

KWR 2016.001 | Februari 2016

Scan van (a)biotische factoren en effecten bij bedrijfsvoering van granulair actieve- koolfiltratie

DPWE Zuiveringen

Scan van biotische factoren en effecten bij de bedrijfsvoering van granulair actieve-koolfiltratie

DPWE Zuiveringen

KWR 2016.001 | Februari 2016

Opdrachtnummer

400911-006

Projectmanager

Dr. ir. B. (Bas) Wols

Opdrachtgever

DPWE

Kwaliteitsborger

Dr. ir. P. (Paul) van der Wielen

Auteur

Dr. ir. D. (Dirk) Vries

Verzonden aan

Dunea, Waternet, Evides, PWN

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie
dr.ir. Dirk Vries
T 671
E dirk.vries@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 | Februari 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag 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, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Managementsamenvatting

Rapport titel:

Scan van biotische factoren en effecten bij bedrijfsvoering van granulair actieve-koolfiltratie

Auteur:

Dr. ir. D. (Dirk) Vries

Datum verschijnen:

Februari 2016

Begeleidingsgroep:

Ir. J. (Jordi) van Mook (Evides), dr. ir. A.J. (Bram) Martijn (PWN), ir. L.T.J. (René) van der Aa (Waternet)

Rapportnummer:

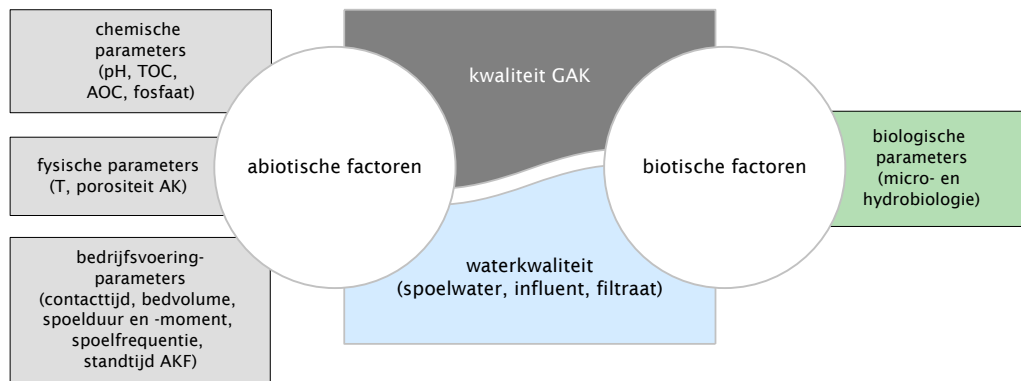
KWR 2016.001

Samenvatting:

Op basis van bestaande kennis en routinematig uitgevoerde metingen door de bedrijven is het niet mogelijk om relaties tussen spoelregime en biologische groei in actieve-koolfiltratie (AKF) voor de (D)PWE bedrijven vast te stellen.

Doelstelling: biologische activiteit en nagroei beïnvloeden

Bij actieve-koolfiltratie (AKF) met granulair actieve kool (GAK) groeien bacteriën en andere hogere organismen in het filter en zetten assimileerbaar organisch koolstof (AOC) om. De gevormde biomassa kan echter uitspoelen naar het filtraat en het reinwater en mogelijk nagroei in het distributiesysteem veroorzaken. Bij de verschillende oppervlaktewater-bedrijven blijkt dat biologische groei per filter kan verschillen en varieert over het jaar. De bedrijven hanteren verschillende spoelregimes en looptijden van GAK-filters. Onderzocht is of spoelparameters (spoelduur, -frequentie, spoelvolumen per bedvolume) gerelateerd zijn aan biologische activiteit (inclusief hogere organismen) in de GAK-installatie, met het doel deze kennis in te zetten om via de spoelparameters te sturen op een bepaald niveau van biologische activiteit in het filtraat van AKF. Daarvoor is informatie verzameld via een scan van de wetenschappelijke literatuur, een enquête onder de oppervlaktewaterbedrijven en een workshop met die bedrijven.



FACTOREN EN PARAMETERS DIE MOGELIJK INVLOED HEBBEN OP DE BIOLOGISCHE ACTIVITEIT IN HET GAK-FILTER EN HET UITGAANDE WATER

Hoewel de studie een aantal observaties uit literatuur en praktijk bevestigt, bleek het niet mogelijk een goed beeld te krijgen van de relaties tussen biologische activiteit en spoelstrategie omdat, met uitzondering van AOC, bij de gegevens van de bedrijven geen grote gemeenschappelijke deler aan biologische parameters voorhanden was. Bovendien zijn, behalve bij Evides Berenplaat, geen spoelmomenten geregistreerd (of zijn deze zeer moeilijk te herleiden) en zijn gegevens vaak over één koolfilter of over het verzamelde filtraat en influent gemeten. Ten slotte zijn er geen parameters geanalyseerd in het spoelwater. Het was dus op basis van bestaande kennis en routinematig uitgevoerde metingen door de (D)PWE-bedrijven niet mogelijk relaties tussen spoelregime en biologische groei in AKF met behulp van statistische toetsing vast te stellen, zodat ook geen mogelijkheden zijn gevonden om via spoelparameters te sturen op biologische activiteit in het GAK.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om tot conclusies te komen over de effectiviteit van AKF als barrière voor biologische parameters en bepaalde spoelstrategieën, wordt aanbevolen om een (gezamenlijk) meetprogramma van minstens een jaar te formuleren waarin onder meer indicatorparameters voor hogere organismen worden opgenomen en de metingen uit te voeren op influent, filtraat en spoelwater van elke AKF. Ook is het nodig om spoelmomenten te registreren en te variëren met diverse spoelparameters. Zo kan bijvoorbeeld een massabalans van biologische parameters worden opgesteld van influent en effluent als functie van biotische en abiotische factoren, eventueel aangevuld met reinwater en/of gedistribueerd drinkwater.

Belang voor DPWE:

Inzicht in en invloed op de biologische activiteit in GAK-filters kan helpen om de biologische stabiliteit te verbeteren en nagroei in het distributienet te voorkómen.

Van belang voor:

- Verantwoordelijke voor zuivering
- Verantwoordelijke voor distributienet

Trefwoorden:

Actieve-koolfiltratie, biologische activiteit, spoelparameters, hogere organismen, spoelfrequentie, biomassa.

Inhoud

1	Introductie	5
1.1	Aanleiding en projectdoelstellingen	5
1.2	Aanpak	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Scan van literatuur	7
2.1	Opzet	7
2.2	Begrippenlijst	7
2.3	Overzicht van geraadpleegde literatuur	9
2.4	Synthese	14
2.5	Geraadpleegde literatuur	14
3	Inventarisatie en achtergrond productielocaties	15
3.1	Opzet inventarisatie	15
3.2	Productielocaties en meetprogramma's	15
4	Data en resultaten	20
4.1	Overzicht procesgegevens	20
4.2	Biologische en biotische parameters	21
5	Beschouwing en aanbevelingen	31
5.1	Beschouwing	31
5.2	Aanbevelingen	32
	Bijlage I Enquête	33
	• Waternet Noord	33
	Bijlage II Definitietabel	35
	• Biotische en abiotische factoren	35
	Bijlage III Seizoenseffect Evides Berenplaat	38
	Bijlage IV Workshop	41
	• Programma en presentatieslides	41
5.3	Programma	41
5.4	Presentaties	41

1 Introductie

1.1 Aanleiding en projectdoelstellingen

Bij actieve-koolfiltratie (AKF) met granulair actieve kool (GAK) vindt groei en afsterving van bacteriën en hogere organismen plaats. Deze organismen zetten AOC om in de filters en verlagen daardoor de AOC-concentratie van het water. Een nadeel van de groei op GAK is dat de gevormde biomassa (dierlijke organismen en fecale pellets) kan uitspoelen naar het actieve-koolfiltraat en reinwater en dat leidt in het distributiesysteem mogelijk tot nagroei en aanleiding zijn tot consumentenklachten (zwart water). Bij de (oppervlaktewater-) waterbedrijven is geobserveerd dat de groei van organismen niet in alle filters van één locatie gelijk is, en bovendien kan variëren door het jaar. Bekend is dat verschillende bedrijven verschillende (terug)spoelstrategieën op GAK toepassen. Bij Waternet wordt bijvoorbeeld in de winter elke 2 weken gespoeld, en in de zomer elke 2 dagen om de biologische groei te beheersen. Bij PWN en Evides worden andere spoelregimes toegepast. De constatering dat er verschillende spoelregimes en verschillen in biologische activiteit bestaan, heeft de vraag doen rijzen of er een verband bestaat tussen enerzijds de variabelen in spoelstrategie, zoals spoelduur, spoelfrequentie, hoeveelheid spoelwater per bedvolume en anderzijds het voorkomen van biologische activiteit (inclusief hogere organismen) in GAK. Als dit verband inderdaad kan worden aangetoond, is de hypothese dat er aan de hand van de gevonden relatie(s) met spoelparameters gestuurd kan worden op een bepaald niveau van biologische activiteit.

Aan de hand van bovenstaande beschouwing is daarom de volgende projectdoelstelling geformuleerd:

Vaststellen of op basis van bestaande kennis en metingen:

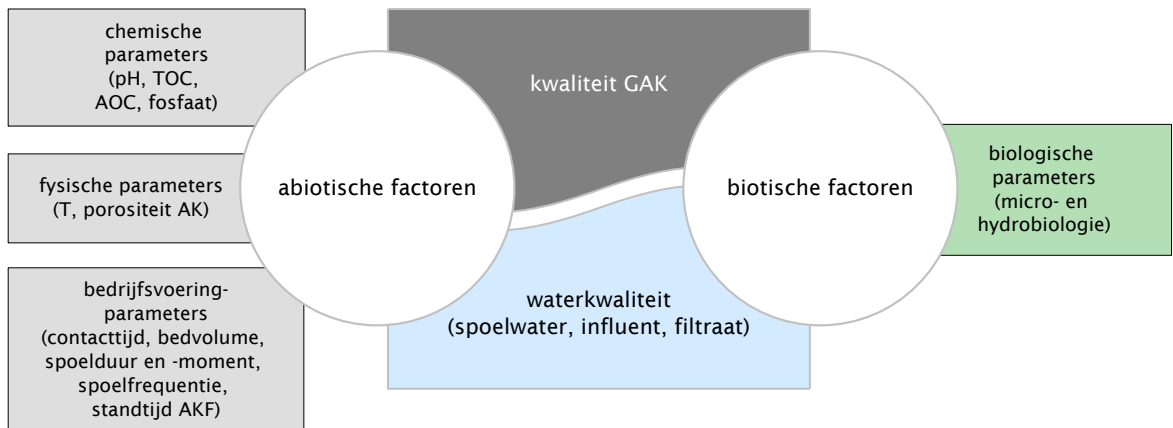
- (a) een relatie bestaat (en zo ja, welke) tussen spoelregime (frequentie en programma) en biologische groei in AKF met GAC (o.a. microbiologie, hogere organismen) voor de (D)PWE bedrijven, en*
- (b) biologische groei middels (aanpassing van) het spoelregime gecontroleerd kan worden.*

1.2 Aanpak

Bij de doelstelling wordt uitgegaan van metingen en kennis die de voorgestelde analyse ondersteunen. Bij de analyse zal rekening gehouden moeten worden met verschillende factoren die met elkaar in relatie staan: biotische en abiotische factoren die invloed hebben op (i) de biologische activiteit in het filtraat en uitgaande spoelwater, (ii) de actieve kool zelf en de organismen die hier in groeien en afsterven en substraat zijn voor andere organismen en (iii) de parameters die de ingaande waterkwaliteit (influent en ingaand spoelwater), en dus de biologische activiteit in de filters beïnvloeden. Een overzicht van factoren en parameters is schematisch weergegeven in Figuur 1-1.

In dit onderzoek is de volgende aanpak gekozen:

- Verkenning van welke data uit meetprogramma's bij Waternet, Evides en PWN beschikbaar en nuttig zijn om de projectdoelstelling van deze studie te behalen. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een vragenlijst die bij de drie bedrijven is uitgezet en worden gegevens verzameld;
- Visualisatie en analyse van de beschikbaar gestelde gegevens;
- Scan van literatuur op verbanden tussen biologische activiteit en spoelregimes.
- Een workshop met de waterbedrijven om bevindingen en kennis te delen, met daarop volgend een rapportage (voorliggend rapport).



FIGUUR 1-1 FACTOREN EN PARAMETERS DIE EEN MOGELIJKE INVLOED HEBBEN OP DE BIOLOGISCHE ACTIVITEIT IN HET FILTER EN HET UITGAANDE WATER.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd: een scan van (wetenschappelijke) literatuur is uitgevoerd, de bevindingen staan beschreven in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 beschouwt de opzet van de enquête en de gevraagde data. Hoofdstuk 4 geeft de verzamelde data weer. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 5 een beschouwing gegeven van de indicaties die volgen uit de data en de literatuurscan.

2 Scan van literatuur

2.1 Opzet

Er is in de wetenschappelijke literatuur, en in de bibliotheek van KWR, gezocht op artikelen en rapporten die effecten op biotische factoren beschrijven door veranderingen in spoelregime, verandering in waterkwaliteit of temperatuur en bedrijfsvoering van GAKF in drinkwaterproductie. Omdat het accent in dit onderzoek op de data-inventarisatie lag, is de literatuur slechts gescand op een aantal steekwoorden. Als gevolg hiervan biedt deze scan alleen een dwarsdoorsnede van de huidige stand van de wetenschappelijke inzichten op dit vlak. Een overzicht van de bevindingen in de literatuur is opgenomen in tabellen, zie Paragraaf 2.3.

2.2 Begrippenlijst

In de literatuur en de data-inventarisatie worden begrippen gebruikt die biotische en abiotische factoren typeren. Deze begrippen zijn in Tabel 2-1 opgenomen. Niet alle waterlaboratoria gebruiken dezelfde naamgeving voor hetzelfde begrip, daarom is een definitietabel opgesteld, zie Bijlage II.

TABEL 2-1: BESCHRIJVING VAN ABIOTISCHE EN BIOTISCHE FACTOREN

Abiotische begrippen	Omschrijving
EBCT	Contacttijd van een lege filtereenheid (Empty Bed Contact Time)
Superficiële filtratiesnelheid	Snelheid van de vloeistof door een AKF, indien de filtereenheid geen filtermateriaal bevat
Bedexpansie	Volume-expansie van het bed bij spoeling als fractie ten opzichte van het volume van het filterbed bij stilstaand water
AOC-P17/Nox	Gemakkelijk assimileerbaar organisch koolstof (Assimilable organic carbon) door bioassay met stam P17 en stam NOx. AOC is een van de fracties van TOC.
AOC-A3	AOC van biopolymeren bepaald door een bioassay met de bacteriesoort <i>Flavobacterium johnsoniae</i> stam A3
AOC-NOX	AOC, bepaald door een bioassay met de bacteriesoort <i>Spirillum</i> NOX
AOC-P17	AOC, bepaald door een bioassay met de bacteriesoort <i>Pseudomonas fluorescens</i> P17
ATP	Adenosinetrifosfaat (Adenosine tri-phosphate)
BP7	Een maat voor de concentratie van (gemakkelijk) AOC. Maximum ATP-concentratie die binnen de eerste 7 dagen is waargenomen tijdens incubatie bij 25°C.
BDOC	Biodegradeerbaar opgelost organisch koolstof (Biodegradable Dissolved Organic Carbon), een fractie van DOC
BPC14	Een maat voor de concentratie van totale AOC. Cumulatieve biomassa-productie (ATP), bepaald gedurende 14 dagen incubatie van het water bij 25°C
DOC	Opgelost organisch koolstof (Dissolved Organic Carbon)
PHMCHC	(Particulate and/or high molecular carbohydrates): deeltjesgebonden en/of hoogmoleculair koolhydraten
PHMOC	Deeltjesgebonden en/of hoogmoleculair organisch koolstof

TOC	(particulate and/or high molecular organic carbon) Totaal organisch koolstof (Total Organic Carbon).
Biotische begrippen	Omschrijving
Amphipoda	Aphipoda (vlokreeften)
Bacillariophyceae	Ook wel diatomeeën of kiezelwieren genoemd, i.e. eencellige wieren met een extern skelet van siliciumdioxide (kiezel).
Ciliata/Ciliophora	Een stam van eencelligen waarbij in tenminste één stadium van de levenskringloop ciliën (trilharen) voorkomen.
Calanoida	Calanoïde copepoden zijn een orde van de eenoogkreeftjes
Chlorophyceae	Chlorophyceae (groenwieren) zijn nauw verwant aan de planten. Ze bevatten hetzelfde type bladgroen (chlorofyl b), dezelfde pigmenten, zetmeel als reservevoedsel en celwanden van cellulose. De meeste groenwieren leven in zoet water, maar ook in zout water.
Chrysophyceae	Chrysophyceae (goudalgen) vormen een groep algen.
Cyclopoida	Cyclopoïde copepoden zijn een orde van de eenoogkreeftjes.
Cryptobiose	Schijndood, d.w.z. een overlevingsstrategie waarbij een organisme extreme omstandigheden (bijvoorbeeld zeer hoge of lage temperaturen en droogte) kan overleven, door het reduceren of uitschakelen van de stofwisseling.
Cladocera	Cladocera, of watervlooïen, zijn een orde van kleine kreeftachtigen
Cryptophyceae	Cryptophyceae (cryptomonaden) vormen een groep algen.
Cyanophyceae	Cyanobacteriën, Blauwalgen of blauwwieren zijn een stam binnen het domein van de bacteriën. De blauwe kleurstof fycocyanine kenmerkt de meeste bacteriën, maar er zijn ook soorten met een roodbruine kleur.
Dinophyceae	Dinophyceae (pantseralgen) zijn een klasse van dinoflagellaten (een grote groep eencelligen). De meeste dinoflagellaten zijn mariene plankton, maar ze komen ook in zoet water voor.
Dreissena(-larven)	Larven van mosselen
Euglenophyceae	Deze klasse van micro-organismen hebben geen vaste vorm en hebben 'schijnvoetjes'. Ze behoren tot de stam Euglenozoa, welke een of twee flagellen hebben.
Fecale pellets	Uitwerpselen van dierlijke organismen zoals bijvoorbeeld van waterpissebedden en roeipootkreeften
Gastrotricha	Gastrotricha (buikharigen) vormen een stam van microscopisch kleine ongewervelde dieren, waarbij het hele lichaam bedekt is met trilharen. Komen algemeen voor in waterige omgevingen.
Hydrachnellae	Hydrachnellae (watermijten), leven in zoet, brak en zeewater.
Isopoda	Pissebedden
Harpacticoida	Harpacticoïde copepoden zijn een orde van de eenoogkreeftjes
Nauplius-larven	Een nauplius is een larvale vorm bij kreeftachtigen
Nematoda	Nematoden (rondwormen) zijn een groep wormen die zich kenmerken door een ronde dwarsdoorsnede.
Oligochaeta	Oligochaeta vormen een onderklasse van de ringwormen. Ook regenwormen behoren tot deze onderklasse.
Rotifera	Rotifera (raderdieren) zijn een stam van kleine meerercellige organismen, gekenmerkt door een trompet- tot bolvormig lichaam met aan de kop meestal een dubbele krans van trilharen. Eigenschap: cryptobiose.
Tardigrada	Tardigrada (beerdiertjes, of mosbeertjes) zijn kleine, gesegmenteerde diertjes die leven in water of een vochtige omgeving. Eigenschap:

Testacae	Schaalamoeben, een groep eencelligen met amoëboïde lichaam (cel kan verschillende vormen aannemen) omhuld door een harde schaal
Heliozoa	Een groep protisten (eencelligen) met een amoëboïde lichaam met straalvormige uitstulpingen waaraan de naam te danken is. Het zijn kleine eencelligen met een bolvormig en doorzichtig lichaam.
Ostracoda	Ostracoda, of mosselkreeftjes, vormen een ondergroep van kreeftachtigen.
Harpacticoida	Harpacticoidë copepoden zijn een orde van de eenoogkreeftjes.
Turbellaria	Turbellaria (trilhaarwormen) behoren tot de platwormen.
Xanthophyceae	Xanthophyceae (groen-gele algen) zijn algen met een groen-gele kleur die (o.a.) de fotosynthetische pigmenten chlorofyl a, chlorofyl c en β -caroteen bevatten.

