

# INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN *UIT RWZI-AFVALWATER*

BODAC

Biological oxygen dosed  
activated carbon

Astrid Mous, WLN



# Onderzoeksvragen

1. Wat zijn de **verwijderingsrendementen** voor medicijnresten (gidsstoffen) indien BODAC, met een contacttijd van **16 minuten**, niet wordt voorafgegaan door ultrafiltratie, maar door een **eenvoudig zelfreinigend filter**, bijvoorbeeld een trommelzeef?
2. Hoe verloopt de **verwijdering van medicijnresten** (gidsstoffen) bij de **opstart** van het BODAC concept? Is er sprake van een (tijdelijke) achteruitgang in verwijderingsrendement nadat de actieve kool verzadigd is met DOC, of blijft de verwijdering op peil? Hoe verhouden zich de verwijderingsrendementen bij 'jonge kool' (< 1 jaar oud) ten opzichte van 'oude kool' (> 10 jaar oud)?

Onderzoek uitgevoerd door:



# Trigger voor het pilotonderzoek

- Toename in organische microverontreinigingen in RWZI afvalwater door meer huishoudelijk gebruik en betere analyse methodes.
- Verwijdering is beperkt in conventionele RWZI's
- 'Per toeval' verwijdering aangetroffen in bestaande fullscale BODAC
- Set up van BODAC in fullscale kostbaar



# Wat is BODAC?

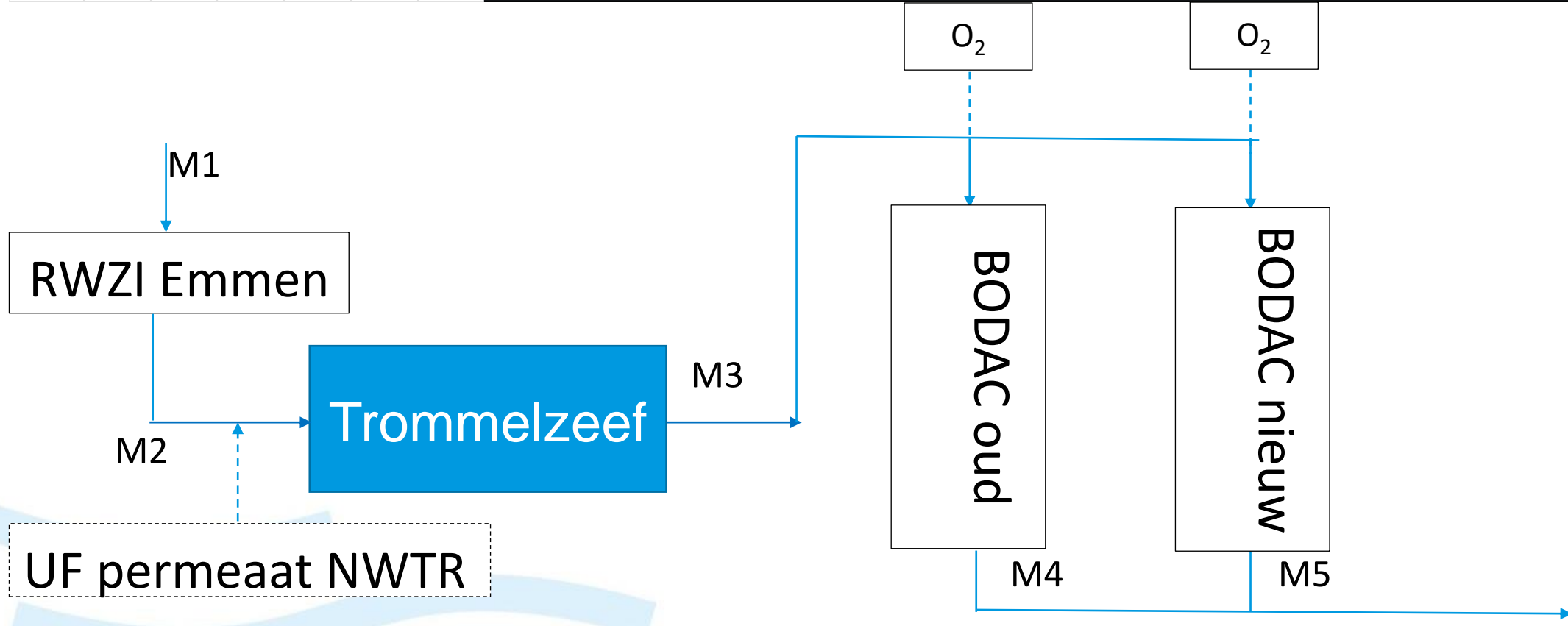
Biological oxygen dosed activated carbon

- Vast bed natfiltratie onder druk
- Dosering van pure zuurstof
- Filter gevuld met GAC830P
- Terugspoeling elke 2 à 3 dagen

Verwijderingsprincipe;

- Biodegradatie door biologie op het GAC
- Beperkte adsorptie van organische microverontreinigingen
- Geen reactivatie van GAC benodigd in afgelopen 13 jaar en er is geen aanleiding om dat op korte termijn te doen. De verwachting is dat het kool tot 20-25 jaar mee kan.

# Opzet pilotonderzoek



# Pilot BODAC oud

2022												2023													
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	Septembe	Oktober	Novembe	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	Septembe	Oktober	Novembe	December		
UF												Trommelzeef													
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min									

