

Verwijdering van bestrijdingsmiddelen met een integraal zuiveringssysteem

1. Inleiding

In de integrale zuiveringssystemen van Gemeentewaterleidingen Amsterdam speelt biologisch actieve koolfiltratie (BAKF) een belangrijke rol. BAKF is een proces dat wordt toegepast voor de verwijdering van organische stoffen, waaronder bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen [1]. BAKF berust op een ozonisatie (met een relatief lage ozon dosis van 0,8-1,0 mg/l) gevolgd door een actieve koolfiltratie met een schijnbare contacttijd van circa 40 minuten. Door de ozonisatie

leidingen Amsterdam (afb. 1), alsook in een zuiveringsscenario dat onderzocht wordt als één van de mogelijke uitbreidingen van de productiecapaciteit van Gemeentewaterleidingen Amsterdam (afb. 2). In de huidige zuiveringsbedrijven heeft BAKF specifiek de functie om organische stoffen te verwijderen, waaronder humuszuren, gehalogeneerde koolwaterstoffen, bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen. Daarnaast heeft de ozonisatie, voorafgaand aan de koolfiltratie, een desinfectiefunctie. In het



J. P. VAN DER HOEK
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam



E. F. BEERENDONK
Kiwa N.V. Onderzoek en Advies



P. A. C. BONNÉ
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam



R. HOPMAN
Kiwa N.V. Onderzoek en Advies

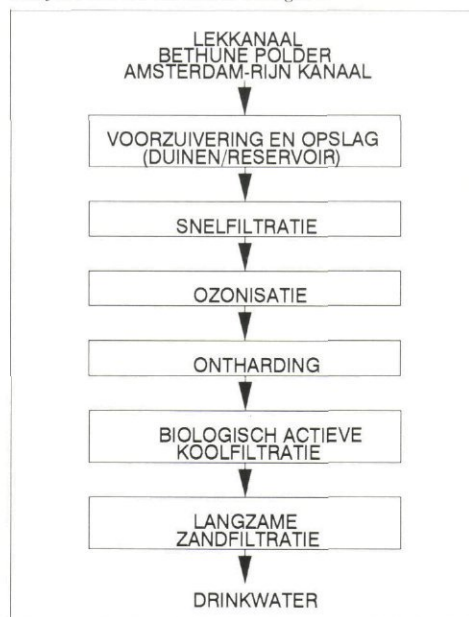
wordt gemakkelijk afbreekbare organische stof (AOC) gevormd, waardoor de biologische activiteit in de koolfilters wordt gestimuleerd. Hierdoor treedt in de koolfilters niet alleen adsorptie, maar vooral ook biodegradatie van organisch materiaal op. Dit resulteert in een aanzienlijke verlenging van de looptijd van de koolfilters. Een eerste aanzet tot een beschrijving van het BAKF-mechanisme is gegeven in [2]. BAKF wordt toegepast in de huidige zuiveringsbedrijven van Gemeentewater-

uitbreidingsscenario is BAKF een onderdeel van de voorzuivering van de hyperfiltratie. Met de voorzuivering wordt getracht de biologische en organische vervuiling van de hyperfiltratie-membranen te voorkomen (lage AOC, DOC en MFT). Met een op die manier nagestreefde minimale reinigingsfrequentie wordt een elegante bedrijfsvoering en een maximale levensduur van de membranen beoogd. Ook in het buitenland wordt de combinatie van ozonisatie en (biologisch) actieve

