

De invloed van verschillende nozzletypen op het flotatieproces

1. Inleiding

Sinds enkele jaren wordt in Nederland onderzoek verricht naar de bruikbaarheid van flotatie als vlokverwijderingstechniek bij de drinkwaterbereiding. Flotatie kan, vooral in die gevallen, waarin een moeilijk bezinkbare vlok wordt gevormd, als alternatief dienen voor bezinking.

Bij het flotatieproces wordt een deel van het effluent teruggevoerd naar een luchtverzadigingsinstallatie. Het water neemt daar onder verhoogde druk een hoeveelheid lucht op en stroomt nadien via een



DR. IR. A. P. MEIJERS
KIWA NV

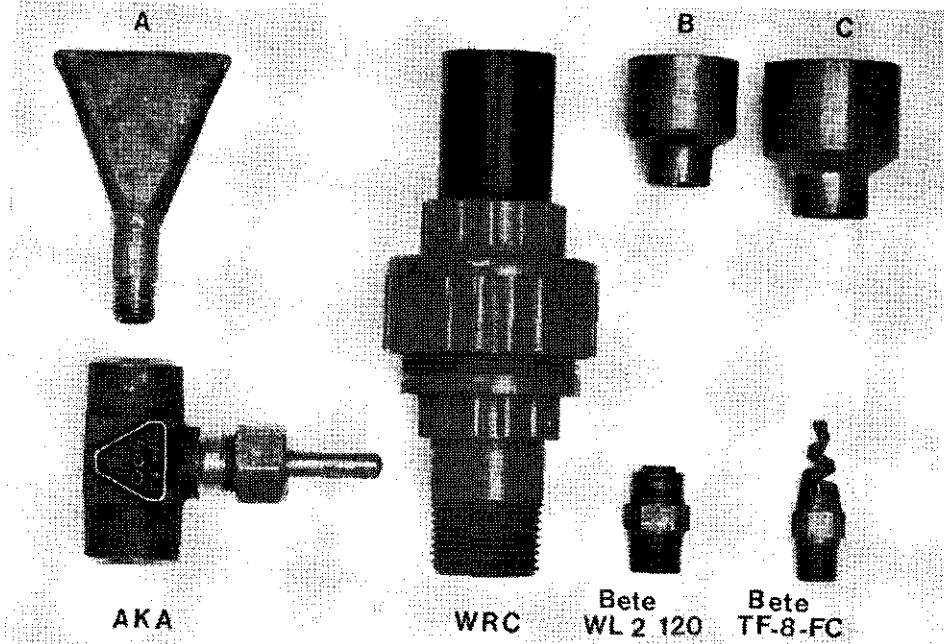
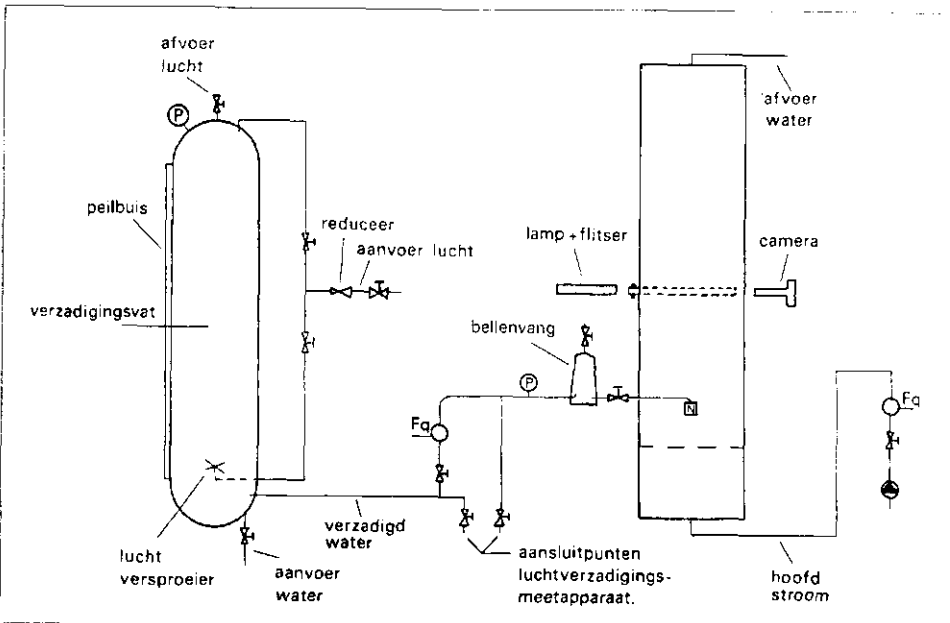


ING. C. A. VAN BENNEKOM
KIWA NV

nozzle in een flotatiebassin. Hierbij komen kleine luchtbelletjes vrij, die zich aan de vlokken hechten, opstijgen en aan het oppervlak een slibdeken vormen. Dit proces wordt 'Dissolved Air Flotation' genoemd.

