebied van putverstopping bestaat een omvangrijke literatuur. In deze literatuur, die recentelijk door Kobus en Pieper (1973) is samengevat, worden verschillende vormen van verstopping onderscheiden.

- Mechanische verstopping door zand of slib.
- Verstopping door corrosie van het putfilter.
- Verstopping door de vorming van kalkneerslagen.

Geen van deze vormen is tijdens het onderzoek in Nederland waargenomen.

- Verstopping door accumulatie van ijzer-oxiden en biomassa.

Deze vorm van putverstopping komt in Nederland veelvuldig voor.

e. Verstopping ten gevolge van anaerobe microbiologische processen. In de literatuur wordt op de mogelijkheid gewezen dat sulfiden een rol bij de putverstopping zouden kunnen spelen. Tijdens het onderzoek zijn hiervoor inderdaad aanwijzingen gevonden. Het causale verband tussen de aanwezigheid van sulfiden en biomassa en het optreden van putverstopping is echter nog niet aangetoond.

Het is niet uitgesloten dat er nog meer vormen van putverstopping bestaan.

4. Verstopping van putten door ijzer-oxiden en biomassa

4.1. Beschrijving

Deze vorm van putverstopping is in Neder-

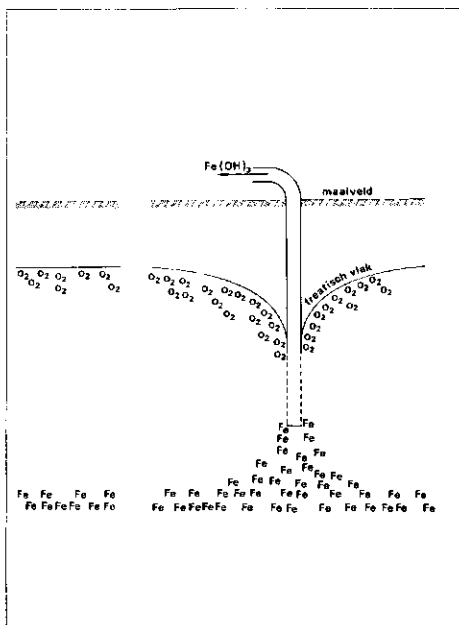
land al sinds lange tijd bekend en beschreven (Van Spall, 1924, Kooijmans, 1951, Jansen en Boorsma, 1957, Kobus en Pieper, 1973).

Met name in Duitsland is recentelijk veel over deze vorm van putverstopping gepubliceerd, onder andere door Hünerberg (1967), Hässelbarth en Lüdemann (1967) en Krems (1972). Volgens deze auteurs zal verstopping door ijzeroxiden en biomassa optreden indien de volgende omstandigheden alle aanwezig zijn;

- de aanwezigheid van zogenaamde ijzer- en mangaanbacteriën,
- de aanwezigheid van tweewaardige ijzer- en tweewaardige mangaanionen,
- de redoxpotentiaal moet bij pH 7 groter zijn dan -10 ± 20 mV en
- de stroomsnelheid moet ten opzichte van de oorspronkelijke natuurlijke situatie duidelijk groter zijn. De waarde van deze criteria is beperkt, aangezien zij geen inzicht geven in het mechanisme van de verstopping.

In Nederland werd door het RID in de jaren 1967-1970 onderzoek gedaan naar de oorzaken van de verstopping door ijzeroxiden en biomassa, o.a. op het pompstation Helden (WNML). Dit heeft geleid tot de conclusie dat de verstopping wordt veroorzaakt door het toestromen van zuurstofbevattend water en ijzerbevattend water in één put. Zodra deze beide watertypen met elkaar in contact komen zal het tweewaardige ijzer door de aanwezige zuurstof in de driewaardige vorm worden omgezet, waarbij ijzerneerslagen zullen ontstaan.