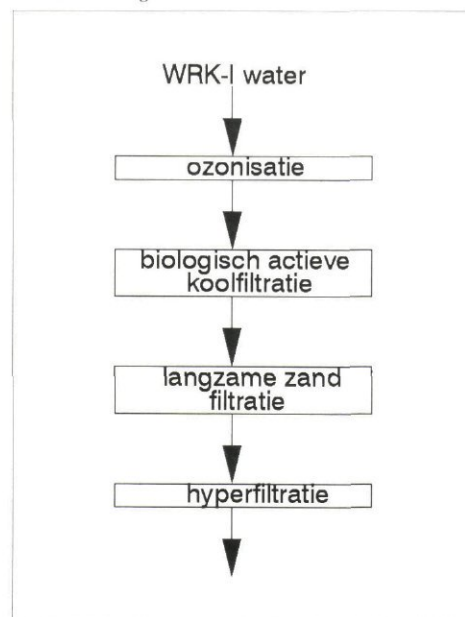
Samenvatting

Door onderzoek met behulp van één proefinstallatie is nagegaan in hoeverre twee verschillende zuiveringsscenario's, waarin biologisch actieve koolfiltratie een belangrijke rol speelt, een betrouwbare en robuuste barrière vormen voor bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen. Eén scenario betreft de bestaande zuiveringen van Gemeentewaterleidingen Amsterdam, waarin oppervlaktewater, na voorbehandeling en opslag, wordt gezuiverd tot drinkwater met de processtappen snelfiltratie – ozonisatie – ontharding – koolfiltratie – langzame zandfiltratie. Het andere scenario betreft een mogelijk toekomstige capaciteitsuitbreiding, waarin voorgezuiverd Rijnwater (WRK-I water) zonder opslag of buffering in de duinen direct wordt gezuiverd met de processtappen ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie. Uit proefinstallatie-onderzoek blijkt de combinatie ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie de gedoseerde bestrijdingsmiddelen in concentratieniveaus van 5 µg/l, en zelfs in concentratieniveaus van 20-50 µg/l, te reduceren tot 0,1 µg/l of lager. In alle beschreven gevallen is de biologisch actieve koolfiltratie (ozonisatie-koolfiltratie) alléén al genoeg om dit niveau, na langdurige piekbelastingen van 5 µg/l gedurende 28 dagen, te bereiken. Hyperfiltratie als laatste zuiveringsstap resulteert onder alle doorgemeten omstandigheden (tot concentratieniveaus van 50 µg/l) in concentraties lager dan 0,1 µg/l. Gerelateerd aan de in de praktijk in het Rijnwater optredende concentraties aan bestrijdingsmiddelen (< 1 µg/l) kan geconcludeerd worden dat beide integrale zuiveringssystemen een zeer betrouwbare en robuuste barrière vormen voor bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen.

Afb. 1 - Processchema's van de drinkwaterproductiebedrijven van Gemeentewaterleidingen Amsterdam.



Afb. 2 - Processchema van het uitbreidingsscenario 'Directe zuivering van WRK-I water'.



koolfiltratie toegepast [3, 4, 5].

In proefinstallatie-onderzoek is nagegaan in hoeverre de combinatie ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie, en de combinatie ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie, in staat is verhoogde concentraties en extreme piekbelastingen van bestrijdingsmiddelen te verwijderen, om:

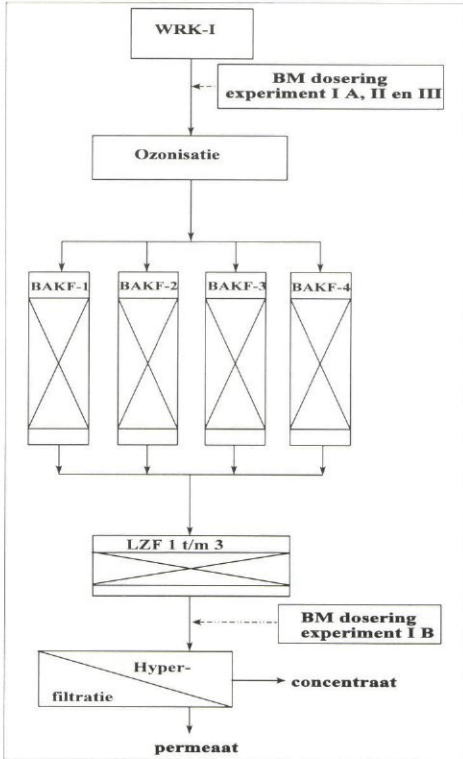
– voor de huidige productiebedrijven de betrouwbaarheid voor bestrijdingsmiddelen onomstotelijk vast te stellen, óók onder extreme omstandigheden;

– voor het uitbreidingsscenario de robuustheid vast te stellen. Dit is destemeer van belang, omdat in dit scenario geen voorraadvorming aanwezig is, en derhalve ook geen mogelijkheid voor selectieve inname. Eventuele calamiteiten met betrekking tot piekconcentraties aan bestrijdingsmiddelen moeten dus direct door de zuivering kunnen worden opgevangen. Het onderzoek is, in een samenwerkingsverband van Gemeentewaterleidingen Amsterdam en Kiwa Onderzoek en Advies, uitgevoerd in het kader van het aandachtsveld 'Integrale zuivering' van het VEWIN-Onderzoekprogramma. Het onderzoek loopt parallel aan en in aanvulling op het 'INKA'-project 'Removal of pesticides through ozonation, biological carbon filtration and reverse osmosis', een door IHE Delft, Norit, Kiwa en Gemeentewaterleidingen Amsterdam uitgevoerd en mede door SENTER gefinancierd onderzoek [6]. In dit artikel zullen de belangrijkste onderzoekresultaten worden gepresenteerd, uitvoerige rapportage is al verricht [7, 8].

2. Experimentele opzet

De installatie waarmee de proeven zijn uitgevoerd is weergegeven in afbeelding 3. De opeenvolgende processtappen betroffen ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie. De belangrijkste procescondities zijn samengevat in tabel I. In totaal zijn drie doseerexperimenten met bestrijdingsmiddelen uitgevoerd:

Afb. 3 - Processchema van de proefinstallatie.



TABEL I – Procescondities van de proefinstallatie.

