



KWR PCD 18 | mei 2022

**Verwijdering van
methaan uit water
ten behoeve van de
bereiding van
drinkwater**

PCD 18

Verwijdering van methaan uit water ten behoeve van de bereiding van drinkwater

KWR | PCD 18 | mei 2022

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Auteurs

M.A. (Martin) Meerkerk en W.G. (Wolter) Siegers

Jaar van publicatie
2022

Meer informatie
Martin Meerkerk
T (030) 60 69 566
E Martin.Meerkerk@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

KWR PCD 18 | mei 2022 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Praktijkcode Drinkwater

Status

De Nederlandse drinkwaterbedrijven maken in de dagelijkse bedrijfsvoering gebruik van richtlijnen met als doel het (hoge) kwaliteitsniveau van de bedrijfsvoering te handhaven en waar mogelijk verder te verbeteren, en/of de efficiëntie van de bedrijfsvoering te verhogen en bij te dragen aan het verder uniformeren van de werkwijzen binnen de drinkwatersector. Deze richtlijnen hebben doorgaans het karakter van een 'aanbeveling van een te volgen gedrag of handelswijze' en niet van een 'bindend voorschrift'¹. Het gaat om privaatrechtelijke richtlijnen voor de ondersteuning in de dagelijkse praktijk van de bedrijfsvoering ('best practices') in het gehele traject van bron tot tap. De richtlijnen (soms ook aangeduid als 'leidraad') worden sinds 2008 opgesteld en hebben in 2015 de aanduiding 'Praktijkcode Drinkwater' (PCD) gekregen.

Verantwoording

Praktijkcodes worden doorgaans opgesteld in opdracht van het Platform Bedrijfsvoering, waarin vertegenwoordigers van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf Pidpa participeren. Ook in opdracht van andere gremia kunnen praktijkcodes worden opgesteld. Dit Platform heeft het beheer van praktijkcodes gedelegeerd aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes, die de 'eigenaarsrol' vervult. Ook in die groep participeert in beginsel één vertegenwoordiger per bedrijf. De voorzittersrol wordt vervuld door een van deze vertegenwoordigers, terwijl KWR Water Research Institute dat doet ten aanzien van de rol van secretaris.

Totstandkoming en kwaliteitsborging

Een specifieke praktijkcode of een revisie daarvan (zie onder) komt met inhoudelijke bijdragen van deskundigen van drinkwaterbedrijven en onderzoekers van KWR Water Research Institute interactief tot stand onder begeleiding van een projectgroep bestaande uit deskundigen van de drinkwaterbedrijven en/of –laboratoria. De leden van die projectgroep worden aangezocht vanwege hun specifieke kennis en/of vaardigheden die noodzakelijk is/zijn voor het betreffende onderwerp. Het voorzitterschap wordt in beginsel ingevuld door een vertegenwoordiger van de drinkwaterbedrijven; KWR Water Research Institute vervult het secretariaat en rapporteert de voortgang aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes. Soms maken drinkwaterbedrijven gebruik van de mogelijkheid om zich als agendalid van een projectgroep te laten registreren.

Na vaststelling van een praktijkcode door de begeleidende projectgroep wordt die ter formele vaststelling voorgelegd aan de Begeleidingsgroep Praktijkcodes.

Openbaarheid

Praktijkcodes Drinkwater zijn openbaar. Een actueel overzicht van alle praktijkcodes is te vinden op de website www.PraktijkcodesDrinkwater.nl.

Periodieke actualisatie

Bestaande praktijkcodes worden periodiek geëvalueerd. In beginsel is er sprake van een 'vijfjaarsrevisie': primair wordt de vraag gesteld en bediscussieerd of actualisatie gewenst dan wel noodzakelijk is en als dat het geval blijkt te zijn, wordt die volgens een afgesproken procedure projectmatig geactualiseerd. De vorige editie van een praktijkcode is daarbij uitgangspunt. Als actualisatie niet gewenst of noodzakelijk blijkt te zijn, wordt een praktijkcode in principe opnieuw voor een periode van vijf jaar vastgesteld.

¹ Beide omschrijvingen zijn afkomstig uit 'Van Dale'.

Voorwoord

Editie

Dit is de eerste editie van een praktijkcode op het gebied van de verwijdering van methaan uit water dat is bestemd voor de bereiding van drinkwater.

Uitgangspunten voor de totstandkoming van deze praktijkcode waren met name:

- [Kiwa-mededeling 123](#) 'Behandeling van methaanhoudend grondwater; Effecten van het vóórkomen en de verwijdering van methaan op de fysisch-chemische en biologische kwaliteit van het drinkwater' [4];
- Het boek 'Drinkwater – principes en praktijk' [7];
- Het afstudeerverslag 'Modellering van intensieve gasuitwisselingssystemen' [10].

Verder is gebruik gemaakt van relevante documenten zoals KWR-rapporten en documenten ((beleids)voorschriften) van de drinkwaterbedrijven die in de projectgroep participeerden. Relevante kennis daaruit is aan dit document toegevoegd of er wordt naar verwezen. Ook ervaringen van drinkwaterbedrijven met de verwijdering van methaan door middel van beluchting zijn in deze praktijkcode verwerkt.

In de achterliggende jaren zijn verschillende praktijkcodes op het gebied van een zuiveringsproces –of stap ten behoeve van de bereiding van drinkwater opgesteld. Daarbij is regelmatig de Nederlandse vertaling van een relevant 'Arbeitsblatt' van de Duitse organisatie DVGW als uitgangspunt genomen. Op het gebied van de verwijdering van methaan blijkt een dergelijk Duits document niet te bestaan.

Begrippen

Zoals in de titel is verwoord, is deze praktijkcode bedoeld voor de verwijdering van methaan uit water dat is bestemd voor de menselijke consumptie. In dit document zal dat verder worden aangeduid als 'methaanverwijdering'. Voor wat betreft het 'water' gaat het om grondwater en oevergrondwater. Daarbij wordt opgemerkt dat in deze praktijkcode niet is gekozen voor de aanduiding '(oever)grondwater', maar uitsluitend voor 'grondwater'. Waar 'grondwater' wordt genoemd, wordt 'grond- en oevergrondwater' bedoeld.

Samenstelling projectgroep

De samenstelling van de projectgroep die de totstandkoming van deze praktijkcode heeft begeleid, is hieronder weergegeven. De deelnemers zijn per bedrijf in alfabetische volgorde vermeld.

Drinkwaterbedrijf of –laboratorium

Brabant Water

Dunea

Evides Waterbedrijf

KWR Water Research Institute

Oasen

Pidpa

PWN

Vitens

Waterbedrijf Groningen

Waternet

WMD Drinkwater

WML

Vertegenwoordiger(s)

Stephan van de Wetering

geen

Sander Nugteren

Martin Meerkerk (secretaris)

Wolter Siegers

Menno van Leenen

Koen Joris

geen

Peter Sjoerdsma (voorzitter)

Marcel Boorsma (WLN)

geen

Simon Dost

Alexander Roling (agendalid)

Vaststelling praktijkcode

Deze praktijkcode is vastgesteld door de Begeleidingsgroep Praktijkcodes in de vergadering van 2 juni 2022.

Beheer van de praktijkcode

Commentaar of opmerkingen betreffende de opzet en/of de inhoud van deze praktijkcode kunnen per e-mail worden verzonden aan KWR Water Research Institute: pcd@kwrwater.nl. Indien van toepassing zal een en ander worden gebruikt als input voor een volgende editie van het document.

Voorwoord van de voorzitter

Voor u ligt de praktijkcode PCD 18 'Verwijdering van methaan uit water ten behoeve van de bereiding van drinkwater'.

Methaan komt met name voor in grondwater in zeer lage tot relatief hoge concentraties. In het algemeen dient methaan te worden verwijderd door middel van ontgassing om ongewenste biologische groei in filters en in het leidingnet te voorkomen dan wel te minimaliseren. Veelal is het de eerste stap in het productieproces van drinkwater.

Naast de met methaanverwijdering verband houdende regelgeving wordt aandacht gegeven aan de technische mogelijkheden en het kiezen van de zuiveringstechniek. Hierbij is input gegeven door de deelnemers van de verschillende drinkwaterbedrijven in Nederland en België (Vlaanderen). Ook komen de ontwerpeisen aan de orde die worden gehanteerd door de drinkwaterbedrijven.

Dit document is nadrukkelijk tot stand gekomen door de medewerking en inbreng van de deelnemers eerder genoemd in dit Voorwoord. Speciale dank gaat uit naar Martin Meerkerk en Wolter Siegers voor het schrijven van deze praktijkcode, het organiseren van de vergaderingen en overige secretariële zaken.

Peter Sjoerdsma (Vitens), voorzitter

Inhoud

Inhoud	6
1 Inleiding	8
1.1 Introductie methaanverwijdering	8
1.2 Doel methaanverwijdering	8
1.3 Leeswijzer	8
2 Regelgeving	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidskundige aspecten	10
2.3 Publiekrechtelijke regelgeving: van toepassing zijnde waterkwaliteitseisen	10
3 De technische mogelijkheden en het kiezen van een zuiveringstechniek	11
3.1 Achtergronden, overwegingen en benaderingen	11
3.2 Introductie zuiveringsproces methaanverwijdering en zuiveringstechnieken	13
3.2.1 Versproeiing	14
3.2.2 Droogfiltratie	14
3.2.3 Cascade- of watervalbeluchting	14
3.2.4 BOT	14
3.2.5 Plaatbeluchting	15
3.2.6 Vacuümontgassing	16
3.2.7 Membraanontgassing	17
3.3 Verwijderingsrendementen	18
3.4 CO ₂ -voetafdruk	19
3.5 Keuze van een zuiveringstechniek	19
3.5.1 Overwegingen van de drinkwaterbedrijven	22
4 Ontwerpeisen	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Eisen	25
4.2.1 Algemeen	25
4.2.2 Op beluchting gebaseerde zuiveringstechnieken	26
4.2.3 Meet- en regelapparatuur	27
4.3 Duurzaamheid	27
4.4 Proefinstallatieonderzoek	28
5 Realisatie	29
6 Bedrijfsvoering inclusief onderhoud	30
6.1 Algemeen	30

6.2	Versproeiing	30
6.3	Droogfiltratie	30
6.4	Cascade- of watervalbeluchting	31
6.5	BOT	31
6.6	Plaatbeluchting	31
6.7	Vacuümontgassing	32
6.8	Membraanontgassing	32
7	Literatuur	33
I	Begrippen met bijbehorende omschrijvingen, en afkortingen	35
II	Verwijderingsrendementen, ervaringen en cijfers van drinkwaterbedrijven	36
III	Informatie over vacuümpompen	42

1 Inleiding

1.1 Introductie methaanverwijdering

Aan het begin van jaren negentig van de vorige eeuw bevatte het gewonnen grondwater op circa 75% van de Nederlandse drinkwaterproductielocaties een aantoonbare hoeveelheid methaan. In hoofdstuk 2 'Methaan in het Nederlandse grondwater' van [Kiwa-Mededeling 123](#) [4] wordt daarop uitgebreid ingegaan. Volgens hoofdstuk 3 'Effecten van methaan op de grondwaterzuivering' van die Mededeling wordt deze stof bij de bereiding van drinkwater onder meer omgezet in de snelfilters en zorgt daarbij voor ongewenste microbiologische groei. Daarom is het noodzakelijk het in grondwater aanwezige methaan voorafgaand aan de filtratieprocessen te verwijderen. Hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuümontgassen' van genoemde Kiwa-Mededeling beschrijft de technische mogelijkheden daarvoor. In het vervolg van deze praktijkcode wordt ingegaan op de stand der techniek voor wat betreft die mogelijkheden.

Voor een algemene beschrijving van het zuiveringsproces methaanverwijdering wordt primair verwezen naar het boek 'Drinkwater – principes en praktijk' [7] en dan in het bijzonder het onderdeel 4.5 'Beluchting en ontgassing' van hoofdstuk 4 'Zuivering van grondwater' van de module 'Grondwater' van 'Technische facetten drinkwater' (pagina 285 – 292). Daarin wordt eerst kort ingegaan op het verwijderen van ongewenste opgeloste gassen en het verhogen van de concentratie zuurstof in het water.

Een theoretische beschouwing van de verschillende uitvoeringsvormen van of zuiveringstechnieken voor methaanverwijdering is opgenomen in hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuüm-ontgassen' van [Kiwa-Mededeling 123](#) [4]. In hoofdstuk 4 van het boek 'Drinkwater – principes en praktijk' [9] is daarvan eveneens een (summiere) beschrijving opgenomen. In hoofdstuk 3 van deze praktijkcode wordt daarop nader ingegaan.

Het uit het water verwijderde methaan wordt meestal naar de atmosfeer afgevoerd. Methaan is een broeikasgas en draagt dus bij aan de klimaatverandering. Methaanverwijdering kan ook een positieve nevenopbrengst hebben. Bij voldoende aanwezigheid van methaan in het te behandelen water kan de stof als gas worden gewonnen om te worden gebruikt als energiebron. Een voorbeeld hiervan wordt beschreven in het artikel 'Vitens wint methaan uit grondwater' [14]. In het kader van duurzaamheid wordt daarop in hoofdstuk 4 van deze praktijkcode ingegaan.

