

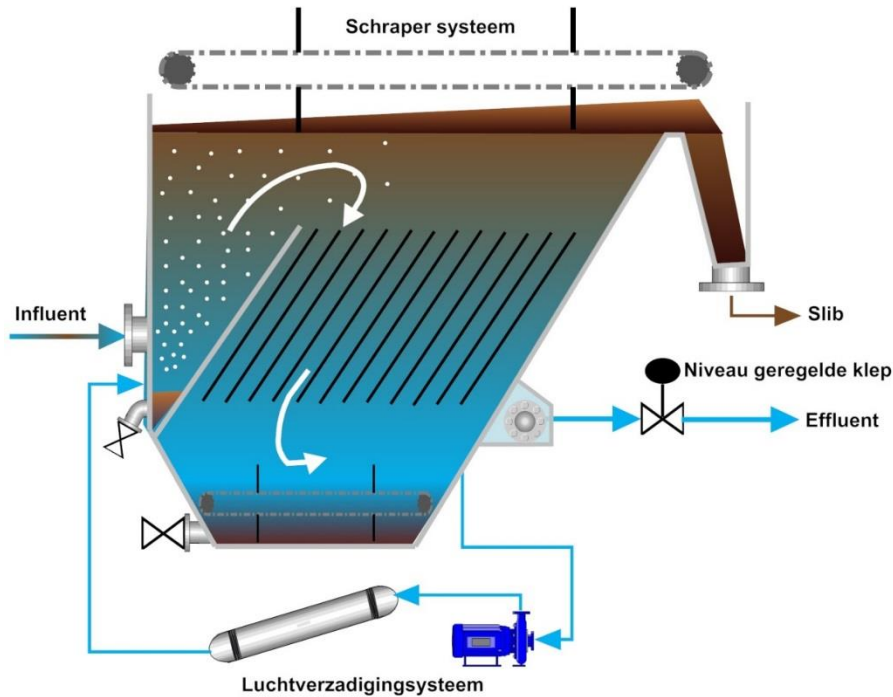
## Aantoonbare optimalisaties op rwzi's door toepassing van flotatietechniek (DAF)

*Anna Veldhoen (Witteveen+Bos), Eddie Broeders (Nijhuis Water Technology), Tony Flaming (Waterschap De Dommel), Dennis Piron (Waterschap Rivierenland)*

**Dissolved Air Flotation (DAF) wordt toegepast om vergaand zwevende stof uit afvalwater te verwijderen. DAF kan op rioolwaterzuiveringsinstallaties worden gebruikt ter vervanging van de voorbezinktank (VBT). Demonstratieonderzoek toont aan dat DAF hogere verwijderingsrendementen kan behalen dan een VBT. Het is mogelijk om de verwijderingsrendementen voor zwevende stof, CZV en fosfaat te sturen, waarbij rekening gehouden moet worden met de BZV/N-verhouding en beschikbaar fosfaat in de hoofdzuivering. Het drogestofgehalte van het afgescheiden flotaat is hoger dan van conventionele VBT's en DAF heeft een kleinere voetafdruk dan een VBT. Onderzoek heeft uitgezeten dat DAF een robuuste techniek is met een beperkte tijdsinvestering.**

In een installatie voor Dissolved Air Flotation (DAF) worden zeer veel kleine luchtbelletjes geïnjecteerd in het afvalwater. De luchtbelletjes hechten aan onopgeloste deeltjes en laten deze drijven. De lucht wordt onder druk aan het water toegevoegd. Hiervoor wordt een deel van het behandelde water gebruikt in een recirculatie. Het water wordt onder een druk van 4 tot 6 bar gezet en de lucht wordt toegevoegd. Vlak voordat dit recirculatiewater aan het influent wordt toegevoegd, wordt de druk weer verlaagd. Bij drukverlaging tot 1 bar komt het grootste deel van de opgeloste lucht vrij in de vorm van zeer kleine luchtbelletjes (circa 40 µm). Deze hechten zich aan vuildeeltjes, waardoor de dichtheid van het totaal van vuil en lucht lager wordt. Vervolgens drijft het vuil naar de oppervlakte, waar het een drijfslag vormt. De drijvende sliblaag (het flotaat) is mechanisch te verwijderen met een schraper. Het gezuiverde water (het eluaat) verlaat de installatie.