<i>Ozonisatie</i>	
ozondosis	0,8 mg/l
contacttijd	3 x 10-11 min
<i>Koolfiltratie</i>	
bedhoogte	2,5 m
contacttijd	60-70 min
kooltype	Norit ROW Supra 0.8
start koolfilter 1	05-7-1992
start koolfilter 2	13-8-1992
start koolfilter 3	28-5-1993
start koolfilter 4	09-3-1994
<i>Langzame zandfiltratie</i>	
beddikte	1,0-1,2 m
zandfractie	0,25-0,84 mm
filtratiesnelheid filter 1	0,38 m/uur
filtratiesnelheid filter 2	0,06-0,23 m/uur
filtratiesnelheid filter 3	0,06-0,23 m/uur
<i>Hyperfiltratie</i>	
configuratie	3-traps (4-2-1 schakeling)
membranen	Toray SU710L
recovery	80-90%

I. In juni/juli 1994 is gedurende een periode van circa één maand continu een cocktail van bestrijdingsmiddelen gedoseerd, zowel geheel vooraan de proceslijn (experiment IA), alsook direct vóór de hyperfiltratie (experiment IB). Elk bestrijdingsmiddel werd gedoseerd in een concentratieniveau van circa 5 µg/l. In de doseerperiode zijn twee monsternemingen verricht.

II. In november 1994 is vooraan de proceslijn gedurende één etmaal een cocktail van bestrijdingsmiddelen gedoseerd, elk bestrijdingsmiddel in een concentratieniveau van circa 25 µg/l. Nadat de dosering 24 uur had gelopen zijn monsternemingen verricht over de installatie. Na de monsterneming is de dosering stopgezet.

III. In mei 1995 is opnieuw vooraan de proceslijn een cocktail van bestrijdingsmiddelen gedoseerd, weer in een zeer hoog concentratieniveau (20-50 µg/l). De dosering werd nu echter drie etmalen volgehouden alvorens de monsterneming uit te voeren. Na de monsterneming werd de dosering beëindigd, en is het desorptiegedrag van de koolfilters onderzocht door aanvullende monsternemingen gedurende de volgende twee weken. Twee koolfilters (koolfilter 1,

looptijd 150 weken; koolfilter 4, looptijd 63 weken) zijn ook bemonsterd over de hoogte. Een overzicht van de in elk experiment gebruikte stoffen is weer-gegeven in tabel II.

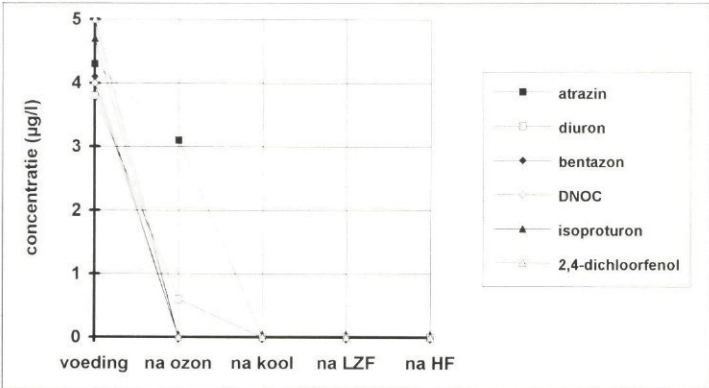
TABEL II – Doseerexperimenten bestrijdingsmiddelen.

stof	experiment en dosis (µg/l)			
	IA	IB	II	III
<i>Mix 1:</i>				
bentazon	4,1	5,1-5,7	28	22
diuron	3,8-4,2	5,2-5,8	25	22
DNOC	4,0	5,4-6,6	24	-
simazin	-	-	22	-
atrazin	4,2-4,3	5,7-6,3	-	20
<i>Mix 2:</i>				
pirimicarb	-	-	29	54
metamitron	-	-	26	45
metribuzin	-	-	26	25
metaxyl	-	-	27	-
MCPA	-	-	35	24
MCPP	-	-	30	55
vinchlozolin	-	-	23	19
<i>Overig:</i>				
isoproturon	3,8-4,7	6,0-6,4	-	22
trichloorazijnzuur	-	-	-	19
glyfosaat	-	-	42	22
AMPA	-	-	0,63	0,42
2,4-dichloorfenol	5,0-4,1	5,4-6,3	-	-
<i>Duur van de dosering (dagen):</i>	28	28	1	3

3. Resultaten en discussie doseer-experiment IA/IB: niveau 5 µg/l

De resultaten met betrekking tot de verwijdering van bestrijdingsmiddelen over alle opeenvolgende processtappen (experiment IA) zijn weergegeven in afbeelding 4. De twee uitgevoerde monsternemingen d.d. 28 juni 1994 en 12 juli 1994 (respectievelijk 12 dagen en 26 dagen na start van de dosering) leverden hetzelfde beeld op: ozonisatie heeft slechts een beperkt effect op atrazin (concentratiedaling circa 28%), na de koolfiltratie zijn alle gedoseerde verbindingen verwijderd tot onder de analysegrens. De resultaten van de verwijdering van bestrijdingsmiddelen door alléén hyperfiltratie (experiment IB) zijn samengevat in tabel III. Ook hier leverden de twee

Afb. 4 - Verwijdering van bestrijdingsmiddelen over de opeenvolgende processtappen in experiment IA (monsterneming d.d. 28 juni 1994).



