



Wolter Siegers, Kiwa Water Research  
Marie Raffin, University of Mulhouse (Fr)  
Harry Leijssen, Vitens Midden Nederland  
Rob Vermeulen, Vitens Flevoland

# Nieuwe methode om deeltjesgedrag tijdens drinkwaterzuivering te bepalen

**Bij de beluchtingstap van anaeroob grondwater oxideren ijzer en mangaan, waardoor deeltjes ontstaan. Deze deeltjes worden grotendeels verwijderd via filtratie en adsorptie; voor een deel worden ze via terugspoeling verzameld en afgevoerd. De oxidatie- en filtratiestappen zijn belangrijk om ijzer- en mangaandeeltjes uit de verdere zuivering en distributie te weren. Dergelijke deeltjes kunnen leiden tot vervuiling van leidingen en kostbare spuiacties noodzakelijk maken. Om eventueel slecht functionerende zuiveringstappen te kunnen optimaliseren, is een goed beeld nodig van het deeltjesgedrag in de hele zuivering: van oxidatiestap tot aan transport. Daarom is een relatief eenvoudige methode ontwikkeld om deeltjesgedrag te meten door twee bestaande technieken te combineren. De methode is ontwikkeld en toegepast op zuiveringsstation Harderbroek van Vitens Flevoland.**

In Harderbroek vindt de waterzuivering plaats volgens het schema in afbeelding 1. De zuivering is er discontinu. De productie is deels afhankelijk van het consumentengedrag, doordat een deel van de productie wordt afgezet in Zeewolde. De verwachting is dat deze procesvoering leidt tot een verstoring van het deeltjesgedrag in de filtratiestappen. Wanneer bij zuiveringen de deeltjes niet volledig worden verwijderd, wordt het distributienet ermee belast; het gaat dan meestal om ijzer- en mangaandeeltjes. Zij accumuleren in het distributienet, waardoor

periodiek spuiacties noodzakelijk zijn; dit verhoogt de onderhoudskosten en levert overlast bij de consument op. In eerder onderzoek<sup>1)</sup> is aangetoond dat een betere deeltjesverwijdering één van de manieren is om de biologische stabiliteit te vergroten, zodat minder nagroei optreedt. Het is daarom belangrijk een goed beeld te krijgen van het gedrag en het verloop in aantallen van de deeltjes door de zuivering heen, van oxidatiestap tot aan transport. Zo wordt het mogelijk eventuele minder goed functionerende zuiveringstappen te identificeren en te optimaliseren.

## Methoden voor het meten van de deeltjes

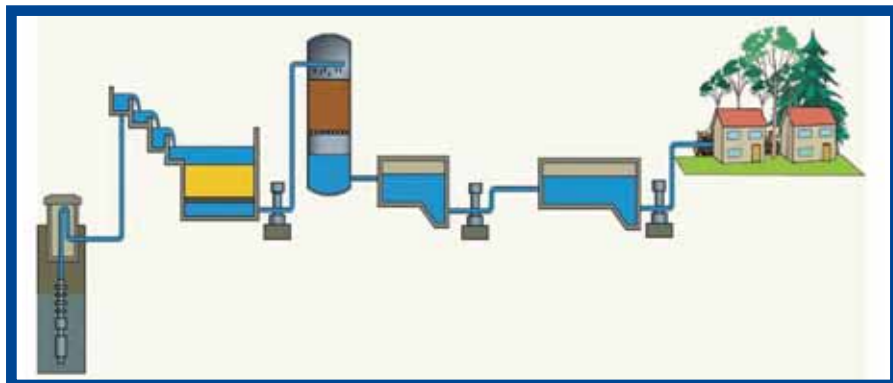
Een combinatie van twee methoden<sup>2)</sup> is toegepast voor het bepalen van het deeltjesgedrag in de zuivering, waarmee een schatting kan worden gemaakt van de deeltjeslast aan het distributienet. Ook is zo het effect van discontinue bedrijfsvoering te meten. Daarvoor zijn op verschillende plaatsen in de zuivering de volgende twee technieken toegepast:

- deeltjestellers om deeltjesaantallen en de grootteverdeling te bepalen en zo het volume van de deeltjes te berekenen;
- TILVS (Time Integrated Large Volume Sampling), dat oorspronkelijk is ontwikkeld om gedurende een lange periode met een vast debiet water te kunnen filteren. Hierbij wordt een speciale pomp gebruikt die onafhankelijk van de tegendruk hetzelfde ingestelde debiet handhaaft. Door inzet van speciale glasfiberfilters wordt drukopbouw zoveel mogelijk voorkomen. Met deze techniek kan de kwantiteit en chemische samenstelling van de deeltjes worden bepaald.