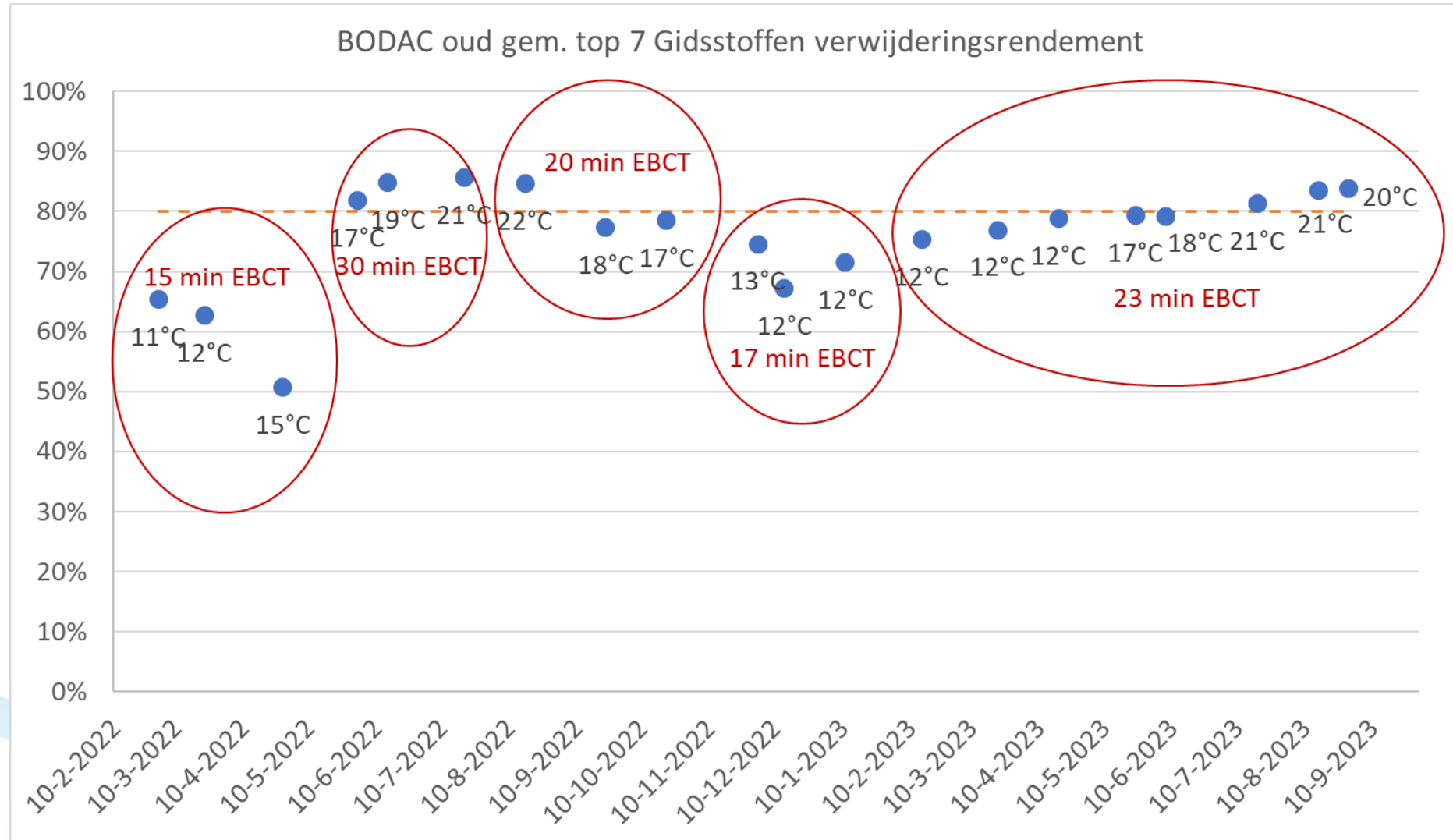
Gericht op onderzoeksvraag 1:

1. Wat zijn de verwijderingsrendementen voor medicijnresten (gidsstoffen) indien BODAC, met een contacttijd van 16 minuten, niet wordt voorafgegaan door ultrafiltratie, maar door een eenvoudig zelfreinigend filter, bijvoorbeeld een trommelzeef?

Acties genomen in proefperiode:

- Voorbehandeling met ultrafiltratie gewijzigd naar trommelzeef
- Optimalisatie van EBCT (empty bed contacttijd)

