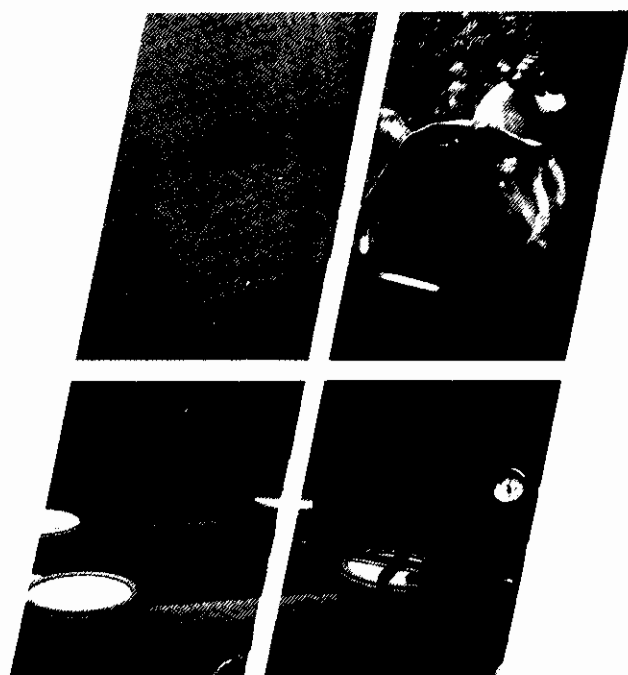


NN31050.91-4

1991-04

Verstopping van beluchtingselementen.  
Mogelijke relatie met  
simultane defosfatering?





20/10/91 (g: 24)

BIBLIOTHEEK  
Streekl. Inst. voor  
Landbouwk. Onderzoek

Verstopping van beluchtingselementen.  
Mogelijke relatie met  
simultane defosfatering?



9 OKT. 1991

Programma PN-1992

**stora**

	INHOUD	
	Ten geleide	II
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING/DOEL VAN HET ONDERZOEK	2
3	UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	3
3.1	Literatuuronderzoek	3
3.1.1	<i>algemeen</i>	3
3.1.2	<i>oorzaken van verstopping</i>	3
3.1.3	<i>reiniging en onderhoud van beluchtingselementen</i>	5
3.2	Praktijkervaringen met verstopping van beluchtingselementen	5
3.2.1	<i>algemeen</i>	5
3.2.2	<i>binnenlandse ervaring</i>	6
3.2.3	<i>buitenlandse ervaring</i>	7
3.2.4	<i>leveranciers</i>	11
3.2.5	<i>overzichtstabellen</i>	12
3.2.6	<i>analyse van schraapsel</i>	19
4	BESPREKING VAN DE RESULTATEN	21
4.1	Algemeen	21
4.2	Factoren bij verstopping van beluchtingselementen	21
4.3	Mogelijke maatregelen ter preventie/bestrijding van verstoppingen	23
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24
6	LITERATUUR	25

## Ten geleide

In 1990 werd het STORA-onderzoek naar de verwijdering van fosfaat en stikstof op rioolwaterzuiveringsinrichtingen geïntensiveerd en versneld. Doel van het speciaal hierop gerichte spoedprogramma "PN 1992" - dat van de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders een extra onderzoeksinspanning van zeven miljoen gulden in drie jaar vraagt - is het elimineren van onzekerheden en knelpunten in de thans operationele methoden en technieken. Dit om de zuiverende deelnemers in de STORA tijdig een voldoende beproefd instrumentarium te bieden om te kunnen voldoen aan de effluenteisen voor die stoffen in 1995 en later.

Onderdeel van het PN 1992-programma is het bepalen van de werking en de neveneffecten van simultane defosfatering in actief-slibsystemen. Tot deze effecten zou ook een mogelijke relatie tussen de toepassing van simultane defosfatering en het optreden van (versnelde) verstopping van beluchtingselementen kunnen behoren.

De praktijk geeft onduidelijke berichten over het optreden van (versnelde) verstopping als mogelijk gevolg van chemicaliëndosering. Het thans voorliggende rapport evalueert deze problematiek aan de hand van literatuur en zeer verscheiden praktijkervaring.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA - op voorstel van de Stuurgroep PNs 1992\* - opgedragen aan TAUW Infra Consult B.V. (projectteam bestaande uit ir. G.J.F.M. Vlekke, ir. F.H.I.M. Oesterholt en H. Romijn) en namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. W.G. Werumeus Buning (voorzitter), ing. F.A. Brandse, H.G. Letteboer en ing. H.A.P. Mollen.

Tussen het bedrijven van simultane defosfatering en het (versneld) optreden van verstopping van beluchtingselementen kon op basis van het onderzoek geen verband gelegd worden.

Den Haag, juli 1991

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

---

\* De Stuurgroep PNs 1992 die tot dit project adviseerde, bestond uit:

ir. R. den Engelse (voorzitter), ir. J. Boschloo, ir. A.E. van Giffen, ir. C. Kerstens, ir. K.F. de Korte, ir. T. Meijer, ir. P.C. Stamperius, alsmede ir. W. van Starckenburg voor de coördinatie met het programma RWZI-2000.

Als technisch secretaris treedt op ir. P. de Jong van Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs.

In laag- en zeer laagbelaste actief-slibinstallaties is simultane defosfatering door dosering van chemicaliën in de beluchtingstank een eenvoudig toe te passen mogelijkheid. Veel beluchtingstanks zijn voorzien van fijne-bellenbeluchting. De praktijk geeft onduidelijke berichten over het optreden van (versnelde) verstopping als gevolg van de chemicaliëndosering. Deze verstopping uit zich in het optreden van drukvalverhoging over de elementen.

Via literatuuronderzoek, bestudering van praktijkervaringen in binnen- en buitenland, bezoeken aan rwzi's en informatie van leveranciers/fabrikanten van beluchtingselementen is gezocht naar een mogelijk verband tussen het optreden van drukvalverhoging over de beluchtingselementen en diverse aspecten van de bedrijfsvoering op de rwzi's. Hierbij zijn in het bijzonder het doseren van defosfateringschemicaliën in de beluchtingstank en de wijze van reinigen van de beluchtingselementen bestudeerd.

Schraapsel van de beluchtingselementen - van rwzi's met en zonder simultane defosfatering - werd geanalyseerd om aan de hand van de samenstelling inzicht te kunnen krijgen in het fosfaataandeel in het precipitaat c.q. de bijdrage ervan aan de drukvalverhoging.

Tussen het bedrijven van simultaan defosfateren en het (versneld) optreden van verstopping van beluchtingselementen bleek op basis van het onderzoek geen verband gelegd te kunnen worden. Verstopping van beluchtingselementen wordt in de meeste gevallen toegeschreven aan organische vervuiling en kalksteenvorming op en in het element. Verstopping komt relatief het meest voor bij de combinatie van hard water en een hoge pH. De analyses van de schraapsels duiden niet op een rol van de geprecipiteerde fosfaat-zouten.

Door adequaat (preventief) onderhoud zijn problemen met drukvalverhoging over de beluchtingselementen - en dus verstopping van deze elementen - te voorkomen. Dit geldt zowel voor rwzi's met als zonder simultane defosfatering in een beluchtingstank met belienbeluchting.

Van de verschillende defosfateringstechnieken is de simultane precipitatie met ijzer- of aluminiumzouten een bewezen techniek. In het buitenland (Zwitserland, Duitsland) wordt deze techniek op grote schaal toegepast, terwijl ook in Nederland de methode van simultaan defosfateren toepassing vindt. Een mogelijk nadeel van deze methode kan versnelde verstopping zijn van beluchtingselementen als direkt gevolg van de dosering van anorganische zouten in de beluchtingsruimte.

Het hier beschreven onderzoek gaat na in hoeverre de toevoeging van anorganische zouten in de beluchtingstank inderdaad aanleiding geeft tot een versnelde verstopping van poreuze, met name keramische beluchtingselementen en of het ongunstig is simultane defosfatering te combineren met poreuze beluchtingselementen. Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan negatieve beïnvloeding van de zuurstofinbreng, het energieverbruik, de onderhoudsfrequentie en de levensduur van de elementen.