1.2 Doel methaanverwijdering

Methaan in water bepaalt in belangrijke mate de eerste stap en de navolgende stap in het proces van de zuivering van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater. Het doel van de methaanverwijdering is daarom het bewerkstelligen van een zodanig lage concentratie van methaan in water dat die geen invloed heeft op de navolgende zuiveringsprocessen en ook geen effect heeft op de microbiologische kwaliteit van het drinkwater tijdens de bereiding, het transport en de distributie. Met dat doel moet een installatie worden ontworpen, gebouwd, gebruikt en onderhouden.

1.3 Leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk komt eerst een kort hoofdstuk aan de orde over bij methaanverwijdering van toepassing zijnde regelgeving (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de verschillende zuiveringstechnieken voor die verwijdering in de praktijk en op de keuze van een bepaalde vorm in een specifieke situatie. In hoofdstuk 4 zijn de ontwerpeisen voor het zuiveringsproces methaanverwijdering beschreven.

Hoofdstuk 5 gaat in op de realisatie van de gekozen zuiveringstechniek van dat proces en hoofdstuk 6 vervolgens op de bedrijfsvoering van een zuiveringsinstallatie. Hoofdstuk 7 bevat een overzicht met literatuurbronnen waaraan in deze praktijkcode wordt gerefereerd.

2 Regelgeving

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de met methaanverwijdering verband houdende regelgeving in Nederland. De eerste twee paragrafen gaan over de publiekrechtelijke regelgeving: (i) voor producten in contact met (drink)water respectievelijk (ii) de relevante waterkwaliteitseisen. De laatste paragraaf gaat in op randvoorwaarden met betrekking tot het zuiveringsproces methaanverwijdering.

2.2 Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidkundige aspecten

Producten (in het algemeen te onderscheiden in materialen, chemicaliën en middelen) die in contact (kunnen) komen met drinkwater of het daarvoor bestemde water mogen geen stoffen afgeven in hoeveelheden die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid van de consument of anderszins de drinkwaterkwaliteit aantasten. Daartoe dienen die producten te voldoen aan de voorwaarden voor toxicologische, microbiologische en organoleptische aspecten², die zijn vastgelegd in de van kracht zijnde ministeriële 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening'³ [2]. Dit betekent dat de procedure voor het verkrijgen van een erkende kwaliteitsverklaring volgens die Regeling met positief resultaat dient te zijn afgerond.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de wet- en regelgeving voor metalen en kunststof producten en materialen als onderdelen van een zuiveringsinstallatie wordt verwezen naar de praktijkcode PCD 12 'Wet- en regelgeving in Nederland voor onderdelen van drinkwaterleiding(nett)en; Een toelichting op de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' (versie 1 juli 2017)' [15]. Het gaat daarin weliswaar om een toelichting op de Regeling voor onderdelen van leidingen en leidingnetten voor het transport en de distributie van drinkwater, maar is ook voor metalen en (in situ) kunststof materialen ten behoeve van installaties voor de bereiding van (drink)water (waaronder coatings) bruikbaar, aangezien de beoordeling en de toelaatbaarheid daarvan niet wezenlijk anders zijn.

Certificatie-instelling Kiwa Nederland is vooralsnog de enige 'erkende certificatie-instelling volgens de Regeling' met het 'Kiwa Water Mark' als enige 'erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling'. Producten met een erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling zijn te vinden via de webpagina Overzicht gecertificeerde producten – Praktijkcodes Drinkwater. Dat geldt ook voor producten en materialen ten behoeve van het bouwen van installaties voor de methaanverwijdering (zoals behuizingen, coatings, buizen, hulpstukken, afsluiters, kranen, vullichamen en afdichtingsringen) en het onderhouden daarvan (bijvoorbeeld reinigings- en desinfectiemiddelen).

2.3 Publiekrechtelijke regelgeving: van toepassing zijnde waterkwaliteitseisen

In het geval van de zuivering van grondwater zal de verwijdering van methaan nooit het laatste zuiveringsproces zijn, zodat het effluent van dat proces niet hoeft te voldoen aan de waterkwaliteitseisen volgens Bijlage A van het Drinkwaterbesluit [1]. Methaan komt als zodanig niet voor in die bijlage.

² Verder aan te duiden als 'gezondheidkundige aspecten'. Binnen de Europese Unie is daarvoor de term 'hygienic aspects' gangbaar, maar 'hygiënische aspecten' zou voor de Nederlandse situatie verwarring (kunnen) geven met het 'hygiënisch werken' volgens de 'Hygiëncode Drinkwater' in verband met de winning, bereiding, de opslag en het transport en de distributie van (drink)water zonder de toepassing van een of meer desinfectiemiddelen.

³ Verder aan te duiden als de 'Regeling'.

3 De technische mogelijkheden en het kiezen van een zuiveringstechniek

3.1 Achtergronden, overwegingen en benaderingen

In Kiwa-Mededeling 123 [4] wordt de concentratie methaan in halffabricaat drinkwater vooral genoemd in verband met de bedrijfsvoering van de zuivering. Het na het zuiveringsproces methaanverwijdering resterende methaan, wordt door bacteriën in de snelfilters omgezet. De omzetting van enkele tienden mg/l methaan in water kan reeds meetbare ongunstige effecten hebben op het verloop van de zuivering en de samenstelling van het effluent van die filters. Een van die effecten is een te hoog aantal *Aeromonas* bacteriën in het uitgaande water en toename van die bacteriën tijdens distributie (zie ook bijlage 3 'Datasheet *Aeromonas* 30 °C' van [16], waarin wordt verwezen naar [17]). Volgens Tabel IIIa 'Indicatoren – Bedrijfstechnische parameters' in Bijlage A van het Drinkwaterbesluit [1] geldt voor de parameter 'Aeromonas (30 °C)' een maximum waarde van 1.000 kve/100 ml in drinkwater. Gezien de impact voor de zuivering is in de 'Samenvatting' van Kiwa-Mededeling 123 het volgende opgenomen: '*Om ongunstige effecten van biologische omzetting van methaan zoveel mogelijk te beperken is het structureel het beste methaan fysisch te verwijderen⁴ tot een niveau van < 0,1 mg/l.*' Vervolgens zijn aan die concentratie wel de volgende opmerkingen toegevoegd: '*Bacteriologische omzetting van enkele tienden van milligrammen methaan in filters behoeft echter volgens de huidige kennis niet in alle gevallen te leiden tot problemen. Het is in dat geval extra belangrijk te zorgen voor een stabiele bedrijfsvoering en een effectieve filterspoeling. Tevens moet rekening worden gehouden met een snellere vervanging van filterbedden.*' Bij de aanwezigheid van enkele tienden mg/l aan methaan in het influent van de snelfilters is de bedrijfsvoering daarvan dus extra belangrijk.

Het in [4] beschreven onderzoek richtte zich onder andere op methaan en de vorming van biomassa, en met name *Aeromonas* in de filters. Daarbij waren de resultaten niet eenduidig, maar werd wel geconstateerd dat hogere concentraties methaan in het influent van de filters leidde tot hogere *Aeromonas*-aantallen in het effluent daarvan. Om te voorkomen dat de *Aeromonas*-aantallen in het uitgaande reinwater boven de 20 kve/100 ml zouden komen, is toen voorgesteld om een streefwaarde van 0,1 mg/l te nemen. Daarbij is vastgesteld dat weliswaar meerdere factoren (dus niet uitsluitend methaan) groei van *Aeromonas* in de filters kunnen veroorzaken, maar dat *Aeromonas*-aantallen laag kunnen worden gehouden door deze streefwaarde voor methaan te hanteren. Dit is vervolgens ook in de praktijk waargenomen. Tevens is gezien dat efficiëntere verwijdering van methaan door de installatie van plaatbeluchting leidde tot biologisch stabiel water (met name een lagere BVS-waarde) op productielocatie Zuidwolde. In de jaren daarna is dit onderzoek bevestigd op enkele andere grondwaterlocaties [21].

De afgelopen 10 tot 15 jaar heeft geen verder onderzoek plaatsgevonden, omdat de drinkwaterbedrijven binnen het gezamenlijke onderzoeksprogramma aangaven dat de toegepaste combinatie beluchting/snelfiltratie niet leidt tot nagroeiproblematiek bij grondwaterbedrijven.

In [7] is over de gevolgen van de aanwezigheid van methaan in het influent van snelfilters het volgende opgenomen. '*Veel methanotrofe bacteriën zijn slijmvormend, waardoor ze zich stevig aan de zandkorrels hechten en slecht verwijderd worden bij het terugspoelen van het filter. Hierdoor kan accumulatie van biomassa ontstaan met als gevolg de groei van andere bacteriën, zoals *Aeromonas* en zelfs het ontstaan van anaërobe zones in de biomassa zelf. Ook in beluchtingssystemen en onthardingsreactoren kunnen slijmvormige methanotrofe bacteriën tot problemen leiden. Deze problemen treden niet op indien de concentratie aan methaan laag is (minder dan 0,5 mg/l).*

⁴ De fysische verwijdering van methaan uit water impliceert dat daaraan geen chemicaliën te pas komen, zodat in deze praktijkcode geen daarmee verband houdende publiek- en/of privaatrechtelijke aspecten zijn opgenomen.

Daarom wordt een dergelijk gehalte als effect van de beluchting beoogd, hetgeen met een intensieve beluchting gerealiseerd kan worden. Het niet bij de beluchting verwijderde methaan blijkt doorgaans in de bovenste 0,3 – 0,5 m van het filterbed afgevangen te worden.'

Op grond van het voorgaande in deze paragraaf streefden en streven de drinkwaterbedrijven doorgaans naar een verwijdering tot 0,1 mg/l of maximaal enkele tienden mg/l methaan in de zuivering (de te hanteren streefwaarde wordt door een drinkwaterbedrijf per drinkwaterproductielocatie individueel vastgesteld). Met dergelijke concentraties methaan zijn sinds het begin van het huidige millennium goede ervaringen opgedaan door de drinkwaterbedrijven. Als de concentratie methaan om moverende redenen hoger dan 0,1 mg/l is, is het in ieder geval van belang dat die concentratie voor een stabiele bedrijfsvoering (24/7) binnen bepaalde marges constant is, aangezien plotselinge veranderingen in de concentratie methaan in het water kunnen leiden tot problemen in de zuivering [20]. Dat geldt (dus) ook voor stilstand. Een en ander is dan vooral het gevolg van het extra verbruik aan zuurstof bij de microbiologische omzetting van methaan en daarmee van mogelijk anaerobe situaties in een snelfilter met zand. Op grond van de reactievergelijking $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ is voor die omzetting van elke mg methaan 4 mg zuurstof nodig. Deze omzetting van methaan blijkt bovendien voor de productie van een forse hoeveelheid slib te zorgen. Een stabiele bedrijfsvoering van de snelfilters is randvoorwaarde, dat wil zeggen dat er bij die filters geen sprake mag zijn van stilstand en er zo nodig moet worden gerecirculeerd om dat te voorkomen.

In Tabel 1 zijn per drinkwaterbedrijf de streefwaarden vermeld, waarbij daarvoor ook de reden is aangegeven. Afhankelijk van de nazuivering en gebruikte zuiveringstechniek wordt bekeken of de concentratie methaan na de zuiveringsstap < 0,1 mg/l moet zijn of dat een wat hogere concentratie (0,1 tot 0,5 mg/l) later in de zuivering niet tot problemen leidt. Daarnaast blijkt dat bij bestaande zuiveringen hiermee door de drinkwaterbedrijven pragmatisch wordt omgegaan. Voor een aantal van die bedrijven is van belang welk effect de methaanverwijdering heeft op de uiteindelijke biologische stabiliteit van het geproduceerde drinkwater (zie ook § 1.1), hoewel dit niet altijd even goed is te achterhalen.

Tabel 1 Streefwaarden van de drinkwaterbedrijven voor methaan per zuiveringsstap en reden.

