

## Geen biofouling op omgekeerde-osmosemembranen door voorzuivering met biologisch-actiefkoolfiltratie

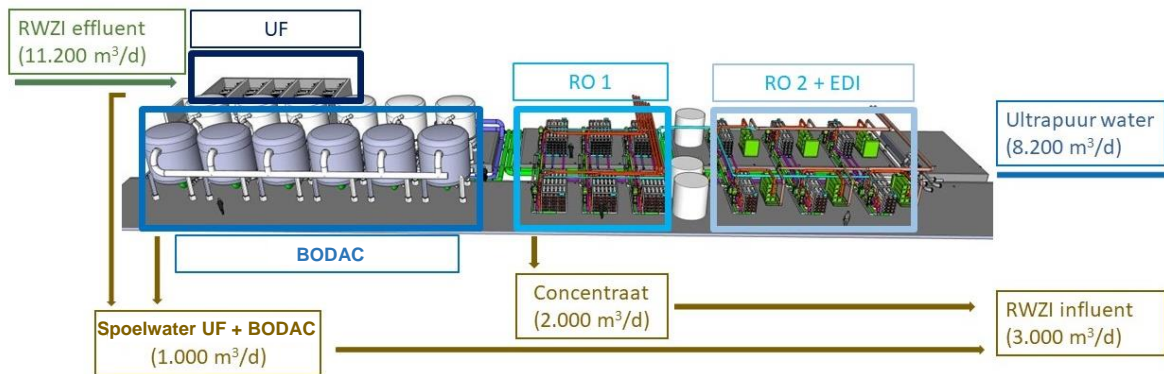
*Marcel Boorsma (WLN), Simon Dost (WMD), Hilde Prummel (WLN)*

**Biofouling is een van de meest voorkomende typen vervuiling bij installaties voor omgekeerde osmose. Bij de UltraPuurWater-(UPW)-fabriek in Emmen wordt sinds 2010 biologisch-actiefkoolfiltratie met zuurstofdoserings (BODAC) succesvol toegepast als voorzuivering voor omgekeerde osmose (RO): biofouling blijft afwezig op de RO membranen blijft afwezig. Op basis van tien jaar praktijkervaring wordt geconcludeerd dat BODAC een duurzame en robuuste voorzuivering voor RO-installaties is, zeker bij hergebruik van afvalwater.**

NieuWater, een joint venture van Waterbedrijf Drenthe en waterschap Vechtstromen, produceert sinds 2010 ultrapuur water (UPW) voor de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). De UPW-fabriek heeft een capaciteit van maximaal 8.200 m<sup>3</sup> ultrapuur water per dag. Het geproduceerde water wordt door de NAM gebruikt voor de productie van stoom. De bron voor deze waterfabriek is het effluent van de RWZI Emmen.

*Dit is het tweede van drie artikelen over de UPW-fabriek bij RWZI Emmen. Het eerste artikel is hier te lezen: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/ultrapuur-water-uit-rwzi-effluent-bijna-10-jaar-ervaring-in-emmen>*

Uitgangspunt bij het ontwerp van de UPW-fabriek was destijds om het gebruik van chemicaliën tot een minimum te beperken. De wisselingen in de kwaliteit van het effluent van de RWZI maakten dat de zuivering robuust diende te zijn. Met de keuze voor een uitgebreide combinatie van verschillende zuiveringstechnieken is het mogelijk gebleken om deze veranderingen in voedingswaterkwaliteit goed op te vangen. De voorzuivering bestaat uit ultrafiltratie (UF) gevolgd door twee in serie geschakelde biologisch-actiefkoolfilters met zuurstofdoserings (BODAC: Biological Oxygen Dosed Activated Carbon). Een dubbel-pass-installatie voor omgekeerde osmose (RO) en ten slotte electro-deïonisatie (EDI) zorgen ervoor dat het RWZI-effluent wordt opgewerkt tot nagenoeg 100% zuiver water. Alle spoelwater- en concentraatstromen worden weer naar de RWZI geleid. In afbeelding 1 is dit schematisch weergegeven.