# Pilot BODAC oud

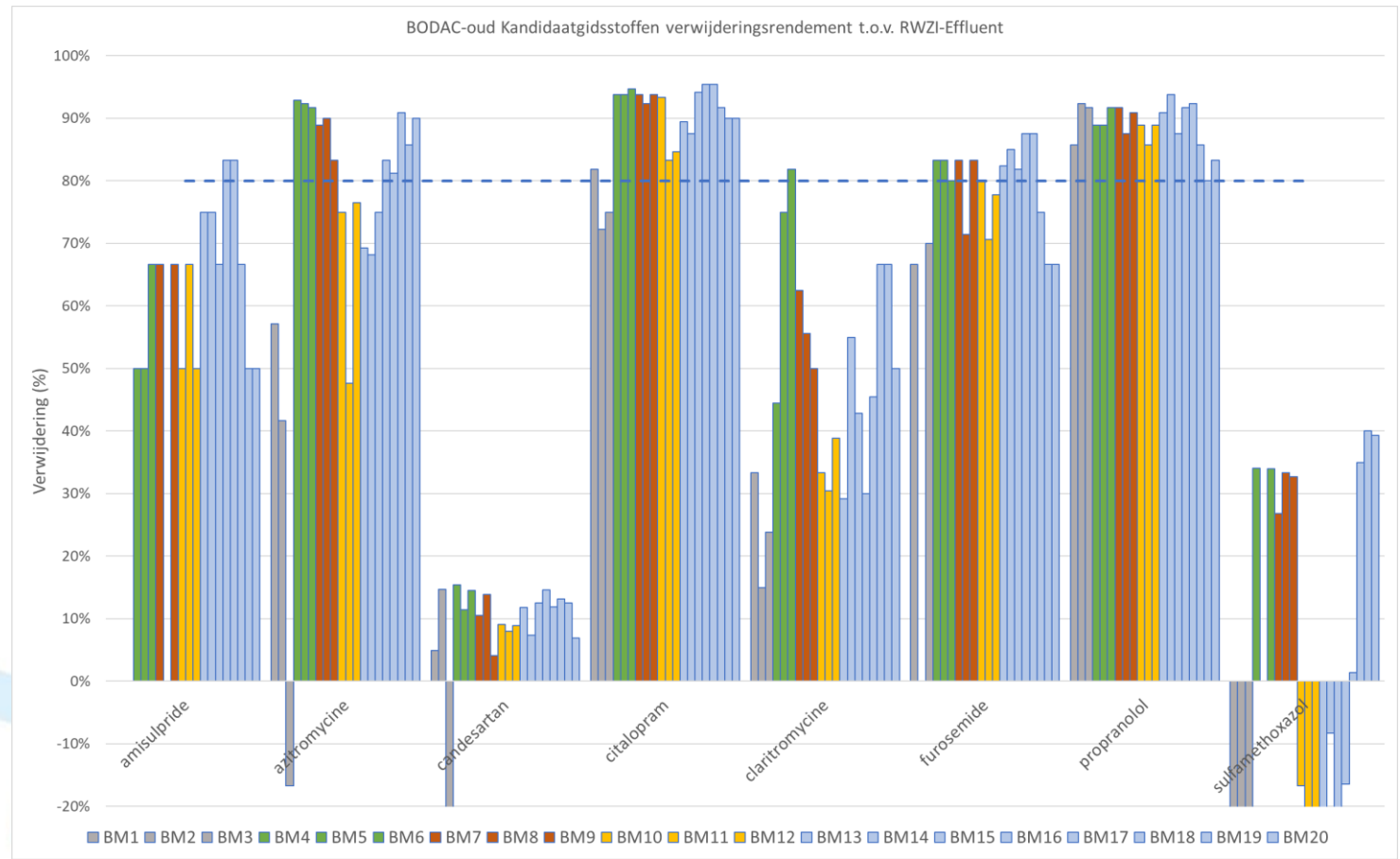






# Pilot BODAC oud

2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF																							
Trommelzeef																							
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							



# Pilot BODAC nieuw

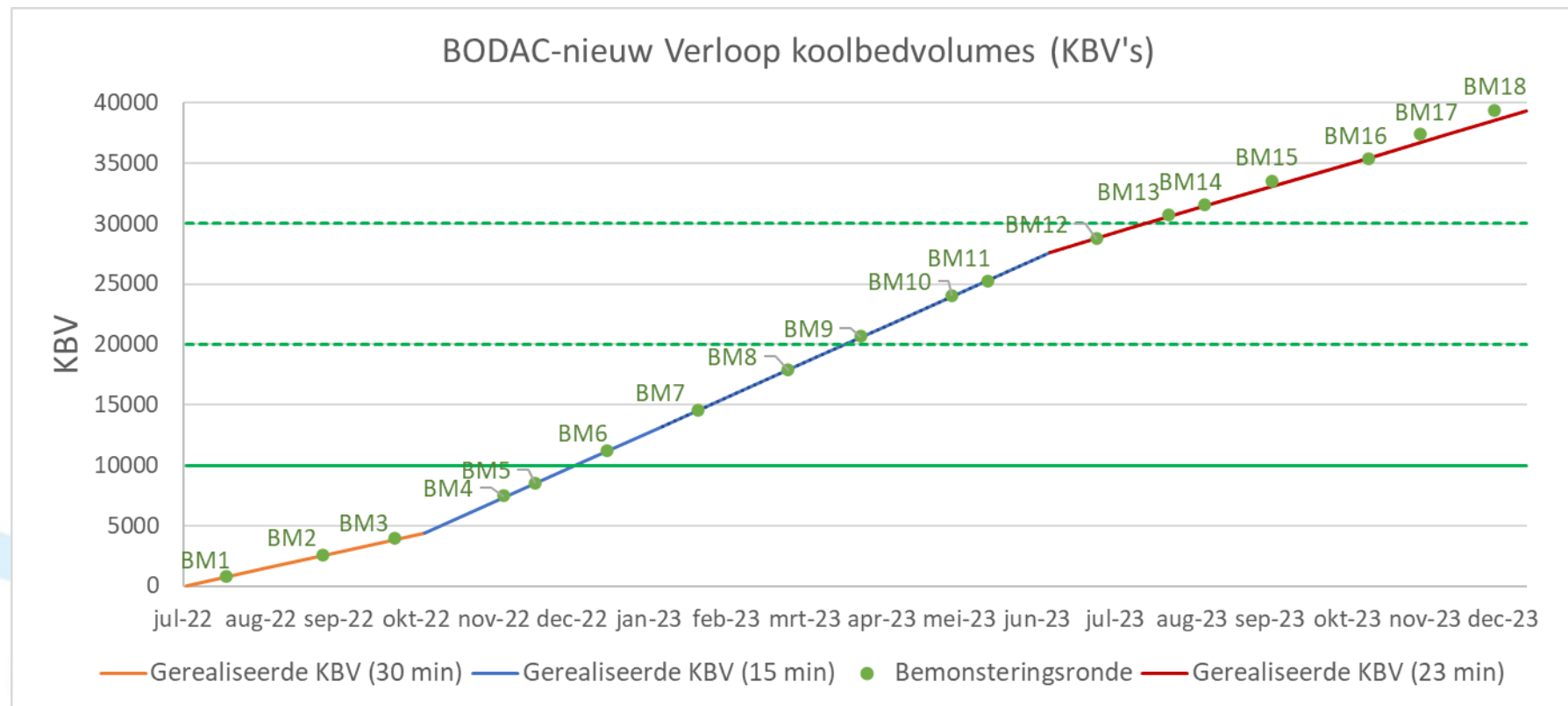
2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF												Trommelzeef											
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							
												Trommelzeef											
						30 min						15 min						23 min					

Gericht op onderzoeksvraag 2:

2. Hoe verloopt de **verwijdering van medicijnresten** (gidsstoffen) bij de **opstart** van het BODAC concept? Is er sprake van een (tijdelijke) achteruitgang in verwijderingsrendement nadat de actieve kool verzadigd is met DOC, of blijft de verwijdering op peil? Hoe verhouden zich de verwijderingsrendementen bij 'jonge kool' (< 1 jaar oud) ten opzichte van 'oude kool' (> 10 jaar oud)?

