

Klimaatvriendelijke biologische methaanoxidatie levert biologisch stabiel drinkwater

Weren de Vet (WML, TU Delft), Ron Burhenne, Geert Gielens, Alex Roling (WML)

Na nieuwbouw bedrijft WML op pompstation Breehei al drie jaar een klassieke grondwaterzuivering met biologische methaanoxidatie in een innovatieve zuiveringsopzet (droogfiltratie met geforceerde beluchting en natfiltratie). Deze is full-scale vergeleken met een conventionele zuiveringsopzet (torenbeluchting en dubbele natfiltratie). Beide zuiveringsopzetten produceren uit diep anaeroob grondwater drinkwater van uitstekende kwaliteit met een vergelijkbaar lage nagroeipotentie. Alle voorfilters worden gespoeld zonder filterbedexpansie. De sterkere biologische methaanoxidatie in het droogfilter reduceert de broeikasgasemissie door omzetting van methaan in koolzuurgas. De innovatieve biologische zuiveringsopzet scoort beter op duurzaamheidsaspecten, investerings- en exploitatiekosten, onderhoudsinspanning en gebruikersbeoordeling en komt als voorkeursvariant naar voren in een integrale businesscase.

Op WML-pompstation (PS) Breehei wordt 2 miljoen m³ goed gebufferd, middelhard anaeroob grondwater gezuiverd tot drinkwater. Het ruwwater bevat relatief hoge concentraties van de typische grondwatercomponenten methaan, ijzer, mangaan en ammonium (zie tabel 1).

Tabel 1. Grondwaterkwaliteit PS Breehei (2020 - april 2023), drinkwaternomen en WML-streefwaarden

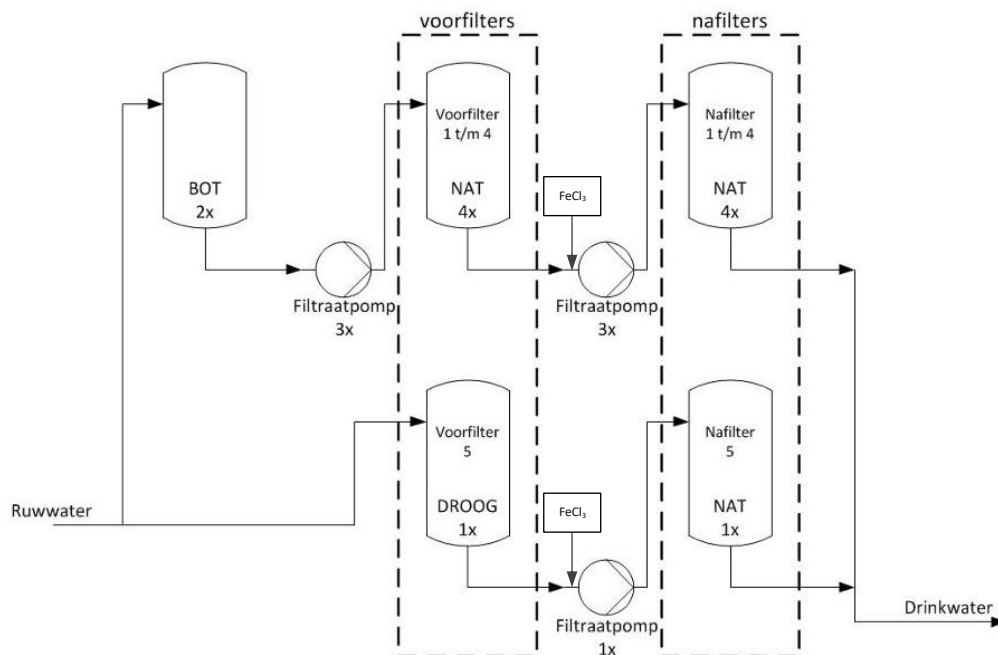
Parameter	Eenheid	Grondwaterkwaliteit	Drinkwaternomen en -streefwaarden	
			Drinkwaterbesluit	WML-streefwaarde
pH	-	6,93 ± 0,04	7.0 - 9.5	7,5 - 8,3
Totale Hardheid	mmol/L	1,7 ± 0,2	-	-
Waterstofcarbonaat	mg/L HCO ₃ ⁻	208 ± 11	>60	>100
Methaan	mg/l CH ₄	4,5 ± 0,6	-	-
Ijzer	µg/L Fe	8900 ± 1400	200	50
Mangaan	µg /L Mn	211 ± 36	50	20
Ammonium	mg/L NH ₄ ⁺	0,74 ± 0,07	0.20	0.05