2.3 Overzicht van geraadpleegde literatuur

Bij de scan van literatuur is uitgegaan van een inventarisatie naar effecten van diverse factoren op de biologie, namelijk:

- **[Abiotisch/omgeving]** Seizoens- en temperatuureffecten op biologische activiteit in GAKF;
- **[Abiotisch/bedrijfsvoering]**
 - Effecten van spoeling van GAKF op biologische parameters;
 - Veranderingen in biologische parameters (o.a. biomassa) bij het opstarten van GAK-filters;
- **[Biotisch/waterkwaliteit]**
 - Biotische, groeibevorderende factoren op biologische parameters;
 - De samenhang van biologische activiteit in het filtraat van GAKF met biotische factoren in het ingaande water (filtraat van snelfilters) en met de biotische factoren in het reine water en in het distributienet.

Tabel 2-2 toont de bevindingen van de effecten hierboven, waarbij de bevindingen gestructureerd zijn naar diverse oorzaken:

- Watertype (type oppervlaktewater of grondwater). De in de literatuur beschreven watertypen (G(1) en O(1) tot en met O(7)) zijn in Tabel 2-3 weergegeven;
- Temperatuur van het ingaande water;
- Organisch materiaal;
- Spoeleffecten, waarbij indien bekend het spoeldebiet en de spoelfrequentie is genoteerd;
- Contacttijd (Empty Bed Contact Time, EBCT) en superficiële filtratiesnelheid (debiet Q gedeeld door oppervlak van het filter A).

TABEL 2-2: EFFECTEN VAN DIVERSE PARAMETERS OP BIOLOGISCHE ACTIVITEIT VAN ORGANISMEN IN GAKF. N.B.: NIET BESCHREVEN

Bron	Effect	Organisme/ par. biologie	Waterniveau	(Variatie van) parameter						Bevindingen
				Temperatuur	Org. materiaal	Spoelgebied bekend	Spoelfrequentie bekend	EBCT	Q/A	
							1 per x u	min	m/u	
[1]	Temperatuur op nitrificatie	Nitrificeerders. <i>Welke:</i> niet onderzocht.	O(1 ^a)				n.b.	3.6	10.5 - 21.0	Met T↑, verwijdering NH ₄ ↑. Max. verwijdering (98%) bij T ≥ 16°C op praktijkschaal. Bij T=3°C, geen biomassaverlies, wel verwijdering↓ (10%). Na winterperiode verwijderingsactiviteit weer op hoog niveau.
			O(1 ^b)	x	-	x	96 - 336	20-30	3.9 - 5.0	
[2]	Temperatuur/seizoenen op hydrobiologie	Rotifera, Copepoden (eenoogkreeftjes), nematode, oligochaeta	O(2)	x	-	x	48	n.b.	n.b.	<ul style="list-style-type: none"> T (cor)relateert sterk (positief) met groei hydrobiologie in GAC als ook in effluent. Copepoden concurreerden sterker met hoge T dan Rotifera. Drogen van filterbed (5 d), inweken met zoute oplossingen (24u, 20 g/L) of spoelen met chlorine (1.0 en 1.5 mg/L Cl₂) zijn maatregelen die het aantal ongewervelde organismen met respectievelijk 70%, 60-85% en >95% reduceren. Copepoden (cyclopoida, harpacticoida) en oligochaeten hebben een hoge zouttolerantie. Populatiesamenstelling ruwwater verschillend

										t.o.v. filtraat
[3]	Terugspoelen op hydrobiologie <i>praktijkschaal</i>	Microscopisch: Nematoden*, Gastrotricha (buikharigen), Rotifera (raderdieren), Annelids (ringwormen)	G(1)	-	-	x	x	n.b.	n.b.	<p>Statistisch vergelijk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen duidelijke relatie spoelduur vs. invertebraat in filtraat • Relatie variatie watertype vs. variatie hydrobiologie onduidelijk. Wel relatie sedimentatietank (phytoalgen) voor spoelwater en hydrobiologie • Spoelfrequentie\uparrow, effect ongewervelden\downarrow • Na schoonmaken filter met 35% NaCl treedt rekolonisatie op binnen 2 weken.
[4]	Terugspoelen op microbiologie	Celtellingen en TRLFP analyse	O(3)	-	-	-	x [†]	15	n.b.	<ul style="list-style-type: none"> • Terugspoelen veroorzaakt 36% reductie tot. aantal bacteriecellen • 16S rRNA genanalyse laat zien dat terugspoelen een effect heeft op de dominantie van specifieke bacteriepopulaties t.o.v. andere populaties.
[5]	DOC en microbiologie	ATP en celtellingen, per g GAC	O(4)	x	DOC	-	-	15.76	5.9	<ul style="list-style-type: none"> • factor 5 phytoplankton\uparrow in ruw water had sterk effect op AOC\uparrow en sterk (factor 3) effect op ATP\uparrow • Verschil hoogste biomassa (in ATP, bovenin het bed) t.o.v. laagste (onderin het bed) over het filterbed: factor 2.3 • Relatie AOC en biomassagroei <i>niet</i> sterk. • 22% verwijdering DOC, 3% gebruikt voor biomassagroei. 84% van de totale biomassaproductie (gehecht aan AK en gesuspendeerd) is gesuspendeerd en gemeten als TCC[†] (dmv flow-cytometrie).
[6]	Model activiteit biomassa in GAC	ATP	O(5)	x	DOC, AOC	x	n.b.	35	3.7	<ul style="list-style-type: none"> • Bij opstart van pilot is verwijdering DOC door adsorptie dominant. • Opstart duurt ca. 200 dagen (8 maanden) • Bij quasi-steady state is biologische verwijdering

[†] TCC: total cell concentration

											DOC dominant.
											<ul style="list-style-type: none"> Biomassa maximaal gedurende zomer. Waarschijnlijk door effect algengroei met als gevolg hogere substraatconcentraties en (mogelijk) predatie.
[7]	Verandering microbiologie bij opstart	16s rRNA en PLFA-analyse	O(6)	-	AOC en DOC	x	n.b.	n.b.	8.0	<ul style="list-style-type: none"> <i>Alphaproteobacteria</i> meest dominante (~50%) bacteriegroep in populatie, verder <i>Acidobacterium</i> (~15%), <i>Betaproteobacteria</i> (~10%) en <i>Planctomycetes</i> (~10-15%). Biomassaconcentraties weken slechts weinig af (~10%) na 160 dagen t.o.v. dag 0. Meeste DOC en AOC verwijdering in bovenste laag. Daar is de biomassaconcentratie ook hoger (3x zoveel als in onderste laag) 	
[8]	Biologische activiteit en parameters in (o.a.) SF- en AKF-filtraat	BP ₇ ([ATP]), BPC ₁₄ ([ATP]), BAS (g ATP/dag/cm ²)	O(7)	x	POC en PCHCA OC	-	n.b.	n.b.	n.b.	<ul style="list-style-type: none"> Piekwaarde ATP komt overeen met piekwaarde ATP van SF-filtraat. Verloop van PHMOC en PHMCHC in AKF <i>lijkt niet</i> samen te hangen met het verloop in SF. Verloop van PHMOC en PHMCHC in AKF <i>lijkt wel</i> samen te hangen met het verloop ervan in distributienet. (Op het oog) lijkt bij hoge T (T≥15°C) een correlatie te zijn op ATP vs. T. 	

* Gedetermineerde nematoden: *Monytera*, *Ironus* en *Anaplectus* (aandeel >90% van waargenomen hydrobiologie).

TABEL 2-3: KWALITEIT VAN HET RUWWATER

	Bron	Locatie van inname ruwwater	Voorzuivering	N-NH4 (µg/L)	NTU	(var.) T	pH	org. mat. infl. (mg/L)	Specificatie/opm.
G(1)	[3]	Niet beschreven	Geen						
O(1 ^a)		Mile-Iles rivier, Canada;	coagulatie, RSF, ozon	400	0.7-1.8	10 - 20	6.4 - 6.6	DOC: 4.0 - 10	proefinstallatie
O(1 ^b)		St. Rose WPB		20-120	<0.2	2 - 22			praktijkschaal

O(2)	[2]	Locatie in Zuid-China	MZ, ozon, flocculatie & sedimentatie, RSF, ozon	n.b.	<0.1	14.3 – 30.7	7.41 – 8.01	n.b.	praktijkschaal
O(3)	[4]	Rivier in Japan (niet nader gespecificeerd).	coagulatie & sedimentatie, RSF, ozon	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	praktijkschaal
O(4)	[5]	Zürichmeerwater	MF (20 µm), ozon	n.b.	0.15 – 0.8	7.05 (±0.07)	7.79 (±0.14)	1.1* (±0.04)	n.b.
O(5)	[6]	Bethunepolder, Nederland	ozon	n.b.	n.b.	3 – 24	7.6 – 7.9	AOC: 0.050 – 0.090 DOC: 4.5 – 6.0	proefinstallatie
O(6)	[7]	Locatie in China, water uit een meer	Ozon, flocculatie & sedimentatie, SF, ozon	n.b.	n.b.	n.g.	7.5 – 8.3	AOC: 0.16 – 0.24 DOC: 2.8 – 3.3	proefinstallatie
O(7)	[8]	IJsselmeerwater, via spaarbekken naar ruwwaterinlaat	MZ, flocculatie, SF, UV+ H2O2	n.b.	n.b.	7 - 23	n.b.	PCHC ^{**} : ~0.045± .010)	praktijkschaal

*: AOC is bepaald via celtellingen.

** : gemeten in het influent van de snelfilters. Gehalte aan PCHC maakt 52 tot 55% uit van het totaalgehalte aan POC.

TABEL 2-4: TOEGEPAST GRANULAIR ACTIEFKOOL

Bron	Producent GAC	Type
[1]	n.b., <i>closed superstructure (bitumineus)</i> en <i>Open Superstructure (hout)</i>	n.b.
[3]	n.b.	n.b.
[4]	n.b., <i>diameter: 0.7 mm</i>	n.b.
[5]	Chemviron	SGL 8x18
[6]	Norit Cabot	GAC830
[7]	n.b.	n.b.
[8]	Norit Cabot	ROW 0.8*

* 22 van de 24 filters, 2 filters hebben Chemviron TL830 actieve kool.

2.4 Synthese

Enkele bevindingen die relevant zijn in relatie tot microbiologie en hogere organismen zijn hieronder samengevat:

- **Effecten temperatuur en AOC**
 - De temperatuur correleert sterk (positief) met groei van hydrobiologie in GAK als ook in het effluent [2]. Biomassa is maximaal gedurende de zomer [8]. (Op het oog) lijkt bij hoge temperatuur ($T \geq 15^\circ\text{C}$) er een positieve correlatie te zijn van ATP met temperatuur;
 - Populatiesamenstelling van het ruwwater is verschillend t.o.v. het filtraat [2];
 - Een relatie tussen het watertype versus hydrobiologische soorten(rijkdom) is nog onduidelijk [3]. Wel is er een duidelijke relatie tussen de aanwezigheid van phytoalgen en hydrobiologie [3], waarschijnlijk via AOC [5];
 - Microbiële biomassa is voornamelijk bovenin het bed [5,7], hier vindt ook de meeste DOC en AOC-verwijdering plaats [7].
- **Effecten van influent op filtraat, en filtraat op reinwater:**
 - Verloop van PHMOC en PHMCHC in filtraat AKF *lijkt niet* samen te hangen met het verloop in filtraat SF [8];
 - Verloop van PHMOC en PHMCHC in filtraat AKF *lijkt wel* samen te hangen met het verloop ervan in distributienet.
- **Spoelstrategieën:**
 - Er is geen duidelijke relatie van spoelduur versus ongewervelden in het filtraat, wel worden minder ongewervelden in het filtraat gevonden indien de spoelfrequentie wordt verhoogd [3];
 - Na schoonspoelen van het filter met een 35 wt% NaCl-oplossing treedt rekolonisatie van hydrobiologie reeds binnen 2 weken op [3].

2.5 Geraadpleegde literatuur

- [1] A. Andersson, P. Laurent, A. Kihn, M. Prévost, and P. Servais, "Impact of temperature on nitrification in biological activated carbon (BAC) filters used for drinking water treatment," *Water Research*, vol. 35, no. 12, pp. 2923–2934, 2001.
- [2] Q. Wang, W. You, X. Li, Y. Yang, and L. Liu, "Seasonal changes in the invertebrate community of granular activated carbon filters and control technologies," *Water Research*, vol. 51, pp. 216–227, 2014.
- [3] G. Castaldelli, S. Mantovani, R. Rossi, E. Fano, and M. Benvenuti, "Invertebrate colonisation of GAC filters in a potabilisation plant treating groundwater.," *Aqua*, vol. 54, pp. 561–568, 2005.
- [4] I. Kasuga, D. Shimazaki, and S. Kunikane, "Influence of backwashing on the microbial community in a biofilm developed on biological activated carbon used in a drinking water treatment plant," *Water Science & Technology*, vol. 55, no. 8–9, pp. 173–180, 2007.
- [5] S. Velten, M. Boller, O. Köster, J. Helbing, H.-U. Weilenmann, and H. Frederik, "Development of biomass in a drinking water granular active carbon (GAC) filter," *Water Research*, vol. 45, no. 19, pp. 6347–6354, 2011.
- [6] L. T. J. Van der Aa, A. Magic-Knezev, L. Rietveld, and J. van Dijk, "Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes," in *Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes*, no. 35, R. Gimbel, D. N.J.D. Graham Jonathon, and M. R. Collins, Eds. IWA Publishing, London, UK, 2006, p. 293.
- [7] X. Liao, C. Chen, Z. Wang, R. Wan, C.-H. Chang, X. Zhang, and S. Xie, "Changes of biomass and bacterial communities in biological activated carbon filters for drinking water treatment," *Process Biochemistry*, vol. 48, no. 2, pp. 312–316, 2013.
- [8] L. A. Bereschenko and W. J. J. van der Wielen, "Biologische activiteit in het drinkwater voor introductie van Andijk III," KWR Waterycle Research Institute, BTO 2015.203(s), 2015.

3 Inventarisatie en achtergrond productielocaties

3.1 Opzet inventarisatie

De waterbedrijven Evides, PWN en Waternet zijn gevraagd gegevens over bedrijfsvoering bij granulaire actieve-koolfiltratie en waterkwaliteitsparameters over influent, effluent (filtraat), rein water (PWN) en spoelwater in te vullen, als ook de momenten van spoeling. De gevraagde gegevens zijn nodig ter vergelijking en analyse ervan op één productielocatie en, indien mogelijk, meerdere locaties.

Specifiek gaat het om de volgende set aan gegevens, waarbij data is verzameld van de productielocaties die in paragraaf 3.2 kort zijn beschreven:

- **Abiotische factoren** die te maken hebben met de bedrijfsvoering. Procesgegevens (zie een voorbeeld in Tabel Bijlage I-5-1) als filteroppervlak, hoogte en debiet, maar ook spoelfrequentie, -duur en -snelheid zijn gebruikt om contacttijd en looptijd van de GAK-filters te bepalen.
- **Biologische en biotische parameters** die een relatie hebben tot hydrobiologie (dierlijk en plantaardig), microbiologie, biologische indicatoren voor groei of biomassa, inclusief de registratie van bemonsteringsdatum (en -tijdstip);

Van de ingevulde gegevens zijn vervolgens tabellen en diagrammen gemaakt en in :

- Een overzichtstabel met procesgegevens per productielocatie, waaronder contacttijd, afvoervolumina van spoelwater en spoelfrequentie;
- Box-en-Whiskerdiagrammen, waarvan de onderkant van het kader (doos) en de bovenkant, respectievelijk de 25- (K1) en 75-percentielen (K3) weergegeven. De rode lijn geeft de mediaan weer, de whiskers ('snorren') het minimum en het maximum. Het minimum en het maximum zijn bepaald door 1,5x de interkwartielafstand (is K3 minus K1) vanaf de onder- (K1) en bovenkant (K3) van het kader te nemen. Metingen worden als outliers gemarkeerd indien ze onder het minimum of maximum liggen, deze outliers worden weergegeven als asterisk. Vanwege de grote spreiding in de metingen, uitschieters en een groot bereik in met name de biotische factoren, wordt gekozen voor een logaritmische schaal. Tenslotte zijn tellingen van (dierlijke) organismen niet omgerekend naar biomassa, omdat per parameter naar een toe- of afname wordt gekeken en de meetgegevens als aantallen² zijn aangeleverd.
- Tijdreeksen, waarbij de tijd op de horizontale as is uitgezet en de meetwaarde van een (biologische) parameter op de verticale as.

3.2 Productielocaties en meetprogramma's

Voor de inventarisatie zijn de volgende productielocaties beschouwd: Evides Berenplaat, PWN Andijk (Andijk II), Waternet Leiduin en Waternet Weesperkarspel. De GAK-filters zijn gebouwd met verschillende doelstellingen, maar hebben alle gemeen dat verbetering in de biologische stabiliteit beoogd wordt. Een overzicht van doelstellingen is gegeven in Tabel 3-1. De zuiveringstappen zijn schematisch per productielocatie weergegeven in Tabel 3-2.

² Voor een massabalans is het wel noodzakelijk om de meetgegevens met een conversiefactor te vertalen naar massa.

TABEL 3-1: DOELSTELLINGEN PER GAKF BIJ VERSCHILLENDE PRODUCTIELOCATIES

	Evides Berenplaat	PWN Andijk	Waternet Leiduin	Waternet Weesperk.
Organische microverontreinigingen (OMV's)	x ¹		x	x
Biologische stabiliteit/AOC/TOC	x	x	x	x
Kleur	x			
Geur/smaak	x		x	x
Polishing filter OMV's en omzettingsproducten		x		
Anorganische componenten	x ²	x ³		

¹ Diuron, Isoproturon, Terbutylazin, AMPA, Glyfosaat.

² Nitriet

³ H₂O₂

3.2.1 Evides Berenplaat en meetprogramma

Deze productielocatie verwerkt gemiddeld 272 m³/u water per GAKF, waarbij er 22 GAK-filters per straat operationeel zijn. De productielocatie heeft twee volledig gescheiden parallelle straten. Het ruwe water is afkomstig van de Maas, wat via de Biesboschbekkens en een transportleiding naar de productielocatie wordt geleid. Microzeven en flocculatie met behulp van ijzerchloride (en in koude periodes met toevoeging van Wisprofloc) en vlokkendekenfilters zorgen voor voorfiltering van (grote) gesuspendeerde deeltjes. Dubbellaagsfilters zorgen voor verdere filtering van gesuspendeerde deeltjes en oxidatie van (natuurlijk) organisch materiaal (NOM) en ammonium. De nageschakelde UV-desinfectiestap is een barrière voor virussen, bacteriën en parasieten. Vervolgens zijn de GAK-drukfilters bedoeld om organische microverontreinigingen (OMV's, in het bijzonder diuron, isoproturon, terbutylazin, AMPA, glyfosaat) en nitriet te verwijderen, alsook om de kleur, geur en smaak te verbeteren en de biologische stabiliteit te verbeteren door reductie van AOC en TOC. Gemiddeld heeft het AKF een *empty bed* contacttijd (EBCT) van 25 minuten. Na AKF wordt chloordioxide gedoseerd om kolonietallen uit AKF te verlagen.

