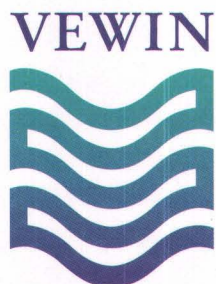


SERIE NG

Rendementsverbetering actieve-koolfiltratie door voorafgaande NOM- verwijdering



LMWCO-ultrafiltratie

en anionenwisselaar

VERENIGING VAN EXPLOITANTEN VAN WATERLEIDINGBEDRIJVEN IN NEDERLAND

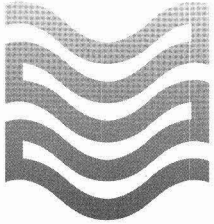
kiwa

SWI 99.142

Rendementsverbetering actieve- koolfiltratie door voorafgaande NOM-verwijdering

*LMWCO-ultrafiltratie
en anionenwisselaar*

VEWIN



OPDRACHTGEVER

Gezamenlijke Waterleidingbedrijven

OPDRACHTNUMMER

111276.011

AUTEUR

W.G. Siegers

AFDELING

Chemie en Biologie

Nieuwegein, juli 1999

kiwa

Onderzoek en Advies

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon (030) 606 95 11
Telefax (030) 606 11 65

1

© 1999 Kiwa N.V.

Niets uit dit drukwerk mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

SWI 99.142

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING.....	1
1 INLEIDING.....	2
2 DOELSTELLINGEN	3
3 UITVOERING.....	4
3.1 LMWCO 1000 D-ultrafiltratie	4
3.2 Anionenwisselaar	5
4 RESULTATEN.....	6
4.1 LMWCO 1000 D-ultrafiltratie	6
4.2 Anionenwisselaar	9
4.3 Algemene discussie.....	13
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15
LITERATUUR	16
BIJLAGE 1 Modellering AKF experiment LMWCO-ultrafiltratie	
BIJLAGE 2 Modellering AKF experiment na de anionenwisselaar	

SAMENVATTING

Het rendement van actieve koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen wordt nadelig beïnvloed door de aanwezigheid van NOM in het te behandelen water. Hiervoor worden twee mechanismen verantwoordelijk gehouden:

- De relatief grote NOM-moleculen blokkeren de microporiën waardoor in de microporiën geen adsorptie kan plaatsvinden.
- Er vindt directe concurrentie plaats om de adsorptieplaatsen tussen de NOM- en de bestrijdingsmideelmoleculen.

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat met ultrafiltratie geen en met nanofiltratie (100 Dalton) een aanzienlijke rendementsverbetering mogelijk was. Omdat nanofiltratie een te duur proces is om alleen NOM te verwijderen is een onderzoek uitgevoerd naar de rendementsverbetering door voorbehandeling met LMWCO-ultrafiltratie en met een anionenwisselaar. De LMWCO-ultrafiltratie met een cut-off van 1000 Dalton zou in staat moeten zijn de relatief grote NOM-moleculen te verwijderen die zorgdragen voor de porieblokkering. Met de anionenwisselaar worden de negatief geladen NOM-moleculen (met name humuszuren) verwijderd. Door de aanzienlijke verwijdering van het NOM zou het rendement van de actieve-koolfiltratie toe moeten nemen.

Uit de resultaten blijkt dat er met beide voorbehandelingen een beperkte rendementsverbetering voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen door actieve-koolfiltratie wordt bewerkstelligd. De maximale rendementsverbetering is een factor twee voor de bestrijdingsmiddelen:

- Pirimicarb en metribuzin (water van De Punt, LMWCO-UF, NPOC-verwijdering 53 %)
- Bentazon (water van Diepenveen, LMWCO-UF, NPOC-verwijdering 73 %)
- Bentazon (water van Sint Jansklooster, anionenwisselaar, NPOC-verwijdering 63 %).

Bij de andere in het onderzoek betrokken bestrijdingsmiddelen is de rendementsverbetering kleiner of niet waargenomen. Voor de beperkte rendementsverbetering zijn verschillende verklaringen te geven:

- Uit het feit dat de voorbehandeling met een 1000D-filter weinig invloed heeft op de standtijd kan geconcludeerd worden dat juist de NOM met een molecuulmassa tussen de 100 en de 1000 dalton concurreert met de bestrijdingsmiddelen.
- Uit het feit dat de voorbehandeling met een ionenwisselaar weinig invloed heeft op de standtijd kan geconcludeerd worden dat juist de ongeladen en hydrofobe fractie van de NOM concurreert met de bestrijdingsmiddelen.
- Een andere verklaring voor het geringe effect op de standtijd in beide experimenten is de mogelijkheid dat pas bij veel lagere NOM-concentraties porieblokkering niet meer optreedt. Als dit juist is dan wordt bij nanofiltratie wel voldoende NOM verwijderd (>90% verwijdering) maar is de resterende NOM na LMWCO-ultrafiltratie of na ionenwisseling (<70% verwijdering) nog ruim voldoende om de poriën van de GAC voor de bestrijdingsmiddelen te blokkeren.

Aanbevolen wordt een LMWCO-membraan te onderzoeken met een lagere cut-off (bijvoorbeeld 500 D) of water voor te behandelen met XAD voor de verwijdering van de neutraal hydrofobe fractie NOM.

1 INLEIDING

Het rendement van actieve-koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen wordt nadelig beïnvloed door de aanwezigheid van Natuurlijk Organisch Materiaal (NOM) in het te behandelen water. Er wordt aangenomen dat er twee mechanismen een rol spelen. Het eerste mechanisme is de porieblokkering door de relatief grote NOM-moleculen van de microporiën van actieve kool waardoor de relatief kleine bestrijdingsmoleculen het oppervlak van de microporiën niet meer kunnen bereiken. Het tweede mechanisme is de directe concurrentie met de bestrijdingsmiddelen voor de adsorptieplaatsen.

