



Petra Scholte, Waternet

Steven van Duijvenbode, Waternet

Eric Baars, Waternet

Joost Kappelhof, Waternet

Nieuwe spoelinzichten leiden tot betere kwaliteit bij snelfilters

De snelfilters die Waternet voor de drinkwaterbereiding bedrijft, worden vanaf hun ontwerp op min of meer dezelfde wijze gespoeld. De huidige integrale benadering van de zuivering en de wens om het spoelwaterverbruik terug te dringen (vanwege duurzaamheid en kosten) was echter een reden om te kijken of de bestaande spoelprocedures niet geoptimaliseerd kunnen worden. De kwaliteit en stabiliteit van het snelfiltraat wordt nu als kritische factor beschouwd voor het optimaal functioneren van navolgende zuiveringsstappen. Na de realisatie van de snelfilterinstallaties is de kennis ten aanzien van snelfilterspoelingen verder ontwikkeld met onder andere de 'Collapse Pulsing Theory' en 'Extended Terminal Subfluidization Wash' en praktijkervaringen van bedrijfsvoerders. De opgedane kennis en ervaring zijn gebruikt om het spoelwaterverbruik te optimaliseren en een verbeterde filtraatkwaliteit te realiseren.

Waternet maakt in de drinkwaterzuivering op meerdere plaatsen gebruik van snelfiltratie. Het gaat hierbij om relatief grote installaties (tussen de 3.000 en 11.000 kubieke meter per uur). Dergelijke grote installaties kennen, absoluut gezien, grote hoeveelheden spoelwater (150.000 tot twee miljoen kubieke meter per jaar), die aanleiding zijn tot optimalisatie. De snelfilterinstallaties worden al enkele tientallen jaren op min of meer dezelfde wijze gespoeld. Uit het oogpunt van het verminderen van het spoelwaterverbruik van de grootste installatie

is nagegaan of de nieuwe kennis omtrent spoelingen tot verbetering zou leiden. Gelijktijdig zijn ook ervaringen van bedrijfsvoerders over optimalisering door kortere filterspoelingen op hun waarde onderzocht.

Minimaliseren van de spoelpieken

Waternet past snelfiltratie toe in de voorzuivering vóór infiltratie dan wel in de nazuivering tot drinkwater. In de nazuivering volgt op de snelfiltratie achtereenvolgens ozonisatie, ontharding, koelfiltratie en langzame zandfiltratie. In de integrale benadering van met name de drinkwaterzuivering wordt de uitgaande kwaliteit van de snelfiltratie kritisch beschouwd in het licht van de effectiviteit van de volgende zuiveringsstappen. Fluctuaties in die kwaliteit worden bij voorkeur geminimaliseerd en optimalisatie van snelfiltratie richt zich dan ook op dit aspect. Het streven is de fluctuaties in troebelheid ten gevolge van de filterspoeling zo laag mogelijk te houden om een mogelijk verminderde desinfectie in de achtergeschakelde ozonisatie uit te sluiten. In dit kader is op praktijkschaal ook gekeken naar het effect van 'Extended Terminal Subfluidization Wash'.

Snelfiltratie in de voorzuivering

Optimalisatie van het spoelwaterverbruik is uitgevoerd op waterwinstation Cornelis Biemond te Nieuwegein, waar de grootste snelfiltratie-installatie van Waternet staat. Hier wordt per jaar ongeveer 100 miljoen kubieke meter oppervlaktewater (Lekkanaal) voorgezuiverd door coagulatie/sedimenten

en snelfiltratie om vervolgens te worden geïnfiltreerd in de Amsterdamse Waterleidingduinen of als industriewater te worden ingezet. De installatie bestaat uit 80 enkellaags filters (1,2 meter zand van 0,8-1,25 mm) van 48 m², met als belangrijkste functie het verwijderen van de resterende zwevende stof (circa 6 mg/l) na de coagulatie en sedimentatiestap. De filters worden thans op druk gespoeld (125 cm Wk, looptijd twee tot vijf dagen) met een gecombineerde luchtwaterspoeling gevolgd door een waterexpansiespoeling. De spoelsnelheden zijn

'Extended Terminal Subfluidization Wash' (ETSW)^{2),3)} is een procedure waarbij de normale filterspoeling wordt verlengd met een waterspoeling bij een subfluidisatiesnelheid (snelheid waarbij het materiaal net niet in fluidisatie is) gedurende een tijdsinterval dat voldoende is om één theoretisch filtervolume water (volume tussen eventueel aanwezig grind (steunlaag), tussen zandkorrels (filtermedium) en resterende watervolume boven het filterbed ná spoeling) te verplaatsen. Door deze procedure worden na de normale spoeling achtergebleven, losse vuildeeltjes verwijderd, terwijl de relatief lage subfluidisatiesnelheid niet leidt tot het opnieuw vrijkomen van vuildeeltjes. Hiermee kan een aantal kwaliteitsproblemen na een filterspoeling worden gereduceerd.

'Collapse Pulsing' is een gecombineerde lucht-waterspoeling, waarbij de condities dusdanig worden gekozen dat over de gehele hoogte van het filterbed de lucht zich steeds verzamelt in luchtbelletjes die vervolgens imploderen. Op deze wijze is het gehele filterbed in beweging en is de schurende werking tijdens de spoeling maximaal. Daardoor wordt het in het filter verzamelde materiaal effectiever losgemaakt. Dit materiaal wordt vervolgens afgevoerd door een expansiespoeling (vijf procent expansie van d_{90}) met alléén water. Amirtharajah¹⁾ heeft het verband tussen de optimale lucht- en watersnelheid voor de meest gangbare filtermedia bepaald. Deze blijkt onafhankelijk te zijn van mediumdiameter en bedhoogte.

tijdens het onderzoek gecorrigeerd voor de temperatuur van het spoelwater, om een constante bedexpansie te garanderen. Het spoelwaterverbruik lag de afgelopen jaren net boven de twee miljoen kubieke meter. Om het onderzoek naar de verschillende spoelprocedures te kunnen uitvoeren, is tevens gebruik gemaakt van de op de locatie aanwezige proefinstallatie met drie snelfilters, met een oppervlakte-verhouding van 1 op 100 ten opzichte van de bedrijfsfilters.

Lagere schoonbedweerstand

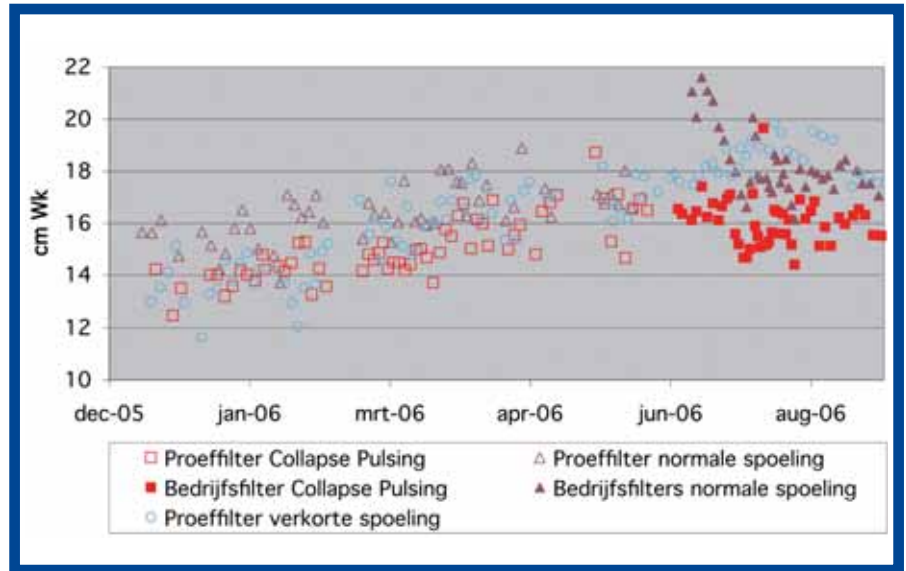
Zowel op de proefilters als de bedrijfsfilters blijkt Collapse Pulsing tot een significant lagere schoonbedweerstand te leiden dan de normale spoelprocedure (zie afbeelding 1). Bij de laagste schoonbedweerstand duurt het naar verwachting het langst voordat het spoelcriterium opnieuw overschreden wordt. Maar kennelijk is de drukopbouw in het filterbed na de Collapse Pulsing-procedure groter dan in het filterbed na een normale spoelprocedure. Zowel in een proefilter als in een bedrijfsfilter is de looptijd significant groter voor een normaal gespoeld filter (zie afbeelding 2). Overigens neemt de schoonbedweerstand bij een verkorte spoeling structureel toe. Gedurende het onderzoek, dat een jaar in beslag nam, is de schoonbedweerstand in het proefilter dat verkort gespoeld werd, met 18 procent toegenomen.

Verkorte spoeltijd

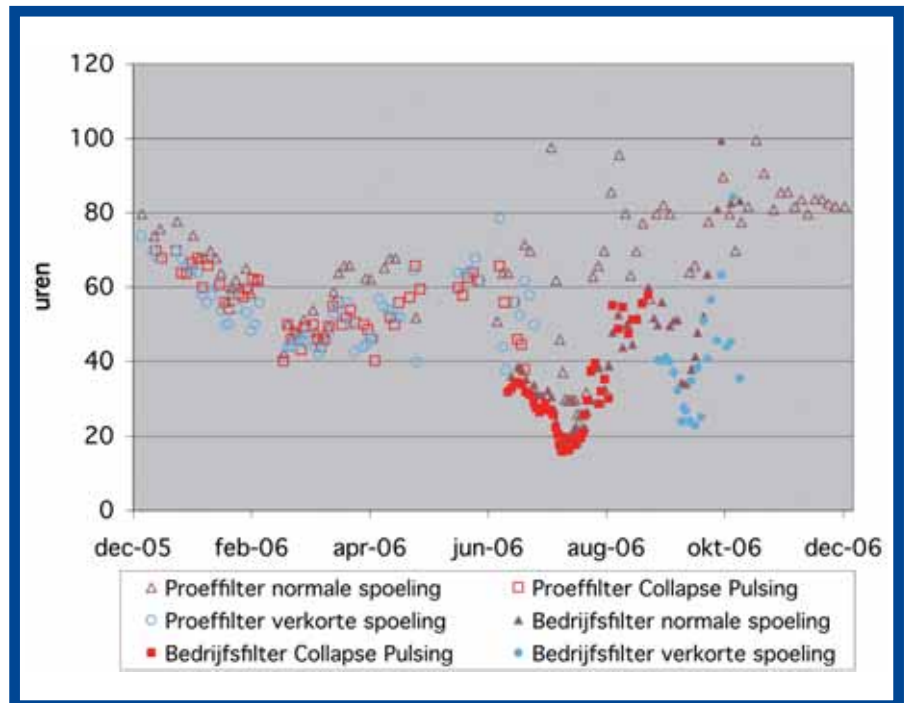
Naast Collapse Pulsing is er ook een spoelprocedure uitgetest die tot nu toe incidenteel in de praktijk werd toegepast. In een andere snelfilterinstallatie van Waternet worden de snelfilterspoelingen bij sterk verkorte looptijden (onder andere ten gevolge van explosieve algengroei in het ruwe water) met 30 procent ingekort tijdens de gecombineerde lucht-waterspoeling en 50 procent tijdens de water-expansie-spoeling. De bedrijfsvoerders hebben de indruk dat de werking van het filter door zo'n incidentele verkorte noodspoeling niet direct negatief wordt beïnvloed. Zowel op de proefilters als de bedrijfsfilters blijkt de looptijd van een verkort gespoeld filter - toegepast voor een langere periode - significant (95 procent betrouwbaarheid) af te nemen (zie afbeelding 2).

Spoelwaterverbruik

Overigens zijn de benodigde volumina spoelwater voor Collapse Pulsing tijdens het onderzoek zoveel mogelijk gelijk gehouden aan die van de normale spoelprocedure. De verkorte spoeling heeft uiteraard een lager spoelwatervolume. Voor de proefilters zijn de drie spoelmethodes gedurende een langere periode naast elkaar toegepast. Op grond van de looptijden uit de proefilters kan worden berekend wat het gemiddeld spoelwatergebruik zal zijn wanneer dit wordt doorgetrokken naar de bedrijfsfilters. Het blijkt dat de verkorte spoeling leidt tot een significant lager spoelwaterverbruik (zie tabel). Omdat een normale spoeling de langste looptijd oplevert, is het spoelwaterverbruik bij deze spoelmethode significant kleiner dan bij Collapse Pulsing.

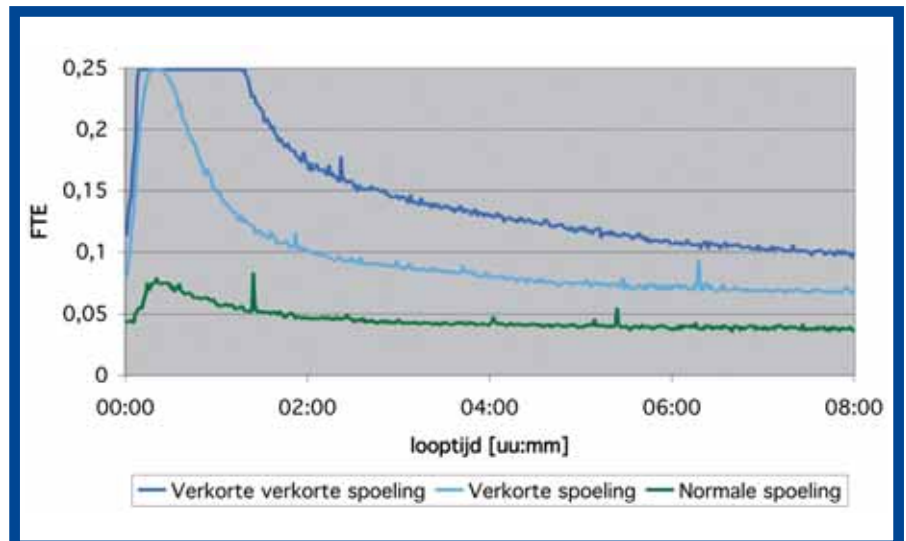


Afb. 1: Schoonbedweerstand (genormaliseerd op 12°C) van Collapse Pulsing ten opzichte van normale spoeling.



Afb. 2: Looptijd onder invloed van verschillende spoelprocedures.

Afb. 3: Troebelheid direct na spoeling bij verschillende spoelprocedures.

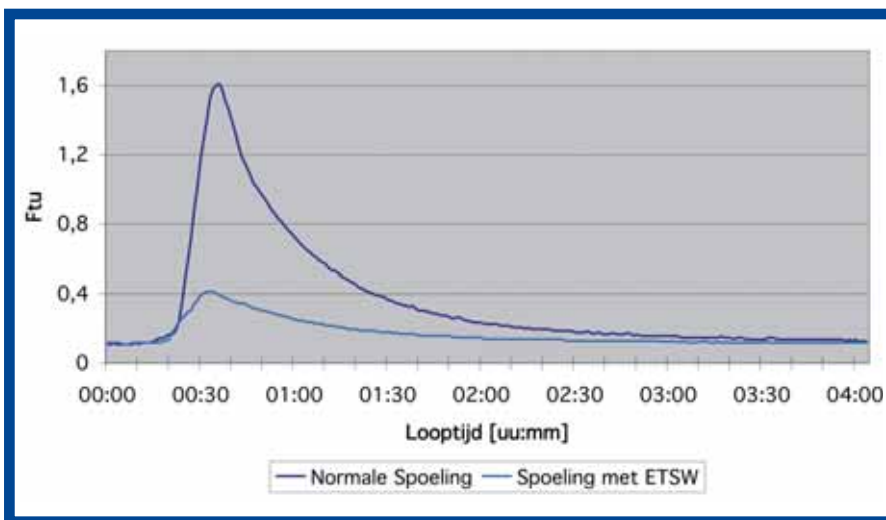




'Mudballs' bij verkorte spoeling.

