



Jacques van Paassen, Vitens

Peter Sjoerdsma, Vitens

Janneke Duiven, Vitens

'Q21'-drinkwater zonder gebruik van membranen

In 2005 verichtte Vitens samen met het toenmalige Kiwa Water Research onderzoek naar de kwaliteitsverbetering van het drinkwater van productiebedrijf Spannenburg. Doel was de bereiding en levering van onberispelijk drinkwater, dat aan alle kwaliteitseisen van de 21e eeuw voldoet, ook wel 'Q21'-drinkwater genoemd. Het onderzoek richtte zich vooral op de toepassing van ultra- en nanofiltratie als laatste stap in de zuivering om de biologische stabiliteit van het afgeleverde drinkwater te verbeteren¹. Vitens heeft als vervolg hierop verder onderzoek verricht naar het behalen van die kwaliteitsdoelstelling zonder gebruik te maken van membranen. Na optimalisatie van de bestaande zuivering en uitbreiding van het zuiveringsproces met ionenwisseling voor kleurverwijdering wordt straks 'Q21'-drinkwater geleverd. De verbeteringen leveren daarboven nog aanzienlijke besparingen op in het productieproces en bij de distributie van drinkwater.

Het drinkwater van productiebedrijf Spannenburg voldoet momenteel niet aan de streefwaarden van Vitens voor kleur, organisch stofgehalte, assimileerbaar organisch koolstof en de biofilmvormingssnelheid. De waterkwaliteit leidt tot groei van bacteriën (waaronder *Aeromonas*) en dierlijke organismen in het leidingnet met alle gevolgen vandien. Het frequent spuien van de leidingen is daarom noodzakelijk. Daarnaast wordt in het voorzieningsgebied ook relatief vaak *Legionella* in binneninstallaties aangetroffen. Ook de klanten waarderen de waterkwaliteit maar als 'matig goed'. Dit blijkt niet alleen uit de klachten ten aanzien van de kleur en bruin water, maar ook uit drukklachten als gevolg van verstopping van de zeefjes voor de watermeter met voornamelijk waterpissebedden. De matige waterkwaliteit is terug te voeren op het functioneren van de zuivering. De problemen in de zuivering beginnen al bij de voorfiltratie. De processen die in de voorfilters plaatsvinden, zoals ontijzering en nitrificatie, vertonen reeds binnen een jaar na vervangen van het materiaal een aanzienlijke verslechtering. Het filtermateriaal (zandkorrels met een diameter van 1,5 a 2,5 millimeter) groeit snel aan en moet elke vijf jaar vervangen worden.

Analyse

Een analyse van bovengenoemde problemen leverde de volgende mogelijke oorzaken op:

- De nagroei in het net wordt onder andere veroorzaakt door uitspoeling van biologisch filtermateriaal van de nafilts. In de nafilts vindt een belangrijk deel van de nitrificatie plaats. Na spoelen van een nafilts wordt gedurende het eerste halfuur van productie veel biomassa naar de reinwaterkelder uitgespoeld. Deze biomassa is voedsel voor de bacteriën in het net. Deze bacteriën vormen op hun beurt weer voedsel voor de dierlijke organismen in het water;
- Een andere voedselbron voor de bacteriegroei in het net vormt het natuurlijke organisch materiaal (NOM) in het grondwater. Het grondwater wordt gewonnen vanonder een veenlaag. Dit zogeheten veenwater bevat veel organische stof en heeft een gele kleur. Een deel van het NOM is biologisch afbreekbaar. Tot op heden wordt de kleur in de zuivering niet verwijderd, met als gevolg een gedeeltelijke biologische afbraak in het distributienet.