In een DAF-installatie kunnen onder een hoek parallelle platen geplaatst worden, waardoor laminaire stroming optreedt. Hierdoor wordt het effectief afscheidingsoppervlak in een DAF en daarmee ook de toepasbare hydraulische belasting per m<sup>2</sup> vloeroppervlak vergroot. De floterende vuildeeltjes bewegen zich omhoog langs de platen naar de oppervlakte en zware vuildeeltjes kunnen bezinken. Het water stroomt langs de platen naar beneden. Dit alles is weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1. De werking van een DAF-installatie

Voorafgaand aan flotatie kunnen coagulatie en flocculatie worden toegepast door chemicaliën te doseren. Dit verbetert het verwijderingsrendement. (Vuil)deeltjes in water zijn overwegend negatief geladen. Deze lading zorgt ervoor dat de afzonderlijke deeltjes elkaar afstoten en niet samenklonteren. Deze evenwichtssituatie houdt het vuil in suspensie. Coagulatie is het neutraliseren van de afstotende lading zodat de deeltjes kunnen samenklonteren. De meest gebruikte coagulanten zijn (positief geladen) metaalzouten (bijvoorbeeld ijzer- en aluminiumzouten) en positief geladen organische stoffen. Door flocculatie worden grotere deeltjes gevormd die makkelijker worden afgescheiden. Flocculatie vindt plaats door metaalhydroxidevorming of door toevoeging van een flocculant. Flocculanten zijn (veelal negatief) geladen organische stoffen, meestal bestaand uit polyacrylamides met verschillende molecuulgrootte en lading.

DAF wordt wereldwijd vooral toegepast bij de productie van drinkwater, in industriële afvalwaterzuivering en in mindere mate in communale afvalwaterzuivering. In Nederland zijn geen toepassingen van DAF voor behandeling van stedelijk afvalwater. Op enkele locaties wordt DAF wel gebruikt om secundair slib in te dikken.

### Waarom DAF op de rwzi?

Een rwzi verwijdert met het biologische actief-slibproces organische stof (biologisch en chemisch zuurstofverbruik, BZV en CZV) en nutriënten (stikstof, N en fosfaat, P) uit huishoudelijk afvalwater. Om het actief-slibproces goed te laten verlopen en energie te besparen kan het water eerst worden voorbehandeld. Hierbij worden zwevende stof (ZS), BZV en CZV deels verwijderd. Op grote rwzi's (i.e. > 100.000 inwonerequivalenten) gebeurt dit in (bijna) alle gevallen, op veel kleinere rwzi's niet.

Voorbehandeling vindt meestal plaats met een voorbezinktank (VBT) of A-trap biosorptieproces met nageschakelde tussenbezinktank (TBT). Deze technieken vergen grote investeringen en hebben een groot ruimtebeslag. Daarom is er ook aandacht voor alternatieven, zoals DAF en fijnzeven. Dit artikel gaat in op de toepasbaarheid van DAF op een communale afvalwaterzuivering.

DAF heeft een aantal voordelen ten opzichte van een VBT. Een VBT werkt bij een oppervlaktebelasting van 2 tot 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h bij regenweeraanvoer (RWA), terwijl een DAF bij een oppervlaktebelasting van 20 tot 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h werkzaam is. Dit betekent dat een DAF circa 5 tot 10 keer minder oppervlakte nodig heeft dan een VBT. Bij een efficiëntere voorbehandeling wordt meer primair slib geproduceerd en dus meer biogas geproduceerd bij vergisting en is minder beluchtingsenergie nodig in het actief-slibproces.