Het oppervlak van de microporiën van actieve kool beslaat een groot gedeelte van het totale actieve oppervlak van de actieve kool. Deze theorie wordt bevestigd door een voorgaand onderzoek waarbij de rendementsverbetering van actieve kool door voorafgaande nanofiltratie (100 Dalton) is onderzocht [Meerkerk, 1998]. Uit het betreffende laboratoriumonderzoek bleek een aanzienlijke rendementsverbetering van de actieve-koolfilters mogelijk. Voor bentazon leverde dit bijvoorbeeld een factor 100 rendementsverbetering op (bij dezelfde contacttijd).

Inmiddels is ook berekend dat nanofiltratie voorafgaande aan actieve-koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen alleen financieel haalbaar is wanneer ook ontharding en/of kleurverwijdering van het te behandelen water noodzakelijk is. Alleen voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen is deze combinatie te duur.

LMWCO-ultrafiltratie

Uit hetzelfde onderzoek bleek dat voorafgaande ultrafiltratie (500.000 D) geen rendementsverbetering van actieve kool voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen opleverde. In het schemergebied tussen nano- en ultrafiltratie, de zogenaamde Low Molecular Weight Cut Off (LMWCO-)ultrafiltratie, lijkt dan ook de winst te liggen als voorzuivering voor de actieve-koolfiltratie. LMWCO-ultrafiltratie ligt kostentechnisch gunstiger ten opzichte van nanofiltratie. De verwachting is dat met LMWCO-ultrafiltratie de relatief grote NOM-moleculen, die voor porieblokkering zorgen, kunnen worden verwijderd. Hierdoor zou een rendementsverbetering moeten optreden van de actieve kool voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen. De cut-off van de LMWCO-membranen ligt in de orde van 500 – 10.000 Dalton. Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd met een LMWCO-membraan van 1000 D en een minikolomexperiment met een mix van bestrijdingsmiddelen.

Anionenwisselaar

Tevens is een onderzoek uitgevoerd naar de verwijdering van NOM door een anionenwisselaar. Anionenwisselaars zijn in staat het negatief geladen NOM (voornamelijk humuszuren) te adsorberen. Op dit moment vindt een onderzoek plaats naar de verwijdering van kleurveroorzakende stoffen (met name NOM) uit drinkwater bij WMO. Hierbij zijn verwijderingspercentages mogelijk tot circa 90 %. De verwachting is dat door de verwijdering van een aanzienlijk gehalte aan NOM het rendement van actieve kool voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen toeneemt. Het onderzoek is uitgevoerd met een zogenaamde “organic scavenger” en een minikolomexperiment met een mix van bestrijdingsmiddelen.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van het collectieve onderzoek voor de Gezamenlijke Waterleidingbedrijven.

2 DOELSTELLINGEN

Het doel van het onderzoek is het vaststellen van de rendementsverbetering van actieve-koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen door een voorafgaande NOM-verwijdering. De voorafgaande NOM-verwijdering vindt plaats door LMW-CO-ultrafiltratie en door een anionenwisselaar.

3 UITVOERING

3.1 LMWCO 1000 D-ultrafiltratie

LMWCO 1000D-filtratie

Voor de LMWCO-filtratie is water gehaald bij pompstation Diepenveen van WMO en pompstation De Punt van Waterbedrijf Groningen. Het water uit Diepenveen betreft reinwater, het water uit De Punt is betrokken na de ultrafiltratie-stap uit de proefinstallatie aldaar. Dit water is door middel van een 600 l of 700 l roestvaststalen (RVS) tank naar Kiwa vervoerd. Voor de filtratie van het te onderzoeken water is een gewikkeld geregenereerde cellulose membraan (MWCO 1000 D) gebruikt van Millipore B.V. De filtratie vond plaats in cross-flow. De procesomstandigheden zijn zodanig ingesteld dat het permeaatdebiet gelijk was aan de concentraatstroom (50/50). Het permeaat is opgevangen in een tweede 600 l of 700 l RVS-tank.

De concentraatstroom is teruggevoerd in de oorspronkelijke tank waardoor de concentratie NOM in de tank in de tijd toenam. De volume- en NOM-concentrerings in de tank vond plaats tot circa 98 % (van 700 l naar circa 15 l). Deze concentratieverhoging had nauwelijks effect op de samenstelling van het permeaat. In paragraaf 4.1 zijn de resultaten weergegeven van de gevolgen van de filtratie op beide watertypen.

De 5,4 min EBCT actieve-koolfiltratie

De omstandigheden van het minikolomexperiment zijn weergegeven in tabel 1. Voor de beschrijving van een minikolomexperiment wordt verwezen naar Meerkerk e.a. (1995).

Tabel 1 Omstandigheden van het minikolomexperiment met voorafgaande LMWCO-filtratie over 1000 D

Parameter	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4
Producent	Norit	Norit	Norit	Norit
Type	ROW 0,8 Supra	ROW 0,8 Supra	ROW 0,8 Supra	ROW 0,8 Supra
Watertype	Diepenveen rein water	De Punt na ultrafiltratie	De Punt UF na 1000 D 53 % NPOC ¹ - verwijdering	Diepenveen na 1000 D 73 % NPOC- verwijdering
Debiet (l/uur)	1,25	1,25	1,25	1,25
Diameter (mm)	5	5	5	5
Lengte kolom (cm)	12,3	12,3	12,3	12,3
Massa (g)	0,84	0,84	0,84	0,84
Dichtheid (g/ml)	0,35	0,35	0,35	0,35
Contacttijd (sec)	7,0	7,0	7,0	7,0

Wanneer een vergelijking met de praktijk wordt gemaakt dan wordt met de minikolommen een praktijkkolom gesimuleerd met een schijnbare contacttijd van 5,4 min. In bijlage 1 is de berekening van het RSSCT²-model weergegeven. De bestrijdingsmid-

¹ NPOC = Non Purgeable Organic Carbon

² RSSCT = Rapid Small Scale Column Test

delen die aan het water zijn gedoseerd waren pirimicarb, metribuzin, atrazin, bentazon en DNOC op een concentratieniveau van 2 µg/l.