In deze studie is de aandacht gericht op de inventarisatie van ervaringen in Nederland en het buitenland. Hierbij is met name gezocht naar aanwijzingen voor een duidelijke oorzaak/gevolgrelatie. Ter voorbereiding op de inventarisatie van praktijkgegevens is een literatuuronderzoek uitgevoerd.

In hoofdstuk 3 zullen de resultaten van het literatuuronderzoek en de geïnventariseerde gegevens van bestaande ervaringen met verstopping van beluchtingselementen bij simultaan chemisch defosfateren worden beschreven. Een bespreking van deze resultaten volgt in hoofdstuk 4, waarna tot slot in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies zijn weergegeven.

### 3 UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

#### 3.1 Literatuuronderzoek

##### 3.1.1 *algemeen*

Om meer inzicht te krijgen in de problematiek van de verstopping van beluchtingselementen ten gevolge van simultaan defosfateren, is in de literatuur gezocht naar relevante informatie op dat gebied. De literatuurstudie is uitgevoerd met een online literatuursearch. Hierbij is binnen een drietal bestanden van de ESA-Information Retrieval Service gezocht (Aqualine, ChemAbs, Environline).

In eerste instantie is specifiek gezocht naar de combinatie van verstopping van poreuze beluchtingselementen en simultane defosfatering. Dit leverde echter geen enkele relevante informatie op, zodat is besloten de trefwoorden afzonderlijk te bekijken. Op deze manier bleek het wel mogelijk bruikbare informatie te verzamelen. De resultaten van het literatuuronderzoek kunnen als volgt worden samengevat:

- over een directe relatie tussen simultaan defosfateren (c.q. precipiteren) en de verstopping van beluchtingselementen wordt in de beschikbare literatuur niet of niet concreet gesproken;
- in enkele referenties <sup>1,3,5</sup> komen de verschillende oorzaken voor de verstopping van beluchtingselementen ter sprake. In een paar gevallen worden ook verstoppingsmechanismen besproken;
- met name in het boek "Aeration", maar ook in enkele artikelen wordt dieper ingegaan op reinigingsmethoden voor beluchtingssystemen <sup>1,2,4</sup>.

De twee laatstgenoemde punten zullen hieronder kort worden besproken.

##### 3.1.2 *oorzaken van verstopping*

Door Davis<sup>3</sup> wordt onderscheid gemaakt tussen chemische en mechanische verstopping. Chemische verstopping wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door neerslagvorming van calciumcarbonaat en silikaten. Verder kunnen zich ook magnesiumcarbonaat en ijzer-oxyde afzetten<sup>2</sup>. Deze neerslagvorming wordt door meerdere factoren, zoals de pH, temperatuur, respiratie van bacteriën en algen, fotosynthese en gasoverdracht beïnvloed (evenwichtsreacties). Bij mechanische verstopping moet men denken aan grotere objecten (takjes, touw, kledingstukken, plastic) die de beluchter afsluiten. In dit verband moeten ook de spinsels worden genoemd, die regelmatig op beluchtingselementen worden aangetroffen. Spinsels worden gevormd wanneer vezelachtige materialen de roostergoedverwijdering passeren en in de zuiveringsinstallatie terechtkomen. Door draaiingsverschijnselen in pompen en leidingen groeien de vezels aaneen tot steeds grotere kluwens.

Naast de genoemde verstoppingstypen kan er volgens Houck<sup>4</sup> ook



sprake zijn van verstopping veroorzaakt door een biologische slijmlaag. Een dergelijke slijmlaag kan bijzonder hardnekkig zijn. Overigens blijkt uit het onderzoek van Bretscher<sup>2</sup> dat er bij dome-beluchters geen plaatsen op de dome zijn die extra gevoelig zijn voor vervuiling. Het materiaal dat de verstopping veroorzaakt is gelijkmatig over de dome verdeeld.

In een andere literatuurreferentie<sup>1</sup> maakt men onderscheid tussen verstopping aan de luchtzijde en verstopping aan de vloeistofzijde. De verstopping aan de luchtzijde wordt, vergelijkbaar met de mechanische verstopping, veroorzaakt door:

- stof en vuil in ongefilterde of onvoldoende gefilterde lucht;
- olie uit compressors;
- roest en afzettingen (scale) afkomstig van corrosie in het leidingsysteem;
- vaste deeltjes uit het afvalwater, die door lekken in het leidingsysteem of in de beluchter zelf binnendringen;
- het loslaten van bitumineuze coatings in de luchttoevoerleidingen.

Bij verstopping aan de vloeistofzijde wordt een onderscheid gemaakt tussen de vorming van een biologische slijmlaag ("biofouling") en de afzetting van neerslagen (chemische verstopping). Mogelijke aspecten die een rol spelen bij het optreden van "biofouling" zijn:

- hoge slibbelasting;
- lage zuurstofconcentratie;
- hoge temperatuur van de uittredende lucht (t.g.v. kompressie en wrijving);
- laag luchtdebiet in de beluchter;
- slechte verdeling van lucht over de beluchter;
- lage permeabiliteit van beluchters;
- aanwezigheid van anorganische deeltjes;
- chemische toevoegingen zoals ijzerverbindingen.

Enkele van deze factoren zijn niet zozeer oorzaken van de vervuiling maar zorgen in zekere zin voor een versterking van het effect.

Precipitatie-reakties (= de vorming van onoplosbare verbindingen), zoals de reakties waarbij  $\text{CaCO}_3$  (kalksteen) of  $\text{SiO}_2$  (silikaten) worden gevormd, zijn verantwoordelijk voor de anorganische of chemische verstopping van beluchtingselementen. Men spreekt in dit geval wel van "scaling". In de literatuur<sup>1</sup> wordt erop gewezen dat ook chemische toevoegingen zoals ijzerchloride een scaling-effekt kunnen veroorzaken. Op deze mogelijke relatie met chemisch defosfateren wordt echter niet verder ingegaan. De scaling-effekten geven een duidelijke toename te zien in de onderhoudskosten. Beweerd wordt echter dat dit niet altijd hoeft te betekenen dat de toepassing van beluchtingssystemen met poreuze beluchtingselementen economisch niet interessant wordt ten opzichte van alternatieve beluchtingssystemen (mechanische beluchters). In veel gevallen zijn er (preventieve) reinigingsmethoden ontwikkeld, die de werkingduur van poreuze beluchtingselementen aanzienlijk kunnen verlengen. Deze methoden zullen in de volgende paragraaf kort worden beschreven.

### 3.1.3 *Reiniging en onderhoud van beluchtingselementen*

Voor het reinigen van verstopt geraakte beluchtingselementen is er een drietal mogelijkheden:

- methoden waarbij de beluchtingselementen verwijderd moeten worden;
- in-situ methoden waarbij het proces moet worden stilgelegd;
- in-situ methoden waarbij het proces niet wordt stilgelegd.

Onder de eerste groep vallen voornamelijk de mechanische bewerkingen (schrappen, crushing), maar ook bewerkingen als afbranden (gloeien), dompelen in zuur- of loogbad en zandstralen. Deze reinigingsmethoden worden voornamelijk toegepast bij mechanische verstopping en bij verstopping door kiezelzuren (silikaten), die zeer hardnekkig kan zijn<sup>3</sup>.

Er is een aantal in-situ reinigingsmethoden, waarvan bij enkele het beluchtingsbassin geleegd moet worden. Enkele van deze methoden zijn getest bij de rwzi-Nijmegen<sup>8</sup>; het betreft hier:

- uitwendige reiniging met stoomcleaner;
- uitwendige reiniging met heet water onder hoge druk;
- inwendige reiniging met heet water en perslucht.

De beproevingsresultaten van de twee laatstgenoemde methoden waren positief. De uitwendige reiniging met een stoomcleaner gaf daarentegen onvoldoende verbetering. Uiteindelijk heeft men gekozen voor de combinatie van gloeien, zuren en spoelen. Deze combinatie gaf goede resultaten die bovendien onafhankelijk waren van een intensieve kwaliteitscontrole en de zorgvuldigheid van werken.

