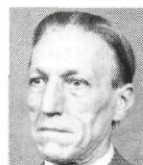


Methaan verwijderen met een plaatbeluchter

Het grondwater uit een nieuwe put in een dieper watervoerend pakket te Culemborg bevat 6-7 mg/l methaan. Dit verstoort de gebruikelijke grondwaterzuivering zodanig, dat het methaan – grotendeels – vóór de filtratie moet worden verwijderd. Het KIWA en de NV Waterleiding Maatschappij Gelderland hebben door middel van onderzoek aangetoond dat met een plaatbeluchter een zodanig laag restgehalte methaan is te bereiken, dat de enkelvoudige filtratie weer goed functioneert.



IR. G. K. REIJNEN
KIWA NV



IR. J. SMILDE
voormalig hoofd Productie/
Exploitatie van de NV Water-
leiding Maatschappij Gelderland

Pompstation Culemborg

Het pompstation Culemborg zuivert grondwater uit het eerste watervoerende pakket op een diepte van 15-45 meter. Een enkele versproeiing met dresdener sproeiers, gevolgd door filtratie, is genoeg om goed drinkwater te maken. Om een aantal redenen is in 1983 een diepe put geboord in een watervoerend pakket op een diepte van 100-150 meter. Dit water werd apart gefiltreerd met één van de drie betonnen snelfilters. Al heel snel ontstonden echter problemen. Het beluchte water werd zuurstofloos in het filter door een hoog zuurstofverbruik. De ontmanganing en nitrificatie verliepen onvolledig. De oorzaak was spoedig bekend. Het 'diepe' grondwater bevat 6-7 mg/l methaan. Wat kon men het beste doen om dit probleem

op te lossen? Gelukkig bleek er al vrij veel bekend te zijn over de oorzaak en de oplossing van de problemen die door methaan worden veroorzaakt.

Methaan in grondwater

Methaan (CH_4) ontstaat wanneer bacteriën organisch materiaal 'afbreken' of 'verteren' bij afwezigheid van zuurstof. Er wordt dan ook zwavelwaterstof (H_2S) gevormd. Ruikt het bij de beluchting op uw bedrijf naar zwavelwaterstof, dan kan er ook methaan in het water zitten. Dat hoeft echter niet, want methaan ontwijkt 'zo gauw als mogelijk' uit het water. Is het watervoerend pakket afgesloten door een te slecht doorlatende laag, dan kan het methaan niet weg uit het water. Vandaar dat in Culemborg het methaan nog in het diepe grondwater is opgelost.

Methaan in het snelfilter

Op 26 oktober 1976 vertelde dr. M. van Ammers, van de NV Waterleiding Friesland, de Contactgroep Wateronderzoek en Waterzuivering dat methaan in een snelfilter door bacteriën wordt omgezet in koolstofdioxide [1]. Deze zogenaamde 'methaan-oxyderende bacteriën' gebruiken hiervoor veel zuurstof, bijna 4 mg per milligram methaan. Al langer was bekend dat snelfilters soms meer zuurstof verbruiken dan nodig is voor het ontijzeren, ontmanganen en nitrificeren. In 1956 schreef dr. W. Kaufmann, een vooranger van de heer Van Ammers, er al over in het tijdschrift 'Water' [2].

Van der Kooij, microbioloog bij het KIWA, toonde in de slijmerige aangroei op het filtergrind van pompstation Spannenburg bacteriën aan van het geslacht '*Pseudomonas*' *Methanica*'. De oorzaak van het hoge zuurstofverbruik en het snel vervuilen van de snelfilters was opgespoord. Ongeveer tegelijkertijd publiceerden Mevius [3] en Schweisfurth en Ruf [4] over de relatie

tussen methaan en zuiveringsproblemen in West-Duitsland.

Het probleem komt meer voor dan we verwachtten

De Contactgroep Ontijzering² heeft geïnventariseerd op welke pompstations meer dan 1 mg/l methaan in het ruwe grondwater is opgelost. Het zijn er minstens dertig! En ze zijn nog niet allemaal onderzocht. De Contactgroep verwacht dat een aantal zuiveringsproblemen, waarvan de oorzaak nog niet was gevonden, is te wijten aan het methaan.