In 2020 is de oorspronkelijke zuivering van PS Breehei uit de jaren 50 van de vorige eeuw vernieuwd. De nieuwbouwzuivering is in het modulaire zuiveringsconcept (MZC) uitgevoerd als hybride systeem, met twee parallelle zuiveringsopzetten (zie afbeelding 1). Dit is een tijdelijke situatie. De bedoeling is om de beste variant te kiezen (zie businesscase in concluderende alinea). Het MZC biedt de mogelijkheid (en is hiervoor ontworpen) om relatief eenvoudig en goedkoop om te bouwen naar de voorkeursvariant.

Beide zuiveringsopzetten omvatten - gezien de samenstelling van het grondwater - intensieve gasuitwisseling en dubbele filtratie. De verschillen zitten in de gasuitwisseling en eerste filtratiestap

(voorfiltratie). De nafiltratie met vlokmiddeldosering (FeCl_3), versproeiing en kruisbeluchting is voor beide zuiveringsopzetten identiek:

- Zuiveringsstraat 1 bestaat uit drie processtappen: twee beluchtings- en ontgassingstorens (BOTs), vier parallelle natte voorfilters (VF1 t/m 4) en vier parallelle natte nafilts (NF1 t/m 4);
- Zuiveringsstraat 2 bestaat uit twee processtappen: één droog voorfilter met geforceerde beluchting in meestroomrichting (VF5) en één nat nafilts (NF5).



Afbeelding 1. Processchema nieuwbouw hybride zuivering PS Breehei

Beide MZC-zuiveringsopzetten produceren drinkwater van uitstekende kwaliteit, beter dan de oudbouw. Met name op het vlak van *Aeromonas* en ijzer functioneert de nieuwbouw beter dan de oudbouw, zelfs bij ruim tweemaal hogere oppervlaktebelasting. De ijzerbelasting van het distributienet is met een factor 7 verlaagd, wat grote voordelen oplevert voor het reinigen van de distributieleidingen. Mangaan en ammonium ligt in het effluent van alle nafilts nagenoeg altijd onder de rapportagegrenzen van de laboratoriummethoden (resp. $0,5 \mu\text{g/L Mn}$ en $0,05 \text{ mg/L NH}_4$).

Wel methaanoxidatie, maar geen probleem met de biologische stabiliteit

Vanwege de relatief hoge belasting van de zuivering met methaan (en ammonium), is de biologische stabiliteit van het geproduceerde drinkwater van oudsher een belangrijk aandachtspunt op PS Breehei. Vooral de omzetting van methaan vormt veel biomassa. Net als voor de mens is dit 'aardgas' een goede brandstof voor bacteriën. In de drinkwatersector bestaat breed het beeld dat te veel biologische processen in de drinkwaterzuivering onontkoombaar leiden tot biologische instabiliteit van het geproduceerde water (nagroei) en verder tot meer onderhoud door verslijming van de filters. Sectorale richtlijnen schrijven daarom al enkele decennia verregaande fysische verwijdering van methaan vóór de eerste filtratiestap voor [1], [2].

