

Reverz ozmózis

Készítette:

Kereszty Flóra
Kiss Szonja Bianka
Nemeskéri Zsolt
Terebesi Csilla

2018.11.15.

Reverz ozmózis

Definíció: A fordított ozmózis (RO) (hiperszűrés, reverz ozmózis) tisztán anyagátadási folyamatnak tekinthető, melyben a diffúzió, a kémiai potenciálkülönbség, és az elektrosztatikus kölcsönhatások játsszák a meghatározó szerepet.

Működési elve, fizikai háttér

Az alkalmazott membrán olyan szelektív hárttyaként működik, amely csak a vizet engedi áthaladni, az ionokat visszatartja.

A szétválasztásban szerepet játszanak: (az ultraszűréssel és mikroszűréssel szemben)

- adszorpciós tulajdonságok
- oldhatósági tulajdonságok
- diffúziós tulajdonságok

Az ozmózis jelensége (általánosságban):

A víz a nyomás- és a koncentrációgradiens hatására átdiffundál a membránon:

$$J_{m,víz} = A * (\Delta p - \Delta \pi)$$

$J_{m,víz}$ a tömegfluxus ($kg/(m^2s)$)

A a tiszta víz permeabilitási tényezője (s/m), konstans érték

Δp a membrán betáplálás- és permeátoldala közti nyomáskülönbség (Pa)

$\Delta \pi$ a membrán két oldala közti ozmózisnyomás-különbség (Pa).

Ha egy sóoldatot membránnal választunk el tiszta víztől, akkor ha:

- $\Delta p < \Delta \pi$, akkor a víz a híg oldat felől áramlik a töményebb oldat irányába kémiai potenciálkülönbség miatt (ozmózis)
- ozmózisnyomásával megegyező nagyságú nyomást gyakorlunk a sóoldatra: megállítjuk a tiszta víz oldaláról a víz áramlását (ozmózisegyensúly: $\Delta p = \Delta \pi$)
- sóoldat felől az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomást gyakorlunk, így az ozmózis iránya megfordítható; a sóoldatból vízmolekulákat tudunk átnyomni a tiszta víz oldalra (**reverz ozmózis: $\Delta p > \Delta \pi$**)

A só fluxusának leírásánál azonban a só koncentrációja befolyásol, és kevésbé a transzmembrán nyomás, ezért a só fluxusa a következő:

$$J_{só} = B * (c_{só, betáplálás} - c_{só, permeát})$$

B a só permeabilitási konstans (m/s)

c a só koncentrációja a betáplálás- és permeátoldalon (kg/m^3).

Ha a membrán sóvisszatartása magas, a permeátumban lévő sókoncentráció elhanyagolható a betáplálásoldal sókoncentrációjához viszonyítva:

$$J_{\text{só}} = B \cdot C_{\text{só, betáplálás}}$$

Tehát a víz fluxusa függ az alkalmazott nyomástól (egyenes arány), míg a só fluxusa az alkalmazott nyomástól független. A só visszatartásának mértékét a kiindulási permeátumkoncentráció ismeretében ezzel a képlettel számolhatjuk:

$$R = \frac{C_{\text{betáplálás}} - C_{\text{permeátum}}}{C_{\text{betáplálás}}}$$

$C_{\text{permeátum}}$ a permeátum koncentrációja (mol/m³)

$C_{\text{betáplálás}}$ a betáplálás koncentrációja (mol/m³)

Limitáló fluxus: a fluxus (térfogati, mol-, vagy tömegfluxus) egyenes arányban való növekedése a transzmembrán nyomás és ozmotikus nyomáskülönbség különbségének növelésével csak egy adott tartományban állandó, adott membránra jellemzően egy hajtóerőértéktől kezdve a hajtóerő növelésének ellenére is a fluxus értéke változatlan marad.

A membrán felépítése

- Hordozó (poliészter = polyester fabric supportbase)
- Makropórusos réteg (poliszulfon = polysulfone layer)
- 0,2 mikronos réteg (poliamid = 0,2 mikron thick polyamid barrie layer):
 - Ez végzi a tényleges szűrést
 - Nem engedi át: Vírusok, baktériumok, semmilyen víz molekulánál nagyobb molekula(számít a molekula formája és töltése is)
- Két membrán réteg közé távtartó réteget helyeznek, itt áramlik a betáplált víz.
- Erre jönnek a permeát spacer-ek, itt áramlik a permeátum .
- A membránt feltekerik, kívülről nagy nyomással juttatják be a tisztítandó vizet. Nyomás hatására a tiszta víz átjut a membránon, spirális alakban a henger közepe felé áramlik egy csőbe, innen vezetik el a permeátumot.
- A koncentrátum a köpenytérben áramlik