Omdat het methaan-probleem bij veel bedrijven speelt, heeft het KIWA in het kader van het door de VEWIN opgedragen speurwerkproject 'Intensieve Beluchting' samen met de WMG een case study naar de verwijdering van methaan uitgevoerd.

Methaan verwijderen door beluchten

Methaan laat zich gemakkelijk uit water verwijderen door het te beluchten.

Een aantal beluchtingssystemen hebben wij voor Culemborg in beschouwing genomen. We hebben ze beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- Een verwijdering van 6 à 7 mg/l tot circa 0,5 mg/l of minder moet worden gehaald. Procentueel is dit een verwijdering van circa 93%.
- De benodigde apparatuur moet goed passen in, bij of op het bestaande filtergebouw.
- De beluchtingsapparatuur moet goed kunnen worden schoongemaakt. Want ruw water met ijzer en methaan geeft aanleiding tot vervuiling door ijzeroxyden en bacterieslib.
- De kosten moeten zo laag mogelijk zijn.
- De beluchting moet op korte termijn functioneren, want er moet voldoende water worden geleverd.

Sproeiers

De bestaande dresdener sproeiers verwijderen circa 60-70% van het methaan. De valhoogte vergroten tot 2 meter (is circa 1 meter) zal iets verbetering opleveren, maar onvoldoende. Hoge-druksproeiers vernevelen het water beter. Ze vergen echter een hoge voordruk, te weten circa 50-100 kPa (0,5-1 bar of 5-10 mWk). Een waterleidingbedrijf realiseerde hiermee (experimenteel) een verwijdering van 74-86%.

Vacuüm-ontgasser

Een briefwisseling met het waterleidingbedrijf

¹ In de nieuwe classificering wordt deze bacterie *Methylomonas* genoemd.

² De Contactgroep Ontijzering is een forum van medewerkers van waterleidingbedrijven die zich bezighouden met onderzoek naar de ontijzering. Het doel is 'Uitwisselen van informatie en coördineren van onderzoek'. De Contactgroep is opgericht door de Commissie Grondwaterzuivering van het KIWA.

Pompstation Culemborg

Pompstation Culemborg is gebouwd in 1910. In 1983 is het gerenoveerd en de bedrijfsvoering geautomatiseerd. De zuivering bestaat uit drie open betonnen filters, elk met een oppervlak van 20 m². Het water wordt boven de filters verspreid met dresdener sproeiers.

De filterbedden zijn 1,85 m hoog en bestaan uit grind met een korrelgrootte van 1,25-1,75 mm.

De filtratiesnelheid bedraagt 5-6 m/h, het aantal bedrijfsuren tussen twee spoelbeurten is 30.

Het spoelproces verloopt als volgt:

1 min. lucht 35 m/h.
4 min. lucht 35 m/h. + water 5 m/h.
5 min. water 20 m/h.