Uit een inventariserend onderzoek naar de werking van de filters bleken de filters met een te lage snelheid gespoeld te worden. In de voorfilters wordt ijzer afgevangen en ammonium door bacteriën omgezet in nitraat. Bij het spoelen van de filters wordt al het afgevangen ijzer en een groot deel van de biomassa uit het filter gespoeld. Voor een goed spoelproces dienen de ruimtes tussen het filtermateriaal vergroot te worden om ijzer en bacteriemassa met het spoelwater te

verwijderen. Het filterbed moet in expansie gebracht worden. Voor een optimale spoeling van de filters is een expansie van tien tot 20 procent gewenst². Voor zand met een korrelgrootte van 1,5 tot 2,5 millimeter betekent dit dat de spoelsnelheid circa 90 meter per uur moet bedragen. De berekende spoelsnelheid is driemaal hoger dan de in de praktijk toegepaste snelheid. Het is dus niet verwonderlijk dat na het spoelen een deel van het ijzer en de biomassa in het voorfilter achterbleef, dat binnen een jaar al delen van het filterbed dichtgeslibd waren en dat het effectieve bedoppervlak daardoor afnam en de filtratiesnelheid evenredig toenam.

Het effect van dit probleem was het meest zichtbaar bij de nitrificatie. Binnen een jaar nam het ammoniumgehalte in het filtraat toe van 0,8 mg/l naar waarden boven de 2 mg/l.

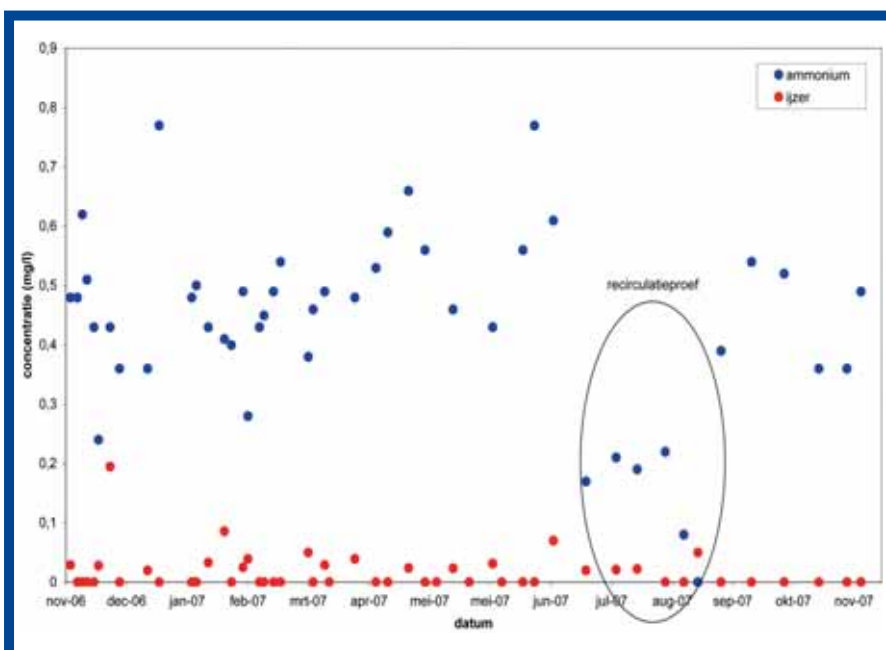
Oplossing

Cruciaal bij het vinden van de oplossing voor het probleem van de voorfilter was het onderkennen van het belang van een goede spoelwijze van het filtermateriaal. In Spannenburg kan niet gespoeld worden met snelheden boven de 35 meter per uur. Hiervoor zijn in het verleden de aan- en afvoerleidingen en de spoelgoot te klein gedimensioneerd. Aanpassing van de filters zou een investering van enkele miljoenen euro's vergen. De conclusie was duidelijk. Zand met een korrelgrootte van 1,5 tot 2,5 millimeter is ongeschikt voor toepassing in productiebedrijf Spannenburg. Er moest



Proefinstallatie voor onderzoek naar optimalisatie van de voorzuivering op productiebedrijf Spannenburg.

Afb. 1: Het ammonium- en ijzergehalte in het filtraat van proeffilter A. Tijdens de recirculatieproef is het ammoniumgehalte in korte tijd gedaald tot onder de analysegrens.



gezocht worden naar lichter en/of fijner filtermateriaal, dat bij een spoelsnelheid van 35 meter per uur voldoende in expansie komt. Besloten is om onderzoek te doen naar twee soorten filtervullingen: zand van 0,5 a 0,8 millimeter + antraciet 1,2 a 2,0 millimeter én zand van 0,8 a 1,25 millimeter + antraciet 1,4 a 2,5 millimeter.