DAF kan op twee manieren worden ingezet op een rwzi: als vervanging van de bestaande VBT of ter ontlasting van een rwzi zonder VBT. Op een rwzi kan DAF interessant zijn als de VBT's moeten worden vervangen of om beter om te kunnen gaan met regenweeraanvoer. Tijdens RWA kan dan een deel van het influent worden gebufferd in de VBTs, terwijl de DAF wordt gebruikt als voorbehandeling. Rwzi's zonder VBT, in de regel kleinere rwzi's, worden vaak zwaarder belast dan de ontwerpbelasting. Voorbehandeling verlaagt de belasting op het actief-slibproces. Voor een kleine rwzi is een VBT meestal niet rendabel of niet inpasbaar vanwege het ruimtebeslag. Een alternatieve technologie zoals DAF kan dan uitkomst bieden.

Een eerste onderzoek naar DAF op Nederlandse rwzi's is gedaan binnen het Kallisto-project [1]. Als vervolg daarop zijn in STOWA-verband beide mogelijkheden onderzocht: DAF ter vervanging van de VBT op rwzi Eindhoven [2] en ter ontlasting van het actief-slibstelsel op rwzi Lienden [3]. Op rwzi Eindhoven was een bijkomend argument dat een nageschakeld zandfilter nodig is voor het bereiken van de vereiste effluentkwaliteit. De toepassing van DAF zou dit filter overbodig kunnen maken.

Op beide locaties is de werking van de DAF voor huishoudelijk afvalwater aangetoond in een demonstratieonderzoek. Daarnaast is de haalbaarheid aangetoond in een variantenstudie.

## Demonstratieonderzoeken

### **Materiaal en methode**

Op beide locaties is dezelfde DAF-installatie van Nijhuis Water Technology gebruikt (zie afbeelding 2). Deze had een volume van 4,6 m<sup>3</sup> en kon daarmee een debiet van 30 tot 60 m<sup>3</sup> per uur behandelen. Voor de rwzi Eindhoven betekende dit dat slechts een klein deel van het influent behandeld kon worden. Op rwzi Lienden is een groot deel van het influent behandeld (10-100%, afhankelijk van de aanvoer, gemiddeld 55%) om ook het effect op het actief-slibstelsel te kunnen beschouwen.



*Afbeelding 2. DAF-installatie gebruikt in beide demonstratieonderzoeken*

Zowel op rwzi Eindhoven als op rwzi Lienden is het onderzoek verdeeld in meerdere onderzoeksperiodes om verschillende bedrijfsvoeringen te kunnen onderzoeken. Op rwzi Eindhoven ging het hierbij om het variëren van de dosering van coagulant (aluminiumchloride), flocculant (polymeer) en plaatbelasting om de optimale combinatie van deze drie factoren te bepalen. Op rwzi Lienden was het doel zo min mogelijk chemicaliën te doseren. Daarom is geen coagulant gebruikt en is onderzoek gedaan met en zonder dosering van polymeer. Aanvullend is onderzocht of secundair slib ingedikt kon worden in de DAF. Tijdens het onderzoek is de samenstelling van het eluaat en het flotaat bepaald.

## Resultaten

Tijdens de demonstratieonderzoeken is gebleken dat een DAF goed toepasbaar is voor de behandeling van ruw influent. Waar normaal gesproken een 1 mm-voorfiltratie toegepast wordt voor een DAF-unit, is tijdens de demonstratieonderzoeken gekozen om de DAF achter de harkroosters te plaatsen (6-10 mm). De kans op verstopping in de beluchting van de DAF is sterk verkleind door het plaatsen van een filter in de recirculatiestroom van de DAF. De DAF kon stabiel en *stand-alone* draaien. Controle- en schoonmaakwerkzaamheden waren beperkt en kostten op rwzi Lienden circa een halfuur per week. Op rwzi Eindhoven is de tijdsbesteding niet geregistreerd.

De verwijderingsrendementen tijdens de demonstratieonderzoeken zijn weergegeven in tabel 1. Ter vergelijking zijn ook de rendementen van een VBT weergegeven. Voor de VBT is een *range* aangegeven, omdat het rendement fluctueert en afhankelijk is van de hydraulische belasting en type en lengte van de riolering. Een DAF wordt ontworpen op droogweeraanvoer (DWA). Bij RWA moet een deel van het influent worden gebufferd of langs de DAF worden geleid.