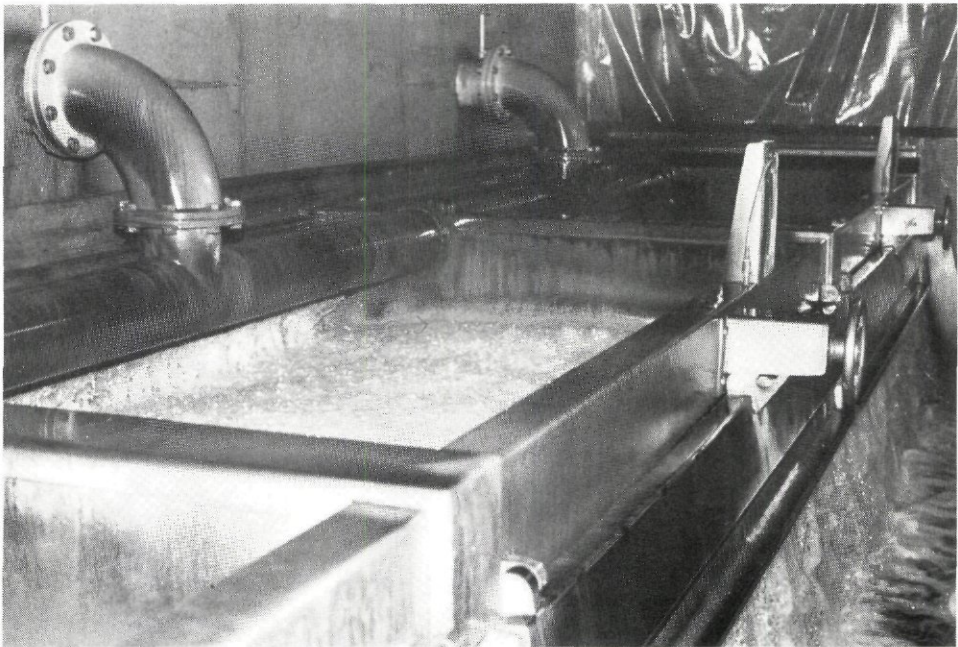
Het niveau van het water boven de filters wordt – nagenoeg – constant gehouden door een niveauregeling, bestaande uit een vlotter welke mechanisch is verbonden met een regelklep in de filtraatafvoer.



van Kopenhagen leerde ons dat men daar al sinds ± 1960 circa 90% van het methaan uit grondwater verwijdert met een vacuüm-ontgasser. Het water valt met een snelheid van 40 m/h door een toren met een bouwhoogte van 14 meter. Het wordt verspreid over een 8 meter hoge stapeling van houten latten. Een vacuümpomp zorgt voor een zeer lage luchtdruk in de toren (96% vacuüm). De energiekosten zijn hoog. Ze bedragen 0,123 kWh per m³ water. Bovendien vergt zo'n vacuüm-ontgasser een relatief hoge investering. Groot voordeel van het systeem is dat het niet vervuult. Er lost namelijk geen zuurstof in het water op. Want in een vacuüm-ontgasser wordt geen lucht, en dus geen zuurstof, toegevoerd. Alleen de uit het water vrijgekomen gassen, zoals methaan, stikstof- en koolstofdioxide, worden afgevoerd door de vacuüm-pomp. We vonden het systeem te duur, het verwijderingspercentage te laag en de installatie te omvangrijk. Bovendien was er eind 1983 nog geen Nederlandse ervaring met deze toepassing. Een snelle realisering was dus niet mogelijk.

Beluchtingstoren

Een beluchtingstoren, gevuld met een los gestorte pakking, kan een zeer laag restgehalte methaan opleveren. Het KIWA heeft in Veghel, samen met de NV Waterleiding Maatschappij Oost-Brabant en de Stichting Waterleidinglaboratorium Zuid, onderzoek verricht met een experimentele beluchtingstoren van het KIWA. Daaruit bleek dat 6-7 mg/l methaan is te verwijderen tot beneden de detectiegrens (0,01 mg/l). Dit resultaat is bereikt met een hoogte van een stalen pakking (Hy-pak 30 mm) van 3 m, een watersnelheid van circa 90 m/h en een lucht-waterverhouding van 2 (in tegenstroom). De lucht-waterverhouding kan zo laag zijn omdat methaan veel beter oplost in



Afb. 2 - Op de geperforeerde plaat ontstaat een schuimlaag. Het water wordt daardoor zeer intensief in contact gebracht met de lucht, waardoor methaan of andere gassen effectief worden verwijderd.