TABEL III – Resultaten doseerexperiment IB: dosering bestrijdingsmiddelen vóór de hyperfiltratie (monsterneming d.d. 28 juni 1994).

verbinding	voeding (µg/l)	permeaat (µg/l)	concentraat (µg/l)	retentie (%)	balans (%)
atrazin	5,7	0,06	60,0	99	106
diuron	5,2	0,7	43,0	87	95
bentazon	5,1	<0,04	47,0	>99	93
DNOC	5,4	0,14	50,0	97	95
isoproturon	6,0	0,2	54,9	97	95
2,4-dichloorfenol	6,3	3,0	25,0	52	83

TABEL IV – Maximaal toelaatbare concentratie in de voeding van de hyperfiltratie, waarbij de permeaatconcentratie kleiner is dan 0,1 µg/l.

verbinding	gemeten retentie (%)	toelaatbare concentratie in voeding (µg/l)
atrazin	99	10
diuron	87	0,8
bentazon	> 99	5-6 ¹⁾
DNOC	97	3,3
isoproturon	97	3,3
2,4-dichloorfenol	52	0,2

¹⁾ concentratieniveau in experiment IB waarbij permeaatconcentratie < analysegrens (0,04 µg/l).

monsternemingen eenzelfde resultaat op. Op basis van de in experiment IB gemeten retenties van de hyperfiltratie-installatie is in tabel IV berekend, welke concentraties in de voeding van de hyperfiltratie-installatie nog aanwezig mogen zijn zonder een concentratieniveau van 0,1 µg/l in het permeaat, per afzonderlijke component, te overschrijden (0,1 µg/l is de wettelijke drinkwaternorm voor bestrijdingsmiddelen). Daaruit blijkt, dat ozon-koolfiltratie vóór de hyperfiltratie noodzakelijk is om hoge

concentraties aan bestrijdingsmiddelen op te vangen: met alleen hyperfiltratie kan voor een aantal bestrijdingsmiddelen de norm van 0,1 µg/l al worden overschreden bij een relatief laag concentratieniveau in de voeding van circa 1-3 µg/l (diuron, DNOC, isoproturon). Voor de organische microverontreiniging 2,4-dichloorfenol zal de norm van 0,1 µg/l al overschreden worden bij een voedingsconcentratie van 0,2 µg/l. Mede om deze reden zijn de experimenten

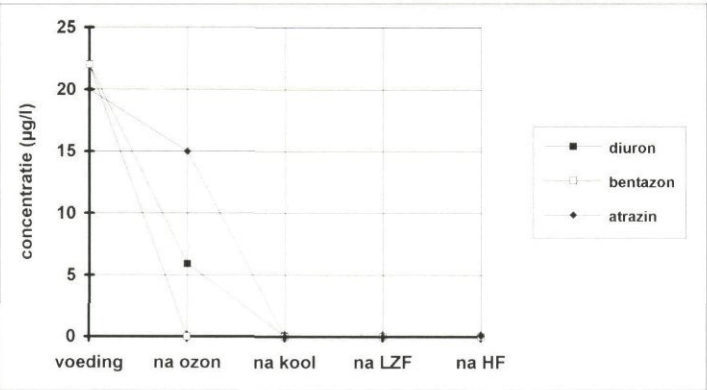
met de extreem hoge piekbelastingen (experimenten II en III, niveau 20-50 µg/l) alléén uitgevoerd met doseringen vooraan de totale proceslijn.

4. Resultaten en discussie doseer-experimenten II en III: niveau 20-50 µg/l

De meest uitgebreide experimenten met piekdoseringen hebben plaatsgevonden in mei 1995 (experiment III). Naast verwijdering van bestrijdingsmiddelen tijdens de dosering, is er in dit experiment ook specifiek gekeken naar mogelijk desorptiegedrag van de koolfilters. De bespreking van de resultaten richt zich daarom op experiment III, mede gezien het feit dat de koolfilters ten tijde van experiment III de langste looptijd hadden (respectievelijk 150, 145, 104 en 63 weken voor koolfilters 1, 2, 3 en 4).