In 2015 heeft bij Evides een onderzoek plaatsgevonden waarbij 6 koolfilters bemonsterd zijn op verschillende biotische en biologische parameters, als ook enkele fysisch-chemische parameters, namelijk: watertemperatuur, AOC-A3, AOCA3/P17, BP7, BPC14, ATP, DOC, PHMOC, PHMCHC, troebelingsgraad, fecale pellets, zuurstofgehalte, pH, UV-extinctie bij 254 nm, biomassa D.O., Gymnamoebia, Testacea, Tardigrada, Rotifera, Ciliata, Heliozoa, Ostracoda, Cladocera, Nauplius-larven, Cyclopoida, Calanoida, Harpacticoida, Gastrotricha, Oligochaeta, Nematoda, Turbellaria, Insecten-larven, Hydrachnellae, Hydrachnellae-larven, Isopoda, Isopoda (delen), Isopoda (fecale pellets), Amphipoda en Dreissena-larven.

Water van het influent en de filtraten van de zes individuele koolfilters zijn bemonsterd in de winter (10-2-2015) en in de zomer (25-8-2015), en met verschillende looptijden: 7, 14 en 21 dagen. Er is gemeten op de helft van de looptijd tussen 2 spoelingen (dus bij een looptijd van 14 dagen is bemonsterd na 7 dagen). Merk op dat in dit rapport de focus wordt gelegd op effecten van spoeling op biotische en abiotische parameters. Vanwege het geringe aantal meetgegevens, zijn in dit geval de bemonsteringen gedurende de zomer en de winter

samen gevoegd tot één set. Hierdoor worden seizoenseffecten niet direct zichtbaar, eventuele effecten 'vallen weg' in de spreiding (de grootte van de box en de ligging van de whiskers). Merk op dat de aantallen niet genormaliseerd zijn naar het volume speelwater.

3.2.1 PWN Andijk (Andijk II) en meetprogramma

In de situatie van Andijk II worden grote, gesuspendeerde deeltjes in het ruwe water (IJsselmeerwater) verwijderd door microzeven en coagulatie en vindt (gedeeltelijke) oxidatie en adsorptie van NOM plaats in de snelfilters. Geavanceerde oxidatie door middel van middendruk UV en waterstofperoxide (H₂O₂)-dosing dient om OMV's om te zetten. De nageschakelde GAK-gravitatiefilters zijn bedoeld om het restant aan OMV's af te vangen (polishing), biologische stabiliteit te verbeteren, en tenslotte de neveneffecten van de UV/H₂O₂ behandeling weg te nemen: peroxide-decompositie, nitriet re-oxidatie en verwijdering van (eventueel mutagene) omzettingsproducten. Ook bij Andijk wordt na AKF chloordioxide gedoseerd om de kolonietallen te verlagen. De zuiveringstappen zijn schematisch weergegeven in Tabel 3-2. In totaal zijn er 23 filters met een gemiddelde productiecapaciteit van 122 m³/u en een gemiddelde EBCT van 41 minuten³. Eén van de filters staat (in circulatie) buiten bedrijf om de kool te kunnen laten regenereren.

In het meetprogramma van PWN Andijk zijn een reeks parameters opgenomen die relevant zijn voor dit onderzoek: AOC-P17/Nox, AOC-A3, AOC-P17, std AOC-A3, std AOC-P17, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Fytoplankton (totaal), Ciliata, Xanthophyceae, Calanoida, Cladocera, Cyclopoida, Eukaryota, Dreissena-larven, Gastrotricha, Gymnamoebia, Harpacticoida, Hydrachnellae, Hydrachnellae-larven, Nauplius-larven, Nematoda, Oligochaeta, Ostracoda, Rotifera, Tardigrada, Testacea, Turbellaria, ATP, en pigmenten van Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae en Cyanophyceae.

De parameters zijn gemeten in het influent (codering PAN-KF-INF002), het filtraat van 5 koolfilters (codering PAN-KF01-EFF, PAN-KF11-EFF, PAN-KF15-EFF, PAN-KF19-EFF en PAN-KF24-EFF), en het reinwater in de mengkelders (codering PAN-MK1-RW en PAN-MK2-RW) in de periode februari 2010 tot en met augustus 2015.

3.2.1 Waternet Leiduin en meetprogramma

Productielocatie Leiduin verschilt van Evides Berenplaat en PWN Andijk doordat het water, afkomstig van het Lekkanaal, door coagulatie en snelle zandfiltratie is voorbehandeld maar vervolgens in de duinen geïnfiltreerd wordt. Een tweede verschil is dat de AK-filters niet de laatste barrière van de zuiveringstrein vormen. Het water uit de Oranjekom wordt door beluchting en snelle zandfiltratie behandeld om gesuspendeerd materiaal, ammonium, ijzer, mangaan en coagulant te verwijderen, gevolgd door oxidatie/desinfectie met behulp van ozonisatie. Na een onthardingsstap wordt het water naar de (open) 2-traps GAK-gravitatiefilters geleid, met als doel om omzettingsproducten en OMV's te verwijderen, geur en smaak te verbeteren en de biologische stabiliteit te verbeteren. Een langzame zandfiltratie (LZF) zorgt voor een extra barrière voor deeltjes, biologische activiteit en AOC.

Het reguliere meetprogramma bij productielocatie Leiduin voorziet in analyses van: ATP, Ciliata, fytoplankton (totaal), Chlorophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Xanthophyceae, Rhizopoda, Bacillariophyceae, zuurstofgehalte, pH, orthofosfaat en TOC. Water is bemonsterd uit het influent (codering PLD-KF-INF-001) en filtraat (codering PLD-KF-EFF-001, -KF-EFF002, -KF33-EFF en -KF34-EFF). Metingen van hogere (dierlijke) organismen zijn niet beschikbaar. Van de algensoorten (-phyceae) zijn alleen

³ Deze is bepaald met een filterhoogte van 3.0 m en een gemiddelde filtratiesnelheid van 121 m³/u. De contacttijd is ca. 25 minuten indien het filter gevuld is met actieve kool.

Bacillariophyceae ook in het filtraat geanalyseerd. Van TOC en ATP waren er voldoende meetwaarden beschikbaar om een tijdreeks te visualiseren (periode 2012 tot en met 2014).

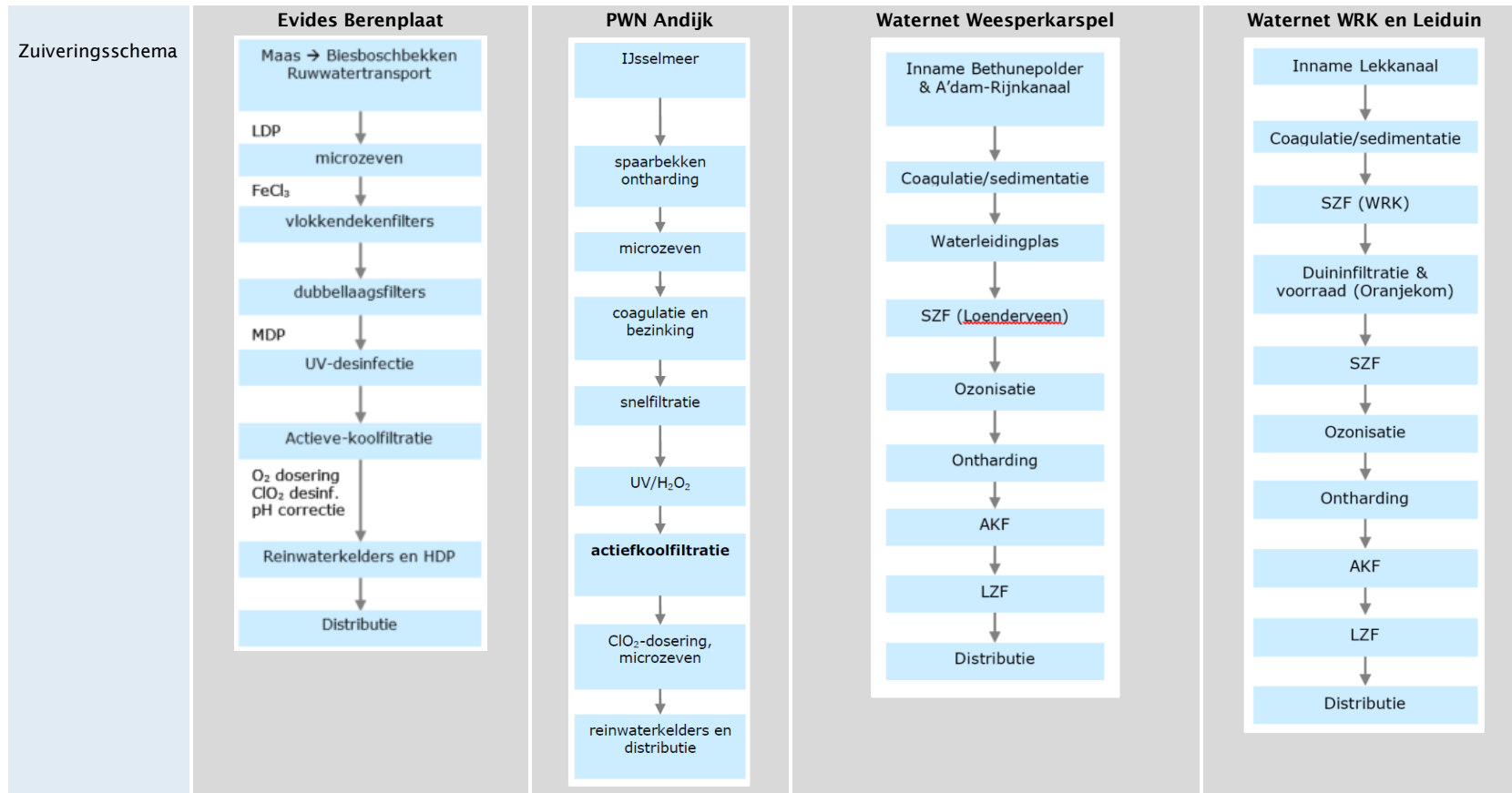
3.2.2 Waternet Weesperkarspel en meetprogramma

Het water dat wordt ingenomen is afkomstig van de Bethunepolder en incidenteel het Amsterdam-Rijnkanaal. Net als bij productielocatie Leiduin, gaat het water terug de natuur in: in dit geval de Waterleidingplas. Ook hier wordt de zuivering voortgezet door snelle zandfiltratie, gevolgd door ozonisatie, ontharding en 1-traps GAK-filtratie. GAK-filtratie is verdeeld in een Noordelijke en een Zuidelijke streng. De Noordelijke streng verschilt van de Zuidelijke, doordat de gravitatiefilters geen doppenbodem hebben – het spoelwater wordt via steunlagen ingevoerd⁴. De GAKFs in de Zuidelijke streng hebben wel een doppenbodem en zijn ook met het gravitatieprincipe ontworpen. Beide strengen hebben 2 parallelle straten, de Noordelijke heeft 6 filters per straat, de Zuidelijke 7 filters per straat. Gemiddeld is de capaciteit per filter voor beide strengen 148 m³/u en heeft het filter een contacttijd van 40 minuten. Net als bij Leiduin is er een langzame zandfiltratie (LZF) die een extra barrière vormt voor deeltjes, biologische activiteit en AOC.

Het reguliere meetprogramma bij productielocatie Weesperkarspel voorziet in analyses van: AOC-P17/Nox, AOC-P17, AOC-A3, ATP, troebelingsgraad, zuurstofgehalte, pH, orthofosfaat, watertemperatuur en TOC. Water is bemonsterd uit het verzameld influent (codering PWK-KF-INF001) en verzameld filtraat (codering PWK-VKF-001), en kan daardoor niet worden herleid naar filters die zich in de Noord- of Zuidzijde bevinden. Hydro- en microbiologische parameters van het influent en filtraat zijn niet beschikbaar. Van TOC en ATP waren er voldoende meetwaarden beschikbaar om een tijdreeks te visualiseren (periode 2012 tot en met 2014).

⁴ De Noordelijke GAK-filters waren oorspronkelijk snelle zandfilters.

TABEL 3-2: ZUIVERINGSSCHEMA'S VAN DE PRODUCTIELOCATIES WAAR DATA VAN IS AANGELEVERD



4 Data en resultaten

4.1 Overzicht procesgegevens

De verzamelde gegevens van de AK-filters zijn gebruikt om empty bed contacttijd (EBCT), het volume wat bij spoeling wordt afgevoerd, het aantal bedvolumes (BV) gedurende de looptijd en de ratio tussen het volume van het spoelwater en het behandeld volume te bepalen. Kenmerken en berekende getallen zijn weergegeven in Tabel 4-1. Het is duidelijk dat er veel variatie is in uurcapaciteit en spoelstrategie. Opvallend is dat Evides Berenplaat en de Waternet-locaties⁵ ongeveer evenveel spoelvolume (in BV's) hanteren. De koolfilters worden temperatuursafhankelijk gespoeld, waarbij bijna 2x zoveel spoelwater wordt verbruikt indien de temperatuur van het water 20 °C is (zie Afwijkend afvoer spoelwater in BV's in Tabel 4-1). PWN heeft relatief veel spoelwaterverbruik en een variërende looptijd indien de bedweerstand een bepaalde waarde bereikt. PWN Andijk heeft van alle onderzochte productielocaties GAK-filters met de langste looptijd en spoelvolume, en samen met Waternet Weesperkarspel een lange contacttijd⁶ van het spoelwater met het filterbed.

TABEL 4-1: OVERZICHT VAN FILTERKARAKTERISTIEKEN PER PRODUCTIELOCATIE

	eenheid	PWN Andijk	Evides Berenplaat	Waternet Leiduin	Waternet Weesperkarspel (NZ)	Waternet Weesperkarspel (ZZ)
Aantal parallelle straten		1	2	4	2	2
Aantal filters per straat		23	22	10	6	7
Drukfilters			•			
Dichtheid van doppen	doppen/m ²	35.5	60.8	60.0	-	62.0
Filterbedoppervlak	m ²	27.9	28.3	57.8	48.0	30.8
Bedhoogte	m	3.0	4.0	2.51	2.08	3.24
Uurcapaciteit (gem.)	m ³ /u	122	273	360	148	148
Uurcapaciteit (min.)	m ³ /u	65	159	175		
Uurcapaciteit (max.)	m ³ /u	139	455	600	200	200
Spoelen met rein water			•			
Kool: type		Cabot ROW 0.8	Chemviron Filtrisorb 400	Cabot ROW 0.8 SUPRA	Cabot GAC 830 plus	Cabot GAC 830 plus
Spoelfrequentie ⁷	per week	0.19	0.78	n.b.	1.00	1.00
Spoelstrategie op druk of weerstand				•	•	•
Spoelstrategie op looptijd		•	•			
Seizoensafh. spoeling				•	•	•
Temperatuurafh. spoeling			•		•	•
Afvoervolume spoeling	m ³	20.6	9.1	11.7	9.7	9.7

⁵ In de zomer is de looptijd ca. 3 dagen, in de winter ongeveer 3 weken.

⁶ Contacttijd van het spoelwater is berekend met spoelsnelheid en de diagonaal van de bodem naar de dichtstbijzijnde spoelgoot.

⁷ De spoelfrequentie is in eenheden per week uitgerekend. Bij Waternet is, omdat er sprake is van verzamelinfluent en -filtraat, de spoelfrequentie als volgt bepaald: 3 filters (van de 26) per dag komt overeen met ca. 1x per week. Het is niet bekend (n.b.) of er bij Leiduin sprake is van verzamelfiltraat.

(per filter)						
Afvoer spoeling in BV		0.25	0.08	0.08	0.10	0.10
(per filter)						
Afvoer spoeling in BV			0.15			
(afwijkend)						
Totale contacttijd spoeling	u	3.7	0.7	2.2	1.8	3.9
Aantal BV over looptijd	-	1309	521	60	12	12

4.2 Biologische en biotische parameters

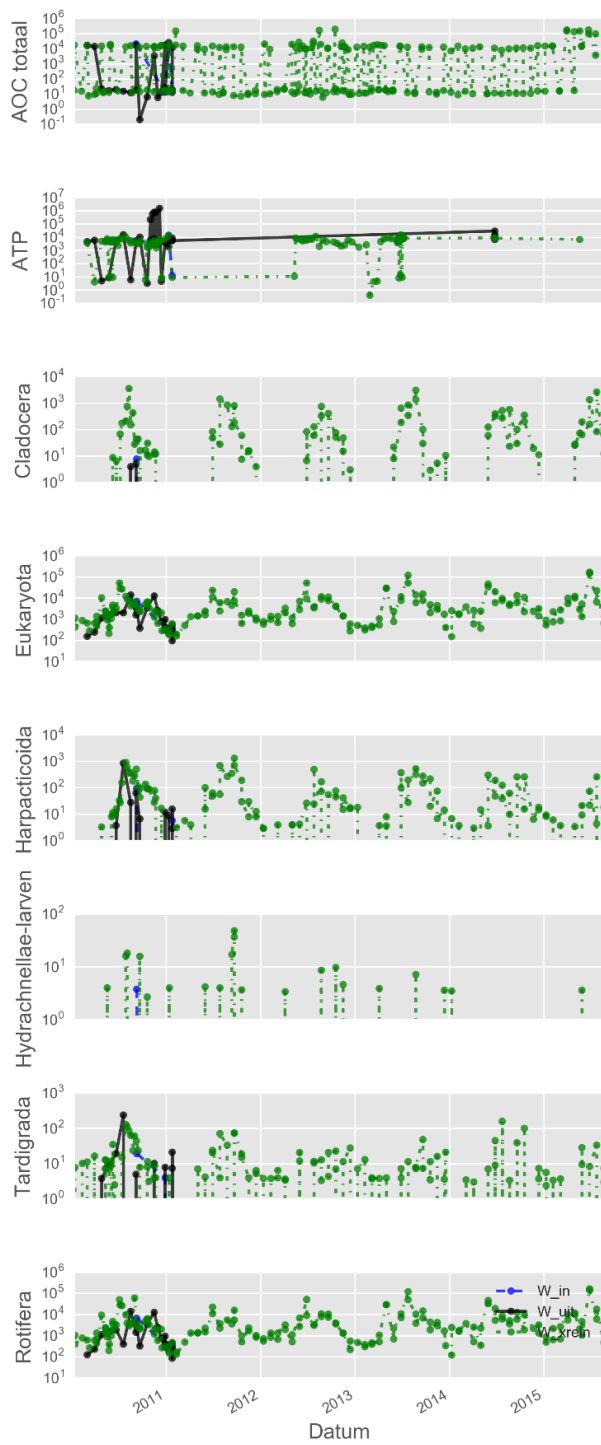
4.2.1 PWN Andijk

Metingen zijn weergegeven als tijdreeks voor parameters waar voldoende meetpunten in de tijd beschikbaar waren (Figuur 4.1) en als box-and-whiskerdiagrammen (Figuur 4-22). Figuur 4-1 toont dat variatie in aantallen dierlijke organismen, maar ook AOC-concentratie, in het reine water voornamelijk correleren met pieken in de zomerperioden. Merk op dat van het ingaande water (W_{in}) slechts een beperkt aantal metingen gedurende een langere periode beschikbaar zijn. Verder is opvallend dat de pieken in het reine water de pieken in het filtraat volgen. Tenslotte is een substantiële hoeveelheid ATP gemeten in het filtraat, gedurende het najaar van 2011.