Tisztítása

- a membrán felületén lerakódik a szennyeződés → fokozatosan csökken az átteresztőképessége
- meghatározott időközönként a szűrést tisztítási ciklus követi:
 - visszamosás a tisztított vízzel, olykor tisztítószerekkel: híg HNO₃, 1%-os NaCl oldat,..
- a membrán élettartama nagymértékben függ a tisztítási technológiától
- (a modulok élettartama általában 2-3év)

A membránszűrés előnyei

- jó minőségű végtermék
- eltávolítja a kolloidokat, egyéb potenciális zavaró tényezőket
- nincs hőbomlás, hőkárosodás
- kis energiaigény (termikus elválasztási műveletekhez képest (bepárlás, desztilláció), mivel a fázisátmenethez (elgőzölögtetéshez) szükséges energia többszöröse az áramoltatáshoz szükséges energiának)
- nincs, vagy csökkentett mennyiségben van szükség adalékanyagra
- gyors üzemmód, kicsiny tárolási kapacitást igényel

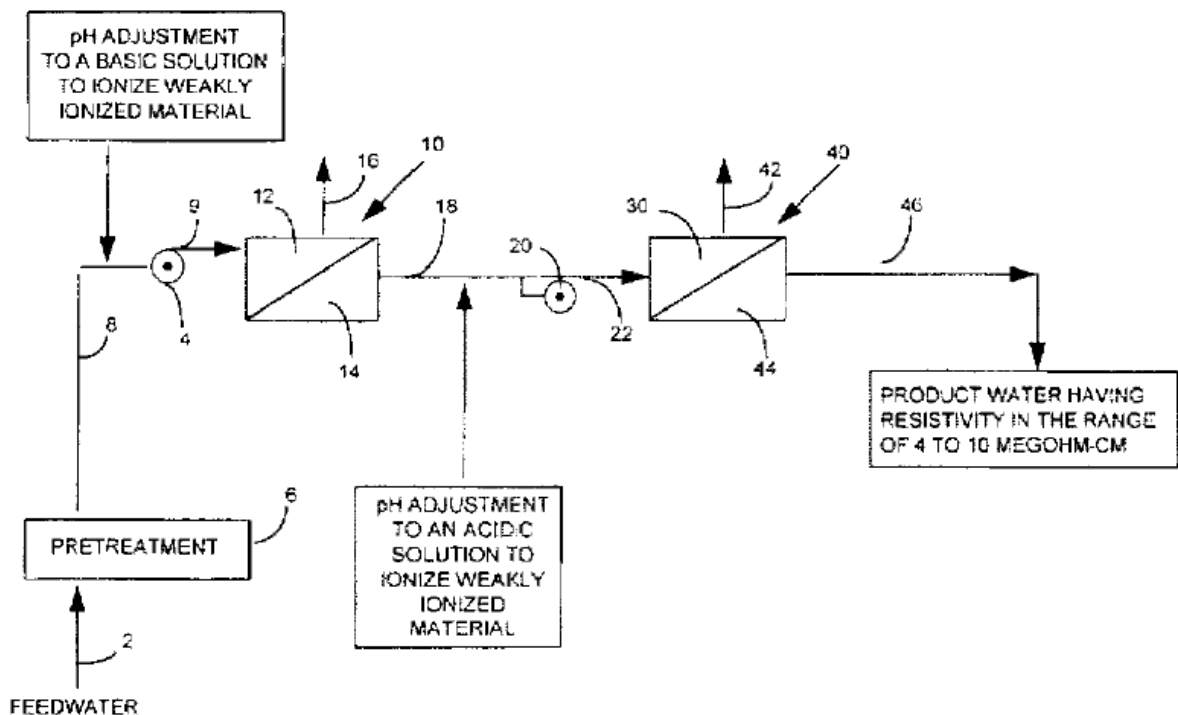
Felhasználás

Tejipar

- A reverz ozmózis alkalmazása jelentősen elterjed a tejiparban, elsősorban a zsírcsökkentett tej és a savó koncentráálásban, frakcionálásában. Mivel az eljárás magas hőmérsékletet nem igényel, így elkerülhető a hőérzékeny fehérjék denaturációja, ami komoly probléma a reverz ozmózis elterjedése előtt használt módszereknél, amik melegítésre, párologtatásra alapultak. Másik előnye, hogy egy lépésben elválaszthatók a tej komponensei. [1]
- A tejiparban alkalmazott folyamatok során nagy mennyiségű szennyvíz képződik. Reverz ozmózis alkalmazásával ez a szennyvíz könnyen tisztítható, és újra felhasználható. [2]