Uit tabel 1 uit blijkt dat het rendement voor zwevende stof zonder chemicaliëndosering even hoog is als dat van een VBT. Met dosering van alleen polymeer is het rendement (iets) hoger en stabiel. Als ook coagulant wordt gedoseerd, is het rendement van DAF significant hoger. Voor BZV, CZV, P en N worden in een DAF zonder chemicaliën ongeveer gelijke rendementen behaald als in een VBT. Met dosering van polymeer alleen nemen de rendementen toe, vooral voor zwevende stof, BZV en CZV. Bij dosering van zowel polymeer als coagulant neemt het rendement voor zwevende stof, BZV en CZV sterker toe en neemt het rendement voor P-totaal zeer sterk toe. Wanneer er een feedback-doseerregeling voor de coagulant op basis van een orthofosfaatmeting wordt toegepast, kan de effluentconcentratie voor orthofosfaat nauwkeurig gestuurd worden.

Tabel 1. Verwijderingsrendementen DAF en VBT (gemiddeld, range tussen haakjes)

parameter	eenheid	DAF		DAF		DAF		DAF		VBT
		maximale verwijdering	optimale instellingen <sup>1)</sup>	zonder coagulant	zonder coagulant	zonder chemicaliën <sup>3)</sup>	zonder chemicaliën <sup>3)</sup>			
Locatie	-	rwzi Eindhoven	rwzi Eindhoven	rwzi Lienden	Lienden	rwzi Eindhoven	Eindhoven	Lienden	rwzi Lienden	-
Bron	-	ref. 1	ref. 2	ref. 3	ref. 3	ref. 3	ref. 3	ref. 3	ref. 4	ref. 4
polymeerdosering	mg/l	1,8-2,8	1	1	1	0	0	0	0	0
coagulantdosering	Me:PO4-P	3,5	variabel <sup>2)</sup>	0	0	0	0	0	0	0
zwevende stof	%	91 [72-99]	73 [57-82]	53 [21-67]	23-80	23-80	23-80	23-80	30-40	30-40
CZV	%	70 [51-87]	56 [42-72]	40 [8-56]	16-57	16-57	16-57	16-57	25-35	25-35
BZV	%	80 [63-93]	56 [42-61]	38 [20-56]	26 [18-34]	26 [18-34]	26 [18-34]	26 [18-34]	20-30	20-30
P-totaal	%	89 [62-98]	60 [44-66]	14 [0-27]	0-27	0-27	0-27	0-27	10-20	10-20
N-totaal	%	-	11 [1-19]	-	15 [0-32]	15 [0-32]	15 [0-32]	15 [0-32]	5-10	5-10
N-Kj	%	19 [7-39]	-	12 [5-23]	5 [0-19]	5 [0-19]	5 [0-19]	5 [0-19]	-	-

1. De instellingen zijn geoptimaliseerd voor voorschakeling aan een actief slibstelsysteem door de chemicaliëndosering aan te passen.

2. Coagulant werd gedoseerd met een online doseerregeling op basis van de orthofosfaatconcentratie in het eluaat, waarbij een concentratie van 1,5 mg/l is gehanteerd. Er is dus geen vaste coagulantdosering gebruikt.

3. Voor zwevende stof, CZV en P-totaal zijn de resultaten van twee onderzoeken weergegeven en is dus geen gemiddelde berekend.

Op beide locaties zijn ook de productie en samenstelling van het flotaat bepaald (zie tabel 2). Hier is ter referentie de samenstelling en productie van primair slib uit een VBT op basis van literatuur weergegeven [2]. Hieruit blijkt dat het drogestofgehalte van flotaat (circa 4-10%) hoger is dan van primair slib

uit een VBT (circa 1%). Het drogestofgehalte lijkt hoger te zijn bij een lagere chemicaliëndosering. Dit is verklaarbaar doordat chemisch slib meer vocht vasthoudt. Het organische stofgehalte is hoger op rwzi Lienden dan op rwzi Eindhoven. Dit is afhankelijk van de samenstelling van het influent. Het flotaat van rwzi Lienden heeft een hoger CZV-gehalte, wat vergisting extra interessant maakt. Het fosfaatgehalte is juist in Eindhoven hoger, door dosering van coagulant. Voor stikstof is geen duidelijke trend te ontdekken.