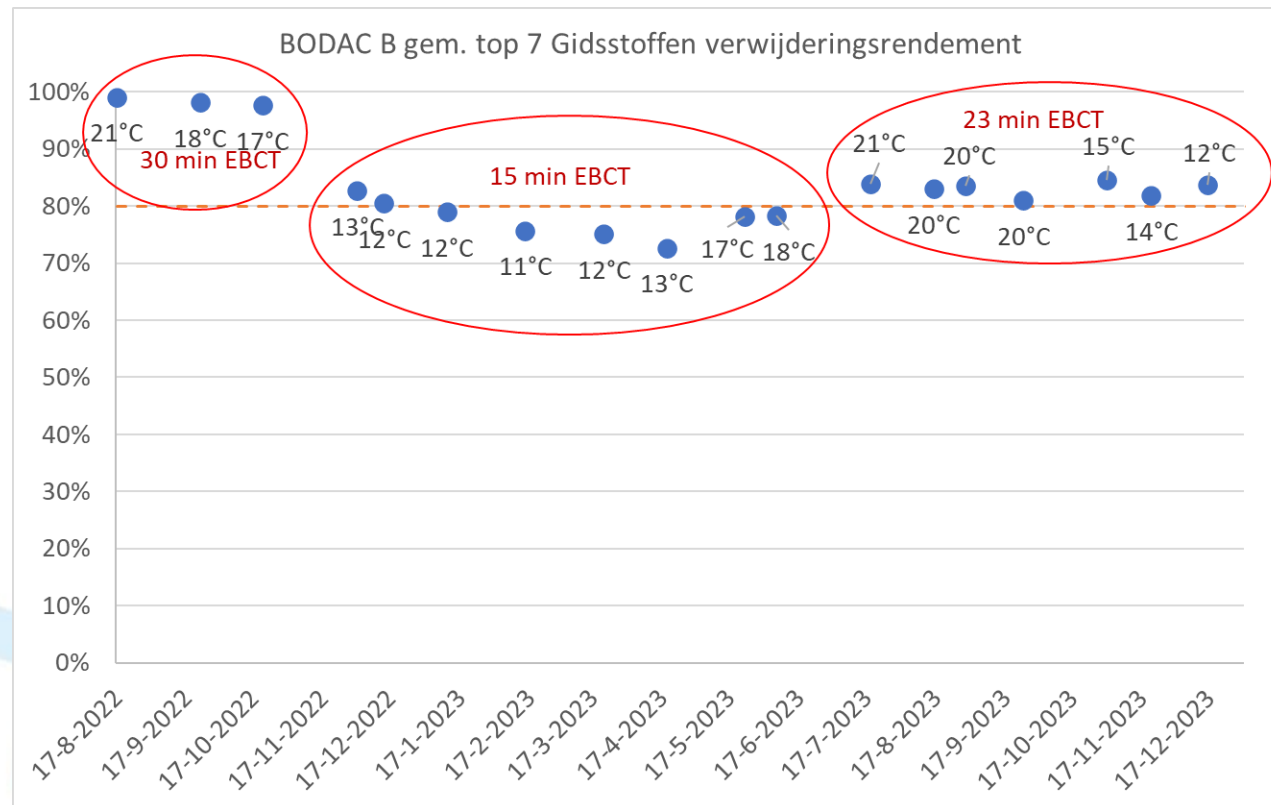
# Pilot BODAC nieuw

2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF												Trommelzeef											
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							
												Trommelzeef											
				30 min				15 min				23 min											