## Metingen in Harderbroek

Deeltjestellers en TILVS kunnen het deeltjesgedrag tijdens de zuivering goed in kaart brengen en een schatting geven van de

Afb. 1: Zuiveringschema Harderbroek.



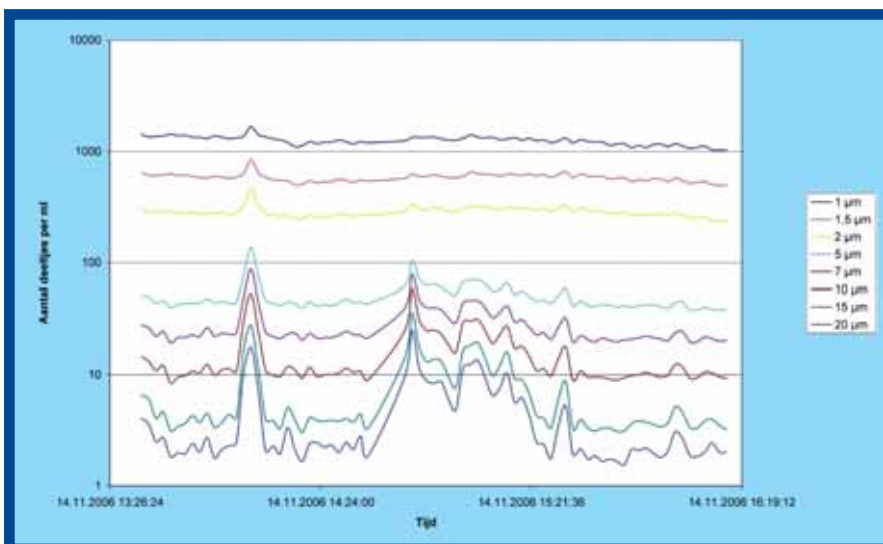


De gebruikte apparatuur: links de deeltjesteller en rechts de TILVS.

Tabel 1: Resultaten van het effluent van de cascade, waarbij de deeltjesaantallen zijn omgerekend naar het deeltjesvolume.

grootte (µm)	gemiddeld aantal (ml <sup>-1</sup> )	fractie aantallen (%)	berekend deeltjesvolume ((µm) <sup>3</sup> /ml)	fractie volume (%)
1-2	2.001	73,4	2.964	1,33
2-5	486	17,8	8.047	3,61
5-7	123	4,5	13.290	5,96
7-10	74,4	2,7	22.827	10,2
10-15	33,2	1,2	31.956	14,3
15-20	9,40	0,3	25.579	11,5
20-50	3,65	0,1	60.450	27,1
50-100	0,31	0,01	58.052	26,0
<b>totaal</b>	<b>2.730</b>	<b>100</b>	<b>223.165</b>	<b>100</b>

Afb. 2: Meting van het effluent van de cascade met de deeltjesteller.