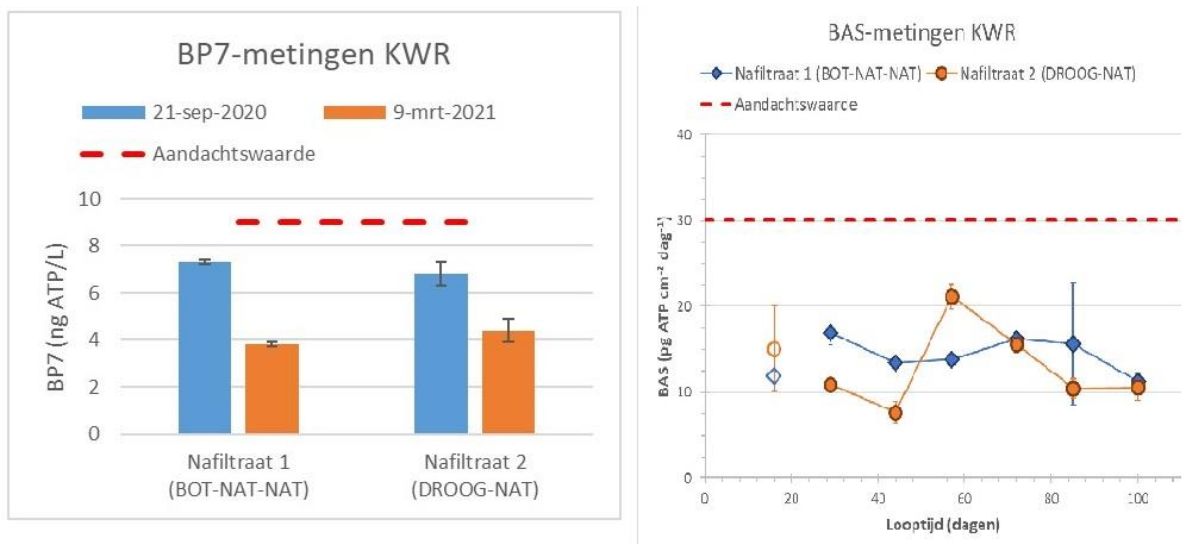
Op PS Breehei vormden deze risico's dan ook het centrale focuspunt bij de ontwikkeling van de biologische zuiveringsopzet, droogfiltratie zonder voorgeschakelde intensieve ontgassing. De aanpak omvatte de bepaling van het aandeel biologische methaanoxidatie en de nagroeipotentie van het geproduceerde drinkwater, en intensieve monitoring van de biologische parameters in en verstopping van de zuivering.

Allereerst is voor beide zuiveringsopzetten met methaanbalansen bepaald in welke mate de verwijdering fysisch of biologisch verloopt. Van het methaan in het ruwe water op PS Breehei wordt in het droge voorfilter ongeveer 50% biologisch omgezet. Dit is anders dan bij de onderzochte droogfilters van Oasen, waarin methaan vrijwel volledig werd verwijderd door fysisch strippen [3]. Overigens doen BOTs meer dan louter beluchten en ontgassen. Op PS Breehei wordt ruim 10% van het opgebracht methaan biologisch verwijderd, naast ongeveer 40% van het opgebrachte ijzer (zie afbeelding 2).



Afbeelding 2. IJzer- en biomassa-ophoping in pallringen en beluchtingspyloon van een beluchtungs- en ontgassingstoren op PS Breehei

De groeipotentie van het geproduceerde water is geëvalueerd aan de hand van biomassa-productiepotentie (BPP)-tests voor water [4] en biomassa-accumulatiemetingen met continue biofilmmonitoren (CBM [5]) en getoetst aan de door KWR afgeleide aandachtswaarden voor biologische stabiliteit [6]. Wanneer het geproduceerde drinkwater hier niet aan voldoet, is het risico op overschrijdingen van de wettelijke norm voor *Aeromonas* in het drinkwaterdistributiesysteem (1000 kve/100 mL) verhoogd. De resultaten van deze bepalingen zijn samengevat in afbeelding 3. De BAS-bepalingen op dag 16 zijn weergegeven met open symbolen en zonder lijnverbinding met de overige meetpunten, omdat de BAS-waarden van die dag zijn gebaseerd op een incubatietijd van de cuvetten van 14 dagen. Bij alle andere meetpunten was de incubatietijd van de cuvetten in de CBM 28 dagen. Voor beide opzetten zijn de BP7-waarden in het najaar van 2020 hoger dan in het voorjaar van 2021. Mogelijk spelen hier seizoensinvloeden of filterrijping een rol.