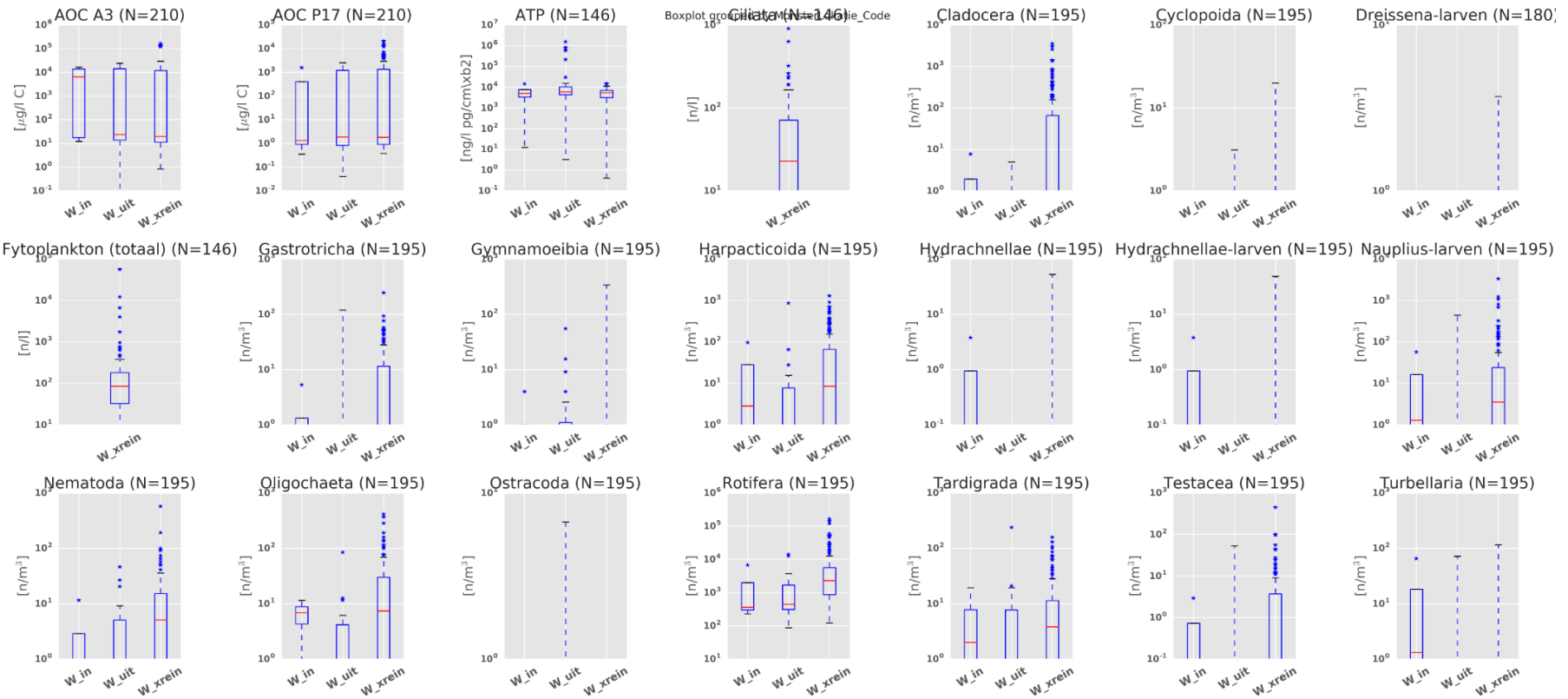
Figuur 4-2 laat zien dat:

- het gehalte aan AOC na de AKF is verminderd t.o.v. het gehalte in het influent, maar de spreiding is aanzienlijk. Daarnaast is het belangrijk om te melden dat de chloordioxide-dosering na AKF de AOC concentratie in het reinwater verhoogt, wat de uitschieters in AOC-metingen in de mengkelder kan verklaren;
- voor Rotifera (raderdieren) en de Tardigrada (beerdertjes) het (G)AKF geen effectieve barrière lijkt te zijn. Van rader- en beerdertjes is bekend dat deze onder extreme omstandigheden kunnen overleven⁸. Het is echter ook mogelijk dat (G)AKF zorgt voor een andere soortensamenstelling en dat soorten van deze diergroepen die in het influent aanwezig zijn worden verwijderd door AKF, maar dat er in het AKF andere soorten van deze diergroepen zijn gaan groeien zodat er netto geen verwijdering te zien is;
- Enkele wieren (Chloro-, Bacillario-, Crypto-, Chryso-, Chloro-, Cyano-, Dino- en Euglenophyceae) alleen in het reine water zijn gemeten. De aanwezigheid van deze organismen is opmerkelijk, omdat zij autotroof groeien en autotrofe condities niet of nauwelijks voorhanden zijn in de reinwaterkelders. Ook Cladocera (watervlooien) komen in reinwater voor, maar nauwelijks in het ingaande en uitgaande water van GAKF;
- Nematoden lijken iets vaker voor te komen in het uitgaande en reine water dan in het ingaande water van AKF;
- er geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gemaakt ten aanzien van Hydrachnellae (watermijten) en Cyclopoida (eenogkreeftjes);
- over de gehele linie er met betrekking tot het ingaande- en uitgaande water vastgesteld kan worden dat de meeste parameters relatief stabiel blijven, wat kan duiden op: (a) beheerste groei en/of een effectief spoelprogramma of (b) geen merkbare invloed van een spoeling op de parameters.

⁸ Onder omstandigheden van langdurige droogte, koude (bijna -270 graden) of warmte (ruim +120 graden) komen deze dieren in een cryptobiose, een staat van schijn dood.



FIGUUR 4-1: TIJDREEKSEN OP LOGARITMISCHE SCHAAL VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE (W_IN: BLAUW), UITGAANDE (W_UIT: ZWART) EN REINE WATER (W_XREIN: GROEN) IN DE PERIODE 2011 T/M 2015. ER ZIJN EEN BEPERKT AANTAL METINGEN VAN HET INFLUENT.



FIGUUR 4-2: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN), UITGAANDE WATER (W_UIT) EN REINE WATER (W_XREIN) BIJ PWN ANDIJK.

4.2.2 Evides Berenplaat

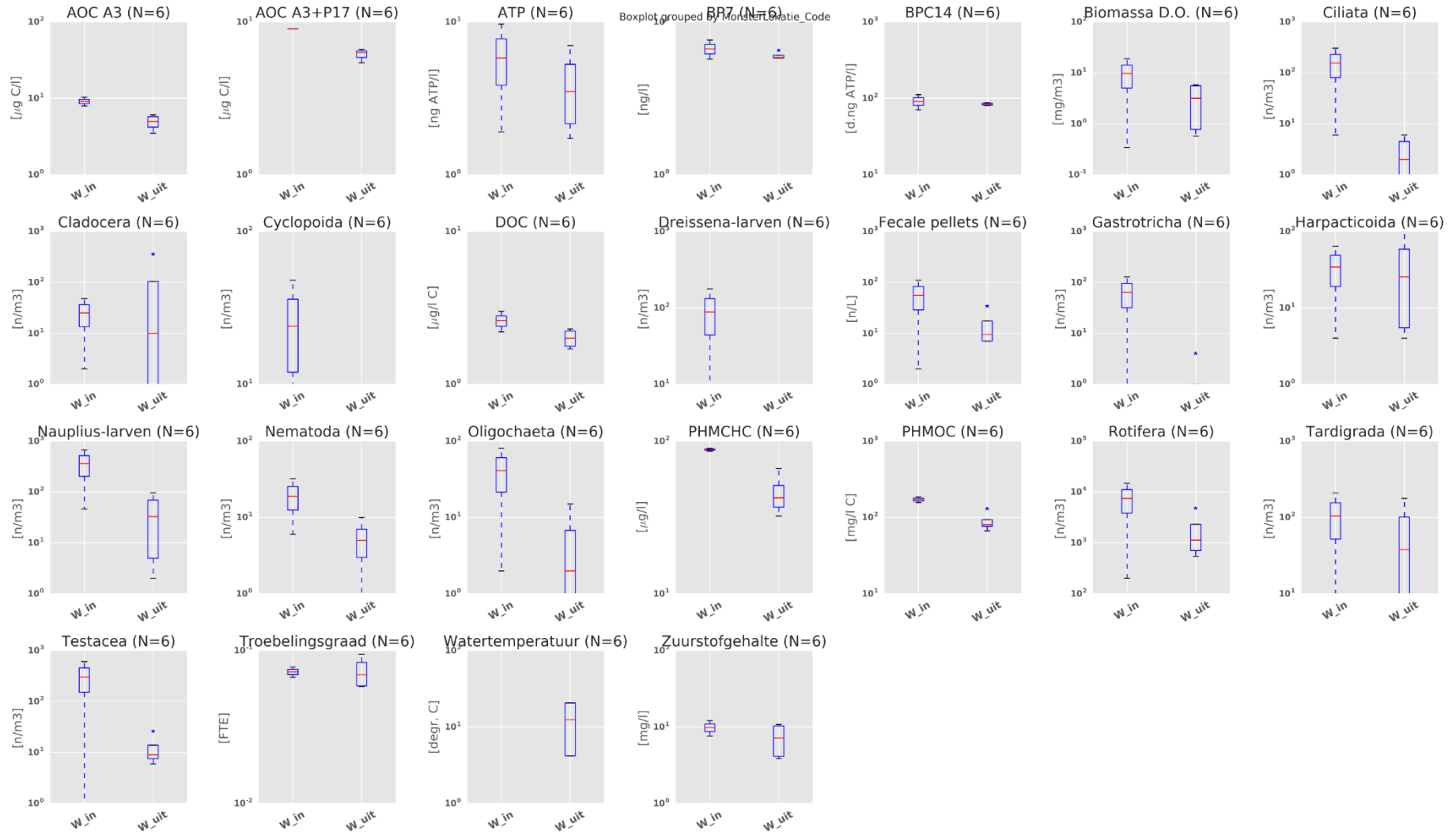
Bij de meetdata van Evides Berenplaat zijn er - in vergelijking tot de meetserie van PWN Andijk - een klein aantal metingen beschikbaar. Wel zijn spoelmomenten geregistreerd en zijn er biologische indicatoren gemeten, zoals ATP, BPC14 en biomassa D.O. Merk op dat, doordat er slechts weinig metingen beschikbaar zijn, de Box-and-Whiskerdiagrammen slechts ter illustratie en duiding van kwalitatieve trends dienen. De omvang van de dataset is te beperkt om tijdreeksen van te maken.

De volgende (biologische) parameters zijn bij de filters (influent of filtraat) niet gedetecteerd of hebben een nulwaarde: Heliozoa, Ostracoda, Cyclopoida, Calanoida, Gastrotricha, Turbellaria, Insecten-larven, Hydrachnellae, Hydrachnellae-larven, Isopoda, Isopoda (delen), Isopoda (fecale resten), Amphipoda en Dreissena-larven.

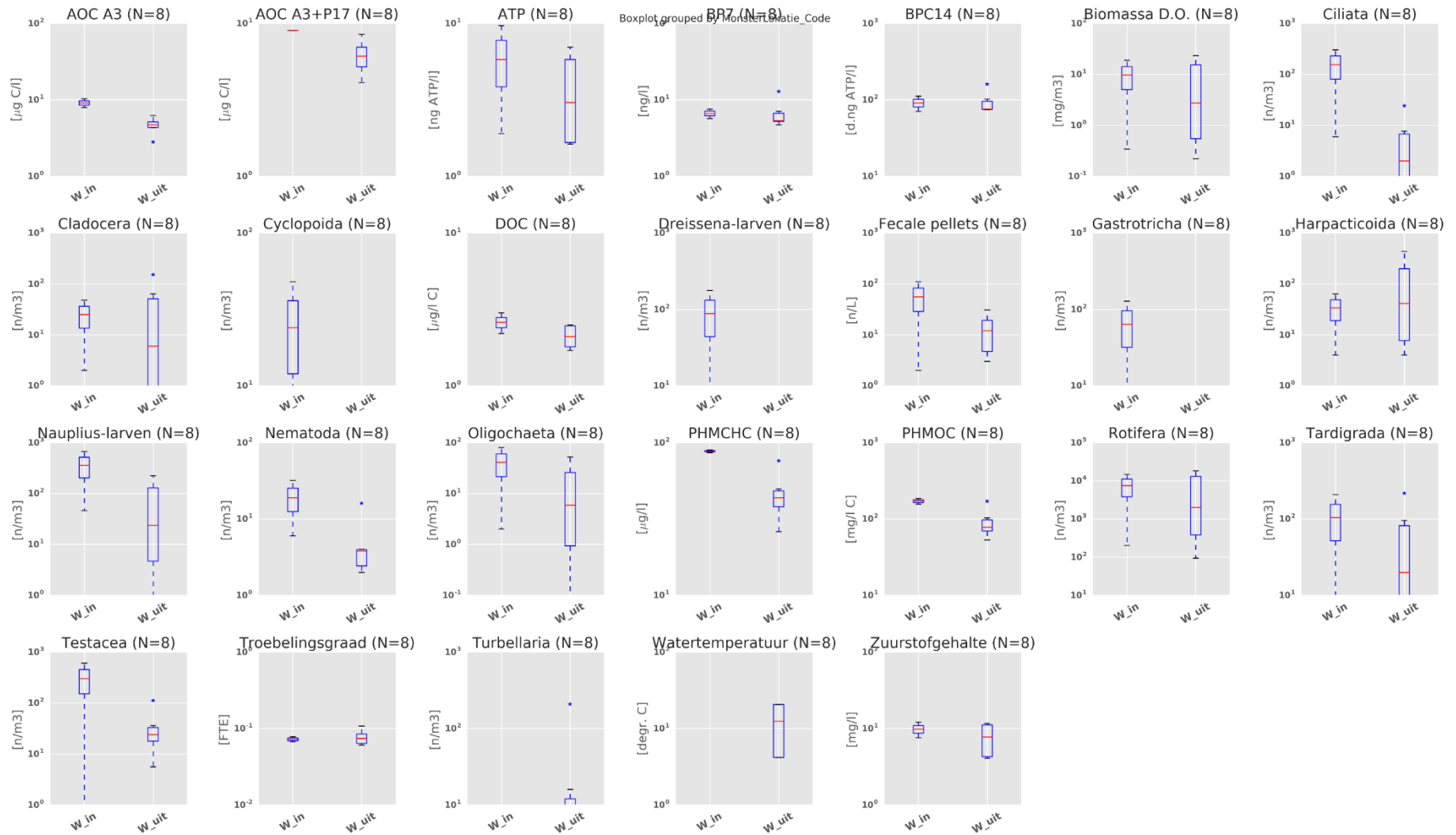
Uit Figuur 4-3, Figuur 4-4 en Figuur 4-5 blijkt dat:

- het gehalte aan AOC (A3 en A3+P17), PHMOC en DOC met gemiddeld 30% wordt gereduceerd. Merk op dat de spreiding van AOC A3+P17 bij een looptijd van 14 en 21 dagen vrij groot is;
- De BPC14 laat geen noemenswaardige verschillen zien tussen de waarden van het influent en het filtraat in relatie tot de verschillende looptijden;
- BP7 slechts in alle looptijd-gevallen voor een klein deel wordt verminderd (ca. 10%);
- het hanteren van een kortere looptijd van 7 dagen (i.p.v. 14 of 21):
 - de aantallen Harpacticoida in het filtraat lager zijn dan in het influent, maar dat de spreiding zeer groot is (seizoenseffecten spelen hier een rol);
 - de afname van Naupliuslarven bij een looptijd van 7 en 14 dagen vergelijkbaar is, maar dat er een minder sterke afname bij een looptijd van 21 dagen is waar te nemen;
 - de spreiding van vrijwel alle parameters aanzienlijk *kleiner* wordt over de kool, met name bij AOC (AOC A3 en AOC A3+P17), BP7, BPC14, de biomassa D.O., ATP, DOC, Nauplius-larven, Oligochaeta, Rotifera en Tardigrada.

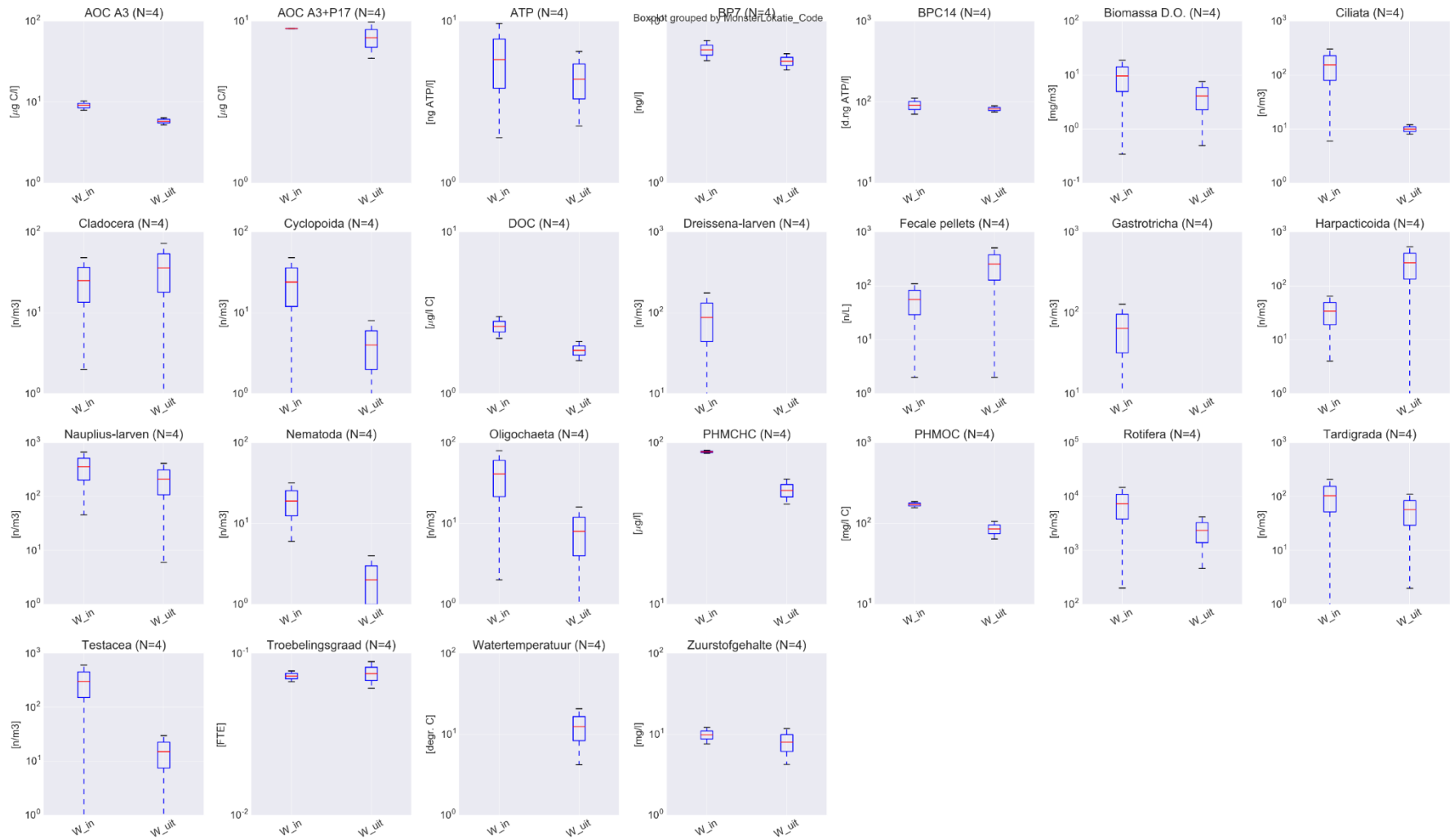
Uit een nadere analyse van de gegevens, waarbij gegroepeerd is op datum van de monsternamen in plaats van looptijd valt op dat Harpacticoida en Naupliuslarven een stuk beter gedijen in de zomer (Figuur III-1 en Figuur III-2 in Bijlage III). Een hogere biologische activiteit tijdens de zomer blijkt uit hogere ATP- en biomassa-waarden en een lager zuurstofgehalte in het filtraat ten opzichte van de waarden gemeten in de winter. Merk op dat de waarden niet genormaliseerd zijn naar het volume spoelwater. De overige parameters laten een te grote spreiding zien om conclusies te kunnen trekken.