Vízisztítás

- Mérgező komponensekkel szennyezett vizek tisztítására is alkalmazható, a teljes szennyezőanyag tartalmat reverz ozmózissal lehet eltávolítani. Ha azonban a megengedett szennyezőanyag határérték magas, így nincs megkövetelve a teljes elválasztás, érdemes lehet más olcsóbb megoldásnak utánajárni. [3]
- Ultratiszta víz előállításában a legnagyobb problémát a szén-dioxid és az ammónia és más gyengén ionizált anyagok jelentik, ugyanis ezek könnyedén átjutnak fordított ozmózis membránokon is. A megoldás erre az, hogy kettő reverz ozmózis membránmodult alkalmaznak. Az első modulba való betáplálás előtt a vizes oldat pH-ját úgy állítják be, hogy az egyik gyengén ionizált komponens nagymértékben ionizálódjon, így ez a membránon nem képes átjutni. A permeát erre a komponensre szegény lesz. Ezután más pH-t állítanak be, amin egy másik anyag ionizálódik, majd ezt is átvezetik egy reverz ozmózis membránmodulon. Mivel a természetes vizekben nagy mennyiségben van jelen vízkőképző anyag, amely lerakódhat a membránokon, a reverz ozmózis eljárás előtt a vízkőképző anyagok egy részét nanoszűrővel lehet távolítani, amelynek a tisztítása könnyebb, mint a fordított ozmózis membránoké. A pH-t nátrium-hidroxiddal lehet növelni. Az ebből adódó nátriumion szennyezést pedig kationcserélővel lehet eltávolítani, amelyben a Na^+ ionokat H_3O^+ ionokra cseréljük. A pH csökkentésére a kationcserélőn kívül kénsavat használnak, mert a szulfát nem jut át a membránon. [4]
- Reverz ozmózissal való vízisztítást alkalmaznak hadseregben, ugyanis hordozható reverz ozmózis víz tisztító egységgel bármilyen vízforrásból ivóvizet lehet előállítani. [5]
- Tengeri akváriumok szűrője is ezzel a módszerrel működhet, hogy az élőlények számára káros anyagokat eltávolítsák a csapvízből.

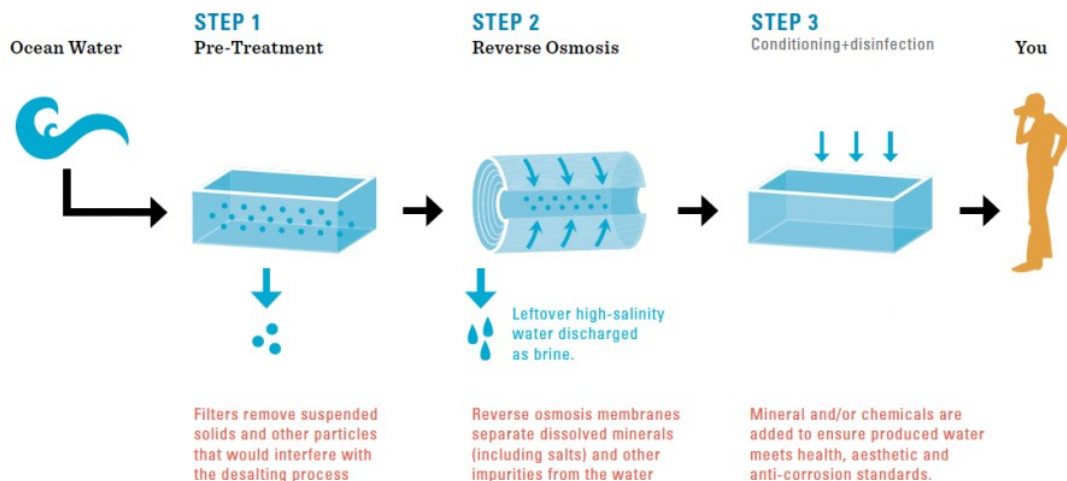


*Az ultratiszta víz előállítására használt berendezés
 2, 8, 9, 18, 22, 46: vízvezeték, 4, 20: pumpa, 12, 30: első és második membrán nagy
 nyomású oldala, 14, 44: első és második membrán kis nyomású oldala, 16, 42:
 retentát, 10, 30: első és második membrán modul, 6: előkezelés (nanoszűrés)*