3.2 Anionenwisselaar

Anionenwisselaar

Bij het minikolomexperiment zijn drie watertypen onderzocht. Het water is betrokken van pompstation Sint Jans klooster van WMO waar op dat moment midikolomonderzoek plaatsvond naar de verwijdering van kleur. Van de midikolommen is water betrokken met gemiddeld 16 % respectievelijk 63 % verwijdering van NPOC. Daarnaast is reinwater bij het onderzoek betrokken. De anionenwisselaar gebruikt voor de verwijdering van kleur was van Purolite type A-860, een zogenaamde "organic scavenger".

De resultaten van de metingen van de watersamenstelling is vermeld in paragraaf 4.2.

De 8,1 min EBCT actieve-koolfiltratie

De omstandigheden van het minikolomexperiment zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Omstandigheden van het minikolomexperiment met rein water en het water van de anionenwisselaar

Parameter	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
Producent	Chemviron	Chemviron	Chemviron
Type	F-400	F-400	F-400
Watertype	Sint Jans- klooster reinwater	Idem, 16 % NPOC- verwijdering	Idem, 63 % NPOC- verwijdering
Debiet (l/uur)	1,0	1,0	1,0
Diameter (mm)	5	5	5
Lengte kolom (cm)	14,5	14,7	14,6
Massa (g)	1,15	1,15	1,15
Dichtheid (g/ml)	0,40	0,40	0,40
Contacttijd (sec)	10,4	10,4	10,4

Wanneer een vergelijking met de praktijk wordt gemaakt dan wordt met de minikolommen een kolom gesimuleerd met een schijnbare contacttijd van 8,1 min. In bijlage 2 is de berekening van het RSSCT-model weergegeven. De bestrijdingsmiddelen die aan het water zijn gedoseerd waren pirimicarb, metribuzin, atrazin, diuron, bentazon, MCPA, MCPP en DNOC op een concentratieniveau van 2 µg/l.

4 RESULTATEN

4.1 LMWCO 1000 D-ultrafiltratie

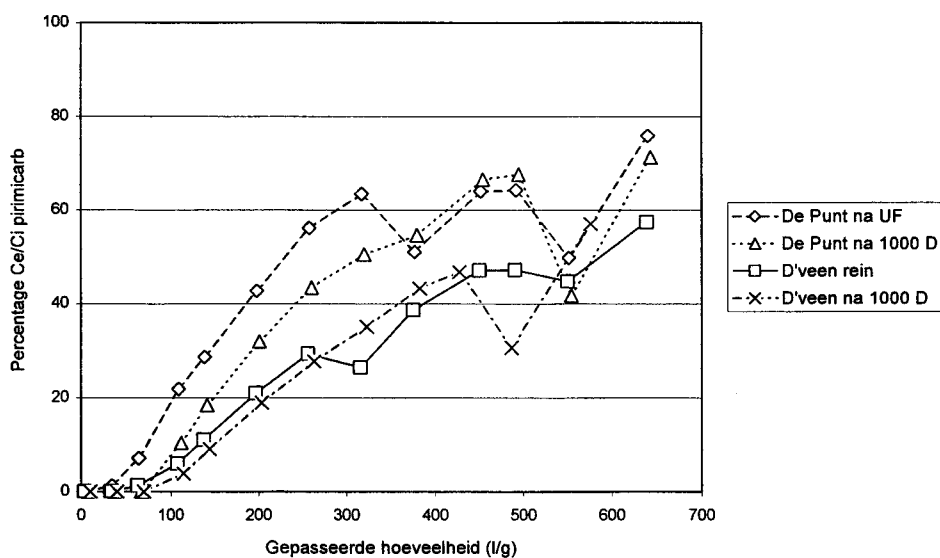
In tabel 3 zijn de gegevens vermeld van de ruwe en gefiltreerde watertypes.

Tabel 3 Samenstelling van het ruwe en gefiltreerde water van Diepenveen en De Punt

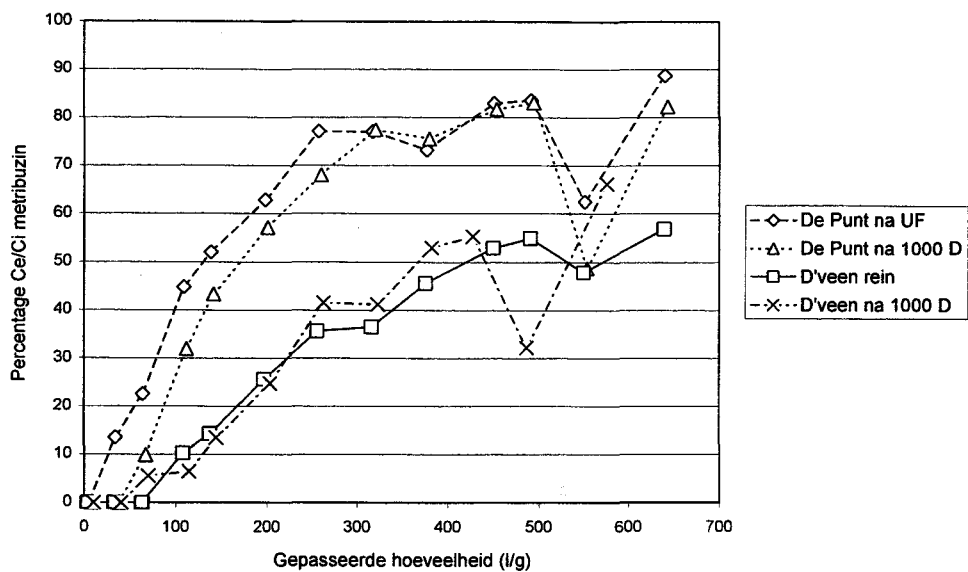
Watertype	Kleurgehalte (mg Pt/l)	UV-extinctie (m ⁻¹)	NPOC (mg C/l)
De Punt na UF	14.1	17.1	6.2
De Punt 1000 D	7.4	7.0	2.9
Diepenveen rein	23.6	12.1	2.1
Diepenveen 1000 D	3.2	2.2	0.57