Drinkwaterbedrijf	Zuiveringsstap	Streefwaarde methaan na zuiveringsstap (mg/l)	Reden	Opmerkingen drinkwaterbedrijf
Brabant Water	In bovenwater filters, na BOT, cascade of versproeiing	< 0,1	Als methaan na de beluchting groter dan 0,1 mg/l is, is het een afweging tussen investeringen en resultaat om de methaan nog onder de 0,1 mg/l te krijgen	
Evides Waterbedrijf	Na BOT, cascade of versproeiing	< 0,1	Dit is een haalbare streefwaarde	Voor alle regio's en verscheidene technieken (BOT, cascade of versproeiing) geldt < 0,1 mg/l en dit wordt ook eigenlijk altijd gehaald
Oasen	Na BOT of plaatbeluchting	< 0,05	> 95% Verwijdering als streefrendement	Er wordt niet naar een vaste concentratie gestreefd na (intensieve) beluchting/ontgassing, maar

				naar een verwijderingsrendement van 95% of meer. Dat levert in de praktijk als normen voor na die stap een variatie op die wel loopt van 0,05 mg/l tot 0,5 mg/l afhankelijk van wat in de winning wordt gevonden.
	Na cascade	< 0,5	> 95% verwijdering als streefrendement	
Pidpa	Bovenwater 1 ^e filtratiestap	< 0,1 mg/l of hoger als het ontwerp en de bedrijfsvoering daarop zijn voorzien	Prioritering van te verwijderen parameters (bijvoorbeeld methaan versus arseen)	Zie ook overwegingen volgens subparagraaf 3.5.1
Vitens	Na plaatbeluchter, BOT, cascade, vacuümontgassing of in bovenwater filter	< 0,2	Haalbare verwijdering	Op basis van de concentratie methaan wordt de verwijderingstechniek gekozen volgens een gestandaardiseerde wijze (in ieder geval bij nieuwbouw/renovatie)
Waterbedrijf Groningen	In bovenwater filters	< 0,1	Deze streefwaarde geldt voor nieuwe zuiveringen. Voor bestaande zuiveringen kan hiervan worden afgeweken door een toenemende concentratie methaan in het ruwe water of door onvoldoende verwijdering.	Opvallend is dat de streefwaarde bij een aanzienlijk aantal locaties niet wordt gehaald, maar dat er ook geen problemen worden geconstateerd. Ook is het zo dat 'mogelijk te verwachten problemen' sterk afhankelijk zijn van nog een aantal parameters: denk aan (korte) looptijd en spoefefficiency van de eerste filtratiestap.
WMD Drinkwater	In bovenwater filters	< 0,1	Idem als hierboven	Idem als hierboven

3.2 Introductie zuiveringsproces methaanverwijdering en zuiveringstechnieken

Methaan is als gas opgelost in het gewonnen grondwater en kan daaruit worden verwijderd door het water te beluchten of te ontgassen. De verhouding tussen de concentratie van een gas in water en in lucht bij evenwicht wordt uitgedrukt in de 'verdelingscoëfficiënt'. Volgens bijlage 1 van [Kiwa-Mededeling 123](#) [4] is die coëfficiënt voor methaan 0,04, zodat het gas door beluchten relatief eenvoudig vrijwel volledig uit water kan worden verwijderd. Voor beluchting is het noodzakelijk voldoende contact te realiseren tussen lucht en water. Er is daarbij sprake van de uitwisseling van gassen, waarbij het oplossen van gassen in water (absorptie, de opname van zuurstof, het

oorspronkelijke hoofddoel van de beluchting van grondwater) en de verwijdering (desorptie) van gasen en vluchtige stoffen uit water (behalve methaan kunnen ook stoffen zoals kooldioxide, stikstof, waterstofsulfide en vluchtige organische stoffen aanwezig zijn in het gewonnen grondwater) gelijktijdig plaatsvinden. Ook bij ontgassing zullen alle in het water aanwezige gasen en vluchtige stoffen in meer of mindere mate uit het water worden verwijderd. In dat geval gebeurt dit door middel van het aanbrengen van onderdruk ('vacuümontgassing') of met behulp van membranen ('membraanontgassing'). In verband met de CO₂-voetafdruk (nuttige inzet van verwijderd methaan) zijn beide op ontgassing gebaseerde zuiveringstechnieken tegenwoordig nadrukkelijker in beeld ten opzichte van zuiveringstechnieken op basis van beluchting.

In onderstaande subparagrafen wordt op de verschillende zuiveringstechnieken ingegaan. Daarbij is rekening gehouden met het feit dat in hoofdstuk 2 van de praktijkcode PCD 14-2 'Ontzuren van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater; Deel 2: Verwijdering van kooldioxide door middel van beluchting' [6] de cascade- of watervalbeluchting, BOT en versproeiing uitgebreid zijn beschreven. Voor die drie technieken wordt daarom verwezen naar genoemde praktijkcode en komen in de onderstaande subparagrafen beperkt aan de orde.

3.2.1 Versproeiing

Versproeiing is beschreven in subparagraaf 2.2.2 van § 2.2 'Beschrijving' van hoofdstuk 2 'Uitvoeringsvormen beluchting' van de praktijkcode PCD 14-2 [6]. In [4] en [10] is over deze zuiveringstechniek niets opgenomen.

3.2.2 Droogfiltratie

Bij droogfiltratie sijpelt het te zuiveren water na sproeien boven het filteroppervlak door een filterbed met vrij grove zandkorrels (2 tot 4 mm) omlaag, waarbij ijzer en mangaan worden afgevangen en in het water aanwezig ammonium door microbiologische activiteit in nitraat wordt omgezet. Droogfiltratie is in hoofdzaak een microbiologisch proces [23].

De keuze voor droogfiltratie wordt bij drinkwaterbedrijf Oasen niet gemaakt op basis van de concentratie methaan in het ruwwater, maar op basis van de parameters ammonium, ijzer en mangaan, en de voor de omzetting daarvan benodigde hoeveelheid zuurstof.

Droogfiltratie kan worden gecombineerd met versproeiing. In het algemeen wordt versproeiing bij een concentratie methaan van kleiner dan 1 mg/l gekozen als zuiveringstechniek. Bij hogere concentraties wordt gekozen voor een zuiveringstechniek met intensieve beluchting en ontgassing. Versproeiing in combinatie met droogfiltratie geeft wel een hogere verwijdering van methaan dan versproeiing in combinatie met natfiltratie.

3.2.3 Cascade- of watervalbeluchting

In subparagraaf 2.2.3 van de praktijkcode PCD 14-2 [6] is deze beluchtingstechniek beschreven. Daarbij wordt verwezen naar de literatuurreferenties [10] en [7]. In verband met methaanverwijdering wordt daarnaast gewezen op § 4.4 'Cascadebeluchting' van hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuüm-ontgassen' van Kiwa-Mededeling 123 [4] en dan vooral de beide eerste subparagrafen 'Principe' respectievelijk 'Aspecten voor een optimale werking'.

3.2.4 BOT

Ook de BOT is uitgebreid beschreven in de praktijkcode PCD 14-2 [6] en wel in subparagraaf 2.2.1. Daarbij wordt (aan het einde van de subparagraaf) verwezen naar de literatuurreferenties [10] en [7]. De beide eerste subparagrafen 'Principe' respectievelijk 'Aspecten voor een optimale werking' van § 4.5 'Beluchtingstoren of BOT' van hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuüm-ontgassen' van Kiwa-Mededeling 123 [4] geven eveneens een beschrijving van een BOT.

Een lage lucht-waterverhouding is bij zowel mee- als tegenstroombeluchting voldoende. Het volgende is daarover in de Mededeling opgenomen: *'Meestroombeluchting is daarom goed mogelijk, maar vergt wel een iets hogere*

lucht-waterverhouding dan tegenstroombeluchting. Een methaanverwijdering van 99% vergt bijvoorbeeld bij meestroombeluchting een berekende lucht-waterhouding van 4 en bij tegenstroombeluchting van 0,2. Zie formule 2 op bijlage 1'.

3.2.5 Plaatbeluchting

Bij plaatbeluchting stroomt water horizontaal over een geperforeerde plaat, waardoor in opwaartse richting zoveel lucht wordt geblazen dat daarboven een schuimbed ontstaat. Op deze wijze wordt een groot uitwisselingsoppervlak verkregen tussen lucht en water, dat continu wordt verversd. De vereiste luchtcapaciteit wordt geleverd door een ventilator. De combinatie van een horizontale waterstroom en een verticale luchtstroom wordt kruisstroombeluchting genoemd.

Plaatbeluchters worden voornamelijk gebruikt voor de verwijdering van methaan. Door de geringe bouwhoogte en de geringe opvoerhoogte die nodig is voor plaatbeluchters biedt deze techniek goede mogelijkheden voor inpassing in een bestaande drinkwaterproductielocatie. Soms is het zelfs mogelijk om plaatbeluchters in de filterruimte direct boven de voorfilters te plaatsen [10]. In verband met bereikbaarheid voor onderhoud worden plaatbeluchters bij voorkeur buiten de filterruimte geplaatst (uitgangspunt nieuwbouw). Er kunnen afzettingen van calcium, mangaan en ijzer op de platen optreden.

Voor plaatbeluchters in Nederland varieert het open oppervlak (het deel dat de luchtgaatjes inneemt van het oppervlak van de plaat) van 1,5 – 3%. Dit wordt bepaald door de grootte, de vorm en de onderlinge afstand (hart op hart) van de gaatjes [10]. Naast het aantal en de grootte van de gaatjes in de geperforeerde plaat is de oppervlaktebelasting lucht (volumestroom lucht per vierkante meter plaat in $\text{Nm}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$ of m/s) belangrijk. Daardoor wordt de dikte van het schuimbed voornamelijk bepaald. Voor een hoog verwijderingsrendement is een dikke schuimlaag nodig die vooral wordt bereikt door een hoge oppervlaktebelasting lucht. De meest effectieve plaatbeluchters hebben bij gaatjes van 1,5 mm en een open oppervlak van 1,5% een oppervlaktebelasting lucht in de range van 0,25 à 0,3 – 0,4 $\text{Nm}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$. De lichtsnelheid door de gaatjes is dan 17 – 27 m/s [4].

Bij methaanverwijdering door middel van plaatbeluchting blijkt een lucht-waterverhouding in de orde van grootte van > 40 noodzakelijk te zijn. De drinkwaterbedrijven WMD Drinkwater, Waterbedrijf Groningen en Oasen passen luchtcirculatie toe op meerdere drinkwaterproductielocaties. De concentratie methaan in de lucht blijkt daarbij zodanig laag dat recirculatie van de luchtstroom mogelijk is. De recirculatie van de lucht heeft twee voordelen:

- Er volstaat een relatief kleine installatie voor de luchtfiltratie.
- Er is sprake van een verminderde uitstoot van kooldioxide.

Het nadeel van de recirculatie van lucht is dat er een extra ventilator nodig is om in het recirculatiecircuit verse lucht in te blazen.

De hoogte van het schuimbed wordt bepaald door de 'schuimstuw'. De schuimstuw bevindt zich aan het einde van de plaat en kent twee verschillende uitvoeringen. Een veel toegepaste uitvoering is die waarbij het water dat de plaat verlaat over de stuw moet stromen. Door de stuw hoger of lager te zetten, zal het schuimbed ook hoger of lager worden. Overigens komt het in de praktijk ook voor dat het schuimbed hoger is dan de schuimstuw. Een andere uitvoering is die waarbij de schuimstuw is uitgevoerd zoals de achterklep van een zandwagen. In dit geval scharniert de schuimstuw aan de bovenkant en staat die aan de onderkant op een kier, zodat het water de plaat daardoor kan verlaten [10]. Om het schuimbed in stand te houden, zijn er grote hoeveelheden lucht nodig, behalve bij recirculatie. Het luchtdebiet moet om die reden vele malen groter zijn dan het waterdebiet. Deze grote hoeveelheden lucht moeten bij voorkeur eerst worden gefilterd met bijvoorbeeld absoluutfilters [12], voordat het over de plaatbeluchter wordt gevoerd [10].

De vervuiling op de plaat heeft meestal twee verschillende vormen. Direct op de plaat wordt een dunne harde laag afgezet (< 1 mm), die vermoedelijk voor een groot deel uit kalk bestaat. Hierop wordt ijzerslib afgezet dat een redelijk zachte substantie is en op sommige plaatsen een hoogte van enige centimeters kan bereiken. Het ijzerslib (dat bestaat uit ijzerhydroxide) wordt afgezet op de plaat als een soort 'vulkaantjes' rond de gaatjes. De gaatjes

worden hierdoor steeds langer met als gevolg dat de drukval over de plaat toeneemt. De hoeveelheid lucht die door de plaat wordt geblazen, zal hierdoor afnemen, waardoor de rendementen lager worden. Bij een ongelijke verdeling van de vervuiling over de plaat is het mogelijk dat plaatselijk het schuimbed verdwijnt, doordat er een voorkeursstroming van de lucht en daardoor ook van water optreedt. In het meest extreme geval wordt de drukval over de plaat zo groot dat deze samen met de waterdruk groter wordt dan de maximale druk die door de ventilator kan worden geleverd. Het gevolg daarvan is dat er geen lucht meer door de plaat wordt geblazen, waardoor het schuimbed kan verdwijnen en het water door de gaatjes in de plaat naar beneden zal stromen.

Het rendement voor plaatbeluchting is 95% en hoger, en is afhankelijk van zowel de water- als de luchtoppervlaktebelasting. Dit rendement kan negatief worden beïnvloed door vervuiling van de plaat [4, 10].

3.2.6 Vacuümontgassing

Bij vacuümontgassing wordt de druk van het water zodanig verlaagd dat er bellen ontstaan van in het water opgeloste gassen, die uit het water worden verwijderd. Bij deze zuiveringsstap worden geen chemicaliën aan het te behandelen water gedoseerd.

