

BTO 2004.019
Juli 2004

Ionenwisseling als alternatief voor korrelreactoren en andere toepassingen

Literatuuronderzoek en evaluatie van gesprekken met
leveranciers en eindgebruikers

BTO 2004.019
Juli 2004

Ionenwisseling als alternatief voor korrelreactoren en andere toepassingen

Literatuuronderzoek en evaluatie van gesprekken met
leveranciers en eindgebruikers

© 2004 Kiwa N.V.
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.

Opdrachtgever
College van Opdrachtgevers BTO

Projectnummer
111527.080

ISBN

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Ionenwisseling als alternatief voor korrelreactoren
en andere toepassingen

Projectnummer

11.1527.080

Projectmanagers

Gerard van Houwelingen (DHV)
Erwin Beerendonk (Kiwa)

Kwaliteitsborgers

Joost Kappelhof, Bas Heijman (Kiwa)

Auteurs

Michel Riemersma , Jan Post (DHV)
Wolter Siegers (Kiwa)

Bijdragen

Ron Jong (Vitens)
Gert Reijnen (WML)

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Samenvatting

Voor ontharding van drinkwater in Nederland wordt veelal gebruik gemaakt van korrelreactoren. De keuze voor pelletontharding in plaats van ontharding door ionenwisseling is ingegeven door het relatief hoge chemicaliënverbruik en de afvalproblematiek bij ionenwisseling. Bij grootschalige toepassingen is pelletontharding bovendien financieel aantrekkelijker. De komende jaren moet in Nederland op een aantal locaties nog ontharding van drinkwater worden gerealiseerd. Het gaat daarbij vooral om kleinschalige toepassingen (kleiner dan 3 miljoen m³/jaar). In dergelijke situaties kan ionenwisseling interessanter zijn als techniek voor ontharding dan pelletontharding. Daarnaast hebben de waterleidingbedrijven ook op andere terreinen belangstelling voor ionenwisseling. Het gaat hierbij voornamelijk om kleur- en nitraatverwijdering.

Het doel van dit deelrapport is het weergeven van de stand der techniek en de meest recente ontwikkelingen op het gebied van ionenwisseling voor de bereiding van drinkwater. Hiertoe zijn twee leveranciers uitgenodigd voor een toelichting (Purolite en Rohm & Haas), is een industriële eindgebruiker bezocht en is recente literatuur geraadpleegd.

Geconcludeerd kan worden dat er een goed beeld is verkregen van de huidige stand der techniek. Tevens kan worden gesteld dat er voor de inzet van ionenwisseling voor ontharding op korte termijn nauwelijks nieuwe ontwikkelingen worden verwacht omdat de huidige harsen voldoen. Voor de verwijdering van andere ongewenste parameters (kleur, nitraat, zware metalen) zijn tevens geschikte ionenwisselingsharsen beschikbaar.

Gesignaleerde nieuwe ontwikkelingen zijn:

- Een hars waarmee bestrijdingsmiddelen kunnen worden verwijderd, vergelijkbaar met actieve kool;
- Een hars met een inerte kern met een hogere reactiesnelheid;
- Verbeteringen van de procesvoering door aanpassingen in de hardware.

De volgende onderdelen verdienen nu de nodige aandacht:

- Een gedegen kostenvergelijking tussen ontharding met ionenwisseling, pelletreactoren en nanofiltratie. Hierop wordt ingegaan in het tweede deelrapport, welke verschijnt medio juli 2004.
- Lozing/verwerking/hergebruik van de regeneratievloeistof. Hierop wordt ingegaan in het derde deelrapport welke verschijnt medio september 2004.
- Het verkrijgen van een Kiwa-ATA zodat de betreffende hars ingezet kan worden bij de bereiding van drinkwater.

Inhoud

	Samenvatting	1
	Inhoud	2
1	Inleiding	4
2	Ionenwisseling: toepassingen en ontwikkelingen	6
2.1	Algemene principes van ionenwisseling	6
2.1.1	Ionenwisseling	6
2.1.2	Regeneratie	8
2.2	Praktijk van ionenwisseling	11
2.2.1	Harskeuze	11
2.2.2	Vergelijking van harsleveranciers	11
2.2.3	Praktijkervaringen	13
2.3	Toepassingen ionenwisseling in drinkwater	15
2.3.1	Mogelijke toepassingen	15
2.3.2	Drinkwaterspecifieke aandachtspunten	16
3	Ontharding met ionenwisseling	18
3.1	Type ionenwisselaar	18
3.2	Proces ionenwisseling en regeneratie	19
3.3	Hergebruik regeneratievloeistof	21
3.4	Kosten	21
3.5	Nabehandeling	22
3.6	Toepassing voor drinkwater	22
4	Overige toepassingen ionenwisseling	24
4.1	Nitratverwijdering met ionenwisseling	24
4.2	Kleur/TOC/AOC-verwijdering met ionenwisseling	27
4.3	Ontwikkelingen toepassingen	29
4.3.1	Verwijdering van bestrijdingsmiddelen	29
4.3.2	Verwijdering van arsenaat	30
4.3.3	Verwijdering van bromide	30
4.3.4	Verwijdering van zware metalen	30
4.3.5	Verwijdering van restijzer	31
5	Conclusies	33
6	Literatuur	34
I	Presentatie Purolite	36

1 Inleiding

Ionenwisseling als alternatief voor pelletontharding

In het kader van het Bedrijfstakonderzoek (BTO) voor de Nederlandse waterleidingbedrijven is een project gestart waarin voornamelijk wordt gekeken naar de mogelijkheden voor ontharding van drinkwater met ionenwisseling.

Voor ontharding van drinkwater in Nederland wordt veelal gebruik gemaakt van korrelreactoren. De keuze voor pelletontharding in plaats van ionenwisseling is ingegeven door het relatief hoge chemicaliënverbruik en de afvalproblematiek bij ionenwisseling. Bij grootschalige toepassingen is pelletontharding bovendien financieel aantrekkelijker.

De komende jaren moet in Nederland op een aantal locaties nog ontharding van drinkwater worden gerealiseerd. Het gaat daarbij vooral om kleinschalige toepassingen (kleiner dan 3 miljoen m³/jaar), in een sommige gevallen met onzekere benuttingsgraad (onzekere drinkwater afzet). Verwacht wordt dat in dergelijke situaties ionenwisseling een interessante techniek is voor ontharding. In dit project willen de waterleidingbedrijven zowel het financiële omslagpunt, als de knelpunten ten aanzien van chemicaliënverbruik en afvalstoffen, bepalen op basis van *de huidige stand der techniek*.

Daarnaast hebben de waterleidingbedrijven aangegeven dat ook op andere terreinen meer belangstelling bestaat voor ionenwisseling. Het gaat hierbij voornamelijk om ionenwisseling voor ontkleuring, nitraatverwijdering en verwijdering van zware metalen. Ook bij deze toepassingen spelen vooral chemicaliënverbruik en regeneratieproblematiek een hoofdrol.

Dit deelrapport: huidige stand der techniek ionenwisseling

Het voorliggende rapport vormt het eerste deelrapport van dit BTO-onderzoeksproject. In dit deelrapport wordt de huidige stand der techniek en de meest recente ontwikkelingen op het gebied van ionenwisseling beknopt beschreven. Dit deelrapport vormt daarmee het uitgangspunt voor het gehele project. Het is de bedoeling om hierbij in hoofdzaak de aandacht te richten op toepassingen voor ontharding, nitraatverwijdering en ontkleuring. Andere toepassingen en ontwikkelingen komen zijdelings ter sprake.

Basis deelrapport: literatuur en informatie van harsleveranciers

Als startpunt voor het project heeft de projectgroep twee harsleveranciers, namelijk Purolite (Internatio) en Rohm & Haas, uitgenodigd voor een presentatie en bespreking. Aan de hand van deze besprekingen en literatuuronderzoek is dit deelrapport tot stand gekomen. De bij deze bespreking betrokken personen zijn weergegeven in het volgende overzicht.

Aanwezig	Organisatie	Purolite	Rohm & Haas
L. de Backer	Rohm & Haas		X
J. Bester	Rohm & Haas		X
L. Danon	Purolite	X	
ing. R.C.M. Jong	Vitens	X	X
ir. J.W.N.M. Kappelhof	Kiwa	X	X
ir. G.K. Reijnen	WML	X	X
ir. M.C. Riemersma	DHV		X
W.G. Siegers	Kiwa	X	X
ir. L.P. Wessels	DHV, thans Kiwa	X	X
drs. R. Wiersinga	Internatio (Purolite)	X	

Naast deze besprekingen hebben diverse projectgroepleden een bezoek gebracht aan een praktijkinstallatie van Coca Cola in Dongen (referentie van Rohm & Haas). Binnenkort wordt een excursie georganiseerd naar een referentie van Purolite.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 vormt het algemene kader, waarin de principes en technologische ontwikkelingen worden beschreven. In hoofdstuk 3 ligt de focus op ontharding met ionenwisseling. In hoofdstuk 4 worden de overige toepassingen van ionenwisseling zoals nitraatverwijdering en kleurverwijdering besproken. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies.

De handouts van de presentaties van Purolite en Rohm & Haas zijn toegevoegd in bijlage I en II.

2 Ionenwisseling: toepassingen en ontwikkelingen

2.1 Algemene principes van ionenwisseling

2.1.1 Ionenwisseling

Ionenwisseling is een processtap, waarbij ionen vanuit een oplossing reversibel gebonden worden aan het 'filtermateriaal' - de ionenwisselaarshars - en daarbij vervangen worden door een equivalente hoeveelheid van een ander ion met dezelfde lading (een zogenaamd tegenion), die door de ionenwisselaar wordt afgegeven. Het kan daarbij gaan om ionen met een positieve lading (kationen) of met een negatieve lading (anionen), waarvoor respectievelijk een kationwisselaar of een anionwisselaar wordt toegepast.

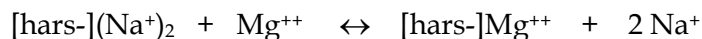
Ionenwisseling is een reversibel proces, er treedt geen wezenlijke verandering op in de structuur van de hars. De ionenwisselaar kan een zout, zuur of base zijn in vaste vorm die onoplosbaar is in water. Voor één equivalent van een ion dat uit de oplossing genomen wordt wordt één equivalent van een ander ion uit de hars vrijgemaakt en in de oplossing gebracht. Ieder ion kan in principe met een ionenwisselaar worden gewisseld. Daarnaast kunnen ook sommige, niet geladen, polaire stoffen met ionenwisselingsharsen worden verwijderd.

Er zijn twee hoofdtyperingen van ionenwisselaarreacties:

1. Sterkzure of sterkbasische ionenwisselaarreactie
2. Zwakzure of zwakbasische ionenwisselaarreactie

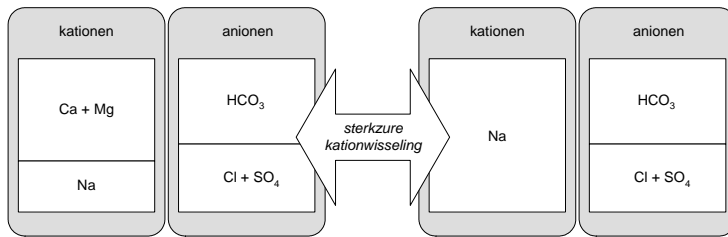
ad 1. Sterkzure of sterkbasische ionenwisselaarreactie

Bij dit type gaat het om de vervanging van een ion (bijvoorbeeld nitraat of calcium) door een ander ion (bijvoorbeeld chloride of natrium). De optredende reactie is (als voorbeeld is de verwijdering van magnesium door wisseling met natrium genomen):



Bovenstaande reactie is een sterkzure ionenwisselaarreactie. De hars zal steeds verder beladen worden met magnesiumionen, en in dat proces competitie ondervinden van andere ionen (zoals calcium, kalium etc).

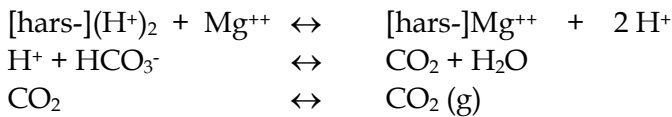
Indien een sterkzure kationwisselaar in de H^+ -vorm wordt gevolgd door een sterkbasische anionwisselaar in de OH^- kan water volledig ontzout worden. Alle verwijderde ionen worden namelijk gewisseld voor H^+ en OH^- die samen weer tot water vervallen.



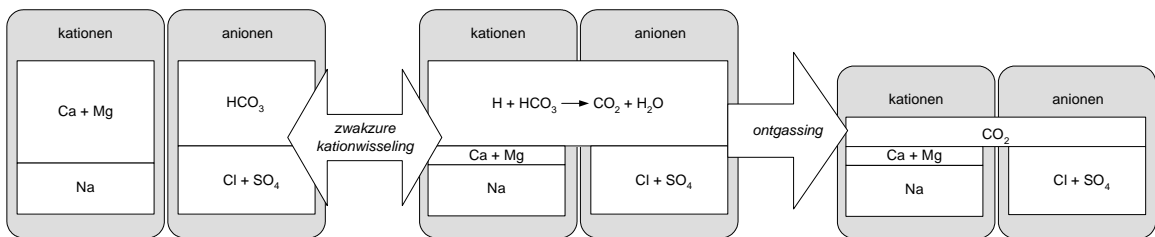
Figuur 1: Proces van sterkzure kationwisselingreactie

ad 2. Zwakzure of zwakbasische ionenwisselaarreactie

Bij dit type wordt een ion weliswaar vervangen, maar daarna treedt direct een chemische reactie op. De harsen wisselen voor het te verwijderen kation H^+ en de harsen voor het te verwijderen anion OH^- . De optredende reacties zijn:



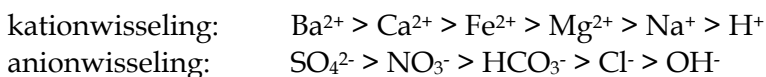
Bij *zwakzure kationwisselaars* kan de uitwisseling alleen plaatsvinden als het waterstofion kan reageren met een geconjugeerde base tot een zwakker zuur. De verwijdering van meerwaardige kationen wordt over het algemeen dus beperkt door de alkaliniteit (bicarbonaat, HCO_3^-). Na de ionenwisseling reageert het waterstofion direct met bicarbonaat tot koolzuur en water. Door uitdrijving van het koolzuur uit water (naar de gasfase) wordt een aflopende reactie verkregen.



Figuur 2: Proces van zwakzure kationwisseling

Selectiviteit

Een ionenwisselaar werkt volgens een bepaalde selectiviteit, die specifiek is voor ieder hars. Deze selectiviteit wordt opgegeven door de leverancier. Twee voorbeelden van zogenaamde affiniteitsreeksen van veel toegepaste ionenwisselaars zijn:



De selectiviteit van de ionenwisselaar is afhankelijk van de:

1. *specifieke groepen aan de hars*, waardoor sterische hindering ontstaat;
2. *valentie* (lading) van het ion, naarmate de lading hoger is, zal de affiniteit hoger zijn;
3. *massa* van het ion, naarmate de massa groter is, zal de affiniteit hoger zijn;
4. *diameter* van het ion.