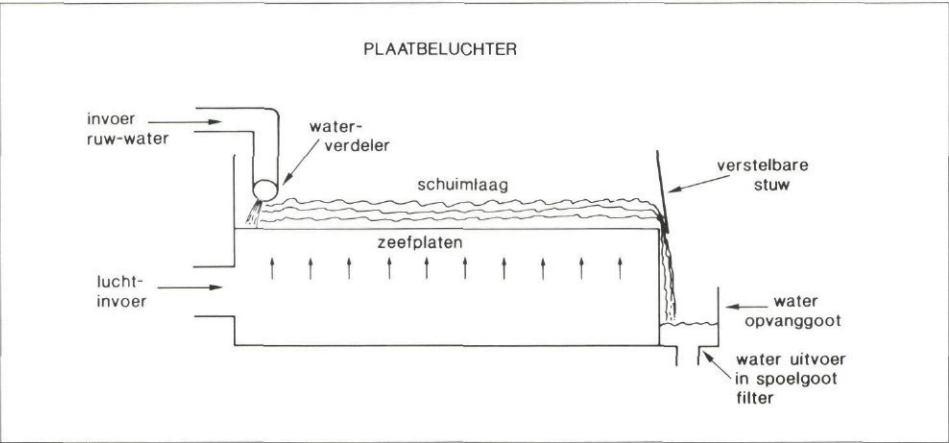
lucht dan in water. De verdelingscoëfficiënt tussen water en lucht is 0,04 bij 10 °C. Meestroom-beluchting kan daarom, wanneer geen extreme mate van verwijdering nodig is, ook worden toegepast. Hetzelfde experiment te Veghel bevestigde dat, toen we de ventilator stopten en de natuurlijke-mee-stroom-ventilatie lieten plaatsvinden.

Een probleem vormt echter de vervuiling van de pakking met ijzer en bacterieslib. Dat is één van de redenen waarom we dit systeem in Culemborg niet hebben toegepast. Er was tevens te weinig ruimte boven het filter – in het gebouw – voor het plaatsen van een beluchtingstoren. Plaatsen naast het gebouw zou een extra pompfase vergen. Plaatsen op het gebouw leek 'voor het oog' minder gewenst.

Plaatbeluchter

De plaatbeluchter is in Nederland door de NV Waterleiding Friesland (WLF) geïntroduceerd en is ook wel bekend onder de naam 'Inka intensieve beluchter'. Zie afb. 1 en 2. Men bezichtigde dit beluchtingssysteem in Sjaelsoe (Denemarken) waar men het al sinds 1964 toepast voor het verwijderen van methaan. Uit metingen die het KIWA in 1982 mocht uitvoeren te Spannenburg bleek dat een methaan-verwijdering van 91-97% werd bereikt. De procescondities: Oppervlaktebelasting circa 25-30 m³/m² · h; lucht-waterverhouding circa 40-50. Het beste resultaat werd destijds bereikt met een plaatbeluchter in het provisorium (water 25 m³/m² · h; lucht-waterverhouding 50). Het leek ons goed om in Culemborg een experiment uit te voeren met zo'n plaatbeluchter. Hij past in het gebouw boven het betonnen filter. Het energieverbruik is niet zo hoog (circa 0,035 kWh/m³) en de platen zijn goed te reinigen.

Afb. 1 - In een plaatbeluchter wordt lucht door een geperforeerde plaat geblazen. Het te beluchten water stroomt in een dunne laag over deze plaat. De verblijftijd van het water is te regelen met een stuw, waardoor het water in een opvangbak stroomt.



Experiment met de plaatbeluchter

De bovengenoemde plaatbeluchter, uit het provisorium te Spannenburg, is in januari 1984 door de WMG gekocht voor een experiment op praktijkschaal te Culemborg. In de aparte tekst is beschreven hoe de plaatbeluchter is geïnstalleerd. Het diepe water werd op één van de drie filters gebracht, hetgeen een uitstekende gelegenheid bood de 'oude en de nieuwe' situatie te vergelijken. We hebben gekeken naar de mate van methaanverwijdering, de invloed van deze 'intensieve beluchting' op de ontijzering, ontmanganing en nitrificatie en het aantal bacteriën in het filterbed en het filtraat.