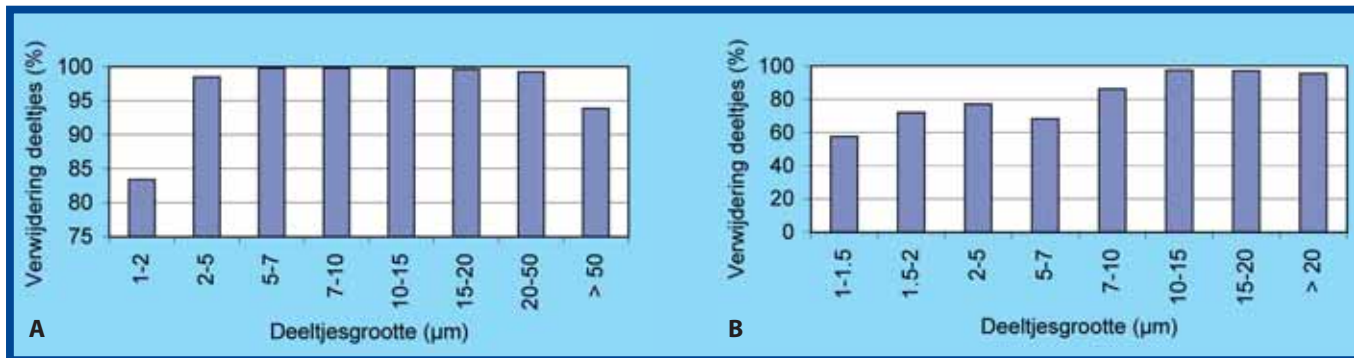


invloed van gebeurtenissen op deeltjesgedrag en deeltjesbelasting van het distributienetwerk. Het bleek noodzakelijk de aantallen deeltjes om te zetten in deeltjesvolume. Het deeltjesvolume wordt namelijk vooral bepaald door de grotere deeltjes (>5 µm), ondanks het feit dat de relatief kleinere deeltjes (<5 µm) in veel grotere aantallen aanwezig zijn. Het volume van de deeltjes (aangenomen dat de deeltjes een perfecte ronde vorm bezitten) is berekend met de formule  $V=1/6 \cdot \pi \cdot d^3$ . In tabel 1 zijn als voorbeeld de resultaten van het cascaderwater Harderbroek gegeven, waarbij het effect van het omrekenen van deeltjesaantallen naar deeltjesvolume duidelijk zichtbaar is.

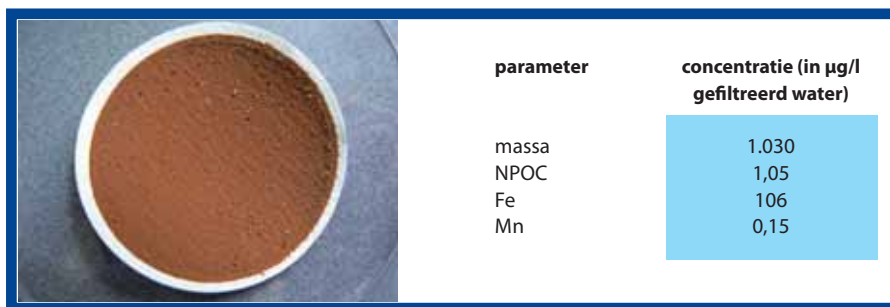
Afbeelding 2 geeft een impressie van een meting van het aantal deeltjes.

Met deeltjestelling is het mogelijk een onderscheid te maken tussen een stabiele situatie en 'gebeurtenissen' in de zuivering. Als 'gebeurtenissen' tellen onder andere in- en uitschakelen van pompen, filters en cascades, veranderingen in debieten en het spoelproces. Door te berekenen welk volume aan deeltjes tijdens die gebeurtenissen vrijkomt, ontstaat een beeld van het effect op het totaalvolume aan deeltjes. Gebeurtenissen blijken een significant effect te hebben op zowel het aantal deeltjes als de samenstelling. Vooral bij het starten van een filter verandert de deeltjesgrootteverdeling aanzienlijk. In afbeelding 3 is als voorbeeld de verwijdering van deeltjes van een filter weergegeven bij een stabiele bedrijfsvoering en na het inschakelen van hetzelfde filter. Deeltjes tot 10 µm worden aanzienlijk slechter verwijderd na het inschakelen van het filter.

Met TILVS wordt een goed beeld verkregen van de massa én de chemische samenstelling van de gesuspendeerde stoffen in het water.



Afb. 3: Verwijdering van deeltjes door een filter tijdens stabiele bedrijfsvoering (a) en tijdens het inschakelen van hetzelfde filter (b).



Het filter en de samenstelling van de gefiltreerde deeltjes.

De deeltjes in het water worden gedurende een bepaalde tijd en debiet met het filter afgevangen. Bij een laag aantal deeltjes wordt een hoog debiet gebruikt, bij een hoog aantal deeltjes een laag debiet. Dit wordt vooraf vastgesteld om te voorkomen dat de druk te hoog oploopt of dat er te weinig deeltjes worden afgevangen voor een goede meting. In de tabel is de massa en de chemische samenstelling gegeven van de afgevangen deeltjes van het effluent van de cascade. De massa van de deeltjes op het filter is bepaald, waarna het filter met deeltjes in een zure destructie is opgelost en chemisch geanalyseerd.