Kwaliteit

De kwaliteit van het behandelde water (eluaat) is afhankelijk van de belasting van de ionenwisselaar en de staat van de hars (irreversibele vervuiling). In het eluaat zijn nog ionen aanwezig die niet uitgewisseld zijn, omdat deze onvoldoende tijd hebben gehad om uitgewisseld te worden. De reactiekinetiek is beperkend, daarom wordt deze doorslag het zogenaamde *kinetische ionenlek* genoemd.

Naast de kinetische ionenlek is er sprake van een zogenaamd *permanent ionenlek*, die het gevolg is van onvolledige regeneratie (zie par. 2.1.2). Door onvolledige regeneratie kan het zijn dat in de onderste laag van het bed de hars nog beladen is met bijvoorbeeld calciumionen. Tijdens de passage vindt dan in de bovenste lagen uitwisseling plaats, waardoor de concentratie van tegenionen (bijvoorbeeld natriumionen) in het water zodanig toeneemt dat in de onderste laag omgekeerde uitwisseling plaatsvindt. Dit verschijnsel wordt ook wel zelfregeneratie genoemd.

Door *verzadiging* van de hars (aan het einde van de looptijd) kan een ionenlek ontstaan, die de noodzaak tot regeneratie aangeeft.

2.1.2 Regeneratie

Na een zekere looptijd is de uitwisselingscapaciteit van de ionenwisselaar bereikt. De hars is verzadigd met te verwijderen ionen en heeft niet langer de mogelijkheid om uit te wisselen tegen de oorspronkelijke tegenionen. De ionenwisselaar zal echter blijven uitwisselen op grond van selectiviteit.

Op den duur zal dan bijvoorbeeld een calciumion worden uitgewisseld tegen een magnesiumion (in plaats van een waterstofion of natriumion). Deze situatie is uiteraard niet wenselijk, zodat de ionenwisselaar geregenereerd moet worden. Regeneratie vindt plaats door een sterk geconcentreerde oplossing met het tegenion door de wisselaar te leiden (2-10% zout, zuur of base). De evenwichtsreactie keert als gevolg van 'massawerking' om (hoge concentratie van het tegenion), zodat de hars weer wordt beladen met het tegenion.

De regeneratie is opgebouwd uit de volgende stappen:

1. Terugspoelen en/of (de)compacteren van het harsbed, afhankelijk van het ontwerp (bij compacte systemen geen opspoelen);
2. Opbrengen van regeneratiechemicaliën (regenerant);
3. Verdringen van regenerant uit het harsbed;
4. Naspoelen tot voldaan wordt aan vereiste waterkwaliteit.

Gelijkstroom of tegenstroom regeneratie

Het opbrengen van het regenerant kan *in gelijkstroom* of *in tegenstroom* worden uitgevoerd (co-current of counter-current). Een gelijkstroom regeneratie betekent eenvoudigweg dat de regeneratie in dezelfde stroomrichting wordt uitgevoerd ten opzichte van de bedrijfsfase en in tegenstroom in de tegengestelde richting.

Voordelen van gelijkstroom ten opzichte van tegenstroom regeneratie zijn:

- eenvoudige en robuuste uitvoering van de installatie;
- een langere contacttijd (> 20 minuten) is mogelijk, omdat geregenereerd kan worden met lage regeneratiesnelheid (geen bedexpansie);
- een scherper front tussen regenerant en verdringingswater, waardoor regenerant geconcentreerder wordt opgevangen (voor hergebruik) en water wordt bespaard (minder verdringingswater).

Nadelen van gelijkstroom ten opzichte van tegenstroom regeneratie zijn:

- risico op kanaalvorming (kortsluitstromen);
- mogelijk wisselende effluentkwaliteit door slechte regeneratie van de polijstzone (door zelfregeneratie, zie par. 2.1.1);
- niet verwijderen van afgevangen gesuspendeerd materiaal, zodat mogelijk hogere eisen moeten worden gesteld aan een eventuele voorzuivering of zodat separaat voorgespoeld moet worden;

Sterke ionenwisselaars: tegenstroom regeneratie

Aangezien bij sterkzure en sterkbasische ionenwisselaars sprake is van competitie heeft het de voorkeur om de harskolom in tegenstroom te regenereren. Het onderste gedeelte van de harskolom (de polijstzone) zal het minst beladen zijn, en wordt door de tegenstroom regeneratie het best geregenereerd. Hierdoor zal het effluent een constante goede kwaliteit bezitten (geen zelfregeneratie).

Zwakke ionenwisselaars: tegenstroom of gelijkstroom regeneratie

Zwak zure en zwak basische harsen worden bij regeneratie door sterke elektrolyten (HCl of NaOH) door een minieme overmaat heel goed geregenereerd zodat een tegenstroom regeneratie geen meerwaarde brengt. Bovendien bestaat er geen competitie, omdat bijvoorbeeld het waterstofion met bicarbonaat vervalt tot water en koolzuur. Het is meestal wel vereist dat het bed enigszins wordt opgespoeld om kanaalvorming op te heffen en eventuele vervuiling uit te spoelen. Bij voorkeur wordt de polijstzone niet teveel gemengd met het bed (ter voorkoming van zelfregeneratie).

Chemicaliënverbruik en waterverbruik regeneratiecyclus

De zwakke ionenwisselaars hebben over het algemeen een hogere regeneratie efficiency dan de sterke ionenwisselaars, zie Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Verbruik regeneratiechemicaliën [Water in de industrie, p. 42]

Type ionenwisseling	Regenerant	T (°C)	Contact-tijd (min)	Bedbelasting (BV/uur)	Verbruik gelijkstroom/tegenstroom (g/l hars)
Sterkzure kationwisseling	5 - 10 % NaCl	20	10 - 60	2 - 6	80 - 300 / 80 - 130
Zwakzure kationwisseling	3 - 6 % HCl 0,7 - 6 % H ₂ SO ₄	20	15 - 60	2 - 8	60 - 120 / 40 - 60 80 - 160 / 60 - 120
Sterkbasische anionwisseling	5 - 10 % NaCl	20	10 - 60	2 - 6	80 - 300 / 80 - 130
Zwakbasische anionwisseling	2 - 6 % NaOH	10 - 50	20 - 60	2 - 6	40 - 100 / 30 - 60

Het waterverbruik van een ionenwisselaar is afhankelijk van de regeneratiefrequentie (watersamenstelling, harskeuze) en systeemontwerp. Het waterverbruik kan variëren van < 0,5% (ontkleuring) tot 1 - 4% bij ontharding.

Tegenstroom regeneratie zorgt bij een goede engineering van het apparaat steeds voor een heel goede kwaliteit van het behandelde water. Het regeneratie niveau in dit geval, wordt voornamelijk beïnvloed door het economische aspect en de balans investeringskosten versus operationele kosten.

Bij gelijkstroom regeneratie wordt het regeneratieniveau (hoeveelheid regeneraat ten opzichte van theoretisch/ stoïchiometrisch benodigd zou zijn voor regeneratie) dikwijls opgedreven om voor een goede kwaliteit te zorgen met als gevolg hoge capaciteit, welke een kleinere investering zal vragen maar grotere operationele kosten.

Regeneraatverwerking

Elke ionenwisselaarsinstallatie genereert als afvalwater een effluent dat naast de uitgewisselde zouten, de overmatige regeneranten bevat. Deze afvalstroom wordt regeneraat genoemd.

Het regeneraat is moeilijk te lozen, met name indien het regeneraat niet kan worden gemengd met andere effluentstromen. Door menging kan het zure of basische regeneraat deels worden geneutraliseerd. Verder nabehandeling kan daaruit bestaan dat het gemengde regeneraat verder wordt geneutraliseerd met een zuur- of loogdosering.

Regeneraatverwerking en hergebruikopties worden in een separaat deelproject verder uitgewerkt.

2.2 Praktijk van ionenwisseling

2.2.1 Harskeuze

Er zijn diverse bedrijven die ionenwisselingharsen leveren. Bekende spelers zijn Rohm & Haas, DOW Chemicals, Bayer en Purolite.

De keuze voor een ionenwisselaarshars wordt bepaald door:

- het zuiveringsdoel van het ionenwisselingsproces (kationwisseling of anionwisseling, microporeus of macroporeus);
- de ruwwatersamenstelling (zwakke of sterke ionenwisseling, selectiviteit);
- prijs/kwaliteitverhouding: kostprijs ten opzichte van uitwisselingscapaciteit en technische levensduur van de hars;
- kwaliteitskeurmerk: absoluut achterwege blijven van migratie van 'vreemde' stoffen, materiaalkeuze en productieproces (met water gesulfoneerd).

Micro- en macroporeuze harsen

Klassieke gelharsen hebben natuurlijke poriën. Omdat deze gelharsen snel vervuild raken met organische stoffen in het ruwe water en niet bestendig zijn tegen bedrijfsvoering met hoge filtratiesnelheden, zijn de macroporeuze harsen ontwikkeld. Deze macroporeuze harsen zijn uitermate geschikt om grote moleculen te adsorberen (toepassing: kleurverwijdering).

Macroporeuze harsen onderscheiden zich door aard en toepassing van microporeuze harsen door een grotere zwellings als gevolg van uitwisseling.

Prijs, uitwisselingscapaciteit en levensduur

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de kostprijs en uitwisselingscapaciteit van micro- en macroporeuze harsen voor verschillende typen ionen.

Tabel 2.2: Prijsindicatie, uitwisselingscapaciteit en levensduur voor verschillende type ionen [presentatie leveranciers, 2004]

Type ion	Prijsindicatie (€/l _{hars})	Capaciteit (eq./l _{hars})	Levensduur (j)
Zwak zuur kation	6	3,5 - 4,2	10
Sterk zuur kation	2	1,4 - 2,2	10
Zwak basisch anion	5	1,4 - 2,0	6
Sterk basisch anion	5	1,2 - 1,5	6

2.2.2 Vergelijking van harsleveranciers

Van de genoemde leveranciers zijn voor dit project Rohm & Haas en Purolite geconsulteerd (zie hoofdstuk 1).

Purolite

Purolite (<http://www.purolite.com>) is het onderdeel van Internatio dat zich volledig focust op ionenwisselingsharsen. De omzet van Purolite bedraagt omstreeks 175 miljoen US \$. De markt van Purolite is wereldwijd met productielokaties in Amerika (Philadelphia), Roemenië (Victoria) en China (Chengguan). Purolite levert harsen op alle conventionele terreinen (ontharding, ontkleuring, nitraatverwijdering etc).

Speerpunt van Purolite zijn de zogenaamde macronets. Dit zijn harsen die relatief hydrofobe organische stoffen (zoals pesticiden) verwijderen en daarmee een concurrent zijn van actieve kool. Voordelen van de macronets boven actieve kool zijn een hogere adsorptiekinetiek en de mogelijkheid on-site te regenereren. Overigens bestaat de binding aan de hars voornamelijk uit adsorptie en niet uit ionenwisseling.

Purolite verstrekt op aanvraag en via internet het programma "Puredesign", waarmee met behulp van een te selecteren hars en de eigen ruwwater kwaliteit projectie-berekeningen gemaakt kunnen worden.

Rohm & Haas

Rohm & Haas (<http://www.rohmhaas.com>) is een groot internationaal bedrijf dat chemische producten produceert en verkoopt. Ionenwisseling valt onder "Chemical specialties" van Rohm & Haas en op ionenwisselingsgebied wordt 250 à 300 miljoen US \$ omgezet, waarvan 26% in Europa. Ook Rohm & Haas levert harsen op alle conventionele terreinen en beschikt over diverse productielokaties: Japan (Soma), China (Qingpu), Engeland (Jarrow), Frankrijk (Chauny) en Amerika (Philadelphia). Verder beschikt Rohm&Haas over drie R&D laboratoria in Frankrijk, Japan en Amerika.

Als speerpunten ziet Rohm & Haas drinkwater in het algemeen in Europa, en dan met name op het gebied van nitraatverwijdering. Andere toepassingen zijn arseenverwijdering (arsen in geoxideerde vorm) en selectieve boorverwijdering uit zeewater. Verder is Rohm & Haas van mening dat door het bieden van totaaloplossingen verkeerde toepassingen en keuzen kunnen worden voorkomen. Daartoe wordt niet alleen meer de hars geleverd maar het volledige systeem. Rohm & Haas heeft diverse product-eigen ontwerpen (Amberpack), waarbij de focus ligt op optimale procescondities (doorstroming, rendement van regeneratie).

Ontwikkelingen

Een interessant verschil tussen Purolite en Rohm & Haas is dat Purolite bij regenereren de harskorrels opspoelt, terwijl Rohm & Haas dit juist zoveel mogelijk voorkomt. Zo past Rohm & Haas in haar ontwerpen specifieke propstroomeigenschap-verbeterende zaken toe zoals een verdeelplaat bij de in- en uitgang van de wisselaar, platte deksels (om mengruimtes weg te

halen) en fixed beds. Bij dit laatste worden de harsen ingeklemd aan boven en onderkant om te voorkomen dat de harskorrels teveel mengen.

Purolite levert SST beads, een zeer kleine en uniforme harskorrel met een inerte kern. Het voordeel van deze SST beads is dat door de kleine diameter het diffusietransport wordt verkort. De reactiesnelheid wordt hierdoor groter, zodat het kinetische ionenlek lager is. De regeneratie wordt ook efficiënter (kortere regeneratiecycli, minder verdringingswater) en effectiever (betere regeneratie van de harsbed bij gelijke regenerant).

Kwaliteitskeurmerken

Beide leveranciers geven aan te leveren aan drinkwaterinstallaties in Duitsland, België, Frankrijk en Engeland. Tevens wordt wereldwijd geleverd aan de voedingsmiddelenindustrie. Voorbeelden in Nederland zijn de grote bierbrouwers en Coca Cola. Internationaal verkregen keurmerken zijn:

- FDA (Food and Drug administration), USA
- AP97, EU (onbekende status).
- BGA (Bundes Gesundheits Amt), Duitsland
- FDI, Frankrijk (onbekend status).

De BGA heeft een verouderde (meest recent is 1984) positieve lijst opgesteld voor gebruiksmaterialen voor voedingsmiddelen, waaronder de KTW (te gebruiken kunststoffen voor de bereiding van drinkwater). De FDA is een onderdeel van de NSF (National Sanitation Foundation) en is de Amerikaanse tegenhanger van de Nederlandse ATA (Attest Toxicologische Aspecten). Deze verkregen kwaliteitskeurmerken zijn echter geen garantie voor het verkrijgen van een Nederlandse ATA, de ATA is nog steeds wettelijk verplicht. De verwachting is dat het nog jaren kan duren voordat de Europese ATA (EAS) van kracht wordt [informatie Kiwa C&K]. Er is wel een conceptnorm beschikbaar (EN 12873-PR4) waarin een migratietest wordt beschreven voor ionenwisselaars. Overigens beschikken binnen Europa alleen Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en Nederland over een ATA-systeem.