Het instellen van de procescondities

Voor de resultaten worden gegeven moet nog worden vermeld wat er te regelen is aan deze plaatbeluchter. De volumestroom van het toegevoerde water is te variëren van 120 tot 150 m³/h. Ook de volumestroom lucht is regelbaar en te meten met een Pitot buis. Deze bedraagt maximaal circa 7.800 Nm³/h, wanneer geen water over de plaat stroomt (Δp 700 Pa = 70 mm Wk). Aan het eind van de plaat valt het water niet zomaar naar beneden, maar wordt het tegengehouden door een verstelbare stuw die lijkt op de losklep van een zandvrachtwagen (afb. 1 en 2). De spleet waardoor het water naar beneden valt is dus instelbaar. Is de opening nauwer, dan blijft het water langer op de plaat. Daardoor wordt de luchtweerstand over de plaat hoger en de schuimlaag dikker. Deze luchtweerstand is instelbaar tussen 1 en 1,7 kPa (100-170 mm Wk); een hogere weerstand kan de toegepaste ventilator niet hebben. Wordt de klep te veel geknepen dan 'stort de schuimlaag in' en loopt het water plaatselijk door de plaat naar beneden. De meest gebruikelijke luchtweerstand voor de toegepaste plaatbeluchter is 1,4 kPa (140 mm Wk).

De verwijdering van methaan

In de tabellen I en II is de mate van verwijdering van methaan vermeld bij verschillende procescondities. Opvalt dat de lucht-waterverhouding, binnen de in te stellen range, weinig invloed heeft op de mate van verwijdering. Duidelijk meer invloed heeft – indirect – de luchtweerstand. De werkelijke oorzaak is de verblijftijd van het water op de plaat, wanneer de schuimlaag dikker is door het vernauwen van de stuw. En dat is een belangrijk gegeven. Bij een volumestroom van 150 m³/h is het percentage methaanverwijdering wel wat lager dan bij 120 m³/h. De gewenste verwijdering van circa 93% is gemiddeld nog wel

TABEL I – Invloed van de procescondities op de verwijdering van methaan met de plaatbeluchter.

Volumestroom water 120 m³/h (30 m³/m² · h)		
Temperatuur water 12,5 °C		
Temperatuur lucht 7 °C		
Methaangehalte invoer 6,3 mg/l*		
Lucht/water verh.	ΔP lucht (kPa)	% verw. methaan
57	1	93,8
52	1	94,3
39	1	93,7
33	1	93,3
43	1,4	95,4
42	1,4	95,2
33	1,4	96,2
27	1,4	95,6
38	1,7	97,9
32	1,7	97,5
29	1,7	96,8

* Het restgehalte methaan is bepaald in water uit de opvangbak van de plaatbeluchter, zie afb. 1.

te realiseren. Er zit echter wat meer variatie in het resultaat. De oorzaak is wellicht dat deze plaatbeluchter voor een lagere volumestroom is ontwikkeld. Het hoogste verwijderingspercentage (97%) is gerealiseerd bij een oppervlaktebelasting van 30 m³/m² · h, een lucht-waterverhouding van 30-40 en een luchtweerstand van 1,7 kPa. Het energieverbruik van de ventilator is onder deze omstandigheden 0,025 kWh/m³. De energiekosten vallen dus mee! Ter vergelijking: Met dezelfde hoeveelheid energie kan een kubieke meter water 5 meter omhoog worden gepompt, bijvoorbeeld in een beluchtingstoren.

Invloed van de beluchting op de zuivering

De ontijzering, ontmanganing en nitrificatie van het ondiepe water verloopt – nagenoeg – volledig. Zie tabel III. Het diepe methaanhoudende water bevat minder ijzer, mangaan en ammonium-ionen. De ontijzering is desondanks minder volledig geworden. Dat is naar verwachting te wijten aan de hogere pH. Bij een hogere pH wordt ijzer weliswaar sneller geoxydeerd, maar zijn de ontstane

Conclusie

- Een plaatbeluchter is bruikbaar voor het verwijderen van methaan uit grondwater. Een verwijdering van 95% is goed te bereiken.
- De benodigde bouwhoogte is betrekkelijk gering, zodat de plaatbeluchter in een bestaand gebouw in veel gevallen geplaatst kan worden boven de filters.
- De geperforeerde platen zijn goed te reinigen wanneer ze zijn vervuild met ijzer en bacterieslib.
- De energiekosten zijn laag (0,025-0,035 kWh/m³).
- Wanneer de, na de beluchting resterende, 0,2 mg/l methaan door bacteriën in het filter wordt afgebroken, is de toename van het aantal bacteriën in het filtraat gering.