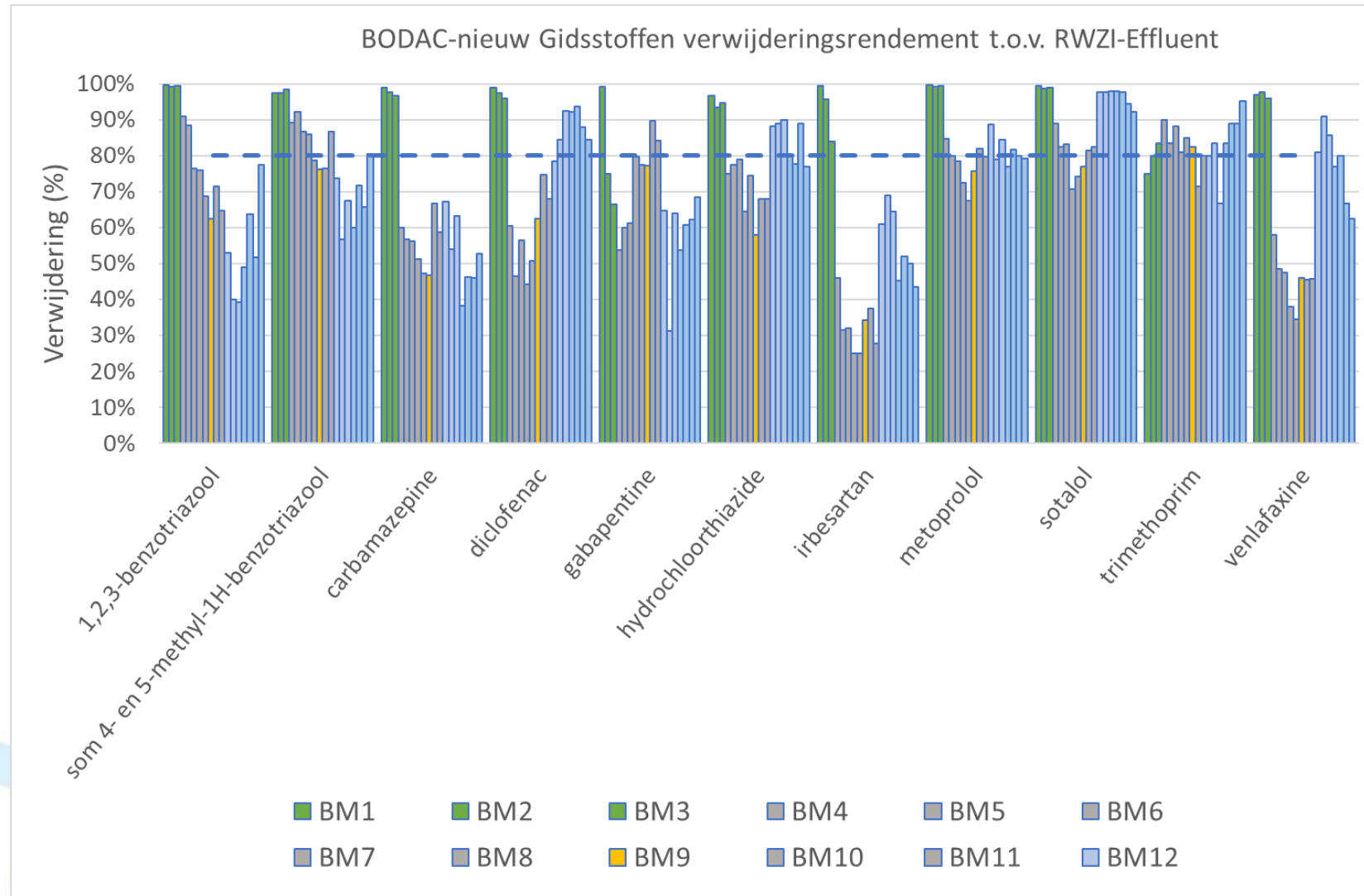


# Pilot BODAC nieuw

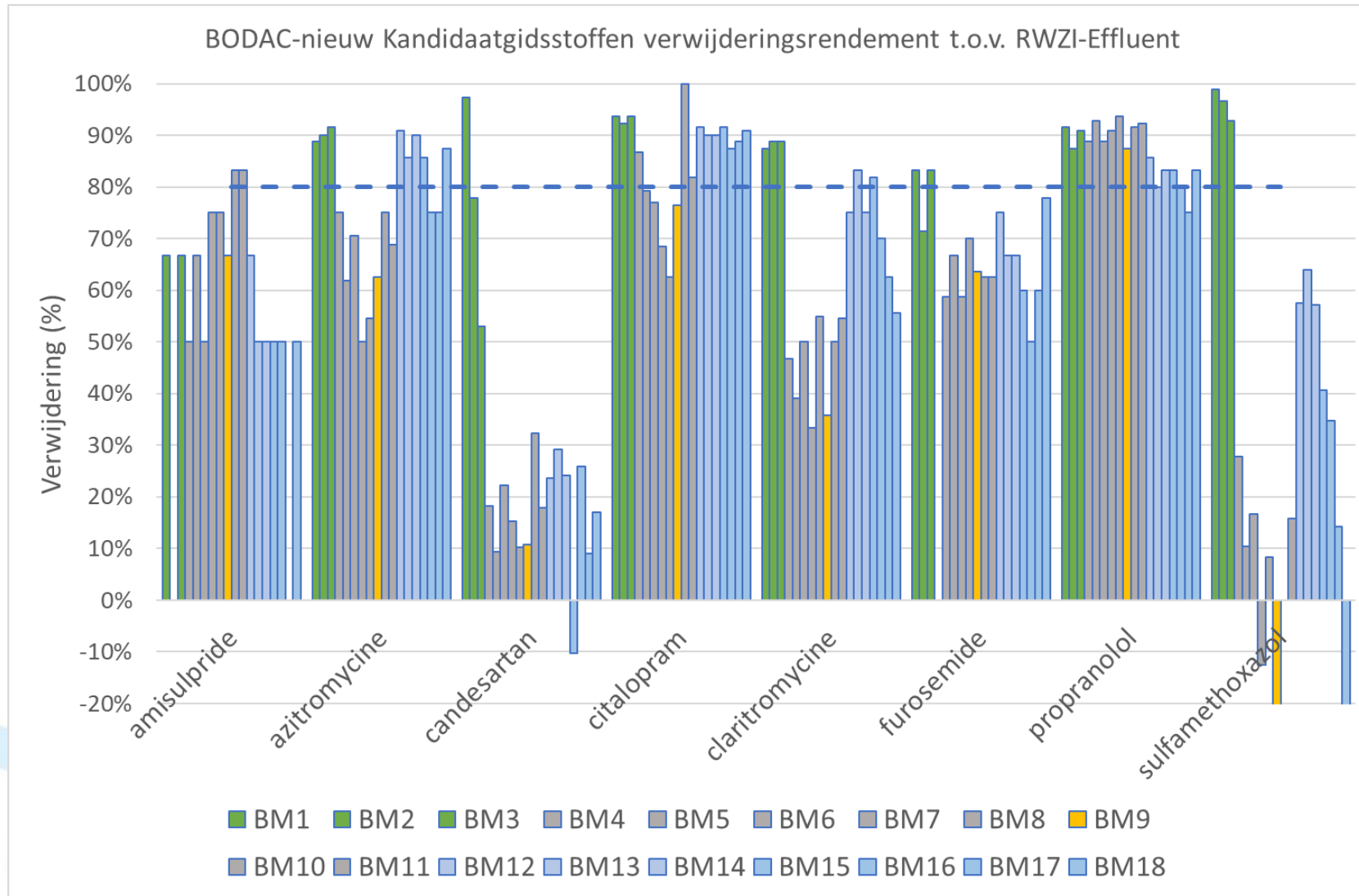
2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF												Trommelzeef											
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							
												Trommelzeef											
				30 min				15 min				23 min											