2.2.3 Praktijkervaringen

Aan de leveranciers Rohm & Haas en Purolite is gevraagd om een excursie te organiseren naar één van hun referenties (zie hoofdstuk 1). Vooralsnog is alleen een referentieplant bezocht van Rohm & Haas, namelijk Coca Cola te Dongen. De excursie naar een referentieplant van Purolite wordt in de nabije toekomst georganiseerd.

Coca Cola

Dongen, 30 maart 2004

Coca Cola heeft twee waterstromen. Een waterstroom ten behoeve van het productieproces en ondersteunende processen (bijvoorbeeld spoelwater voor flessen). Voor het productieproces en spoelwater wordt gebruik gemaakt van eigen bronnen.

Voor een beperkt deel van de toepassingen wordt drinkwater toegepast. Het water dat ingezet wordt voor het productieproces dient volledig onthard te zijn. Voor de ontharding wordt daarom gebruik gemaakt van sterkzure kationwisseling. Omdat met zwakzure kationwisseling een hogere regeneratie-efficiency kan worden bereikt wordt de sterkzure kationwisselaar voorafgegaan door een zwakzure kationwisselaar. Tijdens de regeneratie wordt eerst de sterkzure kationwisselaar geregenereerd, waarbij de overmaat van regeneraat wordt benut voor het regenereren van de van de zwakzure kationwisselaar.

Installatie

De installatie bestaat uit 3 straten à 60 m³/h (20 m/h). Per straat is het harsvolume van de zwakzure kationwisselaar 4 m³ en van de sterkzure kationwisselaar 4 m³. Straat 1 dateert van 1991, straten 2 en 3 van 1994. De Rohm & Haas-harsen in alle straten zijn nog oorspronkelijk, maar moeten binnenkort vervangen worden. Het behandelde volume per cyclus neemt namelijk langzaam af. Daarnaast moeten de filterbodems (poreuze polymeerbodems) worden gereviseerd

Bedrijfsvoering

De bedrijfsvoering is volledig geautomatiseerd. Er zijn altijd twee straten in bedrijf. De derde straat is in regeneratie of staat standby. Na behandeling van een vast volume, ca. 2.100 m³ vraagt de betreffende straat een regeneratie aan. In principe kan de straat dan nog 100-200 m³ produceren, zodat een eventuele storing of gelijktijdige aanvraag kan worden overbrugd. De aanvraag en afhandeling van de regeneratie is volledig geautomatiseerd. Wel vindt dagelijks een controle plaats van trends van de regeneraties (volumes en geleidbaarheid). Deze check vindt plaats omdat in het verleden een keer een regeneratie foutief is uitgevoerd (onvoldoende zoutzuur in de uitvultank), zonder dat dit door de besturing is gesignaleerd (geen besturing op EGV). Daarnaast vindt kwaliteitsbewaking plaats op geleidbaarheid. Indien de EGV van het behandelde water 150 µS/cm overschrijdt voordat op volume wordt geregenereerd, dan wordt een regeneratie geïnitieerd.

Regeneratiecyclus

Regeneratie vindt plaats in tegenstroom, zodat eerst de sterkzure ionenwisselaar wordt geregenereerd. De volgende stappen worden doorlopen:

1. Compactie met 120 m³/h (40 m/h), gedurende 3 min. ofwel 6 m³ ruw water;
2. In tegenstroom opbrengen regenerant 30 m³/h gedurende 33 min., ofwel 16 m³ aangemaakt 3,5% HCl (standaard aangemaakt in uitvultank op basis van 1.300 l 36% HCl uit 30 m³-voorraadtank);
3. Langzaam uitspoelen in 2 fasen. Eerste fase op tijd: 30 m³/h gedurende 40 min., ofwel 20 m³ ruw water. Tweede fase op geleidbaarheid: 30 m³/h tot EGV < 180 µS/cm (maximaal 26 min.), ofwel maximaal 13 m³ ruw water. Totaal langzame verdringing gedurende 40-66 min. met 20-33 m³;
4. Snel uitspoelen in meestroom met 40 m³/h, gedurende 20 min., ofwel 10 m³ ruw water.

Het totale chemicaliënverbruik bedraagt ca. 560 kg HCl (omgerekend als zijnde 100% HCl) op 8.000 l hars, ofwel 70 g/l hars (ca. 2 eq/l hars). Het waterverbruik bedraagt 60-80 m³ op 2.100 m³ geproduceerd water (3-4% waterverlies).

Regeneraatoerverwerking

Het zure regeneraat werd vroeger behandeld met kalkkorrels, tegenwoordig wordt het opgemengd met looghoudend flessenspoelwater in een vuilwaterbuffer van 2.000 m³.

2.3 Toepassingen ionenwisseling in drinkwater

2.3.1 Mogelijke toepassingen

In de praktijk wordt ionenwisseling veel toegepast in de bereiding van ketelvoedingswater (voorkomen van scaling), ultrapuur water en hoogwaardig proceswater. De toepassingsgebieden bestrijken o.a. de chemische industrie, de procesindustrie en de voedingsmiddelenindustrie. Ook in drinkwaterproductie heeft ionenwisseling ingang gevonden, onder andere voor de aanmaak van verdunningswater om NaOH te verdunnen van 50% naar 25%.

Ontharding

Ionenwisseling is in de industrie een veelgebruikte techniek om water te ontharden. In België wordt op tenminste één drinkwaterproductielocatie ionenwisseling toegepast voor ontharding (referentie Rohm & Haas). Door toepassing van een zogenaamde *kationwisselaar* is het mogelijk om calcium (en andere meerwaardige metaalionen in oplossing) uit te wisselen tegen een éénwaardig positief ion. Voor het ontharden van water wordt gebruik gemaakt van zowel sterkzure kationwisselaars (met Na⁺ of H⁺ in de functionele groep) als van zwakzure kationwisselaars (met H⁺ in de functionele groep).

Verwijdering zware metalen

Indien het water zware metalen bevat, kunnen deze worden verwijderd met een kationwisselaar. In onder andere het Middellandse-Zeegebied wordt ionenwisseling met dit doel toegepast in de drinkwaterproductie. De selectiviteit van de kationwisselaar voor deze ionen is hoog door de hoge valentie en/of grote massa van de zware metalen.

Concurrerende technieken voor het verwijderen van zware metalen met ionenwisseling zijn kristallisatie, adsorptie, coprecipitatie en hyperfiltratie.

Nitratverwijdering

Een andere toepassing van ionenwisseling is het verwijderen van nitraat, met nitraat selectieve harsen. Hiertoe wordt een anionwisselaar toegepast die het NO₃⁻ uitwisselt tegen Cl⁻ of OH⁻. Tevens zal sulfaat (SO₄²⁻) worden verwijderd. Nitratverwijdering met ionenwisseling in drinkwaterproductie is state-of-the-art in Frankrijk (meer dan 100 installaties met veelal kleine jaarproductie). Ook in België wordt het op een enkele drinkwaterproductielocatie toegepast. In de nabije toekomst zal in Engeland een 100-tal drinkwaterzuiveringen worden uitgebreid met ionenwisseling ten behoeve van nitratverwijdering. In Duitsland wordt voornamelijk het Carixproces toegepast (zie paragraaf 4.1).

Kleur-/ TOC-verwijdering

Kleur in (grond)water wordt voornamelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van humuszuren. Deze organische moleculen zijn bij neutrale pH negatief geladen en hebben gemiddeld een hoog molecuulgewicht. Bepaalde anionwisselaars zijn zeer geschikt voor het verwijderen van deze moleculen tegen bijvoorbeeld Cl⁻. Bij kleurverwijdering speelt adsorptie aan

de hars geen rol. In Noorwegen wordt ionenwisseling op tenminste 19 drinkwaterzuiveringen toegepast voor ontkleuring.

2.3.2 *Drinkwaterspecifieke aandachtspunten*

Kiwa-ATA

Voor toepassingen in drinkwater moet de ionenwisselaarhars voorzien zijn van een attest op toxicologische eigenschappen. Het Attest Toxicologische Aspecten (ATA) biedt fabrikanten in de drinkwatersector de mogelijkheid om kenbaar te maken dat hun producten voldoen aan criteria, die in verband met het belang voor de volksgezondheid eenzijdig worden vastgesteld door de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne. Deze criteria zijn bindend.

De Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne laat zich bij het vaststellen van criteria adviseren door de Commissie Gezondheidsaspecten Chemicaliën en Materialen voor Drinkwatervoorziening (CGCMD). Deze wordt bijgestaan door een Subcommissie Toxiciteit (W4) bestaande uit deskundigen van het bedrijfsleven, de rijksoverheid en Kiwa.

De uitvoering van de gezondheidskundige beoordeling van chemicaliën en materialen, die bij de bereiding en distributie van drinkwater worden gebruikt, wordt gecoördineerd door de Unit Gezondheids- en Milieueffecten van Kiwa Certificatie en Keuringen. Kiwa geeft kwaliteitsverklaringen af onder de naam Kiwa Productcertificaat Attest Toxicologische Aspecten als bewijs dat i) het desbetreffende product aan de criteria voldoet, en ii) het kwaliteitssysteem en het productieproces aan de eisen voldoen.

De gezondheidskundige beoordeling van *materialen* in de drinkwatersector maakt over het algemeen deel uit van een bredere beoordeling op technische, hygiënische en andere aspecten. Deze bredere beoordeling is vastgelegd in de voor het desbetreffende product geldende beoordelingsrichtlijn. De beoordeling op toxicologische aspecten van een product loopt parallel aan de beoordeling volgens de van toepassing zijnde beoordelingsrichtlijn.

Tabel 2.3 geeft een indruk van de stappen gedurende de totstandkoming van een ATA [informatie Kiwa C&K Rijswijk].

Tabel 2.3 De te ondernemen stappen voor het verkrijgen van een Kiwa-ATA

Stap	Omschrijving	Toelichting
1	Informatieverstrekking en aanvraag	eerste beoordeling van de aanvraag, opstellen van kostenschattting
2	Verzamelen van gegevens	gedetailleerde productspecificatie, veelal tijdrovend
3	Beoordeling van het product	toetsing aan de positieve lijsten, eventuele beoordeling door W4 en CGCMD, laboratoriumonderzoek
4	Toelating door de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne	toelating op basis van de "Richtlijn kwaliteit materialen en chemicaliën drinkwatervoorziening"
5	Opstellen Intern KwaliteitsBewakings-schema (IKB-schema)	beknopte beschrijving opstellen van de keuringen behorend bij het kwaliteitssysteem
6	Beoordeling van het kwaliteitssysteem en het productieproces	audit op de productielocatie
7	Beslissing op de aanvraag; opstellen ATA-certificatieovereenkomst	het verkrijgen van het productcertificaat

Reststromen

Voor drinkwatertoepassingen is nabehandeling en lozing van regeneraat een kritische succesfactor. De lozingsproblematiek is één van de drijfveren om te zoeken naar mogelijkheden om het regeneraat zo effectief mogelijk te gebruiken. Naast optimalisatie in het ontwerp (vermijden van dode zones in de reactoren) en bedrijfsvoering (recirculatie van regeneraat, hergebruik laatste regeneraat, etc.) zijn er technologieën beschikbaar voor het terugwinnen van regenerant (dead-end nanofiltratie, electrolyse, precipitatie, kristallisatie, verdamping, natte oxidatie).

De onvermijdelijke lozing van een hoeveelheid regeneraat zal naar verwachting door de waterbeheerders gelijksoortig worden benaderd als de lozing van membraanconcentraat. Echter in tegenstelling tot concentraat – dat in feite niets anders is dan het ruwe water in ingedikte vorm, eventueel met toevoeging van zuur of antiscalents – wordt bij regeneratie wel andere stoffen in het milieu gebracht (chloride, natrium).

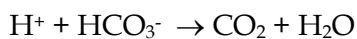
Regeneraatverwerking en hergebruikopties worden in een separaat deelproject verder uitgewerkt.

3 Ontharding met ionenwisseling

3.1 Type ionenwisselaar

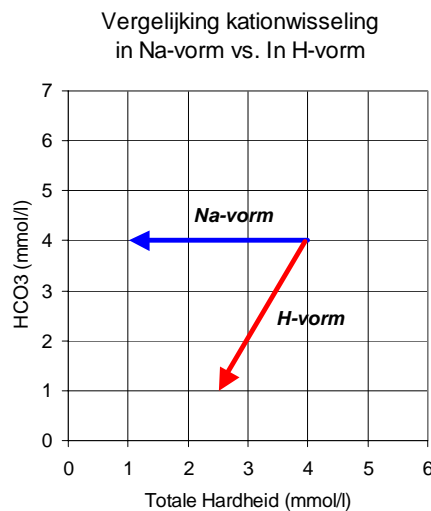
Ontharding met ionenwisseling kan worden uitgevoerd met een sterkzure kationwisselaar in de natrium- of de waterstofvorm of met een zwakzure kationwisselaar in de waterstofvorm.

Bij ionenwisseling in de waterstofvorm reageert het vrijkomende H⁺ (feitelijk H₃O⁺) onmiddellijk met het in het water aanwezige waterstofcarbonaat:



Het gevormde kooldioxide kan vervolgens in een na de ionenwisselaar geplaatste ontgassingstoren worden verwijderd.

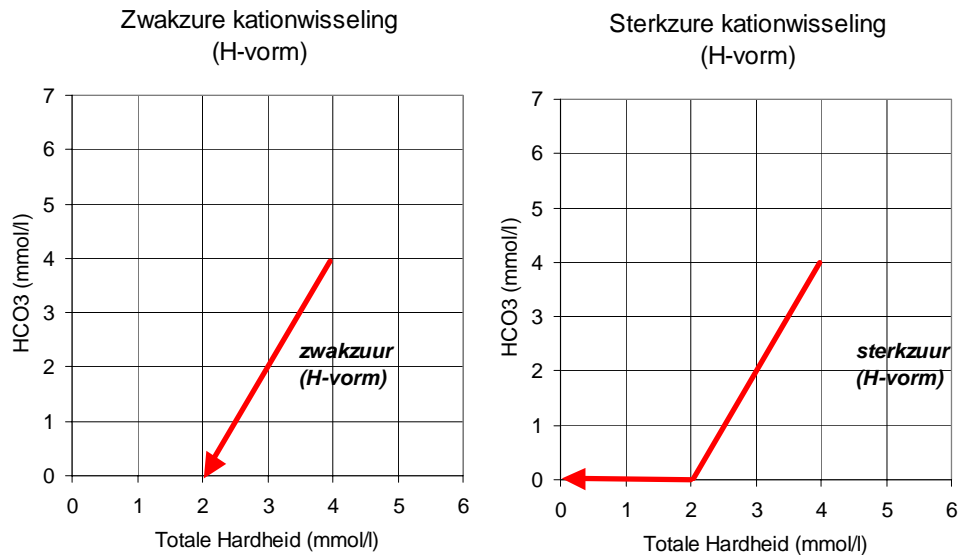
Het effect van ionenwisseling in de waterstofvorm op de waterkwaliteit is anders dan dat van ionenwisseling in de natriumvorm. Dit is weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Ontharding met kationwisselaar in Na-vorm en H-vorm

Een zwakzure ionenwisselaar kan calcium en magnesium uitwisselen tegen waterstof zolang de pH hoger is dan 4, dus zolang het vrijkomende zuur kan reageren met waterstofcarbonaat. Wanneer alle waterstofcarbonaat door deze reactie in kooldioxide is omgezet, is een zwakzure wisselaar niet meer in staat hardheid te verwijderen. Een zwakzure ionenwisselaar kan de hardheid daardoor niet tot nul verwijderen als op molaire basis minder dan tweemaal zoveel waterstofcarbonaat als totale hardheid aanwezig is.