Een vacuümontgasser wordt over het algemeen uitgevoerd als een BOT met vullichamen, waarin de druk wordt verlaagd. Met een vacuümpomp wordt gas uit de toren verwijderd, waardoor een onderdruk ontstaat. Omdat de gasconcentraties in de toren lager zijn dan in de atmosfeer, zijn ook de gasverzadigingsconcentraties in de toren lager. Door de lagere gasverzadigingsconcentraties kunnen de gassen in het water verder worden verwijderd dan onder atmosferische omstandigheden mogelijk zou zijn. Hieruit volgt dat een vacuümontgasser ook kan worden ingezet om in het water aanwezig stikstof, zuurstof en kooldioxide (gedeeltelijk) te verwijderen tot onder de evenwichtsconcentraties bij atmosferische druk. Niet alleen de druk in de toren is van invloed op de gasuitwisseling, maar ook de gassamenstelling van de lucht in de toren die wordt bepaald door onder andere de hoogte van de concentraties van de verschillende gassen in het influent.

Er zijn verschillende manieren waarop een vacuümontgasser kan worden bedreven:

- met een continue vacuümpomp⁵ zonder sleepgas;
- met een continue vacuümpomp met sleepgas;
- met een discontinue vacuümpomp zonder sleepgas.

Bij het gebruik van een continue vacuümpomp wordt het vacuüm in de toren constant gehouden door een continu draaiende pomp. Bij een discontinue vacuümpomp varieert de druk tussen een vooraf ingestelde maximale en minimale waarde. De pomp slaat aan zodra de druk in de toren een bepaalde maximale waarde bereikt en weer af zodra de druk in het vat voldoende is verlaagd. Het gaat om een relatief klein debiet aan sleepgas dat door een ventiel wordt toegelaten in de toren. Bij een discontinue vacuümpomp kan geen sleepgas worden toegepast [10].

Door de zuurstofloosheid in de vacuümontgasser treedt weinig vervuiling op. Om vervuiling van de vullichamen te beperken, mag water in de toren ook niet worden belucht tijdens stilstand. De onderdruk moet worden gehandhaafd, totdat al het water is weggepompt. Voor het starten van de watertoevoer dient eerst de onderdruk te worden ingesteld [4]. De reden voor het toepassen van vacuümontgassing is dat er geen ijzeroxidatie op mag treden, omdat het water na de ontgassing moet worden verpompt naar een filter of over grote afstand moet worden getransporteerd. In het eerstgenoemde geval zouden gevormde ijzervlokken door de pompfase kapot worden geslagen, waardoor het filter een grotere doorslag voor ijzer geeft. In het tweede geval zou er ongewenste vervuiling van de leidingen kunnen optreden [10].

Vacuümontgassers die zijn bedoeld voor de methaanverwijdering aan het begin van de zuivering en die ook worden ingezet bij het ontgassen van methaanhoudend RO-permeaat, zijn eenvoudiger in te passen in de hydraulische lijn van een bestaande zuivering dan bijvoorbeeld een BOT. Bij de fysieke inpassing moet worden bedacht dat de totale

⁵ Voor informatie over vacuümpompen ten behoeve van vacuümontgassing, zie bijlage III van deze praktijkcode.

bouwhoogte van een vacuümontgasser aanzienlijk hoger is dan op grond van de hoogte van het bed met vullichamen zou worden verwacht. De centrifugaalpomp die het effluent van de vacuümontgasser verder moet transporteren, heeft namelijk een minimale voordruk nodig, omdat anders cavitatie kan optreden. Bij een BOT geeft de luchtdruk in de toren voldoende druk op het water voor de voordruk van de afvoerpomp. Bij een vacuümontgasser is de luchtdruk in de toren laag, waardoor de voordruk van de afvoerpomp moet worden verkregen door een statische waterdruk. Er moet dus voldoende waterhoogte aanwezig zijn boven de afvoerpomp om de minimale voordruk van de pomp te verkrijgen [10]. Deze minimale voordruk is de NPSH (Net Positive Suction Head) en die verschilt per type pomp. Een speciale uitvoering van de centrifugaalpomp (met axiaalwaaier) heeft geen last van cavitatie bij een lage voordruk.

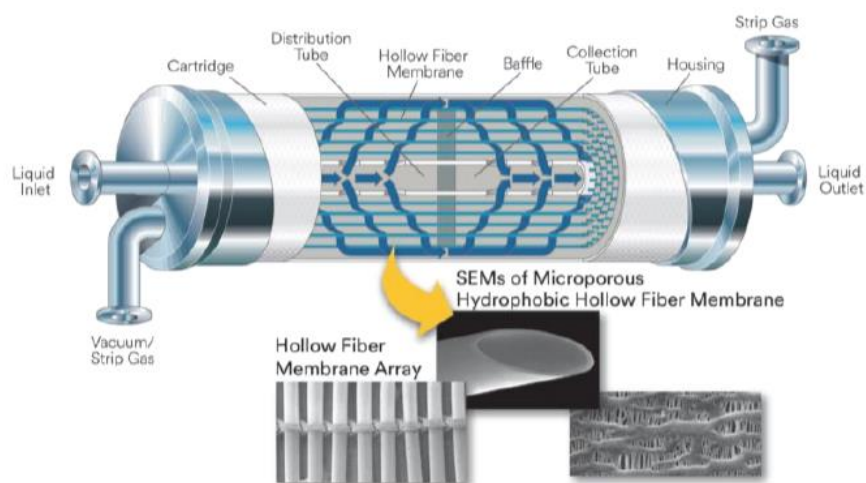
3.2.7 Membraanontgassing

In § 1.2 'Nieuwe ontwikkelingen' van praktijkcode [PCD 14-1](#) 'Ontzuren van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater; Deel 1: Algemeen' [5] komt kort de zuiveringsstap 'membraanontgassing' aan de orde. Voor de methaanverwijdering wordt daarbij opgemerkt dat de drinkwaterbedrijven Oasen, Waterbedrijf Groningen en Vitens naar de toepassing daarvan een pilot hebben uitgevoerd of daarmee bezig zijn. De navolgende beschrijving over membraanontgassing inclusief Figuur 1 is overgenomen uit het Vitens-rapport 'Procestechnische beschrijving Membraanontgassing' [22].

Het doel van membraanontgassing is het anaeroob verwijderen en geconcentreerd terugwinnen van in het influent aanwezige methaangas, waarbij geen zuurstof wordt geïntroduceerd. Daarnaast kan membraanontgassing worden gebruikt om het effluent te conditioneren en de pH te beïnvloeden door kooldioxide te verwijderen of extra toe te voegen door middel van het doseren van sleepgas.

De werking van membraanontgassing berust op het combineren van gasuitwisseling en vacuümontgassing. Door deze combinatie van processen is het mogelijk om hogere verwijderingsrendementen te behalen dan met uitsluitend vacuümontgassing mogelijk is. Daarnaast is de benodigde hoeveelheid sleepgas bij onderdruk veel lager dan bij atmosferische druk, waardoor het mogelijk wordt om in plaats van zuurstofhoudende lucht, pure gassen zoals stikstof en kooldioxide te gebruiken. Hierdoor kan het proces volledig anaeroob worden bedreven en wordt vervuiling van de membranen door oxidevorming en microbiologische aangroei zo veel mogelijk voorkomen.

Ontgassingsmembranen zijn opgebouwd uit hydrofobe holle vezels die niet doorlaatbaar zijn voor water, maar wel voor gas. De microscopisch kleine holle vezels zijn samengeweven als een soort doek en in een behuizing geplaatst. Samen vormen die een enorm uitwisselingsoppervlak. Ontgassingsmembranen zijn aan de gaszijde voorzien van twee poorten, een aan elke kant. Aan de ene poort wordt sleepgas gedoseerd, terwijl de andere poort kan worden aangesloten op een vacuümsysteem. In Figuur 1 is membraanontgassing schematisch weergegeven.



Figuur 1 Ontgassingsmembraan met detaillering van onderdelen.

Omdat ontgassingsmembranen waterzijdig onder druk worden bedreven, kunnen meerdere membranen eenvoudig in serie worden geschakeld en op verschillende manier worden bedreven. Het is niet mogelijk om in één stap zowel een hoge methaanverwijdering te behalen, als een geconcentreerd gas terug te verkrijgen. Daarnaast is het met één stap niet mogelijk om de stijging van de pH door uitdrijving van kooldioxide beperkt te houden. Het proces membraanontgassing voor verwijdering en terugwinning van opgelost methaan bestaat daarom uit twee in serie geschakelde trappen, bestaande uit een of meerdere ontgassingsmembranen.

3.3 Verwijderingsrendementen

Het verwijderen van methaan uit water tot de betrekkelijk lage concentratie van maximaal enkele tienden mg/l (zie hoofdstuk 2) vereist in veel gevallen een relatief grote verwijdering van meer dan 90%. In de praktijk van de Nederlandse drinkwaterbedrijven worden vooral de volgende vier zuiveringsstappen en -technieken toegepast voor een dergelijke vergaande mate van fysische methaanverwijdering (zie subparagraaf 4.3.3 'Beluchtingssystemen' van § 4.3 'Systeemkeuze methaanverwijdering' van hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuüm-ontgassen' van Kiwa-Mededeling 123 [4]):

- beluchting:
 - cascade- of watervalbeluchting;
 - BOT (mee- of tegenstroom);
 - plaatbeluchting;
- vacuümontgassing.

Ook versproeiing en venturibeluchting worden volgens bovengenoemde subparagraaf toegepast ten behoeve van de methaanverwijdering, maar die hebben een rendement van ten hoogste 90%. Venturibeluchting wordt uitsluitend voor aeratie (verhoging van de concentratie aan zuurstof in het water) ingezet en blijft in het kader van methaanverwijdering daarom buiten beschouwing. Ondanks het feit dat versproeiing een relatief laag rendement heeft, wordt die zuiveringstechniek in het navolgende wel beschouwd.

Literatuurreferentie [7] noemt '*hoge cascades*⁶, *plaatbeluchting*, *torenbeluchting*' als '*potentiële systemen*' voor '*veel verwijdering van CH₄*'.

⁶ Hiermee worden meerdere trappen bedoeld. Daarbij is er verschil in fysieke hoogte voor de verwijdering van methaan en kooldioxide. Voor methaan gaat het om een hoogte van 1 m. In [7] is de relatie tussen de valhoogte, het aantal trappen en de verwijdering beschreven.

Bijlage II van deze praktijkcode bevat verwijderingsrendementen van methaan uit water, op basis van ervaringen van drinkwaterbedrijven.

Het rendement van vacuümontgassing varieert tussen 90 – 98%, gemeten bij verschillende installaties [10]. Dit verwijderingspercentage kan niet zondermeer worden gebruikt voor andere watertypen, omdat de druk, de temperatuur en de verhouding tussen de concentraties van methaan en andere gassen bepalen welke restconcentratie methaan minimaal kan worden gerealiseerd [4].

3.4 CO₂-voetafdruk

In de praktijkcode PCD 11:2020 ‘Berekening CO₂-voetafdruk van drinkwaterbedrijven’ [3] wordt onder meer methaan genoemd als het meest relevante broeikasgas voor de drinkwatersector (naast kooldioxide), aangezien de impact van methaan meer dan een factor 30 groter is dan die van kooldioxide. In dat verband wordt gewezen op de volgende passage uit § 2.1 ‘Broeikasgassen’ van hoofdstuk 2 ‘Rekenmethodes CO₂-neutraliteit’ in deze literatuurreferentie: *‘Bijvoorbeeld voor CH₄, als meest relevante broeikasgas voor de drinkwatersector naast CO₂, is deze berekend op 34 kg CO₂-equivalenten (CO₂e)/100 jaar (IPCC, 2018). Dit houdt in dat 1 kg CH₄ hetzelfde effect heeft als 34 kg CO₂ in de atmosfeer over een tijdsperiode van 100 jaar.’*

Via een website van de rijksoverheid ([Export - Per Bron - Emissieregistratie](#)) is er informatie over de uitstoot van te selecteren broeikasgassen waaronder methaan op sectorniveau vanaf 1990.

Het aspect CO₂-voetafdruk is daarmee in de loop van de achterliggende jaren een steeds belangrijkere rol gaan spelen bij het ontwerpen van een zuivering en de keuze van een zuiveringstechniek. Bij beluchting wordt methaan in de atmosfeer geblazen, zodat er sprake is van een grote voetafdruk. Bij ontgassing kan het methaan worden verzameld en binnen het eigen proces of bedrijf worden gebruikt of worden verbrand, waardoor die bijdrage lager uitpakt.

3.5 Keuze van een zuiveringstechniek

Aangezien in de volgende paragraaf van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de selectie van een zuiveringstechniek voor een specifieke situatie zijn in Tabel 2 per zuiveringsstap of -techniek de voor- en nadelen van de verschillende zuiveringstechnieken naast elkaar gezet, eerst op basis van beluchting en daarna op basis van ontgassing (herkomst [4] en [19]). De keuzes worden onder andere bepaald door de volgende aandachtspunten:

- het benodigde onderhoud (dit verschilt aanzienlijk per techniek);
- de veiligheid en toegankelijkheid van de techniek (denk aan de kans op lichamelijk letsel);
- het ‘waterzijdig’ moeten werken per techniek (dat wil zeggen het beperken van de kans op (microbiologische) verontreinigingen);
- kosten.

Tabel 2 Voor- en nadelen van de verschillende relevante zuiveringstechnieken.

