

## Biologische actiefkoolfiltratie met zuurstofdosering: veelbelovende techniek voor verwijdering geneesmiddelen?

*Peter van der Maas (WLN, VHL University of applied sciences), Gerrit Veenendaal (Nieuwater), Jaap Nonnekens (waterschap Vechtstromen), Henk Brink (WMD), Dennis de Vogel (WLN)*

**Sinds 2010 produceert NieuWater ultrapuur water uit effluent van de RWZI Emmen. Dit water wordt als proceswater geleverd aan de NAM in Schoonebeek. De biologische actieve koolfiltratie met zuurstofdosering (BODAC), die als voorzuivering gebruikt wordt, lijkt ook een veelbelovende techniek om geneesmiddelen te verwijderen.**

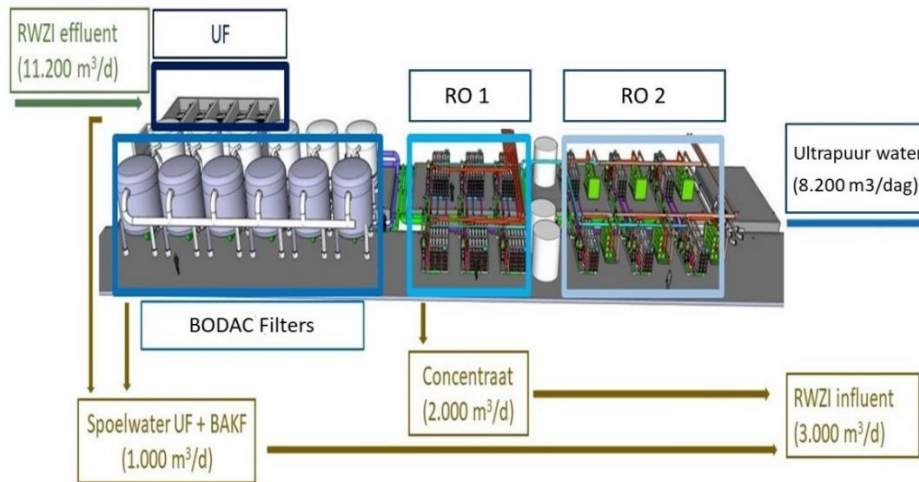
Sinds 2010 produceert NieuWater BV, een joint venture van waterschap Vechtstromen en Waterbedrijf Drenthe (WMD), bij de RWZI Emmen ultrapuur water (UPW). Dit UPW wordt, met een maximale capaciteit van 8200 m<sup>3</sup> per dag, geproduceerd uit RWZI-effluent, waarbij verschillende zuiveringsstappen worden gebruikt. Omgekeerde osmose (RO) dient als belangrijkste ontzoutingstechniek. Voorafgaand aan de RO wordt biologische actieve koolfiltratie met zuurstofdosering (Biological Oxygen Dosed Activated Carbon, BODAC) toegepast om biologische vervuiling (biofouling) van de RO-membranen te beheersen [1].

*Dit is het derde van drie artikelen over de UPW-fabriek bij RWZI Emmen. Het eerste en tweede artikel zijn [hier](#) en [hier](#) te lezen.*

Het BODAC-concept in Emmen blijkt in de praktijk ook geneesmiddelen vergaand te verwijderen. Na negen jaar zijn de verwijderingspercentages, ook met de originele kool die tussentijds niet is geregenereerd, nog steeds hoog.

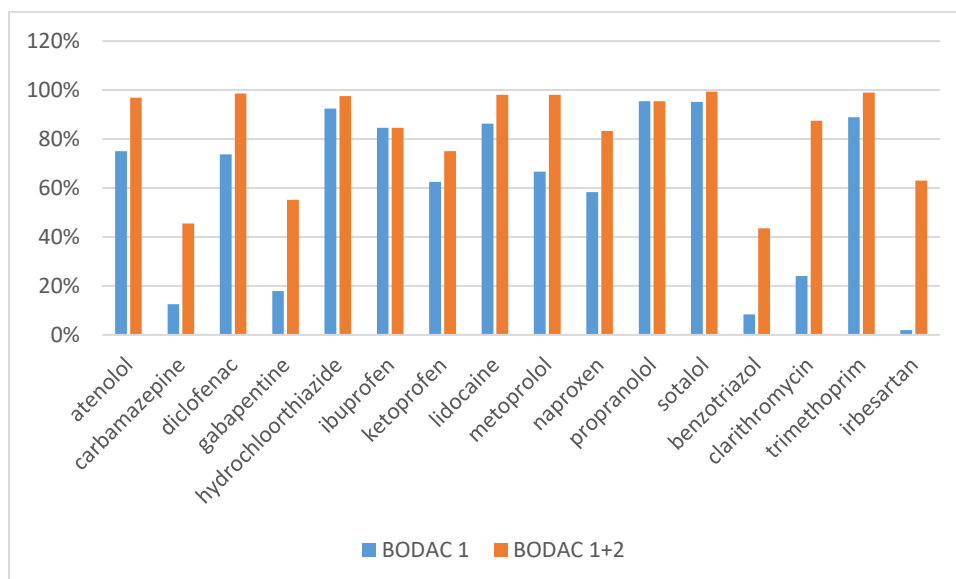
### **Verwijdering geneesmiddelen met BODAC**