FIGUUR 4-3: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN), EN HET FILTRAAT (W_UIT) BIJ EVIDES BERENPLAAT, LOOPTIJD VAN 7 DAGEN.



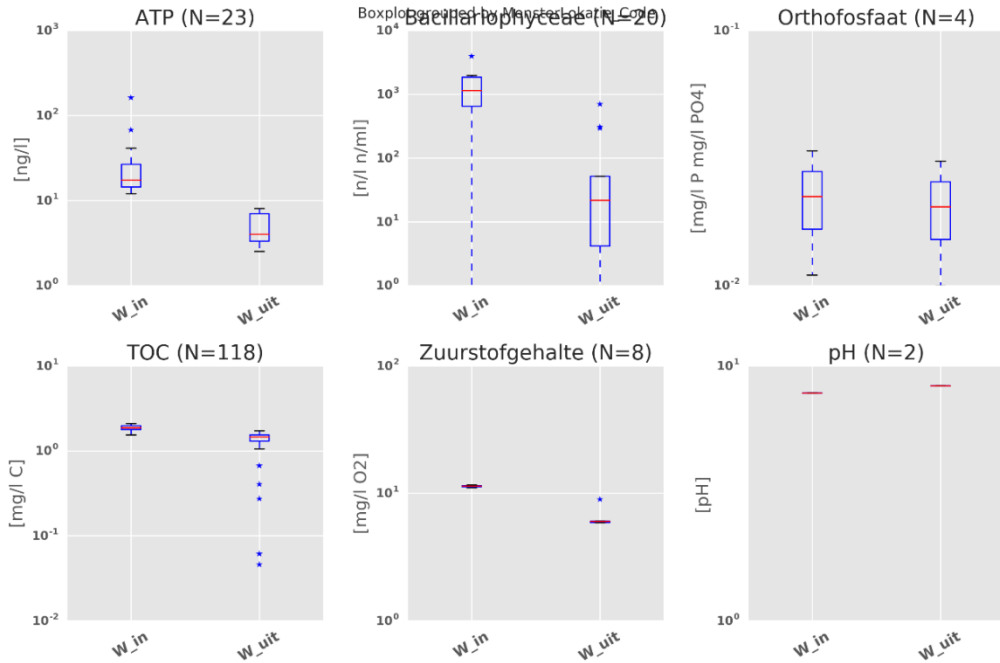
FIGUUR 4-4: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN), EN HET FILTRAAT (W_UIT) BIJ EVIDES BERENPLAAT, LOOPTIJD VAN 14 DAGEN.



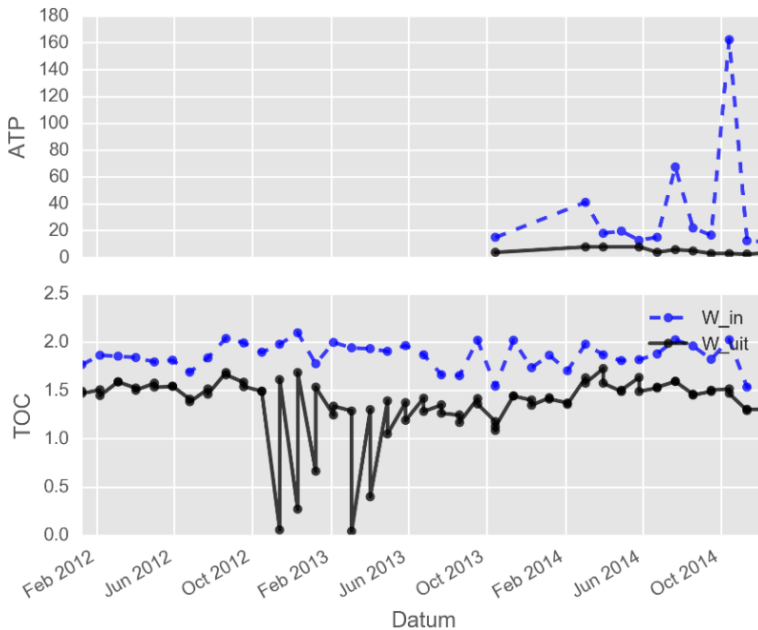
FIGUUR 4-5: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN), EN HET FILTRAAT (W_UIT) BIJ EVIDES BERENPLAAT, LOOPTIJD VAN 21 DAGEN.

4.2.3 Waternet Leiduin

De beschikbaar gestelde gegevens zijn weergegeven in Figuur 4-6 als Box-and-Whiskerdiagrammen, en tijdreeksen in Figuur 4-7.



FIGUUR 4-6: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN PARAMETERS IN HET INFLUENT EN FILTRAAT VAN DE AKFS BIJ WATERNET LEIDUIN.



FIGUUR 4-7: TIJDREEKSEN VAN ATP-CONCENTRATIES (BOVEN) EN GEHALTE AAN TOC (ONDER) BIJ PRODUCTIELOCATIE WATERNET LEIDUIN.

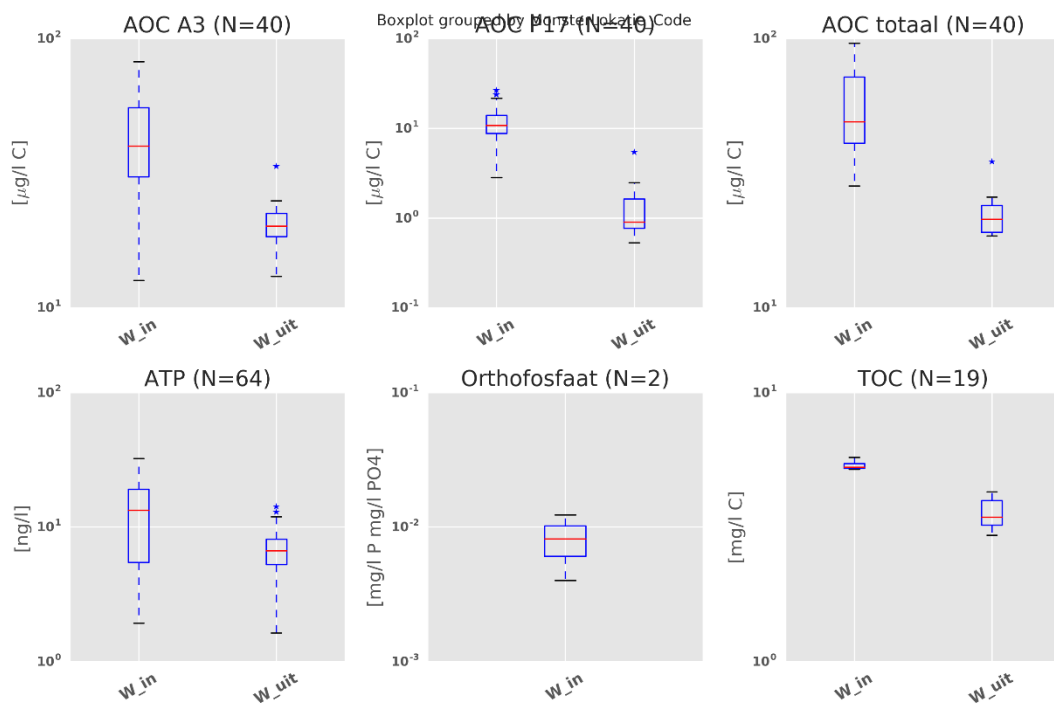
Uit de figuren is het volgende op te merken:

- het gehalte aan TOC is gemiddeld circa 15 tot 20% lager in het filtraat t.o.v. het influent. De variatie in TOC in het filtraat volgt in de tijd de trend van het influent;
- er is nauwelijks verandering in het orthofosfaatgehalte en de zuurgraad;
- er is een flinke reductie van ATP en de Bacillariophyceae (pantseralgen). De ATP-concentratie is stabiel (onder de 8 ng/L) in het filtraat, het influent vertoont flinke pieken in de tijd;
- ook het zuurstofgehalte neemt flink af (tot bijna 50%) van 11.3 tot 6 mg/L.

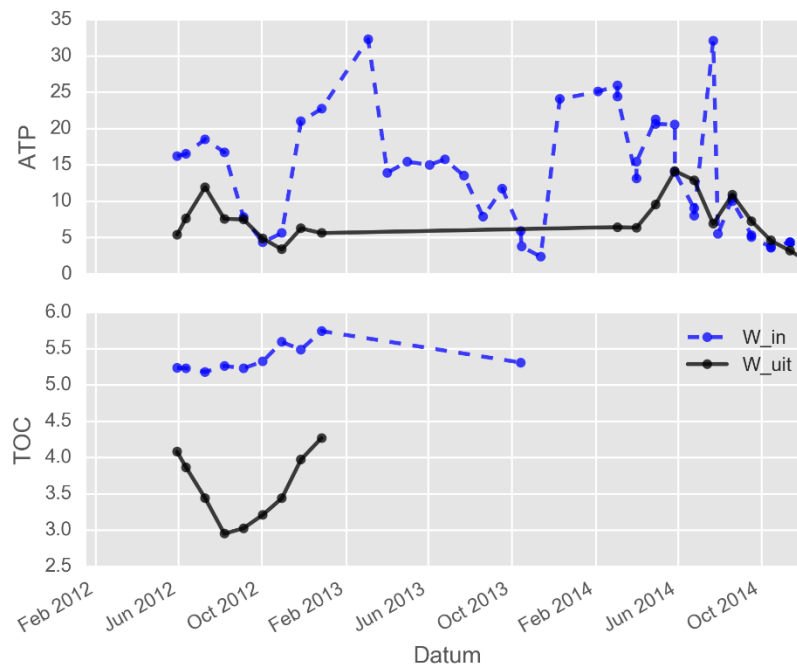
4.2.1 Waternet Weesperkarspel (Noord- en zuidzijde)

Figuur 4-8 en Figuur 4-9 illustreren dat:

- het gehalte aan TOC is gemiddeld circa 30% lager in het filtraat t.o.v. het influent. De variatie in TOC in het filtraat deint met de tijd mee met het influent;
- de AOC (A3, P17 en totaal) is gemiddeld ca. 50% lager in het filtraat dan in het influent;
- het gehalte aan ATP is gemiddeld ca. 50% lager in het filtraat dan in het influent. De ATP concentratie van het filtraat volgt in beperkte mate de trend in het influent;



FIGUUR 4-8: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN PARAMETERS IN HET INFLUENT EN FILTRAAT VAN DE AKFS BIJ WATERNET WEESPERKARSPER (NZ)



FIGUUR 4-9: TIJDREEKSEN VAN ATP-CONCENTRATIES (BOVEN) EN GEHALTE AAN TOC (ONDER) BIJ PRODUCTIELOCATIE WATERNET WEESPERKARSPEL.

5 Beschouwing en aanbevelingen

5.1 Beschouwing

De volgende observaties zijn gemaakt uit de analyse van gegevens die beschikbaar zijn gesteld door PWN, Waternet en Evides. De observaties worden samen met de bevindingen uit de literatuurscan in beschouwing genomen:

- Voor alle productielocaties geldt dat het gehalte aan **AOC** (P17/Nox en A3) en **DOC**, **TOC** en/of **PHMHC** met gemiddeld 30% wordt gereduceerd door GAKF. Uit eerder onderzoek [8] leek het verloop van **PHMOC** en **PHMCHC** in het filtraat van het AKF *niet* samen te hangen met het verloop van deze parameters in de snelle zandfilters ervoor. Op basis van literatuur lijkt de verwijdering van DOC, en mogelijk TOC, voornamelijk biologisch van aard [7]. Op basis van de gegevens volgt dat milligrammen TOC per liter worden verwijderd, maar dat slechts 10 tot 100 µg C per liter wordt verwijderd. Hieruit lijkt de TOC-verwijdering van niet-biologische aard;
- Uit de gegevens van PWN en Evides:
 - blijkt dat voor de **Rotifera** (raderdieren) en de **Tardigrada** (beerdertjes) (G)AKF geen effectieve barrière lijkt te zijn. Van rader- en beerdertjes is bekend dat deze onder extreme omstandigheden kunnen overleven. Het is ook mogelijk (G)AKF zorgt voor een andere soortensamenstelling en dat soorten van deze diergroepen die in het influent aanwezig zijn worden verwijderd door AKF, maar dat er in het AKF andere soorten van deze diergroepen zijn gaan groeien zodat er netto geen verwijdering te zien is;
 - en uit de workshop (Bijlage I, presentatie Evides) blijkt dat het (biologisch) functioneren van een koolfilter sterk kan verschillen per koolfilter.
- Specifiek uit de meetgegevens afkomstig van PWN Andijk blijkt dat:
 - Aantallen van hydrobiologische parameters en eukaryote organismen sterk meebewegen met **seizoenen of temperatuur** (in de zomerperiode meer dan in de winterperiode). Een correlatie van groei van hydrobiologie met temperatuur is eerder door Wang et al. (2014) aangetoond [2] en ook in de workshop (Bijlage I, presentatie HWL) is aangegeven dat bij temperaturen van boven de 15 °C hogere organismen een belangrijke rol spelen;
 - Getuige de uitschieters die zijn gemeten in het reinwater (in de reinwater mengkelder) kan (na)groei plaats vinden van diverse organismen in AKF en/of reinwater⁹.
- Specifiek uit de meetgegevens afkomstig van Evides Berenplaat, blijkt dat:
 - de **BP7** in het filtraat slechts voor een klein deel is verminderd (ca. 10%) ten opzichte van de BP7 in het influent;
 - de spreiding van vrijwel alle parameters groter is wanneer sprake is van een **looptijd** van 14 dagen ten opzichte van een kortere looptijd;
 - de kortere looptijd lijkt een positief effect te hebben op de aantallen **Harpacticoida** (eenogkreeftjes) in het filtraat: deze worden gereduceerd (in plaats van vermeerderd) ten opzichte van de aantallen in het influent. Deze afname door een hogere spoelfrequentie is ook waargenomen in [3]. Opgemerkt dient te worden dat de aantallen niet genormaliseerd zijn naar het volume spoelwater. Omdat er slechts weinig metingen beschikbaar zijn, en de

⁹ Dit zijn: Ciliata Cladocera, Gastrotricha, Harpacticoida, Hydrachnellae-larven, Oligochaeta, Nauplius-larven, Nematoda, Rotifera, Tardigrada en Testacea.

spreiding tussen filters groot, kunnen er nog geen conclusies uit deze observatie worden getrokken.

- Specifiek uit de meetgegevens afkomstig van Waternet blijkt dat TOC en ATP (in mindere mate) in het filtraat de trend in het influent (seizoensvariatie) volgen. In [8] was (op het oog) waargenomen dat ATP correleert met temperatuur en pieken in het influent ook waargenomen worden in het effluent. In de workshop (Bijlage I, presentatie Waternet) lijkt er een sterke correlatie van TOC met AOC (en UV-extinctie bij 254 nm) te zijn, waarbij de pieken in AOC en TOC overeenkomen met de zomerperioden.

De observaties hierboven konden niet gerelateerd worden met gegevens die relateren aan een spoelstrategie omdat er, met uitzondering van AOC, geen grote gemeenschappelijke deler aan biologische parameters voorhanden was. Bovendien zijn, de gegevens afkomstig van Evides Berenplaat uitgezonderd, geen spoelmomenten geregistreerd (of zijn deze zeer moeilijk te herleiden) en zijn gegevens vaak over een koolfilter of over het verzamelde filtraat en influent gemeten. Tenslotte zijn er geen parameters geanalyseerd in het spoelwater.

Uit de resultaten wordt geconcludeerd dat op basis van bestaande kennis en routinematig uitgevoerde metingen door de bedrijven het niet mogelijk is om relaties tussen spoelregime en biologische groei in AKF voor de (D)PWE bedrijven vast te stellen. Doordat afleiding van dergelijke relaties niet mogelijk was, kon de tweede doelstelling van deze studie (in hoeverre kan spoelregime worden gebruikt om de groei te controleren) niet worden beantwoord met de gegevens verzameld in deze studie.

5.2 Aanbevelingen

Met voorliggende studie zijn een aantal observaties uit de literatuur en praktijk bevestigd. De gegevens bieden echter te weinig houvast om op (statistische) wijze correlaties te onderzoeken tussen abiotische (spoel- en procesgegevens) en biotische parameters.

Om tot conclusies te komen over de effectiviteit van AKF als barrière en bepaalde spoelstrategieën, wordt aanbevolen om:

- een (gezamenlijk) meetprogramma te formuleren waarin:
 - enkele (indicator)parameters van hogere organismen (bijvoorbeeld amoeben, eenoogkreeftjes, raderdier, beerdier, wimperdieren), alsook indicatoren voor groeipotentie (bijvoorbeeld AOC, BP7 en BPC14) worden opgenomen en gemeten in influent¹⁰ en filtraat *per* AKF *én* het spoelwater van diezelfde AKF;
 - spoelmomenten worden geregistreerd;
 - de parameters gedurende tenminste een jaar worden gemeten, waarbij er (voor zover mogelijk) ook gevarieerd wordt met spoelfrequentie, spoelduur en intensiteit. Een pilotinstallatie is hier het meest geschikt voor, omdat het aanbrengen van variaties in de huidige praktijkbedrijfsvoering tijdrovend en softwarematig moeilijk te realiseren is;
- De resultaten van het meetprogramma als hierboven te gebruiken om een massabalans van influent en effluent AKF op te stellen eventueel aangevuld met reinwater en/of gedistribueerd drinkwater.

Enkele van deze aanbevelingen zijn opgenomen in een plan voor een vervolgproject.

¹⁰ NB. Bij Evides Berenplaat is het alleen mogelijk om het verzamelde influent te bemonsteren, het is niet mogelijk om het spoelwater van de praktijkfilters te bemonsteren. Wel is het mogelijk om de individuele koolfiltraten te bemonsteren.

Bijlage I Enquête

Waternet Noord

TABEL BIJLAGE I-5-1: PROCESGEGEVENS EN BEDRIJFSVOERINGPARAMETERS BIJ DE NOORD-STRENG VAN WPB WATERNET WEESPERKARSPEL

Legenda	invulveld
	beschrijvend veld
	beschrijvend veld

	waarde 1	waarde 2/opmerking	waarde 3	eenheid
identificatiegegevens				
Bedrijf en WPB	Waternet	Weesperkarspel	Noordfilters	
karakteristieken per AKF				
aantal parallelle straten AKF		2		-
aantal filters in straat		6		-
gravitatie of druk	gravitatie			-
open of dichte filters	open			-
aantal doppen in doppenbodemp. m2 <i>indien geen doppenbodemp, aangeven hoe invoer spoelwater</i>		0	omgebouwde snelle zandfilters	doppen/m2
diameter of kortste horizontale afmeting filter	via steunlagen			-
langste horizontale afmeting filter (indien rechthoekig)		4		m
hoogte filterbed		12		m
uurcapaciteit per AKF (gemiddeld)		2.08		m
uurcapaciteit per AKF (min.)		3.848	(nominaal)	1000 m3/u
uurcapaciteit per AKF (max.)		5.200	200 m3/u per filter (26 stuk)	
verticale afstand van bodem tot spoelgoot en/of		2.9	Gegevensvalidatie aangepast	m
afstand van filterbed tot spoelgoot		0.82	Gegevensvalidatie aangepast	m
ligging spoelgoot indien rechthoekig	lange zijde			-
aantal spoelwaterafvoeren/-goten		1		-
<i>herkomst spoelwater</i>	anders (geef aan in kolom waarde_2)	koofiltraat		-
karakteristieken kool				
filters met bepaald kool(mengsel)		12		-
mengsel	ja		Chemviron F300	-
merk kool (grootste of laatste gereactiveerde fractie)	Cabot Norit		Filter bestaat uit F300 en GAC830	-
type kool	Norit GAC 830 plus			-
stortgewicht natte kool (apparent density)				kg/m3
dichtheid alleen kool (indien bekend)				kg/m3
spoelprogramma GAC bij geen veranderingen gedurende meetperiode				

spoelfrequentie (regulier)	3.0000	Zomer: 4 per dag; Winter: 2 per dag		per dag
criterium van reguliere spoeling spoelfrequentie anders dan regulier (bijv in zomer)	anders (geef aan in kolom waarde_2)	<i>weerstand</i>		-
	<kies ja/nee>			-
	<kies reden spoelcriterium>	<hier evt. toelichting>		-
criterium van niet-reguliere spoeling indien blazen met lucht, wordt lucht behandeld/gezuiverd?	<kies ja/nee>	<i>filterdoek</i> <hier evt. toelichten als functie van welke parameters is bepaald>		
(gewenste) bedexpansie (%v/v)	30			
fase 1	luchtspoeling	50	4	m3/h; min.
fase 2	lucht/waterspoeling	6.5	2	m3/h; min.
fase 3	anders	0	6	m3/h; min.
fase 4	waterspoeling	9.0	2.5	m3/h; min.
fase 5	waterspoeling	27	9	m3/h; min.
fase 6	waterspoeling	20	5	m3/h; min.
fase 7	waterspoeling	2	0.5	m3/h; min.

TABEL 5-2: EEN DEEL VAN WATERKWALITEITSGEGEVENS VAN HET INFLUENT WATER BIJ DE NOORD-STRENG VAN WPB WATERNET WEESPERKARSPEL.

Monsterkode	Datum	Component	Eenheid	Waarde	Resultaat	Monsternr	Compgr	Analyse
PWK-KF-INF001	30-5-2012	AOC-totaal	µg/l C	35.495	35	630072	9	AOC
PWK-KF-INF001	30-5-2012	AOC-P17	µg/l C	4.575	4.6	630072	9	AOC
PWK-KF-INF001	30-5-2012	AOC-NOX	µg/l C	30.92	31	630072	9	AOC
PWK-KF-INF001	12-6-2012	AOC-totaal	µg/l C	39.535	40	633335	9	AOC
PWK-KF-INF001	12-6-2012	AOC-P17	µg/l C	8.66	8.7	633335	9	AOC
PWK-KF-INF001	12-6-2012	AOC-NOX	µg/l C	30.875	31	633335	9	AOC
PWK-KF-INF001	10-7-2012	AOC-totaal	µg/l C	44.58	45	639300	9	AOC
PWK-KF-INF001	10-7-2012	AOC-P17	µg/l C	6.915	6.9	639300	9	AOC
PWK-KF-INF001	10-7-2012	AOC-NOX	µg/l C	37.665	38	639300	9	AOC
PWK-KF-INF001	7-8-2012	AOC-totaal	µg/l C	41.775	42	646527	9	AOC
PWK-KF-INF001	7-8-2012	AOC-P17	µg/l C	2.815	2.8	646527	9	AOC

Bijlage II Definitietabel

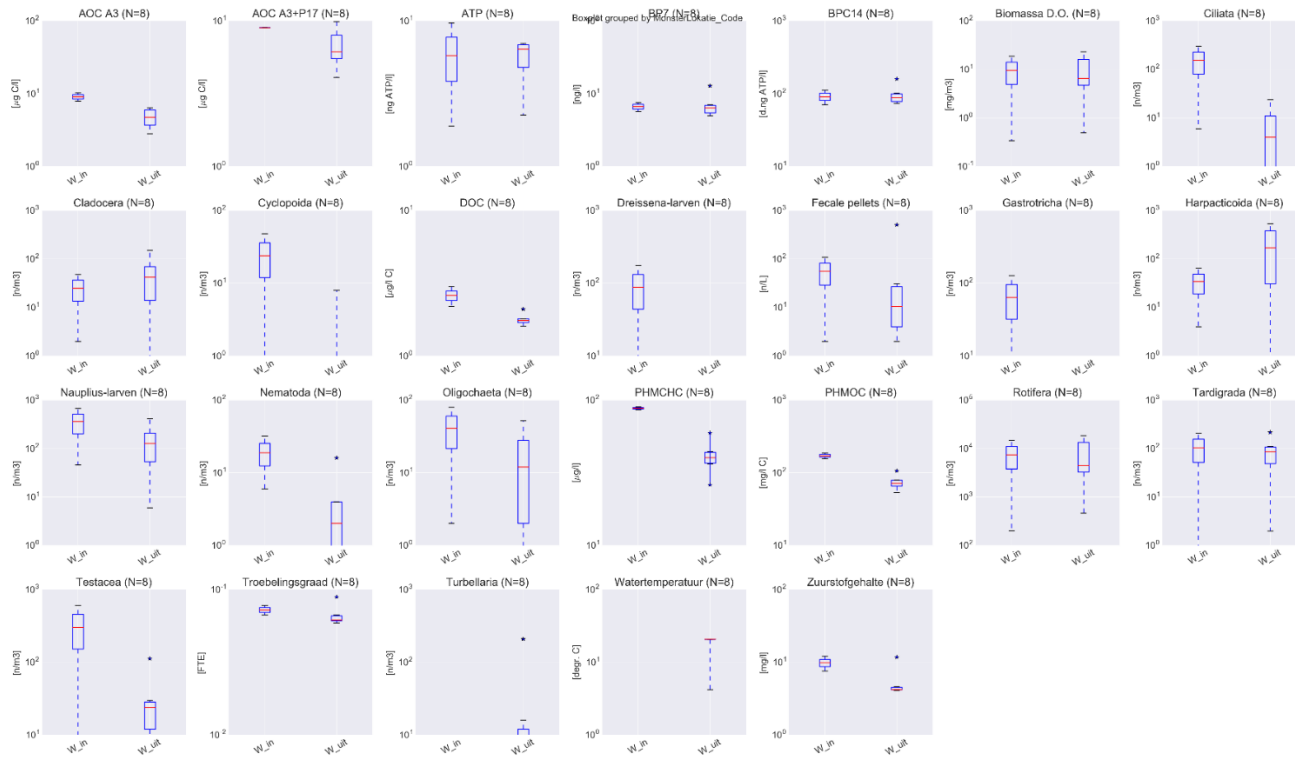
Biotische en abiotische factoren

Parameter	Nederlandse naamgeving	Naamgeving Aqualab Zuid (Evides)	Naamgeving HWL (PWN)	Naamgeving Waternet
Phylum rhizopoda	Amoeben (Rhizopoda)	n.a.	n.a.	Amoeben (Rhizopoda)
Gymnamoebia	Naaktamoeben	Naaktamoeben (Gymnamoebia)	gymnamoebia	n.a.
Testacea	Schaalamoeben	Schaalamoeben (Testacea)	testaceae	n.a.
Tardigrada	Beerdiertjes	Beerdiertjes (Tardigrada)	tardigrada	n.a.
Rotifera	Raderdieren	Raderdieren (Rotifera)	rotifera	n.a.
Ciliata	Wimperdieren	Wimperdieren (Ciliata)	wimperdieren	Wimperdieren (Ciliata)
Heliozoa	Zonnedieren	Zonnedieren (Heliozoa)	n.a.	n.a.
Ostracoda	Mosselkreeftjes	Mosselkreeftjes (Ostracoda)	ostracoda	n.a.
Cladocera	Watervlooien	Watervlooien (Cladocera)	cladocera	n.a.
Nauplius-larven	Nauplius-larven	Nauplius-larven	naupliuslarven	n.a.
Cyclopoida	Eenoogkreeftjes (cyclopoida)	Cyclopoida	cyclopoida	n.a.
Calanoida	Eenoogkreeftjes (calanoida)	Calanoida	calanoida	n.a.
Harpacticoida	Eenoogkreeftjes (harpacticoida)	Harpacticoida	harpacticoida	n.a.
Gastrotricha	Buikharigen	Buikharigen (Gastrotricha)	gastrotricha	n.a.
Oligochaeta	Borstelwormen	Borstelwormen (Oligochaeta)	oligochaeta	n.a.
Nematoda	Draadwormen	Draadwormen (Nematoda)	nematoda	n.a.
Turbellaria	Platwormen	Platwormen (Turbellaria)	turbellaria	n.a.
Insecten-larven	Insecten-larven	Insecten-larven		n.a.
Hydrachnellae	Watermijten	Watermijten (Hydrachnellae)	hydrachnellae	n.a.
Hydrachnellae-larven	Watermijt-larven	Watermijt-larven (Hydrachnellae-larven)	hydrachnellae-larven	n.a.

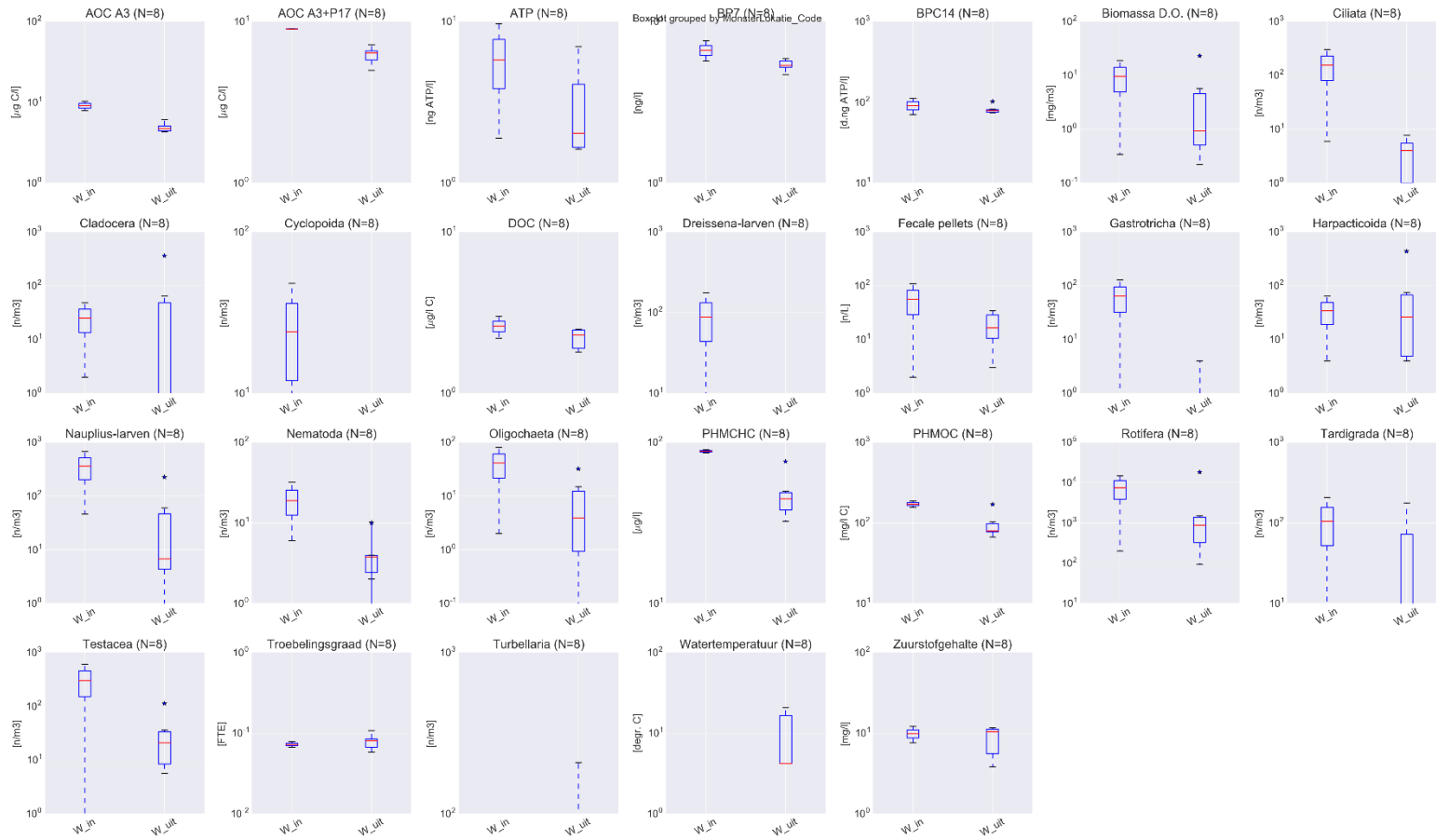
Isopoda	Waterpissebedden	Waterpissebedden (Isopoda)	n.a.	n.a.
Isopoda (delen)	Waterpissebedden	Waterpissebedden (Isopoda) (delen)	n.a.	n.a.
Isopoda (fecale resten)	Waterpissebedden	Waterpissebedden (Isopoda) (fecale resten)	n.a.	n.a.
Amphipoda	Watervlokreeften	Watervlokreeften (Amphipoda)	n.a.	n.a.
Dreissena-larven	Dreissena-larven	Dreissena-larven	dreissena-larven	n.a.
Eukaryota	Dierlijke organismen (totaal)	n.a.	dierlijke organismen, totaal	n.a.
AOC A3	AOC A3	AOC A3	AOC-NOX	AOC-NOX
AOC P17	AOC P17	n.a.	AOC-P17	AOC-P17
AOC A3+P17	AOC A3+P17	AOC A3+P17	n.a.	n.a.
AOC totaal	AOC totaal	n.a.	AOC totaal	AOC-totaal
BP7	BP7	BP7	n.a.	n.a.
BPC14	BPC14	BPC14	n.a.	n.a.
ATP	ATP	ATP	ATP	ATP (adenosinetrifosfaat)
DOC	DOC	DOC	DOC	n.a.
PHMOC	PHMOC	PHMOC	n.a.	n.a.
PHMCHC	PHMCHC	PHMCHC	n.a.	n.a.
Fecale pellets	Fecale pellets	Fecale pellets	copepoda, fecale pellets g.d. 30 microm	n.a.
Biomassa D.O.	Biomassa D.O.	Biomassa D.O.	n.a.	n.a.
Bacillariophyceae-pigment	bacillariophyceae-pigment	n.a.	bacillariophyceae-pigment	n.a.
Chlorophyceae-pigment	groenwier-pigment	n.a.	chlorophyceae-pigment	n.a.
Cryptophyceae-pigment	cryptophyceae-pigment	n.a.	cryptophyceae-pigment	n.a.
Cyanophyceae-pigment	blauwwier-pigment	n.a.	cyanophyceae-pigment	n.a.
std AOC A3	std AOC A3	stdev AOC A3	standaarddeviatie NOX	Standaarddeviatie NOX
std AOC P17	std AOC P17	stdev AOC A3+P17	standaarddeviatie P17	Standaarddeviatie P17
std BP7	std BP7	stdev BP7	n.a.	n.a.
std BPC14	std BPC14	stdev BPC14	n.a.	n.a.
Bacillariophyceae	Kiezelwieren	n.a.	bacillariophyceae	Kiezelalgen (Bacillariophyceae)
Chlorophyceae	Groenwieren	n.a.	chlorophyceae	Groenalgen (Chlorophyceae)
Chrysophyceae	Goudwieren	n.a.	chrysophyceae	Goudalgen (Chrysophyceae)
Cryptophyceae	Cryptomonaden	n.a.	cryptophyceae	Cryptomonaden (Cryptophyceae)

Cyanophyceae	Blauwwieren	n.a.	cyanophyceae	Cyanobacterien (Cyanophyceae)
Dinophyceae	Pansteralgen	n.a.	dinophyceae	Pantseralgen (Dinophyceae)
Euglenophyceae	Oogwieren	n.a.	euglenophyceae	Oogflagellaten (Euglenophyceae)
Fytoplankton (totaal)	Fytoplankton (totaal)	n.a.	fytoplankton, totaal	Fytoplankton, totaal
Xanthophyceae	Geel-groene algen	n.a.	xanthophyceae	Geelgroene-algen (Xanthophyceae)
Watertemperatuur	fysisch-chemische indicator	Watertemperatuur	temperatuur	Temperatuur
Troebelingsgraad	Troebelingsgraad	Troebelheid	troebelingsgraad	Troebelingsgraad
UV-extinctie bij 254 nm	UV-extinctie bij 254 nm	UV-extinctie bij 254 nm	uv-extinctie	n.a.
TOC	TOC	n.a.	n.a.	Totaal organisch koolstof (TOC)
pH	Zuurgraad	pH	zuurgraad	Zuurgraad
Zuurstofgehalte	Zuurstofgehalte	Zuurstofgehalte	zuurstof	Zuurstof, opgelost
Orthofosfaat	Orthofosfaat	n.a.	orthofosfaat	Orthofosfaat

Bijlage III Seizoenseffect Evides Berenplaat



FIGUUR III-1: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN) EN HET FILTRAAT (W_UIT) BIJ EVIDES BERENPLAAT GEDURENDE DE ZOMER.



FIGUUR III-2: BOX-AND-WHISKERDIAGRAM VAN GEMETEN PARAMETERS IN HET INGAANDE WATER (W_IN) EN HET FILTRAAT (W_UIT) BIJ EVIDES BERENPLAAT GEDURENDE DE WINTER.

Bijlage IV Workshop

Programma en presentatieslides

5.3 Programma

Het programma voor de workshop, gehouden op 30 oktober 2015, was als volgt samengesteld:

13.30-13.45	Intro, voorstelrondje
13.45-14.45	Presentaties bedrijven: <ul style="list-style-type: none">• <i>HWL, A. Knezev</i> Biologische processen en verwijdering van NOM in GACF• <i>Waternet, R. v.d. Aa</i> Zomers reactiveren om koloniegetal 22°C te verlagen?• <i>Evides, J. v. Mook</i> Dierlijke organismen in koolfilters. Relatie met biologische stabiliteit?
14.45-15.15	Presentatie data i.h.k.v. DPWE-onderzoek (KWR)
15.00-15.30	Pauze
15.30-16.30	Rondje onderzoeksvragen & discussie
16.30	Afsluiting

De presentaties van HWL, Waternet en Evides zijn in de navolgende paragrafen opgenomen. De presentatie van KWR is niet opgenomen omdat de resultaten in voorliggend rapport de resultaten in de presentatie voldoende representeren.