Zuiveringstechniek	Voordelen	Nadelen
Versproeiing	Het energieverbruik is beperkt	Zeer beperkt debietbereik, bij onderbelasting vindt geen goede verdeling van het water plaats
	Effectief voor het inbrengen van zuurstof	Minder effectief voor de verwijdering van koolzuur

	Versproeiing vindt vlak boven het filter plaats, zodat er sprake is van een gelijke verdeling	
Droogfiltratie	Hoge verwijdering van ammonium bij een relatief lage methaanverwijdering	Biologische omzetting in het droogfilter
Cascade- of watervalbeluchting	Robuust en technisch eenvoudig te realiseren	Kan de ontijzering ongunstig beïnvloeden
	Mate van methaanverwijdering is voor een beproefd ontwerp nauwkeurig op te geven	De bouw- en opvoerhoogte zijn relatief hoog in vergelijking met andere systemen, zeker als een hoog verwijderingspercentage voor methaan gewenst is en de cascadebeluchter geheel boven het eerste filter wordt gebouwd om een pompfase te voorkomen
	Vervuiling heeft weinig invloed op de mate van verwijdering	Vergt relatief vaker onderhoud dan bijvoorbeeld een BOT. De cascades zijn bij onderhoud uit bedrijf. Hoe vaker dit moet gebeuren, des te ongunstiger het is voor de bedrijfsvoering.
	Een geringe mate van luchtverversing is voldoende	
BOT	Bij gelijke bouwhoogte is met een BOT een hogere mate van methaanverwijdering te bereiken dan met een cascadebeluchter	Het bed met vullichamen moet frequent worden gespoeld en de vullichamen periodiek extern chemisch worden gereinigd
	Voor tegenstroombeluchting is een zeer lage, en voor meestroombeluchting een lage lucht-waterverhouding voldoende; de toename van de pH is te beperken	Het systeem is eigenlijk niet geschikt bij hogere concentraties ijzer (5 mg Fe/l of meer; opmerking: Brabant Water heeft een BOT in gebruik met 10 mg Fe/l)
	BOT's kunnen buiten worden geplaatst	Beluchtingstorens vergen een relatief grote bouw- en opvoerhoogte
	Een BOT kan automatisch (bijvoorbeeld wekelijks) worden gereinigd, terwijl daarnaast het groot onderhoud maar eens per 4 – 5 jaar plaatsvindt.	
Plaatbeluchting	Met een plaatbeluchter is een hoog percentage methaanverwijdering te bereiken (> 99%)	Bij het ontwerp worden hoge eisen gesteld aan de verdeling van lucht en water. Een minder goed ontwerp leidt snel tot een verlaging van de verwijdering

	Een plaatbeluchter is geschikt voor het beluchten van sterk ijzerhoudend water	De mate van verwijdering van methaan verloopt in de praktijk nogal eens minder gelijkmatig en kan afnemen door vervuiling van de gaatjes; door kalkafzetting kunnen de gaatjes op sommige locaties sneller dicht gaan zitten en is het frequenter nodig de platen te reinigen; voor een zeer hoge mate van methaanverwijdering (>> 99%) is het energiegebruik relatief hoog
	Door de zeer korte beluchtingstijd (enkele tientallen seconden) treedt weinig 'vooroxidatie' van ijzer op	
	Door toepassen van een groter plaatoppervlak en een lagere volumestroom lucht per vierkante meter plaat is reserve in te bouwen voor een mogelijk op termijn gewenste toename van de methaanverwijdering. Deze is te bereiken door het verhogen van de volumestroom lucht	
	De plaatbeluchter kan in veel gevallen in een bestaand gebouw worden geplaatst	
	Extra opvoerhoogte van de onderwaterpompen is niet nodig	
Vacuümontgassing	Het water blijft zuurstofloos, wat bepaalde voordelen kan bieden bij het vervolg	De energiekosten zijn relatief hoog
	In verhouding tot de verwijdering van methaan is de verwijdering van kooldioxide te beperken door een hiervoor geschikte druk te kiezen. Dit voordeel wordt voor een deel weer teniet gedaan door de noodzakelijke beluchting na vacuümontgassing.	Een zeer lage concentratie methaan is alleen bij zeer lage druk te bereiken
		Een zeer hoge mate van verwijdering (> 99%) is moeilijk te realiseren met behoud van zuurstofloosheid
		Na vacuümontgassing moet het water nog worden belucht om zuurstof op te lossen

Membraanontgassing	Biedt een hoger rendement dan uitsluitend vacuümontgassing.	Over het algemeen is de techniek duurder dan andere beschikbare technieken.
	Mogelijk gebruik van selectieve sleepgassen in plaats van lucht voor bijvoorbeeld anaerobe processen, waardoor minder vervuiling optreedt	De membranen moeten individueel preventief worden gereinigd.
		Er is specifieke kennis vereist.
		Bij gebruik van specifieke sleepgassen is extra beveiliging nodig van de ruimte waarin wordt gewerkt.

De belangrijkste factoren voor de selectie van een uitvoeringsvorm onder bepaalde bedrijfsomstandigheden worden genoemd en kort toegelicht in subparagraaf 4.3.1 'Bepalende factoren voor de systeemkeuze' van § 4.3 'Systeemkeuze methaanverwijdering' van hoofdstuk 4 'Verwijderen van methaan door beluchten en vacuüm-ontgassen' van [Kiwa-Mededeling 123](#) [4]:

- de gewenste mate van methaanverwijdering (wordt bepaald door de concentratie in het ruwe water en de gewenste concentratie na behandeling);
- de concentratie methaan in het grondwater en de eventueel in de toekomst te verwachten toename;
- de gewenste concentratie methaan na het zuiveringsproces methaanverwijdering (bijvoorbeeld < 0,1 mg/l. als dit in de praktijk niet met acceptabele kosten is te realiseren, kan een iets hogere concentratie aanvaardbaar zijn);
- de beschikbare bouw- en opvoerhoogte;
- het type behandeling;
- de gevoeligheid voor vervuiling en de mogelijkheden en frequentie van reiniging;
- de mogelijkheid om de toename van de pH na beluchting te beperken;
- de noodzaak om het water zuurstofloos te houden;
- het energieverbruik;
- de investeringskosten.

In sommige gevallen kan ter plaatse proefinstallatie-onderzoek worden gedaan om het effect van de concentratie methaan op de ontijzering tijdens de snelfiltratie vast te stellen.

In [7] is hierover het volgende opgenomen: *'De keuze voor een bepaalde uitvoeringsvorm wordt voor een belangrijk deel bepaald door de gassen die verwijderd moeten worden. CH₄ en H₂S moeten maximaal verwijderd worden, omdat een restgehalte de nageschakelde filtratie belast.'* De daarbij opgenomen tabel 'Keuze voor een bepaald beluchtingssysteem' vermeldt bij het 'Gewenst effect' van 'Veel verwijdering van CH₄' als potentiële systemen hoge cascades, plaatbeluchting en BOT. Aangezien de inbreng van zuurstof volgens die tabel mogelijk is met alle systemen, zal de uitvoeringsvorm van een beluchtingssysteem vooral ook moeten worden gekozen op basis van de aanwezigheid en concentraties van andere gassen (kooldioxide, stikstof en waterstofsulfide) en vluchtige organische stoffen.

3.5.1 Overwegingen van de drinkwaterbedrijven

Door de drinkwaterbedrijven worden de volgende overwegingen gehanteerd bij het kiezen van een bepaalde techniek voor de verwijdering van methaan uit water in het geval van nieuwbouw of renovatie:

- Brabant Water
 - Bij lage concentraties methaan (< 1 mg/l) in water wordt versproeiing toegepast.

- Bij hoge concentraties methaan ≥ 1 mg/l) in water wordt voor BOT of cascadebeluchting gekozen. Dit wordt per nieuwbouw- of renovatieproject beschouwd en afgewogen.
- Evides Waterbedrijf
 - De keuze wordt gebaseerd op (de waarden van) andere parameters in het ruwwater, bijvoorbeeld pH, kalkafzetting en de verwijdering van kooldioxide.
- Oasen
 - Andere doelstellingen van de beluchtingsstap (naast de verwijdering van methaan dus), bijvoorbeeld het verwijderen of juist behouden van kooldioxide.
 - Het watertype.
 - De vraag of er afzettingen van bijvoorbeeld ijzer in de beluchtingsstap zijn te verwachten en zo ja, wat dan de bijbehorende onderhoudsinspanning zal zijn.
- Pidpa
 - De concentratie methaan in het ruwwater wordt zo laag en stabiel mogelijk gehouden via een schakelschema op de winvelden.
 - De aanwezigheid van methaan ($> 0,1$ mg/l) in ruwwater is beperkt tot drie locaties, waarbij op slechts een locatie waarden $> 0,5$ mg/l worden aangetoond. De maximale concentratie aan methaan in elke individuele winput bedraagt 4 mg/l.
 - Op basis van de verwachte ruw water kwaliteit wordt gekeken naar:
 - Het gewenste type ontijzering (vlokmiddel, biologisch, adsorptief). Bijvoorbeeld het toepassen van biologisch-adsorptieve ontijzering kan baat hebben bij minimale verwijdering van kooldioxide in plaats van maximale verwijdering van methaan.
 - Prioritering van te verwijderen parameters. Bijvoorbeeld bij aanwezigheid van hoge concentraties arseen kan deze parameter voorrang krijgen op methaan en zal eerder worden gekozen om minimaal kooldioxide te verwijderen (beter rendement arseenverwijdering bij lagere pH) in plaats van maximaal methaan.
 - In functie van bovenstaande punten wordt bekeken of een restconcentratie van $0,1$ mg/l methaan in het effluent van de bewuste zuiveringsstap gehanteerd kan worden of een hogere concentratie toelaatbaar/gewenst is.
 - Keuze van de gewenste zuiveringstechniek van beluchting/ontgassing in aanwezigheid van methaan wordt gemaakt op basis van bovenstaande overwegingen, eenvoud en het onderhoud van de zuiveringstechniek, renovatie/nieuwbouw enzovoort
- Vitens
 - De zuiveringstechniek is afhankelijk van de concentratie methaan in het ruwwater:
 - > 3 mg/l: plaatbeluchting
 - < 3 mg/l en concentratie ijzer < 1 mg/l: versproeiing boven het filter
 - < 3 mg/l en concentratie ijzer > 1 mg/l cascadebeluchting
 - In verband met duurzaamheid wordt de emissie van methaan geminimaliseerd en bij voorkeur vermeden en daarom worden in toenemende mate membraanontgassing en vacuümontgassing toegepast. Dit geldt voornamelijk voor zuiveringen met hoge concentraties methaan in grondwater.
 - Daar waar methaan in relatief hoge concentraties voorkomt, komen kleur en andere organische componenten ook in betrekkelijk hoge concentraties voor. Het streven is dan methaan in het influent van de voorfilters bij voorkeur $< 0,2$ mg/l te laten zijn, om de omzetting van ammonium te bevorderen en nagroei in het leidingnet te beperken.
 - Met membraanontgassing kan een efficiënte verwijdering van methaan worden gerealiseerd en tevens kan de zuurgraad van het effluent worden beïnvloed. Daarbij blijft het water dan volledig anaeroob. Dit maakt de weg vrij voor de verwijdering van ijzer door middel van adsorptieve ontijzering in plaats van via het gebruikelijke coagulatie/flocculatie-proces.
- Waterbedrijf Groningen

- De keuze voor een zuiveringstechniek is sterk afhankelijk van de concentratie methaan in het ruwwater. Er wordt weliswaar gestreefd naar een concentratie methaan van 0,1 mg/l in het effluent van de zuiveringsstap voor de verwijdering daarvan, maar de noodzaak daartoe is ook afhankelijk van de bedrijfsvoering van de volgende stap(pen) in de zuivering (looptijden en spoelsnelheden van de snelfiltratie, et cetera).
- Steeds meer spelen een eventuele voorzuivering (bijvoorbeeld RO) en volgende zuiveringstappen een rol (biologisch adsorptieve of flocculente ontijzering, ontharding). Daarbij gaat het dan bijvoorbeeld om de streefwaarde voor de pH (en dus de bijkomende verwijdering van kooldioxide).
- Vervuiling in de zuivering met de mogelijkheid om eenvoudig en snel onderhoud te kunnen plegen.
- Duurzaamheid (CO₂-voetafdruk) wordt steeds belangrijker. Dit zorgt ervoor dat de verwijdering van methaan en de mogelijkheid dit vervolgens apart te kunnen omzetten belangrijker worden. Die verwijdering moet daarom separaat plaatsvinden, waarna beluchting volgt.
- WMD Drinkwater
 - Bij lage concentraties methaan in water wordt altijd cascadebeluchting toegepast.
 - Bij hoge concentraties methaan in water (20 – 25 mg/l) wordt altijd plaatbeluchting toegepast.
 - Het uitgangspunt is een concentratie van < 0,1 mg/l methaan in het effluent van de beluchtingsstap.
 - Tegenwoordig wordt ook voor vacuümontgassing gekozen in verband met de CO₂-voetafdruk.