Tabel 2. Samenstelling primair slib en flotaat

Parameter	eenheid	flotaat Eindhoven (1 mg/l polymeer, met coagulant)	flotaat Lienden (1 mg/l poly-meer)	flotaat Lienden (0 mg/l poly-meer)	primair slib (VBT)
Slibproductie_volume	l/m <sup>3</sup> behandel	4,6	3,4	1,5	4,6-5,0
Slibproductie_massa	g ds/m <sup>3</sup> behandel	166	230	148	46-50
drogestof	massa %	4,2	6,8	9,8	1
organische stof	% van ds	76	81	89	75
asrest	% van ds	24	19	11	25
CZV	kg CZV/kg DS	1,2	1,33	1,53	1,35 <sup>1</sup>
P-totaal	% van ds	2,6	0,72	0,41	2
N-totaal	% van ds	3,8	-	-	3
N-Kjeldahl	% van ds	-	3,4	1,8	-
zand	% van ds	6,3	-	-	10

<sup>1</sup> berekend op basis van 1,80 kg CZV/kg ods

De DAF is op rwzi Lienden gedurende twee weken ingezet voor het indikken van spuislib in combinatie met voorbehandeling van influent. Hiermee kon voor secundair slib een hogere indikgraad (3,8%) worden bereikt dan met een gravitaire indikker (3%). Slibindikking in de DAF had geen effect op de verwijderingsrendementen.

### Effect op de rwzi

Tijdens voorbehandeling met DAF is de verwijdering van BZV veel hoger dan die van stikstof (N). Stikstof wordt in een rwzi vooral verwijderd door nitrificatie en denitrificatie in het actief-slibproces. Voor een goede denitrificatie is voldoende BZV nodig om alle stikstof te kunnen verwijderen. Een lagere BZV/N-verhouding leidt tot hogere concentraties totaal stikstof in het effluent van de rwzi doordat geen volledige denitrificatie kan plaatsvinden. Dit is onwenselijk. Daarnaast wordt een lage BZV/N-verhouding gezien als een van de factoren die kunnen leiden tot verhoogde emissie van het broeikasgas N<sub>2</sub>O (lachgas) uit een rwzi. Door de hoge verwijderingsrendementen van DAF met chemicaliën en de relatief lage BZV/N-verhouding in het influent op rwzi Eindhoven heeft dit geleid tot een lagere BZV/N-verhouding naar het actief-slibproces dan wenselijk is.

De BZV/N-verhouding in het actief slibsysteem kan worden verhoogd door:

- coagulatie en flocculatie toe te passen met een lage coagulantdosering of enkel polymeer te doseren, zoals op rwzi Lienden is aangetoond.
- een deelstroom te behandelen met DAF inclusief coagulatie en flocculatie.
- het doseren van een externe koolstofbron zoals methanol. Het hogere chemicaliënverbruik is een nadeel van deze aanpak.

Een van de vragen voorafgaand aan het demonstratieonderzoek op rwzi Lienden was wat het effect van DAF op het actief slibsysteem zou zijn. Daarom is op rwzi Lienden een groot deel van het influent met DAF behandeld. Mede doordat het drogestofgehalte in de biologie gelijk is gehouden, heeft dit nog geen nieuwe inzichten opgeleverd in een mogelijk gewijzigde werking van het actief slibsysteem.



Een ander aandachtspunt is fosfaat. Op rwzi Eindhoven werd bij een maximale chemicaliëndosering zo veel orthofosfaat verwijderd dat er onvoldoende overbleef voor microbiële groei. Dit is opgelost door het plaatsen van een automatische dosering op basis van de orthofosfaatconcentratie in het eluaat. Hierdoor kan voldoende orthofosfaat worden verwijderd om te voldoen aan de effluenteisen, maar blijft ook voldoende over voor een goede microbiologische groei. Omdat de norm wordt gesteld voor totaal fosfaat is het wel van belang om ook te zorgen voor voldoende verwijdering van andere vormen van fosfaat, zoals gebonden fosfaat en opgelost organisch fosfaat.

### **Variantenstudies**

De resultaten van de praktijkonderzoeken zijn gebruikt voor het opstellen van variantenstudies voor de rwzi's Eindhoven (waterschap De Dommel), Nieuwveer (waterschap Brabantse Delta) en Lienden (waterschap Rivierenland). Deze variantenstudies richtten zich onder meer op verwachte prestaties, investerings- en operationele kosten en duurzaamheid. DAF werd daarvoor vergeleken met andere voorbehandelingen. De variantenstudies hebben aangetoond dat de meerwaarde van DAF locatiespecifiek is.

Uit de variantenstudie voor rwzi Lienden bleek dat de verwijdering van BZV theoretisch leidt tot een lagere microbiële groei. Daardoor zou minder fosfaat worden opgenomen in de biomassa, waardoor de concentratie orthofosfaat in het effluent zou stijgen. Dit is een aandachtspunt bij de praktijktoepassing van DAF als voorbehandeling op een rwzi.

### **Conclusie**

DAF kan goed worden toegepast als voorbehandeling van huishoudelijk afvalwater. De verwijderingsrendementen zijn even hoog als of hoger dan die voor een voorbezinktank, afhankelijk van de instellingen en chemicaliëndosering. Een VBT werkt bij een oppervlaktebelasting van 2 tot 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h waar een DAF bij een oppervlaktebelasting van 20 tot 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h werkzaam is. Dit betekent dat een DAF circa 10 tot 20 keer minder oppervlakte nodig heeft dan een VBT. Ook heeft het onderzoek laten zien dat de DAF betrouwbaar onbemand kan draaien zonder extra toezicht. Een belangrijk aandachtspunt is dat de BZV/N-verhouding hoog genoeg blijft voor biologische afvalwaterzuivering en dat de fosfaatconcentratie niet te hoog of de laag wordt. Het verwijderingsrendement is binnen een bandbreedte stuurbaar door minder chemicaliën toe te passen (enkel polymeer of een combinatie van coagulant en polymeer) of door een deelstroom te behandelen met hoge verwijderingsrendementen. De jaarlijkse kosten en de duurzaamheid van het toepassen van DAF zijn afhankelijk van de locatie. Hierover kunnen dus geen algemeen geldende uitspraken gedaan worden.

Tijdens het praktijkonderzoek op rwzi Lienden is een eerste verkenning gedaan naar indikking van spuislib in combinatie met influentbehandeling op de DAF-installatie. Hieruit blijkt dat dit een potentieel interessante toepassing is. Het wordt aanbevolen dit verder te onderzoeken. Het indikken van spuislib in een DAF-installatie biedt verschillende voordelen: er is geen indikker meer nodig, de transportkosten zijn lager en er hoeft bij vergisting een kleinere hoeveelheid slib te worden opgewarmd.

### **Referenties**

1. Broeders, E., Schellekens, D en Van Dijk, P (2012), Pilotonderzoek naar behandeling van riooloverstortwater, KALLISTO WP III, te vinden in de hydrotheek (<http://edepot.wur.nl/248969>).
2. SOTWA (2014). Dissolved Air Flotation (DAF) als voorbehandeling van communaal afvalwater. STOWA-rapport 2014-03. Amersfoort: STOWA. ISBN 978.90.5773.648.3
3. STOWA (2014). DAF als voorbehandeling van communaal afvalwater. Demonstratieonderzoek rwzi Lienden. STOWA-rapport 2014-47. Amersfoort: STOWA. ISBN 978.90.5773.679.7
4. STOWA (2007). Het actief-slibproces, de mogelijkheden en grenzen. STOWA-rapport 2007-24. Amersfoort: STOWA. ISBN 978.90.5773.373.4