Daar met name weinig inzicht bestond in de gewenste bellengroote en bellenproductie en het daaruit voortvloeiende gewenste type nozzle is hiernaar door het KIWA onderzoek uitgevoerd. Dit geschiedde door enerzijds de geproduceerde bellen op te

Afb. 1 - Schema van de meetopstelling.



Afb. 2 - De onderzochte nozzletypen met uitstroomtuiten A, B, C reductie 0,42 x.

meten, anderzijds door de invloed van verschillende nozzletypen na te gaan op het effluent van het flotatieproces.

Dit onderzoek is geïnitieerd door de Werkgroep Flotatie van het KIWA en staat in detail weergegeven in de rapporten SWE-202 en SWE-213.

2. Apparatuur en methodiek voor het meten van bellen

De apparatuur, die voor het onderzoek is gebruikt, is schematisch in afb. 1 weergegeven. De verzadiging met lucht vindt plaats in het verzadigingsvat door 20 minuten lucht van de gewenste druk door leiding-

water te laten borrelen.

De hoofdstroom (snelfiltraat) wordt gedurende een kwartier in een perspex kolom langs de nozzle (N) gevoerd. Om de bellengroote te bepalen worden foto's van de bellenwolk gemaakt met een camera met aangebouwde microscoop.

De uiteindelijke bellengrootemeting is met een schuifmaat verricht na projectie van het negatief op een beeldscherm.

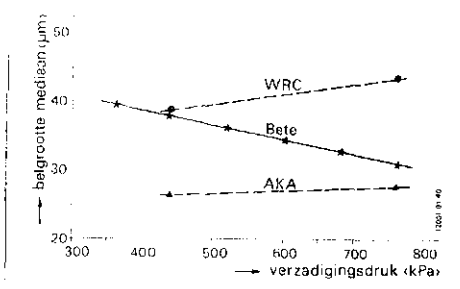
De meetresultaten zijn cumulatief uitgezet en zijn te karakteriseren door de mediaan van de beldiameter, dit wil zeggen de 50 %-waarde van de bellengrooteverdeling. Voorts is het aantal bellen per foto bepaald. Tijdens dit onderzoek zijn de volgende nozzles beproefd: WRC-nozzles met openingen van 1,8 tot 3,0 mm, volkegelspoeijs van het type Bete WL 120 en TF-FC en het AKA-naaldventiel (afb.

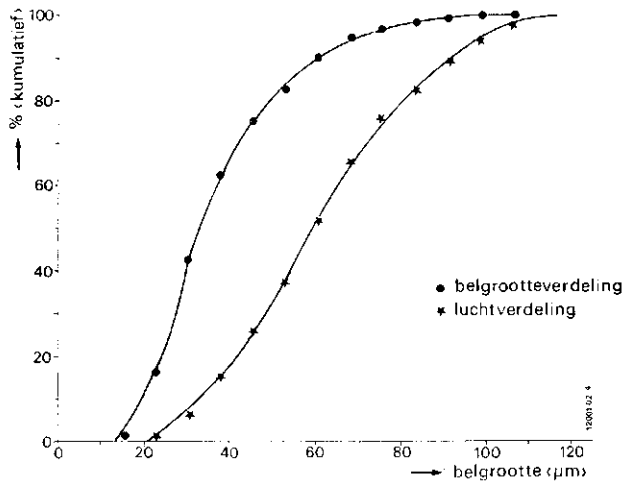
3. De invloed van diverse procesvariabelen op de bellengroote en belconcentratie

Druk in het verzadigingsvat

Van de diverse nozzles zijn bij een aantal

Afb. 3 - De invloed van de druk in het verzadigingsvat op de bellengroote.





fb. 4 - Voorbeeld van een belgrootteverdeling en luchtverdeling van de bellen. Mediaan 33,2 µm.

waarden van de druk in het verzadigingsvat en belgrootten gemeten, alsmede het aantal bellen per foto, hetgeen een maat is voor de concentratie van de bellen in de kolom. Uit deze gegevens kon tevens de luchtverdeling over de bellen berekend worden. De resultaten zijn in afb. 3 weergegeven.