4 Ontwerpeisen

4.1 Inleiding

Het ontwerp van iedere zuiveringsstap dient ‘hygiënisch ontwerpen’ als uitgangspunt te hebben. Voor die manier van ontwerpen is eerder de praktijkcode PCD 1-8 ‘Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding’ [9] opgesteld. Die praktijkcode is nauw verwant aan de praktijkcode PCD 1-3 ‘Hygiëncode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*’ [15], die (i) zich richt op de hygiënische aspecten in het traject van het ontwerp, de bouw en de ingebruikneming van nieuwe en gerenoveerde (onderdelen van) zuiveringen en (ii) tot stand is gekomen door input van (werktuig)bouwkundigen, beheerders van productiebedrijven en procestechnologen van alle drinkwaterbedrijven. Hygiënisch ontwerpen en bouwen betaalt zich terug bij de ingebruikneming en de bedrijfsvoering van een zuivering. Een en ander is reden om voor de ontwerpeisen van de zuiveringsstap beluchting primair naar genoemde PCD 1-8 te verwijzen. Hoofdstuk 2 van die praktijkcode heeft als titel ‘Algemene richtlijnen en functionele aspecten bij het ontwerp’ en hoofdstuk 3 ‘Richtlijnen specifiek voor zuiveringsonderdelen’. Bij dit laatste hoofdstuk wordt vooral gewezen op de paragrafen 3.7 en 3.8 getiteld ‘Beluchting’ respectievelijk ‘Luchtbehandeling’. De lucht ten behoeve van de op beluchting gebaseerde zuiveringstechnieken voor methaanverwijdering moet worden gefiltreerd. Daarvoor wordt verwezen naar de praktijkcode PCD 16 ‘Luchtfiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening’ [12].

Op grond van hoofdstuk 2 is de primaire ontwerpeis voor het zuiveringsproces methaanverwijdering een streefwaarde van < 0,1 mg/l of van maximaal enkele tienden van een mg/l methaan in het effluent van de ontgassing.

4.2 Eisen

4.2.1 Algemeen

Bij voorkeur moet de installatie in een gebouw worden geplaatst. Bij plaatsing in de buitenlucht moeten extra maatregelen worden getroffen voor wat betreft bescherming tegen weersinvloeden en vandalisme. Er moet worden voldaan aan de geldende eisen op het gebied van geluid en eventueel (bij de keuze voor een beluchtingstechniek) de technische richtlijnen voor lucht ten behoeve van de bereiding van drinkwater [12]. De toelaatbare geluidsemissie van relevante onderdelen van de installatie moet bekend zijn. De van toepassing zijnde grenswaarden op het gebied van geluid mogen niet worden overschreden.

Alle onderdelen van de installatie moeten goed toegankelijk zijn voor controle en onderhoud.

De materialen voor de installatie moeten zo worden gekozen dat (i) er geen ontoelaatbare beïnvloeding van de waterkwaliteit plaatsvindt (zie § 2.2), (ii) de bescherming tegen corrosie is gegarandeerd en (iii) de installatie bestand is tegen de beoogde manier van reinigen (bijvoorbeeld zuur, hoge druk). Ook materialen kunnen onder bepaalde omstandigheden door het te behandelen water worden aangetast, bijvoorbeeld beton (zie PCD 14-2 [6]).

De installatie moet zo worden ingericht en de onderdelen zo worden geplaatst dat die relatief eenvoudig kunnen worden gedemonteerd (bijvoorbeeld voor het reinigen). De aanbeveling wordt gedaan om minstens twee installaties parallel te plaatsen in verband met onderhoud.

De volgende waterkwaliteitsgegevens moeten vooraf bekend zijn:

- de waterkwaliteit vóór de beluchting, rekening houdend met tijdelijke schommelingen respectievelijk verschillende samenstellingen bij gemengd water;

- de waterkwaliteit ná de beluchting of vacuümontgassing (berekening, rekening houdend met het doel van de methaanverwijdering);
- de stoffen die bij beluchting of vacuümontgassing met de methaan kunnen meekomen: waterstofsulfide, kooldioxide, stikstof en vluchtige organische stoffen (en zuurstof).

Daarnaast moet het mechanisme en de mate van de te realiseren ontijzering (door middel van coagulatie, adsorptie of microbiologisch) vooraf bekend zijn.

De volumestroom van het te behandelen water moet bekend zijn, met inbegrip van de variaties daarin.

De volumestroom van het te behandelen water moet per installatie zo constant en gelijkmatig mogelijk over de verschillende straten zijn verdeeld.

4.2.2 Op beluchting gebaseerde zuiveringstechnieken

In het geval van de keuze voor een op beluchting gebaseerde zuiveringstechniek moet de locatie van de installatie zo worden gekozen dat de luchttoevoer niet negatief wordt beïnvloed.

Door de juiste aanleg van de afvoerleidingen of door andere maatregelen moet worden gegarandeerd dat er op andere plaatsen van de installatie geen storende lucht wordt meegezogen.

Bij het ontwerp van een BOT:

- dienen er voorzieningen te zijn getroffen voor het inbrengen en het uithalen van de vullichamen in het geval van een gepakte kolom;
- moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid om het gepakte bed met vullichamen te kunnen spoelen met water en lucht;
- kan (net als bij een onthardingsreactor) worden overwogen om in het ontwerp een automatisch hoge druk reinigingssysteem mee te nemen dat van bovenaf in de reactor kan worden neergelaten, zodat het onderdeel niet hoeft te worden betreden;
- is het raadzaam om rekening te houden met een inspectieluik voor het inspecteren van de vullichamen op aangroei en slijtage;
- kan programmatuur worden toegepast voor het ontwerp en de keuze van de aard van de vullichamen in gepakte kolommen (ervaring drinkwaterbedrijf Vitens met het 'RAPSODY™'; ook andere programmatuur is beschikbaar is en leveranciers kunnen berekeningen uitvoeren).

Bij een niet-constante volumestroom aan water moet de volumestroom aan lucht instelbaar zijn, zodat het gewenste niveau van methaanverwijdering bij een vaste lucht waterverhouding wordt behaald. Dit leidt tevens tot enige energiebesparing.

Plaatbeluchting

Bij het ontwerp dient er rekening mee te worden gehouden dat plaatbeluchters in verband met reiniging van boven en zijkant (uitnemen platen) goed bereikbaar zijn [10].

Het is aan te bevelen om bij een plaatbeluchter aan de invoer van de lucht-recirculatieleiding een druppelafscheider te plaatsen, omdat er bacteriegroei in die leiding kan gaan optreden. De oorzaak daarvan kan zijn (i) de aanwezigheid van veel vocht, (ii) een lage concentratie methaan en (iii) een hogere temperatuur als gevolg van opwarmen door de ventilator. Korte en goed te reinigen leidingen waarin geen water blijft staan, worden aanbevolen [4].

Platen moeten gemakkelijk uitneembaar zijn in verband met reiniging.

In de afvoer van de leegloop van het schuimbed moet een waterslot worden opgenomen.

Een goede verhouding tussen lengte en breedte is belangrijk. De richtwaarde bij drinkwaterbedrijf Vitens voor de gestandaardiseerde verhouding tussen lengte en breedte (van de netto oppervlakte van een plaatbeluchter) is 4:1. Een proefondervindelijke optimalisatie van het rendement moet uiteindelijk de werkelijke waarde van die verhouding voor een bepaalde drinkwaterproductielocatie bepalen.

Luchtbehandeling

Voor de filtratie van de voor de beluchting noodzakelijke lucht wordt verwezen naar de praktijkcode [PCD 16](#) 'Luchtfiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening' [12].

Ventilator

De ventilator⁷ dient te allen tijde droog te blijven.

De luchtstroom door de ventilator dient regelbaar te zijn.

4.2.3 Meet- en regelapparatuur

De volgende bedrijfsparameters moeten worden gemeten en eventueel met de overeenkomstige streef- en interventiewaarden worden geïntegreerd in een procesbesturingssysteem:

- algemeen: eventueel het niveau (waterpeil) in de installatie;
- beluchting:
 - de volumestroom aan water en lucht door de installatie;
 - de bedrijfsstaat van ventilator (aan/uit, energieverbruik, eventueel frequentie);
 - de druk aan de perszijde van de ventilator;
 - de verschildruk over het luchtfilter;
- vacuümontgassing: de bedrijfsstaat van vacuümpomp (aan/uit, energieverbruik, eventueel frequentie).

Beluchting

In de opstartperiode wordt de volumestroom voor de lucht per installatie ingesteld op het gewenste niveau van methaanverwijdering. Wanneer een installatie met wisselende volumestromen voor het te behandelen water moet worden gebruikt, is een besturing van de volumestroom voor de lucht afhankelijk van de volumestroom voor het water noodzakelijk. Als de installatie moet functioneren met water van wisselende kwaliteit, zijn extra besturings- en regelingsmechanismen noodzakelijk.

4.3 Duurzaamheid

Het is gebruikelijk om het verwijderde methaan zonder behandeling af te voeren naar de atmosfeer. In het kader van duurzaamheid is dat echter steeds minder gewenst. Het zou in ieder geval kunnen worden verbrand. Een andere optie is om het verwijderde methaan te verzamelen en in te zetten als energiebron op een drinkwaterproductielocatie. Dit is met name aan de orde bij relatief hoge concentraties methaan in het gewonnen water.

Door Evides Waterbedrijf is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor vermindering van de uitstoot van methaan bij de zuivering van grondwater op de productielocatie Baanhoek, aangezien dit als een mogelijkheid werd gezien voor vermindering van de milieu-impact binnen de primaire bedrijfsprocessen van het drinkwaterbedrijf [18]. Het betreffende grondwater bevat gemiddeld circa 23 mg/l methaan. In de huidige situatie wordt de aan de BOT onttrokken lucht met onder meer methaan afgevoerd naar de atmosfeer. De haalbaarheidsstudie betrof een

⁷ Het gaat om de toepassing van 'centrifugaal ventilatoren' (bij hogere drukken) of 'buisventilatoren' (bij lagere drukken).

bureaustudie naar de mogelijkheden van vacuümontgassing, biologische omzetting en membraanontgassing voor de toepassing het methaan-luchtmengsel te gebruiken voor de verbranding van vuil. Uit deze studie kwam naar voren dat er vooralsnog geen technologieën zijn geïdentificeerd die dekkend zijn ten aanzien van zowel de exploitatiekosten als het terugverdienen van de investeringskosten.

Drinkwaterbedrijf Vitens heeft de emissie van methaan opgenomen in het duurzaamheidsbeleid [19].

4.4 Proefinstallatieonderzoek

Voor het optimale begrip van een zuiveringstechniek kan onderzoek op pilot schaal zinvol zijn (zie § 3.5). In het kader van dergelijk onderzoek kunnen ook aandachtspunten voor de bedrijfsvoering en de reiniging worden verzameld. Aandachtspunten zijn bijvoorbeeld de vorming van calciumcarbonaat, ijzer- of mangaanhoudende afzettingen, overmatige schuimhoeveelheden en overmatige microbiologische groei (vooral bij de aanwezigheid van methaan).

5 Realisatie

Een installatie moet worden gerealiseerd volgens de ontwerpeisen zoals die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven. Bij de realisatie dient verder rekening te worden gehouden met het volgende:

- hoofdstuk 4 'Richtlijnen bij bouw en renovatie' van de praktijkcode PCD 1-8 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding' [6];
- hoofdstuk 7 'Algemene eisen voor normen voor producten' van de praktijkcode PCD 4 'Richtlijn voor systemen voor de opslag van drinkwater; *Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 1508:1998)*' [13];
- checklist 2 'Opslag en vervoer van leidingmaterialen en zuiveringsonderdelen' van de praktijkcode PCD 1-6 'Hygiëne bij werkzaamheden in de zuivering; *Werkboekje bij de 'Hygiëncode Drinkwater; Drinkwaterbereiding'*' [10].

De onder de twee eerste bullets genoemde hoofdstukken gaan in op de realisatie van installaties respectievelijk reservoirs voor (drink)water overeenkomstig de in eerdere hoofdstukken omschreven programma's van eisen voor hygiënisch ontwerpen. De onder de laatste bullet genoemde checklist uit het werkboekje is bedoeld voor operators en monteurs van aannemers, en is ook voor de realisatie relevant.

Onderdelen en materialen ten behoeve van de installatie dienen te beschikken over een 'erkende kwaliteitsverklaring' volgens de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' [2], zie § 2.2 van deze praktijkcode en ook § 4.2 'Onderdelen en materialen ten behoeve van opslagsystemen voor (drink)water' van hoofdstuk 4 'Toepassing van normen en regelgeving' van de praktijkcode PCD 4 [13].

6 Bedrijfsvoering inclusief onderhoud

6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn ervaringen van diverse drinkwaterbedrijven qua bedrijfsvoering en onderhoud ten aanzien van de verschillende zuiveringstechnieken voor methaanverwijdering beschreven. Daarbij wordt ook nadrukkelijk verwezen naar hoofdstuk 5 'Bedrijfsvoering' van de [PCD 14-2](#) 'Ontzuren van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater; Deel 2: Verwijdering van kooldioxide door middel van beluchting' [6].