vlokken soms minder goed te filtreren [5]. De troebelheid van het filtraat heeft in de praktijk vaak een nagenoeg lineaire relatie met het ijzergehalte [5]. Uit continue registratie van de troebelheid van 'het proef-filter' en een 'referentiefilter' blijkt dat de ontijzering in het proeffilter gevoeliger is voor de bedrijfsvoering. De troebelheid bedraagt minimaal 0,15 FTU. Na het spoelen vertoont de troebelheid een piek van 0,6 FTU. Het vergt circa 10 bedrijfsuren voor de troebelheid de minimale waarde heeft bereikt. Het filter moet kennelijk weer 'inwerken' na het spoelen. Vooral na een wat langere – echte – looptijd van 30-40 uren vertoont de troebelheid een piek (verdub-

TABEL II – Invloed van de procescondities op de verwijdering van methaan met de plaatbeluchter bij een hogere oppervlaktebelasting.

Volumestroom water 150 m³/h (37,5 m³/m² · h)		
Temperatuur water 10 °C		
Temperatuur lucht 15 °C		
Methaangehalte invoer 6,6 mg/l*		
Lucht/water verh.	ΔP lucht (kPa)	% verw. methaan
23	1,0	92,3
29	1,0	93,6
21	1,2	92,3
26	1,2	94,1
36	1,2	91,7
19	1,4	91,8
25	1,4	94,8
35	1,4	92,9
21	1,6	95,6
27	1,7	96,4

* Het restgehalte methaan is bepaald in water uit de opvangbak van de plaatbeluchter, zie afb. 1.

TABEL III – Watersamenstelling ruwe en reine water uit twee watervoerende pakketten.

	Ruw water		Belucht en gefiltreerd	
	ondiep	diep	ondiep met dresdener sproeiers	diep met plaatbeluchter
Fe (mg/l)	4	2	≤ 0,02	0,03-0,05
Mn (mg/l)	0,75	0,1	< 0,02	< 0,02-0,06*
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,9	0,45	< 0,02	< 0,02
O ₂ (mg/l)	0	0	2-3	7-8
CH ₄ (mg/l)	0,2	6,5	0,02	0,02
pH	7,3	7,4	7-5-7,6	7,9
troebelh. (FTU)	–	–	0,06	0,15-1

* Enkele 'uitschieters'.

Installatie plaatbeluchter

Het methaan wordt uit diep grondwater verwijderd met een plaatbeluchter welke boven één filter is geplaatst. De sproeiers boven dit filter zijn daartoe verwijderd.

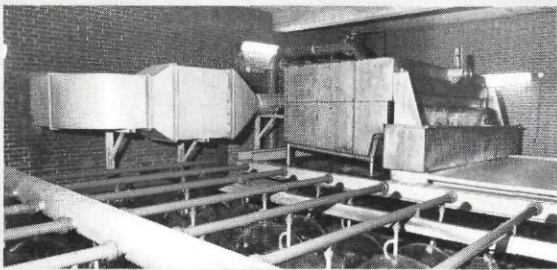
De bodem bestaat uit drie geperforeerde roestvaststalen platen van elk circa 1,3 m², welke uitneembaar zijn om ze te kunnen reinigen.

De lucht wordt gefiltreerd met een luchtfilter (verbrede deel van luchtinvoer links van de plaatbeluchter).

De uitwendige afmetingen van de plaatbeluchter zijn:

Hoogte 1,4 m + 0,15 m waterinvoer
Breedte 5,1 m
Lengte 4,95 m + 1,26 m water + luchttoevoer.

De kosten van overname, transport en installatie bedroegen f 45.000,-. Een nieuwe plaatbeluchter zal naar verwachting circa f 25.000,- meer kosten.