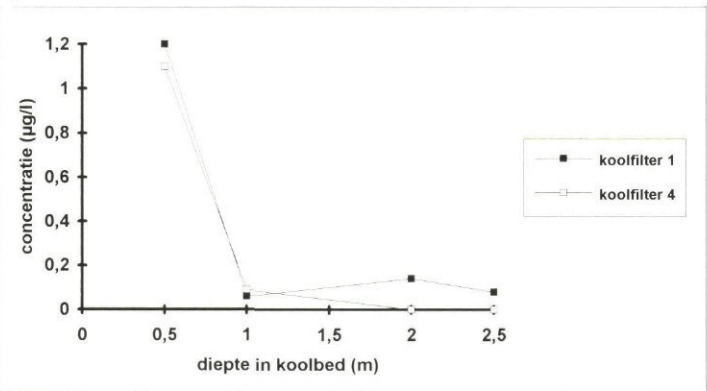
4.1 Gedrag ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie bij mix 1
In afbeelding 5 is het verloop van de concentraties van de bestrijdingsmiddelen van mix 1 over de opeenvolgende processtappen weergegeven. Bentazon wordt volledig omgezet door de ozonisatie. Na koolfiltratie is het niveau van atrazin gereduceerd tot lager dan 0,1 µg/l, en dat van diuron tot lager dan de analysegrens. Slechts bij atrazin is enigszins sprake van een doorslagprofiel over de hoogte van de koolfilters, zoals weergegeven in afbeelding 6.

4.2 Gedrag ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie bij mix 2
Het verloop van de concentraties van de bestrijdingsmiddelen van mix 2 is weergegeven in afbeelding 7. Door ozonisatie worden de verbindingen al volledig of voor een aanzienlijk deel omgezet. In de koolfilters vindt daarna een verdere verwijdering plaats. Slechts MCPA wordt in het gemengd koolfilteraant en langzame zandfilteraant aangetoond boven de analysegrens (namelijk 0,14 µg/l resp. 0,13 µg/l). Door

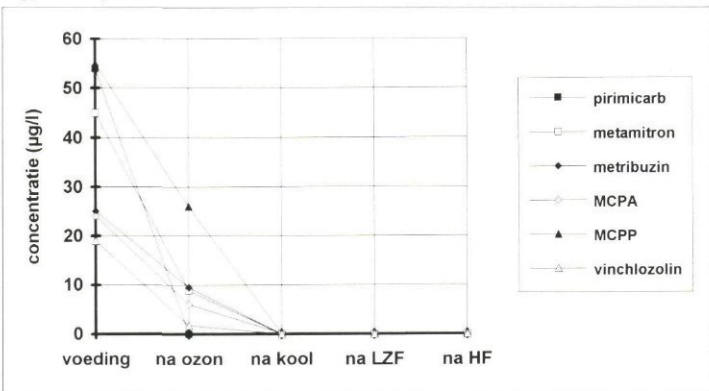


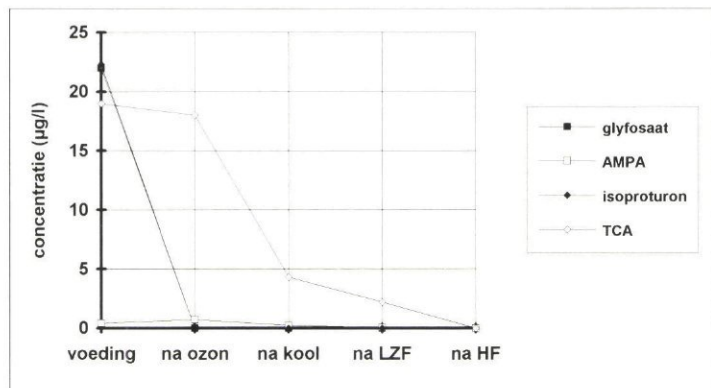
Afb. 5 - Verwijdering van bestrijdingsmiddelen 'mix 1' over de opeenvolgende processtappen in experiment III.

Afb. 6 - Verloop van de atrazin concentratie in koolfilter 1 en koolfilter 4 in experiment III.

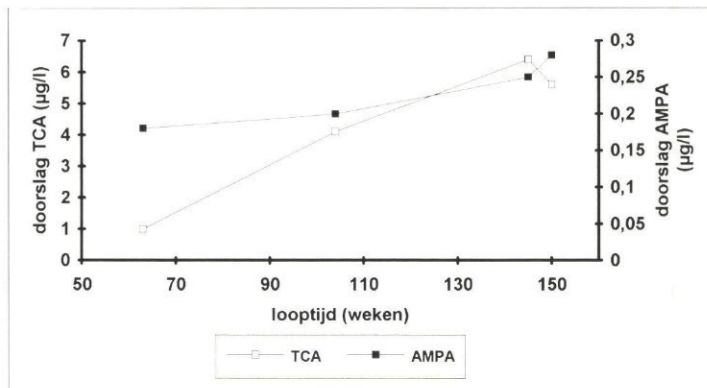


Afb. 7 - Verwijdering van bestrijdingsmiddelen 'mix 2' over de opeenvolgende processtappen in experiment III.





Afb. 8 - Verloop van isoproturon, glyfosaat/AMPA en TCA over de opeenvolgende processtappen in experiment III.



Afb. 9 - Doorslag van TCA en AMPA als functie van de looptijd van de koolfilters.

de daarna volgende hyperfiltratie wordt de MCPA-concentratie echter ook gereduceerd tot onder de analysegrens.