6.2 Versproeiing

Brabant Water

Brabant Water past op iedere drinkwaterproductielocatie een vervuilingsafhankelijk onderhoudsfrequentie toe, die afhankelijk is van de hoeveelheid ijzer in het water. De frequentie is maximaal een keer per jaar tot een keer per drie jaar.

Evides Waterbedrijf

Op drinkwaterproductielocatie Huijbergen worden de sproeinetten preventief en planmatig drie keer per jaar aangezuurd en doorgespoten.

Pidpa

Bij Pidpa wordt uitsluitend van sproeiers en turbinebeluchters gebruik gemaakt op drie drinkwaterproductielocaties met beperkte hoeveelheden methaan. Het onderhoud hieraan loopt niet anders dan op locaties waar geen methaan in het water zit, dat wil zeggen dat sproeiers en turbinebeluchter met aanslag van ijzer worden gedemonteerd en extern worden gereinigd.

WMD Drinkwater

De frequentie van reiniging verschilt per drinkwaterproductielocatie en varieert van een keer per jaar tot een keer per drie jaar. Het drinkwaterbedrijf reinigt de sproeitakken momenteel met een frequentie van ongeveer twee keer per jaar.

Waterbedrijf Groningen

Bij Waterbedrijf Groningen wordt de apparatuur voor de versproeiing (Dresdener sproeiers) ongeveer eens per jaar onderhouden. De sproeikoppen worden dan verwijderd en vervangen door schone. De vuile worden vervolgens (extern) gereinigd en opgeslagen.

6.3 Droogfiltratie

WMD Drinkwater

WMD Drinkwater heeft veel ervaring met droogfiltratie in drukketels.

De benodigde lucht wordt met behulp van waterringcompressoren bovenin het drukfilter gebracht en samen met het ruwwater wordt het door het filterbed van meestal 2,5 m gevoerd. Onder de spoelbodem bevindt zich een 'wandelstok constructie' (sputterpijp) waarmee de lucht wordt afgevoerd. Er sputtert dan wat filtraat met de afgevoerde lucht mee. Dit water wordt afgevoerd naar de spoelvijvers. Momenteel loopt er een proef om de waterringcompressoren te vervangen door 'droge lucht klauwen compressoren', omdat dit type minder onderhoud vraagt en toerengeregeld kan worden (op maat beluchten). De droogfilters van het drinkwaterbedrijf worden in

overleg gereinigd (inclusief spoeldoppen), zodra er sprake is van een trend van verslechtering van de filtraatkwaliteit en optimalisatie van het spoelproces geen effect meer heeft.

6.4 Cascade- of watervalbeluchting

Brabant Water

Brabant Water past op iedere drinkwaterproductielocatie een vervuilingsafhankelijke onderhoudsfrequentie toe. Die frequentie varieert van een tot drie keer per jaar.

Evides Waterbedrijf

Op drinkwaterproductielocatie Halsteren vindt vier keer per jaar preventief, planmatig onderhoud plaats door schoonspuiten van de bak en de tanding. Op drinkwaterproductielocatie Ossendrecht bevinden de cascades en BOT's ten behoeve van ontzuring zich voorin het proces. Vier keer per jaar worden de bak en de tanding daar preventief schoongespoten.

De overige BOT's ten behoeve van ontzuring bevinden zich achterin het proces en worden nauwelijks belast (dat wil zeggen nauwelijks of geen aangroei, geen ijzerafzetting en een beperkte afzetting van mangaan). Preventief worden de BOT's geïnspecteerd en eventueel worden die eens per vijf jaar schoongemaakt.

WMD Drinkwater

De cascades voor de behandeling van ruwwater worden gereinigd met een frequentie van circa twee keer per jaar, dat wil zeggen dat ze worden afgespoeld met een brandslang.

Waterbedrijf Groningen

De cascades worden een keer per twee jaar met een hogedrukspuit gereinigd.

6.5 BOT

Brabant Water

Afhankelijk van de vervuiling past Brabant Water per drinkwaterproductielocatie een verschillend onderhoudsinterval toe. Een BOT wordt periodiek gespoeld: een keer per week. De hoeveelheid ijzer bepaalt de frequentie van het grote onderhoud. Die frequentie varieert van een keer per vier tot een keer per vijf jaar.

Evides Waterbedrijf

Bij Evides Waterbedrijf werden de BOT's voorheen een keer per week gespoeld. In het geval dat de luchtflow binnen die week $< 1.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ werd, indiceerde dit een te grote vervuiling en vond onderhoud plaats. Inmiddels is de bedrijfsvoering zodanig aangepast dat twee van de drie BOT's operationeel zijn en er altijd een buiten bedrijf is. Wanneer een BOT voor 5 – 7 dagen uitstaat (droog), sterft de biomassa die de verstoppingen van de vullichamen veroorzaakt af en kan die worden uitgespoeld. Daarna gaat de BOT weer in bedrijf en wordt een andere uitgezet. Op die manier opereert het drinkwaterbedrijf al sinds 2019 zonder een noodzakelijke reiniging.

6.6 Plaatbeluchting

Voor de verwijdering van het ijzerslib moet de plaat van een plaatbeluchter afhankelijk van de ijzerbelasting om de 1 – 2 maanden worden schoongemaakt. Dat kan worden gedaan met behulp van een hogedrukspuit en schrob gerei. Het verdient aanbeveling een goede voorziening aan te brengen voor het afvoeren van het ijzerslib. Als die niet aanwezig is, wordt bij ingebruikneming van de plaatbeluchter namelijk een grote hoeveelheid ijzer ineens op het filter gebracht en dat is niet wenselijk.

Voor het verwijderen van de harde laag die niet kan worden verwijderd door schrobben, moet de plaat extern chemisch worden gereinigd. Afhankelijk van de ruwwaterkwaliteit moet hierbij worden gedacht aan minimaal een- tot tweemaal per jaar [10].

WMD Drinkwater

De plaatbeluchters worden een keer per maand geschrobd. Halfjaarlijks worden die gedemonteerd en extern gereinigd met een hogedrukspuit (300 bar). WMD Drinkwater heeft momenteel twee drinkwaterproductielocaties met plaatbeluchting. Het onderhoud bestaat uit borstelen, verwijderen en vervangen door schone platen. De vuile platen worden met een stoomcleaner gereinigd en vervolgens opgeslagen. De onderhoudsfrequentie bedraagt ongeveer twee keer per jaar. De reiniging gebeurt incidenteel door een externe partij.

Waterbedrijf Groningen

Waterbedrijf Groningen heeft sinds begin 2021 plaatbeluchting op een drinkwaterproductielocatie. De onderhoudsfrequentie is voornamelijk maandelijks (optimalisatie dient nog plaats te vinden en het is de verwachting dat een frequentie van twee maanden geen problemen zal opleveren). Bij het onderhoud worden de platen verwijderd en in een speciale wasmachine (soort vaatwasser) onder hoge druk gereinigd.

6.7 Vacuümontgassing

WMD Drinkwater

Het drinkwaterbedrijf heeft ervaring met een vacuümketel-proefinstallatie op praktijkschaal gedurende een periode van twee jaar. Vacuüm wordt opgewekt met een vloeistofringcompressor waarmee in de praktijk een onderdruk van 50 mbar kan worden gerealiseerd. In de praktijkinstallatie zal er een onderdruk van maximaal 100 mbar nodig zijn. De vloeistofring wordt in stand gehouden met anaeroob ruwwater. De vullichamen in de ketel worden een keer per jaar geïnspecteerd en blijven voornamelijk schoon. Aandachtspunt is het op atmosferische druk brengen van de vacuümketel voor inspectiedoeleinden. De vacuümketel wordt geheel gevuld met ruwwater. Zodra de onderdruk weg is, kan een afsluiter voor de beluchting bovenop de vacuümketel open worden gezet, waarna die kan worden geleegd via een daarvoor bedoelde afsluiter. Rond de uitblaas van methaangas is een ATEX-zone⁸ noodzakelijk.

6.8 Membraanontgassing

Vitens

In het geval de drukval over de kaarsenfilters oploopt boven de vooralarmering worden deze gecontroleerd en zo nodig vervangen.

Bij toename van de voedingsdruk over de ontgassingsmembranen in de eerste en/of tweede membraantrap tot een vooraf bepaalde waarde, worden deze gereinigd via CIP. Bij afname van verwijderingsrendement van de ontgassingsmembranen in de eerste en/of tweede membraantrap gebeurt dat eveneens.

De membranen van de membraanontgassers lekken altijd enigszins door (leksnelheid). Door veroudering kan deze leksnelheid toenemen. Dit moet met enige regelmaat worden gemeten en gecontroleerd. In het geval dit teveel wordt, moeten de ontgassingsmembranen worden gedroogd om de hydrofobiciteit te herstellen. De daarvoor benodigde voorzieningen hiervoor moeten aanwezig zijn.

⁸ Vanuit de Europese richtlijn [ATEX 153](#) zijn werkgevers wettelijk verplicht om een ATEX zonering aan te geven in gebieden waar explosieve stoffen aanwezig zijn. Deze zone-indeling dient worden opgenomen in het explosie veiligheidsdocument.

Het explosierisico wordt vastgesteld op basis van een risico inventarisatie en -evaluatie. Hiermee wordt de link gelegd met de richtlijn [ATEX 114](#). De ATEX 114 goedgekeurde apparatuur is onderverdeeld in categorieën, die aangeeft in welke zones deze mag worden toegepast, zodat deze apparatuur een explosieve atmosfeer niet kan ontsteken.

7 Literatuur

1. Staatsblad 2011: ‘Drinkwaterbesluit’ van 23 mei 2011, nummer 293, 21 juni 2011 (oorspronkelijke editie) vigerend vanaf 13 oktober 2021: Drinkwaterbesluit
2. Staatscourant van 29 juni 2011: ‘Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening’, nr. 11911, 18 juli 2011 (oorspronkelijke editie)
Staatscourant van 21 april 2017: ‘technische aanpassingen 2017’, 1 juli 2017
vigerend vanaf 1 juli 2017: Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening
3. Oosterholt, F.I.M.H., en Brand, T.P.H. van den (2020): ‘Berekening CO₂-voetafdruk van drinkwaterbedrijven’, praktijkcode PCD 11:2020, KWR Water Research Institute, Nieuwegein
4. Reijnen, G.K. (1994): ‘Behandeling van methaanhoudend grondwater; Effecten van het vóórkomen en de verwijdering van methaan op de fysisch-chemische en biologische kwaliteit van het drinkwater’, Mededeling 123, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
5. Meerkerk, M.A., en Siegers, W.G. (2020): ‘Ontzuren van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater; *Deel 1: Algemeen*’, praktijkcode PCD 14-1:2020, KWR Water Research Institute, Nieuwegein
6. Meerkerk, M.A., en Siegers, W.G. (2020): ‘“Ontzuren van water ten behoeve van de bereiding van drinkwater; *Deel 2: Verwijdering van kooldioxide door middel van beluchting*’, praktijkcode PCD 14-2:2020, KWR Water Research Institute, Nieuwegein
7. Moel, P.J. de, Verberk, J.Q.J.C., en Dijk, J.C. van (2012): ‘Drinkwater – principes en praktijk’, Water Management Academic Press, Delft Nederland
8. Oosterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2018): ‘Hygiëne bij werkzaamheden in de zuivering; *Werkboekje bij de ‘Hygiëncode Drinkwater; Drinkwaterbereiding’*’, praktijkcode PCD 1-6:2018, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
9. Oosterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2015): ‘Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding’, praktijkcode PCD 1-8:2015, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
10. Helm, A.W.C. van der (1998): ‘Modellering van intensieve gasuitwisselingssystemen’, afstudeerverslag, TU Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Sectie Gezondheidstechniek, Delft
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1cd73271-6b82-450c-b470-3b817fbbca37/datastream/OBJ/download>
11. Houtepen, F.A.P. (1987): ‘Methaanverwijdering op het pompstation Altena’, vakblad H₂O, 20^e jaargang, nummer 24, pagina 600 – 603
12. Meerkerk, M.A. (2020): ‘Luchtfiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening’, praktijkcode PCD 16:2020, KWR Water Research Institute, Nieuwegein

13. Meerkerk, M.A. (2020): 'Richtlijn voor systemen voor de opslag van drinkwater; *Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 1508:1998)*', praktijkcode PCD 4:2020, KWR Water Research Institute, Nieuwegein
14. H₂O Techniek (2019): 'Vitens wint methaan uit grondwater', 28 augustus 2019
15. Oesterholt, F.I.M.H. en Meerkerk, M.A. (2018): 'Hygiënecode Drinkwater; *Drinkwaterbereiding*', praktijkcode PCD 1-3:2018, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
16. Schoonenberg, F., Bakker, G., en Schriks, M. (2020): 'Vitens Grens- en Drempelwaarden Drinkwater', notitie met kenmerk AM-BD-AM02, versienummer 6.1, Vitens, Zwolle
17. Wielen, P.W.J.J van der (2017): 'Invloed van waterkwaliteit, adres en tijdstip op KG22 en Aeromonas als wettelijke parameters nagroei', rapport BTO 2017.028, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
18. Goense, A., en Hofs, B. (2019): 'Haalbaarheidsstudie voor vermindering methaanuitstoot: grondwaterzuivering Baanhoek; *Een mogelijkheid voor milieu impact vermindering binnen de directe bedrijfsprocessen van Evides*', intern rapport, Evides Waterbedrijf, Rotterdam
19. Kramer, D. de (2020): 'Energie en broeikasgasemissies 2020', beleidsnotitie, versie D1.0, Vitens, Zwolle
20. Joris, K. (2017): 'Eindverslag pilootonderzoek voor ontwerp nieuwe zuivering', document van 8 november 2017, Pidpa, Antwerpen
21. Kooij, D. van der, en anderen (1992): 'Aeromonas in drinkwater; Vóórkomen, bestrijding, betekenis', voordrachten van het KIWA-VWN-colloquium d.d. 7 maart 1991, KIWA Onderzoek en Advies, Nieuwegein
22. Heinsbroek, A., Sjoerdsma, P., Rietman, B., Keizer, P., Tas, M., Pol, E. van der, en Borger, K, (2021): 'Procestechnische beschrijving Membraanontgassing', versie C0.3, Vitens, Zwolle
23. Vaillant, C.J. (1970): 'Nafiltratie', vakblad H₂O, 3^e jaargang, nummer 14, pagina 309 – 317

I Begrippen met bijbehorende omschrijvingen, en afkortingen

Beluchting en ontgassing

Via een voetnoot in het Voorwoord wordt in de praktijkcode PCD 14-1 [5] ingegaan op het onderscheid tussen de begrippen beluchting en ontgassing. Beide technieken worden ook ingezet voor de methaanverwijdering. Bij beluchting wordt een grote overmaat van lucht toegevoegd aan het te behandelen water, terwijl bij ontgassing uitsluitend sprake is van het onttrekken van gassen aan dat water.