De volgende procescondities worden toegepast:
Volumestroom water 120-150 m³/h.
Volumestroom lucht circa 5.000 N m³/h.
Luchtweerstand plaat + schuimlaag 140 kPa (140 mm WK).

beling) na een periode van stilstand. Aanvankelijk is veel aan/uit geschakeld wegens de zeer kleine waterberging in de watertoren. Door het pompstation aan een groter voorzieningsgebied te laten leveren, wordt momenteel veel minder geschakeld. Het ijzergehalte, dat aanvankelijk varieerde van 0,03-0,1 mg/l, ligt daardoor nu meestal tussen 0,03 en 0,05 mg/l. De filters die ondiep water ontijzeren moeten worden gespoeld wanneer de toenemende filterweerstand dit noodzakelijk maakt. Het ijzergehalte is dan nog laag. Het filter onder de plaatbeluchter moet worden gespoeld wanneer het ijzergehalte in het filtraat gaat toenemen. De filterweerstand is dan nog laag. Een duidelijke verandering dus. Door tijdig te spoelen blijft het ijzergehalte acceptabel. De werkelijke looptijd van de filters op ondiep water is circa 30 uren en van het filter op het diepe water 35 uren. Het mangaangehalte is een enkele keer iets hoger geweest dan gebruikelijk. Is de snellere oxydatie bij een hogere pH de oorzaak? We weten dat (nog) niet.

Bacteriën in het filterbed en het gefiltreerde water

Bij het begin van het experiment hebben we aangenomen dat minstens 93% van het methaan zou worden verwijderd met de plaatbeluchter. Is dat voldoende? Levert een restgehalte van circa 0,5 mg/l problemen op met overmatige bacteriegroei in of na het snelfilter? Om dit te beoordelen heeft de Vakgroep Biologie van het KIWA een oriënterend microbiologisch onderzoek uitgevoerd. Het aantal bacteriën in het filterbed en het filtraat van het proeffilter is vergeleken met dat van één van de overige filters. Er bestaan zeer veel soorten bacteriën die onder meer van elkaar verschillen door de soort voeding welke ze kunnen opnemen. Bepaald zijn de kolonietallen van bacteriën op een drietal verschillende voedingsbodems. In deze publikatie wordt dit onderzoek niet gedetailleerd beschreven. Volstaan wordt met het globaal weergeven van het resultaat. De haalbare methaanverwijdering met de plaatbeluchter is duidelijk hoger dan 93%. Het restgehalte na beluchting dat op het filter komt bedraagt circa 0,2 mg/l. Dit gehalte is mede zo laag omdat ook in de watertoevoer van de plaatbeluchter naar het filter nog methaan wordt verwijderd. Het ondiepe grondwater bevat echter ook een spoor methaan, waardoor het referentiefilter 0,07 mg/l methaan krijgt te verwerken. De verschillen in de bepaalde kolonietallen zijn gemiddeld gering. Tevens blijkt dat de filters het methaan niet volledig verwijderen. Het restgehalte is weliswaar erg laag (0,025 mg/l), maar voor nagroei van bacteriën in het leidingnet zijn enige tientallen microgrammen voeding voor bacteriën al van

belang. En het restgehalte methaan bedraagt circa 25 µg/l. Microbiologisch onderzoek naar nagroei in het distributienet zal in de toekomst uit moeten wijzen welke consequenties dit kan hebben.

Vorming van condens

Bij het toepassen van een plaatbeluchter moet rekening worden gehouden met vochtproblemen in het gebouw. Er ontstaat veel nevel boven de plaat. Wordt deze niet of onvoldoende afgezogen, dan ontstaat, vooral als het dak 'swinters koud is, veel condens op het plafond. Het is goed daar tijdig rekening mee te houden! Wellicht is een plaatbeluchter met een 'afzuigkap' een oplossing. Een goede vochtdichte coating kan ook. Die is in Culemborg toegepast.

Tenslotte

De plaatbeluchter verwijdert weliswaar een aanzienlijk deel van het methaan, doch zeer hoog is het verwijderingspercentage niet. Wanneer het restgehalte methaan te hoog is, vanwege een hoger invoergehalte, moet wellicht naar een nog intensievere beluchting worden uitgezien. Niet bekend is nog welke invloed de hoeveelheid methaan, welke in de filters wordt afgebroken, heeft op het vervuilen van filters en de aanwezigheid van bacteriën (onder andere *Aeromonas* en hogere organismen in het distributienet. Nader onderzoek is gewenst om deze aspecten te bestuderen. Pas dan valt misschien wat meer te zeggen over het toelaatbare methaangehalte van het te filtreren water.