De BODAC-installatie bij NieuWater wordt gevoed met, door ultrafiltratie gefiltreerd (dus deeltjesvrij), RWZI-effluent (zie afbeelding 1). De BODAC bestaat uit twee filtratiestappen met verblijftijden (empty bed retention times) van 16 minuten (stap 1) en 32 minuten (stap 2). Aan het influent van beide filtratiestappen wordt zuurstof gedoseerd om anaerobe omstandigheden in de BODAC-filters te voorkomen. Om de actieve koolkorrels groeit een biofilm. De BODAC-filters worden periodiek (0,5 tot 2 keer per week, afhankelijk van temperatuur) teruggespoeld om overtollige biomassa te verwijderen. Het spoelwater wordt teruggeleid naar de RWZI. De actieve kool (Norit 830P) is negen jaar geleden geplaatst en sindsdien niet geregenereerd.



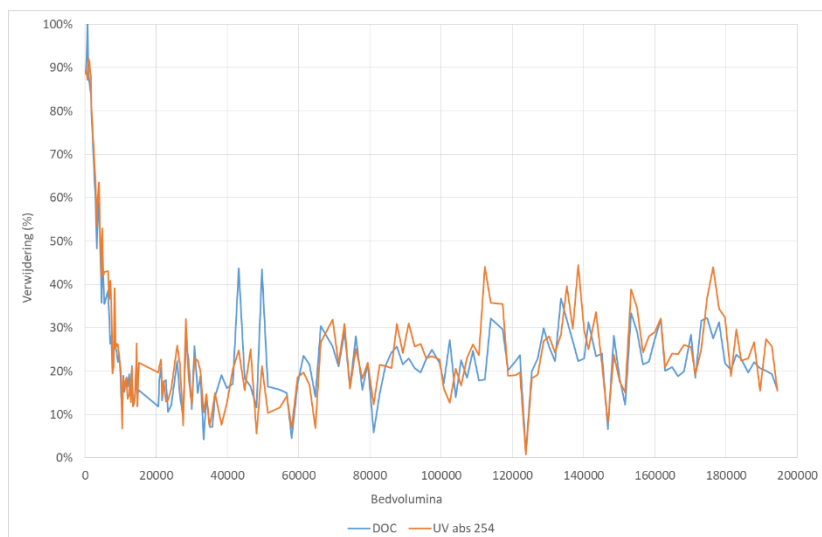
Afbeelding 1. BODAC als voorzuivering voor RO, UPW-fabrik NieuWater

Uit oriënterend onderzoek van NieuWater blijkt dat het BODAC-concept in Emmen veel geneesmiddelen vergaand (>80%) uit het RWZI-effluent verwijdert (zie afbeelding 2), ook na negen jaar filtratie, overeenkomend met bijna 200.000 bedvolumes (BV). De kool is beladen met organische stof, gemeten als Dissolved Organic Carbon (DOC). Het DOC-verzadigingspunt is reeds jaren geleden, na circa 10.000 bedvolumes (BV), bereikt. Sindsdien wordt er altijd nog circa 20% DOC verwijderd (zie afbeelding 3).



Afbeelding 2. Procentuele verwijdering van geneesmiddelen met BODAC, gemiddelden van twee meetrondes, december 2018. Oranje: totale verwijdering (eerste en tweede filter), blauw: verwijdering in eerste BODAC filter

De verwijdering in het eerste BODAC-filter (contacttijd 16 minuten) is voor veel geneesmiddelen meer dan 70%. Na de tweede BODAC-filtratie (d.w.z. na 16+32=48 minuten contacttijd) wordt vergaande verwijdering (>90%) bereikt voor diclofenac, hydrochloorthiazide, metoprolol, lidocaine, propranolol, sotalol, trimethoprim en clarithromycine. De verwijdering van carbamazepine, gabapentine, benzotriazol en irbesartan (40 – 70%) blijft daarbij achter (zie afbeelding 2).