# Pilot BODAC nieuw

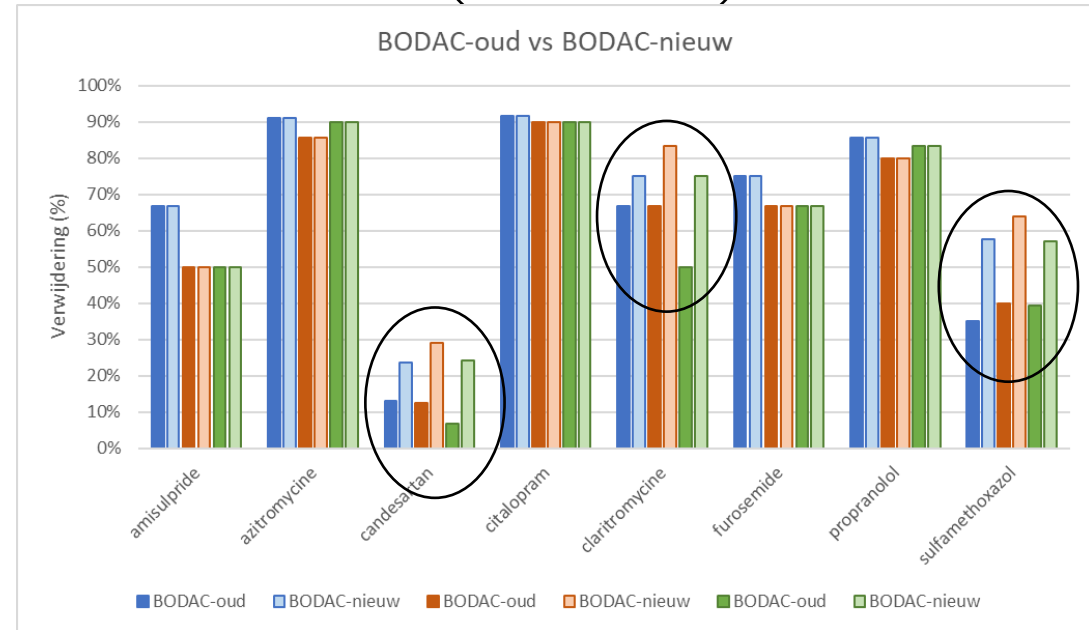
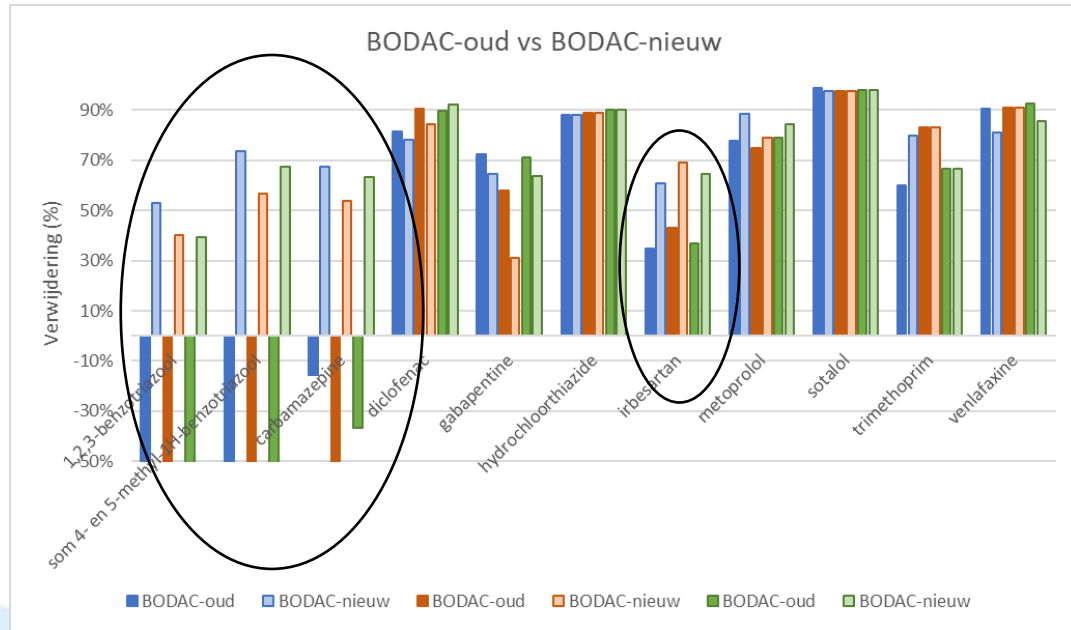


# Pilot BODAC nieuw



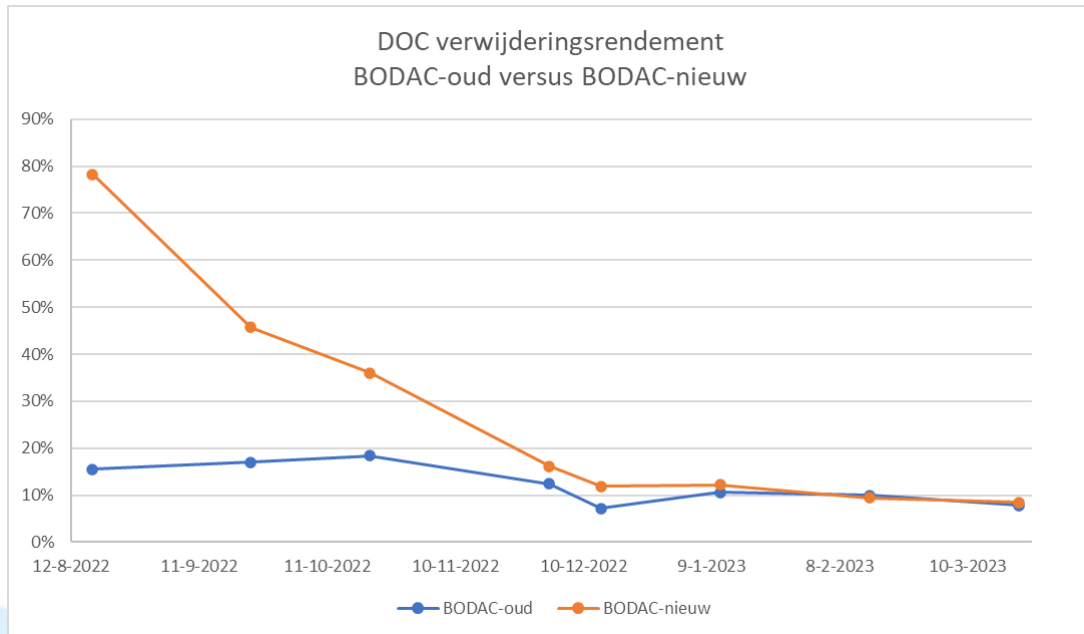
# Vergelijking BODAC oud en nieuw

2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF												Trommelzeef											
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							
												Trommelzeef											
				30 min				15 min								23 min							



# Vergelijking BODAC oud en nieuw

2022												2023											
Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
UF												Trommelzeef											
15 min				30 min				20 min				17 min				23 min							
												Trommelzeef											
30 min						15 min						23 min											



