

Verstopping van productieputten door deeltjes

C.G.E.M. VAN BEEK, KIWA N.V. ONDERZOEK EN ADVIES

C.J.G. JANSSEN, NV WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ LIMBURG

M.H.A. JUHÁSZ-HOLTERMAN, NV WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ LIMBURG

J.H. PETERS, KIWA N.V. ONDERZOEK EN ADVIES

Het optreden van verstopping op de boorgatwand wordt gewoonlijk toegeschreven [Van Beek, 1995; 1982] aan een accumulatie van deeltjes (mechanische verstopping), aan een accumulatie van biomassa door de groei van sulfaatreducerende bacteriën met de daarbij gevormde ijzersulfiden, of aan beiden. Het spreekt vanzelf dat de combinatie van biomassa en ijzersulfiden zeer effectief in staat is deeltjes af te vangen.

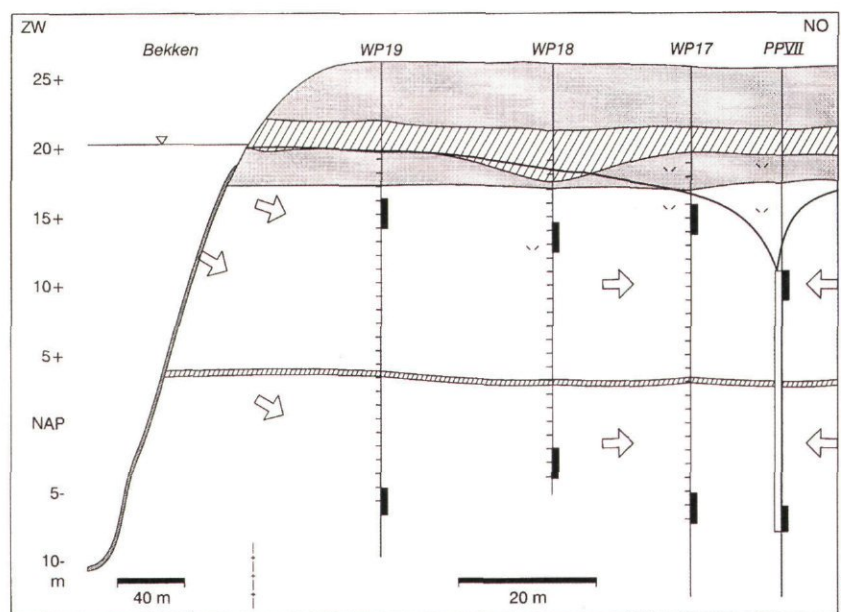
Sulfaatreductie is niet een snel proces. Het

Accumulatie van deeltjes wordt vaak als mogelijke oorzaak van verstopping van productieputten vermeld. Bij onderzoek op het puttenveld Heel (Waterleiding Maatschappij Limburg) is met behulp van deeltjestellingen deze oorzaak voor het eerst onomstotelijk aangetoond. De deeltjes zijn grotendeels kleiner dan vijf µm en bestaan uit ijzerhydroxiden, kleimineralen, kwarts, kalk en organisch materiaal. Deze kleine deeltjes zijn van nature 'vastgekit' aan de bodemmatrix, maar worden onder invloed van infiltratie van 'vreemd' water gemobiliseerd.

Deeltjestellingen vormen een goede mogelijkheid voor het diagnostiseren van deze oorzaak van putverstopping. Zij bieden ook de mogelijkheid om een indruk te krijgen van de gevoeligheid van putten voor deze vorm van putverstopping. Door de telling bij de oplevering van putten uit te voeren, kan al van het begin af aan rekening worden gehouden met het al of niet optreden van deze vorm van verstopping.