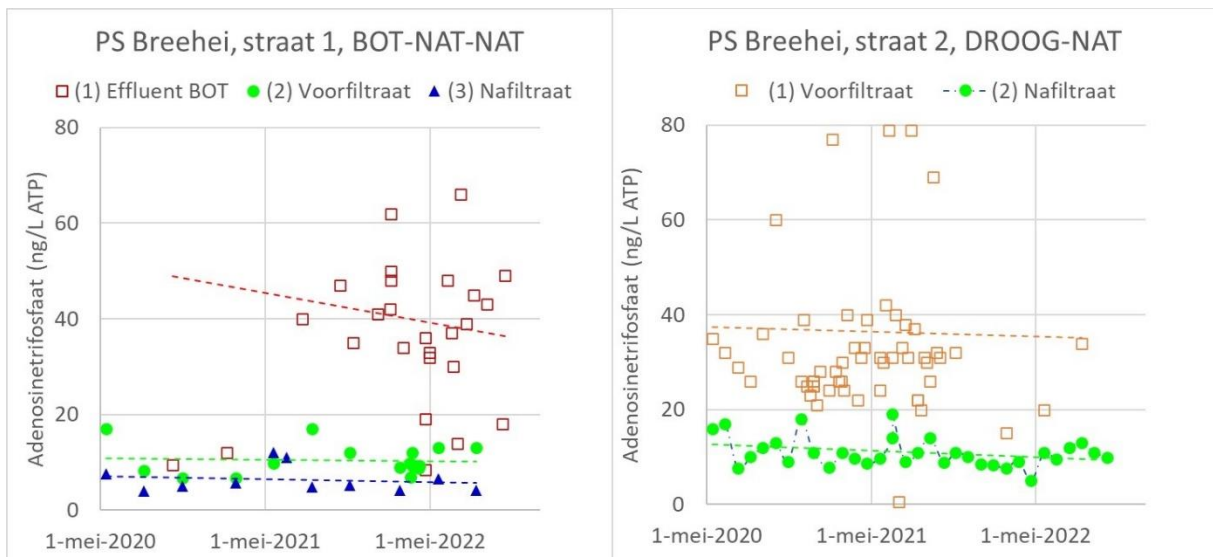
Afbeelding 3. Samenvatting groeipotentie-bepalingen. inks: BBP-tests [7], rechts: CBM-metingen [8] met KWR-aandachtswaarden [6]

De groeipotentie van het geproduceerde water is in de innovatieve biologische zuiveringsopzet DROOG-NAT ('Nafiltraat 2') even laag als voor het conventionele zuiveringsopzet BOT-NAT-NAT ('Nafiltraat 1') en voldoet ruim aan de KWR-aandachtswaarden.

Het belang van de juiste procesvoering en onderhoud

De verslijming van beide zuiveringsopzetten is de gehele periode intensief gemonitord met behulp van weerstandmetingen over het schone bed (direct na spoeling) en de doppenbodemp en de gangbare microbiologische parameters, te weten koloniegetal 22°C (conform NEN-EN-ISO 6222) *Aeromonas* 30 °C (conform NEN 6263) en ATP (adenosinetrifosfaat; eigen methode Aqualab Zuid).