Uit tabel 3 blijkt dat de 1000 D-filtratie meer effect heeft gehad bij het water van Diepenveen dan bij het water van De Punt. Bij Diepenveen is circa 73 % en bij De Punt circa 53 % van het NPOC verwijderd.

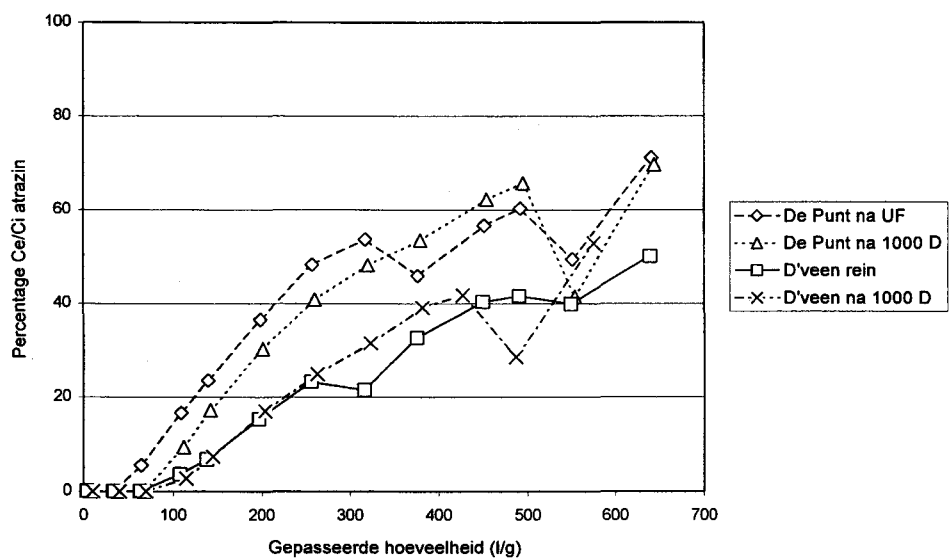
In figuren 1 tot en met 5 zijn de doorbraakcurven weergegeven van de verschillende bestrijdingsmiddelen.



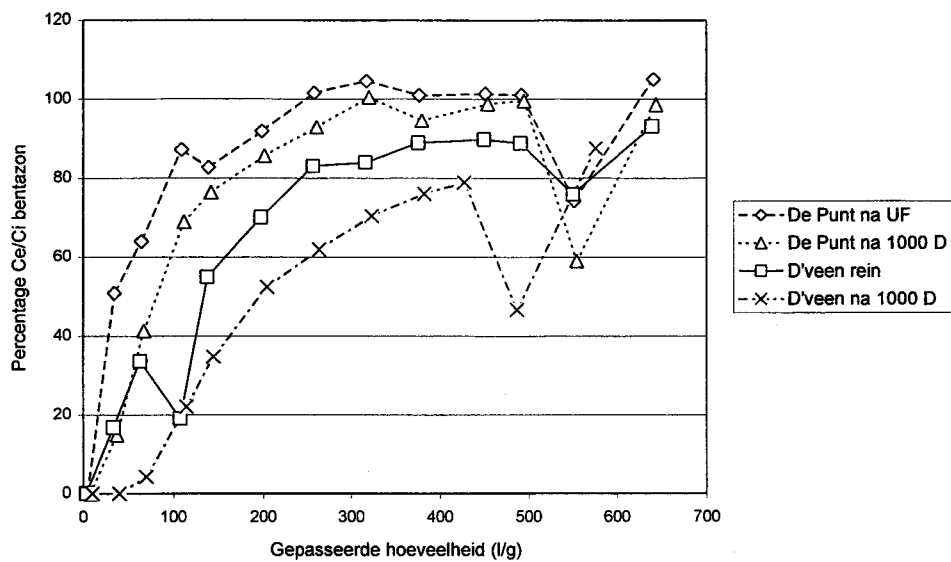
Figuur 1 Doorbraakcurves van pirimicarb met ruw water en water na filtratie over 1000 D



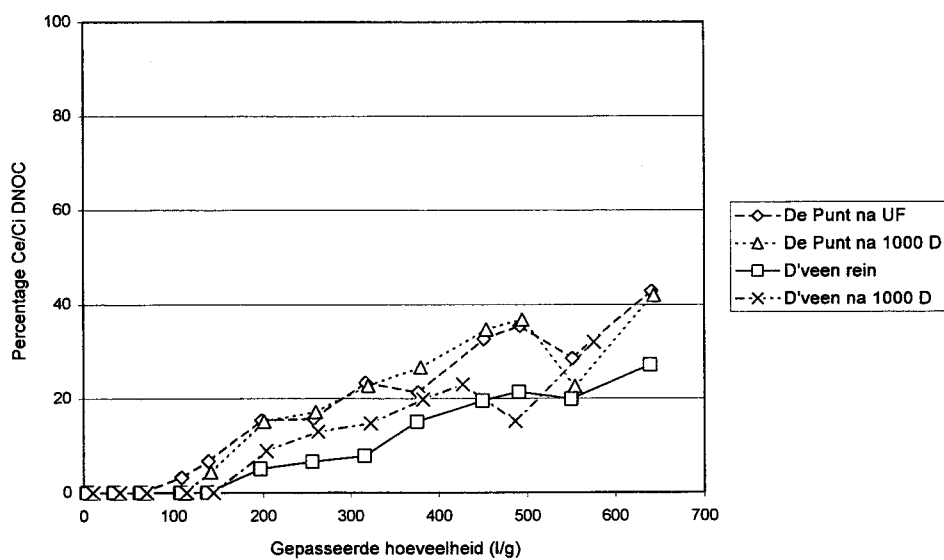
Figuur 2 Doorbraakcurves van metribuzin met ruw water en water na filtratie over 1000 D