Afbeelding 3. Verwijdering van DOC en UV-absorptie in BODAC filters tegen het aantal bedvolumes

### Principe van verwijdering

Er bestaat op dit moment geen helder beeld van het principe van de verwijdering van geneesmiddelen door het BODAC-concept zoals dat in Emmen functioneert. Zowel biodegradatie als sorptie kunnen een rol spelen, maar daarbij worden op voorhand drie kanttekeningen geplaatst:

- Biodegradatie: de stoffen die door BODAC in hoge mate worden verwijderd, worden in de hoofdzuivering van de RWZI slechts in beperkte mate verwijderd (zie tabel 1). De stoffen zijn dus niet goed bio-afbreekbaar in de hoofdzuivering.
- Sorptie aan de biofilm: de (aangegroeide) biofilm in de BODAC wordt periodiek teruggespoeld om de hoeveelheid biologisch materiaal constant te houden. In principe kunnen zo ook aan de biofilm gesorbeerde geneesmiddelen worden verwijderd. Daartegenover staat dat sorptie aan actiefslib in de hoofdzuivering geen grote rol speelt, gezien het feit dat de geneesmiddelen in de hoofdzuivering slechts beperkt worden verwijderd (zie tabel 1).
- Adsorptie aan actiefkool kan een rol spelen, maar het is niet waarschijnlijk dat dit na negen jaar de verwijdering van geneesmiddelen verklaart. Sbardella *et al.*, die de toepasbaarheid van biologische actieve kool met nageschakelde ultrafiltratie (BAC-UF) op RWZI-effluent onderzochten [2], zagen dat de verwijdering van geneesmiddelen aan biologische actieve koolfiltratie na circa 10.000 BV sterk afnam, terwijl de verwijdering in de eerste 10.000 BV hoog lag (zie tabel 1). Deze observaties maakt het onwaarschijnlijk dat de adsorptie in verzadigde toestand (na  $\gg$  10.000 BV, zoals het geval is in Emmen) de hoge verwijdering van geneesmiddelen van de BODAC in Emmen kan verklaren.

Er zijn dus nog veel vraagtekens rond het mechanisme van geneesmiddelenverwijdering door het BODAC-concept van NieuWater. Mogelijk speelt de dosering van zuurstof (die wordt ingezet om anaerobie in de BODAC-filters te voorkomen) een doorslaggevende rol in de verwijdering. Het principe van verwijdering wordt op dit moment nader onderzocht, onder meer in samenwerking met Wetsus.

Tabel 1. Verwijdering geneesmiddelen in RWZI Emmen (hoofdzuivering), BODAC NieuWater en referentie-Biologische actieve kool (BAC) volgens [2] (pilotschaal, verwijdering in periode 9800 – 13800 bedvolumes)

Component	Verwijdering in RWZI (n = 2)	Verwijdering in BODAC (n = 2)	Referentie BAC Sbardella et al. (2018)
Diclofenac	14%	99%	
Hydrochloorthiazide	51%	98%	Ca. 45%
Propranolol	64%	95%	Ca. 60 %
Atenolol	68%	97%	Ca. 40 %
Metoprolol	34%	98%	Ca. 60 %
Sotalol	19%	99%	
Carbamazepine		45%	Ca. 20 %
Trimethoprim		99%	
Gabapentine	49%	55%	
Claritromycine		88%	
Benzotriazol		44%	
Irbesartan		63%	Ca. 20%
Lidocaïne	18%	98%	
Ketoprofen		75%	

### Veelbelovende techniek

De bovenstaande resultaten maken BODAC met zuurstofdoserings, zoals in Emmen, een potentieel veelbelovende techniek voor nazuivering van RWZI-effluent. Op dit moment wordt een haalbaarheidsstudie van het BODAC-concept voor de verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater uitgevoerd binnen het onderzoeksprogramma Microverontreinigingen uit afvalwater, gesteund door de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). Behalve het verwijderingsrendement en -mechanisme voor geneesmiddelen, worden daarin ook de ecotoxicologische effecten, de wenselijkheid van deeltjesverwijdering voor BODAC, de kosten en CO<sub>2</sub>-voetafdruk nader geduïd.

### Referenties

1. Maas, P. van der, Majoor, E., Dost, S., Schippers, J (2010). Beheersing vervuiling RO membranen door biologische actiefkoolfiltratie. *H<sub>2</sub>O* (18), 41-44.
2. Sbardella, L., Comas, J., Fenu, A., Rodriguez-Roda I, Weemaes M. (2018). Advanced biological activated carbon filter for removing pharmaceutically active compounds from treated wastewater. *Science of the Total Environment* (636), 519–529.