Put 7 van het puttenveld te Heel verstopt snel [Juhász-Holterman et al. 1997]. De verstopping wordt gekenmerkt door de afwezigheid van een intreeweerstand, met andere

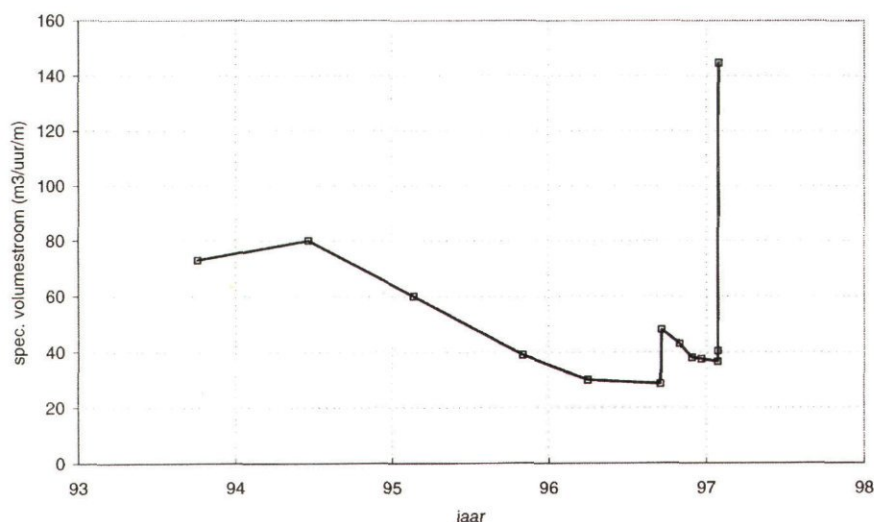
Afb. 2. Dwarsdoorsnede door spaarbekken en put 7 te Heel.



woorden de verstopping is gelokaliseerd op de boorgatwand.

duurt enkele jaren voordat de accumulatie merkbaar wordt in een toename van de afpompings. In de onderhavige situatie was kort na ingebruikneming sprake van putverstopping (afb. 1).

Afb. 1. Verloop van de specifieke volumestroom, in m³.h⁻¹ per m afpompings, van put 7 te Heel. Het verloop van de verstopping en het effect van de regeneratie zijn duidelijk te herkennen.



De situatie te Heel is bijzonder, in die zin dat de putten water onttrekken dat uit het spaarbekken De Lange Vlieter is geïnfiltrerd.

Het infiltrerende water verdringt daarbij het oorspronkelijk aanwezige zuurstofloze grondwater. Put 7 ligt op circa 100 m uit de oever van het spaarbekken (afb. 2).

Het oppervlaktewater, dat uit het spaarbekken in het watervoerend pakket infiltreert, bevat zuurstof. Langs de kortste stroomlijn heeft de zuurstof inmiddels de put bereikt, zodat het onttrokken grondwater momenteel zowel zuurstof, afkomstig van het geïnfiltrerde water uit het spaarbekken, als ijzer, afkomstig van het oorspronkelijke grondwater bevat [Juhász-Holterman et al. 1997, Laeven en Stuyfzand, 1997].

Daardoor treedt nu ook putverstopping op door accumulatie van ijzerhydroxiden en van biomassa afkomstig van ijzeroxiderende bacteriën in de filterspleten.

Deze vorm van putverstopping is nu echter niet aan de orde. Sulfaatreductie treedt alleen op in een zuurstofloze omgeving. Aangezien het onttrokken grondwater al vrij snel na ingebruikneming van de put zuurstof bevatte, is het optreden van sulfaatreductie onwaarschijnlijk, en daarmee van verstopping door accumulatie van biomassa en van ijzer-sulfiden op de boorgatwand.

Door de snelheid van het optreden van putverstopping en door de aanwezigheid van zuurstof in het onttrokken grondwater lag een andere oorzaak van verstopping meer voor de hand: verstopping door een accumulatie van (minerale) deeltjes.

Aanwezigheid van deeltjes in grondwater

Over de aanwezigheid van (minerale) deeltjes in grondwater zijn recentelijk vele publicaties verschenen. In de bodem zijn allerlei deeltjes aan de bodemmatrix vastgekit. Bekende kitmiddelen zijn allerlei amorge neerslagen zoals ijzerhydroxiden, mangaanoxiden, aluminiumhydroxiden en organisch materiaal. Onder omstandigheden kan deze verkitting in zandgronden leiden tot de vorming van ijzeroerbanken.

Zodra deze kitmiddelen in oplossing gaan, zullen de vastgekitte deeltjes vrijkomen. Dit zal het geval zijn bij verandering in redoxpotentiaal, waardoor ijzerhydroxide in oplossing gaat, en bij verandering van pH en ionensterkte, waardoor de oppervlaktelading verandert [Johnson et al. 1996; Saar, 1997].