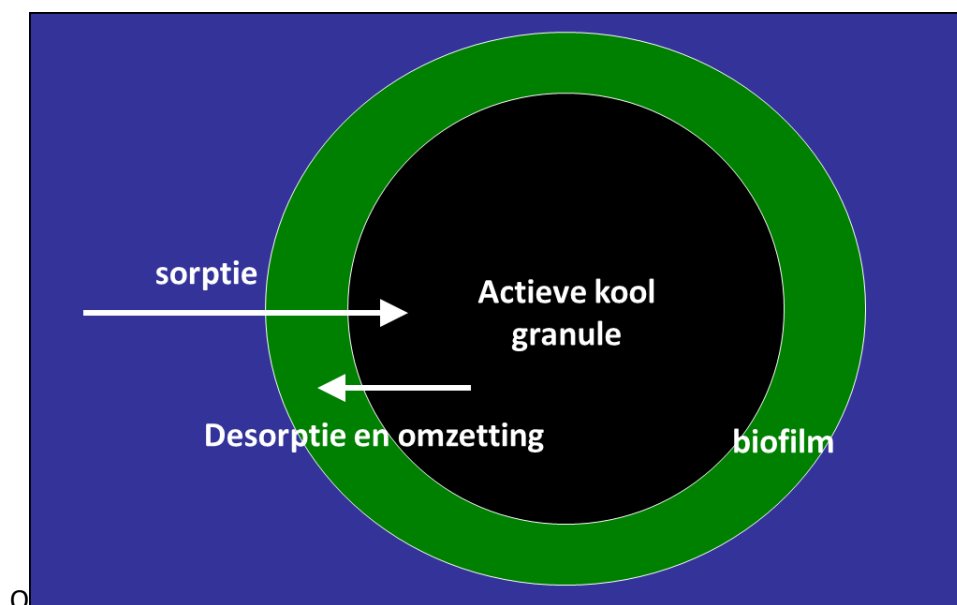


Afbeelding 1. Procesflowdiagram UPW-fabriek Emmen

### Functie en werking BODAC-filters

Bij het gebruik van omgekeerde osmose als ontzoutingstechniek is het essentieel dat het voedingswater deeltjesvrij is en een lage vervuilingspotentie heeft. Ultrafiltratie (UF) en BODAC-filtratie dienen om respectievelijk zwevende bestanddelen en voedingsstoffen (onder meer ammonium) uit het effluent van de RWZI te verwijderen. Het UF-permeaat heeft de potentie om problematische biofouling te creëren op de omgekeerde-osmosemembranen [1].

Wereldwijd worden biocides ingezet om ervoor te zorgen dat er geen ongecontroleerde biofouling op de omgekeerde-osmosemembranen plaatsvindt. Omdat biocides een negatief effect kunnen hebben op waterleven is bij de UPW-fabriek voor een milieuvriendelijk alternatief gekozen in de vorm van BODAC-filtratie. Het idee daarbij was om omzettingsprocessen en biologische groei gecontroleerd en op een zelfgekozen plek in de zuivering te laten plaatsvinden. Verondersteld wordt dat de rol van de actieve kool tweeledig is: (1) oppervlak voor biofilmvorming en (2) sorptie en desorptie van substraat. Hierdoor worden de makkelijk opneembare organische verbindingen door biomassa omgezet, maar krijgt dezelfde biomassa ook de tijd om moeilijk afbreekbare stoffen af te breken en om te zetten (zie afbeelding 2). Aerobe omstandigheden zijn daarbij essentieel, vandaar de zuurstofdosering.



Afbeelding 2. Veronderstelde werking van de biologisch-actieve koolfilters

### Ontwerp BODAC: positie en dimensionering

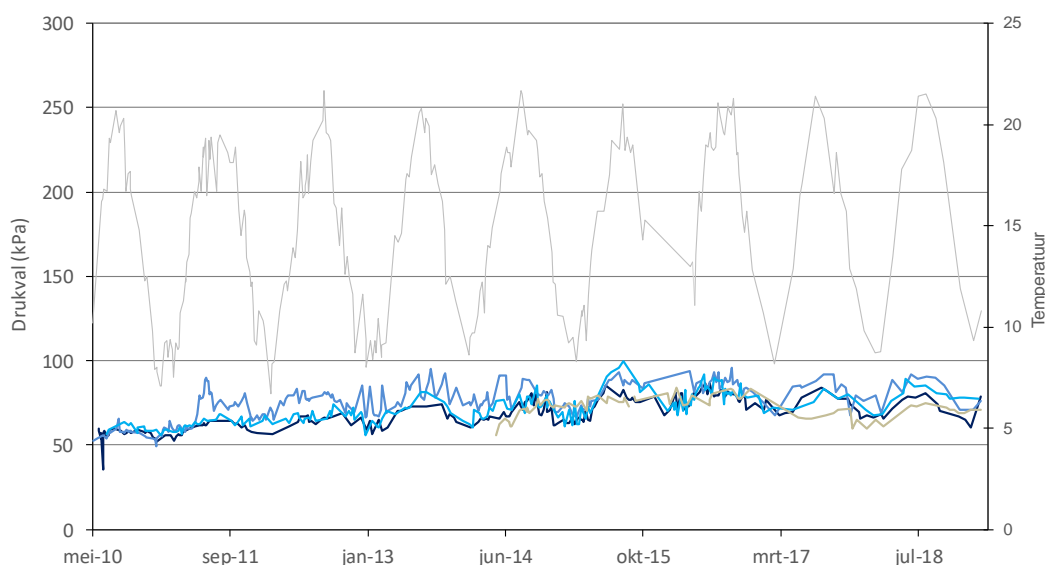
Vanuit de gedachte dat bioreactoren worden gevoed met deeltjesvrij water, is gekozen om de BODAC-filters achter de ultrafiltratie te plaatsen. De positionering van BODAC in de zuiveringstrein en de dimensionering van de filters is gebaseerd op het pilotonderzoek dat voorafgaand aan het ontwerptraject van de UPW-fabriek is uitgevoerd in 2006-2007 [1]

Het eerste biologisch-actiefkoolfilter (voorfilter) wordt bedreven met een filtratiesnelheid van ongeveer 10 meter per uur en heeft een verblijftijd van 16 minuten. Het tweede filter (nafilter) heeft een filtratiesnelheid van ongeveer 5 m/u en een verblijftijd van 32 minuten. Eens in de drie tot zes dagen is de weerstand in de filters (afhankelijk van de biofilmproductie) zodanig opgelopen dat deze gespoeld moeten worden. Een continue zuurstofdoserings op beide filters zorgt ervoor dat het systeem aerobisch blijft.

De kwaliteit van het BODAC-filtraat wordt online gecontroleerd met onder meer een zuurstofmeting en een deeltjesmonitor. Het voedingswater voor de RO dient behalve weinig voedingsstoffen ook een zo laag mogelijke hoeveelheid deeltjes te bevatten. Als om wat voor reden dan ook het aantal deeltjes in het effluent te hoog is (bijvoorbeeld direct na een spoeling) wordt het BODAC-filtraat tijdelijk niet naar de RO-membranen geleid, totdat de deeltjesbelasting (particle index) weer acceptabel laag is.

### Geen biofouling

De BODAC-installatie doet waarvoor hij negen jaar geleden is ontworpen: er wordt geen biofouling waargenomen op de nageschakelde RO-installaties. De genormaliseerde drukval over de membranen (afbeelding 3) is stabiel en vertoont geen snelle exponentiele stijging die typisch is voor biofouling.



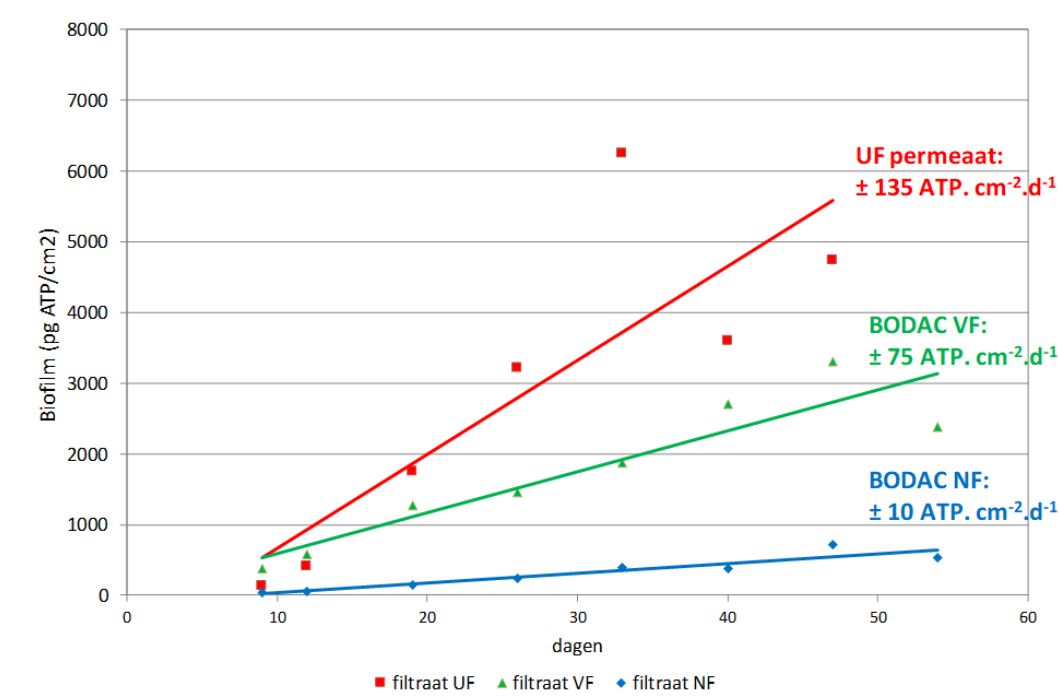
Afbeelding 3. Drukval over de eerste RO-trap over de periode 2010 – 2019. De drukval is genormaliseerd, d.w.z. gecorrigeerd voor temperatuur. Blauwe lijnen: drukval over de eerste trap van de verschillende RO skids, grijze lijn: temperatuur

Eenzelfde beeld, dat wil zeggen geen vorming van biofouling, is zichtbaar op andere locaties in de zuivering. De filtraatruimte onder het biologisch-actiefkoolfilter is na negen jaar nog altijd schoon en vertoont nauwelijks aangroei (zie afbeelding 4).



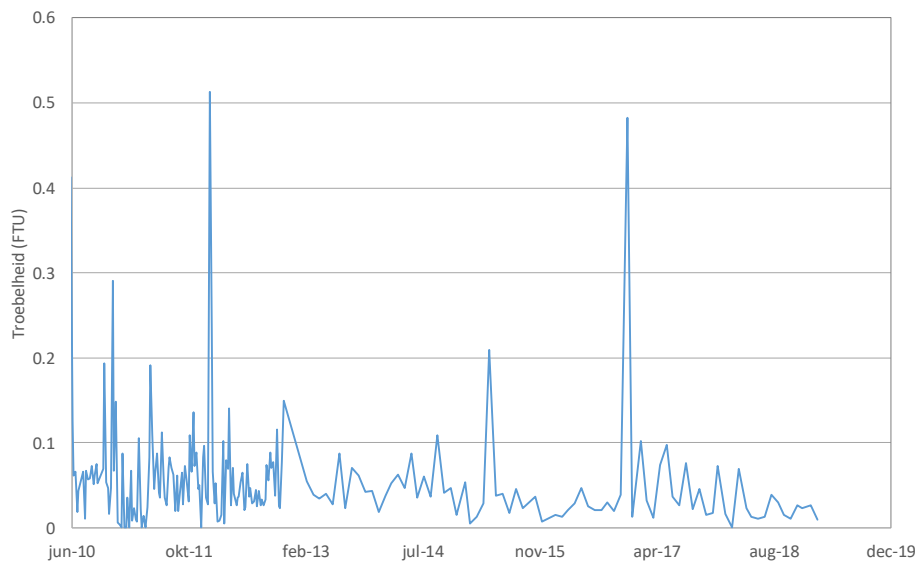
Afbeelding 4. Filtraatruimte onder de BODAC-filters: geen biofouling

Een maat voor de biofoulingpotentie van water is de zogenaamde biofilmvormingssnelheid (BVS). Dit is een gestandaardiseerde methode [2], oorspronkelijk ontwikkeld voor drinkwater. Water stroomt met een bepaalde snelheid langs glazen ringen. De accumulatie van Adenosinetriphosfaat (ATP) op deze ringen is een maat voor de BVS. BODAC-filtratie verlaagt de BVS van circa 135 naar 10 pg (picogram,  $10^{-12}$  gram) ATP/cm<sup>2</sup>.dag (afbeelding 5), een significante afname van de biofoulingspotentie.



Afbeelding 5. Biofilmvormingssnelheid UF-permeaat en na BODAC-filtratie (VF=voorfilter, NF=nafilter)

Het grootste risico bij de huidige positie van BODAC in de zuiveringsconfiguratie (tussen ultrafiltratie en RO) is uitspoeling van deeltjes. Uit het pilotonderzoek (2006-2007) is bekend dat zuurstofloosheid in biologisch-actiefkoolfiltratie leidt tot uitspoeling van biomassa (deeltjes). Om zuurstofloosheid te voorkomen wordt voor beide in serie geschakelde filters zuurstof gedoseerd. De totale zuurstofdoserings bedraagt gemiddeld 16 mg/l, waarvan ongeveer 55% wordt gedoseerd in het voorfilter en 45% in het nafilter. De nitrificatie is in de BODAC-filters vrijwel altijd volledig en 20% van het in het water aanwezige opgeloste organische stof (DOC) wordt afgebroken. De gemiddelde troebelheid van het BAKF-effluent is laag, gemiddeld kleiner dan 0,1 FTU (Formazin Turbidity Unit, zie afbeelding 6).



Afbeelding 6. Troebelheid na BAKF over de periode 2010 – 2018

### Duurzame en robuuste voorzuivering

Terugkijkend naar de afgelopen negen jaar valt te concluderen dat biologisch-actiefkoolfiltratie met zuurstofdoserings (BODAC) als voorzuivering voor RO een juiste keuze is geweest. De inpassing van twee in serie geschakelde biologisch-actiefkoolfilters heeft ertoe geleid dat de zuivering in staat is om met de wisselende waterkwaliteit van het RWZI-effluent om te gaan en altijd water met een hoge biologische stabiliteit te produceren als voedingswater voor omgekeerde osmose. Er is tot op heden geen noemenswaardige biofouling geconstateerd op de omgekeerde-osmosemembranen.

De investeringskosten voor BODAC zijn relatief hoog in vergelijking met alternatieven zoals biocidedosering. In Emmen kunnen deze kosten, vanwege een langjarig contract met NAM, over een lange termijn worden afgeschreven. Tegenover deze relatief hoge investering staat een besparing op exploitatiekosten. De vervangingskosten voor de RO-membranen (deze zijn sinds de opstart in 2010 nog niet vervangen) en ook het chemicaliënverbruik (geen flocculanten, minder reinigingsmiddelen en geen biocide), zijn zeer laag. Dit maakt BODAC tot een duurzame en robuuste voorzuivering voor RO-installaties, met name bij hergebruik van afvalwater.

## Referenties

1. Maas, P. van der et al. (2010). 'Beheersing vervuiling RO membranen door biologische actiefkoolfiltratie'. *H<sub>2</sub>O* (18) 41 - 44.
2. Kooij, D. van der et al. (1997). 'Bepaling en betekenis van de biofilmvormende eigenschappen van drinkwater'. *H<sub>2</sub>O* (25) 767 – 771.