4.3 Gedrag ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie bij isoproturon, glyfosaat/AMPA en TCA

Het verloop van de concentraties van isoproturon, glyfosaat/AMPA (amino-methylfosfonzuur) en TCA (trichloorazijn-zuur) is weergegeven in afbeelding 8. Isoproturon wordt door de ozon-koolfiltratie volledig verwijderd: na 0,5 m koolbed is zowel in koolfilter 1 als in koolfilter 4 geen isoproturon meer aantoonbaar. TCA wordt ten opzichte van de andere gedoseerde verbindingen minder vergaand verwijderd door de ozon-koolfiltratie. TCA wordt gekenmerkt door een geringe biodegradabiliteit en is een zeer polaire stof [9], die daarom minder goed aan kool adsorbeert. De ozonisatie voorafgaand aan de koolfiltratie heeft slechts een zeer gering effect op de TCA-concentratie (daling van 19 naar 18 µg/l). Glyfosaat wordt door de ozonisatie wel volledig omgezet, deels in de metabool AMPA (stijging van 0,42 naar 0,73 µg/l). Daarna wordt AMPA door de koolfilters in beperkte mate verwijderd. Interessant is dat de doorslag door de koolfilters van TCA (en in mindere mate ook AMPA) gerelateerd is aan de looptijd van de koolfilters, zoals weergegeven in afbeelding 9. Hoewel dus duidelijk TCA-doorslag optreedt, is er onder deze extreme piekbelasting nog altijd sprake van een verwijdering variërend van 66% (koolfilter 2) tot 95% (koolfilter 4) door de ozon-koolfiltratie.

De langzame zandfiltratie na de koolfiltratie blijkt TCA en AMPA nog aanzienlijk te reduceren: de TCA-concentratie daalt van 4,3 µg/l in het gemengd koolfiltraat naar 2,2 µg/l in het langzame zandfiltraat. Voor AMPA zijn deze concentraties respectievelijk 0,22 µg/l en 0,05 µg/l, waarbij mogelijk sprake kan zijn van adsorptie van AMPA aan het filterzand

[10]. Na de hyperfiltratie zijn beide stoffen niet meer aangetoond.

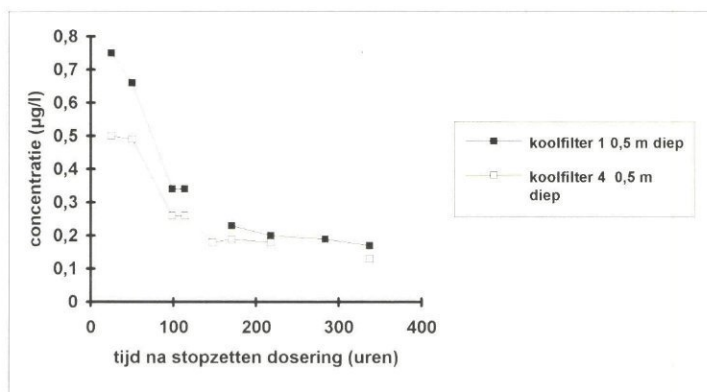
4.4 Desorptiegedrag

Na het beëindigen van de bestrijdings-middelendosering is in experiment III gedurende veertien dagen het desorptiegedrag van de bestrijdingsmiddelen in de koolfilters onderzocht. Stoffen die werden aangetoond in de koolfilters zelf, of in het koolfiltraat, waren MCPA, MCPP, atrazin en TCA.

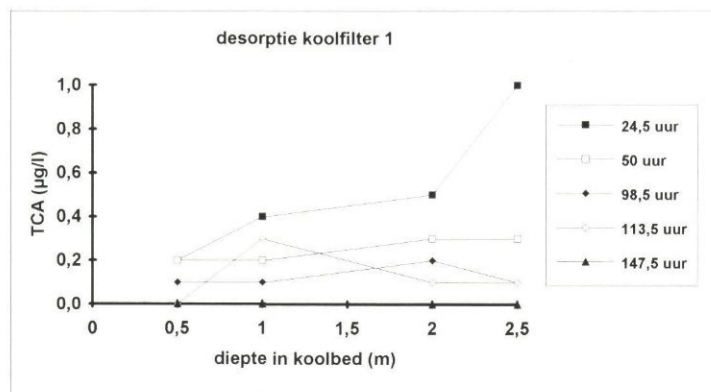
MCPA en MCPP werden alleen aangetoond in het effluent van de eerste 0,5 m van het koolbed, in concentraties variërend van 0,13 tot 0,28 µg/l voor MCPA en van 0,12 tot 0,36 µg/l voor MCPP. In het effluent van de koolfilters werd geen MCPA en MCPP aangetroffen: de resterende 2 m kool blijkt als 'buffer' te fungeren. Atrazin blijkt ook uit de eerste 0,5 m van de koolfilters te desorberen. Het verloop van de atrazin concentratie in de eerste 0,5 m van koolfilter 1 en van koolfilter 4 is weergegeven in afbeelding 10. Slechts tweemaal is in koolfilter 4 atrazin aangetoond na 1 m koolbed (0,07 µg/l na 24,5 uur, en 0,08 µg/l na 50 uur nadat de dosering was beëindigd). Evenals MCPA en MCPP werd ook atrazin niet aangetoond in het effluent van de koolfilters.