Afkortingen

De volgende afkortingen komen voor in deze praktijkcode, inclusief de betekenis:

- ATEX: 'ATmosphères EXplosibles' (ATEX wordt als synoniem gebruikt voor twee Europese richtlijnen op het gebied van explosiegevaar onder atmosferische omstandigheden)
- BOT: Beluchtings- en OntgassingsToren (terugspoelbaar)
- BVS: BiofimVormingsSnelheid
- CIP: Cleaning in Place (een gebruikte techniek uit de procestechniek, waarbij een productiedeel automatisch wordt gereinigd zonder dat het object of delen daarvan gedemonteerd, verplaatst of uit elkaar gehaald dient te worden)
- DVGW: Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- NPSH: 'Net Positive Suction Head'
- RO: Reverse Osmosis (omgekeerde osmose)

II Verwijderingsrendementen, ervaringen en cijfers van drinkwaterbedrijven

In een separaat Excel bestand zijn alle gegevens opgenomen van drinkwaterproductielocaties met methaanverwijdering van Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse waterbedrijf Pidpa. Dat Excel bestand bevat voor iedere zuiveringstechniek een aparte worksheet: respectievelijk BOT, cascade, versproeiing, plaatbeluchting, vacuümontgassing, membraanontgassing en droogfiltratie. Iedere worksheet beschikt over een aantal 'universele kolommen' (kolommen die in alle worksheets voorkomen) en een aantal 'specifieke kolommen' (kolommen die afhankelijk zijn van de zuiveringstechniek). De eerste vier kolommen van iedere worksheet (de kolommen A tot en met D dus) zijn steeds hetzelfde:

- 'Locatie': de drinkwaterproductielocatie;
- 'Plaats in de zuivering': de aard en plek in de zuivering van de methaanverwijdering;
- 'Doel': de bedoeling van de bewuste zuiveringstechniek, dat wil zeggen verwijdering van methaan, kooldioxide en/of vluchtige organische stoffen, en/of aeratie;
- 'Water': de hoeveelheid water die per uur of per jaar wordt behandeld.

Afhankelijk van de zuiveringstechniek komen dan ergens verderop naast elkaar achtereenvolgens nog de volgende kolommen voor:

- 'CH₄ infl (mg/l)': de concentratie methaan in het influent van de zuiveringstechniek;
- 'CH₄ effl (mg/l)': de concentratie methaan in het effluent van de zuiveringstechniek;
- 'Verwijdering (%)': het rendement van de verwijdering van de zuiveringstechniek.

De specifieke kolommen in iedere worksheet spreken eigenlijk voor zich. In de eerste drie worksheets (BOT, cascade, versproeiing) heeft de (voor)laatste kolom de titel 'Onderhoudsinterval', waarbij iets is aangegeven over de frequentie van het onderhoud van de betreffende zuiveringstechniek. In de worksheet 'BOT' zijn tevens gegevens opgenomen over de verwijdering van kooldioxide.

In de navolgende tabellen is een samenvatting van het separate Excel bestand opgenomen met gegevens van drinkwaterbedrijven waarvan de verwijdering van methaan bekend is.

Tabel 3 Overzicht van de gegevens voor de BOT.

Locatie	CH4 infl (mg/l)	CH4 effl (mg/l)	Verwijdering (%)
Evides			
Baanhoek	21	0	100
Brabant Water			
Budel	0,60	0,01	98
Haaren	0,72	0,01	99
Helmond diep	6,49	0,06	99
Loosbroek	3,60	0,03	99
Nuland (diep)	2,38	0,03	99
Nuland (middeldiep)	0,61	0,02	97
Veghel	5,30	0,07	99
Vlierden	5,84	0,03	99
Oasen			
De Steeg	3,2	0,03	99
WGr			
Sellingen (1)	11,9	2,00	83
Sellingen (2)	1,40	0,06	96
Vitens			
Waddeneilanden	1 - 2,5	< 0,1	> 95

Tabel 4 Overzicht van de gegevens voor de cascade.

Locatie	CH4 infl (mg/l)	CH4 effl (mg/l)	Verwijdering (%)
Brabant Water			
Bergen op Zoom (diep)	1,82	0,36	80
Bergen op Zoom (ondiep)	0,13	0,02	85
Dorst	0,1	0,01	90
Lieshout	0,45	0,04	91
Lith	0,67	0,07	90
Oosterhout	0,13	0,02	85
Prinsenbosch	0,09	0,02	78
Roosendaal	1,87	0,08	96
Seppe	3,25	0,02	99
Tilburg	0,53	0,07	87
Welschap	0,57	0,06	89
Wouw	8,55	0,07	99
Oasen			
Reijerwaard (Oasen)	8	0,2	98
Evides			
Halsteren	6,2	0,2	97
Ossendrecht (voorbeluchting)	0,2	0,01	95
WMD (2019)			
Assen	0,72	0,05	93
Dalen	0,08	0,00	100
Ruinerwold	3,06	0,08	97
WGr (2019)			
Nietap	4,84	0,27	94
Vitens			
Noordburgum	7,0	0,2	97
Terwisscha	4,0	0,2	95

Tabel 5 Overzicht van de gegevens voor de versproeiing.

Locatie	CH4 infl (mg/l)	CH4 effl (mg/l)	Verwijdering (%)
Brabant Water			
Genderen	1,43	0,11	92,3
Schijndel	0,37	0,09	75,7
Someren	0,39	0,09	76,9
Son	0,39	0,08	79,5
Vessem	0,17	0,07	59
Vlijmen (diep)	1,3	0,8	38
Vlijmen (ondiep)	0,34	0,00	100
Oasen			
Rodenhuis	0,3	0,03	90
Evides			
Huijbergen	0,4	0,1	88
WMD (2019)			
Annen i.c.m. droogfiltratie	0,2	0,10	50
Beilen i.c.m. droogfiltratie	0,61	0,00	100
Gasselte i.c.m. droogfiltratie	0,02	0,00	100
Leggeloo i.c.m. droogfiltratie	0,39	0,00	100
Noordbargeres	0,05	0,02	60
Valterbos i.c.m. droogfiltratie	0,15	0,00	100
WGr			
De Groeve (tot 2021)	3,16	0,62	80
De Groeve (na 2021)	2,5	0,5	80
Onnen	1,3	n.b.	
De Punt	1,4	n.b.	
Pidpa			
Oud-Turnhout (pilottest)	1,8	0,8	56
Essen	0,12	0,05	58

Tabel 6 Overzicht van de gegevens voor de plaatbeluchting.

Locatie	CH4 infl (mg/l)	CH4 effl (mg/l)	Verwijdering (%)
Oasen			
ZS De Laak (Oasen)	0,9	0,018	98
WMD (2019)			
Hoogeveen	10	0,06	99
Zuidwolde	22,16	0,09	100
Vitens			
Spannenburg	5	0,2	96
Oldeholtpade	3	0,2	93
Noardburgum	18	0,2	99
WGr (2021)			
De Groeve	6,5	0,08	99

Tabel 7 Overzicht van de gegevens voor vacuümontgassing.

Locatie	CH4 infl	CH4 effl	Verwijdering
	(mg/l)	(mg/l)	(%)
Vitens			
Spannenburg	40	5	88
Noardburgum (in ontwerp)	7	1	86
WMD			
Pilot Kruidhaars	3,1	0,2	94

Tabel 8 Overzicht van de gegevens voor membraanontgassing.

Locatie	CH4 infl	CH4 effl	Verwijdering
	(mg/l)	(mg/l)	(%)
Vitens			
Hammerflief (langdurige pilot)	17	0,3	98
Terschelling (in aanbouw)	2	0,01	100
Noardburgum (in ontwerp)	15	0,2	99
WGr			
Pilot Sellingen	11	1	91

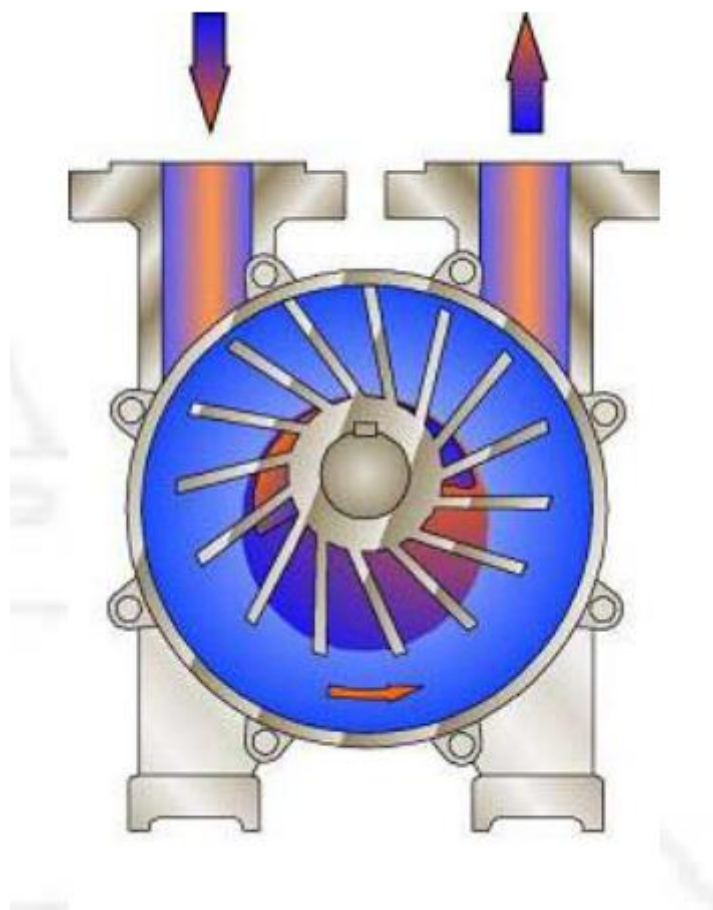
III Informatie over vacuümpompen

Vacuümpompressoren worden onderscheiden in:

- a Waterring vacuümpomp;
- b 'droge' schroef vacuümpompressor.

ad a

Een waterring vacuümpomp gebruikt een waterfilm als afdichting. (zie onderstaande afbeelding). Er zijn op de markt pompjes van dit type beschikbaar van lage debieten tot hoge debieten. Nadeel van deze pomp is dat er water meekomt met de afgezogen gassen waardoor voor eventuele verbranding (om methaan om te zetten naar kooldioxide) lastiger wordt. Dit type pomp kan niet toerental worden geregeld.



Ad b

Een schroef vacuümpomp heeft een nauwe passing tussen de draaiende delen waardoor die lucht/gas kan verpompen. Dit type is uitsluitend voor grotere debieten beschikbaar en kan toerental worden geregeld. Belangrijk is dat bij dit type de afgezogen gassen zo goed mogelijk waterdampvrij (druppelvanger) moet worden gemaakt, omdat er anders kalkafzetting in de pomp kan optreden. Omdat grondwater meestal een temperatuur heeft van circa 10 à 11°C is het raadzaam om de schroef vacuümpomp bij opstart eerst warm te laten draaien als extra wapen tegen kalkafzetting.

Op drinkwaterproductielocatie Spannenburg van Vitens wordt een schroef vacuümpomp gebruikt in de praktijk vacuüminstallatie . In de vacuümontgassing pilot van drinkwaterproductielocatie Kruidhaars van WMD Drinkwater wordt momenteel een wattering vacuümpomp gebruikt. In de nieuwbouw zal ook een schroef vacuümpomp worden toegepast.