5.4 Presentaties

5.4.1 Biologische processen en verwijdering van NOM in GACF (HWL)



BIOLOGISCHE PROCESSEN EN VERWIJDERING VAN DOC IN GACF



Aleksandra Knezev
2 November 2015, Nieuwegein

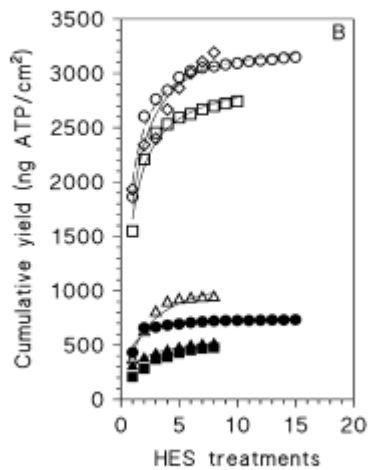


Inhoud

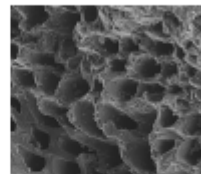
- Achtergrond
- Methoden
- Resultaten
- Conclusies
- Aanbevelingen



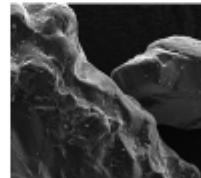
Effect GAC oppervlak op hechting



GAC
300 cm² cm⁻³
 Apolar
 Internal surface
500 m²cm⁻³



ZAND
30 cm² cm⁻³
 Inert
 Internal surface
0 m²cm⁻³



Biologische activiteit in biofilters

1	fg ATP cell ⁻¹
RSF	0.3
GACF	0.021

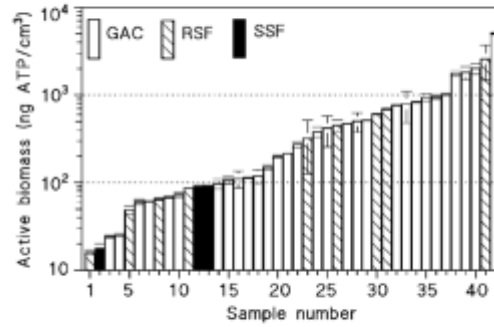


Fig. 4. Active-biomass concentrations in GAC, RSF and SSF samples from 9 water treatment plants in the Netherlands.



Dominante soorten

Betaproteobacteria

Polaromonas

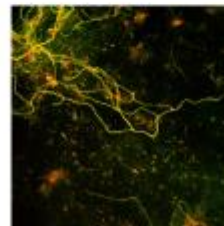
TRA3-20

Polaromonas

LMWC
Carboxilic acids
Aromatics
Ks ≈ 1 μg L⁻¹

Alphaproteobacteria

Rhizobiales

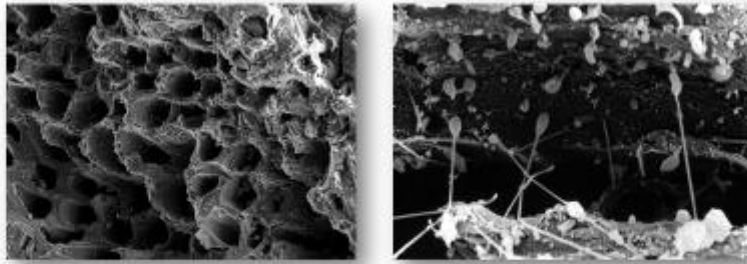


Biomass turnover
Nitrogen (HN₄⁺, NO₂⁻)
Amino acids



Onderzoeksvraag

Kwantitatieve relatie tussen microbiologische processen in actieve koolfilters (GACFs) en verwijdering van NOM.



Proefinstallatie

- Pilot filters: *Van der Aa et al. 2012. AQUA 61(3), 153-163*
 - 242 cm; 474 kg GAC
 - EBCT: 7, 23 40 min
 - 602 dagen



Parameter	Value*
Column diameter [m]	0.745
Bed height [m]	2.415
Carbon type [-]	GAC 800P
Total operational period [days]	602
Flow [m ³ h ⁻¹]	1.4
Surface load [m ³ h ⁻¹]	3.7
Empty bed contact time (EBCT, min)	40
Ozone dosage [g O ₃ m ⁻³]	1.5
Temp [°C]	3-24
pH [-]	7.4-7.9
DOC [g C m ⁻³]	4.4-4.8
Ultraviolet light (254 nm) absorbance E ₂₅₄ m ⁻¹	8-11
AOC [10 ⁻³ g acetate-C eq m ⁻³]	47-86 (66)
Nitrate [g m ⁻³]	<0.001 - 0.20 (0.01)
Phosphate [g m ⁻³]	0.01-0.09 (0.02)
ATP [ng L ⁻¹]	5-72 (25)



Methoden

- **Analyses:**

- DOC, UV, AOC, T_r, O₂ *Standard, HWL voorschriften*
- ATP op kool [GAC_{ATP}] *Magic-Krezev and van der Kooij 2004, Wat. Res.38:3971-3979*

- **Berekeningen**

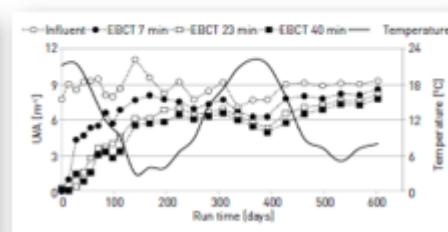
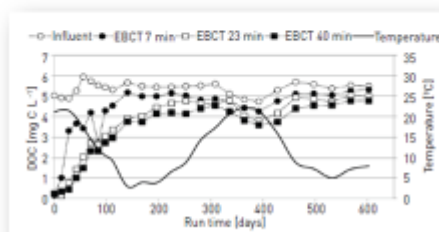
- Verwijdering $\Delta X = X_i - X_e$ (1)
- Specifieke verwijdering $X_{SR} = \Delta X \times Q \times (m_{GAC})^{-1}$
- Specifieke accumulatie $X_{CS}(t) = \sum_{i=0}^t X_{SR,i}(t)$

Met: X = component, I = influent, E = effluent, Q = debiet [$m^3 \text{ dag}^{-1}$], m_{GAC} = GAC massa



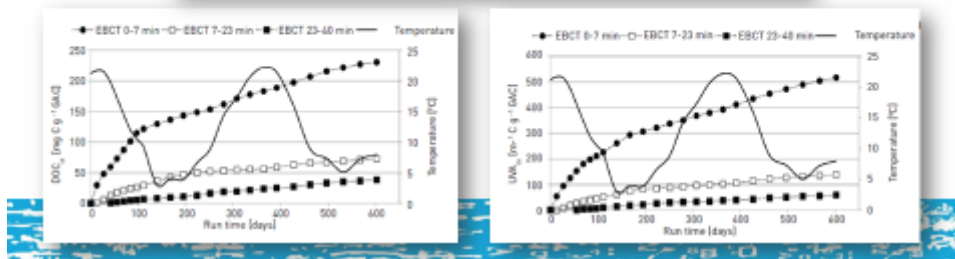
Verwijdering DOC en UVA

- Steady state na ca. 200 dagen voor EBCT₄₀:
 - DOC: $20 \pm 5 \%$
 - UV $26 \pm 6 \%$



Specifieke accumulatie (DOC_{RS})

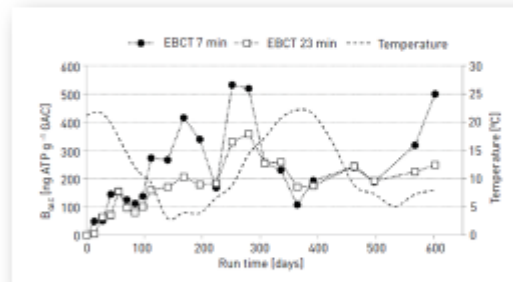
Phase	EBCT (min)*	DOC_{RS}	UVA_{RS}	O_{RS}
		($mg\ g^{-1}\ GAC\ d^{-1}$)	($lm^{-1}\ g^{-1}\ GAC\ d^{-1}$)	($mg\ g^{-1}\ GAC\ d^{-1}$)
I	0-7	1.10 ± 0.06	1.77 ± 0.15	0.37 ± 0.02
	7-23	0.29 ± 0.02	0.48 ± 0.02	0.30 ± 0.02
	23-40	0.06 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.25 ± 0.01
	0-40	0.34 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.29 ± 0.02
II	0-7	0.23 ± 0.004	0.53 ± 0.006	0.67 ± 0.02
	7-23	0.08 ± 0.005	0.15 ± 0.004	0.30 ± 0.02
	23-40	0.07 ± 0.001	0.09 ± 0.002	0.33 ± 0.02
	0-40	0.10 ± 0.002	0.19 ± 0.003	0.38 ± 0.02



Biomassa accumulatie (BAR)

ng ATP g GAC dag⁻¹
 EBCT₀₇ $1,6 \pm 0,3$
 EBCT₂₃ $1,1 \pm 0,3$

- $T > 15^{\circ}C$ daling ATP
- Specifieke groeisnelheid:
 $-0,016\ dag^{-1}$ (63 dagen)
 $-0,003\ dag^{-1}$ (333 dagen)

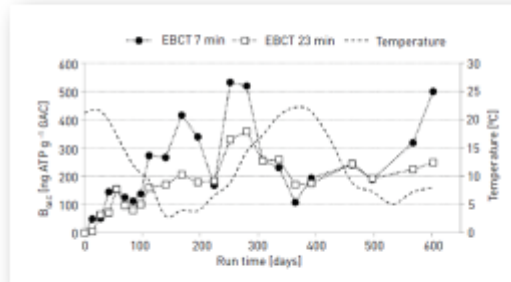


Biomassa accumulatie (BAR)

ng ATP g GAC dag⁻¹

EBCT ₀₇	1,6 ± 0,3
EBCT ₂₃	1,1 ± 0,3

- T > 15 ° C daling ATP
- Specifieke groeisnelheid:
 - 0,016 dag⁻¹ (63 dagen)
 - 0,003 dag⁻¹ (333 dagen)

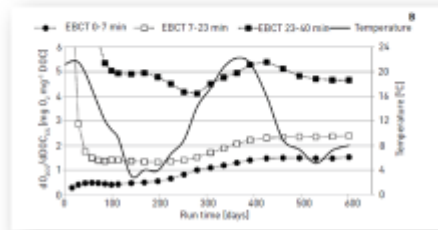
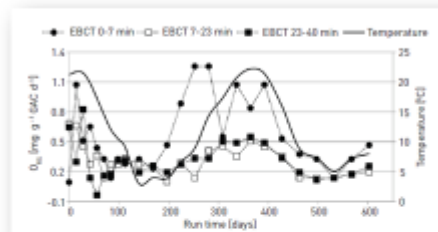


Zuurstof verbruik

Volledige oxidatie NOM
 C:H:O = 60:5:32
 2.8 mg O₂ mg⁻¹ DOC

EBCT₄₀ > 2.8 mg O₂ mg⁻¹ DOC

- Fysisch-Chemisch
 - Adsorptie/chemisorptie O₂
 - Polymerisatie phenolic NOM
- Biologisch
 - Activiteit hogere organismen
 - Omzetting adsorbed NOM
- Additionele C bronnen (POC)

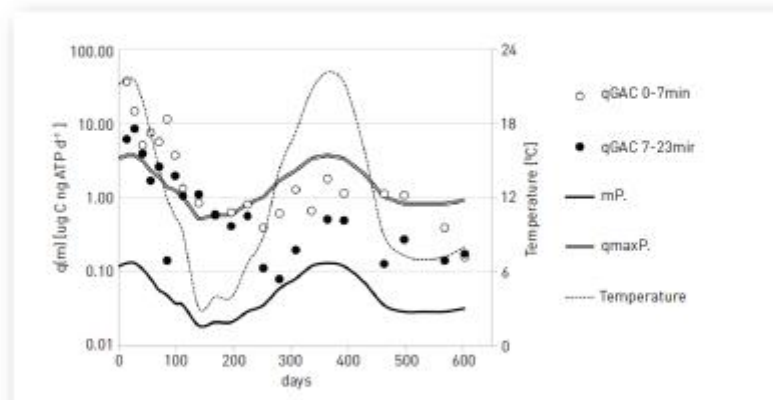


Polaromonas als model

- Schijnbare groeiopbrengst op GAC ($\text{BAR}/\text{DOC}_{\text{RS}}$)
 $q = 0.7 - 34 \text{ ng ATP mg}^{-1} \text{ DOC}$
- Groeiopbrengst *Polaromonas* Y_G *Magic-Knezy and van der Kooij, 2006*
 Acetaat: $1 \text{ ng ATP } \mu\text{g}^{-1} \text{ C}$
 Benzoate: $0.8 \text{ ng ATP } \mu\text{g}^{-1} \text{ C}$
- Zeer lage opbrengst op GAC (0.1 – 4 %) door:
 - Adsorptie van DOC
 - Gebruik van substraat voor handhaving
 - Predatie door protozoa



Polaromonas als model



Conclusies

- NOM verwijdering: Fase I + Fase II (ADS<->BDG)
- Lage groeisnelheid -> C gebruikt voor handhaving
- Rol hogere organismen bij $T > 15^{\circ} \text{C}$ zeer belangrijk
- Zuurstofverbruik niet gerelateerd aan geadsorbeerd DOC
- Dominante bacteriën hoge affiniteit voor LM-verbindingen
- Geadsorbeerd NOM beperkt beschikbaar voor bacteriën
- Ammonium en nitriet oxiderende bacteriën indicatie voor predatie – omzetting biomassa
- Sterke hechting, geometrie en lage specifieke gewicht GAC beperken effectiviteit van terugspoelen
- Biomassa accumulatie en predatie beïnvloeden biologisch stabiliteit effluent



Vervolgonderzoek

- Opties t.b.v. beperking biomassa omzetting in GACF
- Verzamel info over POC influent, effluent en spoelwater t.b.v. volledige massabalans
- NGS/metagenomcs tbv bevestiging van dominante soorten en metabole eigenschappen
- Verbetering effectiviteit terugspoeling
- Optimale keuze GAC t.o.v. poriegrote verdeling
- Juiste voor- en nabehandeling
- Rol TRA3-20 groep



5.4.2 Zomers reactiveren om koloniegetal 22°C te verlagen? (Waternet)



Zomers reactiveren om koloniegetal 22°C te verlagen?

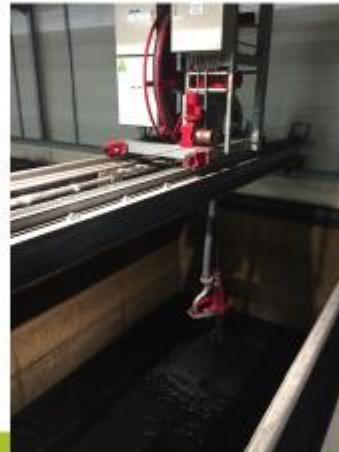
Workshop biologie in actieve koolfilters, Nieuwegein, 3 november 2015

René van der Aa

waternet

Biologische actieve koolfiltratie Leiduin

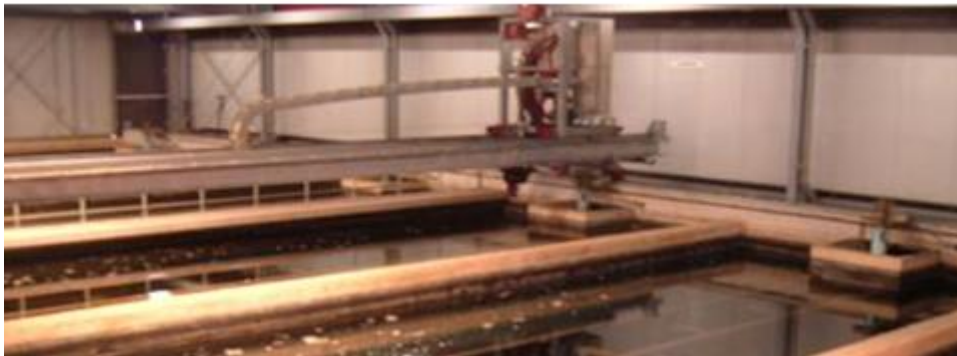
- 40 filters met 145 m³ ROW 0.8Supra
- Pseudo-moving bed:
 - 20 filters 1^e trap
 - 20 filters 2^e trap
- Standtijd: 2½ jaar
- Spoelfrequentie:
 - Regulier: 1x per 3 weken
 - Kieselwieren: tot 3x per week



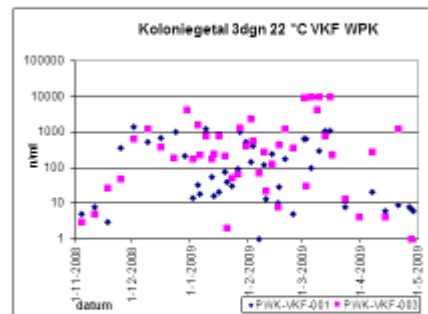
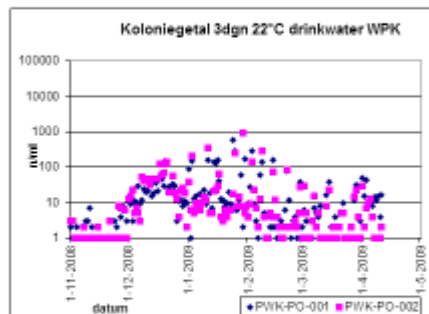
waternet

Biologische actieve koolfiltratie Weesperkarspel

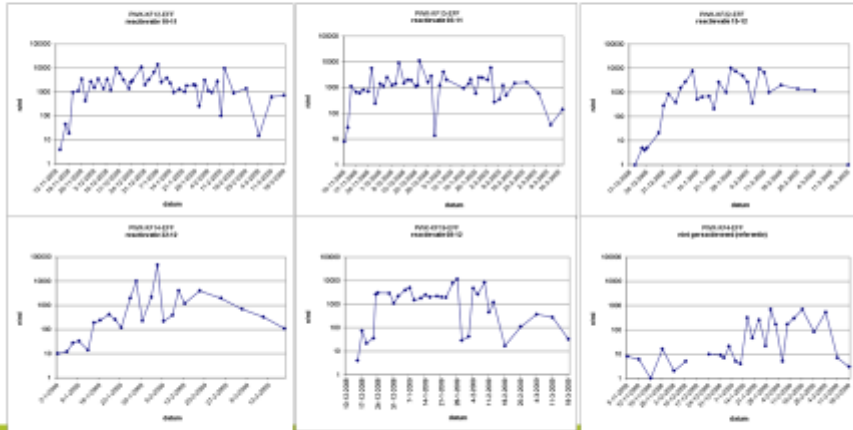
- 26 filters met 100 m³ GAC830P en F300
- Enkele koolfiltratietrap
- Standtijd 1½ jaar
- Spoelfrequentie:
 - Regulier: 1x per 3 weken
 - Algenbloei: tot 3x per week



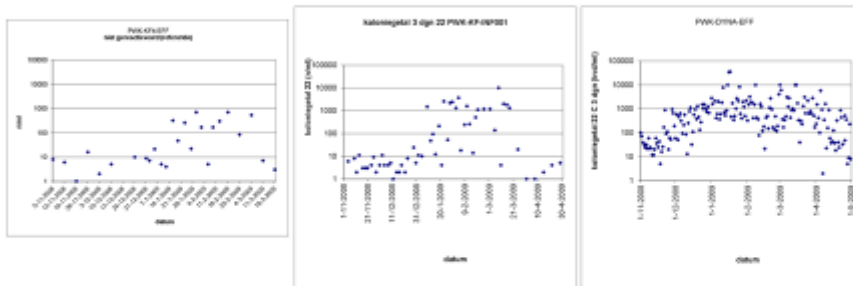
's Winters doorslag van koloniegetal 22°C na reactivatie koolfilters