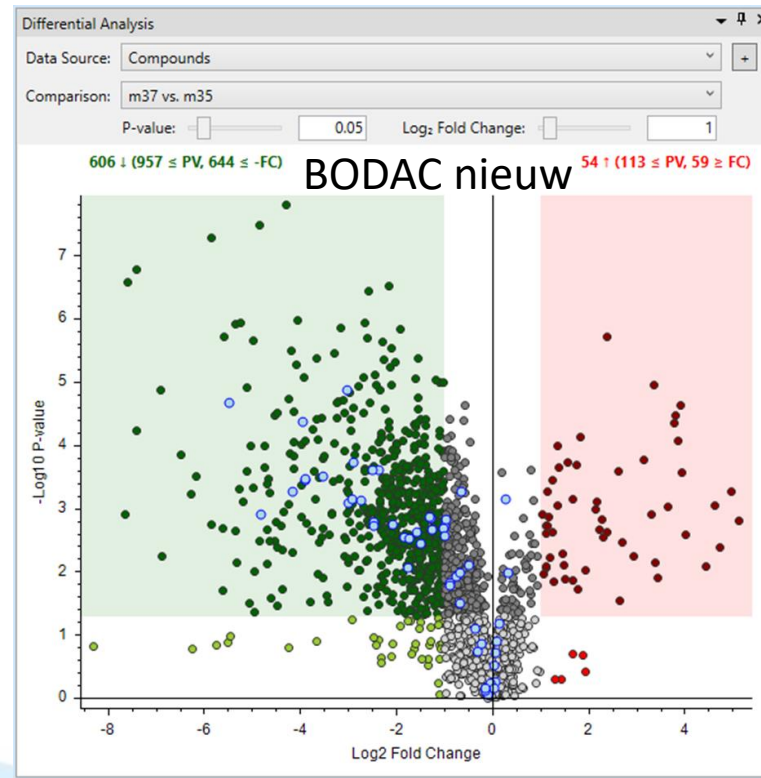
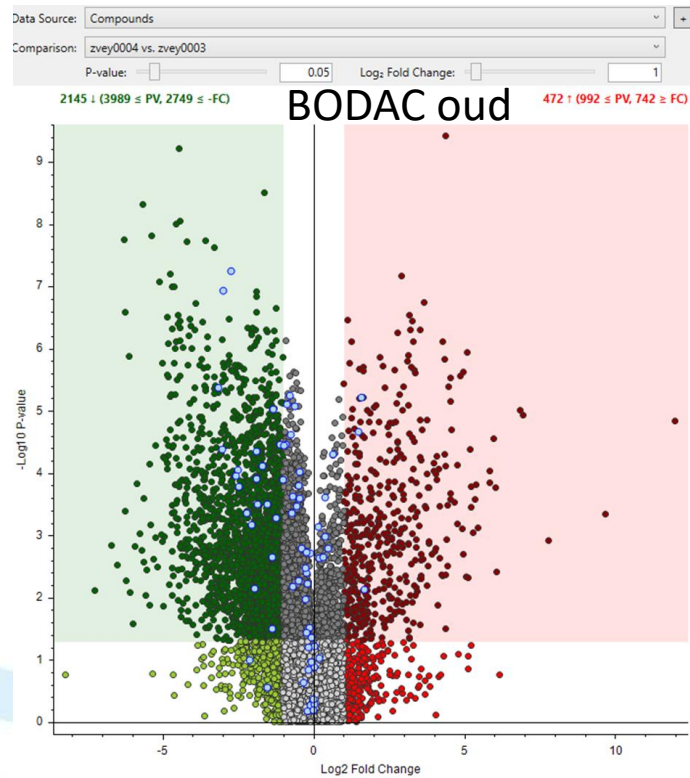
Gemiddeld verwijderingsrendement:

- Fosfaat:           oud (8-25%) en nieuw (21%)
- ATP:                oud (37%) en nieuw (69%)



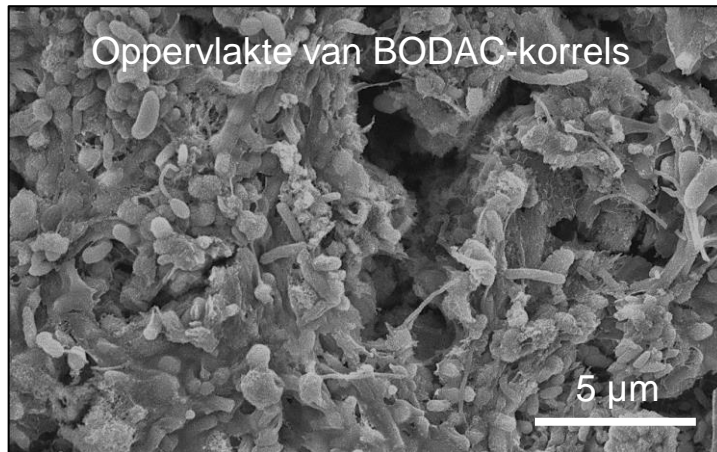
# Extra voordelen

- Verlaging van de exotoxicologische druk op het oppervlaktewater waar op geloosd wordt
- Algehele afname van het aantal componenten in het water, o.b.v. non-targeted screening



# Wetsus BODAC-onderzoek medegefinancierd door STOWA

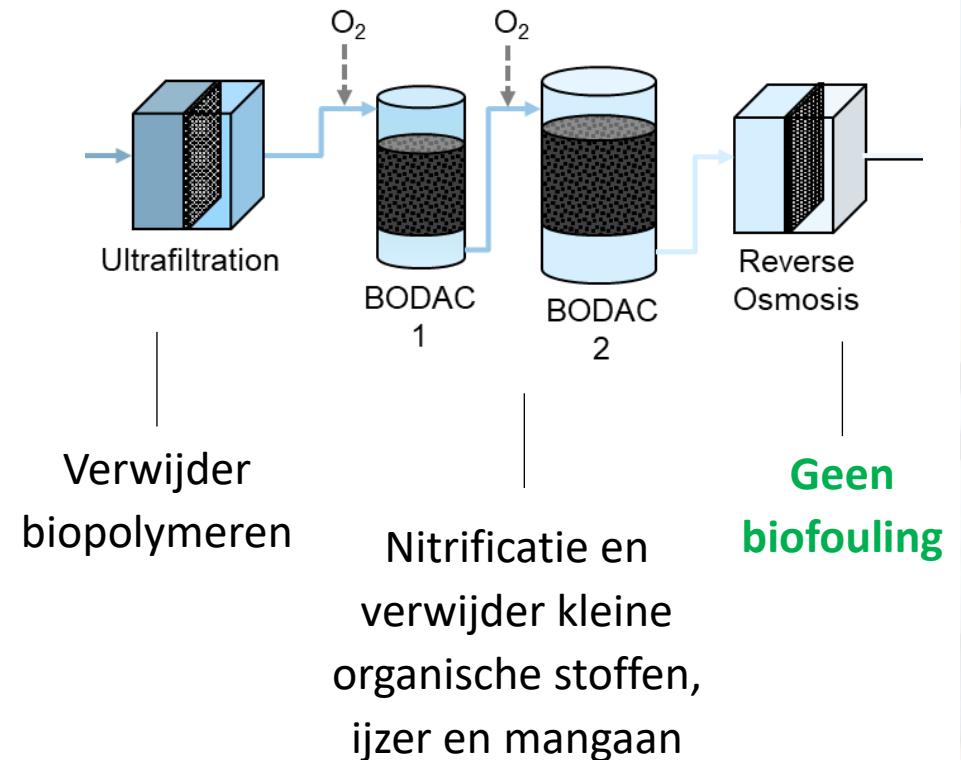
## Mechanismen voor het verwijderen van gidsstoffen