TILVS wordt simultaan uitgevoerd met de deeltjestelling. De techniek heeft als nadeel dat er geen onderscheid kan worden gemaakt tussen gebeurtenissen en stabiele situaties. Door het gebruik van glasfiberfilters bleek het mogelijk langere tijd te bemonsteren. Synthetische filters (cellulosenitrat en -acetaat) zijn hiervoor minder geschikt vanwege snelle koekopbouw; daardoor loopt de druk te snel op en worden ook kleinere deeltjes afgevangen.

### Resultaten

In Harderbroek - waar uiteindelijk bleek dat de oxidatie na de cascadebeluchting niet volledig was - blijkt dat het filter circa 98 procent van de gevormde deeltjes verwijderd, de rest (vooral kleine deeltjes) slaat door het filter. Naar schatting bevat het reinwater circa 0,035 miligram gesuspendeerde stoffen per liter, voornamelijk ijzer. Circa 90 procent daarvan sedimenteert binnen twee uur in het distributienetwerk. Naar schatting 45 procent van het volume aan deeltjes wordt veroorzaakt door gebeurtenissen. Bij de beluchtingstoren worden relatief veel grotere deeltjes aangetroffen, waarschijnlijk door nacoagulatie, maar mogelijk kan dit een artefact zijn als gevolg van de aanwezigheid van luchtbelletjes die als deeltjes worden gemeten. Nog afgezien van de onvolledige oxidatie blijven dit soort metingen momentopnames en zijn afhankelijk van de gekozen meetperiode. Het is nog onbekend hoe representatief ze zijn.

De deeltjesteller en TILVS bleken niet geschikt om een massabalans te maken van ijzer en mangaan gedurende de looptijd van een filter, mede doordat de oxidatie

niet volledig was. Uit de gemeten concentraties ijzer en mangaan in het ingaande en uitgaande water van het filter en het uitgespoelde ijzer en mangaan is de jaarlijkse aangroei van de filtermassa geschat op twee tot vier procent.

### Grondwaterzuivering

Deeltjestelling en TILVS kunnen het deeltjesgedrag tijdens de zuivering goed in kaart brengen en een schatting geven van de invloed van gebeurtenissen op deeltjesgedrag en deeltjesbelasting van het distributienetwerk. Geadviseerd wordt beide methoden ook te testen op oppervlaktewaterzuiveringen, met gelijktijdige metingen op minimaal drie relevante punten in de zuivering en gedurende een beperkte, representatieve periode. Voor Harderbroek heeft deze aanpak geleid tot nieuwe inzichten:

- Het ijzer oxideert langzamer dan verwacht;
- Variaties in de bedrijfsvoering dragen in zeer grote mate bij tot de deeltjeslast van het distributienet.

Deze inzichten hebben geleid tot twee sporen in de aanpak van de deeltjesproblematiek in Harderbroek: het bevorderen van de oxidatie van ijzer en het beperken van variaties in de bedrijfsvoering.

### LITERATUUR

- 1) Beerendonk E., E. Cornelissen, D. Harmsen, H. Vrouwenvelder, A. Verliefe en D. van der Kooij (2006). Technische haalbaarheid van Q21-kwaliteit voor drinkwater uit anoxisch grondwater. Kiwa Water Research. BTO 2006.004.
- 2) Raffin M., K. Teunisse en W. Siegers (2007). Particle fingerprint method development, fingerprint of the treatment of Harderbroek. Kiwa Water Research. BTO 2007.015.
- 3) Teunisse K. (2007). Iron removal at ground water pumping station Harderbroek. Kiwa Water Research. BTO 2007.016.

Tabel 2: Resultaten van de metingen bij Harderbroek

monsterplaats	TILVS				deeltjestelling volume deeltjes (µm) <sup>3</sup> /mL
	massa (mg/l)	NPOC (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	
ruw	0,0022	0,8	2,6	0,02	145
cascade-effluent	1,03	1,1	106	0,15	223.165
filtereffluent	0,048	0,6	8,0	0,12	4.871
beluchtingstoren	0,036	0,9	7,8	0,17	21.561
reinwatereffluent	0,035	0,7	8,5	0,13	14.710
distributienetwerk	-	-	-	-	1.106