Het desorptiegedrag van TCA is gedurende zes dagen intensief gevolgd in koolfilter 1

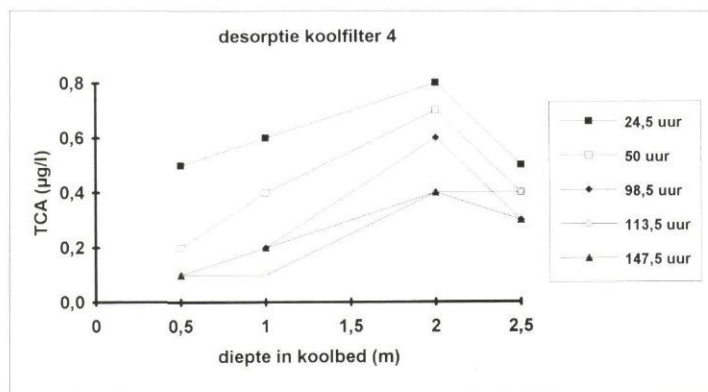
en koolfilter 4. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 11 en 12. In het effluent van koolfilter 1 blijkt binnen vijf dagen het concentratieniveau te dalen tot onder 0,1 µg/l. In koolfilter 4 blijkt na zes dagen de TCA-effluentconcentratie nog boven 0,1 µg/l te liggen. Koolfilter 4, dat tijdens de piekbelasting meer TCA verwijderde dan koolfilter 1, vertoont meer desorptie dan koolfilter 1 wat betreft concentratieniveau in het filtraat. Gerelateerd aan de totaal verwijderde hoeveelheid TCA tijdens de piekbelasting (koolfilter 1: 7,9 g; koolfilter 4: 9,1 g) blijkt uit massabalans berekeningen dat koolfilter 4 minder desorptiegedrag vertoont dan koolfilter 1 over de eerste zes dagen na de piekbelasting. Van koolfilter 4 desorbeert 5,6% van de oorspronkelijk verwijderde hoeveelheid TCA, voor koolfilter 1 bedraagt dit percentage 11,2%. Mogelijk heeft bij koolfilter 1, door de langere looptijd, de naast biodegradatie optredende adsorptie meer aan het begin van de koolporiën plaatsgevonden, waardoor desorptie mogelijk in grotere mate kan optreden (uit koolfilter 1 desorbeert 0,9 g TCA, uit koolfilter 4 0,5 g TCA). De langere looptijd van koolfilter 1 met daardoor een grotere voorbelading met onder andere natuurlijk organisch materiaal (NOM) kan hier ook debet aan zijn. Gezien de TCA-verwijderingscapaciteit van



Afb. 10 - Desorptiegedrag van atrazin in de eerste 0,5 m van het koolbed van koolfilter 1 en van koolfilter 4 na de driedaagse piekbelasting (20 µg/l).



Afb. 11 - Desorptie van TCA uit koolfilter 1 na de driedaagse piekbelasting (19 µg/l).



Afb. 12 - Desorptie van TCA uit koolfilter 4 na de driedaagse piekbelasting (19 µg/l).

de na de koolfiltratie geplaatste langzame zandfiltratie en hyperfiltratie is er geen TCA te verwachten na deze processtappen boven een concentratieniveau van 0,1 µg/l.

5. Conclusies

In proefinstallatie-onderzoek is met doseerproeven de betrouwbaarheid en robuustheid van de bestaande zuiverings-schema's van Gemeentewaterleidingen Amsterdam, en dat van een uitbreidings-scenario aangetoond. Op basis van dit proefinstallatie-onderzoek kan worden geconcludeerd dat in de bestaande zuiverings-schema's de combinatie ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie alle gedoseerde bestrijdingsmiddelen, waaronder zeer polaire, in concentratieniveaus tot 5 µg/l (een factor 5 à 10 boven werkelijk in het Rijnwater aangetoonde piekconcentraties [11]) reduceert tot 0,1 µg/l of lager. Als de concentraties worden verhoogd tot 20-50 µg/l per bestrijdingsmiddel, concentraties die in de praktijk nog nooit in het Rijnwater zijn gemeten, worden ze ook tot 0,1 µg/l of lager verwijderd, met uitzondering van TCA. Tot concentratieniveaus van 5-10 µg/l zal ook deze verbinding waarschijnlijk afdoende worden verwijderd.