Onder de methoden waarbij het proces niet hoeft te worden stilgelegd<sup>1</sup> valt de methode die Bretscher<sup>2</sup> beschrijft, waarbij (bij voorkeur) mierzuur in de verticale luchtleidingen wordt versproeid. Deze methode is gebaseerd op de oplosbaarheid in zuur milieu van de verbindingen die de verstopping veroorzaken. Met name calcium- en magnesiumcarbonaat kunnen op deze manier effectief worden verwijderd (>99%). De rendementen voor de verwijdering van ijzeroxyde en kiezelzuur blijven hierbij duidelijk achter (15 resp. 40%). Bij de rwzi-Nijmegen<sup>8</sup> heeft men daarentegen minder goede ervaring met de mierzuur-methode. Er is wel een afname van de anorganische vervuiling geconstateerd, maar de vervuiling met organisch materiaal bleef hetzelfde. Hieruit kan men concluderen dat versproeien van mierzuur in het beluchtingscircuit van de rwzi Nijmegen alleen voor (een deel van) de anorganische vervuiling een oplossing biedt.

## 3.2 Praktijkervaringen met verstopping van beluchtingselementen

### 3.2.1 *algemeen*

Bij de inventarisatie van praktijkgegevens is een verdeling gemaakt naar:

- binnenlandse waterkwaliteitsbeheerders;
- buitenlandse waterkwaliteitsbeheerders;
- leveranciers van beluchtingselementen.

De betrokken instanties zijn op verschillende manieren benaderd. In enkele gevallen is volstaan met het toezenden van schriftelijke vragen, terwijl in andere gevallen een bezoek is gebracht (enkele rwzi's in Nederland, Zwitserland en Duitsland).

Naast de vraag of verstoppingsverschijnselen zijn geconstateerd ten gevolge van chemisch defosfateren, zijn in de interviews ook de volgende onderwerpen aan de orde gekomen:

- het optreden van verstopping van beluchtingselementen in het algemeen;
- de bedrijfsvoering;
- de wijze van chemicaliëndosering;
- het type beluchtingselement;
- de afvalwatersamenstelling;
- de hardheid van het water;
- de pH van het water;
- methode van voorbehandelen van het afvalwater.

De antwoorden op deze vragen zijn per rwzi neergelegd in tabelvorm (3.2.5). Als referentie zijn in deze tabellen ook rwzi's opgenomen waarbij niet chemisch wordt gedefosfateerd.

### 3.2.2 *binnenlandse ervaring*

Er zijn in totaal acht waterkwaliteitsbeheerders benaderd:

- Zuiveringschap West-Overijssel (ZWO);
- Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden (HEW);
- Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland (ZOG);
- Hoogheemraadschap West-Brabant (HWB);
- Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland (US);
- Dienst Riolerings en Waterhuishouding Amsterdam;
- Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant (GTD OB);
- Waterschap Zuiveringschap Limburg (WZL).

Er zijn geen reacties ontvangen waarbij concreet melding wordt gemaakt van verstopping van beluchtingselementen als gevolg van simultaan defosfateren. Op enkele rwzi's is er specifiek naar dit probleem gekeken, maar is er geen duidelijke relatie gevonden. Het betreft hier de rwzi's Vinkel, Steenwijk, Amsterdam-West en Dongemond.

Zo past men bij de rwzi Steenwijk al gedurende 15 jaar de combinatie van simultaan defosfateren en beluchten met keramische beluchtingselementen toe, zonder dat er sprake is van enige mate van verstopping. Mogelijke oorzaak voor deze gunstige situatie is het zachte water (5° Duitse hardheid) en de lage pH (6,5) van het afvalwater waarop wordt gestuurd in de beluchtingstank. Overigens moet hierbij wel worden opgemerkt dat de

beluchtingselementen met een zekere regelmaat worden gereinigd met behulp van een hoge-druk-reinigingsmethode.

In een aantal gevallen wordt er wel melding gemaakt van het optreden van verstopping van de beluchtingselementen, maar dit wordt dan toegeschreven aan andere oorzaken. Bij de rwzi Vinkel wordt de verstopping waarschijnlijk veroorzaakt door het niet of onvoldoende functioneren van de beluchte zand-/vetvang. Een afname van de verstoppingsverschijnselen in het verloop van de eerste trap van deze tweetrapsinstallatie wijst hierop. Analyseresultaten van schraapsel afkomstig van vervangen beluchtingselementen uit de eerste trap tonen aan dat 90 % van de indamprest uit zand bestaat (3.2.6).

De verstopping van beluchtingselementen in de rwzi Nieuwveer wordt toegeschreven aan het feit dat er ruw, niet-voorbezonden rioolwater wordt belucht. De sliblaag op de keramische buizen is dan ook voornamelijk organisch van aard.

### 3.2.3 *buitenlandse ervaring*

Een negental buitenlandse instanties, waarvan de verwachting bestond dat ze relevante informatie over het onderzoeksthema zouden kunnen verschaffen, is schriftelijk benaderd:

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich in Zwitserland;
- Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (E.A.W.A.G.) in Zwitserland;
- Abwassertechnische Verein (ATV) in Duitsland;
- Niersverband in Duitsland;
- Water Research Centre (WRC) in het Verenigd Koninkrijk (voorheen Stevenage);
- Svenska Vatten och Avloppsverksföringen in Zweden;
- Wissenschaftliche Technische Werke (WTW S.A.) in Zwitserland;
- Landeshauptstadt Wiesbaden in Duitsland;
- Abwasserverband Altenrhein (AVA) in Zwitserland.

De referenties in Engeland en Zweden hebben niet gereageerd. Uit de informatie van de overige instanties blijkt dat men ook in het buitenland geen specifiek onderzoek heeft verricht naar de verstopping van beluchtingselementen in relatie met simultaan defosfateren. Verder ondervindt men in enkele gevallen wel hinder van verstoppingen, maar schrijft men dit niet in eerste instantie toe aan het chemisch defosfateren.

Het AVA en het Niersverband hebben schriftelijk gereageerd.

Bij de rwzi Altenrhein, een rwzi van 185.000 I.E. met een zestal beluchtingstanks waarin simultaan wordt gedefosfateerd, heeft men grote problemen gehad met verstopping van de kunststof kaars-beluchters<sup>6</sup>. Deze beluchtingselementen, waarvan er ongeveer 2000 zijn geïnstalleerd, kunnen met een ophaalmechanisme uit de tanks worden verwijderd. Uit analyse is vast komen te staan dat de verstopping voornamelijk uit de waterfase afkomstig is en bestaat uit calcium-, sulfaat- en ijzerverbindingen. Daarnaast is ook verstopping van binnenuit gekonstateerd. Deze is veroorzaakt door het binnendringen van actief slib via

kleine scheurtjes of openingen in de luchtaanvoerleidingen.

De verstopping heeft er toe geleid dat met name 's zomers de elementen 1 keer per 3 tot 5 weken moesten worden uitgeblazen (na het omhoog halen van de elementen) en 1 keer per 10 tot 15 weken moesten worden gereinigd met een hogedrukspuit en zuur. Jaarlijks betekent dit ongeveer 1800 manuren aan onderhoud. Er bestaat geen zekerheid over de oorzaak van de verstoppingen. De vraag in hoeverre de dosering van ijzerzouten in de beluchtingstanks een rol speelt bij de verstopping wordt beantwoord met de opmerking dat er geen directe relatie is aangetoond. Als belangrijkste oorzaken ziet men de biologische aangroei in de beluchtingselementen (van binnenuit) en het neerslaan van kalksteen ten gevolge van de hoge hardheid van het water. Verder worden de volgende mogelijke (indirecte) oorzaken genoemd<sup>6</sup>:

- Door de intensieve beluchting wordt  $\text{CO}_2$  uit het water gestript met als gevolg een stijging van de zuurgraad en een verhoogde kans op oververzadiging van kalksteen.
- Bij uittreden uit het beluchtingselement is de luchttemperatuur ongeveer  $40\text{ }^\circ\text{C}$  (kompressie- en wrijvingswarmte). De hierdoor veroorzaakte stijging van de watertemperatuur in en rond het beluchtingselement geeft een verhoogde kans op oververzadiging van kalksteen.
- Bij dosering van  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeClSO}_4$  of  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kan door de reactie van sulfaat met calcium gips worden gevormd.
- Neerslag van  $\text{FePO}_4$  bij simultane defosfatering.
- Door de hoge temperatuur en de hoge zuurstofconcentratie wordt de bacterie- en/of schimmelgroei op en in de beluchtingselementen begunstigd.
- Uitdroging van biologische afzettingen ten gevolge van de warme luchtstroom.
- Door statische electriciteit als gevolg van hoge luchtsnelheden worden fijne deeltjes door de beluchtingselementen aangetrokken.
- Ontbreken of slecht functioneren van een filtersysteem voor de aangezogen lucht.
- Constructiefouten waardoor niet alle beluchtingselementen even diep in de beluchtingstank liggen. Omdat de lucht de weg van de minste weerstand zal volgen, zullen de dieper gelegen elementen het snelst verstoppem.
- Een niet gelijkmatig verdeelde luchttoevoer over de verschillende beluchtingselementen als gevolg van constructiefouten.
- Geen of onvoldoende ontwatering van de dieper gelegen luchtverdeeldeidingen kan de drukverdeling over de verschillende beluchtingselementen zodanig beïnvloeden dat sommige elementen sneller zullen verstoppem.

De problemen met de beluchtingselementen in de rwzi Altenrhein hebben er toe geleid dat men tot een stapsgewijze sanering van het beluchtingssysteem is overgegaan. Hiertoe zijn de volgende maatregelen getroffen<sup>6</sup>:

- Bescherming van het systeem tegen elektrochemische corrosie door aanbrengen van een kunststof basis. Er werden meetbare stromen waargenomen tussen de stalen wandconstructie van de beluchtingstanks en de verzinkte luchttoevoerleidingen, waardoor het proces van corrosie werd versneld.
- Installatie van een systeem voor de regeling van het luchtdebiet over de verschillende beluchtingstanks.

Omdat telkens slechts een deel van de beluchtingselementen gereinigd kon worden, openbaarde zich het probleem dat na het opnieuw in bedrijf stellen van de gereinigde elementen de vervuiling van de niet-gereinigde elementen sterk in de hand werd gewerkt. De lucht zoekt immers de weg van de minste weerstand. Het aanbrengen van een goede regeling van de luchttoevoer naar de verschillende beluchtingstanks had een aanzienlijke energiebesparing, besparing in onderhoudskosten en een verbetering van het zuiveringsrendement tot gevolg.

- Zoeken naar betere beluchtingselementen. Gedurende tenminste 2 jaar zijn verschillende typen beluchtingselementen (keramisch, kunststof en membraan) in de zuiveringsinstallatie getest. Deze testen hadden tot doel een beluchtingselement te vinden dat minder verstoppingsgevoelig is, vergeleken met de huidige kaars-beluchters, en een lagere minimale luchtsnelheid mogelijk maakt in periodes van lage belasting. Uit dit onderzoek bleek dat keramische dome-beluchters de gunstigste resultaten te zien geven, dat wil zeggen het meest gunstige verloop van het drukverlies en het hoogste beluchtingsrendement. Een extrapolatie van deze resultaten naar andere rwzi's is slechts onder voorbehoud mogelijk.

In de jaren 60 heeft men in het gebied van het Niersverband in Duitsland bij een groot aantal rwzi's, waarbij simultane chemische defosfatering wordt toegepast, problemen gehad met de verstopping van keramische fijnblazige beluchtingssystemen. Deze verstopping, die voornamelijk veroorzaakt werd door ijzercarbonaten, bleek zeer hardnekkig en alleen door een intensieve zuurbehandeling te bestrijden. In de afgelopen jaren heeft men geen verstoppingsverschijnselen meer waargenomen. Omdat men niet kan aangeven waardoor de verstopping destijds veroorzaakt is, bestaat er ook geen duidelijkheid over de reden voor het verdwijnen van de verschijnselen. Een verandering in de samenstelling van het afvalwater en/of een slecht funktionerende voorzuivering van de lucht worden in dit verband wel genoemd, maar het betreft hier slechts gissingen. Op grond van de ervaringen van de laatste jaren heeft men thans geen bedenkingen meer tegen de combinatie van simultaan defosfateren en beluchting met behulp van keramische beluchtingselementen.

Aan de volgende drie buitenlandse referenties is een bezoek gebracht, waarbij een zevental rwzi's zijn bekeken:

- I - Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich;
- II - WTW S.A. in Lutry (CH);
- III - Kläranlage Wiesbaden.

Hierbij zijn alleen rwzi's bezocht met simultane chemische defosfatering in combinatie met fijnblazige bellenbeluchting.

- I Het Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich beheert en controleert zo'n 100 rwzi's in het betreffende gebied. Bij ongeveer 70 % van de rwzi's (80 % van de afvalwaterhoeveelheid) wordt simultane defosfatering toegepast in combinatie met poreuze bellenbeluchtingssystemen. Hiervoor gebruikt men verschillende chemicaliën zoals  $\text{FeClSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (laatstgenoemde bij lichtslib en schuimvorming) in een doseerverhouding van

1,2 - 1,5 mol Fe/mol P. De influentconcentratie voor fosfaat (P) ligt tussen 4 en 6 mg/l. De effluentconcentratie in het geval er simultaan wordt gedefosfateerd is gemiddeld 0,8 mg P/l. Door effluentfiltratie kan deze concentratie verder afnemen tot 0,2 mg P/l. Men past een grote verscheidenheid aan bellenbeluchtingssystemen toe met zowel keramische als kunststof beluchtingselementen. Over het algemeen zijn er geen verstoppingsproblemen. In die gevallen waarbij wel problemen optreden, wordt de verstopping veroorzaakt door een te lage luchtsnelheid, waardoor schimmeldraden in de poriën groeien, of door het harde water, waaruit kalksteen neerslaat op de beluchtingselementen. Binnen het Kanton is in het kader van dit onderzoek het functioneren van drie rwzi's nader bestudeerd:

- rwzi Uster

Deze rwzi heeft een capaciteit van 25.000 i.e. Er wordt gedefosfateerd met  $\text{FeSO}_4$  in een doseerverhouding van 1,2 mol Fe/mol P. In 1982 zijn de keramische beluchtingsbuizen geregenereerd met zuur. In 1989 bleek dit wederom noodzakelijk. Het spoelen met zuur leidde niet tot een herstel van de oorspronkelijke drukval. Waarschijnlijk veroorzaken gebruik en reiniging een vergruizing/achteruitgang van de keramische buizen, met als gevolg een permanent hoge weerstand. Er zijn plannen om de elementen te vervangen door membraanbeluchtingselementen;

- rwzi Meilen

Bij deze rwzi, met een capaciteit van circa 23.000 i.e., wordt al sinds 1965 simultaan gedefosfateerd met  $\text{FeCl}_3$ . De poreuze kunststof beluchtingselementen zijn al tien jaar in bedrijf zonder noemenswaardige verstopping. Er vindt preventief onderhoud plaats met mierzuurdosering in de luchttoevoer. Naast dit type beluchter worden er ook zogenaamde Messner-platen (membraanbeluchter) toegepast. Deze platen hebben last van kalksteenafzettingen als gevolg van het harde water. Het kalksteen wordt eenmaal per twee dagen verwijderd door middel van mechanische reiniging (aan-/uitzetten beluchting);

- rwzi Staefa Uerlikon

Bij deze zeer kleine zuivering (3.000 i.e.) heeft men sinds 1970 geen problemen gekonstateerd met de keramische domes. Er vindt weinig toezicht en onderhoud plaats.