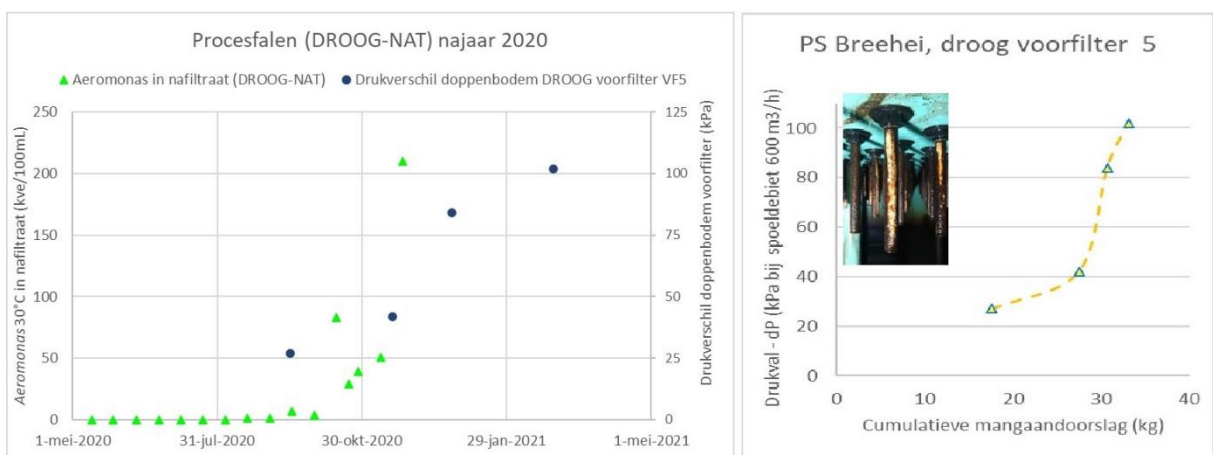
De met ATP bepaalde biologische activiteit komt grotendeels voor rekening van de biologische methaanoxidatie in de eerste processtap (BOT voor straat 1 en DROOG voorfilter voor straat 2). Zoals afbeelding 4 laat zien, is het ATP-niveau in beide zuiveringsopzetten voor de eerste en tweede processtap zeer vergelijkbaar. De extra processtap van straat 1 (BOT-NAT-NAT) resulteert dus in minder actieve biomassa in het eindproduct, maar zoals eerder gezien zonder effect op de (na)groeipotentie.



Afbeelding 4. ATP-verloop door de opeenvolgende processtappen

Koloniegetal 22°C is na de inwerkperiode in zowel het voor- als het nafiltraat van beide zuiveringsopzetten steeds zeer laag, waaruit blijkt dat deze parameter niet geschikt is om methaanoxidatie (en nitrificatie) te monitoren. Ook *Aeromonas* is afwezig of in slechts kleine aantallen aanwezig, met uitzondering van het nafiltraat van straat 2 (DROOG-NAT) in de eerste periode.