Literatuur

1. Ammers, M. (1982). *Het zuurstofverbruik in filters*. H₂O (15) 1982, nr. 18, p. 487-488.
2. Kaufmann, W. (1956). *Het zuurstofverbruik in filters bij de ontijzering en ontmanganing van grondwater en de invloed van de mate van beluchting op het zuurstofverbruik*. Water nr. 25, 345-348.
3. Mevius, W. (1976). *Auftreten von Methan und methanoxiderenden Bakterien in Trinkwasser-aufbereitungsanlagen*. GWF 4, 176-178.
4. Schweisfurth, R. und Ruf, A. (1976). *Untersuchungen über das Vorkommen von methanoxiderenden Bakterien in Trinkwasserversorgungsanlagen*. GWF 1, 313-318.
5. Reijnen, G. K. (1984). *Optimaliseren van de ontijzering*. H₂O (17) 1984, nr. 21, p. 478-481.

● ● ●

Optimalisatie van de gistingsgasproductie

● Slot van pagina 81

9. Menging is essentieel voor een goede werking van de gisting en voor zo volledig mogelijke slibafbraak. De vereiste mengintensiteit voor optimaal verloop van de gisting is echter niet eenduidig aan te geven.
10. Door beperking van de verblijftijdspreiding is gisting in twee in serie geschakelde reactoren efficiënter dan eentrapsgisting. Theoretisch is bij het zelfde totale volume de gasproductie circa 10% groter dan bij eentrapsgisting. Voorwaarde is dat de verblijftijd per tank minimaal 10 dagen is en dat beide tanks gemengd en verwarmd worden.
11. Thermofiele gisting kan (met voldoende warmteterugwinning) economisch zijn door de snellere omzetting en de iets hogere gasproductie dan bij mesofiele gisting. Een nadeel is de geringere stabiliteit van het proces.
12. Alternatieve gistingstechnieken zoals enzymdosering, thermische of aërobe voorbehandeling en gescheiden verzuring/methaanvorming, leveren nog geen energetische of financiële winst op. Systemen uit de anaërobe waterzuivering, zoals het UASB-proces, zijn niet geschikt voor zuiverings-slib.

Literatuurverwijzingen

- Garber, W. F. (1982). *Operating experience with thermophilic anaerobic digestion*. Journal WPCF 54: 1171-1175.
- Haug, R. T. (1978). *Effect of thermal pretreatment on digestibility and dewaterability of organic sludges*. Journal WPCF 50: 73-85.
- Hawkes, D. L. (1982). *Factors affecting net energy production from mesophilic anaerobic digestion*. Conference proceedings 'Anaerobic digestion', Travemünde.
- Kapp, H. *Persoonlijke mededeling*. Onderzoeksrapport te publiceren als 'Stuttgarter Berichte der Siedlungswasserwirtschaft', nr. 86.
- Keller, U. (1982). *Experiences and development of sludge pasteurization in Altenrhein*. In 'Disinfection of sewage sludge', workshop Zürich.
- Meyer, H., Kaudelka, A. and Podewils, W. (1983). *Technisch wirtschaftliche Aspekte der Klärgasverwertung auf Kläranlagen im Zusammenwirken von Abwasserreinigung und Energieautarkie*. Mitteilungen der Oswald-Schultze-Stiftung, Heft 4.
- STORA (1981). *Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen*.
- STORA (1982). *Praktijkonderzoek eigen energie-opwekking*.
- STORA (1985). *Optimalisatie van de gistingsgasproductie*.
- Velsen, A. F. M. van and Lettinga, G. (1982). *Effect of feed composition on digester performance*. Conference proceedings 'Anaerobic digestion', Travemünde.
- Wechs, F. (1984). *Anaërobe Stabilisierung von pasteurisiertem Klärschlamm*. GWF Wasser/Abwasser 118: 1-6.

● ● ●