- II De firma WTW is een leverancier van beluchtingssystemen. Het betreft hier voornamelijk membraanbeluchtingssystemen opgebouwd uit plaat- of buiselementen waaronder bijvoorbeeld Messnerplaten. Volgens deze firma moeten poreuze beluchtingselementen elke 2 tot 3 jaar worden gereinigd met mierzuur vanwege verstoppingen door simultane defosfatering en/of kalk. Problemen treden voornamelijk op bij zeer laagbelaste actief-slibsystemen door het hoge drogestofgehalte en het veelal ontbreken van een voorbezinktank. Drie rwzi's, waarvoor de beluchtingselementen door WTW zijn geleverd, zijn nader bekeken:

- rwzi Henniez  
Door het hoge kalkgehalte en de hoge pH van het water heeft men bij deze rwzi, met een capaciteit van 3.000 i.e., problemen met kalkafzettingen op de Messner-platen. Eén keer per twee maanden wordt met mierzuur gereinigd en één keer per jaar vindt een mechanische reiniging plaats door het uit- en aanzetten van de beluchting. Door de beweging van het membraan breekt de kalksteenlaag af;
- rwzi Vufflens  
Bij deze nieuwe rwzi, met een capaciteit van 5.000 i.e. is er ondanks het simultaan defosfateren nog geen onderhoud aan de beluchtingselementen nodig geweest. Er is wel een gering drukverlies geconstateerd over de elementen. Met het geïnstalleerde type beluchtingselementen (buisvormige membraanbeluchters) verwacht WTW overigens aanzienlijk minder problemen. De poriën in het membraan bestaan in dit geval uit sleufjes (in plaats van gaatjes zoals bij de Messner-platen) die minder verstoppingsgevoelig zijn;
- rwzi Yverdon  
De Messner-beluchtingsplaten worden bij deze rwzi twee tot drie keer per week mechanisch gereinigd (aan-/uitzetten beluchting). Reinigen met mierzuur in de luchtleiding is hier niet mogelijk vanwege aantasting van het materiaal (luchtleidingen en elementen). De rwzi, met een capaciteit van 40.000 i.e., heeft een slecht funktionerende voorbezinktank.

III De rwzi Wiesbaden werd gepresenteerd als een duidelijk voorbeeld van het effect van simultaan defosfateren op de verstopping van keramische beluchtingselementen. Na de introductie van simultaan defosfateren in 1980 zijn de keramische beluchtingsbuizen gaan verstoppelen, terwijl er voor die tijd geen problemen waren. Naast de introductie van simultaan defosfateren zijn er, voor zover men weet, geen andere veranderingen opgetreden (bijvoorbeeld in de bedrijfsvoering of de samenstelling van het afvalwater). De beluchtingselementen worden éénmaal per 1,5 jaar gedemonteerd en geweekt in een "Calcolith"-oplossing, waarna ze met water onder hoge druk worden gereinigd. "Calcolith" is een zuur produkt (pH = 0) dat na geschikte verdunning kan worden toegepast voor het oplossen van kalksteen en ijzerafzettingen.

Door de simultane defosfatering met  $\text{FeSO}_4$  neemt het P-gehalte af van 10 - 11 mg/l in het influent tot 1 mg/l in het effluent. Er wordt gedoseerd in de slibretourstroom.

#### 3.2.4 *leveranciers*

Uit een schriftelijke en telefonische enquête onder leveranciers van beluchtingsapparatuur is gebleken dat door leveranciers over het algemeen geen onderzoek wordt gedaan naar de verstoppingsgevoeligheid van hun produkten. Dit betekent dat er



bij hen geen kennis aanwezig is op dit gebied en men doorverwijst naar de afnemers van de beluchtingssystemen. Met de volgende leveranciers (importeurs of fabrikanten) is contact gelegd (bij de importeurs zijn tussen haakjes de merknamen gegeven):

- Merrem & La Porte (Brandol, Elastox);
- Didier (Pantel, Hexalith, Flexolith);
- Stork Bosman (Aeroflex);
- Degrémont Holland (Dipair);
- Geveke Werktuigbouw (BAV, Nokia);
- Envicon;
- Flygt;
- IFU.

### 3.2.5 overzichtstabellen

De informatie van de verschillende binnenlandse- en buitenlandse rwzi's is gerangschikt in tabelvorm. Hierbij zijn de rwzi's ingedeeld in:

- rwzi's met chemische defosfatering (tabel 1);
- rwzi's zonder chemische defosfatering (tabel 2).

#### Toelichting bij tabel 1 en 2

##### Aannames

In die gevallen waarbij de dosering is opgegeven in g Fe/m<sup>3</sup> is gebruik gemaakt van de volgende aannames voor het P-gehalte in het influent bij de berekening van de dosering in mol Fe per mol P.

gem. P-gehalte in Nederland: 10 mg/l

gem. P-gehalte in Zwitserland: 6 mg/l

##### Dosering

Deze wordt gegeven in mol Fe per mol P. Tussen haakjes staat de dosering zoals oorspronkelijk opgegeven.

##### Voorbehandeling

Tussen haakjes wordt (voor zover bekend) de dimensionering van de verschillende technieken weergegeven. Bij de roostergoedverwijdering betreft het de vrije afstand van de roosterstaven. Bij de zand-/vetvang en de voorbezinktank de oppervlaktebelasting.

##### Hardheid water

De hardheid wordt gegeven in graden Duitse hardheid (°D).

1 °D komt per definitie overeen met 10 mg CaO/l. Water met een hardheid kleiner dan 5 °D geldt als zeer zacht, terwijl water met een hardheid groter dan 20 °D zeer hard kan worden genoemd.

Bij de inventarisatie van de hardheid van het afvalwater voor de Nederlandse rwzi's is gebruik gemaakt van het Jaarboek voor de Waterleiding in Nederland<sup>10</sup>.

Symbolenlijst

+ aanwezig/gekonstateerd  
- niet aanwezig/niet gekonstateerd  
o onbekend

CF continufilter (oxydatiebed)

VBZ voorbezinktank

AT beluchtingstank

TB tegenstroombeluchting

OS oxydatiesloot

OT oxydatietank

(LB) laagbelast

(HB) hoogbelast

Tabel 1. RWZi's met chemisch defosfateren

	Katwoude (HUS)	Vinkel (de Dommel)	Nieuwveer (HWB) betr. proef 1/6 deel install.	Dongemond (HWB) betr. proefopst.	Steenwijk (ZWO)
<u>Grootte</u> (aantal i.e.)	50.000	42.000	1/6 * 330.000 = 55.000	143.500	74.000
<u>Type zuivering</u>	AT	AT	AT (2-traps)	AT	AT (LB)
<u>Voorbehandeling</u>					
- roostergoedverw.	+ (15 mm)	+ (grof)	+ (fijn)	- (snijroosters)	-
- zand-/vetvanger	+ (27,9 m/h)	+ (belucht)	+	+ (in sliblijn)	-
- voorbezinktank(VBZ)	+ (1,5 m/h)	-	-	+	+ (1,3 m/h)
<u>Defosfatering</u>	+	+	+	+	+
- type chemicalie	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	Al-houd. beitsvloeistof	FeClSO <sub>4</sub>
- dosering mol Fe/mol P	2.2 (40g/m <sup>3</sup> )	0,72 (12.5 g/m <sup>3</sup> )	1,25 (2,25 g/g)	0,55 (1,0 g/g)	1,0
- plaats	oploop VBZ	1e trap AT	1e trap AT	AT (straat 1)	na AT
- sinds	aug '89	mei '90	2*periode van 1 maand	1990 ged. 3 mnd	1976
<u>Beluchting</u>					
- type (leverancier)	buis(Brandol)	dome(Hawker Sidderley)	buis(Brandol)	dome	dome (Activated Sludge)
- keramisch (k)/ membraan (m)	k	k	k	k	k
- wijze (kontinu (c)/ intermitterend (i))	c	c	i -> c	c	c
- luchtbelasting	9.8-12.4 Nm <sup>3</sup> /m.h	28-120 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	12.4 Nm <sup>3</sup> /m.h	54-125 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	32-52 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
<u>Reiniging</u>	-	+	+	-	+
- methode		zuur mechanisch	hogedrukspuit (uitw.)		hogedrukspuit (uitw.)
- frekwentie		2x/14 jaar (voor mei '90)	1x/jaar		1x/2 jaar
<u>Verstopping</u>					
- algemeen	-	-	+ (organisch)	-	-
- t.g.v. sim. defosf.	-	-	-	-	-
<u>Hardheid water</u> (°D)	15	13	11.2-15.1	11.2	5.0
<u>Opmerkingen</u>		pH(infl)=6-7,5	pH=7,4	pH=7,4	pH = 7,4 influent pH regeling met Ca(OH) <sub>2</sub> tot pH = 6,5