Ter voorkoming van uitspoeling van biomassa uit de nafilts is gesteld dat de nitrificatie, het enige biologische proces in de zuivering, volledig moest plaatsvinden in de voorfilters. De nafilts dienen dan alleen voor het afvangen van *carry-over* van de pelletontharding en voor verwijdering van mangaan.

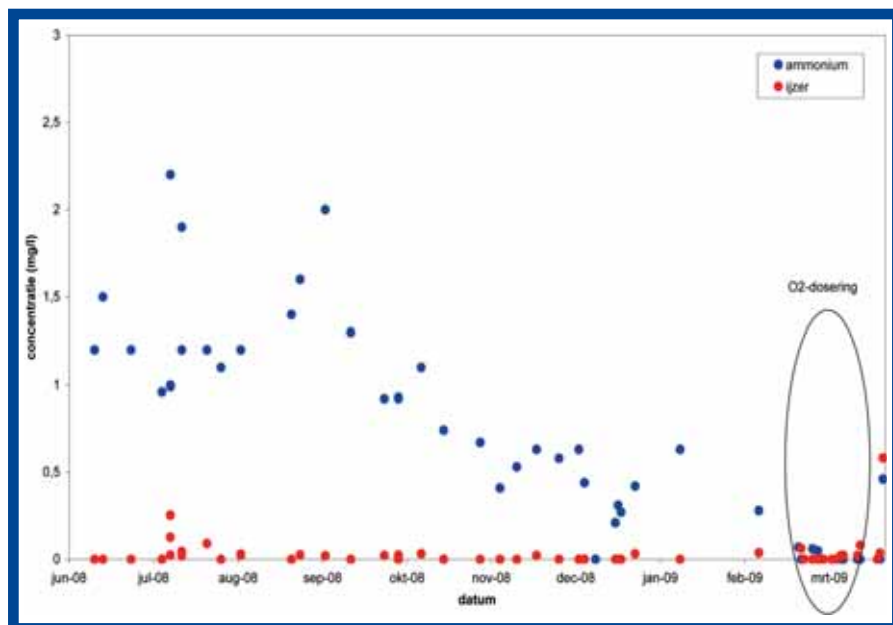
Voor een volledige ontijzering en nitrificatie in de voorfilters is 14 milligram zuurstof per liter nodig. Dit is meer dan via beluchting van water van 12°C onder atmosferische omstandigheden kan oplossen. Om toch al het ammonium in de voorfilters om te kunnen zetten is onderzoek gedaan naar recirculatie van het filtraat en naar het doseren van zuivere zuurstof aan het grondwater na de plaatbeluchting en voor de voorfiltratie.

Het NOM-probleem wordt opgelost door ionenwisseling. Vitens heeft al enige jaren ervaring met ionenwisseling voor kleurverwijdering op productiebedrijf Oldeholtade. Die toepassing heeft geleerd dat niet alleen de kleur goed verwijderd wordt, maar dat ook de biologische stabiliteit van het drinkwater sterk verbeterd³⁾.

Proefinstallatie-onderzoek

Hoofddoel van het onderzoek met een proefinstallatie is aan te tonen dat met een goede spoelwijze, een stabiel proces van ontijzering en nitrificatie in de filters kan worden bereikt. Aangezien de processen in de praktijkfilters na het vullen van de filters met nieuw materiaal al binnen enkele maanden verslechterden, is gekozen voor de proefinstallatie. Voor het onderzoek is een proefperiode van een jaar uitgetrokken. De proefinstallatie bestond uit twee parallel geschakelde filters A en B met elk een diameter van 0,8 meter. Proeffilter A bevatte zand van 0,5 a 0,8 millimeter + antraciet 1,2 a 2,0 millimeter én proeffilter B zand van 0,8 a 1,25 millimeter + antraciet 1,4 a 2,5 millimeter. De filters zijn gevoed met het grondwater na plaatbeluchting. De voedingstroom bedroeg drie kubieke meter per uur per filter, wat overeenkomt met een filtratiesnelheid van zes meter per uur. Beide filters zijn gespoeld met een maximale spoelsnelheid van 35 meter per uur. Voor proeffilter A bedroeg de expansie tijdens waterspoeling tien tot 20 procent en voor proeffilter B vijf tot tien procent.

In afbeelding 1 zijn de ijzer- en ammoniumgehalten van het voedingwater en het filtraat van proeffilter A weergegeven. Het ijzergehalte in de voeding bedroeg 13 milligram per liter. Dit werd in het filter zeer effectief verwijderd. Het ijzergehalte in het filtraat lag gemiddeld beneden 0,02 milligram per liter. De troebelheid van het filtraat was continu minder dan 0,10 FTE(!). Het ammoniumgehalte in het grondwater bedroeg



Afb. 2: Het ammonium- en ijzergehalte in het filtraat van de praktijkfilter na het vullen met dubbellaagsmateriaal. Na een inwerkperiode van enkele maanden was ook de nitrificatie volledig (gelimiteerd door zuurstof). Door extra zuurstof inbreng was ammonium in het filtraat niet meer aantoonbaar.

3,3 milligram per liter. Na een inwerkperiode van enkele weken werd ammonium volledig omgezet in nitraat voor zover het zuurstofgehalte dit toeliet. Het zuurstofgehalte in het filtraat bedroeg steeds 0 en het restgehalte ammonium circa 0,5 milligram per liter. In de laatste weken van het onderzoek is 15 procent van het beluchte filtraat teruggevoerd naar de voeding van de filters met als doel om op deze wijze extra zuurstof in te brengen en de nitrificatie in het voorfilter volledig te krijgen. Met de recirculatie van het water nam de filtratiesnelheid toe van zes meter per uur naar 6,7 meter per uur. In de grafiek is te zien dat direct na de start van de recirculatie het ammoniumgehalte in het filtraat afnam en na enkele weken afwezig was (minder dan 0,05 mg/l). De resultaten met proeffilter B, het grovere filtermateriaal, waren voor ijzer en ammonium vergelijkbaar met die in proeffilter A. De troebelheid van het filtraat was echter continu iets hoger en bedroeg 0,20 FTE. De looptijd van de filters bedroeg voor proeffilter A, met het fijne materiaal, 27 uur. Tijdens recirculatie nam de looptijd af tot 19 uur. Het spoelwaterverbruik bedroeg drie procent bij een filtratiesnelheid van zes meter per uur. Voor proeffilter B was de looptijd 39 uur en het spoelwaterverbruik ongeveer 2,4 procent.

Praktijkfilteronderzoek

Hoewel de resultaten in de proeffilters meer dan succesvol waren, bleven bij de procesvoeders toch nog twijfels bestaan over de vertaling van de resultaten naar de praktijkfilters. Tussen de proef- en praktijkfilters zat een opschalingfactor van 50. Eén van de praktijkfilters is daarop leeggehaald, van nieuwe spoelkoppen voorzien en gevuld met nieuw filtermateriaal: zand van 0,8 a 1,25 millimeter + antraciet 1,4 a 2,5 millimeter. De reden voor de keuze van dit filtermateriaal is de langere looptijd van de praktijkfilters. Met 15 parallelle filters was de

eis van de procesvoeders dat een minimale looptijd van 30 uur moest worden bereikt. Dit praktijkonderzoek heeft eveneens een jaar geduurd. De resultaten van de proeffilters werden ook op praktijkschaal bevestigd. Dit is in afbeelding 2 weergegeven.

Voor de volledige nitrificatie in de praktijkfilters is niet gekozen voor recirculatie van belucht filtraat, zoals in de proeffilters succesvol was getest. Recirculatie van water resulteert in de voorfilters namelijk in een aanzienlijke verhoging van de filtratiesnelheid en dito verkorting van de looptijd van de filters. Daarom is in de praktijkfilters gekozen voor dosering van zuivere zuurstof, aanvullend op de reeds aanwezige intensieve beluchting voor methaanverwijdering. Door zuurstofdosing kan extra zuurstof oplossen in water, waardoor volledige nitrificatie kan worden gerealiseerd bij gelijkblijvende filtratiesnelheid. (Over de zuurstofdosing is meer te lezen in het artikel van Peter Sjoerdsma e.a. op pagina 35).

Aanpassing van de nafilts

Bij de nafilts is ongeveer een kwartier na het spoelen van een filter een langdurige piek in de troebelheid van het filtraat waargenomen. De troebelheidspiek werd veroorzaakt door niet alleen het uitspoelen van ijzer, maar ook van biologisch materiaal. Onderzoek wees uit dat de deeltjes die aanwezig zijn in het bovenstaande water na de laatste waterspoeling, ongehinderd het filterbed passeren. Dit gebeurt ook als de filtratie bij een lage filtratiesnelheid plaatsvindt. De troebelheidspiek na het spoelen kan worden voorkomen door het bovenstaande water af te pompen of boven het filterbed af te laten. In de nieuwe situatie, waarbij productiebedrijf Spannenburg is voorzien van goed werkende voorfilters, is het probleem van ijzerdoorslag en biologische activiteit in de nafilts opgelost.

Toch is besloten om net boven het filterbed een extra aflat voor spoelwater te realiseren.

Reinwaterkwaliteit

Inmiddels zijn acht van de 15 voorfilters van nieuw filtermateriaal voorzien. Dit is al duidelijk merkbaar in de reinwaterkwaliteit van het productiebedrijf. Het ijzergehalte is afgenomen van 0,05 milligram per liter in september 2008 naar 0,02 milligram per liter in mei van dit jaar. Voor april 2010 zullen de overige zeven voorfilters aangepast zijn. Eind dit jaar zal de ionenwisseling voor kleurverwijdering in bedrijf worden gesteld. De kleur van het water - nu nog 20 mg/l Pt/Co - zal teruggebracht worden tot onder het niveau van de streefwaarde van Vitens (10 mg/l Pt/Co). De biologische stabiliteit van het water zal door de kwaliteitsverbeteringen sterk verbeteren. De ervaringen met kleurverwijdering op productiebedrijf Oldeholtspade wijzen op een nagroeisnelheid van circa 1 pg ATP/cm².dag. Dit is tienmaal beter dan de waarde die KWR Watercycle Research Institute momenteel aanhoudt voor biologisch stabiel water. De verwachting is dan ook dat productiebedrijf Spannenburg in 2010 kleurloos, zacht drinkwater levert dat op elk aspect voldoet aan de zogeheten Q21-eisen.

Kostenbesparing

In de oude situatie moesten de filters elke vijf jaar worden voorzien van nieuw filtermateriaal. Gebaseerd op ervaringen bij andere productiebedrijven van Vitens met goed gespoelde dubbellaagfilters zal de standtijd van het filtermateriaal 15 jaar bedragen. De verbeterde voorfiltraatkwaliteit resulteert eveneens in verlaging van de onderhoudsfrequentie aan de (tussen)reservoirs en andere nageschakelde zuiveringsstappen. De grootste besparingen zijn terug te vinden in het distributiegebied. Van continue spuiacties in de oude situatie zal de spui-frequentie na volledige aanpassing van de zuivering afnemen tot één maal per vijf a tien jaar. De geraamde besparingen bedragen ongeveer 200.000 euro per jaar. Voordat het echter zover is, zal Vitens nog heel wat 'oud zeer' uit de leidingen moeten verwijderen.

LITERATUUR

- 1) Beerendonk E. en W. Senden (2005). Workshop Q21 Spannenburg. BTO-rapport 2006.005.
- 2) Huisman L. (1983). Rapid Filtration. Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek.
- 3) Schippers D. en P. Sjoerdsma (2007). Kwaliteitsverbetering op meerdere fronten door ontkleuring via ionenwisseling. H₂O nr. 20, pag. 38-40.