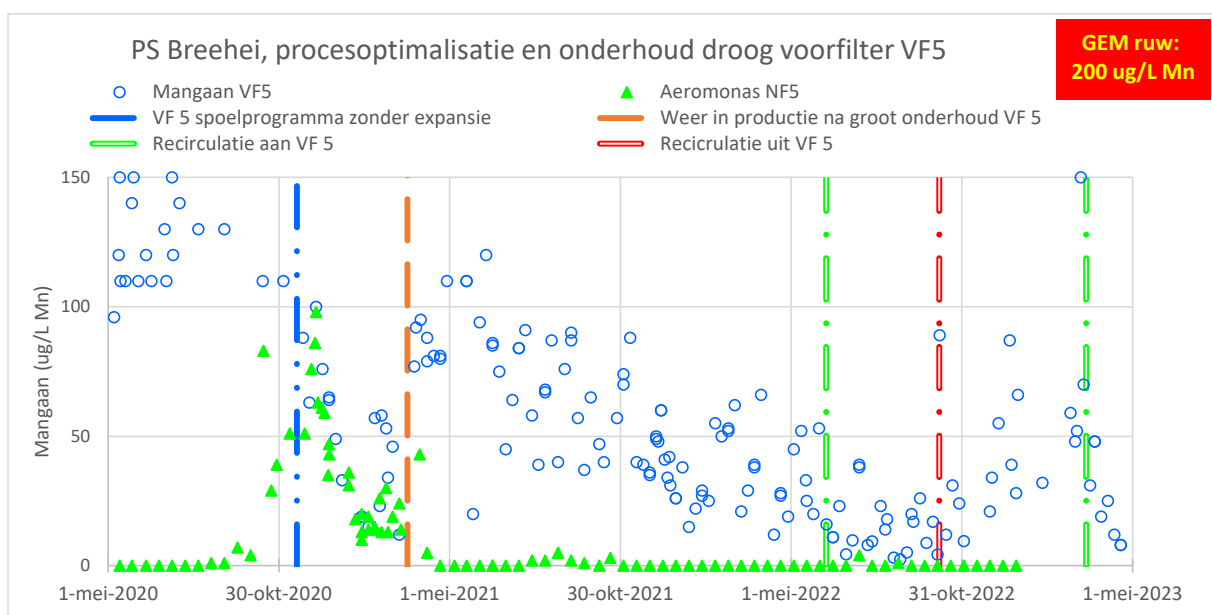
In het najaar van 2020, een half jaar na de opstart, traden onverwachts grote uitdagingen in de biologische zuiveringsopzet op (zie afbeelding 5, links). In korte tijd stegen de *Aeromonas*-aantallen in het nafiltraat explosief en nam de drukval over de doppenbodem van het droge voorfilter - bepaald bij een vast spoeldebiet van 600 m³/u (= 66 m/u) - zo sterk toe, dat de benodigde spoelsnelheden niet meer gehaald konden worden. De drukval toonde een sterke relatie met de cumulatieve mangaandoorslag door het voorfilter. Boven een drempelwaarde nam de drukval in korte tijd snel verder toe (zie afbeelding 5, rechts). In het droge biologische voorfilter VF5 was de ontmangling (en nitrificatie) na ruim een half jaar productie nog steeds nauwelijks op gang gekomen (zie afbeelding 6).



Afbeelding 5. Proces falen straat 2 (DROOG-NAT): *Aeromonas* in nafiltraat NF 5 en verstopping filterdoppen voorfilter VF5 (links) en relatie cumulatieve mangaandoorslag en verstopping filterdoppen in droog voorfilter VF5 (rechts)

Waren beide problemen met elkaar verbonden, en zo ja hoe dan? Beide fenomenen leken de duiden op een instabiel biologisch proces in het voorfilter, mogelijk als gevolg van een niet-optimaal spoelprogramma. Bij de opstart van de hybride nieuwbouwzuivering op PS Breehei werden alle voor- en nafilts - volgens de sectorale standaard - gespoeld met een naspoelfase met filterbedexpansie. Waarschijnlijk wordt in deze naspoelfase met expansie veel biomassa uitgespoeld bovenuit het voorfilter, waardoor deze biomassa tijdens de looptijd telkens opnieuw moet aangroeien en er dus een biologisch instabiel systeem (over de tijd en bedhoogte) in stand wordt gehouden.

De oplossing voor beide problemen was zowel eenvoudig als opzienbarend. In november 2020 is de spoeling van het biologische droge voorfilter VF5 geëxtensiveerd, door een halvering van de watersnelheid tijdens de naspoelfase (van 78 naar 39 m/h; filterfractie 1,4-2,0 mm). In afbeelding 6 is het grote en duurzame effect van deze proceswijziging op zowel de ontmanging in het droge VF5 als de *Aeromonas* in NF5 te zien.



Afbeelding 6. Effecten van procesoptimalisaties en onderhoud van droog voorfilter 5 op de ontmanging in voorfilter 5 en *Aeromonas* in nafilts 5

In het voorjaar van 2021 is het filtergrind van voorfilter VF5 extern gereinigd en zijn de spoeldoppen vervangen. Sindsdien draait de biologische zuiveringsopzet DROOG-NAT al meer dan twee jaar zonder grote problemen. Door recirculatie van ongeveer 10 procent van het filtraat is een verdere optimalisatie van de ontmanging in het droge voorfilter bereikt. De effecten van in- en uitschakeling hiervan zijn in afbeelding 6 ook duidelijk zichtbaar.

Duurzaamheidswinst door biologische methaanoxidatie

De sterkere biologische methaanoxidatie in straat 2 (DROOG-NAT) heeft een bijkomend gunstig effect. Doordat een groter deel van het zeer sterke broeikasgas methaan (CH₄) wordt omgezet in koolzuurgas (CO₂) neemt de emissie van broeikasgassen per saldo af. CH₄ is een veel sterker broeikasgas dan CO₂: 1 kilogram CH₄ staat gelijk aan 25 CO₂-equivalenten [9]. Naast de directe winst op het vlak van duurzaamheid kan de verlaagde uitstoot van het sterke broeikasgas CH₄ ook financieel worden gekwantificeerd met de systematiek van het European Union Emissions Trading System (ETS) [10]. De

emissie van broeikasgassen is voor DROOG-NAT 43% lager dan voor BOT-NAT-NAT en levert tot 2050 een geschatte besparing in emissierechten van € 500.000 op.

Conclusie en vervolg

Vanwege de klimaatcrisis staat het sterke broeikasgas methaan opnieuw in de belangstelling bij de drinkwaterproductie uit grondwater. Nieuwe technieken voor scheiding en nuttig hergebruik van methaan voor grotere productielocaties en hogere methaangehalten zijn volop in ontwikkeling. Voor kleinere locaties met middelhoge methaangehalten lukt het niet om de businesscase hiervoor sluitend te krijgen. In deze gevallen kan directe biologische omzetting met droogfiltratie een uitkomst bieden, zoals de zuivering met biologische methaanverwijdering op WML PS Breehei aantoonde. De vrees voor een negatieve invloed van een biologische actieve zuivering, zoals verslijming van de zuivering en verhoogde nagroeiopotentie, blijkt ongegrond. Een voorwaarde is wel dat de droge voorfiltratie goed bedreven wordt (spoeling zonder expansie; looptijden van maximaal enkele dagen en geen langdurige stilstand).

Dankwoord

De auteurs danken de medewerkers van Aqualab Zuid voor hun flexibele inzet en nuttige discussies en Paul van de Wielen (KWR) voor het beschikbaar stellen van de meetgegevens en zijn zorgvuldige advisering op het complexe vlak van de groeipotentie.

Referenties

1. 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*. KIWA Mededeling 123
2. *PraktijkCode Drinkwater - Verwijdering van methaan uit water ten behoeve van de bereiding van drinkwater*; KWR PCD-18, mei 2022.
3. Vet, W.W.J.M. de, Burger, W., Wolthoorn, A., & Woerdt, D. van der (2002). 'Methaanbelasting irrelevant voor filterverwerking'. *H2O*, 34(1), 26-29; ISSN 0166-8439.
4. Kooij, D. van der & Veenendaal, H.R. (2014). *Bepaling van de biomassaproductiepotentie (BPP) van drinkwater*. Oktober 2014. KWR-rapport, BTO 2014.038
5. Kooij, D. van der & Veenendaal, H.R. (2012). *Bepaling van de biofilmvormende eigenschappen van drinkwater met een continue biofilmmonitor (CBM)*. BTO 2011.050, KWR-rapport maart 2012.
6. Wielen, P.W.J.J. van der (2018). *Aandachtswaarden nieuwe meetmethoden biologische stabiliteit*. BTO 2018.049, KWR rapport, maart 2018.
7. Wielen, P.W.J.J. van der (2021). *Groeipotentie drinkwater productielocatie Breehei*. KWR-memo, 16 juli 2021.
8. Wielen, P.W.J.J. (2022). *CBM resultaten productielocatie Breehei*. KWR memo, 9 december 2022.
9. CBS (2018). *CO₂-equivalenten van broeikasgassen*; <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/37/co2-uitstoot-in-2017-gelijk-aan-die-in-1990/co2-equivalenten>.
10. ING (2022). *Europe's carbon price tripled in 2021 to €90 per ton CO₂*; <https://think.ing.com/articles/just-how-fit-is-the-eus-fit-for-55-climate-strategy-for-europes-economy/>.