Tabel 1. RWZI's met chemisch defosfateren (vervolg)

	Tollebeek (ZMO)	A'dam-0	Wiesbaden (D)	Uster (CH) (kanton Zürich)	Meilen (CH) (kanton Zürich)
<u>Grootte</u> (aantal i.e.)	64.000	750.000	350.000	25.000	23.200
<u>Type zuivering</u>	AT	AT	AT	AT(LB)	AT(LB)
<u>Voorbehandeling</u>					
- roostergoedverw.	+ (5 mm)	+	+ (80 + 20 mm)	+ (25 mm)	+
- zand-/vetvanger	-	+	+	+	+
- voorbezinktank(VBZ)	+ (2 m/h)	+	+	+ (2,27 m/h)	+
<u>Defosfatering</u>					
- type chemicalie	+	+	+	+	+
- dosering mol Fe/mol P	FeClSO <sub>4</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeSO <sub>4</sub>	(FeCl <sub>3</sub> ) FeSO <sub>4</sub>	FeCl <sub>3</sub>
- plaats	1,0	0.55-1,1	1,0 (150 mg/g d.s.)	1,1 (10 g/m <sup>3</sup> )	1,1 (10 g/m <sup>3</sup> )
- sinds	pre-precipitatie 1990	o 1990	slibretour 1980	AT 1958	slibretour 1965
<u>Beluchting</u>					
- type (leverancier)	dome (Activated Sludge)	buis(Brandol)	v.a.'75 buis(Brandol) v.a.'87 (Didier)	v.a.'76 buis(Brandol)	v.a.'80 dome (Nokia) v.a.'85 plaat(Messner)
- keramisch (k)/ membraan (m)	k	k	k	k	m (Messner)
- wijze (kontinu (c)/ intermitterend (i))	c	c	c	c	c
- luchtbelasting	28-100 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	o	o	o	o
<u>Reiniging</u>					
- methode	-	+	+	+	+
		hogedrukspuit	met Calcolith hoge druk (mech.)	zuur	prev.(mierzuur)
- frekventie		1x/1 à 2 jaar	1x/1,5 jaar (na 1980)	1x/6-8 jaar	2x/jaar
<u>Verstopping</u>					
- algemeen	-	-	+	+	+
- t.g.v. sim. defosf.	n.v.t.	-	+	-	-
<u>Hardheid water</u> (°D)	13	8,4	o	o (zeer hard)	23 (zeer hard)

Opmerkingen

pH=7,5-8

Tabel 1. RWZI's met chemisch defosfateren (vervolg)

	Staefa Uerlikon (CH) (kanton Zürich)	Henniez (CH)	Vufflens (CH)	Yverdon (CH)
<u>Grootte</u> (aantal i.e.)	3.000	3.000	5.000	40.000
<u>Type zuivering</u>	AT(LB)	AT(LB)	TB	AT(HB)
<u>Voorbehandeling</u>				
- roostergoedverw.	+	+	+	+
- zand-/vetvanger	+	+	+	+
- voorbezinktank (VBZ)	-	-	-	+
				(slechte werking)
<u>Defosfatering</u>				
- type chemicalie	FeSO <sub>4</sub> Cl	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>
- dosering mol Fe/mol P	o	0,89 (1,6 g/g)	1,1 (2 g/g)	0,94 (1,7 g/g)
- plaats	oploop AT	AT	AT	oploop AT
- sinds	1970	o	juli '90	o
<u>Beluchting</u>				
- type (leverancier)	v.a. '70 dome(Degremont)	v.a. '86 plaat (Messner)	buis (OTT)	v.a. '84 plaat (Messner)
- keramisch (k)/	k	m	m	m
- membraan (m)	c	o	o	o
- wijze (kontinu (c)/	o	1-20 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	4-40 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	1-20 Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
- intermitterend (i))				
- luchtbelasting				
<u>Reiniging</u>				
- methode		+	-	+
		1)prev. (mierzuur)		(preventief)
		2)mechanisch		mechanisch
- frekwentie		1)6x/jaar		2 à 3x/week
		2)1x/jaar		
<u>Verstopping</u>				
- algemeen	-	+	-	-
		(kalksteen)		
- t.g.v. sim. defosf.	-	-	-	-
<u>Hardheid water</u> (°D)	o	zeer hard (> 20)	o	o
<u>Opmerkingen</u>	weinig toezicht/onderh.	- hoge pH (9-10)		gescheiden rioolstelsel
		- 90% industrieel		

Tabel 2. RWZ1's zonder chemisch defosfateren

Grootte(aantal i.e.)	Type zuivering	Voorbehandeling	Defosfatering	Beluchting	Reiniging	Verstopping	Opmerkingen
400.000	AT	- - roostergoedverw. - zand-/vetvanger - voorbezinktank(VBZ)	- - type chemicalie - dosering - plaats - sinds	- type (leverancier) - keramisch (k)/ - membraan (m) - wijze (continu (c)/ intermittend (!)) - luchtbelasting	+ hogedrukspuit	1x/1 à 2 jaar	pH=7,5-8 n.v.t.
536.000	AT	- - +	- - +	k buis (Brandol)	+ hogedrukspuit (in- en uitwendig) 90°C 1x/5 jaar (eenmalig)	+ 1x/5 jaar (eenmalig)	pH = 7,7 n.v.t.
16.000	TB	- - -	- - -	k buis (Brandol)	+ hogedruk- stoomcleaner met reinigingsmiddel	4x/jaar	pH = 7,1 n.v.t.
55.000	TB	- - -	- - -	k buis (Brandol)	+ hogedruk- stoomcleaner met reinigingsmiddel	1 à 2x/jaar	pH = 7,4 n.v.t.
67.000	AT	- + +	- - -	k buis (Brandol/Nokia)	+ hogedrukspuit (in- en uitwendig)	1x/2 jaar	pH = 7,5-8,0 n.v.t.
		Etten (ZOG)					+ (stijging overdruk) + (organisch)
		Krimpen a/d Lek (ZHEW)					
		Hardinxveld de Peulen (ZHEW)					
		Bath (HMB)					

Tabel 2. RWZ1's zonder chemisch defosfateren (vervolg)

Groottes(aantal i.e.)	Type zuivering	Voorbehandeling	Defosfatering	Beluchting	Reiniging	Verstopping	Opmerkingen
01burgen (ZOG)	AT	- + (10 mm) - + (2 m/h)	- + - + (2 m/h)	buis(Brandol) k k k - type (leverancier) - keramisch (k)/ - membraan (m) - wijze (kontinu (c)/ intermitterend (!)) - luchtbelasting	+ hogedrukspuit (in- en uitwendig) 1x/3 jaar	+ (organisch/zink) n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	pH=7,5-8 denitrifiekatie als voorbeh.
02denusvaart (ZWO)	CF+AT	- + (5 mm) - + (2 m/h)	- + (2 m/h) - + (2 m/h)	dome (Nokia) k k k - dome (Degremont)	+ hogedrukspuit 1x/4 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
Kampen (ZWO)	AT	- + (5 mm) - + (2 m/h)	- + (2 m/h) - + (2 m/h)	dome (Degremont) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + poetsen 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
Zwolle (ZWO)	AT	- + (10 mm) - + (1,5 m/h)	- + (10 mm) - + (1,5 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
Raalte (ZWO)	AT	- + (10 mm) - + (2 m/h)	- + (10 mm) - + (2 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
54.000 (ZWO) Holten Markelo	AT	- + (10 mm) - + (2 m/h)	- + (10 mm) - + (2 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
90.000 (ZOG)	AT	- + (10 mm) - + (2 m/h)	- + (10 mm) - + (2 m/h)	buis(Brandol) k k k - type (leverancier) - keramisch (k)/ - membraan (m) - wijze (kontinu (c)/ intermitterend (!)) - luchtbelasting	+ hogedrukspuit 1x/3 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
45.000 (ZWO)	CF+AT	- + (5 mm) - + (2 m/h)	- + (5 mm) - + (2 m/h)	dome (Nokia) k k k - dome (Degremont)	+ hogedrukspuit 1x/4 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
75.000 (ZWO)	AT	- + (5 mm) - + (2 m/h)	- + (5 mm) - + (2 m/h)	dome (Degremont) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + poetsen 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
150.000 (ZWO)	AT	- + (5 mm) - + (2 m/h)	- + (5 mm) - + (2 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
51.100 (ZWO)	AT	- + (10 mm) - + (1,5 m/h)	- + (10 mm) - + (1,5 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	
54.000 (ZWO) Holten Markelo	AT	- + (10 mm) - + (2 m/h)	- + (10 mm) - + (2 m/h)	dome (Activated Sludge) dome (Nokia) k k k - dome (Activated Sludge)	+ hogedrukspuit 1x/2 jaar + hogedrukspuit 1x/2 jaar	- n.v.t. - 1x dome vervangen (scheurtjes)	