Spoelwaterverbruik bij verschillende spoelprocedures.

spoeling	verkort	collapse pulsing	normaal
looptijd (uur)	54,3	55,0	60,7
aantal spoelingen (per jaar)	13.259	13.029	11.857
volume spoeling (m ³)	128	220	208
spoelwaterafvoer (m ³ /jaar)	1.639.502	2.865.707	2.470.500



Afb. 4: Effect van Extended Terminal Subfluidization Wash op troebelheid na spoeling.

Kwaliteit

De duur van een filterspoeling blijkt van invloed op de kwaliteit van het filtraat. De troebelheid van een normaal gespoeld proeffilter blijft zelfs tijdens het inlopen na de filterspoeling onder de bedrijfsnorm van 0,1 FTE voor het gemengde filtraat.

Wanneer de spoeling wordt verkort, neemt deze spoelpeik toe, bij verdere verkorting (verkorte verkorte spoeling) zelfs tot buiten het ingestelde bereik van de monitor (0,25 FTE) (zie afbeelding 3). Wanneer het interval

tussen de filterspoelingen afneemt (kortere looptijden of meer filters in een installatie), zal hiermee de kans dat de bedrijfsnorm wordt overschreden in het gemengde water toenemen. Het verschil tussen de doorslag van deeltjes in een spoelpeik voor een normale spoelprocedure en een verkorte spoelprocedure toont eenzelfde beeld. Voor kleine deeltjes (1 micron) neemt de doorslag na een normale spoeling toe tot circa 1.250/ml, terwijl de doorslag bij een verdere verkorte spoelprocedure toeneemt tot 3.500/ml en bij een verdere verkorting tot 7.300/ml.

Verkort spoelen leidt tot vuilaccumulatie

Aan het eind van het onderzoek is het zand van de drie proeffilters direct na een filterspoeling bemonsterd. De verkorte verkorte spoelprocedure is een half jaar toegepast, de normale spoeling en verkorte spoeling een heel jaar. Het zand is visueel beoordeeld en geanalyseerd op slibgehalte. De toplaag van de verkort gespoelde filters blijkt een aanzienlijk hoger slibgehalte te bevatten (2,5-2,7 g/l) dan dat van het normaal gespoelde filters (1,3 g/l). Bij de visuele inspectie wordt in het zand van het verkort gespoelde filter een lichte verkleving van de zandkorrels waargenomen, die in het normaal gespoelde filter niet aanwezig is. In het verkort verkort gespoelde filter is het effect veel dramatischer. In de toplaag van dat filter is een duidelijke 'mudball'-vorming waarneembaar.

Snelfiltratie in de drinkwaterzuivering

In de voorzuivering wordt de verhoogde troebelheid in de spoelpeik gecontroleerd om het gemengd snelfiltraat ten aanzien van transport en infiltratie over langere termijn te optimaliseren. In de drinkwaterzuiveringen kan een verslechterde filtraatkwaliteit een meer acute bedreiging vormen voor de effectiviteit van de navolgende zuiveringsstappen. Toen in een deel van een snelfilterinstallatie in de drinkwaterzuivering een relatief hoge troebelheidspiek na spoelingen werd geconstateerd, is in eerste instantie Extended Terminal Subfluidization Wash ingezet om deze kwaliteitsfluctuatie te beperken. Het betreffende gedeelte van de installatie in de drinkwaterzuivering van Leiduin bestaat uit 16 enkellaags filters (wederom 1,2 meter zand van 0,8-1,25 mm) met als belangrijkste functie het verwijderen van aanwezige/gevormde gesuspendeerde stoffen tijdens de open terugwinning van het kunstmatig geïnfiltreerde water in de Amsterdamse Waterleidingduinen. De filters worden, net als in de voorzuivering, gespoeld met een gecombineerde luchtwaterspoeling gevolgd door een water-expansiespoeling. Om de troebelheidspiek te beperken, wordt de spoeling verlengd met een Extended Terminal Subfluidization Wash. Voor deze extra spoelstap wordt de minimale fluidisatiesnelheid van de d_{10} van het filterzand aangehouden. De tijdsduur wordt zo gekozen dat bij de geldende temperatuur (10°C) een volume gelijk aan 1,3 (veiligheidsfactor) maal het theoretisch filtervolume en het volume van het restant bovenwater aan het eind van een spoeling het systeem passeert.

Extended Terminal Subfluidization Wash

De uitbreiding van de spoelprocedure met Extended Terminal Subfluidization Wash heeft direct effect op de troebelheidspiek van één individueel filter na spoeling. Het maximum wordt met een factor 4 van verlaagd (van 1,6 FTE naar 0,4 FTE, zie afbeelding 4). Over een maximale looptijd van 140 uur bedraagt het verschil in (geïntegreerde) troebelheid tussen een normale spoeling en een spoeling met Extended Terminal Subfluidization Wash 5,3 procent.

Overigens wordt het water waarvan de troebelheid is weergegeven in afbeelding 4 vermengd met zeven andere filters binnen één filterstraat, voordat het de ozonisatie bereikt. Daardoor wordt de fluctuatie in de volgende zuiveringsstap ongeveer een factor 8 lager in vergelijking met een individueel filter.

In de praktijk blijkt dat Extended Subfluidization Wash ook bij een hogere dan de minimale fluïdisatie-snelheid van de d_{10} nog effectief kan zijn en dat deze snelheid verder kan worden geoptimaliseerd. Omdat spoeltijd binnen deze installatie geen aandachtspunt is en de hoeveelheid spoelwater gelijk dient te blijven, is er voor gekozen dit - in ieder geval in het onderzoeksstadium - niet verder te optimaliseren. Wanneer Extended Terminal Subfluidization Wash standaard aan de spoelprocedure wordt toegevoegd, moet de tijdsduur voor deze spoelstap bij andere temperaturen automatisch worden aangepast, omdat dat al het geval is met de spoelwatersnelheid. Overigens wordt deze methode voorlopig alleen op de minder goed functionerende filters toegepast en wordt gelijktijdig binnen de installatie gezocht naar oorzaken van deze abnormaal hoge spoelpieken. Daarbij speelt ook mee dat toename van de spoelwaterhoeveelheid niet gewenst is uit oogpunt

van de huidige capaciteit van de spoelwaterverwerking.

Conclusies

Uit de onderzoeken naar snelfilterspoelingen binnen de verschillende installaties van Waternet is het volgende duidelijk geworden:

- Collapse Pulsing leidt weliswaar, zowel op proef- als bedrijfsinstallatieschaal, tot lagere schoonbedweerstand, maar ook tot kortere looptijden. Het spoelwaterverbruik neemt daardoor toe. Om deze reden zijn er voor Waternet geen aantoonbare voordelen aan toepassing van Collapse Pulsing;
- Verkorte filterspoeling leidt tot een structurele toename van de schoonbedweerstand (18 procent in één jaar). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door vuilophoping, welke ook zichtbaar wordt in slibmetingen in het zandpakket. Bij extreme verkorting is mudballvorming evident aanwezig. Daarnaast leidt verkorte spoeling tot een minder goede filtraatkwaliteit ten aanzien van troebelheid en deeltjes;
- Extended Terminal Subfluidization Wash is een geschikte toevoeging aan een spoelprocedure om op korte termijn een ongewenste kwaliteitsfluctuatie ten gevolge van een spoelpiek te beperken. Waternet past deze spoeling toe op

minder goed functionerende filters, maar ziet deze toegevoegde spoelstap als curatief. Naar de oorzaken van het minder goed functioneren van de betreffende filters wordt nog gezocht.

Met het verkennen van de bruikbaarheid van de nieuwe spoelprocedures zijn de inzichten in het functioneren van de filterspoeling bij Waternet vergroot. We passen één van de methoden toe en werken gericht aan verdere optimalisatie.

LITERATUUR

- 1) Amirtharajah A. (1993). Optimum backwashing of filters with air scour: a review. *Water Science & Technology*. jaargang 27, nr. 10, pag. 195-211.
- 2) Amburgey J. (2005). Optimization of the extended terminal subfluidization wash filter backwashing procedure. *Water Research* jaargang 39, pag. 314-330.
- 3) Amburgey J. en B. Brouckaert (2005). Practical and theoretical guidelines for implementing the extended terminal subfluidization wash backwashing procedure. *Aqua J. Water Supp. Res. Technol.* jaargang 54, nr. 5, pag. 329-337.