Figuur 3 Doorbraakcurves van atrazin met water na filtratie over 1000 D



Figuur 4 Doorbraakcurves van bentazon met ruw water en water na filtratie over 1000 D



Figuur 5 Doorbraakcurves van DNOC met ruw water en water na filtratie over 1000 D

Uit de doorbraakcurves kan worden geconcludeerd dat de voorverwijdering van NOM met LMWCO 1000D-filtratie een beperkt effect heeft gehad op de verwijdering van bestrijdingsmiddelen. Het maximale rendement dat wordt behaald met de voorfiltratie is een factor twee maal langere looptijd in het geval van pirimicarb en metribuzin met water van De Punt. Voor het water van Diepenveen is alleen voor bentazon een rendementsverbetering geconstateerd, circa een factor 2. Voor de andere bestrijdingsmiddelen is de looptijdverlenging zo goed als te verwaarlozen, de eventuele zichtbare rendementsverbeteringen vallen binnen de normale spreiding van een minikolomexperiment.

Een verklaring voor deze relatief lage rendementsverbetering moet gezocht worden in de voorverwijdering van het NOM. Blijkbaar is het aandeel van de NOM-moleculen met een molecuulgewicht < 1000 D veel groter in de porieblokkering en de concurrentie met de bestrijdingsmiddelen dan de NOM-moleculen met een molecuulgewicht > 1000 D.

Uit de doorbraakcurves valt verder op te maken dat de bestrijdingsmiddelen met het water van Diepenveen later doorbreken dan met het water van De Punt. Gezien de samenstelling van de watertypen is dit te verklaren, het water van Diepenveen bevat minder NPOC dan het water van De Punt (zie tabel 3).

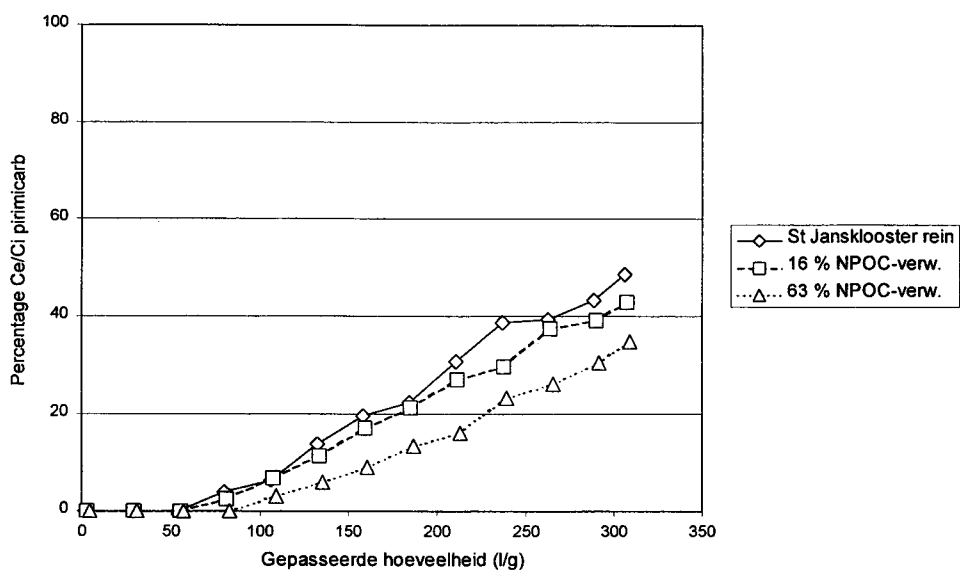
4.2 Anionenwisselaar

In tabel 4 zijn de gegevens vermeld van de watertypen die bij het minikolomexperiment na behandeling met de anionenwisselaar zijn betrokken.

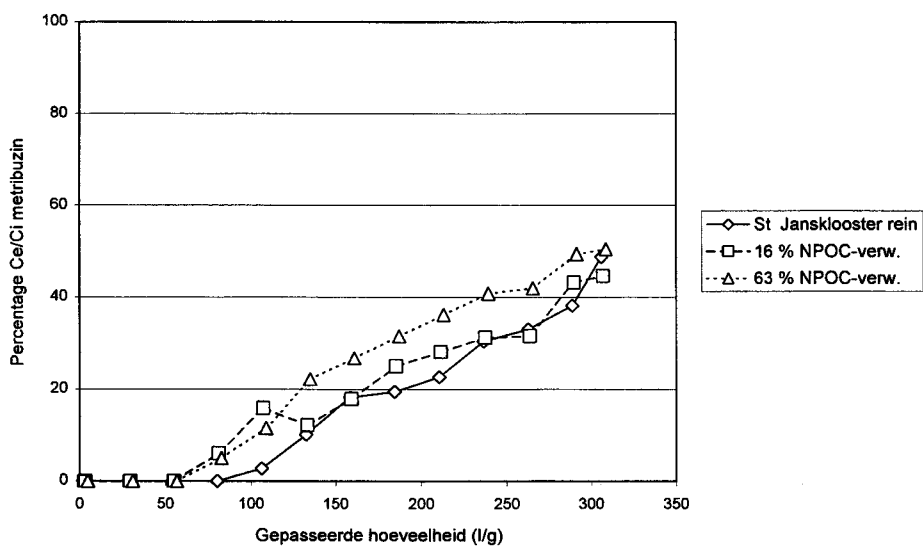
Tabel 4 Gegevens van de watersamenstelling van Sint Jans klooster

Watertype	Kleurgehalte (mg Pt/l)	UV-extinctie (m ⁻¹)	NPOC (mg C/l)
SJK rein	16.5	18.9	6.4
SJK 16 % NPOC-verw.	6.0	11.5	5.4
SJK 63 % NPOC-verw.	< 3.5	4.4	2.4

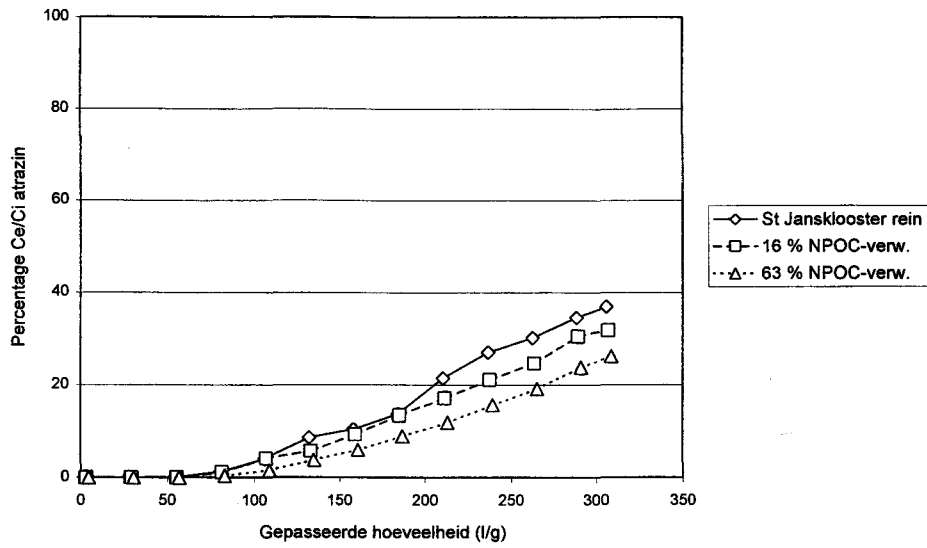
In de figuren 6 tot en met 12 zijn de doorbraakcurves weergegeven van de verschillende bestrijdingsmiddelen.



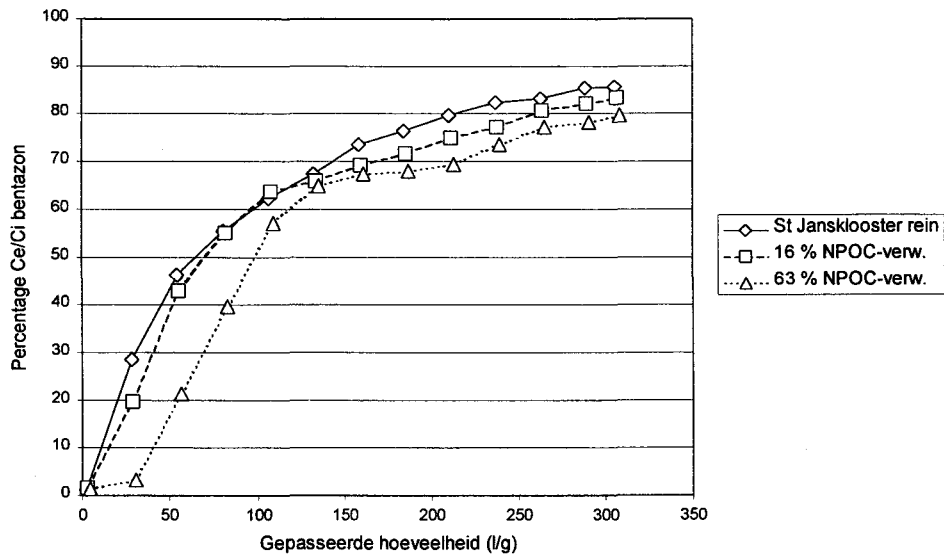
Figuur 6 Doorbraakcurves van pirimicarb met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



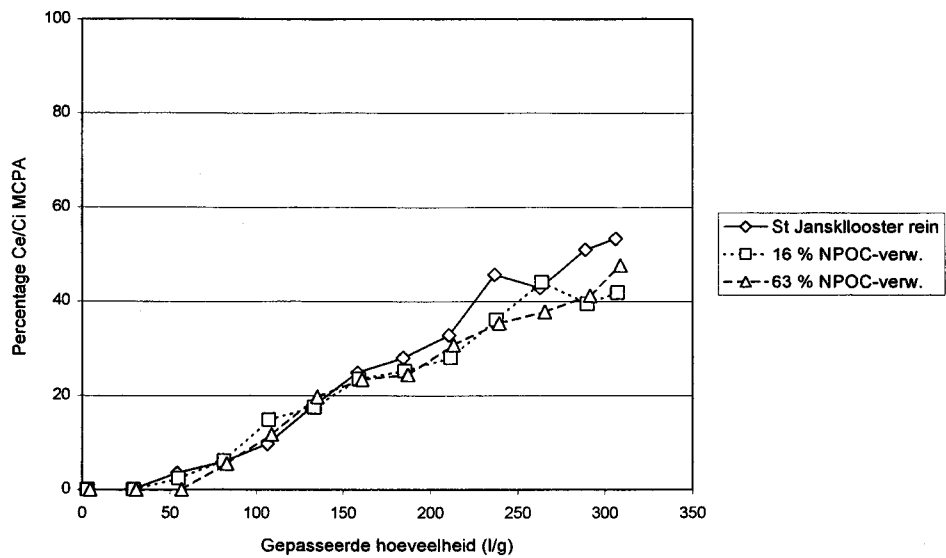
Figuur 7 Doorbraakcurves van metribuzin met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



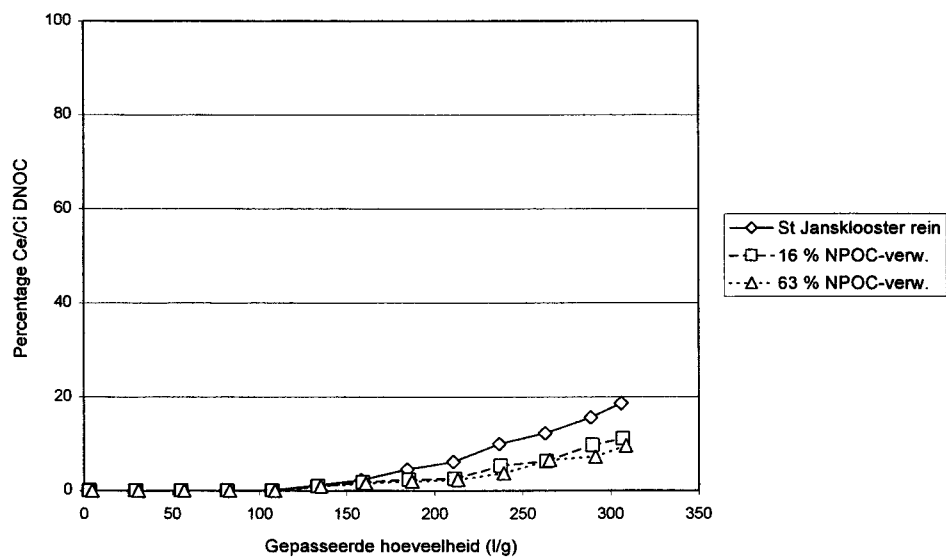
Figuur 8 Doorbraakcurves van atrazin met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



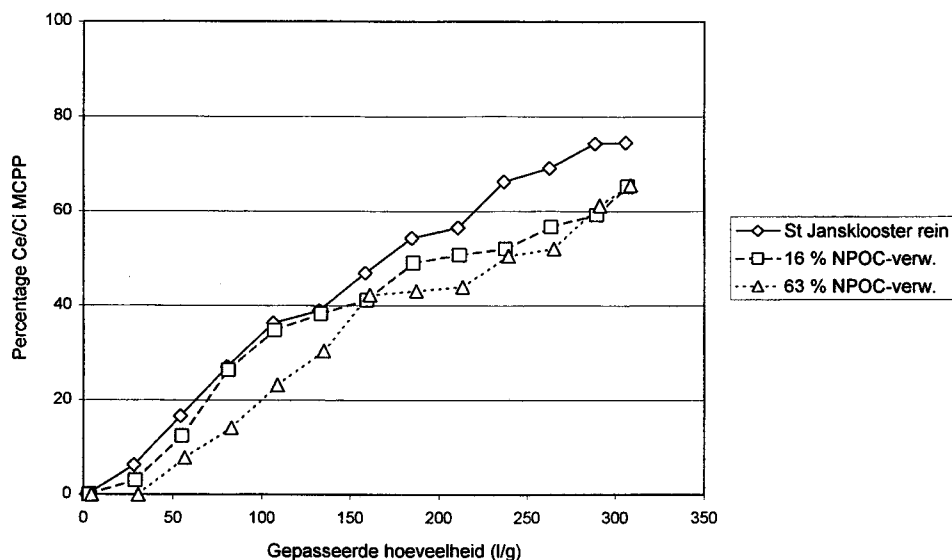
Figuur 9 Doorbraakcurves van bentazon met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



Figuur 10 Doorbraakcurves van MCPA met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



Figuur 11 Doorbraakcurves van DNOC met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar



Figuur 12 Doorbraakcurves van MCPP met rein water en water na behandeling met de anionenwisselaar

Uit de doorbraakcurves is waar te nemen dat er een beperkte rendementsverbetering is behaald met de voorbehandeling door de anionenwisselaar. De hoogste rendementsverbetering is behaald met bentazon en MCPP, een factor 2 met het water waaruit 63 % NOM is verwijderd. Over het algemeen wordt de hoogste rendementsverbetering behaald met het water waaruit 63 % NOM is verwijderd. Uitzondering hierop is MCPA waarbij de doorbraakcurves van de watertypen over elkaar liggen. Bij metribuzin heeft het onbehandelde water een onverklaarbare latere doorbraak.

4.3 Algemene discussie

Er zijn nauwelijks overeenkomsten waar te nemen tussen de rendementsverbeteringen door LMWCO-ultrafiltratie en door de anionenwisselaar. De enige overeenkomst is de rendementsverbetering bij bentazon, voor beide voorfiltraties een factor 2.

Uit voorafgaand onderzoek (Meerkerk 1998, Beerendonk 1998) is bekend dat verwijdering (door middel van nanofiltratie) van een zeer groot deel van de NOM de standtijd van actieve-koolfilters zeker een factor 100 verlengd kan worden. In dit onderzoek is geen substantiële verlenging van de standtijd gemeten. Hiervoor zijn verschillende verklaringen te geven:

- Uit het feit dat de voorbehandeling met een 1000D-filter weinig invloed heeft op de standtijd kan geconcludeerd worden dat juist de NOM met een molecuulmassa tussen de 100 en de 1000 Dalton concurreert met de bestrijdingsmiddelen.
- Uit het feit dat de voorbehandeling met een ionenwisselaar weinig invloed heeft op de standtijd kan geconcludeerd worden dat juist de ongeladen en hydrofobe fractie van de NOM concurreert met de bestrijdingsmiddelen.
- Een andere verklaring voor het geringe effect op de standtijd in beide experimenten is de mogelijkheid dat pas bij veel lagere NOM-concentraties porieblokkering

niet meer optreedt. Als dit juist is dan wordt bij nanofiltratie wel voldoende NOM verwijderd (>90% verwijdering) maar is de resterende NOM na LMWCO-ultrafiltratie of na ionenwisseling (<70% verwijdering) nog ruim voldoende om de poriën van de GAC voor de bestrijdingsmiddelen te blokkeren.