### 3.2.6 analyse van schraapsel

Van een vijftal rwzi's is schraapsel afkomstig van de beluchtingselementen verzameld en geanalyseerd. Bij twee van deze vijf rwzi's werd simultaan gedefosfateerd, bij de drie andere niet.

De analyses zijn uitgevoerd om na te kunnen gaan of de samenstelling van het neerslag inzicht zou kunnen geven in het fosfaataandeel in het precipitaat of mogelijk in de bijdrage ervan aan de verstopping van de beluchtingselementen c.q. het oplopen van de drukval over de beluchtingselementen. In tabel 3 zijn de resultaten van de analyses weergegeven.

Waar er overigens bij deze rwzi's sprake was van verstopping van de beluchtingselementen (Krimpen a/d Lek en Olburgen) kon dit niet aan de geprecipiteerde fosfaten worden toegeschreven.

Tabel 3: Analysegegevens van schraapsel afkomstig van keramische beluchtingsdomes en -buizen bij verschillende rwzi's

parameter	eenheid	RWZI					Olburgen
		Hardinxveld de Peulen	Krimpen a/d Lek	Vinkel*	Dongemond* straat 1	straat 2	
P-tot	[mg/kg D.S.]	2450	2700	420	10000* <sup>1</sup>	13500* <sup>2</sup>	209400
Fe	[mg/kg D.S.]	17600	13100	5800	8400	9500	28230
Mg	[mg/kg D.S.]	5300	8100	43	3250	2750	5310
Zn	[mg/kg D.S.]	625	500	n.a.	630	760	206930
Ca	[mg/kg D.S.]	59500	78200	490	32000	25000	28230
indamprest	(%)	71	66	64	n.a.	n.a.	58,5
gloeirest	(%)	95	97	96	65	58	n.a.

\* chemisch defosfateren

\*1/\*2 resp. 23000 en 31000 mg P<sub>205</sub>/kg D.S.

n.a. niet geanalyseerd

Opmerking: Bij de rwzi Dongemond betreft het een proef die is uitgevoerd in de periode van mei tot en met juli 1990 (tabel 1). De monsters van het schraapsel zijn genomen in oktober.

Het aandeel van Fe en P-tot in het schraapsel van de beluchtingselementen bij de rwzi Vinkel is ten opzichte van de Ca- en Mg-hoeveelheid relatief gezien hoger dan bij de rwzi's zonder chemisch defosfateren in Hardinxveld de Peulen en Krimpen a/d Lek. Dit kan mogelijk het gevolg zijn van het neerslaan van FePO<sub>4</sub> door simultaan defosfateren. Dat de getallen absoluut nogal verschillen heeft mogelijk te maken met het grote aandeel van zand in het schraapsel van de rwzi Vinkel.

De samenstelling van schraapsel van beluchtingselementen uit de



twee straten van de rwzi Dongemond is nagenoeg gelijk. Waarschijnlijk is de periode tussen de proefneming en de monstername te lang geweest om nog significante verschillen aan te kunnen tonen.

Bij de rwzi Olburgen betreft het materiaal dat afkomstig is van de binnenkant van de keramische beluchtingsbuizen. Op de elementen zelf bleek geen afzetting aanwezig te zijn. Uit de analysegegevens kan worden afgeleid dat het hier vermoedelijk gaat om een reactieprodukt van zink en fosfaat, waarbij het zink mogelijk afkomstig is van de verzinkte binnenwand van de luchttoevoerleidingen.

4.1       Algemeen

Uit de verkregen informatie blijkt dat slechts bij één rwzi duidelijke verstopping optrad na de introductie van simultaan defosfateren. Verstopping van beluchtingselementen in het algemeen en ook verstopping na introductie van simultaan defosfateren kan echter niet geheel aan de dosering van anorganische zouten worden toegeschreven.

Verstopping van beluchtingselementen wordt in de meeste gevallen toegeschreven aan organische vervuiling en scaling door de kalksteenvorming bij hard water in combinatie met een hoge pH in de beluchtingstank. De rwzi's van Henniez en Meilen zijn twee voorbeelden van rwzi's waarbij de beluchtingselementen door kalksteenvorming verstopt zijn geraakt. Verstopping komt relatief het meest voor bij de combinatie van bellenbeluchtingssystemen met ruw, niet-voorbezonden water of hard water. Bovendien kan door het toepassen van een te lage luchtsnelheid in de beluchtingselementen de verstopping in de hand worden gewerkt.

Uit het verzamelde gegevensmateriaal valt niet af te leiden dat door de dosering van anorganische zouten voor de simultane defosfatering de verstopping van beluchtingselementen wordt versneld. Duidelijk is wel dat bij de helft van de rwzi's uit tabel 1 in het geheel geen problemen optreden, waarschijnlijk door adequaat preventief onderhoud.

Bij rwzi's met bellenbeluchting en geen simultane defosfatering (tabel 2) wordt in een aantal gevallen verstopping waargenomen; bij deze rwzi's is het rioolwater slechts in beperkte mate voorbehandeld.

De analyses van de schraapsels duiden niet op een rol van de geprecipiteerde fosfaat-zouten; enerzijds is het bestanddeel van de fosfaat-zouten zeer gering, anderzijds is het gehalte aan de fosfaat-zouten voor rwzi's met en zonder simultane defosfatering niet duidelijk verschillend.

4.2       Factoren bij verstopping van beluchtingselementen

In het voorgaande zijn reeds enkele malen de belangrijkste factoren voor de verstopping van beluchtingselementen ter sprake gekomen.

In de eerste plaats kunnen constructie-technische en/of installatie-technische fouten of tekortkomingen de oorzaak zijn van verstoppingen. Hierbij moet men bijvoorbeeld denken aan:

- het ontbreken of slecht functioneren van een filtersysteem voor de aangezogen lucht;
- een ongelijkmatig verdeelde luchttoevoer naar de beluchtingselementen, omdat de elementen niet alle op dezelfde diepte zijn geïnstalleerd;

- een slechte ontwatering van dieper gelegen luchtverdeel-  
leidingen waardoor eveneens een ongelijkmatige verdeelde  
luchttoevoer optreedt;
- de installatie van niet-dichte systemen waardoor aktiefslib  
in het beluchtingssysteem kan doordringen;
- het aanbrengen van verschillende metalen in elkaars nabijheid  
(bijvoorbeeld verzinkte leidingen boven een stalen konstruk-  
tie) waardoor elektrochemische reacties optreden (corrosie!).

Daarnaast is de methode van voorbehandeling van groot belang. Een beperkte of slecht funktionerende voorzuivering (bijvoor-  
beeld toepassing van alleen roostergoedverwijdering) lijkt de  
kans op verstopping door zand te vergroten. De problemen bij de  
rwzi in Vinkel (tabel 1) zijn hiervan een voorbeeld.