Een sterkzure ionenwisselaar in de waterstofvorm blijft hardheid verwijderen ook als geen waterstofcarbonaat meer aanwezig is. De pH kan in dat geval tot lager dan 4 worden, zie Figuur 3-2.



Figuur 3-2: Ontharding met zwakzure en sterkzure kationwisseling

Als beide kationwisselaars toegepast kunnen worden, dan kan een economische afweging gemaakt worden. Een zwakzure ionenwisselaar wordt ten opzichte van een sterkzure kationwisseling (in Na-vorm) gekenmerkt door een relatief hoge investering (veiligheid, ontgassing, etc.), maar door lage exploitatiekosten (door efficiëntere regeneratie).

In de praktijk wordt voor ionenwisseling in de waterstofvorm meestal de voorkeur aan zwakzure wisselaars gegeven vanwege de efficiëntere regeneratie. Ook is het mogelijk dat mengvormen worden gebruikt (zie bijvoorbeeld Coca Cola, par. 2.2.3).

Ontharding in de natriumvorm kan uitsluitend met sterkzure wisselaars worden uitgevoerd. Bij toepassing van sterkzure kationwisseling in de natriumvorm moet bedacht worden dat de natriumconcentratie als gevolg van de uitwisseling toeneemt (in de molverhouding Na op Ca, 2 op 1).

3.2 Proces ionenwisseling en regeneratie

Afhankelijk van de keuze van zwakzure of sterkzure kationwisseling worden de meerwaardige kationen (Ca, Mg) uitgewisseld tegen H⁺ of Na⁺. In Tabel 3.1 worden de specifieke ontwerp- en bedrijfsvoeringsuitgangspunten gegeven.

Tabel 3.1: Ontwerp en bedrijfsvoeringscondities

	Zwakzure kationwisselaar	Sterkzure kationwisselaar
Bedbelasting (BV/h)	6 - 50	6 - 50
Filtratiesnelheid (m/h)	< 60	< 60
Bedhoogte (mm)	> 700	> 800
Uitwisselingscap. (eq/l _{hars})	3,5 - 4,2	1,4 - 2,2
Looptijd (uur)	12 - 24	12 - 24
Regenerant	3 - 6% HCl	10 % NaCl
Regeneratieniveau t.o.v. theorie	110 %	140 - 180%

Afhankelijk van de hardheid en de toegepaste hars (en eventueel de gewenste looptijd) is het mogelijk om gedurende een cyclus 200 tot 1.000 BV te produceren. Per regeneratiecyclus zijn ongeveer 11 - 13 BV nodig voor spoeling, regeneratie en verdringing. Dit komt neer op een waterverlies van 1-5 %. In Tabel 3.2 en Tabel 3.3 zijn typische regeneratiecycli weergegeven van respectievelijk een zwakzure en een sterkzure kationwisselaar.

Tabel 3.2: Verbruik water per regeneratie (ontharding met zwakzure kationwisselaar)

Fase in regeneratiecyclus	Snelheid (BV/h)	Periode (min)	Met	Waterverbruik (BV)
Terugspoelen	2 - 4	10 - 20	ruw water	ca. 1
Regeneratie	2 - 8	20 - 40	3 - 6 % HCl	2 - 4
Verdringing langzaam	2 - 7	15 - 40	behandeld water	ca. 2
Verdringing snel	8 - 40	10 - 40	behandeld water	ca. 6
TOTAAL		60 - 120		11 - 13

Tabel 3.3: Verbruik water per regeneratie (ontharding met sterkzure kationwisselaar)

Fase in regeneratiecyclus	Snelheid (BV/h)	Periode (min)	Met	Waterverbruik (BV)
<i>Terugspoelen</i>	10 - 20	10 - 20	ruw water	3 - 10
<i>Regeneratie</i>	2 - 10	30 - 60	10% NaCl	2 - 10
<i>Verdringing langzaam</i>	2 - 7	30	ruw water	2 - 4
<i>Verdringing snel</i>	8 - 40	30	behandeld water	3 - 10
TOTAAL		100 - 140		10 - 30

3.3 Hergebruik regeneratievloestof

Bij toepassing van zwakzure kationwisseling is de regeneratie dermate effectief dat regeneraathergebruik niet rendabel is. Toepassingen met sterkzure kationwisseling kennen een hoger regeneratieniveau (hoeveelheid regeneraat ten opzichte van theoretisch/stoïchometrisch benodigd zou zijn voor regeneratie), oplopend tot 140 - 180%. De inefficiency is dan zodanig groot dat hergebruik mogelijk rendabel wordt. Een eerste verkenning is uitgevoerd door Vitens en DHV, waaruit blijkt dat EDR en dead-end NF kunnen worden toegepast voor de terugwinning van NaCl.

Regeneraatverwerking en hergebruikopties worden in een separaat deelproject verder uitgewerkt.

3.4 Kosten

De kosten van ontharding met ionenwisseling zijn sterk afhankelijk van de hardheid en bezettingsgraad. Voor de ontharding van drinkwater is ontharding in korrelreactoren door dosering van kalk of natronloog in Nederland de gangbare praktijk. Voor industriële toepassingen is ontharding door ionenwisseling de standaard.

Deze paradoxale situatie heeft een aantal oorzaken. In de eerste plaats wordt bij industriële toepassingen vaak een volledige hardheidsverwijdering nagestreefd. Dit is met een korrelreactor onmogelijk. Er zou dan alsnog ionenwisseling moeten worden toegepast na de korrelreactor, wat leidt tot hogere investeringskosten.

In de tweede plaats zijn de te behandelen debieten in de meeste industriële toepassingen kleiner dan bij de drinkwaterproductie. In eerdere verkenningen is naar voren gekomen dat het chemicaliënverbruik in een korrelreactor efficiënter is dan in een ionenwisselaar. Meestal zijn de chemicaliënkosten van een korrelreactor lager, maar de investeringskosten

hogere. Door het schaafeffect is de concurrentiepositie ionenwisseling bij lagere capaciteiten dus beter dan bij hogere.

Andere aspecten die een rol spelen, zijn de reststoffenproblematiek (bij ionenwisseling een zoute brijnstroom; bij korrelreactorontharding herbruikbare pellets) en een kortere afschrijvingstermijn in het bedrijfsleven dan in de drinkwatersector. Ook deze aspecten leiden tot een situatie waarin de concurrentiepositie van ionenwisseling bij lagere capaciteiten beter is dan bij hogere.

In het volgende deelrapport zullen de kosten van ionenwisseling voor ontharding worden geëvalueerd.

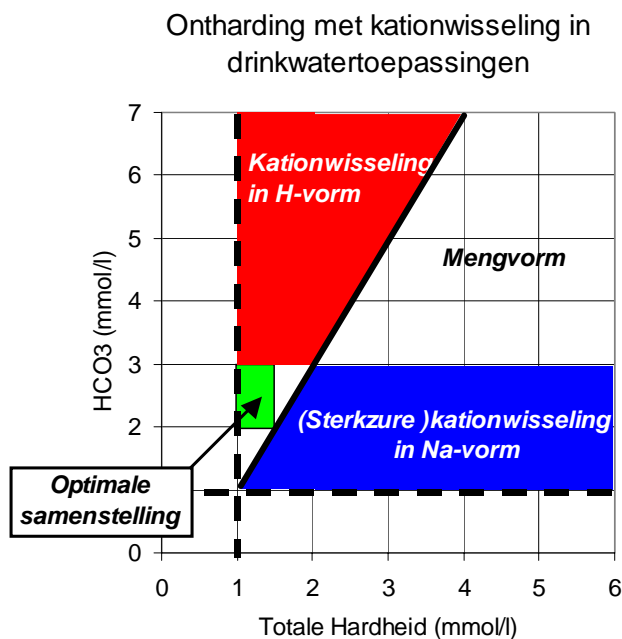
3.5 Nabehandeling

Bij toepassing van kationwisseling in de waterstofvorm zal koolzuurgas worden gevormd. Dit zal moeten worden verwijderd met een gasuitwisselingsstap, gevolgd door menging (deelstroombehandeling) en/of pH-correctie met NaOH-dosering. Een geëigende technologie voor ontgassing is de torenbeluchter, ook wel beluchtungs- en ontgassingstoren, of kortweg BOT, genoemd. Ontwerpuitgangspunt is een superficiële watersnelheid van 60-100 m/h en een RQ van 20-30.

3.6 Toepassing voor drinkwater

Optimale samenstelling voor hardheid en waterstofcarbonaat

Bij de drinkwaterbereiding wordt ontharding toegepast om een waterkwaliteit te bereiken in overeenstemming met de optimale samenstelling van drinkwater volgens Kiwa-medeling 100. In Figuur 3-3 is in een diagram aangegeven hoe deze samenstelling met ionenwisseling kan worden bereikt.



Figuur 3-3: Toepassing kationwisseling ontharding drinkwater

Voor hard water met een hoog waterstofcarbonaatgehalte komt zwakzure ionenwisseling in de waterstofvorm gevolgd door torenbeluchting in aanmerking. Voor hard water met een laag waterstofcarbonaatgehalte is sterkzure ionenwisseling in de natriumvorm de aangewezen methode. In beide situaties zal met ontharding van een deelstroom worden gewerkt.

In het tussengebied, waar de molaire verhouding tussen hardheid en waterstofcarbonaat ongeveer 1 is, zal met een combinatie van technieken kunnen worden gewerkt.

Toxicologische aspecten

Er zijn nog geen ionenwisselaarharsen voor ontharding met drinkwatertoelating in Nederland. Zie verder par. 2.3 over het verkrijgen van een Kiwa-ATA. Het verkrijgen van een Kiwa-ATA lijkt geen beletsel, gezien de ervaringen in het buitenland en de voedingsmiddelenindustrie en de aldaar verkregen certificaten.

4 Overige toepassingen ionenwisseling

4.1 Nitraatverwijdering met ionenwisseling

Type ionenwisselaar

Nitraatverwijdering met anionwisseling is in het buitenland (o.a. in de UK, USA, Duitsland en Frankrijk) uitgegroeid tot een state-of-the-art technologie. Tot voor kort was één van de grootste problemen van nitraatverwijdering dat deze werd verstoord door de hoge affiniteit van de anionwisselaarharsen voor sulfaat (SO_4). Een hoge sulfaatconcentratie leidde tot korte looptijden en, daarmee samenhangend, tot hoge regeneraatverliezen. Inmiddels zijn daarom nitraat selectieve harsen ontwikkeld, waardoor hoge sulfaatgehalten niet langer problematisch zijn. Voorbeelden zijn Purolite A 520E en Rohm & Haas Imac HP555.

Proces ionenwisseling en regeneratie

Nitraat (NO_3) wordt tijdens het (sterkbasische) anionenwisselingsproces gewisseld voor chloride-ionen. In Tabel 4.1 worden de specifieke ontwerp- en bedrijfsvoeringsuitgangspunten gegeven. Opvallend is het hoge regeneratieniveau van 400-800% (in vergelijking met kationwisselaars 110%-180%!).

Tabel 4.1: Ontwerp en bedrijfsvoeringscondities

	Sterkbasische anionwisselaar
<i>Bedbelasting (BV/h)</i>	5 - 40
<i>Filtratiesnelheid (m/h)</i>	< 50
<i>Bedhoogte (mm)</i>	> 700 mm
<i>Uitwisselingscap. (eq/lhars)</i>	0,4 - 0,5
<i>Looptijd (uur)</i>	12 - 24
<i>Regenerant</i>	10% NaCl
<i>Regeneratieniveau t.o.v. theorie</i>	400 - 800%

Afhankelijk van het totaal aantal anionen en de toegepaste hars (en eventueel de gewenste looptijd) is het mogelijk om gedurende een cyclus 200 tot 500 BV te produceren. Per regeneratiecyclus zijn ongeveer 6 - 10 BV nodig voor spoeling, regeneratie en verdringing. Dit komt neer op een waterverlies van 1-5 %. Een typische regeneratiecyclus is weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Verbruik water per regeneratie (nitraatverwijdering sterkbasische anionwisseling)

Fase in regeneratiecyclus	Snelheid (BV/h)	Periode (min)	Met	Waterverbruik (BV)
<i>Terugspoelen</i>	1 - 4	5 - 20	ruw water	1
<i>Regeneratie</i>	2 - 8	20 - 60	3-10% NaCl	1 - 4
<i>Verdringing langzaam</i>	2 - 5	20 - 60	ruw water	1 - 3
<i>Verdringing snel</i>	5 - 10	30 - 60	ruw water	2 - 6
TOTAAL		90 - 200		6 - 10

Hergebruik regeneratievloestof

Het vrijkomende regeneraat heeft een hoog nitraat- (2.000-3.000 mg/l) en een hoog zoutgehalte (50-100 g/l NaCl). Lozing is daarom soms zeer moeilijk te realiseren. Een mogelijke verwerking is indampen en afvoeren van de vaste stof. Daarnaast is ook hergebruik van het NaCl zout door middel van biologische denitrificatie een optie [Van der Hoek, 1988].

Het aantal mogelijkheden voor de verwerking van brijn neemt echter nog steeds toe en de verwachting is dat het brijnprobleem oplosbaar is, zie bijvoorbeeld het voorbeeld van Sangerhausen in onderstaande kader.

Regeneraatbehandeling nitraatverwijdering Sangerhausen

Nitraatverwijdering met anionwisseling wordt gekenmerkt door een grote regeneratie-inefficiëntie. Voor volledige regeneratie moet regenerant (10% NaCl) worden toegepast in 8 maal overmaat. Hergebruik van regeneraat is dan ook zeker interessant, des te meer omdat het nitratrijke regeneraat bovendien moeilijk te lozen is.

