

## Elektrisch gedreven membraanprocessen.

Auteur: Jan Tholen, Tholen Ingenieursbureau Membraantechnologie

### Het elektrolyse-proces.

We bespreken hier het gebruik van elektrolyse en varianten met nadruk op processtromen en niet voor waterontzouting ten behoeve van proceswater. Een elektrolyse-unit bestaat uit een pakket membranen die afwisselend kation- en aniondoorlatend zijn. De te ontzouten vloeistof en het concentraat stromen afwisselend door dit pakket membranen.

T.g.v. het elektrisch veld dat wordt opgewekt door de elektrodes aan beide einden van het pakket stromen de kationen uit de te ontzouten vloeistof (diluaat) naar de kathode en de anionen naar de anode. Deze anionen en kationen komen niet verder dan het er naast gelegen concentraat-compartment omdat ze vervolgens door een selectief membraan worden tegengehouden.

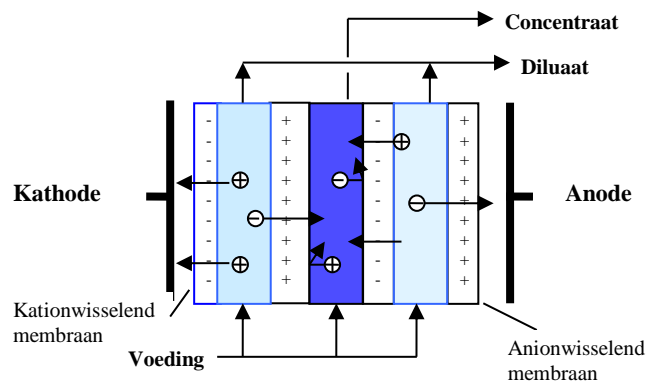
Door keuze van het type membraan (bijvoorbeeld monovalent anion-specifiek) is het zelfs mogelijk om nog een mate van scheiding van type anionen of kationen te bereiken.

Zo kan uit drinkwater tamelijk selectief nitraat en hardheid worden verwijderd. De zouten kunnen worden geconcentreerd tot wel ca. 25 %. Ook zuren en logen kunnen m.b.v. elektrolyse worden verwijderd en tegelijkertijd geconcentreerd uit procesvloeistoffen.

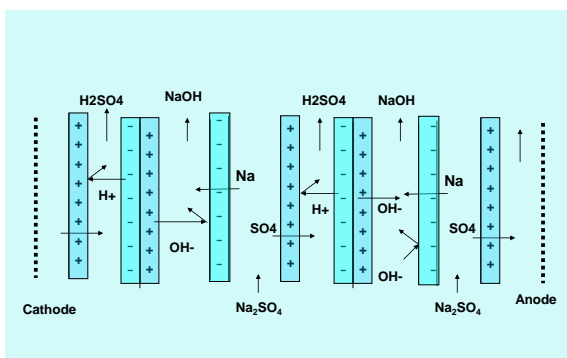
Zouten kunnen worden verwijderd uit organische vloeistoffen die in water niet zijn geïoniseerd of die een molecuulgewicht hebben van  $> 200$  Da, omdat ze dan niet door het membraan kunnen.

Door toepassing van bipolaire membranen (membranen met aan weerszijde een tegengestelde lading, zie hieronder) kunnen zouten zelfs direct worden omgezet in zuur en loog. In het bipolaire membraan wordt water gesplitst en dat levert aan de negatieve zijde  $H^+$ -ionen en aan de positieve zijde  $OH^-$  ionen.

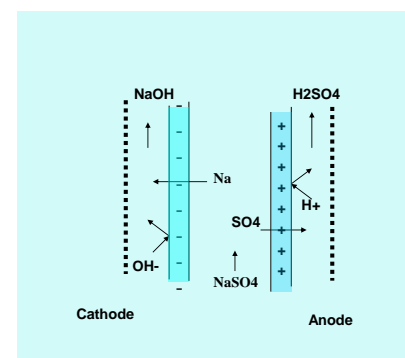
Maakt men gebruik watersplitsing in de elektrodecompartimenten voor de levering van de  $H^+$ - en  $OH^-$  ionen dan is er sprake van membraanelektrolyse. (zie hieronder).



*Elektrodialyseproces*



*Zoutsplitsing met bipolaire membranen*



*Zoutsplitsing membraanelektrolyse*

De grootte van een elektrolyse of membraan elektrolyse installatie wordt bepaald door de hoeveelheid te verwijderen geïoniseerde stoffen en de procesconcentratieniveaus in de voeding, het diluaat en het concentraat. De concentraties bepalen de geleidbaarheid van de verschillende procesvloeistoffen. Op basis daarvan wordt dan de hoeveelheid te installeren membraanoppervlak ( $m^2$ ) bepaald en het benodigde vermogen (kW).

Het verbruik zal ca. 30 a 100 kWh per kmol zout bedragen. Concentreren van zoute stromen zal daarom tot ca. 25 % concentratie veel energie zuiniger zijn dan verdampen.

Er is ook een ondergrens. Hoe lager het zoutgehalte, des te lager de geleidbaarheid en dus des te hoger het stroomverbruik in kWh nodig om de zouten te verplaatsen. De stroomsterkte kan ook weer niet te hoog worden omdat dan watersplitsing aan het membraan ontstaat dat daardoor wordt beschadigd, dus dan zou er een veel groter membraanoppervlak moeten worden geïnstalleerd en neemt de investering toe.

Voor zeer lage concentraties in de voeding en het diluaat bij het maken van proceswater gebruikt men Electro-De-Ionisatie EDI, waarbij de ruimtes tussen de membranen worden gevuld met ionenwisselaarharsen om daarmee het transport van de ionen in de procesvloeistoffen te vergroten en zodoende het energieverbruik sterk te verlagen en ook het geïnstalleerde membraanoppervlak.



*ED installatie wei-ontzouting 160 m<sup>2</sup>*



*Membraan elektrolyse chroomzuurreiniging*

### Snel assessment

Door beantwoording van deze vragen kunt u snel vaststellen of deze technologie relevant voor u is?

1. Heeft u organische vloeistoffen die ontzout moeten worden?
2. Wilt u kleine organische geïoniseerde moleculen uit een stroom verwijderen of terugwinnen?
3. Wilt u opconcentreren tot wel 25 % zonder opwarming of met relatief laag energieverbruik?
4. Wilt u van zouten kationen of anionen uitwisselen?
5. Wilt u zuur of loog terugwinnen uit een zoute stroom?
6. Wilt u selectief zouten verwijderen?
7. Wilt u de zoutvracht in afvalwater verminderen?

### Voorbeelden van toepassingen

#### Chemie

Concentratie en terugwinning katalysatoren

Omzetting zouten in zuren en basen

pH sturing door zuur of loog onttrekking

Productie van actief chloor en natronloog uit zout (chlooralkali)

#### Metaalindustrie en metaaloppervlaktebewerking

Terugwinning metaalzouten

Terugwinning zuren en basen uit beits- en spoelbaden

Verwijderen (half) edele metalen uit galvanische baden

Verwijderen zilver uit ontwikkel- en fixeerbaden  
Verwijderen zware metalen uit beitsoplossingen

### **Pulp en papierindustrie**

Ontzouten en hergebruik van (pulp) waswater  
Verwijderen vetzuren ter vermindering biologische groei

### **Textielindustrie**

Ontzouting van procesvloeistof  
Ontkleuring van afvalwater

### **Voedingsmiddelenindustrie**

Ontzouten van glucose oplossingen  
Zuurregulatie van vruchtensap  
Zuurregulatie van koffie  
Wei ontzouting

### **Waterbehandeling**

Nitratverwijdering uit grondwater  
Ontharden van water  
Terugwinning zuren en/of basen uit afvalwater  
Concentratie tot 25 % van concentraatstromen

### **Procesenvelop**

Verwijderen/afschieden of concentreren van geïoniseerde stoffen (max MW 200) uit geleidende vloeistoffen.

Splitsen zout in zuur en/of loog  
Max temperatuur ca 80 degC  
Concentratie voeding tussen 100 mg/l en 250 g/l  
Concentratie concentraat < 250 g/l  
Concentratie diluaat > 100 mg/l  
Verschil concentraat en diluaat max 200 g/l.

### **Voordelen**

Zeer lage druk  
Energieverbruik gerelateerd aan concentratie  
Chemische reiniging bij lage en/of hoge pH mogelijk  
Goede selectiviteit in te stellen bij bepaalde stromen.  
Vervuiling te voorkomen of verwijderen door poolomkering (Elektrodialyse Reversal EDR)

### **Risico's**

Membranevervuiling oppervlak  
Energieverbruik bij verwijdering hoge zoutconcentraties  
Bij zoutsplitsing membraankosten en vervuiling t.g.v. neerslag van metaalhydroxides.

### **Commerciële status / TRL**

Commercieel TRL 9  
Specifieke toepassingen vereisen test op TRL 7

### **Doelgroepen**

Chemie  
Metaalindustrie en metaaloppervlaktebewerking  
Pulp en papierindustrie  
Textielindustrie  
Voedingsmiddelenindustrie en zuivelindustrie  
Waterbehandeling

## **Gerelateerde elektrisch gedreven membraanprocessen**

EDI            Elektro-De-Ionisatie  
CapDI        Capacitieve De-Ionisatie

Beide processen komen in een apart document aan de orde.

### **Literatuur**

- 1) Basic Principles of Membrane Technology, Marcel Mulder
- 2) Application of Electrodialysis for the recovery of salts and water in Textile Finishing Industry, N. Penders-van Elk e.a.
- 3) Salt removal and Recovery of Paper Chemicals by use of Membrane Electro(dia)lysis, L. Joore e.a.
- 4) Reports NLGUTS-ISPT Technoproject: pagina 30  
[Final report DSTI GUTS CS-01-06 Electrolyse Projects](#)