Verder kan de bedrijfsvoering van invloed zijn op de verstoppingssnelheid van de beluchtingselementen. Hierbij moet men  
bijvoorbeeld denken aan het toepassen van intermitterend be-  
luchten in beluchtingstanks of het handhaven van een te lage  
luchtsnelheid in de beluchtingselementen.

Ook de samenstelling van het afvalwater zelf is van betekenis. Met name de hardheid van het water in combinatie met de zuur-  
graad speelt een belangrijke rol. In die gevallen waarbij het  
kalk/koolzuur-evenwicht kritisch is (hard water en hoge pH),  
kan door intensief beluchten kalksteen neerslaan. Naast het  
stripeffect voor CO<sub>2</sub> heeft de intensieve beluchting lokaal ook  
een temperatuurverhogend effect. Beide effecten versterken de  
vorming van kalksteen. Kalksteen staat bekend als een zeer  
hardnekkige vervuiling, die alleen door intensieve reiniging te  
verwijderen is. De verzadiging van water met kalksteen wordt  
beschreven met de kalkverzadigingsindex (SI), die als volgt is  
gedefinieerd:

$$SI = \log \left( \frac{[Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]}{Kc} \right)$$

met Kc als oplosbaarheidsconstante.

De berekening van deze index is zeer complex en hangt af van  
factoren als de pH, temperatuur, calcium-, sulfaat- en bicarbo-  
naat- concentratie. Een nauwkeurige en eenvoudige berekenings-  
methode wordt gegeven door Stuyfzand<sup>9</sup>. Een SI-waarde groter dan  
nul duidt op een oververzadiging van CaCO<sub>3</sub>, en daarmee het  
risico van neerslag.

De verstoppingsrisico's nemen toe als het niet mogelijk is de  
beluchtingselementen op eenvoudige wijze te verwijderen uit de  
beluchtingstank. Het met grote regelmaat stilleggen van het  
proces en het leeg laten lopen van de beluchtingstank worden  
niet als gunstig beschouwd voor de bedrijfsvoering. Bij het  
ontwerp van nieuwe tanks kan men dit gedeeltelijk opvangen door  
compartimentering van de tank.

#### 4.3 Mogelijke maatregelen ter preventie/bestrijding van verstoppingen

Preventief onderhoud, door middel van mierzuurdosering in de luchttoevoerleidingen van keramische beluchtingselementen of door het aan/uitschakelen van de beluchting bij membraanbeluchtingselementen, wordt vooral in Zwitserland toegepast. Dit houdt verband met het feit dat men bekend is met de problemen die ten gevolge van de hoge hardheid van het water kunnen optreden.

Bij Nederlandse rwzi's wordt vooral gebruik gemaakt van hogedrukmethoden al dan niet met heet water of stoom, als preventieve maatregel en als daadwerkelijke reinigingsmethode.

Vergaande reiniging van beluchtingselementen in behandelingsbaden (zuurbaden, Calcolith-baden) wordt, van de hier beschouwde rwzi's, alleen bij de rwzi's in Wiesbaden en Uster toegepast. Hiervoor moeten de elementen worden gedemonteerd. De regeneratie met zuur bij de rwzi Uster bleek slechts éénmaal mogelijk. De tweede behandeling had geen effect meer. Dit zou kunnen betekenen dat de porositeit van de elementen verandert door de behandeling (vergruizing).

In het algemeen kunnen membraanbeluchtingselementen na verloop van tijd hun elasticiteit verliezen, zodat de openingen zich niet meer sluiten bij stopzetten van de beluchting. Hierdoor zal de kans op verstopping toenemen. Bij geen van de rwzi's met membraanbeluchtingselementen die in tabel 1 en 2 zijn genoemd, is dit verschijnsel overigens gekonstateerd. Dit heeft te maken met het feit dat in die gevallen waarbij de membraanbeluchtingselementen verstoppen (rwzi's Meilen en Henniez) elementen worden toegepast die reeds open poriën bezitten (Messner platen).

Tussen het toepassen van simultane defosfatering en het optreden van verstopping van poreuze beluchtingselementen blijkt op basis van onderzoek geen directe oorzaak-gevolg relatie te vinden.

Aan de verstopping van beluchtingselementen kunnen tal van oorzaken ten grondslag liggen. De dosering van anorganische zouten ten behoeve van chemisch defosfateren behoort hier in theorie ook toe, maar is niet als zodanig herkenbaar. Ook de analyse van schraapsel afkomstig van beluchtingselementen blijkt aan de herkenbaarheid van deze oorzaak geen extra informatie toe te voegen.

De algemene conclusie uit het onderzoek luidt dat er geen significant verhoogd risico is te verwachten met betrekking tot het optreden van verstopping van poreuze beluchtingselementen bij toepassing van simultaan defosfateren. Op grond hiervan bestaan er geen restricties voor de gekombineerde toepassing. Van belang is wel dat bij de dosering van chemicaliën de pH en hardheid van het afvalwater goed in het oog worden gehouden. Oververzadiging van kalksteen ten gevolge van een hoge pH (> 7,5) in combinatie met een hoge hardheid (> 15 °D), is een belangrijke oorzaak voor verstopping van poreuze beluchtingselementen.

Omdat het verband tussen simultaan defosfateren en de verstopping van beluchtingselementen niet aantoonbaar is, kan er geen uitspraak worden gedaan over het belang van toepassing van bepaalde reinigingsmethoden bij simultaan defosfateren. Wel kan bij tijdig (preventief) onderhoud de drukvaltoename over de beluchtingselementen (en dus de verstopping) op rwzi's met en zonder simultane defosfatering goed worden beheerst. Met het oog op de mogelijkheid van preventief onderhoud door de dosering van mierzuur in de luchttoevoerleidingen moet bij nieuw aan te leggen rwzi's worden overwogen om deze leidingen in ieder geval corrosie-bestendig uit te voeren.

Reiniging via demontage dient zoveel mogelijk te worden voorkomen door de ingrijpende invloed op het zuiveringsproces en de kosten. In dit verband moet (zeker bij een nieuw te bouwen rwzi) worden overwogen om een ophaalmechanisme voor de beluchtingselementen te installeren of compartimentering van de beluchtingstank toe te passen.

1. Aeration, a wastewater treatment process, Water Pollution Control Federation/American Society of Civil Engineers, WPCF Manual of Practice - No. FD-13/ASCE-Manuals and Reports on Engineering Practice - No. 68; 1988.
2. Bretscher, U. & Hager, W.H. - Die Reinigung von Abwasser-Belüftern, GWF-Wasser/Abwasser, 124, (1983) 6 : 273 - 277.
3. Davis, E. - The Clogging of Sewage Lagoon Aerators, Water Science and Technology, (1989) 21 : 669 - 676.
4. Houck, D.H. & Boon, A.G. - Survey and Evaluation of Fine Bubble Dome Diffuser Aeration Equipment, Association of Metropolitan Sewerage Agencies, Washington DC.; U.S., Department of Commerce (National Technical Information Service), 1981.
5. Huibregtse, G.L. & Rooney, T.C. & Rasmussen, D.C. - Factors affecting Fine Bubble Diffused Aeration; Journal WPCF, 55 (1983) 8 : 1057 - 1064.
6. Keller, U. - Langzeitversuche mit verschiedenen Druckbelüftern und mit Luftmengenregulierung in der Belebtschlammanlage der ARA Altenrhein, Verband Schweizerischer Abwasserfachleute; Verbandsbericht Nr. 216, 1982.
7. Koot, A.C.J. - Behandeling van Afvalwater, 2<sup>e</sup> druk, Delft, Uitgeverij Waltman, 1980.
8. Rutten, G.A.M. - Reinigen Beluchtingselementen van de rwzi Nijmegen e.o., de Klaarmeester, (1990) 4 : 29 - 34.
9. Stuyfzand, P.J. - Een nauwkeurige, relatief simpele berekening van de kalkverzadigingsindex van zoet tot zout water; H<sub>2</sub>O, (1987) 25 : 636 - 639.
10. VEWIN, Jaarboek voor de Waterleiding in Nederland, 1987.