Afbeelding 3 geeft het beschreven beeld schematisch weer, waarbij links de toestand zonder wateronttrekking is aangegeven en rechts de situatie nadat gedurende enige tijd water is onttrokken. De dikte van de zuurstofbevattende schijf water, de aanwezigheid van een zône zonder zuurstof en ijzer en de diepte waarop ijzer in oplossing aanwezig is, worden bepaald door de samenstelling van de formatie en de geohydrologische situatie. In de afbeelding is het filter van de put geplaatst in het gedeelte van het pakket waar het grondwater geen zuurstof en geen ijzer bevat. Bij ingebruikneming van de put zal niet met het optreden van putverstopping rekening worden gehouden. Na verloop van tijd zal een situatie ontstaan waarbij wel het zuurstofbevattende en het ijzerbevattende water worden aangetrokken, waarna wel degelijk putverstopping zal optreden. Vanzelfsprekend zijn op de situatie zoals weergegeven in afbeelding 3, allerlei varianten mogelijk. De schijf zuurstofbevattend grondwater kan zo dun zijn,

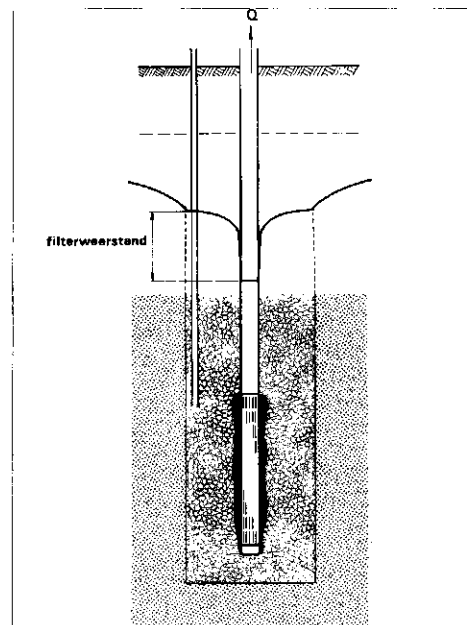


Afb. 3 - Schema van het aantrekken van zuurstofbevattend water en ijzerbevattend water door een put. De situatie zonder wateronttrekking is links aangegeven, rechts is de toestand aangegeven nadat geruime tijd water is onttrokken.

dat het zelfs moeilijk is deze aan te tonen (Kobus en Vlasblom, 1975).

Gezien de noodzakelijke aanwezigheid van zuurstof zal deze vorm van putverstopping voornamelijk optreden in putten die water aan freatische pakketten onttrekken, d.w.z. in Nederland in de zandgebieden. De omzetting van tweewaardig in driewaardig ijzer wordt bevorderd door allerlei micro-organismen zoals Gallionella en Leptothrix spp. Deze micro-organismen zijn in het grondwater aanwezig en zullen zich massaal ontwikkelen zodra de omstandigheden daartoe gunstig zijn. Door nu aan een put water te onttrekken neemt het voedselaanbod rond de put, ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, zeer toe en wordt deze massale ontwikkeling mogelijk gemaakt.

Het zuurstofbevattende en het ijzerbevattende water kunnen pas voornamelijk in de put zelf met elkaar mengen. De verstopping is daarom in en rond de filterspleten gelocaliseerd. Dankzij hun uitstekende hechtende eigenschappen kunnen de ijzeroxyderende bacteriën zich in deze omgeving waar hoge watersnelheden optreden, goed handhaven. Dat de verstopping inderdaad in en rond de filterspleten is gelocaliseerd, blijkt uit de toename in de filterweerstand. Met de filterweerstand wordt hier bedoeld het verschil in waterspiegel in de put en in de buitenpeilbuis tijdens bedrijf. De plaats waar de verstopping zich bevindt is schematisch aangegeven in afbeelding 4. Uit het beschreven mechanisme van de verstopping volgt dat eerst de



Afb. 4 - Schematische aanduiding van de plaats waar ijzeroxiden en biomassa accumuleren en op deze manier aanleiding geven tot een toename van de filterweerstand.

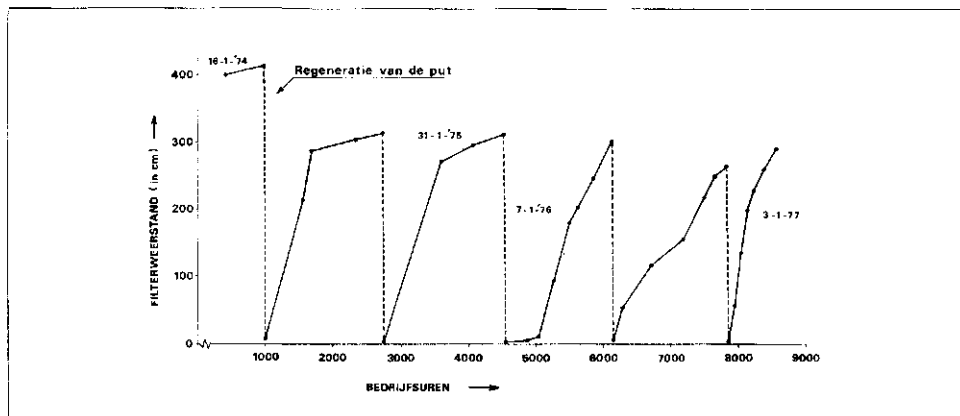
filterspleten in het bovenste gedeelte van het filter verstopt raken. Het zuurstofbevattende water zal nu op wat grotere diepte het filter binnestromen, waardoor de verstopping zich met de tijd naar beneden zal uitbreiden. Puttenvelden waar deze vorm van putverstopping voorkomt hebben over het algemeen ook last van vervuiling van de onderwaterpomp en de leidingen.

4.2. Regeneratie

Aangezien de verstopping zich in en rond de filterspleten bevindt is deze goed te bereiken en zijn deze putten daardoor goed te regenereren. Dit kan zowel met mechanische als met chemische middelen gebeuren (Johnson, 1966).

Mechanische regeneratie kan op verschillende manieren gebeuren, met een zuiger, met een borstel onder al of niet gelijktijdig afpompen, met de zogenaamde spuitklosmethode (Tjaden, 1975), door sectiegewijs afpompen, door 'jutteren', dat is met behulp van perslucht de waterspiegel 5 à 10 meter wegdrukken en vervolgens snel de druk weg nemen, waardoor de toestroomsnelheid van het water gedurende korte tijd een aantal malen groter is dan tijdens bedrijf, etc. Nadat het vuil is losgemaakt moet het uit de put worden gepompt.

De regeneratie met chemische middelen gebeurt voornamelijk met zoutzuur. De in de praktijk toegepaste hoeveelheid bedraagt 20 à 40 l per meter filter. Door het zuur wordt een gedeelte van de ijzerneerslagen opgelost en de biomassa aangetast waardoor de verstopping losraakt.



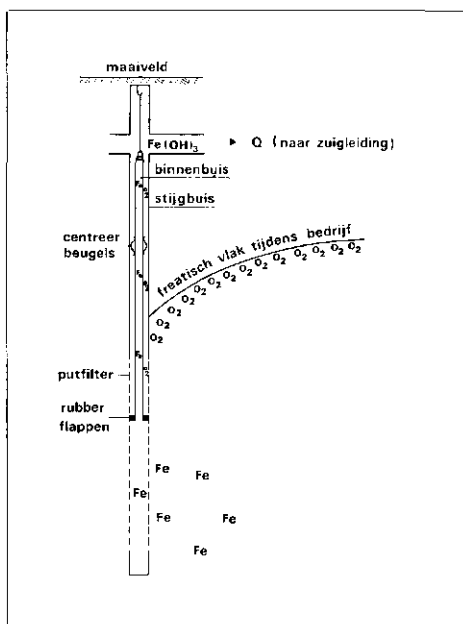
Afb. 5 - Regelmatig uitgevoerde regeneratie van put 72-23 op pompstation Holten (WMO).

Ook combinaties van mechanische en chemische regeneratie komen voor. De WMO heeft een werkwijze ontwikkeld waarbij het zuur in de put wordt gebracht en vervolgens wordt gejutterd. Dit jutteren is volledig geautomatiseerd. Na afloop wordt de put schoongepompt en in gebruik genomen. In afbeelding 5 zijn de resultaten van de regeneraties van verreweg de slechtste put van het pompstation Holten (WMO) weergegeven. Duidelijk is dat de ontstane filterweerstand telkens weer volledig wordt verwijderd. Bij controle blijkt dat het specifieke debiet van de put steeds weer op het niveau bij oplevering wordt teruggebracht.

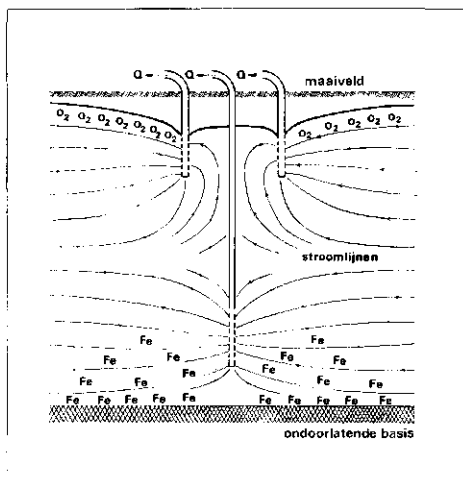
4.3. Preventie

De putverstopping, veroorzaakt door ijzer-oxiden en biomassa, zou voorkomen kunnen worden door het zuurstofbevattende water en het ijzerbevattende water gescheiden te onttrekken. Middelen voor gescheiden onttrekking, die op dit moment worden onderzocht, zijn het installeren van een binnenbuis in het putfilter en het plaatsen van putten met het filter op verschillende diepten. De experimenten met de gescheiden onttrekking door het installeren van een binnenbuis zullen op het pompstation Kieftenvlak (PWN) worden uitgevoerd. De constructie is aangegeven in afbeelding 6.

Aan de onderzijde van de binnenbuis bevinden zich rubberflappen die juist in het putfilter passen. De rubberflappen moeten zich op zodanige diepte bevinden dat het zuurstofbevattende water boven de flappen de put binnenstroomt en het ijzerbevattende water eronder. Het zuurstofbevattende water stroomt naar boven in de ringvormige ruimte tussen de stijgbuis en de binnenbuis; het ijzerbevattende water stroomt naar boven door de binnenbuis. Beide watersoorten kunnen pas boven de binnenbuis mengen en ijzerneerslagen vormen. De uitvlokking van het ijzer wordt dus van de filterspleten ver-



Afb. 6 - Gescheiden onttrekking van zuurstofbevattend water met behulp van een binnenbuis in de put.



Afb. 7 - Gescheiden onttrekking van zuurstofbevattend water en ijzerbevattend water door putten waarvan de filters op verschillende diepten zijn gesteld.

plaatst naar de afvoerleidingen. Alhoewel het mogelijk lijkt de verstopping van de put op deze wijze zeer te vertragen, zal de voorgestelde constructie alleen aantrekkelijk zijn indien de afvoerleidingen gemakkelijker zijn schoon te maken dan de put zelf. De voorgestelde constructie lijkt het meest belovend bij continue onttrekking.

Experimenten met gescheiden onttrekking met behulp van verschillende putten worden uitgevoerd op het pompstation Holten (WMO). De opzet van het experiment is aangegeven in afbeelding 7. Hierbij is het filter van een diepe put op een zodanige diepte geplaatst dat deze put het ijzerbevattende water, dat anders door de omringende putten zou worden aangetrokken, afvoert. Deze constructie kan alleen effectief zijn indien de geohydrologische omstandigheden daarvoor gunstig zijn, met name de dikte van de watervoerende formatie, de aanwezigheid van lagen met een iets grotere weerstand en de verdeling van het ijzerbevattende water en zuurstofbevattende water over de formatie.

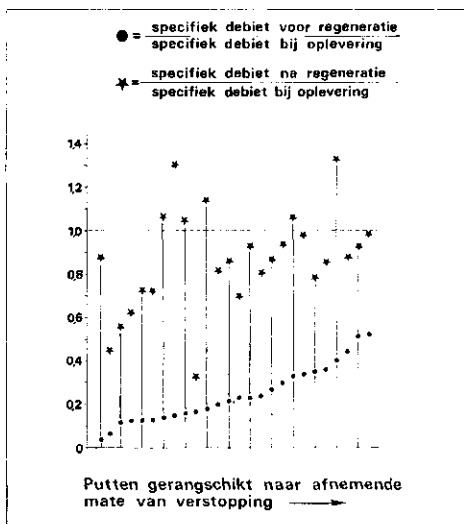
Het onderzoek in Duitsland heeft daar geleid tot de opvatting dat de beschreven vorm van verstopping voorkomen zou kunnen worden door de putten periodiek dan wel continu te chloreren (Krems, 1972, DVGW, 1970). Aangezien door chloreren alleen de ontwikkeling van de micro-organismen wordt tegengegaan, lijkt een volledige preventie op deze wijze niet mogelijk. Er kunnen zich nog wel chemische neerslagen van ijzeroxiden vormen die aanleiding tot putverstopping kunnen geven, al zal het verloop van de verstopping worden vertraagd. Afweging van de kosten van chloring tegen de baten van de toename van het regeneratie-interval zal moeten aangeven of de methode zinvol is.

5. Verstopping van putten ten gevolge van anaerobe microbiologische processen

5.1. Beschrijving

Tijdens het onderzoek is een vorm van putverstopping waargenomen die in de literatuur nog niet diepgaand is beschreven. Deze vorm wordt gekenmerkt door de afwezigheid van een filterweerstand. Hij is tot nu toe waargenomen bij putten in een anaeroob milieu, waar sulfaatreductie op kan treden.

Door sulfaatreducerende bacteriën (*Desulfovibrio* spp) wordt sulfaat omgezet in sulfide. Het gevormde sulfide kan met het in oplossing aanwezige ijzer neerslagen van ferrosulfide vormen. De genoemde processen kunnen als volgt worden uitgeschreven (de vorming van een vaste fase wordt door (s) aangegeven):

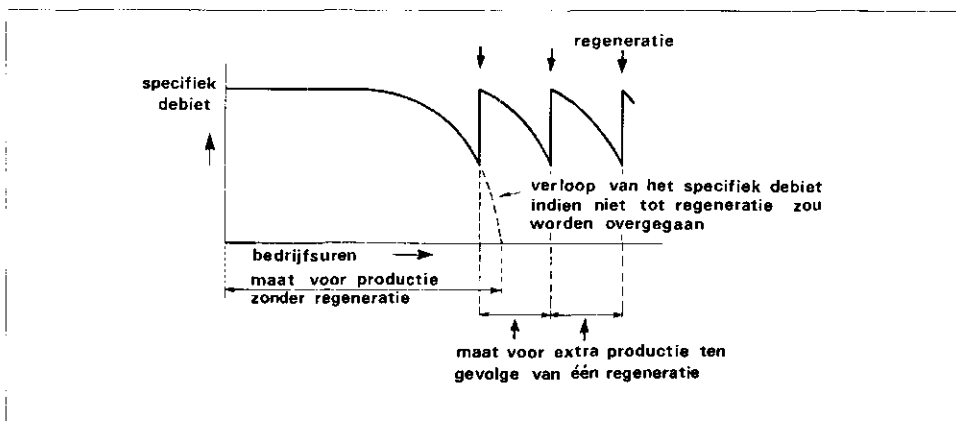
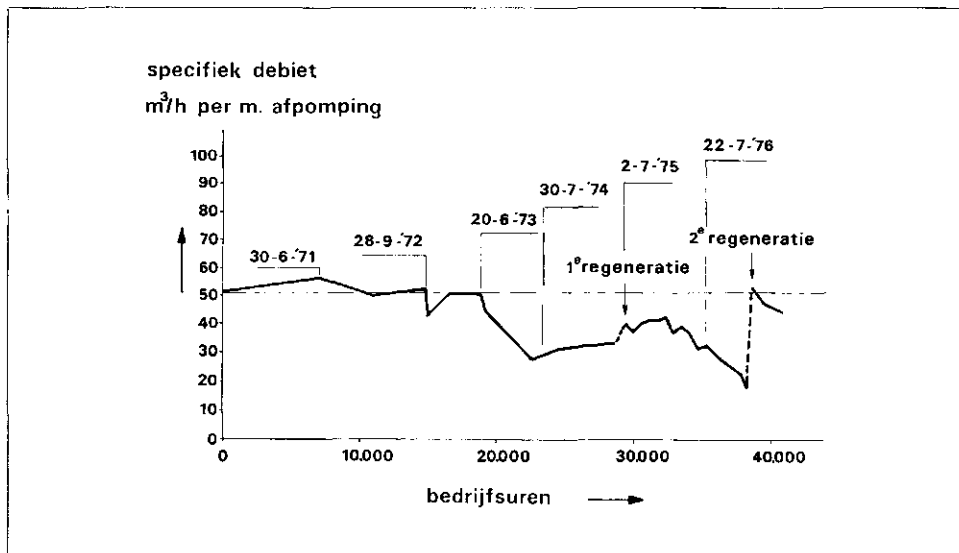


Afb. 11 - Samenvatting van de resultaten van de regeneraties die met behulp van chloorbleekloog, met medewerking van de Werkgroep, zijn uitgevoerd. De putten zijn gerangschikt in afnemende mate van verstopping.

geringer het succes van de regeneratie is, des te sneller de put wederom verstopt zal zijn en opnieuw moet worden geregenereerd. Het achterblijven van het resultaat kan verklaard worden door de moeilijke bereikbaarheid van de verstopping.

Kenmerkend voor de verstopping is dat hij een belemmering van de waterstroming veroorzaakt. Het toegevoegde regeneratiemiddel zal dus langs de minst verstopte gedeelten in de omstorting en de formatie wegstromen. Men kan zich voorstellen dat bij ernstige verstopping het regeneratiemiddel slechts de randen van de verstopping kan aantasten. Er wordt daarom voorgesteld tot regeneratie over te gaan zodra de waarde van het specifiek debiet tot de helft van de waarde bij oplevering is teruggelopen. Bij gebruik van onderwater-

Afb. 12 - Regeneratie van put 15 op het pompstation Bergambacht (GWM).



Afb. 13 - Keuze bij putverstopping: regeneratie van de verstopte put dan wel vervanging door een nieuwe.

pompen betekent dit ongeveer een verdubbeling van de afpomping. Evenals bij de verstopping door ijzeroxiden en biomassa kan ook bij deze verstopping de regeneratie met succes worden herhaald. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in afbeelding 12. Het resultaat van de eerste behandeling lijkt niet groot, maar na de tweede benadert het specifiek debiet weer de waarde bij oplevering.

6. Kosten

De kosten van de regeneratie bestaan, naast het arbeidsloon, uit de kosten van het regeneratiemiddel en kleinere uitgaven zoals aanmaakkosten voor speciale constructies, huur van een compressor etc. De kosten kunnen worden begroot op f 10,— à f 40,— per meter filter aan regeneratiemiddel en op 40 à 80 manuren per put. De tijd dat een put buiten bedrijf is bedraagt bij een succesvolle routinematige regeneratie 4 à 5 dagen. Belangrijker nog dan de toename in het specifiek debiet ten gevolge van de regene-

ratie is de duurzaamheid van het bereikte resultaat. Het kan voordelig zijn een verstopte put niet te regenereren doch te vervangen door een nieuwe put. De keuze wordt onder andere bepaald door een afweging van de kosten van investering voor een nieuwe put tegen de kosten van de regeneratie van een verstopte put. Deze afweging is schematisch in afbeelding 13 aangegeven.

Indien op een puttenveld een bepaalde vorm van putverstopping aanwezig is, zal het bij een nieuwe put enige tijd duren voordat de verstopping goed op gang begint te komen. Bij een geregenereerde put zullen altijd restanten van de verstopping achterblijven en zal de put onmiddellijk na de regeneratie weer beginnen te verstopten. (Zeppernick en Wilke, 1964). Bij de afweging van de kosten in afbeelding 13 is ervan uitgegaan dat met uitzondering van de kosten van regeneratie, de exploitatiekosten van een geregenereerde en een nieuwe put gelijk zijn en dat andere argumenten zoals technische veroudering geen rol spelen.

7. Samenvatting

Bij meer dan de helft van het aantal waterleidingbedrijven in Nederland verstopten de winputten. Putverstopping wordt gekenmerkt door een voortdurende afname van het specifiek debiet. Dit is in de meeste gevallen merkbaar aan een toename van de afpomping. Op grond van het onderzoek dat in het kader van de werkgroep Putverstopping is verricht kunnen in Nederland twee vormen van putverstopping worden onderscheiden. Het is niet uitgesloten dat er nog meerdere vormen bestaan. Putverstopping door ijzeroxyden en biomassa wordt gekenmerkt door een grote filterweerstand, terwijl de geohydrologische situatie zodanig moet zijn dat zowel zuurstofbevattend water als ijzerbevattend water door de put wordt aangetrokken.

Gezien de noodzakelijke aanwezigheid van zuurstof zal deze vorm van putverstopping optreden in putten die water onttrekken aan een freatisch pakket. Deze putten kunnen zowel op mechanische wijze als met chemische middelen, d.i. met zuur, geregenereerd worden.

Het onderzoek is hier gericht op de preventie van de verstopping dat wil zeggen op een gescheiden onttrekking van het ijzerbevattende water en het zuurstofbevattende water.

Putverstopping ten gevolge van anaerobe microbiologische processen, wordt gekenmerkt door het ontbreken van een filterweerstand. Deze vorm van putverstopping is tot nu toe met name waargenomen in het rivierengebied bij putten die water onttrekken aan een ondiep watervoerend pakket met afdekkende veen- en kleilagen. Deze putten kunnen met behulp van chloorbleekloog geregenereerd worden. Bij het schoonpompen van de put moet uiterst voorzichtig te werk worden gegaan, aangezien het opgepompte water altijd nog resten van het regeneratiemiddel zal bevatten. Het onderzoek is hier gericht op het achterhalen van de precieze oorzaak van de verstopping. Mogelijk speelt deze vorm van putverstopping ook een rol bij diepe putten.

De beoordeling van het effect van de regeneratie gebeurt door de waarde van het specifiek debiet na de regeneratie te vergelijken met de waarde bij oplevering. Een put kan slechts dan volledig geregenereerd worden indien de verstopping nog niet te ver is voortgeschreden. Aanbevolen wordt tot regeneratie over te gaan zodra de waarde van het specifiek debiet gehalveerd is ten opzichte van de waarde bij oplevering. Dit komt bij het gebruik van onderwaterpompen ongeveer overeen met een verdubbeling van de afpompings.

Van groot belang is informatie omtrent de duurzaamheid van het bereikte resultaat, dat wil zeggen het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende regeneraties. De grootte van dit tijdsinterval is van belang om te kunnen nagaan wat voordeliger is: overgaan op een nieuwe of het regenereren van de verstopte put.

Dankbetuiging

Onze dank gaat uit naar de bedrijven die informatie beschikbaar hebben gesteld en naar de leden van de werkgroep die veel aan de inhoud van deze publicatie hebben bijgedragen.

Literatuur

Bieske, E., und Bieske E. *Bohrbrunnen*, 6e Auflage, Oldenburg Verlag, München (1973).
DVGW. *Hinweise zur Verhütung der biologischen Brunnenverockerung*, Merkblatt W 131, DVGW, Frankfurt (1970).

Hässelbarth, U. und Lüdemann, D. *Die biologische Verockerung von Brunnen durch Massenentwicklung von Eisen- und Manganbakterien*. BBR 18(10) 363 - 368, 18(11) 401 - 406 (1967).
Hünnerberg, K. *Neue Erkenntnisse bei Bau und Betrieb von Brunnen*. GWF Wasser/Abwasser 108(32) 919 - 923, (1967).
Jansen, M. A. en Boorsma, H. J. *Onderzoek naar de oorzaak en de mogelijkheid van opheffing van putverstoppingen*. Water 41(10) 127 - 132, 41(11) 150 - 153, (1957).
Johnson, E. E. *Groundwater and wells*. E. E. Johnson Inc., Minnesota, (1966).
Kobus, E. J. M. en Vlasblom, W. J. *Putverstoppingen door ijzernerlagen te Castricum*. Mededeling nr. 38, KIWA, Rijswijk, 52 p., (1975).
Kobus, E. J. M. en Pieper J. W. *Putverstopping*. Mededeling van de Werkgroep Putverstopping, KIWA, Rijswijk, 49 p., (1973).
Kooijmans, J. *Onderhoud en herstel van putten*. Water 35 (9) 89 - 92, (1951).
Krems, G. *Studie über die Brunnenalterung*. Bundesministeriums des Innern, Unterabteilung Wasserwirtschaft, 128 p., (1972).
Spall, Ch. van. *Reiniging van putten in het duin*. Water en Gas 8 (6) 167 - 168, (1924).
Tjaden, H. J. *Regenereren van pompputten*. Cursus winning van grondwater, 1974/1975, Stichting Postak. Vorming Gezondheidstechniek, Delft, (1975).
Zeppernick, V. und Wilke, W. *Regenerierung von Rohrbrunnen mit Druckluft*, WWT 14(2) 42 - 44, (1964).