Voor het uitbreidingsscenario, bestaande uit directe zuivering van voorbehandeld Rijnwater (WRK-I water) door ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de toepassing van ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie, voorafgaand aan de hyperfiltratie, is vereist om hoge concentratiepieken (≥ 5 µg/l) te kunnen verlagen tot 0,1 µg/l of lager. Uitsluitend hyperfiltratie biedt geen voldoende zekerheid;
- de combinatie ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie verwijdert *alle* gedoseerde verbindingen, in concentratieniveaus van 20-50 µg/l, tot lager dan 0,1 µg/l. Dit betekent dat zelfs bij concentratieniveaus die in het Rijnwater

nog nooit zijn aangetoond, de drinkwater-productie met dit zuiveringsschema ongestoord door kan gaan. Lange looptijden van de koolfilters (150 weken) zijn hierbij geen probleem. Biodegradatie lijkt naast adsorptie een rol te spelen, analoog aan de DOC-biodegradatie in de koolfilters te Weesperkarspel en bevestigd door zuurstofverbruik en pH-daling [1];

- eventuele desorptie van verbindingen uit de koolfilters, na een extreme, nog nooit in de praktijk opgetreden piekbelasting, is geen probleem. De aanwezigheid van langzame zandfiltratie en hyperfiltratie achter de koolfiltratie vormt een barrière voor desorberende verbindingen waardoor na langzame zandfiltratie, en zeker na hyperfiltratie, het concentratieniveau altijd onder 0,1 µg/l zal liggen.

De mogelijkheid, robuustheid en betrouwbaarheid van de directe zuivering van voorbehandeld Rijnwater zonder voorraadvorming en selectieve inname is hiermee aangetoond. Bovendien blijkt de verwijdering van organische stoffen in het algemeen, en van organische microverontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen in het bijzonder, door het systeem ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie zó effectief te zijn, dat het erna volgende membraanproces geen rol meer hoeft te vervullen in de verwijdering van organische stoffen. Voor ontzouting en ontharding kan hyperfiltratie dan mogelijk worden vervangen door elektrolyse.

Literatuur

- Graveland, A. (1993). *Biologisch actieve koolfiltratie in Weesperkarspel in gebruik*. H₂O 26, 312-315.
- Graveland, A., Hoek, J. P. van der (1995). *Introdutie van de biologisch actieve koolfiltratie te Leidsin*. H₂O 28, 573-579.
- Cauchi, B., Billen, G., Servais, P. (1993). *The elimination of biodegradable organic carbon in biological contactors – biological carbon filters*. Water Supply 11 (Nos 3/4), 289-298.
- Muramoto S., Nishino, J. (1994). *An advanced purification system combining ozonation and BAC, developed by The Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government*. Desalination 98, 207-215.
- Hacker, P. A., Paszko-Kolva, C., Stewart, M. H., Wolfe, R. L., Means III, E. G. (1994). *Production and*

removal of assimilable organic carbon under pilot-plant conditions through the use of ozone and peroxone. Ozone Science & Engineering 16, 197-212.

- International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering (1995). *Proceedings van de INKA-Workshop 'Verwijdering van Bestrijdingsmiddelen'*, Delft, 21 april 1995.

- Hoek, J. P. van der, Bonn , P. A. C. (1994). *Verwijdering van bestrijdingsmiddelen en organische microverontreinigingen met de proefinstallatie 'WOKOL'; en retentie van hyperfiltratie-membranen in de proefinstallatie 'WL'*. Rapport GW/Kiwa/IHE, september 1994.

- Beerendonk, E. F., Hopman, R., Bonn , P. A. C., Hoek, J. P. van der (1995). *Verwijdering van bestrijdingsmiddelen door een integraal zuiveringssysteem*. Kiwa SWI 95.170 Nieuwegein, november 1995.

- Hopman, R., Beek, C. G. E. M. van, Janssen, H. M. J., Puijker, L. M. (1990). *Bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in Nederland*. Kiwa Mededeling 113, Nieuwegein, december 1990.

- Goure, W. F. (1995). *The environmental fate of glyphosate in soil and water and an assessment of its potential to contaminate surface, ground and drinking waters*. Publication Monsanto, July 1995.

- Baggelaar, P. K., Baggelaar, D. H. (1995). *Trends in de oppervlaktewaterkwaliteit van Rijn en Maas*. RIWA-rapport, april 1995.

WOB gaat aandelen TWM overnemen

De NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB) streeft ernaar de aandelen van de NV Tilburgse Waterleiding-Maatschappij (TWM) over te nemen. De TWM blijft de komende jaren als zelfstandige vennootschap bestaan. Met de aandeelhouders, de gemeente Tilburg en de gemeente Goirle worden onderhandelingen geopend over de overdracht van de aandelen. De inwoners van Tilburg en Goirle zullen weinig merken van de op handen zijnde reorganisatie. In samenspraak met de WOB zullen bijvoorbeeld de werkmethoden op elkaar afgestemd worden. Dit kan leiden tot een efficiëntere waterleidingorganisatie in Noord-Brabant. De aandelenoverdracht is onderdeel van het plan tot reorganisatie van de openbare drinkwatervoorziening in Noord-Brabant dat Provinciale Staten in 1990 heeft vastgesteld. (Persbericht TWM)