In afb. 4 is een stereotiep voorbeeld gegeven van een belgrootteverdeling. Uit de meeste metingen is gebleken, dat ca. 10 % van de bellen kleiner was dan 30 µm en ca. 10 % groter dan 60 µm. De mediaan varieerde tussen 25 en 40 µm. Verder blijkt dat de bellen kleiner dan de mediaan slechts 10 % van de hoeveelheid lucht bevatten en dat ongeveer de helft van de lucht is opgenomen in de 10 % grootste gemeten bellen. Bij nozzles met uitstroomtuiten worden visueel ook bellen van 1 tot 5 µm waargenomen.

Verhoging van de verzadigingsdruk had overeenkomstig de literatuur bij beide Bete-nozzles (zonder uitstroomtuit) een afname van de belgrootte tot gevolg. Bij de AKA-nozzles (met uitstroomtuit) was dit echter eerder niet het geval, terwijl de WRC-nozzle (met uitstroomtuit) een toename bij hoge druk laat zien. In alle gevallen blijkt echter de bellenconcentratie aanzienlijk te stijgen bij hogere druk (afb. 5).

De constructie van de nozzle

Bij een kleinere doorstroomopening van de nozzle neemt de concentratie van de bellen soms drastisch af. De invloed op de belgrootte was echter gering, met uitzondering van de WRC 2,2 mm-nozzle, waarmee zeer weinig en ook erg kleine belletjes gevormd worden. Naar schatting verdwijnt bij deze nozzle ongeveer de helft van de lucht in bellen van 5 mm grootte. De doorstroom-

opening is duidelijk te klein in verhouding tot de overige afmetingen. Ofwel de opening moet vergroot worden, ofwel de overige afmetingen verkleind. Bij later onderzoek is ook gebleken dat geen restricties meer aanwezig mogen zijn na de opening, waar de drukaflaat plaatsvindt. Voorts is een aantal nozzles met en zonder uitstroomtuit getest. Voor de Bete-nozzle is een uitstroomtuit naar eigen ontwerp geconstrueerd (afb. 2). Tabel I laat de resultaten zien.

TABEL I - Testen van nozzles met en zonder uitstroomtuit. Debiet hoofdstroom: 4 m³/h.

nozzle	tuit	druk kPa	mediaan bel-diameter µm	aantal bellen per foto
Bete WL 2 120	ja	760	25,8	1190
	nee	760	31,5	479
AKA	ja	760	26,2	1134
	nee	760	29,5	453

Bij de aanwezigheid van een uitstroomtuit blijken de belletjes iets kleiner, doch wel veel groter in aantal. De verbetering wordt veroorzaakt door verhoging van de turbulentie, hetgeen de bellenvorming versnelt. In de uitstroomtuit spuit het recirculatiewater na het verlaten van de nozzle-opening tegen de wand van de tuit, waardoor de stroomsnelheid van het water wordt gebroken en omgezet in turbulentie.

Beoordeling van de nozzles

Bij de beoordeling van de nozzles wordt er voorlopig van uitgegaan, dat de efficiëntie van de bellenvorming, namelijk de vorming van kleine bellen in een hoge concentratie, de juiste maatstaf is.

Ten aanzien van de nozzles zelf is dan de aanwezigheid van een uitstroomtuit waarin het water tegen de wanden spuit en een goede dimensionering van de nozzle van essentieel belang.

Door een juiste dimensionering dient vlak na het ontspanningspunt een hoge graad van turbulentie bereikt te worden, die aan het eind van de uitstroomtuit weer teniet gedaan moet zijn.

Minstens even belangrijk is evenwel de druk in het verzadigingsvat. Deze dient bij voorkeur ≥ 600 kPa te zijn.

Van de onderzochte nozzles met uitstroomtuit gaven de AKA-nozzle en de Bete WL 2 120 een nagenoeg gelijke en zeer hoge bellenproductie (ca. 1200 bellen per foto) en kleine bellen (26 µm).

De WRC-nozzle met openingen van 3,0 mm gaf slechts de helft van dit aantal en ook grotere bellen (44 µm) te zien.