- **Adsorptie** door biofilms, opgehoopte anorganische stoffen, gemakkelijk toegankelijke koolstofporiën.
- **Biologische afbraak** via metabolisme of co-metabolisme door heterotrofe bacteriën, nitrificeerders en mangaanoxideerders

(Bernadet et al., 2023: [10.1016/j.jhazmat.2023.131882](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131882))

## BODAC-filters om biofouling in de Puurwaterfabriek te voorkomen



(Pinela et al., 2024: [10.1016/j.jwpe.2023.104648](https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104648))

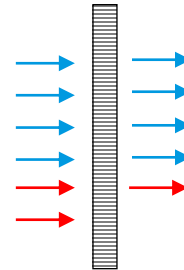
# Wetsus BODAC-onderzoek medegefinancierd door STOWA

Samen met WLN en NieuWater onderzoek doen op pilotschaal

- De eliminatie van UF veroorzaakte geen schadelijke effecten op de verwijdering van gidsstoffen.

0-5% retentie van de gidsstoffen

30% retentie van  
microverontreinigingen grootte  
> 0,7 kDa



- **Zuurstof** kan sommige microverontreinigingen omzetten en de biologische afbraak bevorderen, maar een te hoge concentratie kan een deel van de verwijdering ervan onderdrukken.

# Conclusies

1. Wat zijn de **verwijderingsrendementen** voor medicijnresten (gidsstoffen) indien BODAC, met een contacttijd van **16 minuten**, niet wordt voorafgegaan door ultrafiltratie, maar door een **eenvoudig zelfreinigend filter**, bijvoorbeeld een trommelzeef?
  - Prestaties BODAC voorafgegaan door trommelzeef vergelijkbaar als UF
  - Contacttijd van 16 minuten niet voldoende voor > 80% verwijdering
  - In werkelijkheid draait de fullscale ook niet op 16 minuten, maar op 22 minuten door lagere afname klant
  - Bij temperatuur > 19 °C is ongeacht de EBCT het verwijderingsrendement > 80%
  - Bij een EBCT van 23 minuten ligt het verwijderingsrendement < 19 °C op 78-79% voor de top 7
  - Spoelfrequentie mogelijk nog effect op de verwijderingsrendementen -> toekomstig onderzoek

# Conclusies

2. Hoe verloopt de **verwijdering van medicijnresten** (gidsstoffen) bij de **opstart** van het BODAC concept? Is er sprake van een (tijdelijke) achteruitgang in verwijderingsrendement nadat de actieve kool verzadigd is met DOC, of blijft de verwijdering op peil? Hoe verhouden zich de verwijderingsrendementen bij 'jonge kool' (< 1 jaar oud) ten opzichte van 'oude kool' (> 10 jaar oud)?
  - Na ca. 10.000 KBV was het GAC verzadigd met DOC en na ca. 25.000 KBV werd biologische omzetting zichtbaar
  - Top 7 gidsstoffen wisselt bij BODAC nieuw nog. BODAC oud is stabiel
  - Benzotriazolen worden nog geadsorbeerd na 25.000 KBV
  - Een eventuele dip in verwijderingsrendement bij opstart is op te vangen door het in bedrijf nemen van de BODAC optimaal te schakelen.

# Toekomst

- BODAC met oude kool getest bij RWZI Horstermeer – zie IPMV onderzoek  $BO_3$
- BODAC oud sinds januari getest bij RWZI Garmerwolde, i.h.k.v. Regain.
- Met Wetsus:
  - Laboratorie testen voor beluchting met behulp van lucht in plaats van pure zuurstof en het effect van de frequentie van de terugspoelperiode
  - Modelling om de mechanismen van BODAC-filters beter te begrijpen

BODAC wordt op dit moment verder ontwikkeld om de toepassingsmogelijkheden voor de techniek te vergroten.

# Samenvatting prestaties

	EENHEID	GAC	BODAC
CO <sub>2</sub> -footprint	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> <sup>1</sup>	325	114
Kosten	€/m <sup>3</sup> <sup>1</sup>	0,26	0,25
Verwijderingsrendement Gidsstoffen Ministerie I&W	% <sup>2</sup>	80-85	77-82

<sup>1</sup> Per m<sup>3</sup> behandeld rioolwater

<sup>2</sup> Verwijderingsrendement methode voor minimaal 7 van de 11 gidsstoffen: benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlafaxine in elk 24h of 48h debiets- of tijdsproportioneel monster, waarbij rekening is gehouden met verblijftijd van het water in de rioolwaterzuivering. Hierbij is het rendement bepaald op basis van het totale effluent (nageschakelde behandeling inclusief bypass) ten opzichte van het influent van de rwzi



**Bedankt voor uw aandacht**

**Astrid Mous, WLN, [a.mous@wln.nl](mailto:a.mous@wln.nl)**

**Ook namens de partners van het BODAC onderzoek**



**InnovatieProgramma MicroVerontreinigingen uit Afvalwater (IPMV)**



**Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat**