

Nitraat-, sulfaat- en hardheidverwijdering met het CARIX-proces

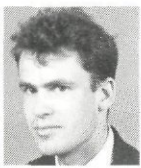
1. Inleiding

Dat nitraat in de toekomst problemen voor de drinkwatervoorziening zal gaan geven is algemeen bekend [Van Beek *et al.*, 1984; Van Beek *et al.*, 1990]. In Limburg en Oost-Brabant wordt verwacht dat de nitraatnorm van 50 mg/l binnen een periode van vijf jaar op veel plaatsen zal worden overschreden in het ruwe grondwater.

water [Kappelhof *et al.*, 1989] en is bij de WML een optimalisatie-onderzoek uitgevoerd naar nitraatverwijdering met het CARIX-proces [Kappelhof en Van der Hoek, 1990]. Het CARIX-proces is in Duitsland ontwikkeld onder leiding van dr. Höll [Höll und Kiehling, 1981; Höll und Kiehling, 1982; Feuerstein *et al.*, 1985] en wordt nu op de markt gebracht door het Duitse bedrijf WABAG.

Samenvatting

Op meerdere plaatsen in Nederland wordt binnen vijf jaar een overschrijding van de nitraatnorm (50 mg/l) in het voor drinkwaterbereiding opgepompte grondwater verwacht. Om te voorkomen dat water gedistribueerd wordt dat niet aan de norm voldoet wordt intensief onderzoek gedaan naar technieken voor nitraatverwijdering. CARIX is een voor verwijdering van sulfaat en hardheid ontwikkeld ionenwisselingsproces. Het is milieuvriendelijk ten opzichte van conventionele ionenwisseling doordat terugwinning van regeneratiezouten (CO_2) mogelijk is. Het proces wordt ook geschikt geacht voor gecombineerde verwijdering van nitraat en hardheid. Bij de Waterleiding Maatschappij Limburg en bij de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant is met een proefinstallatie uitgebreid onderzoek gedaan naar de bruikbaarheid van het CARIX-proces voor gecombineerde sulfaatverwijdering en hardheidverlaging, en ook voor gecombineerde nitraatverwijdering en hardheidverlaging. Sulfaatverwijdering bleek goed mogelijk te zijn (van 250 mg/l naar 100 mg/l). Verlaging van de hardheid was bij dit watertype niet voldoende (van 5,6 mmol/l naar 2,2 mmol/l). Met het nitraathoudende water is met moeite een nitraatverwijdering van 75 mg/l naar 25 mg/l gerealiseerd, terwijl de verlaging van de hardheid hier ruim voldoende was (van 3,5 mmol/l naar 1,0 mmol/l). Om de nitraatverwijdering te realiseren was een toevoeging van extra regeneratiezout nodig, waardoor meer zouten werden geloosd. Verder was doordat de regeneratie slechts gedeeltelijk werd gerealiseerd (3-20% van de ionenwisselaar werd geregenereerd) slechts een looptijd van 35 bedvolumes te realiseren. Het waterverbruik (voor regeneratie) werd hierdoor 15% van het behandelde water. De superficiële snelheid werd (waarschijnlijk door CaCO_3 -neerslag) beperkt tot 7,5 m/h. Bij conventionele ionenwisseling kan deze snelheid oplopen tot 40 m/h. Hierdoor zal een CARIX-installatie groot zijn ten opzichte van een conventionele ionenwisselingsinstallatie.



J. W. N. M. KAPPELHOF
KIWA NV



J. P. VAN DER HOEK
KIWA NV



L. A. C. FEIJ
Stichting Waterleiding-
laboratorium Zuid



A. J. H. F. CREUSEN
NV Waterleiding
Maatschappij Limburg



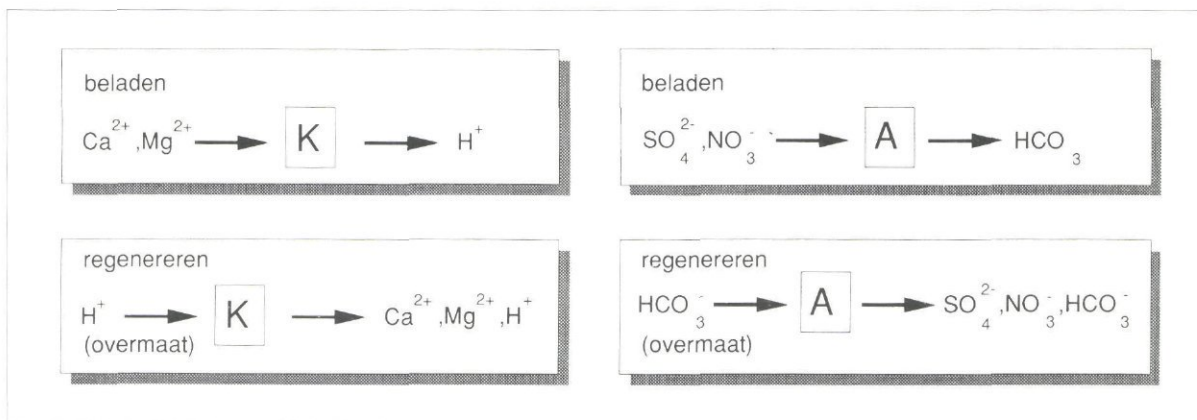
M. E. W. EVERS
NV Waterleiding-
maatschappij Oost-Brabant

De verwijdering van nitraat is één van de mogelijkheden om deze situatie te vermijden. Wordt verwijdering toegepast, dan ligt het voor de hand het niveau tenminste tot de VEWIN-aanbeveling van 25 mg/l terug te brengen. Op dit moment bestaat in Nederland op beperkte schaal ervaring met biologische nitraatverwijdering uit grondwater. Met fysisch-chemische nitraatverwijderingsprocessen voor drinkwaterbereiding (ionenwisseling of membraantechnieken) is op beperkte schaal ervaring opgedaan in Nederland [Van der Hoek, 1988]. Deze processen hebben als nadeel dat 'brijn' als zoutrijke afvalstroom overblijft. Bij conventionele ionenwisseling is het brijnprobleem het grootst omdat voor regeneratie van de ionenwisselaar een hoog geconcentreerde zoutoplossing (10%-15%) nodig is. CARIX is een ionenwisselingsproces waarbij de zoutconcentratie in de te lozen brijn relatief laag is door terugwinning van de vereiste overmaat regeneratiezout. Dit is naast de gecombineerde nitraat-, sulfaat- en hardheidsreductie een belangrijke reden geweest om bij de Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) en de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB) het CARIX-proces te beproeven. In 1989 is bij WML en WOB een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van CARIX voor nitraat-, sulfaat- en hardheidsreductie in het grond-

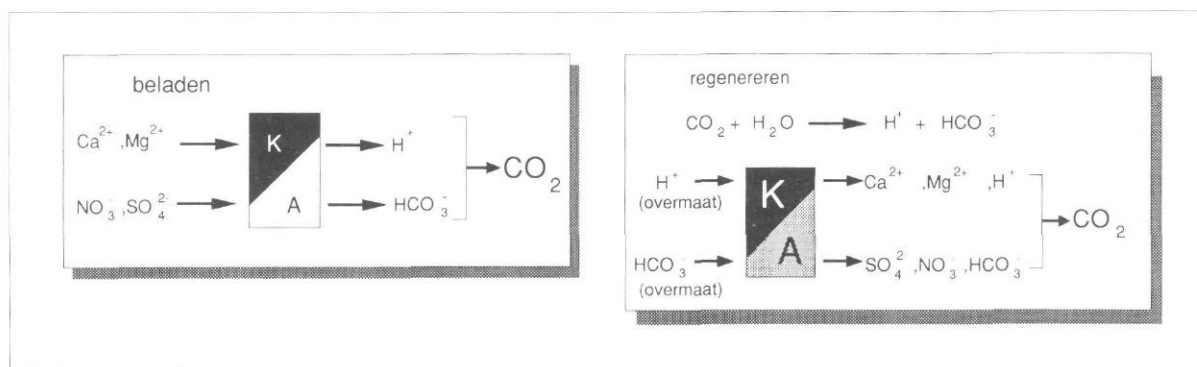
2. Theoretische aspecten van het CARIX-proces

2.1. Principe ionenwisseling

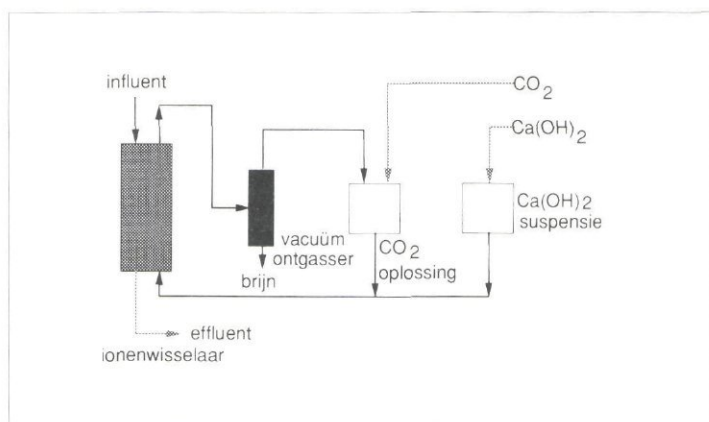
Bij ionenwisseling worden ionen gewisseld tegen andere (gelijk geladen) ionen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van ionenwisselaars, die bestaan uit bolletjes polymeer materiaal (zogenoemd hars). Het polymeer bevat geladen groepen, waaraan ionen met tegengestelde lading adsorberen. Aan ionenwisselaars met positief geladen groepen kunnen anionen (negatief geladen) adsorberen terwijl aan ionenwisselaars met negatief geladen groepen kationen (positief geladen) adsorberen. De mate van binding van de ionen is afhankelijk van de lading van de ionen en van de diameter van de ionen. Eénwaardige en grote ionen hechten zich minder makkelijk aan de ionenwisselaar (geringe affiniteit). Meerwaardige en kleine ionen hebben een grotere affiniteit. Ionen in de waterfase zullen wisselen met ionen op de hars als de affiniteit hoger is en/of de concentratie hoog genoeg is. Als in de waterfase de concentratie van een ion, met lagere affiniteit dan het ion dat op de hars aanwezig is, voldoende hoog is zal dit ion ondanks de lagere affiniteit toch gewisseld worden. Op deze manier kan de ionenwisselaar na beladen weer geregenereerd worden. De affiniteitsreeks van anionwisselaars en kationwisselaars is over het algemeen



Afb. 1 - Principe ionenwisseling;
K = kationenwisseling;
A = anionenwisseling.

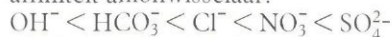


Afb. 2 - Principe CARIX.



Afb. 3 - Processchema CARIX.

als volgt [Richard en Leprince, 1982]:
affiniteit anionwisselaar:



affiniteit kationwisselaar:
 $\text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$

Het principe van belading en regeneratie van anionwisselaars en kationwisselaars is weergegeven in afb. 1.

2.2. Principe CARIX

In een mengbed van ionenwisselaars, waarbij de kationwisselaar in de H⁺ vorm en de anionwisselaar in de HCO₃⁻ vorm aanwezig is, worden tegelijkertijd anionen en kationen gewisseld tegen respectievelijk HCO₃⁻ en H⁺. De regeneratie vindt plaats met een onder druk verzadigde CO₂-oplossing waarin relatief hoge concentraties H⁺- en HCO₃⁻-ionen

aanwezig zijn. Beide wisselaars worden in principe tegelijk geregeneerd (zie afb. 2). De overmaat CO₂ kan door drukverlagen worden teruggewonnen (met een vacuümontgasser). Hierdoor is het proces milieuvriendelijk gemaakt ten opzichte van conventionele ionenwisseling, doordat nu geen overmaat regeneratiezout geloosd wordt maar slechts de uitgewisselde an- en kationen.

CARIX is oorspronkelijk ontwikkeld voor gecombineerde hardheid- en sulfaat-reductie. Regeneratie met onder druk verzadigde CO₂-oplossing is in deze situatie voldoende.

Voor regeneratie van met nitraat beladen hars is de regeneratiemethode onvoldoende en wordt voor regeneratie van de anionhars Akdolythdraat

(Ca(OH)₂, MgO, CaCO₃) toegevoegd ter verhoging van de pH (en hiermee de HCO₃⁻-concentratie) in de regenerant [Höll und Kiehling, 1981; Höll und Kiehling, 1982]. Tijdens deze regeneratie wordt de kationhars verder beladen door Ca²⁺ en Mg²⁺ in de regenerant, afkomstig van Akdolythdraat (AH) zodat een tweede regeneratiestap (met verzadigde CO₂-oplossing) noodzakelijk is. Het processchema is weergegeven in afb. 3.

WABAG verwachtte dat met CARIX een nitraatreductie van 75 mg/l naar minder dan 25 mg/l was te bewerkstelligen.

3. Doel van het onderzoek

In eerste instantie is een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar gecombineerde sulfaat- en hardheidsreductie (te Heerlen) en gecombineerde nitraat- en hardheidsreductie (te Schimmert en Boxmeer). De globale watersamenstelling en de streefwaarden van de te bereiken watersamenstellingen na behandeling met het CARIX-proces zijn samengevat in tabel I. Overige randvoorwaarden zijn geweest:

- een looptijd van minimaal 35 BV (bedvolumes);
- regeneratie met maximaal 5 BV;
- regeneratiedruk maximaal 5 atm.

De resultaten van het onderzoek worden besproken in 5.1.

In tweede instantie zijn effecten van

TABEL I – Watersamenstellingen en streefwaarden.

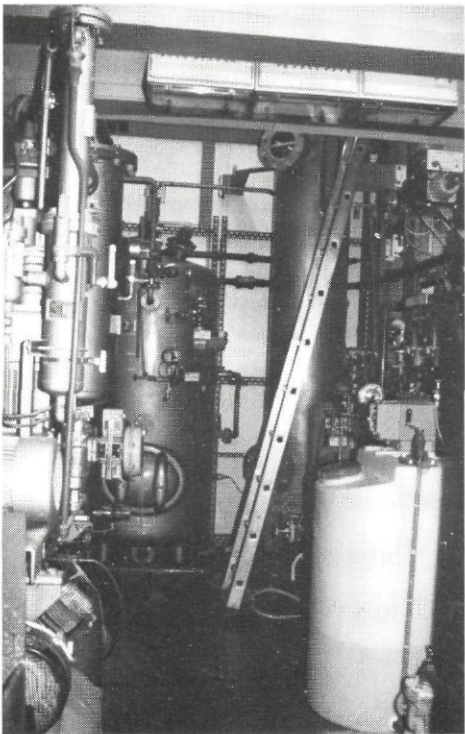
Lokatie	Parameter	Influent	Streefwaarde	Norm
Heerlen	TH ¹ (mmol/l)	5,6	1,5-2,0	1,5-2,0
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	–	–	50
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	400	–	–
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	260	< 150	150
Schimmert	TH (mmol/l)	3,6	1,5	1,5-2,0
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	75 ²	< 25	50
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	330	–	–
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	42	–	150
Boxmeer	TH (mmol/l)	3,1	1,5	1,5-2,0
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	50 ²	< 25	50
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	320	–	–
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	120	–	150

¹ TH = totale hardheid

² gedoseerd tot 75 mg/l respectievelijk 50 mg/l.

TABEL II – Dimensies CARIX-proefinstallatie.

diameter kolom	0,50 m
kolomhoogte	6,50 m
volume hars (totaal)	800 l
volume koolzuurverzadigingsvat	1 m ³
druk koolzuurverzadigingsvat	7 atm
volume AH-vat	800 l
diameter vacuümontgasser	0,2 m
hoogte vacuümontgasser	0,8 m
druk vacuümontgasser	1 atm



Afb. 4 – Interieur CARIX proefinstallatie.

procesvariabelen op de verwijdering van nitraat onderzocht (te Schimmert). Hierbij zijn looptijd, regeneratiemethode, regeneratietijd en harsverhouding gevarieerd. De resultaten van dit onderzoek worden besproken in 5.2.

4. Experimentele opzet

Door WABAG is een proefinstallatie ter beschikking gesteld. Deze installatie is

geplaatst in drie containers en voorzien van een uitgebreide automatisering waarmee de gehele procesvoering wordt gestuurd [Höll *et al.*, 1986]. De debieten en (regeneratie)tijden zijn te variëren. De installatie is opgebouwd uit een ionenwisselingskolom, een koolzuurverzadigingsvat, een koolzuurvoorraadtank, een voorraadtank voor Akdolythdraatsuspensie (AH), een vacuümontgasser en monitorsysteem voor pH, nitraat, geleidbaarheid. Het proces wordt gestuurd met een PLC. In tabel II zijn de dimensies van de verschillende componenten weergegeven. De ionenwisselingskolom wordt tijdens bedrijf neerwaarts doorstroomd (1,5-2,5 m³/h). De kolom is gevuld met 800 liter hars. Tijdens regeneratie wordt de kolom opwaarts doorstroomd. Afb. 4 geeft een indruk van de proefinstallatie. Omdat het rendement van de gebruikte vacuümontgasser minder goed is dan in een praktijkinstallatie mogelijk is, is geen indruk verkregen over het verbruik van CO₂.

5. Resultaten en discussie

5.1. Haalbaarheidsstudie Heerlen, Schimmert en Boxmeer

Voor de sulfaatverwijdering en hardheidverwijdering te Heerlen is uitgegaan van de adviezen van WABAG. De ionenwisselingskolom was gevuld met 400 liter anionhars (type IRA 494) en 400 liter kationhars (type IRC 50) (harsverhouding 1:1). De superficiële snelheid was 12,5 m/h en de looptijd bedroeg 35 BV.

Regeneratie van de hars werd gerealiseerd door 5 BV van een met CO₂ verzadigde oplossing onder druk (5 bar) door de ionenwisselaar (opwaarts) te leiden. Tijdens belading werd na 23 BV de sulfaatconcentratie groter dan 150 mg/l (streefwaarde). Na 35 BV is 0,24 eq sulfaat per liter hars aan de ionenwisselaar gebonden. Dit komt neer op een

beladingspercentage van de hars van slechts 19% ten opzichte van de maximale capaciteit. Na 17 BV treedt een duidelijke chloridedoorslag op en stijgt de chlorideconcentratie tot boven de influentconcentratie (C/C₀ > 1). Deze doorslag wordt veroorzaakt doordat chloride door sulfaat van de hars wordt verdrongen. De totale hardheid wordt in het begin van de belading gereduceerd met 68% (tot 2 mmol/l). Na 16 BV is de reductie van de totale hardheid gedaald tot circa 50% (3,1 mmol/l). Na 35 BV is de kationhars voor 80% beladen met Ca²⁺ en Mg²⁺. De totale hardheid wordt onvoldoende gereduceerd. Door de zeer hoge hardheid van het te behandelen water is de lekstroom in het begin van de looptijd even groot als de streefwaarde (2 mmol/l). De resultaten zijn weergegeven in afb. 5.

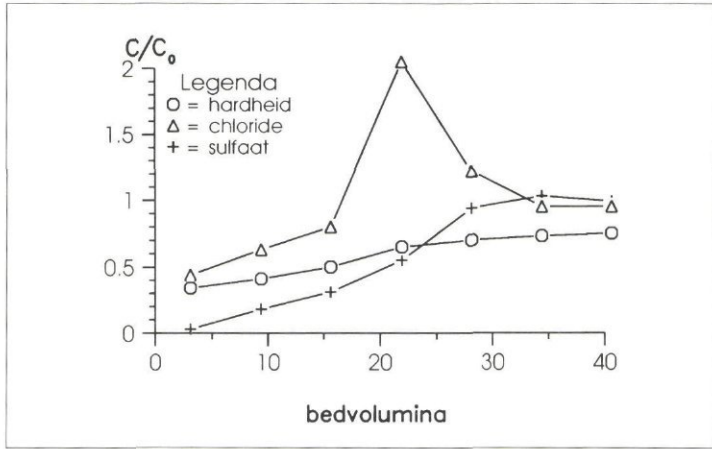
Schimmert

De beste resultaten met nitraatverwijdering zijn bereikt bij een belading gedurende 35 BV, een superficiële snelheid van 7,5 m/h (bij hogere snelheden traden diffusieproblemen op) en een harsverhouding van 2:1 om meer anionen te kunnen wisselen (anionhars type IRA 458; kationhars type IRC 50). De regeneratie werd gerealiseerd door met een AH-suspensie (2,5 g/l) met CO₂ verzadigd (onder 5 bar), gedurende 3,4 BV de ionenwisselaar opwaarts te doorstromen ter regeneratie van de anionhars. De kationhars werd vervolgens geregenereerd door 2,2 BV met CO₂ verzadigd water de ionenwisselaar te doorstromen.

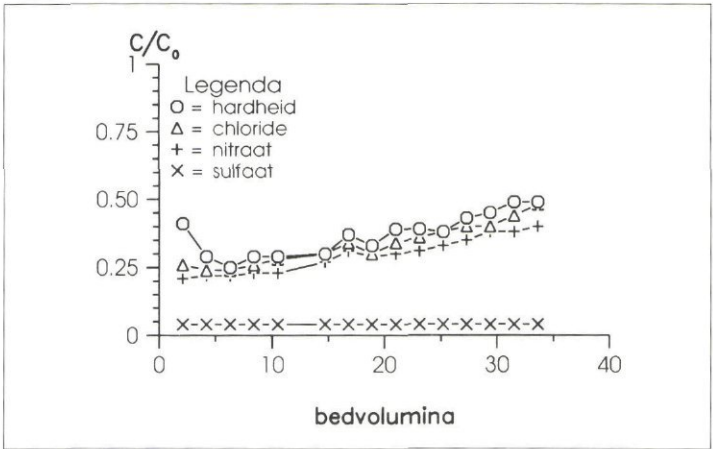
De nitraatreductie in het begin van de belading bedraagt bijna 76% (tot 18 mg/l), na 35 BV is de nitraatreductie circa 56% (tot 34 mg/l). De anionhars is na 35 BV voor slechts 2,6% met nitraat beladen. Een chloridedoorslag treedt niet op door de veel lagere sulfaatconcentratie, waardoor het in Heerlen waargenomen verdringingseffect niet optreedt. Het in het water aanwezige sulfaat wordt geheel verwijderd. De totale hardheid wordt in het begin van de belading verwijderd met 75%. Na 35 BV is de reductie nog 51% (0,88 mmol/l tot 1,73 mmol/l). De kationhars is na 35 BV voor 5% beladen. De resultaten zijn weergegeven in afb. 6.

Boxmeer

Te Boxmeer is gekozen voor een harsverhouding van 2:1 om meer anionen (nitraat) te kunnen wisselen (anionhars type IMAC HP 494; kationhars type IMAC HP 334), de superficiële snelheid was 7,5 m/h om diffusieproblemen te voorkomen, de hars is met 40 BV beladen. De regeneratie is gerealiseerd door de



Afb. 5 - Beladingsfase CARIX te Heerlen, het te behandelen water heeft een totale hardheid van 5,6 mmol/l, bevat 41 mg/l chloride en 240 mg/l sulfaat.



Afb. 6 - Beladingsfase CARIX te Schimmert, het te behandelen water heeft een totale hardheid van 3,6 mmol/l, bevat 49 mg/l chloride, 76 mg/l nitraat en 55 mg/l sulfaat.

ionenwisselaar opwaarts te doorstromen met 3 BV AH suspensie, met CO₂ verzadigd (2,5 g/l, 5 bar) gevolgd door 2 BV verzadigde CO₂ oplossing (5 bar). Gedurende 40 BV werd sulfaat verwijderd tot gemiddeld 20 mg/l (zie afb. 7). De anionhars werd hierdoor voor 11% beladen met sulfaat. Nitraat wordt in het begin van de belading verwijderd met 70% (tot 15 mg/l), na 30 BV bedroeg de reductie nog 50% (tot 25 mg/l). Na 40 BV is de anionhars voor 2,3% beladen met nitraat. De totale hardheid wordt in het begin van de belading verwijderd met 80% (tot 0,8 mmol/l). Na 40 BV bedroeg de totale hardheidsverwijdering 60% (tot 1,2 mmol/l). De kationhars was na 40 BV voor 19% beladen met Ca²⁺ en Mg²⁺.

5.2. Optimalisatie te Schimmert

5.2.1. Invloed van de looptijd op de nitraatverwijdering

Bij dezelfde regeneratie- en beladingsomstandigheden is gevarieerd met de looptijd tussen 30 en 40 BV. Verkorting van de looptijd blijkt enige verbetering te geven in de verwijdering van nitraat en

totale hardheid. Een kortere looptijd geeft minder belading waardoor bij dezelfde regeneratie minder nitraat-, calcium- en magnesiumionen op de hars achter zullen blijven en de lekstromen van deze ionen direct na regeneratie tijdens de belading lager zullen zijn. Verkorting van de beladingsfase geeft echter een relatief hoger waterverbruik voor regeneratie. Bij regeneratie met 5 BV en een looptijd van 30 BV wordt 16,7% van het geproduceerde water voor regeneratie gebruikt.

5.2.2. Invloed superficiële snelheid

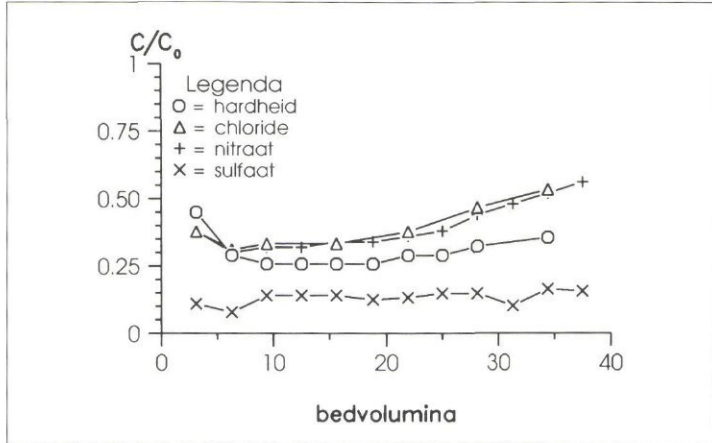
De superficiële snelheid kan invloed hebben op het wisselingsproces als de kinetiek de beperkende factor is. Uit experimenten bleek dat verlaging van de superficiële snelheid een verbetering in de verwijdering tot gevolg had (zie afb. 8). Bij gelijkwaardige ionenwisselaars, geregenereerd met NaCl of NaOH speelt de kinetiek geen rol tot superficiële snelheden van 40 m/h (Rohm en Haas). Een mogelijke reden kan zijn dat CaCO₃ neerslag zich op de hars afzet tijdens

regenereren, zodat diffusie door deze laag het wisselingsproces beïnvloedt.

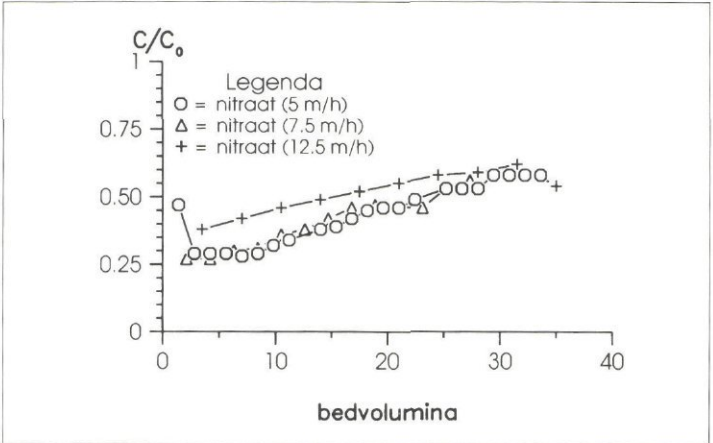
5.2.3. Invloed regeneratie

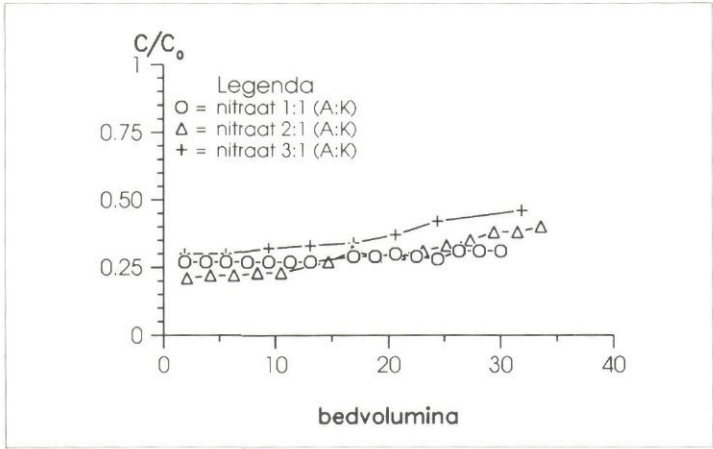
In de regeneratie kunnen verschillende parameters worden gevarieerd: de concentratie AH, het aantal BV AH en het aantal BV CO₂ waarmee geregenereerd wordt. Om enigszins verantwoord te regenereren is met maximaal 5 BV geregenereerd (regenerant is 14,3% van het geproduceerde water bij een belading met 35 BV). Verhoging van de concentratie en hoeveelheid AH heeft een verbetering in de regeneratie van de anionhars tot gevolg. Omdat door AH de kationhars tijdens regeneratie verder met Ca²⁺ wordt beladen, wordt de kationhars minder goed geregenereerd. Een verhoging van de hoeveelheid AH van 3,4 BV naar 4,5 BV geeft een verbetering van de regeneratie van de anionhars en mogelijk een verdere belading van de kationhars. Na de verhoging van de hoeveelheid AH tijdens regenereren wordt tijdens beladen 6% meer nitraat en 1,3% meer hardheid uit het water

Afb. 7 - Beladingsfase CARIX te Boxmeer, het te behandelen water heeft een totale hardheid van 3,2 mmol/l, bevat 48 mg/l chloride, 75 mg/l nitraat en 120 mg/l sulfaat.

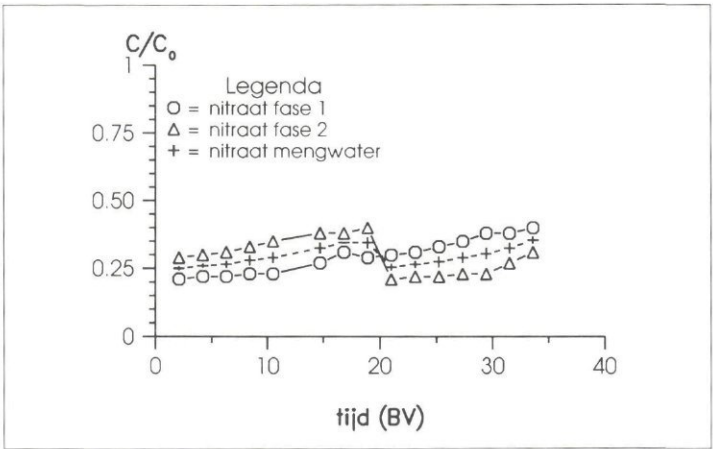


Afb. 8 - Invloed superficiële snelheid op de nitraatverwijdering, de samenstelling van het te behandelen water is dezelfde als in afb. 6.





Afb. 9 - Invloed van verhogen van de verhouding A:K, de samenstelling van het te behandelen water is dezelfde als in afb. 6.



Afb. 10 - Effluent nitraatconcentratie van een praktijkinstallatie, de samenstelling van het te behandelen water is dezelfde als in afb. 6.

verwijderd. Verhoging van de hoeveelheid CO₂ waarmee wordt geregenereerd geeft voornamelijk een verbetering van de regeneratie van de kationhars waardoor een grotere hardheidsreductie wordt bereikt. Een verhoging van de hoeveelheid CO₂ ter regeneratie van 2,2 tot 3,4 BV resulteert in een verhoging van de hardheidsreductie van 12%.

5.2.4. Invloed harsverhouding
Als relatief meer anionhars wordt toegepast is de verwachting dat de wisseling van anionen (vooral nitraat) verbetert. Dit effect blijkt niet altijd op te treden. Als namelijk de HCO₃⁻ concentratie in het te behandelen water hoog is, zal de anionwisseling op een bepaald moment niet meer verlopen als de in de waterfase aanwezige anionen (nitraat, bicarbonaat) in evenwicht zijn met die op de hars [Clifford en Weber, 1978; Clifford, 1983]. Doordat met de wisseling van kationen een gedeelte van de HCO₃⁻ ionen in de waterfase geneutraliseerd wordt door het vrijkomen van H⁺ ionen van de kationhars daalt de HCO₃⁻ concentratie in de waterfase en is verdere anionwisseling mogelijk.

Een relatief hoge hoeveelheid kationwisselaar verbetert hier dus de nitraatverwijdering door het wegnemen van HCO₃⁻ ionen uit de waterfase door neutralisatie met H⁺ uit de kationwisseling. Dat dit effect werkelijk optreedt, wordt geïllustreerd in afb. 9.

6. Betekenis voor de praktijk

Voor de situatie dat besloten wordt om op de lokaties waar het onderzoek heeft plaatsgevonden CARIX toe te passen voor de behandeling van 500 m³/h water zijn de procesgegevens bepaald op basis van de deelrapportages van de experimenten

[Kappelhof *et al.*, 1989; Kappelhof en Van der Hoek, 1990]. Deze zijn vermeld in tabel III. Gekozen is voor een installatie met minimaal drie ionenwisselingskolommen waarvan altijd één in de regeneratiefase verkeert en de andere twee worden beladen. Hierdoor wordt de variatie in de effluentkwaliteit door doorslag van nitraat-, sulfaat- of totale hardheid gedeeltelijk vermeden. Voor nitraat is de effluentconcentratie van de installatie gegeven in afb. 10. Per drie ionenwisselingskolommen wordt één regeneratie-unit gebruikt, bestaande uit een verzadigingsvat voor CO₂ (grootte circa 1 bedvolume), een vat voor de AH-suspensie (grootte circa 1 bedvolume), een vacuümontgasser voor de terugwinning van CO₂ uit de regenerant en een vacuümontgasser voor de terugwinning van CO₂ uit het effluent.

7. Conclusies

Uit de resultaten van het onderzoek naar de haalbaarheid van CARIX voor gecombineerde sulfaat- en hardheidsreductie (te Heerlen) blijkt:
– dat een zeer hoge sulfaatconcentratie (260 mg/l) goed tot minder dan 150 mg/l is te reduceren;
– dat de hardheid echter niet in voldoende mate is te reduceren (van 5,6 mmol/l naar 2,2 mmol/l).
Uit de resultaten van het onderzoek naar de haalbaarheid van CARIX voor nitraatverwijdering (te Schimmert en Boxmeer) blijkt:
– dat met een goede regeneratie nitraat van 75 mg/l naar minder dan 25 mg/l gereduceerd kan worden;
– dat de hardheid (3,6 mmol/l) van dit water naar circa 1 mmol/l kan worden gereduceerd.

TABEL III – Procesgegevens voor een 500 m³/h installatie op twee lokaties.

Lokatie		Heerlen	Schimmert/Boxmeer
aantal ionenwisselaars		3	3
volume ionenwisselaars	m ³	160	266
hoogte ionenwisselaar	m	2	2
diameter ionenwisselaar	m	5,8	7,5
verhouding A:K ¹		1	2
superficiële snelheid	m/h	12,5	7,5
ruw water	NO ₃ ⁻	–	75
	SO ₄ ²⁻	250	42
	HCO ₃ ⁻	400	320
	TH	5,6	3,5
effluent	NO ₃ ⁻	–	25
	SO ₄ ²⁻	100	< 5
	HCO ₃ ⁻	220	195
	TH	2	1
verbruik CO ₂			
verbruik AH	kg/h	–	83
volumestroom brijn	m ³ /h	71	71
samenstelling brijn:	NO ₃ ⁻	–	360
	SO ₄ ²⁻	1.080	300
	HCO ₃ ⁻	1.285	893
	TH	25,7	17,8
	AH	–	1.170

¹ A:K = anionwisselaar: kationwisselaar

² Afhankelijk van bedrijfsvoering

De regeneratie is slecht (5%-15%) wanneer CARIX voor nitraatverwijdering wordt gebruikt.

Na een belading van 35 BV wordt de ionenwisselaar geregenereerd met in totaal 5 BV regenerant. In vergelijking met conventionele ionenwisseling [Rogalla *et al.*, 1990] en ionenwisseling volgens het gecombineerde ionenwisseling/biologische denitrificatieproces [Van der Hoek *et al.*, 1988] is de looptijd zeer kort en hiermee het waterverbruik (voor regeneratie) hoog. In deze processen worden looptijden tot meer dan 400-500 bedvolumes gerealiseerd.

Een redelijke regeneratie (80% voor de kationhars, 19% voor de anionhars) wordt gerealiseerd wanneer CARIX voor de behandeling van sulfaatrijk (en hard) water wordt toegepast. De overmaat CO₂ kan met een vacuümontgasser gedeeltelijk worden teruggewonnen. Dit was echter met de gebruikte proefinstallatie slechts in beperkte mate mogelijk. Een goede indruk van het CO₂ verbruik is hierdoor niet verkregen. Als wel nitraat verwijderd moet worden is, omdat nitraat moeilijker dan sulfaat van de hars is te verwijderen, een toevoeging van Akdolythdraat aan de regenerant voor de regeneratie van de anionhars noodzakelijk. Deze toevoeging wordt samen met de van de hars verwijderde ionen geloosd.

Uit de afhankelijkheid van de nitraatverwijdering van de superficiële snelheid lijkt dat tijdens de regeneratie CaCO₃ zich op de hars afzet waardoor het wisselingsproces wordt beïnvloed.

Verhoging van de hoeveelheid regenerant geeft een verbetering van de regeneratie. Als meer AH wordt gebruikt, wordt de regeneratie van de anionhars beter, maar van de kationhars slechter. Bij regeneratie met meer CO₂ wordt de regeneratie van de kationhars beter. De beste resultaten zijn bereikt bij regeneratie met 3 BV met 2,5 g/l AH (in verzadigde CO₂-oplossing) gevolgd door 2 BV verzadigde CO₂-oplossing.

Met de regeneratie wordt 15% tot 12% van de anionhars geregenereerd en 10% tot 80% (respectievelijk met en zonder toevoeging van Akdolythdraat) van kationhars. Dit betekent dat toepassing van CARIX in de praktijk zal leiden tot relatief omvangrijke installaties.

De afvalstroom zal circa 12,5% van het te behandelen water bedragen.

Verantwoording

Het in dit artikel beschreven onderzoek is uitgevoerd in het kader van het VEWIN speurwerkproject 'Processen voor de verwijdering van nitraat uit grondwater'. Het onderzoek is in de periode van

januari tot december 1989 verricht en begeleid in een samenwerkingsverband tussen de NV Waterleiding Maatschappij Limburg, de NV Waterleiding-maatschappij Oost-Brabant, de Stichting Waterleidinglaboratorium Zuid en KIWA. De uitvoering van de experimenten is door de NV Waterleiding Maatschappij Limburg en de NV Waterleiding-maatschappij Oost-Brabant verzorgd. De analytische ondersteuning is verzorgd door de Stichting Waterleidinglaboratorium Zuid. De verwerking van de resultaten en de rapportages zijn verzorgd door KIWA.

Literatuur

- Beek, C. G. E. M. van (1984). *Nitraat in het onttrokken grondwater; In: Nitraat en drinkwatervoorziening*. KIWA mededeling nr. 84, Nieuwegein, pp. 13-39.
- Beek, C. G. E. M. van, Hettinga, F. A. M. en Baggelaar, P. K. (1990). *Onderzoek naar trendmatige veranderingen in de kwaliteit van het grondwater onttrokken door de Nederlandse waterleidingbedrijven*. KIWA rapport SWE 90.013.
- Clifford, D. (1983). *Breakthrough predictions in multicomponent ion exchange processes for nitrate removal; In: Physicochemical methods for water and waste water treatment*, edited by L. Pavlozeski. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam-Oxford-New York, pp. 179-211.
- Clifford, D. and Weber Jr., W. J. (1978). *Multicomponent ion exchange process with land disposable regenerant*. Industrial Water Engineering 15, pp. 18-26.
- Feuerstein, W., Höll, W., Kretzschmar, W., und Hagen, K. (1985). *Feldversuche mit dem CARIX-Verfahren zur Verminderung von Nitrat, Sulfat und Härte*. Wasser Abwasser, Heft 7, pp. 343-349.
- Hoek, J. P. van der, Ven, P. J. M. van der and Klapwijk, A. (1988). *Combined ion exchange/biological denitrification for nitrate removal from ground water under different process conditions*. Water Research, vol. 22, pp. 679-684.
- Höll, W. and Kiehling, B. (1981). *Regeneration of anion exchange resins by calciumcarbonate and carbon dioxide*. Water Research, vol. 15, pp. 1.027-1.034.
- Höll, W. und Kiehling, B. (1982). *Regeneration eines Ionenaustauschermischbetts mit CO₂ zur Teilentsalzung von Trinkwasser*. Vom Wasser 59, pp. 207-220.
- Höll, W., Kretzschmar, W. und Hagen, K. (1986). *Umweltfreundliche Teilentsalzung von Trinkwasser*. GIT, Fachzeitschrift für das Laboratorium, lab 30, pp. 307-314.
- Kappelhof, J. W. N. M., Hoek, J. L. van der en Hijnen, W. A. M. (1989). *Nitraat-, sulfaat- en hardheidsverwijdering met het CARIX proces*. KIWA rapport SWE 89.031.
- Kappelhof, J. W. N. M. en Hoek, J. P. van der (1990). *Nitraatverwijdering met het CARIX proces te Schimmert*. KIWA rapport SWE 90.010.
- Richard, Y. & Leprince, A. (1982). *Pollution par les nitrates: traitements disponibles*. Tribune Cebedeau 35, pp. 21-33.
- Rogalla, F., Larminat, G. de, Coutelle, J. and Godart, H. (1990). *Experience with nitrate removal methods from drinking water*; Nato Advanced Research Workshop 'Nitrate contamination: Exposure, consequences and control'. 10-14 September 1990, University of Nebraska Lincoln.
- Rohm and Haas. *Technical leaflet acrylic strong base anion exchange resins*. Type Amberlite: IRA 458, IRA 458L, IRA 458RF, IRA 458S.

Gemeentewaterleidingen Amsterdam draagt Gooisch natuurgebied over

In het kantoor van de Stichting Gooisch Natuurreservaat in Hilversum vond op 20 december jl. de eigendomsoverdracht plaats van het natuurgebied Pompstation Westerveld. De gemeente Amsterdam droeg het gebied over aan de Stichting Gooisch Natuurreservaat. Het natuurgebied dat door Gemeentewaterleidingen van Amsterdam voor de winning van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening werd gebruikt is hiermee definitief waterwingebied af. Daarmee levert Gemeentewaterleidingen als eerste een actieve bijdrage aan de vermindering van de grondwateronttrekking in het Gooi. De Stichting Gooisch Natuurreservaat heeft het 156.883 m² grote gebied voor een bedrag van f 196.000,- aangekocht. De akte van overdracht is namens de gemeente Amsterdam ondertekend door de wethouder van de Nutsbedrijven drs. P. Jonker en namens de Stichting Gooisch Natuurreservaat door de (scheidende) voorzitter van bestuur drs. R. J. de Wit. De Stichting Gooisch Natuurreservaat is al eigenares van de grote percelen bos en heide die aan twee zijden aansluiten op het terrein. Het met bos bedekte natuurgebied is een goede aanvulling op het reeds aanwezige bezit van de stichting. Het ligt in de bedoeling het terrein, na een aanpassingsperiode, voor het publiek open te stellen. Met de genoemde stichting is overeengekomen dat zij voor haar rekening en risico zorgt voor de sloop van de zich op het terrein bevindende gebouwen en de bijbehorende installaties.

De gemeente Amsterdam kwam bij annexatie van een deel van de gemeente Nieuwer-Amstel in 1896 in bezit van het natuurgebied en het pompstation Westerveld dat in 1888 was gebouwd.