In Sangerhausen (Duitsland) wordt nitraatverwijdering met ionenwisseling toegepast. Het regeneraat wordt behandeld met elektrolyse, waarbij NO_3^- wordt omgezet in stikstofgas [presentatie Rohm & Haas, 2004].

Kosten

Op basis van literatuur en opgave van harsleveranciers worden de kosten ingeschat tussen € 0,10 en 0,15 per m^3 (prijspeil 2003), afhankelijk van de ruwwaterkwaliteit, exclusief brijnverwerking.

Nabehandeling

In principe is nabehandeling niet noodzakelijk, tenzij micro-verontreinigingen aanwezig zijn (toepassing van oppervlaktewater of verdacht grondwater).

Toepassing voor drinkwater

Nitrat kan de komende decennia een probleem worden voor een aantal waterleidingbedrijven in Nederland. In de "Herziening Normen Waterleidingbesluit" (1993) is een meldingsplicht opgenomen wanneer de nitraatconcentratie de 25 mg/l overschrijdt. Deze melding aan de Hoofdinspectie van de Volksgezondheid is noodzakelijk in verband met aanbeveling door artsen en consultatiebureaus om voor zuigelingen flessenwater te gebruiken. Gesteld wordt dat voor een gezonde populatie de huidige normwaarde van 50 mg/l voldoet. De VEWIN aanbeveling voor nitraat is echter in de "Herziening Normen Waterleidingbesluit" vastgesteld op 25 mg/l.

Een kort onderzoek naar de gehalten nitraat die door drinkwaterbedrijven op sommige locaties worden aangetroffen, laat zien dat er op enkele pompstations hoge nitraatgehalten worden gevonden. Op een groter aantal pompstations is sprake van hoge nitraatconcentraties in enkele putten. Door preferente putschakeling en/of menging met water van andere pompstations wordt het nitraatgehalte van het aan de consumenten afgeleverde drinkwater verlaagd. Mogelijk dat op een aantal van deze locaties in de toekomst alsnog problemen ontstaan.

De noodzaak tot onderzoek naar nitraatverwijderingsmethoden is door de waterleidingbedrijven reeds in een vroeg stadium onderkend. Mede na de Kiwa-mededeling "Nitraat en drinkwatervoorziening", is op een aantal plaatsen in Nederland reeds uitgebreid onderzoek verricht naar nitraatverwijdering. Al deze ervaringen zijn samengevat in de rapportage "Biologische nitraatverwijdering" (Kiwa mededeling 124). Kiwa mededeling 124 besteedt vooral aandacht aan biologische nitraatverwijdering en ook membraanfiltratie technieken. Ionenwisseling wordt ook genoemd als alternatieve technologie, *mits* een oplossing wordt gevonden voor het regeneratieprobleem. Inmiddels lijkt de stand der techniek zodanig dat aan deze voorwaarde kan worden voldaan. In Nederland is er op beperkte schaal onderzoek uitgevoerd door voormalig NUON-water (thans Vitens Fryslân) [van der Meer et al., 2000].

In paragraaf 2.3.1 zijn de buitenlandse referenties van nitraatverwijdering ten behoeve van drinkwaterproductie vermeld (Frankrijk, België, Duitsland en binnenkort ook Engeland). In Duitsland en Oostenrijk wordt het Carixproces toegepast, zie onderstaande kader.

Duitsland: het Carixproces

In Duitsland is de state-of-the-art technologie voor nitraatverwijdering het zogenaamde Carixproces. Dit is een ionenwisselingsproces, waarbij een kationwisselaar (H^+) en een anionwisselaar (HCO_3^-) worden gecombineerd. Het Carixproces is dus een combinatie van ontharding en nitraatverwijdering (een logische combinatie omdat vermesting van de bodem aanleiding kan geven tot opharding van het grondwater).

De harsen worden geregenereerd onder hoge druk (5 bar) met een verzadigde CO₂-oplossing. Het Carix proces onderscheidt zich van de traditionele ionenwisselingsprocessen door een lagere brijnproductie (lagere concentraties) en een hoger regeneratievolume. Bij toepassing van nitraatverwijdering bedraagt het regeneratievolume circa 12,5% van de voedingsstroom [Kappelhof, 1992]. Een ruwe schatting van de kosten is 0,35-0,50 NLG/m³. Dit is equivalent met € 0,16-0,23 per m³ (prijspeil 1992).

4.2 Kleur/TOC/AOC-verwijdering met ionenwisseling

Type ionenwisselaar

Kleur in waterige oplossingen (NOM, kleurstoffen e.d.) veroorzaakt door organische zwak zure of negatief geladen verbindingen, kunnen goedkoop en eenvoudig worden verwijderd door het gebruik van anionenwisseling. De anionenwisselaars worden ook wel organic scavengers genoemd.

Te gebruiken typen zijn Purolite A 860 en Rohm & Haas IRA958 Cl.

Proces ionenwisseling en regeneratie

De organische anionen worden tijdens het anionenwisselingsproces gewisseld voor chloride-ionen. Vanwege een hoge adsorptiekinetiek en een hoge adsorptiecapaciteit van de anionenwisselaar zijn lage contacttijden en dus lage investeringskosten mogelijk. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er een directe doorbraak van de organische anionen mag plaatsvinden, immers dienen voor drinkwater de betreffende stoffen niet voor 100 % verwijderd te worden. In Tabel 4.3 worden de specifieke ontwerp- en bedrijfsvoeringsuitgangspunten gegeven, gebaseerd op het onderzoek bij Sint Jans klooster [Workshop IEX, grensverleggend drinkwater in Oldeholtpade, Vitens, 2003].

Tabel 4.3: Ontwerp en bedrijfsvoeringscondities

	Sterkbasische anionwisselaar
<i>Bedbelasting (BV/h)</i>	60 - 80
<i>Filtratiesnelheid (m/h)</i>	60 - 80
<i>Bedhoogte (mm)</i>	1000
<i>Uitwisselingscap. (g KmnO₄/l_{hars})</i>	180
<i>Looptijd (dagen)</i>	5
<i>Regenerant</i>	10% NaCl
<i>Regeneratieniveau t.o.v. theorie</i>	> 95 %

De anionenwisselaar wordt na een bepaalde looptijd geregenereerd met een keukenzoutoplossing. Door toepassing van tegenstroomregeneratie kan een

indikkingsfactor van 10.000 (1 liter afvalstroom per 10 m³ geproduceerd water, regeneratieverlies 0,01 %) worden bereikt, afhankelijk van de omstandigheden. De regeneratie is eenvoudig en kan on-site plaatsvinden. Door het toepassen van slimme roulatiesystemen is het mogelijk continue anionenwisseling en regeneratie plaats te laten vinden. In Tabel 4.4 wordt een ontwerp regeneratiecyclus vermeld, gebaseerd op de nog te bouwen installatie te Oldeholtgade (informatie Vitens).

Tabel 4.4: Verbruik water per regeneratie (kleuroverwijdering Oldeholtgade)

Fase in regeneratiecyclus	Snelheid (BV/h)	Periode (min)	Met	Waterverbruik (BV)
Terugspoelen (decompactie)	*	*	schoon spoelwater	0,5
Regeneratie (meestroom)	*	*	10% NaCl (2 BV)	0
Verdringing langzaam	*	*	schoon spoelwater	2
Verdringing snel	*	*	schoon spoelwater	7
TOTAAL				9,5**

* deze gegevens waren bij het schrijven van het rapport nog onbekend.

** op jaarbasis een verbruik van 3.000 m³ spoelwater (= geproduceerd ontkleurd water)

Opmerking: mogelijk dient vaker geregenereerd te worden om groei van biomassa in de harskolom te voorkomen.

Hergebruik regeneratievloeistof

De regeneratievloeistof kan gedeeltelijk worden teruggewonnen door het toepassen van gesloten nanofiltratie (NF). Hierbij blijft een reststroom over met een hoog TOC-gehalte dat geloosd of verbrand dient te worden. Dit proces is gepatenteerd door DHV/Vitens/Norit.

De regeneratievloeistof kan tevens geschikt worden gemaakt voor hergebruik door het toepassen van een natte oxidatie, waarbij het organisch materiaal wordt omgezet in koolzuur en water. In principe vindt dit proces plaats vrijwel zonder afvalstromen, slechts met een kleine "bleed" dient rekening te worden gehouden. Deze natte oxidatie is gepatenteerd door Kiwa en dient te worden uitontwikkeld.

Kosten

De exploitatiekosten voor de verwijdering van kleur inclusief het hergebruik van regeneratievloeistof door middel van nanofiltratie worden, op basis van het onderzoek bij Oldeholtgade, geschat op circa 0,04 €/m³ drinkwater, exclusief gebouwkosten. Voor de situatie Sint Jans klooster is indertijd een kostprijs geschat van circa 0,06 €/m³ drinkwater. De kostprijs voor

verwerking van de regeneratievloeistof door natte oxidatie werd geschat op 0,02 €/m³ drinkwater (anno 2000, situatie Sint Jans klooster).

De kosten voor de verwijdering van AOC werden geschat op circa 0,06 €/m³ drinkwater, inclusief de regeneratie en verwerking van de regeneratievloeistof (anno 2001, situatie Kralingen). Een onzekere factor hierin waren de investeringskosten [Siegers en Heijman, 2001].

Nabehandeling

De eventuele nabehandeling is afhankelijk van de voorzuivering.

Toepassingen voor drinkwater

Vitens gaat in Oldeholtspade ionenwisseling inzetten voor de verwijdering van kleur (negatief geladen humuszuren). Na plaatbeluchting-voorfiltratie-ontzuring-ontharding-nafiltratie vormt de ontkleuring de laatste stap in de nieuwe zuiveringsopzet voor Oldeholtspade.

Kiwa heeft in 1999-2000 voor Vitens (voorheen WMO) onderzoek gedaan naar de verwijdering van kleur bij het pompstation Sint Jans klooster [Siegers et al., 2000, 2002]. Tevens heeft in dezelfde periode onderzoek plaatsgevonden naar de verwijdering van kleur door Brabant Water en WLF.

Voor WBE heeft Kiwa onderzoek gedaan naar de verwijdering van AOC door Purolite A 860. Dit onderzoek resulteerde in goede toepassingsmogelijkheden voor de verwijdering van AOC, dit is vooral interessant als polishing stap wanneer een biologisch filter niet in staat blijkt AOC voldoende te verlagen voor de productie van biologisch stabiel drinkwater [Siegers en Heijman, 2001].

4.3 Ontwikkelingen toepassingen

4.3.1 Verwijdering van bestrijdingsmiddelen

Voor de verwijdering van micro-verontreinigingen (zoals bestrijdingsmiddelen) zijn door Purolite zogenaamde Macronets ontwikkeld. Deze harsen zijn macroporeus en tot op zekere hoogte vergelijkbaar met actieve kool. De verwijdering geschiedt niet op basis van uitwisseling van ionen, echter de toepassing lijkt op het ionenwisselingsproces omdat regeneratie on-site kan plaatsvinden. Regeneratie van de Macronets vindt plaats met ethanol. Het ethanol kan worden hergebruikt door destillatie, de afvalstroom is een kleine, uiterst geconcentreerde oplossing die door verbranding (als chemisch afval) kan worden verwerkt. De Macronets zijn vooral interessant bij kleinschalige (eventueel tijdelijke) toepassingen vanwege de lage benodigde contacttijd (hoge adsorptiekinetiek) en dus kleine installaties.

In 2001 heeft Kiwa enkele oriënterende batchmetingen met atrazine uitgevoerd en deze waren veelbelovend, ook zijn enkele door Purolite beschikbaar gestelde internationale publicaties beschikbaar [Streat and Sweetland, 1998].

4.3.2 *Verwijdering van arsenaat*

Uit de literatuur [Ghurye e.a. 1999] blijkt dat arsenaat met nitraat wordt verwijderd door gebruik van een anionenwisselaar. Het meest geschikt voor de gecombineerde verwijdering van nitraat en arsenaat is overigens een sulfaatspecifieke anionenwisselaar met een contacttijd van circa 3 min. Arsenaat wordt hierbij verwijderd van 10-15 µg/l tot < 2 µg/l. Er is geen kostenindicatie gegeven maar de kosten zullen naar verwachting niet veel verschillen van een normale nitraatverwijdering door een anionenwisselaar. Door Purolite wordt een sterk-basische anionenwisselaar (SBA) geadviseerd [Boodoo, 2004].

4.3.3 *Verwijdering van bromide*

Verwijdering van bromide: volgens de literatuur is een selectieve hars noodzakelijk [Boodoo, 2004]. Bromaat kan evenwel met SBA worden verwijderd, echter is directe literatuur niet gevonden. Bromide kan voorafgaand aan ozonisering worden verlaagd zodat minder bromaat wordt gevormd [informatie Rohm & Haas].

4.3.4 *Verwijdering van zware metalen*

In de literatuur wordt met enige regelmaat melding gemaakt van de mogelijkheden van IEX voor de verwijdering van zware metalen. In Stetter et al. [2002] wordt een proefinstallatie-onderzoek beschreven voor de verwijdering van nikkel. Speciaal hiervoor ontwikkelde kationenwisselaars met imino-di-azijnzuur als functionele groep blijken goed in staat zware metalen te verwijderen. De metalen hebben de volgende voorkeur: koper>lood>nikkel>zink>cadmium>ijzer>beryllium>mangaan>calcium>magnesium>strontium>barium. Er zijn hoge snelheden mogelijk (tot 70 BV/h) waardoor investeringen beperkt blijven. Vanwege de hoge capaciteit is de regeneratiefrequentie laag maar kan het regeneraat wel hoge concentraties aan zware metalen bevatten zodat dit mogelijk als chemisch afval behandeld dient te worden. De kosten voor productie inclusief verwerking van de afvalstroom wordt geschat op € 0,01 (Duitse situatie), dit is echter exclusief investerings- en personeelskosten.

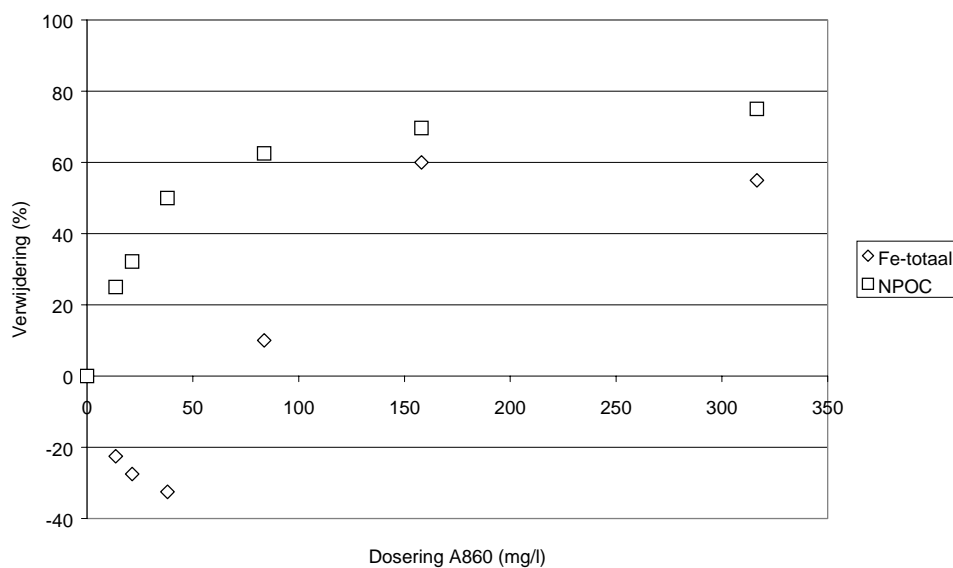
Andere ionenwisselaars werken met andere specifieke groepen zoals een EDTA-Na complex waarbij het Na wordt gewisseld voor het zware metaal. Dit specifieke complex in de kationenwisselaar wordt ook wel aangeduid met R-EDTA-Na, in de natriumvorm. In het volgende overzicht wordt de selectiviteit van het metaal ten opzichte van calcium uitgedrukt (bij pH 4):

- Hg²⁺ 2.800
- Cu²⁺ 2.300
- Pb²⁺ 1.200
- Ni²⁺ 57
- Zn²⁺ 17
- Cd²⁺ 15
- Co²⁺ 6,7
- Fe²⁺ 4,7
- Mn²⁺ 1,2
- Ca²⁺ 1

Deze specifieke kationenwisselaar is een factor 2 tot 3 duurder dan de gangbare ionenwisselaars. Deze informatie stamt uit 1997 en kan mogelijk verouderd zijn [<http://www.remco.com/ix.htm>].

4.3.5 Verwijdering van restijzer

Gecomplexeerd ijzer ontstaat wanneer ijzer adsorbeert aan negatief geladen humuszuren waardoor het ijzer in oplossing blijft (restijzer). Het gecomplexeerde ijzer kan voor aanslagproblemen zorgen in het distributieleidingnet (bruin water). Wanneer water behandeld wordt met anionenwisselaars is het mogelijk dat het ijzer bij deze behandeling vrij komt (de humuszuren kiezen voor de ionenwisselaar). Tevens is het mogelijk dat bij een behandeling met voldoende ionenwisselaar het geadsorbeerde ijzer toch verwijderd wordt samen met de humuszuren. Deze theorie is ontstaan uit ervaringen bij een project kleurverwijdering op pompstation Nuland van de WOB [Heijman, Siegers 1999]. De resultaten voor de ijzerverwijdering zijn weergegeven in Figuur 4-1. Het blijkt dat bij lage doseringen geen ijzer wordt verwijderd, terwijl bij hoge doseringen ijzer in vergelijkbare percentages wordt verwijderd als DOC.



Figuur 4-1: Verwijdering van ijzer-totaal en NPOC bij dosering van de anionenwisselaar Purolite A 860 in water van pompstation Nuland

Bij het proefinstallatieonderzoek dat op pompstation Sint Jans klooster is uitgevoerd bleek dat er met de toegepaste contacttijd (23 sec) geen ijzer werd verwijderd. Bij dit onderzoek werd kleur verwijderd met de anionenwisselaar Purolite A 860 volgens het ISEP-systeem van Chemviron. Bij Sint Jans klooster is het restijzergehalte van het water relatief hoog. De meting is uitgevoerd door het ijzer-totaal gehalte te bepalen van het in- en effluent van de proefinstallatie.

In Twello is met een behandeling van het ruwe water (voor en na beluchting) met dezelfde anionenwisselaar een significante verwijdering van ijzer geconstateerd. Met een dosering van 150 of 300 mg/l anionenwisselaar en een ruwwaterconcentratie ijzer van 0,34 mg/l is tot < 0,1 mg/l (verwijdering > 70 %) verwijderd bij een DOC-verwijdering van > 70 %.

5 Conclusies

De doelstelling van dit deelrapport is de weergave van de huidige stand der techniek en de meest recente ontwikkelingen op het gebied van ionenwisseling voor de productie van drinkwater. Geconcludeerd kan worden dat op basis van de door de leveranciers (Purolite en Rohm & Haas) verstrekte informatie, het bezoek aan de industriële gebruiker en beschikbare literatuur een goed beeld is verkregen van de huidige stand der techniek. Tevens kan worden gesteld dat er voor de inzet van ionenwisseling voor ontharding op korte termijn nauwelijks nieuwe ontwikkelingen worden verwacht. De huidige macroporeuze harsen worden voldoende in staat geacht om elke gewenste ontharding te kunnen bereiken. Voor de verwijdering van andere ongewenste parameters (kleur, nitraat, zware metalen) zijn tevens ionenwisselingsharsen beschikbaar. Gesignaleerde nieuwe ontwikkelingen zijn:

- Een (Purolite) hars waarmee bestrijdingsmiddelen kunnen worden verwijderd, vergelijkbaar met actieve kool;
- Een (Purolite) hars met een inerte kern met een hogere reactiesnelheid;
- Verbeteringen van de procesvoering (Rohm & Haas) - hoger rendement van de regeneratie - door aanpassingen in de hardware.

De volgende onderdelen verdienen de nodige aandacht:

- Een gedegen kostenvergelijking tussen ontharding met ionenwisseling, pelletreactoren en nanofiltratie, wanneer en in welke situatie wordt ionenwisseling economisch interessant. Hierop wordt ingegaan in het tweede deelrapport, welke verschijnt medio juli 2004.
- Lozing/verwerking/hergebruik van de regeneratievloeistof, wanneer en hoe kan regeneraat worden geloosd, verwerkt of eventueel hergebruikt. Hierop wordt ingegaan in het derde deelrapport welke verschijnt medio september 2004.
- Het verkrijgen van een Kiwa-ATA zodat de betreffende hars ingezet kan worden bij de bereiding van drinkwater. Leveranciers en gebruikers dienen hier op tijd aandacht aan te besteden vanwege de benodigde lange tijd voor een aanvraag.

6 Literatuur

Boodoo F. (2004): "Ion exchange technology for bottled water"; Bottled Water Reporter, December/January; pg 47-50.

Dinteren, J.L.J. van (1999): "Theorie Ionenwisseling"; Water in de industrie, deel III.2.3a, Ten Hagen Stam uitgevers, 4 augustus 1999.

Dorfner, K. (1991): "Ion Exchangers"; Walter de Gruyter, Berlijn.

Ghurye G.L., Clifford D.A., Tripp A.R. (1999): "Combined arsenic and nitrate removal by ion exchange"; Journal AWWA, october 1999, volume 91 pg 85-96.

Hoek, J.P. van der. Combined ion exchange/biological denitrification for nitrate removal from ground water. Proefschrift LUW, 18 mei 1988.

Hoven, Th.J.J. van den, Eekeren M.W.M. van (1988): "Optimale samenstelling van drinkwater"; Kiwa-mededeling 100.

Jong, R.C.M., Bakker, S., Schippers, D., Post, J.W. (2003): "Hergebruik regeneratiezout bij ionenwisseling"; H₂O, nr 12.

Kappelhof J.W.N.M., J.P. van der Hoek, L.A.C. Feij, A.J.H.F. Creusen, M.E.W. Evers (1992). Nitraat-, sulfaat- en hardheidverwijdering met het CARIX proces. H₂O, 25, nr.2, pp34-39.

Kappelhof, J.W.N.M. (1996): "Biologische nitraatverwijdering"; Kiwa-mededeling 124.

Meer, W.G.J. van der, Riemersma, M.C., Wessels, L.P. (2000): "Ion exchange for removal of nitrates"; Abstract IWSA 2000, Amsterdam.

Paassen, W.C. van, Wetering, S. van de, Hijlkema, B.H., Feij, L. (2000): "Ionenwisseling voor kleurverwijdering: de toekomst?"; H₂O, nr 6.

Siegers W.G., Heijman S.G.J. (1999): "Evaluatie gebruik anionenwisselaars in de drinkwaterbehandeling". Kiwa Water Research SWI 99.247.

Siegers W.G., Heijman S.G.J. (2000): "Kleurverwijdering op pompstation Sint Jans klooster (WMO)". Kiwa Water Research SWI 00.109.

Siegers W.G., Heijman S.G.J. (2001): "AOC-verwijdering door ionenwisseling; WBE Kralingen". Kiwa Water Research BTO 2001.130(c).

Siegers W.G., van Paassen J., Heijman S.G.J. (2002): "Verwijdering van kleur uit drinkwater door anionenwisseling en natte oxidatie". H₂O nr 9.

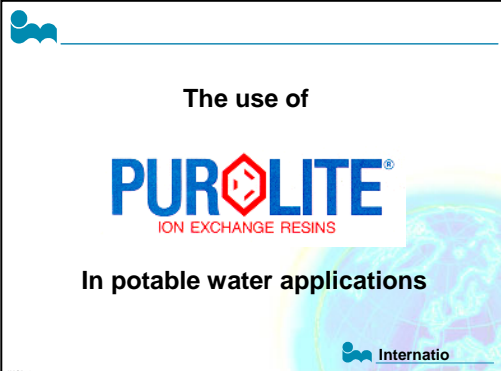
Stetter D., Dordelmann O, Overath H. (2002): Pilot scale studies on the removal of trace metal contaminants in drinking water treatment using chelating ion-exchanging resins. *Water Science and Technology: Water Supply* Vol 2 No 1 pp 25-35.

Streat M., Sweetland L.A. (1998): Removal of pesticides from water using hypercrosslinked polymer phases, part 1-4. *Trans IChemE*, Vol 76, Part B, May 1998, 115-150.

Wessels, L.P. (1999): "Ionenwisseling voor verwijdering van nitraat; vergelijking met andere technieken"; DHV memo, 2 augustus 1999.

Wessels, L.P., Wetering, S. van de, Oever, R. van 't, Meer, W.G.J. van der (2000): "Dead-end nanofiltratie voor hergebruik regeneraat ionenwisselaars" ; *H₂O*, nr 6.

I Presentatie Purolite



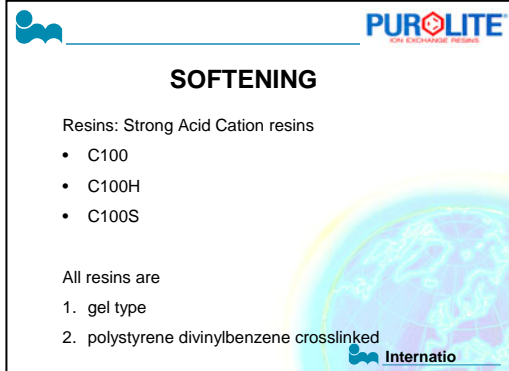
The use of

PUROLITE®
ION EXCHANGE RESINS

In potable water applications

Internatio

IMCD Group



SOFTENING

Resins: Strong Acid Cation resins

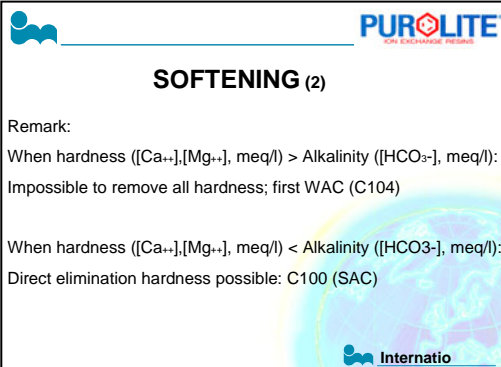
- C100
- C100H
- C100S

All resins are

1. gel type
2. polystyrene divinylbenzene crosslinked

Internatio

IMCD Group



SOFTENING (2)

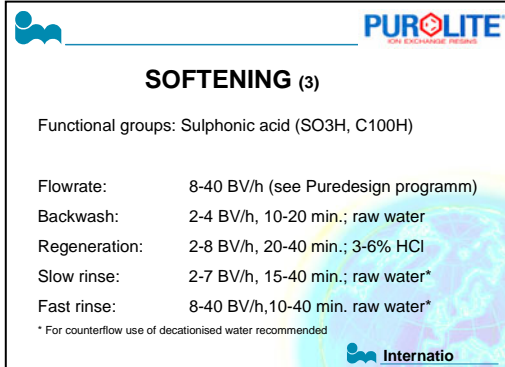
Remark:

When hardness ($[Ca^{++}], [Mg^{++}], \text{meq/l}$) > Alkalinity ($[HCO_3^-], \text{meq/l}$):
Impossible to remove all hardness; first WAC (C104)

When hardness ($[Ca^{++}], [Mg^{++}], \text{meq/l}$) < Alkalinity ($[HCO_3^-], \text{meq/l}$):
Direct elimination hardness possible: C100 (SAC)

Internatio

IMCD Group



SOFTENING (3)

Functional groups: Sulphonic acid (SO₃H, C100H)

Flowrate: 8-40 BV/h (see Puredesign programm)

Backwash: 2-4 BV/h, 10-20 min.; raw water

Regeneration: 2-8 BV/h, 20-40 min.; 3-6% HCl

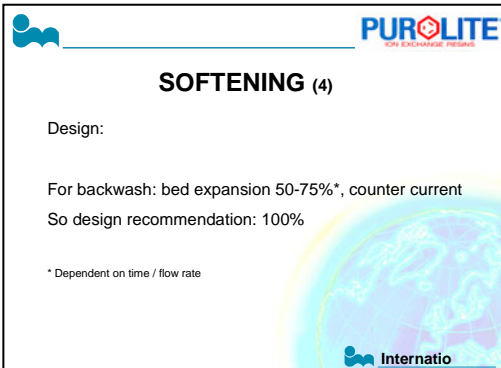
Slow rinse: 2-7 BV/h, 15-40 min.; raw water*

Fast rinse: 8-40 BV/h, 10-40 min. raw water*

* For counterflow use of decalcinised water recommended

Internatio

IMCD Group



SOFTENING (4)

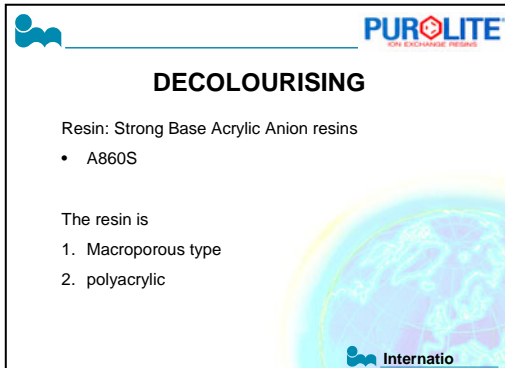
Design:

For backwash: bed expansion 50-75%*, counter current
So design recommendation: 100%

* Dependent on time / flow rate

Internatio

IMCD Group



DECOLOURISING

Resin: Strong Base Acrylic Anion resins

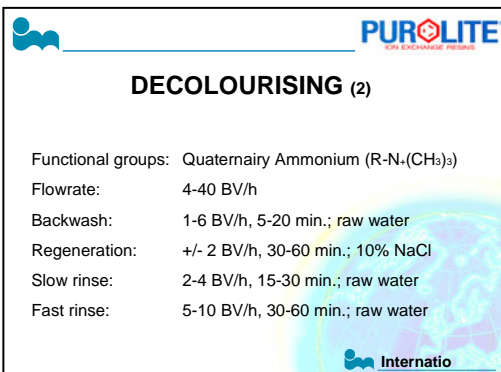
- A860S

The resin is

1. Macroporous type
2. polyacrylic

Internatio

IMCD Group



DECOLOURISING (2)

Functional groups: Quaternary Ammonium (R-N-(CH₃)₃)

Flowrate: 4-40 BV/h

Backwash: 1-6 BV/h, 5-20 min.; raw water

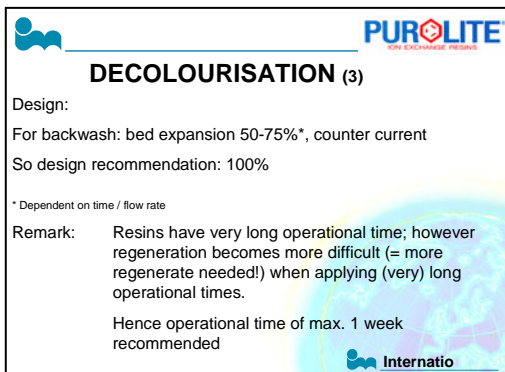
Regeneration: +/- 2 BV/h, 30-60 min.; 10% NaCl

Slow rinse: 2-4 BV/h, 15-30 min.; raw water

Fast rinse: 5-10 BV/h, 30-60 min.; raw water

Internatio

IMCD Group



DECOLOURISATION (3)

Design:

For backwash: bed expansion 50-75%*, counter current
So design recommendation: 100%

* Dependent on time / flow rate

Remark: Resins have very long operational time; however regeneration becomes more difficult (= more regenerate needed!) when applying (very) long operational times.

Hence operational time of max. 1 week recommended

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

NITRATE REMOVAL

Resins: Macroporous Strong Base Anion resins

- A400E
- A520E

The resin is

1. Macroporous type
2. Styrene divinylbenzene crosslinked

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

NITRATE REMOVAL (2)

Basic choice:

- A400E: $\text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (meq/l), anion removal
- A520E: $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ (meq/l), NO_3^- selective

Remarks: capacity A520E < A400E
A520E specifically for potable water

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

NITRATE REMOVAL (3)

Functional groups: Quaternary Ammonium ($\text{R-N}^+(\text{CH}_3)_3$)

Flowrate: 8-32 BV/h

Backwash: 1-4 BV/h, 5-20 min.; raw water

Regeneration: 2-5 BV/h, 20-60 min.; 3-10% NaCl

Slow rinse: 2-5 BV/h, 20-60 min.; raw water

Fast rinse: 5-10 BV/h, 30-60 min.; raw water

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

NITRATE REMOVAL (4)

Design:

For backwash: bed expansion 50-75%*, counter current

So design recommendation: 100%

* Dependent on time / flow rate

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

REMOVAL OF MICROTOXINES

Resins: Porous Hypersol Macronet Resins

- MN200, MN250 for hydrophobic removal
- MN100, MN150 for removal of polar components

Macronets might have functional groups

Macronets contain both macro pores and micro pores

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

REMOVAL OF MICROTOXINES (2)

Macronet resins have:

- Chemicals resistancy
- Regenerable properties
- Hydrophilic or hydrophobic versions
- Very long life time compared to AC
- Very high breaking weights of beads (>750 g/bed)

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

REMOVAL OF MICROTOXINES (3)

Macronet MN200 resin has:

- +/- 33% of Adsorption capacity of AC
- Very low waste production
- Very long life time due to regeneration feasibility
- Up to 5 times larger flowrates than AC

Internatio

IMCD Group

PUROLITE
ION EXCHANGE RESINS

REMOVAL OF MICROTOXINES (4)

Microtoxin removal with MN200 has advantages:

- Very low waste production = cost reduction
- Regeneration with ethanol
- Subsequent reuse of ethanol due to distillation/evaporation or nanofiltration
- Up to 5 times larger flowrates than AC, so reduction of vessel costs
- E.g. 600.000 m³ water only needs 5m³ ethanol regenerate.
- Hardly pressure drops over the vessel due to high resistance of breaking

Internatio

IMCD Group

II Presentatie Rohm & Haas

ROHM and HAAS

Ion exchange resins and systems in the potable water industry

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Agenda

- **Deelnemers**
 - W.G. Siegers, J.W.N.M. Kappelhof (Kiwa Water Research),
 - R.C.M. Jong (Vitens), GerReijnen (WML),
 - Michel Riemersma, Peter Wessels (DHV)
 - Luc De backer, Jaco Bester (Rohm and Haas)
- **Gevraagde aspecten**
 - regeneratie (o.a. chemicaliënverbruik, behandeling/hergebruik, lozing)
 - harsen (o.a. ATA, slijtvastheid, levensduur, capaciteit)
 - selectiviteit van harsen voor de verschillende toepassingen
 - toepassing ontharding met sterk zure kationwisselaars gevolgd door koolzuurontgassing
 - ontwikkelingen op het gebied van ontwerp (o.a. oppervlakte belasting, bedhoogte) en bedrijfsvoering (o.a. regeneraatverlies, personeelskosten)
 - ervaringen ten aanzien van kosten (o.a. hars, personeel, installatie, onderhoud, energie, behandeling regeneraat, lozing vuil regeneraat)
 - nabehandeling bij ontharding (o.a. CO₂ uitdrijving)
 - overige ontwikkelingen (o.a. productie harsen, installatie, aanbod regeneraat)

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Goals for Meeting

- Introduce Rohm and Haas
- Review our Ion Exchange process and system for Nitrate removal ; *Advanced Amberpack*
 - Selectivities
 - Regeneration CFR vs CCR
 - Bed design
 - Our intention to offer a nitrate destruction process. What is the market size in the Netherlands ?
- Softening and dealcalisation
- Discussion : Resin lifetime, IER with drinking water quality
- Is there any interest in the Netherlands

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Who is Rohm and Haas ?

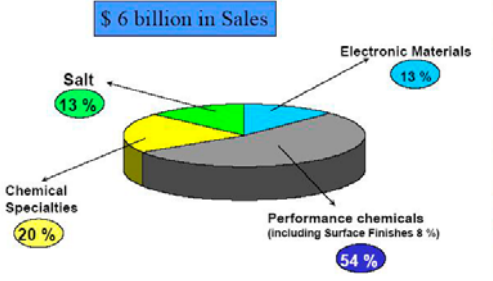
- **International manufacturer of specialty chemicals**
- **Established 1909**
- **Headquarters in Philadelphia PA (USA)**
- **\$ 6 billion in Sales**
- **20,000 employees**
- **150 manufacturing locations in 25 countries**



© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Portfolio

\$ 6 billion in Sales



© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Sales by Region



© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Ion Exchange Resins Business
World's Largest Ion Exchange Manufacturer

- **Global Structure**
- **5 Production sites**
 - Soma plant, Japan
 - Qingpu plant, China
 - Jarrow plant, UK
 - Chauny, France (cGMP)
 - Philadelphia, PA
- **3 Research and develop labs**
 - Springhouse, US
 - Tokyo, Japan
 - Chauny, France
- **30 Sales offices**



© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Products

- **Ion Exchange Resins**
- **Polymeric Adsorbents**
- **Polymeric Catalysts**
- **Carbonaceous Adsorbents**

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

IER Applications Supported

- Industrial Water Treatment
- Ultrapure Water
- Potable Water
 - Municipal
 - POE
 - POU
- Food and Beverage
- Pharmaceutical
- Chemical processing
- Catalysis

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Potable Water Applications

- Nitrate
- Perchlorate
- Heavy Metals
- Softening
- Dealkalization
- Arsenic
- NOM (DBP's)

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Product Stewardship

- Responsible Care
 - Know our Products & Uses
 - Critical End Use Matrix
 - Risk Assessments
- Global Registrations
- Drug Master Files

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Basic Principles

Ion exchange resins:

- Are insoluble polymeric beads.
- Have particle size of 0.4 to 1 mm.
- Reversibly exchange ions in solution.

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Strong base anion exchange resin

$$R-Cl + NaNO_3 \rightleftharpoons R-NO_3 + NaCl$$

Regenerated Resin Sodium Nitrate Exhausted Resin Product or Regenerant

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Strong Base Anion Resin Selectivity

- Perchlorate
- Sulfate
- Chromate
- Nitrate
- Arsenate
- Phosphate
- Chloride
- Carbonate
- Hydroxide

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

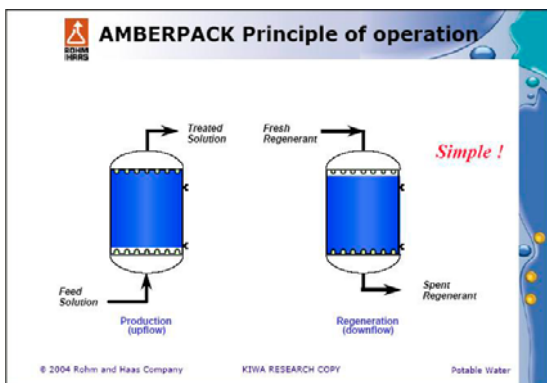
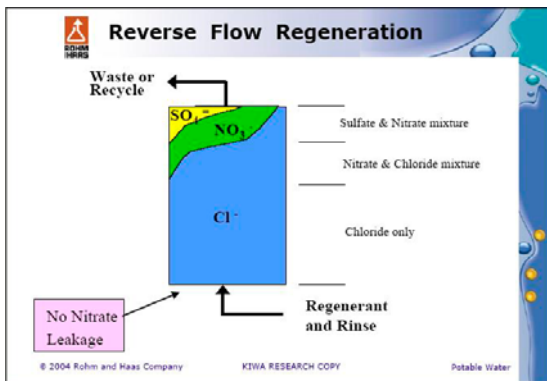
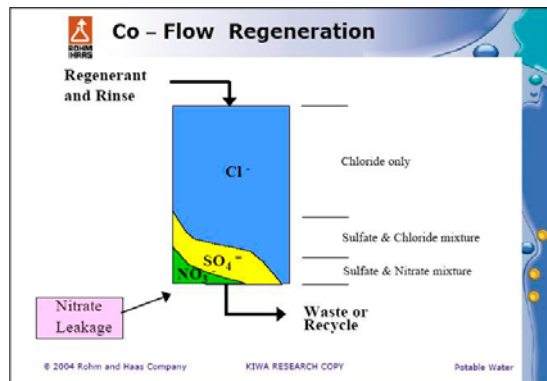
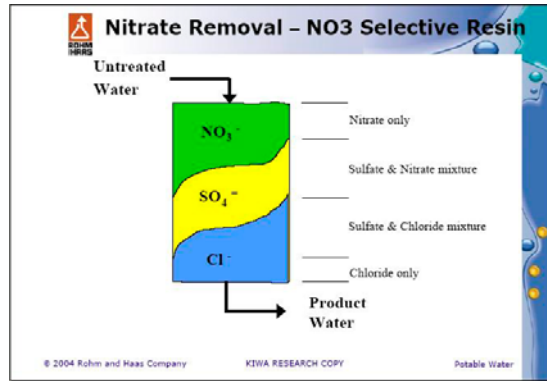
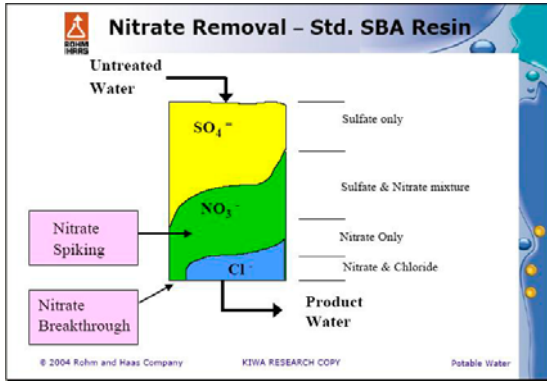
NO3 Selective Resin Selectivity IMAC HP 555

- Perchlorate
- Nitrate
- Chromate
- Sulfate
- Arsenate
- Phosphate
- Chloride
- Carbonate
- Hydroxide

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Nitrate Removal - Std. SBA Resin

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water



- ### Amberpack versus upflow regeneration systems
- **Regeneration must take into account 3 parameters :**
 - ◊ You need a compact bed : Linear flow rate
 - High enough to compact completely the bed, i.e. - 10 m/h after initial 30 m/h
 - ◊ Regenerant concentration
 - Preferably 10% NaCl
 - ◊ Contact time
 - More than 20 minutes
 - **It is often impossible to combine the 3 parameters**
 - ◊ Regeneration can therefore not be completely efficient
 - Usually, regeneration concentration is lower than optimum
 - Contact time frequently too short
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Amberpack®: the rinse argument

- Upflow Displacement**
 - Water has a lower density than the diluted regenerant
 - Some mixing occurs, reducing efficiency
- Amberpack**
 - Because the lighter fluid is on top, no mixing occurs
 - Rinse is more efficient, requiring lower volume

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Ideal Component Separation

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Ideal Elution Curve

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Regeneration Elution Curve

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Causes of Wave Front Elongation

- Poor Distribution**
- Vessel Design**
- Resin Particle size**
- Process Conditions**
 - Turbulence
 - Bed Fluidization
 - Back mixing - density

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Rohm and Haas offers a total solution

- ADI is an answer to the market needs :**
 - Economical, medium flow rate, IX system
 - A simple IX system
 - Water efficient processes: high yield, low waste
 - Rapid installation and start-up

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Advanced Amberpack - ADI

- Combines the ion exchange know-how of Rohm and Haas with state of the art technologies in a uniquely engineered system**
 - Patented ARI "Fractal" distribution
 - Maximum use of our ion exchange resin capabilities
- A simple, efficient, economical and better alternative**

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Fractal Distribution

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Plug Flow with Fractal Distributors

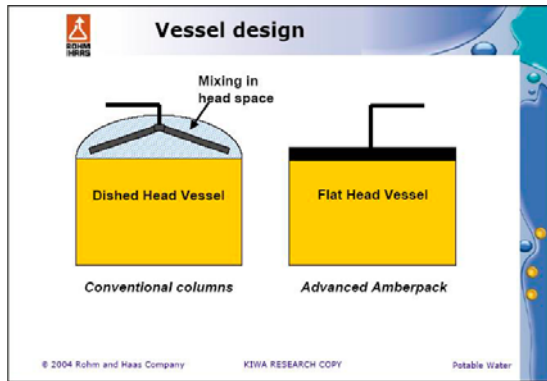
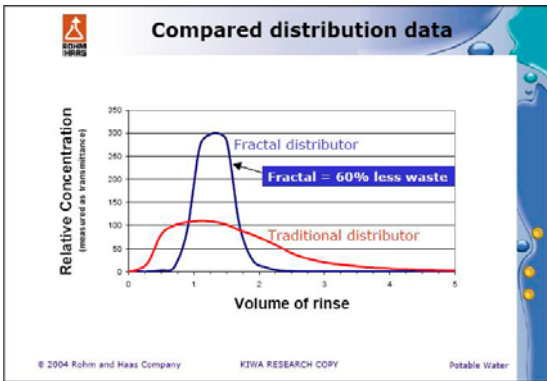
Plug flow zone in ion exchange resin

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

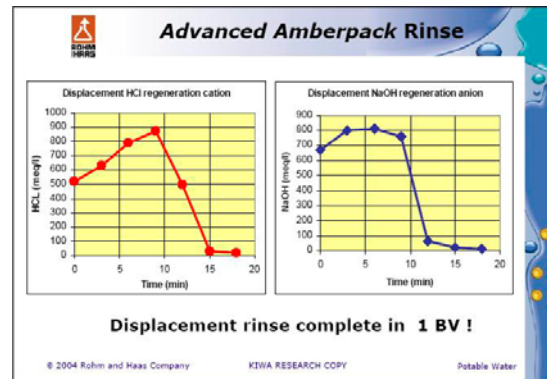
A much better distribution

Fractal distribution Conventional distribution

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water



- ### Distribution & Flat Head Vessels
- Fractal distributors = Perfect plug flow
 - Flat head vessel = No mixing zone
 - Reduces dilution in dish
 - Increases water yield
 - Reduces head room required
 - Pressure rated to 7 bar
 - Rubber lined for corrosion resistance
 - Resin transfer ports for easy fill/empty
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water



What was State-of-the-Art...

...20 years ago

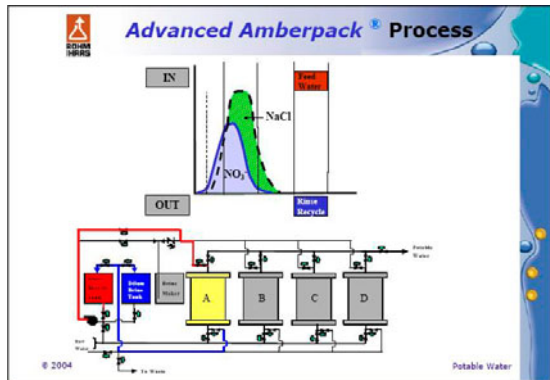
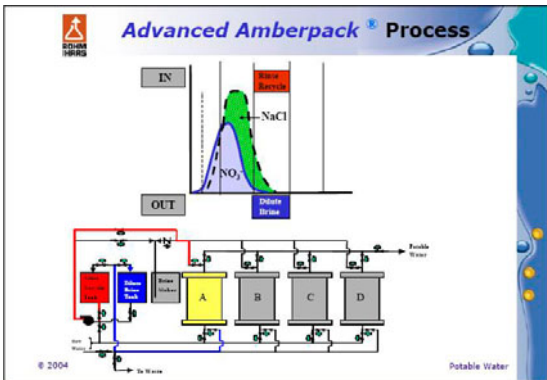
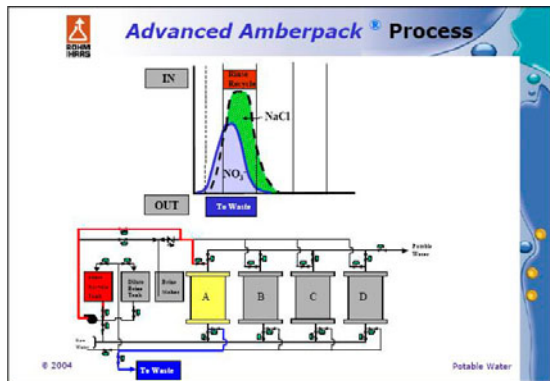
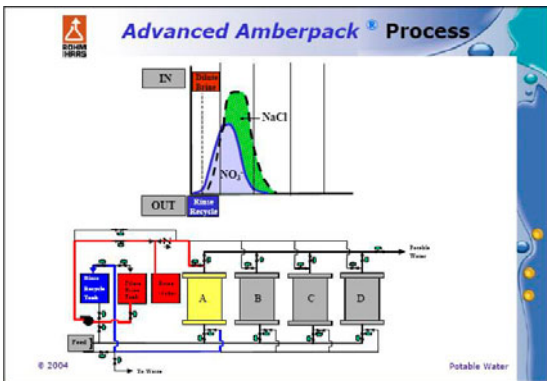
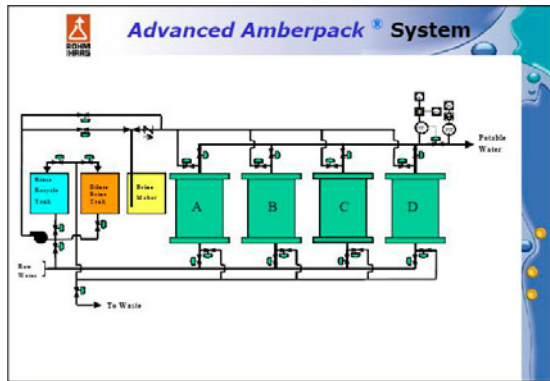
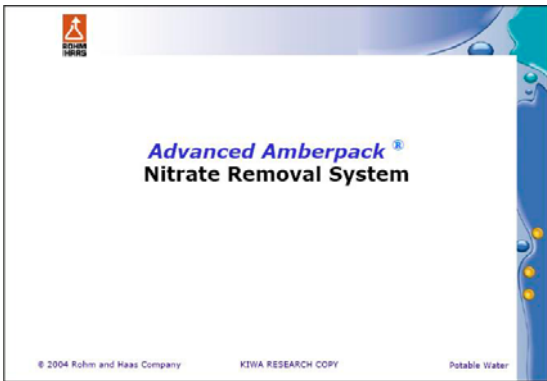
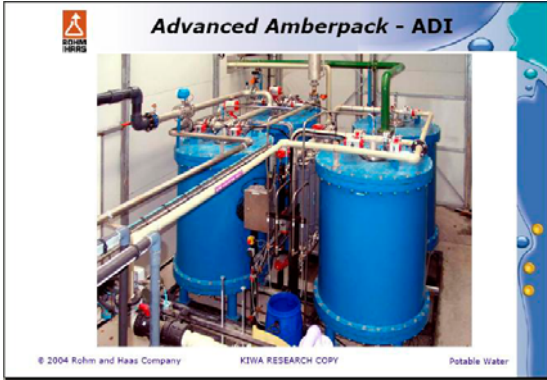
This line produces 45 m³/h

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

What is now State-of-the-Art

Advanced Amberpack ADI produces 60 m³/h

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water



ADVANCED AMBERPACK MUNICIPAL 4F[®]
Nitrate Removal System

Water Analysis		Process Parameter		Units	Results
Conduct	mg/liter	% to be treated	mg/h		82%
Nitrate	mg/liter	# tanks			158
Chlorine	mg/liter	Flow rate per tank	m3/h		2
Salinity	mg/liter	Capacity Flow / vessel	gpm		32
NO3/NO2	fraction	Flow Length	ms		6.0
DOC/Total Arsenic	fraction	Cycle Volume	m3		4.16
Avg. Leverage	mg/l as NO3	Cycle Cost	elements		499
HPSS Capacity	est.	Throughput	BV		308
		NaCl Overhead	kg/day		1845
		NaCl Price	\$/MT		€ 88
		Annual NaCl Cost	\$/yr		€ 12,483
		Waste Volume/throughput	BV		1.7
		Waste	KL		98,774
		Total Daily Waste	m3		21
		Brine disposal Fee	€/m3		€ 42
		Brine disposal Cost	€/yr		€ 871,662
		Actual Operating Cost	€/yr		€ 884,145

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

- Advanced Amberpack[®] Features**
- Fractal Distributors
 - Flat Head Vessels – 4 valves ea.
 - Nitrate Selective Resin
 - High Throughput - compact
 - Skid Mounted
 - Fully Automated
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

- Advanced Amberpack[®] Advantages**
- Low Waste
 - Simple to Operate & Maintain
 - Small Footprint
 - Modular (expandable)
 - Proven Technology
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

- Advanced Amberpack[®]**
- 1 example in the USA
- 0.3% waste**
- 98 ppm NO₃ influent
 - 10 lbs/ft³ brine = 160 grams NaCl per l of resin
 - 1 BV waste
 - 44ppm NO₃ effluent
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

- Advanced Amberpack[®]**
- Skid mounted system for rapid installation
 - Prefiltration to prevent solids fouling
 - Fully automated – PLC driven
 - Brine and rinse recycle skid
 - 10' x 30' foot print
 - 100 ton automatic maker – bulk delivery
 - No manual operation, 78 - 50 lb. bags
 - Treated water in-line NO₃ analyzer
 - Variable flow by-pass capability
 - Minimal valves and moving parts
 - Low maintenance
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

- Scope of Work : R&H + partner**
- Drawings, BM's, specs, loading diagram, O&M manual
 - Delivery, off-loading, installation of Advanced Amberpack system & dilute Brine and rinse recycle system.
 - Electrical and mechanical tie-ins to system.
 - Delivery and installation of 100 ton automatic brine maker.
 - Start-up and training
 - On going technical assistance as required
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water



- Nitrate destruction process**
- Finally the IER process will become the first choice of the industry if we can recirculate the brine!
 - We know there exist different processes, but with little experience and variable operational costs
 - By the end of march 2004 we will have tested the performance of a nitrate destruction process, having already one industrial reference.
 - Before june 2004 we will decide to invest in it!
 - This decision will be influenced by our market knowledge
 - How many wells / production centers have a NO₃ problem?
 - What is the average flow per well?
 - Can you dispose of the brine?
 - What is your cost of disposal for brine?
 - What is your company policy on payback period for capital?
- © 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Sodium Softening

- Use of a strongly acidic cation exchange resins
- $2 R-Na + Ca^{++} \leftrightarrow R_2-Ca + 2 Na^+$
- R represents the resin, which is initially in the sodium form. The reaction for magnesium is identical.
- The above reaction is an equilibrium. It can be reversed by increasing the sodium concentration on the right side. This is the regeneration reaction :
- $R_2-Ca + 2 Na^+ \leftrightarrow 2 R-Na + Ca^{++}$

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Sodium Softening

- Hardness is replaced by sodium; there is no reduction of salinity :

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Sodium Softening

- Recommended operating conditions and process details
 - ◊ Temperature 5 to 120°C
 - ◊ Bed depth CFR : > 800 mm , RFR : preferably 1400 mm or more.
 - ◊ Specific flow rate : 6 to 50 BV/h
 - ◊ Regenerant NaCl.
 - ◊ Regenerant concentration : 10 % NaCl solution
 - ◊ Regenerant quantity
CFR : 100 to 200 g/L (as NaCl 100 %)
RFR : 60 to 120 g/L dilute with soft water
 - ◊ Regenerant contact time : Preferably > 20 minutes
 - ◊ Regenerant flow rate : 2 to 4 BV/h
 - ◊ Slow rinse (displacement) : About 2 bed volumes; soft water for RFR
 - ◊ Fast rinse : About 6 BV
 - ◊ Expected leakage
Depends on the water composition, regenerant level and mode of regeneration. Use IXCalc for more accurate estimates. Note that a high sodium background will increase leakage due to a self-regeneration effect.

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Hydrogen Softening

- The resin is a weakly acidic cation exchanger and has a high affinity for calcium and magnesium, and a poor affinity for sodium. The exchange is actually a softening reaction, and can only take place to the extent of alkalinity in the water :
- $2 R-H + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow R_2-Ca + H_2CO_3$
- This reaction is a neutralisation. The produced carbonic acid decomposes into carbon dioxide and water :
- $H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$
- so that the reaction is irreversible : a WAC resin cannot easily be regenerated with CO_2 . The regeneration is carried out with acid :
- $R_2-Ca + 2 HCl \rightarrow 2 R-H + CaCl_2$
- Operating capacity is high, and regeneration is very efficient, almost stoichiometric

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Hydrogen Softening

- Temporary hardness (bicarbonate hardness) is removed; carbon dioxide is produced that can be degassed; total salinity is reduced

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Hydrogen Softening

- Recommended operating conditions and process details
 - ◊ Temperature : 5 to 100°C
 - ◊ Bed depth : > 700 mm
 - ◊ Specific flow rate : 6 to 50 BV/h
 - ◊ Regenerant : HCl or H_2SO_4 , in co-flow mode
 - ◊ Regenerant concentration : HCl : 5 % , H_2SO_4 : 0.7 %
 - ◊ Regenerant quantity : About 110% of the operating capacity, which must be estimated first (use IXCalc)
 - ◊ Regenerant contact time : Preferably > 30 minutes
 - ◊ Regenerant flow rate : Results from concentration and contact time
 - ◊ Slow rinse (displacement) : About 2 bed volumes
 - ◊ Fast rinse : About 3 BV
 - ◊ Operating capacity
It is very dependent on the feed composition : when hardness is greater than alkalinity (TH/Alk > 1) capacity is high, typically around 2 eq/L. When TH/Alk < 1, capacity is low (0.4 to 1.2 eq/L). See IXCalc.
 - ◊ Expected leakage
The alkalinity leakage is low. Traditionally, the leakage endpoint corresponds to 10% of the alkalinity in the feed. When TH > Alk, the "permanent" hardness, which is the difference between TH and Alk, goes through. In the other case (TH/Alk < 1), all hardness is removed.

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Hydrogen Softening : degasser

- In practice, the water coming out of the cation exchange unit is introduced into a column where it is sprinkled over a bed of filling material, often polypropylene shaped in a way to leave a maximum volume of voids in the bed. Air is introduced at the bottom of the column by a blower, and escapes at the top, loaded with carbon dioxide from the water.
 - ◊ Residual CO_2
It depends on several factors one of them being temperature. Usually, the residual value is 0.1 to 0.25 meq/L. You can take 0.2 as a relatively safe value.
 - ◊ Flow rate
The column should have a diameter giving a linear flow rate of about 60 m/h for the water.
 - ◊ Air flow : typically 30 m³ of air per m³ of water.
 - ◊ A good air filter is essential to prevent contamination of the water.
 - ◊ Air pressure : 0.5 kPa (50 mm H₂O) is enough.
 - ◊ Sprinkling nozzle
It should produce a full water cone for optimum distribution.
 - ◊ Filling material : Preferably "saddle-type" polypropylene
 - ◊ Bed of filling material : Preferably two layers of 1 to 1.5 m each .
 - ◊ Water sump
The water sump, or water pit, is sized to handle about 5 minute worth of water (i.e. [flow rate in m³/h]/12).

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water

Any further questions ?

- Please contact
 - Luc De Backer
 - Tel : + 32 475 431 074
 - E mail : ldebacker@rohmmaas.com

© 2004 Rohm and Haas Company KIWA RESEARCH COPY Potable Water