1000 D LMWCO-filtratie gevolgd door actieve-koolfiltratie

- Voorafgaande filtratie van water over een LMWCO-membraan met een cut-off van 1000 D heeft een beperkte rendementsverbetering tot gevolg voor actieve-koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen. De maximale rendementsverbetering is een factor 2 met pirimicarb en metribuzin (De Punt) en bentazon (Diepenveen) na een NPOC-verwijdering van respectievelijk 53 en 73 %.
- Het is nog onduidelijk of de molecuulgrootte van de NOM-moleculen een rol speelt bij de porieblokkering. Voor de beperkte rendementsverbetering zijn twee verklaringen mogelijk: (1) De NOM-moleculen die verantwoordelijk zijn voor de concurrentie met bestrijdingsmiddelen en/of voor de porieblokkering hebben een molecuulgrootte tussen 100 en 1000 Dalton. (2) De molecuulgrootte speelt geen rol, van belang is de verwijderde hoeveelheid NOM.
- Aanbevolen wordt een LMWCO-membraan te onderzoeken met een lagere cut-off van bijvoorbeeld 500 D voor de verwijdering van de NOM-moleculen die mogelijk verantwoordelijk zijn voor de concurrentie met bestrijdingsmiddelen en/of porieblokkering van de actieve kool. De watertypen dienen hierbij een gelijkwaardige NOM-verwijdering te ondergaan, dit kan worden bewerkstelligd door menging met andere watertypen.

Voorbehandeling met een anionenwisselaar gevolgd door actieve-koolfiltratie

- Voorafgaande behandeling van water met een anionenwisselaar heeft een beperkte rendementsverbetering tot gevolg voor actieve-koolfiltratie voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen. De maximale rendementsverbetering is een factor 2 met bentazon met het water waaruit 63 % NPOC is verwijderd.
- De NOM-moleculen die verantwoordelijk zijn voor de concurrentie met bestrijdingsmiddelen en/of zorgen voor porieblokkering zijn waarschijnlijk neutraal hydrofoob.
- Voer een experiment uit met voorafgaande verwijdering van de neutraal hydrofobe fractie NOM met behulp van een XAD-kolom.

LITERATUUR

BEERENDONK E.F. (1998): “Verbetering actieve-koolfiltratie door voorafgaande nanofiltratie”; Kiwa O&A Nieuwegein SWI 98.187

MEERKERK M.A. (1998): “De rendementsverbetering van actieve-koolfiltratie middels voorafgaande membraanfiltratie”; Kiwa O&A Nieuwegein SWI 96.212

MEERKERK M.A., SIEGERS W.G. (1995): “De minikolomopstelling”; Kiwa O&A Nieuwegein, SWI 95.112

BIJLAGE 1
Modellering AKF experiment LMWCO-ultrafiltratie

Modellering Actieve Koolfiltratie

Large Column

diam. Kooldeeltjes	0.67 mm	==> straal	0.335 mm		deeltjesgrootte onafhankelijke diffusie
hoogte kolom	840 mm	==> BV	41.23 l		7.72 =geschatte looptijd van atrazin=240 l/g (dagen)
diameter kolom	250 mm	==> EBCT	0.09 h ==>	325 sec	0.96 =aantal gram AK in minikolom
Waterdebiet	457 l/h	==> snelheid	9.31 m/h		5.42 =contacttijd(minuten)

Small Column

		MODEL Deeltjesgrootte onafhankelijke diffusie			MODEL Deeltjesgrootte afhankelijke diffusie		
diam. Kooldeeltjes	0.098 mm	EBCT	0.002 h ==>	6.9 sec	x =	1	
==> straal	0.049 mm	snelheid	63.65 m/h		EBCT	0.013 h ==>	47.5 sec
		diam. kolom	5 mm		snelheid	63.65 m/h	
					diam. kolom	18 mm	
					factor debiet	0.15	
		debiet	1.25 l/h		debiet	2.43 l/h	
		hoogte	0.123 m		hoogte	0.126 m	

BIJLAGE 2

Modellering AKF experiment na de anionenwisselaar

Modellering Actieve Koolfiltratie

Large Column

diam. Kooldeeltjes	0.67 mm	=> straal	0.335 mm			deeltjesgrootte onafhankelijke diffusie
hoogte kolom	1000 mm	=> BV	49.09 l			11.50 =geschatte looptijd van atrazin=240 l/g (dagen)
diameter kolom	250 mm	=> EBCT	0.13 h =>	484 sec		1.15 =aantal gram AK in minikolom
Waterdebiet	365 l/h	=> snelheid	7.44 m/h			8.07 =contacttijd(minuten)

Small Column

		MODEL Deeltjesgrootte onafhankelijke diffusie			MODEL Deeltjesgrootte afhankelijke diffusie		
diam. Kooldeeltjes	0.098 mm	EBCT	0.003 h =>	10.4 sec	x =	1	
=> straal	0.049 mm	snelheid	50.84 m/h		EBCT	0.020 h =>	70.8 sec
		diam. kolom	5 mm		snelheid	50.84 m/h	
					diam. kolom	18 mm	
					factor debiet	0.15	
		debiet	1.00 l/h		debiet	1.94 l/h	
		hoogte	0.146 m		hoogte	0.150 m	