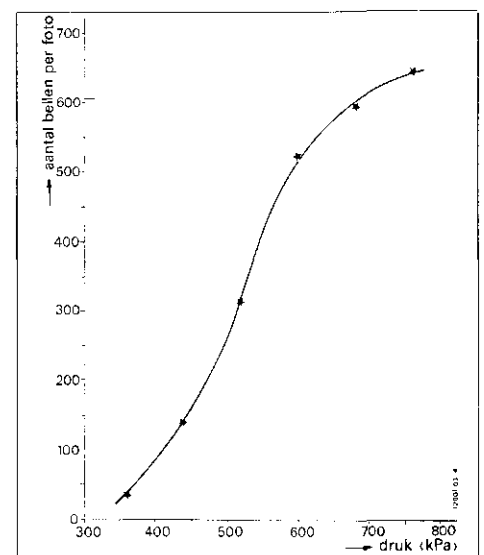
Visueel zijn bij alle proeven bellen tot ca. 1 mm geconstateerd. Waarschijnlijk vormen zij de werkelijke bovengrens van de verdeling. In de uitstroomtuit van de nozzles kunnen nog grotere bellen ontstaan door ontluchting in neren en door opzameling in dode ruimten. Het luchtverlies hierdoor is echter hoogstwaarschijnlijk gering.

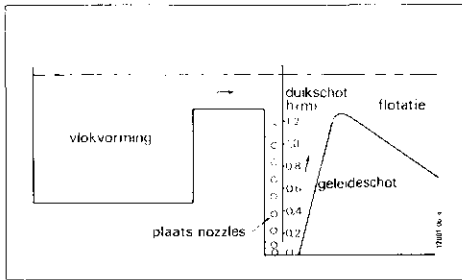
4. Plaatsing van verschillende nozzles in de proefinstallatie te Andel

De invloed van verschillende nozzletypen op het effluent van het flotatieproces is nagegaan in de proefinstallatie voor flotatie van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage te Andel.

De procescondities zijn gedurende de gehele proefperiode zoveel mogelijk constant gehouden en wel op de volgende, volgens de DWL optimale waarden:

Afb. 5 - De invloed van de druk in het verzadigingsvat op de belconcentratie. Nozzle: Bete WL 2 120.





Afb. 6: Plaatsing van de nozzles (a).

- debiet door de vlokvormingsruimten:
60 m³/h, verblijftijd 15 minuten;
- debiet door de flotatiebak:
40 m³/h, verblijftijd 6 minuten;
- vlokmiddeldosering:
5 mg Fe/l (FeCl₃);
- saturatordruk:
600 kPa;
- debiet door de saturator:
5 m³/h.

Allereerst is onderzocht in hoeverre de plaatsing van de nozzles invloed had op de effluentkwaliteit. De nozzles zijn op verschillende hoogten (h) voor en achter het duikschot van de flotatieruimte aangebracht (afb. 6).

Uit visuele waarnemingen bleek, dat naarmate de afstand tussen de nozzles en de bodem voor het duikschot toenam, de verdeling van de bellenstroom over de breedte van de flotatiebak beter werd.

Bij de hoogste stand echter (1,12 m) kwam een deel van de bellenstroom voor het duikschot naar boven. Grotere bellen werden pas bij plaatsing lager dan 0,37 m door de hoofdstroom meegenomen. Dit had echter geen invloed op de dunne slijbdrijflaag waarmee gewerkt werd.

Al deze visuele verschillen veroorzaken echter geen verandering op de effluentkwaliteit, zodat de plaatsing van de nozzles op louter praktische gronden kan geschieden. Bij de volgende proeven zijn de nozzles op 0,85 m van de bodem voor het duikschot geplaatst.

5. Beoordeling van nozzles op de effluentkwaliteit

Vanwege de grote invloed van de uitstroamtuiten zijn diverse typen getest (zie afb. 2). Uitstroamtuit type A is de platte tuit die bij de AKA-nozzle behoort. Type B is een cilindrische en C een kegelvormige tuit met een tophoek van 40°. Beide laatste tuiten zijn willekeurig gekozen.

De AKA-nozzle met eigen uitstroamtuit (AKA + A) is steeds als referentie gebruikt. Het debiet door deze nozzle werd aangepast aan het vaste debiet van de te testen

nozzle. Elke test bestond uit twee metingen met de te testen nozzle en twee metingen met de referentie, die om en om werden uitgevoerd.

Bij elke meting werden drie monsters genomen waarvan de troebelheid en het ijzergehalte werden bepaald. Om eventuele storende effecten te vermijden werd het gevormde slib direct afgevoerd. De resultaten staan in tabel II vermeld.

TABEL II - De invloed van het nozzletype op de effluentkwaliteit. Druk = 600 kPa.

nozzle	soort tuit	troebelheid		rest Fe	
		FUT	relatief ¹	mg/l	relatief
Bete WL 2 120	geen	1,1	2,62	1,10	2,75
	A	0,53	1,15	0,54	1,23
	B	0,96	1,19	0,98	1,11
	C	0,60	1,18	0,66	1,27
WRC 3,0 mm	WRC	1,2	1,36	1,19	1,35
WRC 2,0 mm	WRC	0,78	1,42	0,80	1,51
WRC 3,0 mm ²	WRC	2,4	2,04	1,78	1,67
Bete TF 8 FC	geen	1,2	2,11	1,24	2,03
	B	0,85	1,44	0,87	1,47
AKA	geen	1,04	1,22	1,16	1,21
	B	0,54	0,93	0,49	0,84
	C	0,49	0,83	0,47	0,81

¹ Verhouding tussen geteste nozzle en de AKA-nozzle met tuit A.

² Bij 500 kPa.

Duidelijk is dat de nozzles zonder tuiten en de WRC-nozzle bij lagere druk de slechtste resultaten geven. Ten aanzien van de troebelheid en het restijzergehalte geeft de AKA-A-nozzle ongeveer 20 % betere resultaten dan de Bete WL 2 120-nozzle met de tuiten A, B en C, 35 % betere resultaten dan de WRC nozzle 3,0 mm en 45 % betere resultaten dan de Bete TF 8 FC nozzle met tuit B. Dit resultaat kan nog verbeterd worden door de tuiten B en C op de AKA-nozzle te monteren.

6. Conclusies

Het blijkt, dat de nozzletestapparatuur, waarin gegevens over de belgrootte en belconcentratie verkregen worden goede onderscheiden geeft ten aanzien van dimensioneringsparameters als de doorstroopening en het al dan niet aanwezig zijn van een uitstroamtuit, alsmede van procesparameters zoals de druk in het verzadigingsvat.

Geen informatie wordt verkregen omtrent de turbulentie van de recirculatiestroom bij het in contact treden met de hoofdstroom. Te hoge turbulentie kan aanleiding geven tot een slechtere effluentkwaliteit na flotatie door vlokafbraak.

Nozzles, welke de gewenste belgrootte en een voldoende belconcentratie geven, zullen daarom onder optimale condities van voordruk en verzadigingsgraad van het recirculatiewater in een proefinstallatie

getest moeten worden. Hierbij bleek een de testapparatuur als even goed beoordeelde Bete-nozzle met uitstroamtuit toch iets minder te voldoen dan de AKA-nozzle. De WRC-nozzles gaven echter nog steeds wat minder goede resultaten te zien. De verschillen tussen de beide beste nozzles zijn echter niet zodanig groot, dat geen andere factoren een rol kunnen spelen bij de keuze zoals regelbaarheid, kans op ver stopping en slijtage en de aanschafprijzen. Het AKA-naaldventiel is de enige geteste regelbare nozzle. De aanschafprijs is even van de WRC-nozzles relatief hoog. De aanschafkosten van de Bete-nozzles zijn verhoudingsgewijs laag.

Dankbetuiging

Dank is verschuldigd aan de medewerkers van de Duinwaterleiding te 's-Gravenhage voor de goede samenwerking tijdens het uitvoeren van een deel van de proeven en aan de leden van de Werkgroep Flotatie voor de kritische begeleiding van het onderzoek.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

Stank op rwzi's

NVA-Programmagroep III organiseert op woensdag 22 oktober 1980 te Amersfoort een najaarssymposium met als thema 'Stank op rioolwaterzuiveringsinstallaties gemalen'. Wilt u deze datum alvast noteren. Nadere gegevens worden tijdig toegezonden.

cho | TNO

Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO

Workshop waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels

Op 1 en 2 april jl. is in het Internationaal Agrarisch Centrum te Wageningen een studiebijeenkomst gehouden met als thema 'Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels'. Doel van deze workshop was om de waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels systeemanalytisch te benaderen.