's Winters doorslag van koloniegetal 22°C na reactivatie koolfilters



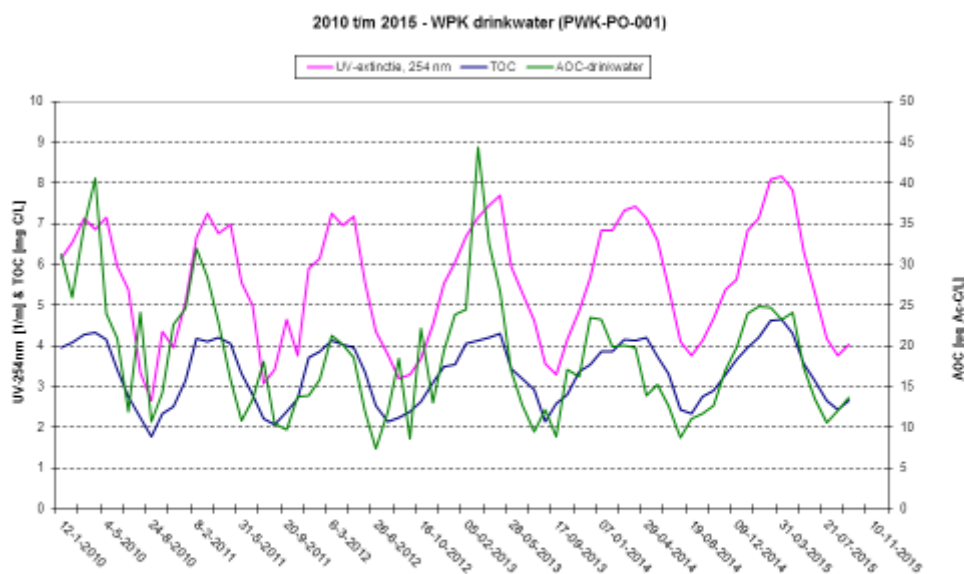
's Winters doorslag van koloniegetal 22°C na reactivatie koolfilters



Vanaf 2009 reactivatie in het voorjaar en zomer

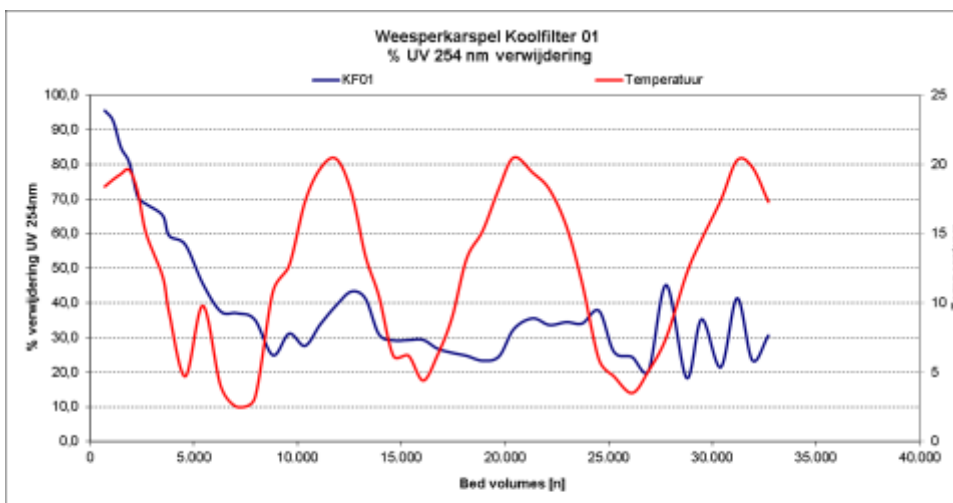
- ⇒ Kortere inlooperperiode t.a.v. KG22
 - ⇒ gemiddeld minder KG22 in effluent koolfilters
- ⇒ Dip aan organische stof in de zomer (en een bult in de winter)
 - ⇒ (waarschijnlijk) minder problemen met Aeromonas in het distributienet in de zomer

water@net



Vanaf 30 maart t/m 22 april, 19 mei t/m 7 juni en 19 juni t/m 30 juni werkzaamheden aan koolfilter noord (KF1-KF12), ½ buiten dienst

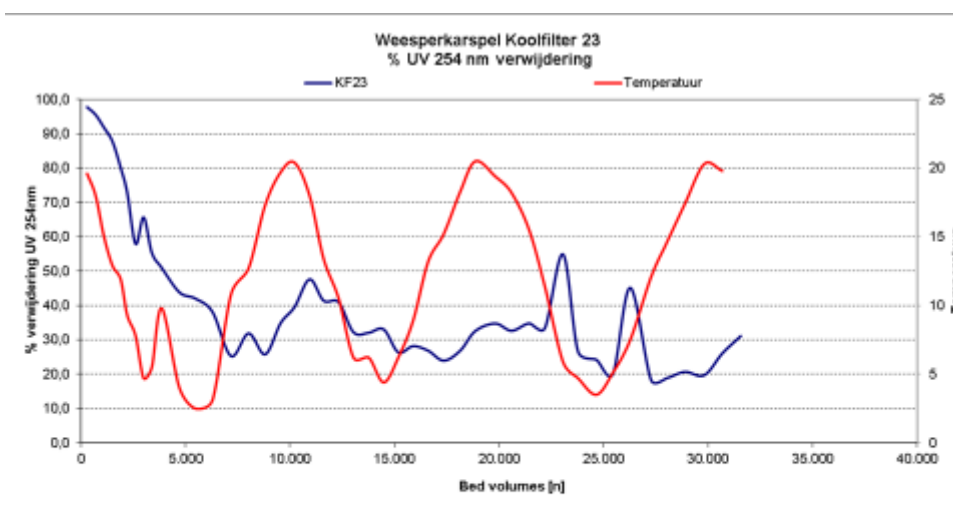
water@net



In gebruik 30-06-2012 en per december 2012 > 5.000 Bed volumes

Vanaf 30 maart t/m 22 april, 19 mei t/m 7 juni en 19 juni t/m 30 juni werkzaamheden aan koolfilter noord (KF1-KF12), ½ buiten dienst

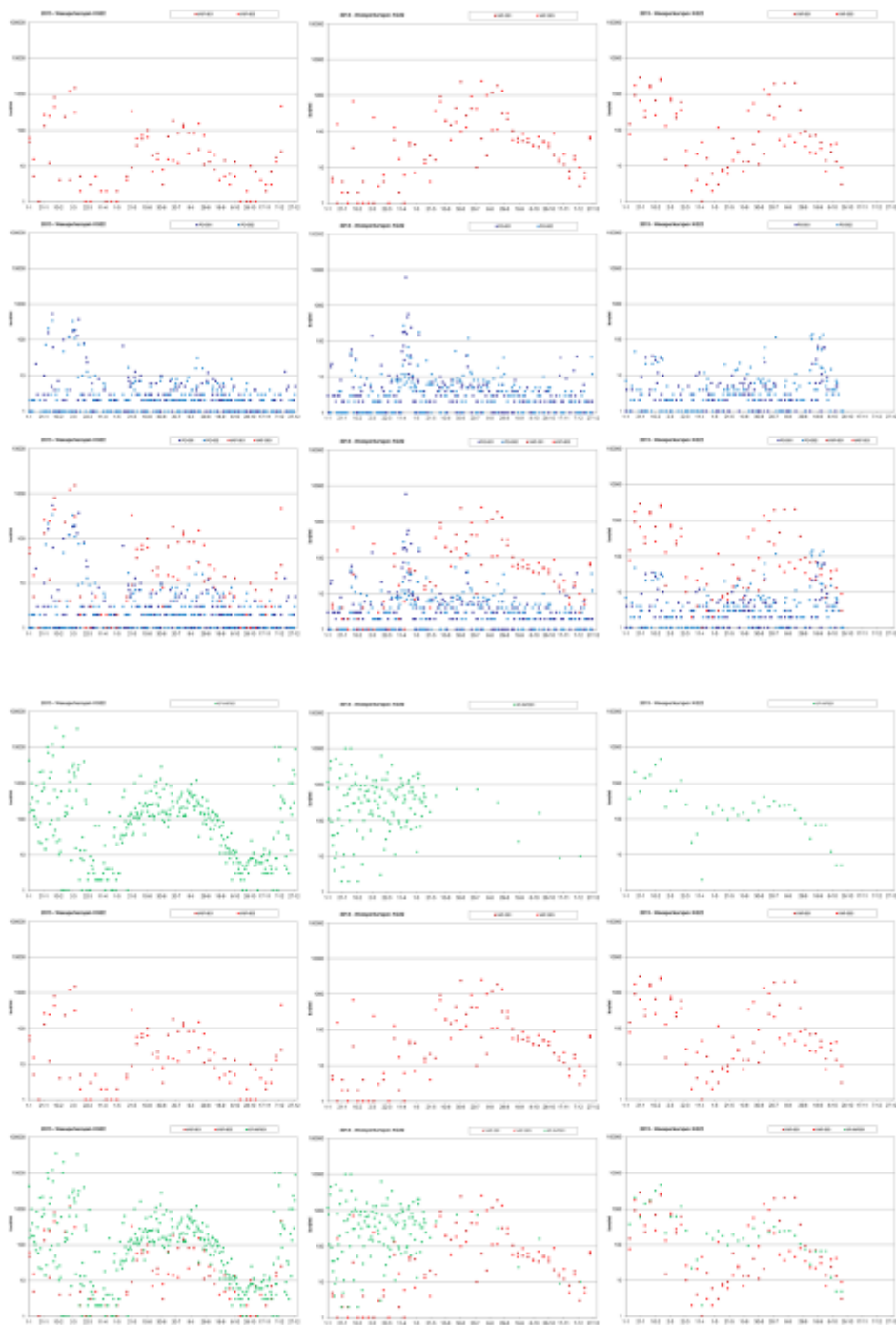
waternet



In gebruik 25-08-2012 en per februari 2013 > 5.000 Bed volumes

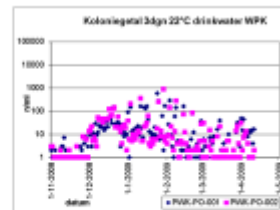
Vanaf 30 maart t/m 22 april, 19 mei t/m 7 juni en 19 juni t/m 30 juni werkzaamheden aan koolfilter noord (KF1-KF12), ½ buiten dienst

waternet



En, werkt het?

- KG22°C lager? Effect zomers reacteriveren?
Effect minder reacteriveren?
 - In de zomer minder organische stof in het drinkwater:
Aeromonas lager? Onderbuik zegt van wel.
- ⇒ Metingen KG22 en Aeromonas beter vergelijken.



water@net

5.4.3 Dierlijke organismen in koolfilters. Relatie met biologische stabiliteit?



Dierlijke organismen in koolfilters

Relatie met biologische stabiliteit?

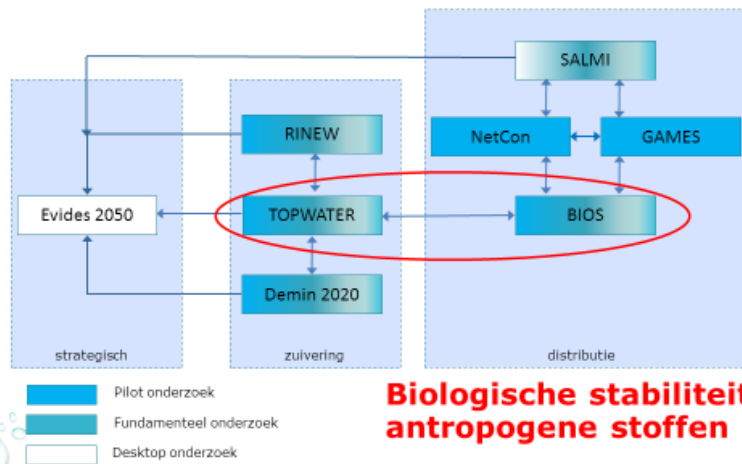


Inhoud

- H2020-onderzoeksprogramma Evides
- Overzicht productielocaties
- Uitleg standtijdonderzoek
- Resultaten
- Conclusies en vervolg onderzoeksvragen



H2020-onderzoeksprogramma



Overzicht productielocaties Evides



- 3 typen ruwwater
- 6 locaties met actiefkool
- totaal ca. 8500 m³ kool
- Berenplaat en Braakman
- actiefkool eindstandig



3 februari 2016

4

Standtijdonderzoek (BioS <-> TOPWATER)



Standtijdonderzoek

Wat is de invloed van de standtijd van de actiefkool op de biologische stabiliteit en waterkwaliteit van het koolfiltraat bij een lage en hoge watertemperatuur op productielocaties Berenplaat en Braakman?

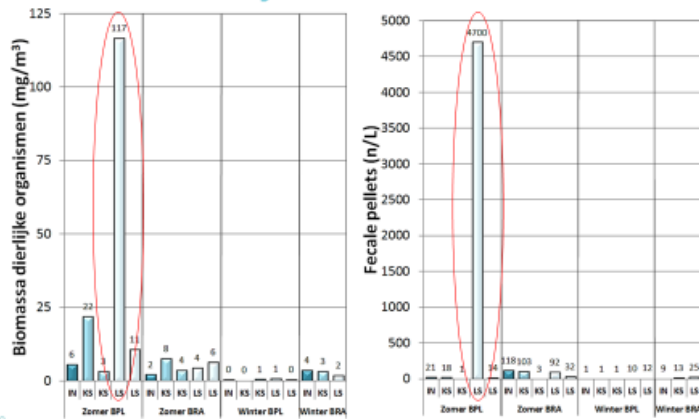
- Berenplaat en Braakman
- zomer en winter
- influent AKF, 2x korte standtijd, 2x lange standtijd
- nieuwe meetmethoden KWR (o.a. BPP, AOC-A3, PHMOC)
- waterkwaliteitsparameters (o.a. DOC, **dierlijke organismen**)



3 februari 2016

5

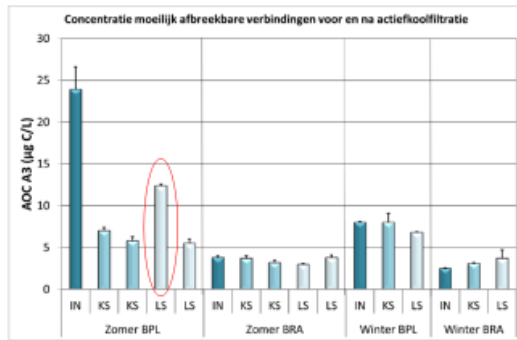
Resultaten standtijdonderzoek



Resultaten standtijdonderzoek



- Voorbeeld: **AOC-A3** (maat voor moeilijk afbrekbare verbindingen → biopolymeren)

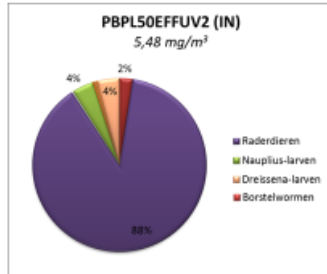


Rol dierlijke organismen en fecale pellets in actiefkoolfilterproces in de concentratie groeibevorderende stoffen (nagroei)?

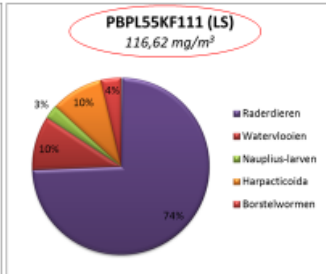
Samenstelling dierlijke organismen zomer Berenplaat



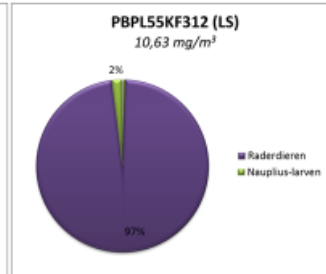
• Influent



LS koelfilter 111



LS koelfilter 312



- Grote biomassaverschillen tussen influent en effluent en tussen beide effluënten
- Raderdieren hoogste biomassa



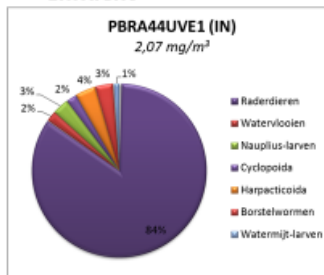
3 februari 2016

8

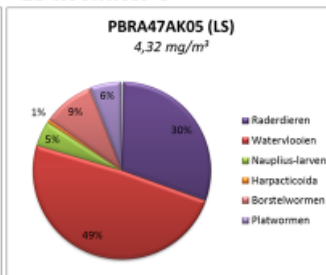
Samenstelling dierlijke organismen zomer Braakman



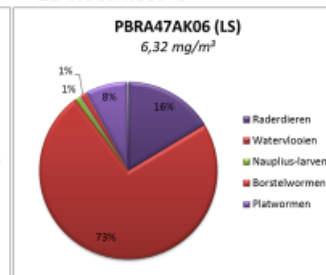
Influent



LS koelfilter 5



LS koelfilter 6



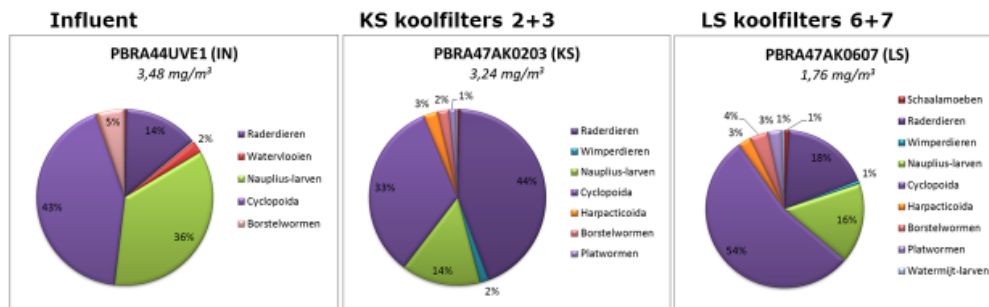
- Weinig verschil in biomassa
- Grote verschillen in samenstelling tussen influent en effluent
 - In: raderdieren; uit waterflooiën



3 februari 2016

9

Samenstelling dierlijke organismen winter Braakman



- Samenstelling winter anders dan in de zomer
- Weinig verschil in samenstelling en biomassa tussen influent en effluenten
- Voornaamste groepen: cyclopoida, nauplius-larven, raderdieren



3 februari 2016

10

Conclusies en onderzoeksvragen



- Ene koolfilter is het andere niet qua functioneren
 - Groeibevorderende stoffen
 - Dierlijke organismen (biomassa en samenstelling)
 - Fecale pellets

Onderzoeksvragen Evides:

- Welke rol (+/-) spelen dierlijke organismen en fecale pellets in de nagroeiproblematiek?
 - Bijdrage beide componenten aan groeibevorderende stoffen gemeten met AOC-A3, BPC₁₄ en PHMOC?
 - Hoe groot is de spreiding tussen individuele koolfilters?
 - Afhankelijk van de rol, willen we van de dierlijke organismen en fecale pellets af of juist niet en op welke manier(en) is dit mogelijk bij GAC?

Voorstel Evides:

- Andere in steek DPWE-GAC-project



3 februari 2016

11