Deze situatie doet zich voor in Heel, waar bij het oorspronkelijk aanwezige anaërobe grondwater door het aërobe water uit het bekken wordt verdrongen.

Dit vormde een volgende aanwijzing om de oorzaak van de verstopping in de richting van accumulatie door deeltjes te zoeken.

Verstopping van een put door deeltjes kan worden vergeleken met verstopping van een verkeersrotonde. Bij een gering verkeersaanbod zal de rotonde normaal functioneren. Bij een toenemend aanbod zullen de verkeersdeelnemers steeds meer hinder van elkaar ondervinden, totdat na overschrijding van een kritisch niveau files zullen ontstaan. Hoe groter het verkeersaanbod des te verder zullen de files zich van de rotonde uitstrekken.

Op dezelfde wijze zullen de losgeraakte deeltjes door het langsstromende grondwater richting productieput worden meegevoerd. Zolang de deeltjesflux (aantal deeltjes per oppervlakte-eenheid per tijdseenheid) gering is, zal er weinig gebeuren. Bij toenemende flux zullen de deeltjes elkaar steeds meer gaan

hinderen, totdat na overschrijding van een kritisch niveau deeltjes zullen 'vastlopen' en zo aanleiding zullen geven tot het optreden van verstopping.

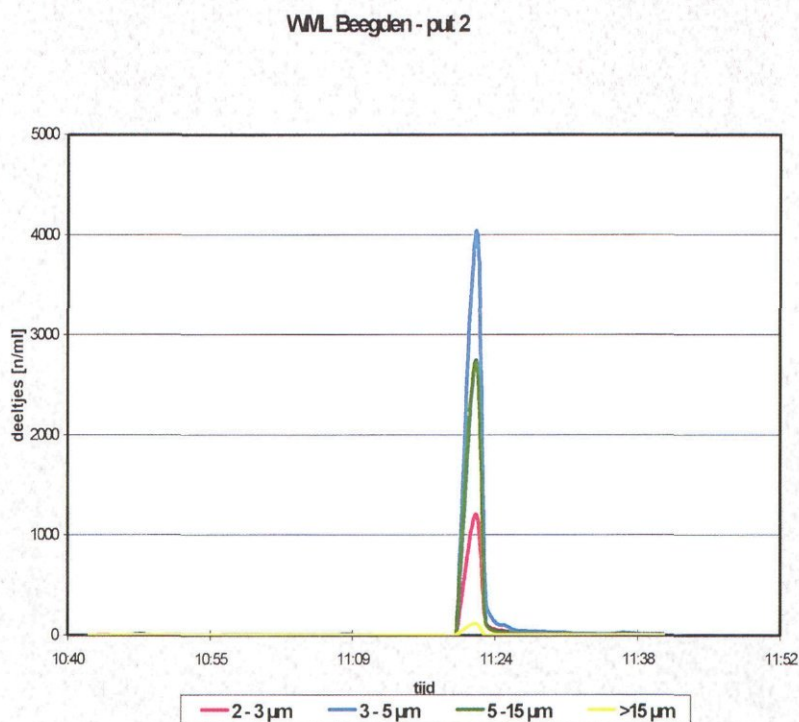
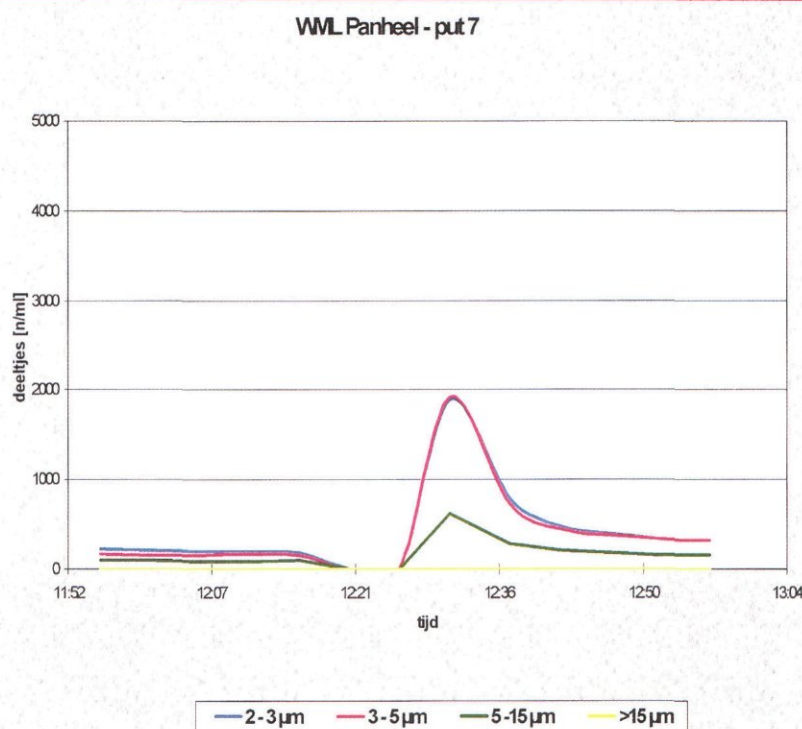
Deeltjestelling

Om deze werkhypothese nader te onderbouwen zijn deeltjestellingen aan het onttrokken grondwater op de putkop uitgevoerd [Van Beek et al. 1997]. Hierbij zijn vier grootte-klassen onderscheiden: namelijk 2-3, 3-5, 5-15 en

groter dan 15 µm.

Om de resultaten te kunnen interpreteren zijn de deeltjestellingen uitgevoerd aan het onttrokken grondwater van put 4, 7 en 9 te Heel, en op putten die al lang in bedrijf zijn en nog nooit zijn geregenereerd, namelijk put 2 en 4 van het puttenveld Beegden, ook van Waterleiding Maatschappij Limburg. De metingen zijn uitgevoerd tijdens continue bedrijfsvoering en na enkele keren aan- en uitschakelen van de onderwaterpomp (afb. 3).

Afb. 3: Verloop van de aantallen deeltjes in het onttrokken grondwater van put 7 te Heel en van put 2 te Beegden, tijdens stationaire toestand en na enige keren aan- en uitschakelen van de onderwaterpomp.



Na enkele keren schakelen bleek het onttrokken grondwater van alle putten deeltjes te bevatten. Tijdens continue bedrijfsvoering bleken wel grote verschillen aanwezig: het onttrokken grondwater van de putten te Beegden bevatte nauwelijks deeltjes, namelijk 0,4 en 3,6 deeltjes/ml, en van put 4 en 9 te Heel 18,8 en 19,4 deeltjes/ml, en van put 7 zelfs 226,8 deeltjes/ml. Het optreden van verstopping van put 7 lijkt dus duidelijk gerelateerd aan het aantal meegevoerde deeltjes tijdens stationaire bedrijfsvoering. Uit afbeelding 3 blijkt dat het voornamelijk deeltjes betreft kleiner dan vijf μm .

Het is opvallend dat ten gevolge van schakelen bij beide putten deeltjes vrijkomen. Blijkbaar treedt in beide gevallen accumulatie van deeltjes op, maar worden deze deeltjes bij schakelen te Beegden volledig verwijderd, terwijl dat in Heel niet het geval is.

Nu een verschil in concentratie van deeltjes was aangetoond, was de volgende vraag waaruit deze deeltjes bestaan.

Aard van de deeltjes

Vervolgens is onderzoek naar de aard van de deeltjes uitgevoerd. Daartoe zijn de deeltjes in het onttrokken grondwater met een membraanfilter, poriediameter 0,45 μm , afgefilterd en onder een elektronenmicroscopie onderzocht. Dit onderzoek is uitgevoerd aan deeltjes afkomstig uit put 2 en 4 te Beegden en put 7 te Heel.

De deeltjes te Beegden bleken voornamelijk te bestaan uit gecorrodeerd materiaal afkomstig van het roodkoperen putfilter. Na correctie voor deze deeltjes bevatte het onttrokken grondwater maar enkele minerale deeltjes, die uit het watervoerend pakket afkomstig zijn, namelijk 0,1 en 1,0 deeltjes/ml.

Deze minerale deeltjes bestaan voornamelijk uit ijzerhydroxide, kleimineralen, kalk en kwarts. Naast minerale deeltjes worden ook 'deeltjes' organisch materiaal aangetroffen (afb. 4). Afhankelijk van onder andere lichtdoorlatendheid en vorm kunnen bacteriën als deeltje

worden geteld. De getelde deeltjes te Heel bleken voornamelijk uit celmateriaal van de ijzeroxiderende bacterie *Gallionella* te bestaan. Na correctie voor de aanwezigheid van deze bacteriën bevatte het onttrokken grondwater nog steeds veel meer minerale deeltjes, namelijk 18,1 deeltjes/ml, dan het onttrokken grondwater te Beegden. Net zoals in Beegden bestaan ook hier de deeltjes uit ijzerhydroxide, kleimineralen, kalk, kwarts en organisch materiaal. De aanwezigheid van ijzerhydroxiden en kleimineralen is ook elders waargenomen.

De getelde aantallen deeltjes zijn voor de corrosiedeeltjes en de ijzeroxiderende bacteriën gecorrigeerd aangezien deze laatste deeltjes voor het optreden van putverstopping op de boorgatwand niet relevant zijn. De verstopte boorgatwand bevindt zich namelijk 'stroomopwaarts' ten opzichte van de plaats van vrijkomen van deze deeltjes in respectievelijk omstoring en putfilter.

Conclusies en aanbevelingen

Deeltjestellingen als hulpmiddel bij het onderzoek naar de oorzaak van het optreden van putverstopping zijn nog niet eerder uitgevoerd.

Uit de resultaten van het onderzoek blijken deze tellingen een welkome aanvulling voor het diagnosticeren van deze oorzaak van putverstopping.

Ervaring heeft geleerd dat circa tweederde van de puttenvelden in Nederland last heeft van putverstopping [Van Beek, 1995], de ene helft door verstopping van de filterspleten, en de andere helft door verstopping van de boorgatwand.

In het laatste geval zijn voor het onderscheid tussen verstopping door deeltjes of door sulfaatreducerende bacteriën deeltjestellingen relevant. Op deze wijze kan een juiste diagnose worden gesteld, en vervolgens een efficiënte regeneratiemethode worden geselecteerd.

Deeltjestellingen kunnen ook een rol spelen bij de oplevering van putten: van begin af aan kan dan rekening worden gehouden met

het al of niet optreden van verstopping. Om tot een onderbouwing van de 'gevaarzone' te komen is het wel noodzakelijk te beschikken over de resultaten van deeltjestellingen afkomstig van meer puttenvelden, met een diversiteit van geologische formaties en geochemische omstandigheden. ■

LITERATUUR

- Van Beek, C.G.E.M., met medewerking van M.H.A. Juhász-Holterman, C.J.G. Janssen, P. Buys, W.A.M. Hijnen, R.N. Koolen, J.H. Peters en P.G.G. Slaats (1997): Deeltjestellingen in onttrokken grondwater, in relatie tot optreden van putverstopping te Panheel, Kiwa KOA 97.163.
- Van Beek, C.G.E.M. (1995): Brunnenalterung und Brunnenregenerierung in den Niederlanden, GWF Wasser/Abwasser 136 (3) 128-137.
- Van Beek, C.G.E.M. (1982): Regeneratie van verstopte winputten, H₂O 15 (15) 370-377.
- Johnson, Ph.R., N. Sun and M. Elimelech (1996): Colloid transport in geochemically heterogeneous porous media: modeling and measurements, Env. Sci. Technol. 30 (11) 3284-3293.
- Juhász-Holterman, M.H.A., C.G.E.M. van Beek en C.J.G. Janssen (1997): Heel, putverstopping/ontwerp putten, Fase 1, Rapport WML, 6533PVOMJ.97MS
- Laeven, M.P. en P.J. Stuyfzand (1997): Voorspelling grondwaterkwaliteit waterproductiebedrijf Heel, eindrapport 1996, Kiwa-KOA 97.061
- Ryan, J.N. and Ph.M. Gschwend (1990): Colloid mobilization in two Atlantic coastal plain aquifers: field studies, Water Res. Res. 26 (2) 307-322.
- Saar, R.A. (1997): Filtration of groundwater samples: A review of industry practice, GWMR 17 (1) 56-62.
- Seaman, J.C., P.M. Bertsch and R.N. Strom (1997): Characterization of colloids mobilized from Southeastern Coastal Plain sediments, Env. Sci. Technol. 31 (10) 2782-2790.

Afb. 4: Afbeelding van kwartsdeeltjes en organisch materiaal onder de elektronenmicroscopie, met bijbehorende chemische samenstelling van een deeltje.