Tengervíz sótalanítása

- A világnak növekvő vízhiánnyal kell szembe néznie. Egyes csapadékhiányos területeken a természetes vízellátás nem megfelelő, ezeken a helyeken a vízprobléma egyik megoldását a tengervíz sótalanítása jelenti. Mivel egyre több száraz terület kerül művelés alá és alakul át lakott helyé, a sótalanítás iránti igény is egyre növekszik.
- Az egyik sókivonó eljárás már az i.e. 4. századtól ismert, amikor is Arisztotelész megállapította, hogy ha a sós vizet felforralják, akkor a felszálló pára maga mögött hagyja a sót. A lecsapódó gőzből nyert víz már sómentes.
- A legegyszerűbb sótalanító berendezés a lepárló, amelyben a vizet felforralják, a keletkező gőz pedig lecsapódik. Modernebb sókivonó eljárás az ún. fordított ozmózis, amely hatékonyabb, mint az egyensúlyi desztilláció.
- A sótalanító berendezések jelenleg több mint 120 országban használatosak, köztük Olaszországban, Ausztráliában, Spanyolországban, Görögországban, Portugáliában, Japánban, Kínában, Indiában, Szaúd-Arábiában, Ománban, Egyesült Arab Emírségekben, Máltán, Cipruson. Több mint 21 000 sótalanító üzem van világszerte, amelyek naponta több mint 3,5 milliárd liter ivóvizet állítanak elő. A sótalanító üzemek kapacitása exponenciálisan nőtt az elmúlt 30 év során. Jelenleg Szaúd-Arábia a világvezető, az ivóvízszükséglet 70%-át fedezik az eljárással.
- A világ egyik legnagyobb sótalanító üzeme a kaliforniai Carlsbadban található.

- Lépések:



- **1. Előkezelés**

A sóatlanítás első szakasza. A tengervíz beérkezik az üzembe, keresztülmegy egy előkezelési eljáráson, amely eltávolítja az algákat, a szerves anyagokat és egyéb szilárd részecskéket. A tengervizet szűrőtartályokba szivattyúzzák, a szűrők antracit és homokrétegekből állnak egy kavicságy fölött. A szűrés után a víz a sóatlanítás következő szakaszába lép.

- **2. Másodlagos előkezelés**

Mielőtt a tengervíz belép a fordított ozmózis szűrőbe, át kell esnie az előkezelés második szakaszán, a mikroszűrésen. Ezen a ponton gyakorlatilag az oldott sók és ásványi anyagok kivételével minden szennyeződés eltávolításra kerül a vízből.

- **3. Fordított ozmózis**

A fordított ozmózis-egység a sóatlanítás központja az üzemben. E folyamat során az oldott só és más ásványi anyagok elválnak a víztől. A műveleti egység több, mint 2000 nyomástartó edényt tartalmaz, amelyek több, mint 16 000 fordított ozmózis membránt tartalmaznak. (A nyomástartó edényeket a San Diego megyei Protec Arisawa szolgáltatta, a fordított ozmózis membránokat pedig a Dow Water & Process Solutions.)

- A reverz ozmózis membránokon és nyomástartó edényeken kívül itt található még 144 db modern energia újrahasznosító egység (amelyeket az Energy Recovery, Inc. gyártott). Ezek a készülékek a tömény sóoldat áramlási energiájának újrahasznosítását végzik. Becslések szerint 146 millió kilowattóra energiát takarítanak meg az üzemnek, és évente 42 000 tonnával csökkentik a szén-dioxid-kibocsátást - ami durván egyenértékű a 9000 személygépkocsi éves üvegházhatást okozó gázkibocsátásával.

- **4. Utókezelés**

Fordított ozmózis szűrés után az édesvíz majdnem készen áll a fogyasztásra, de előbb utókezelésnek kell alávetni. Ez magában foglalja az eltávolított ásványi anyagok pótlását, és a víz fertőtlenítését.

- **5. Tárolás**

Miután a sóatlanítás befejeződött, a vizet tartályokban tárolják, ahonnan a San Diego Megyei Vízügyi Hatósághoz szállítják.

Források:

- Vegyipari műveletani alapismeretek (Fonyó-Fábry) 986. oldal
 - Vegyipari műveletek II. Anyagátadó műveletek és kémiai reaktorok 478., 498-500. oldal
 - https://www.youtube.com/watch?v=aVdWqbbpv_Y&t=3s
 - <https://www.youtube.com/watch?v=-sr7mzhVsE&t=5s>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=5Oid4ZOxjHo>
 - <https://www.carlsbaddesal.com/>
 - <http://carlsbaddesal.sdcwa.org/desal-process/>
 - Baltasar Peñate, Lourdes García-Rodríguez: *Current trends and future prospects in the design of seawater reverse osmosis desalination technology*
 - Lauren F. Greenlee, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman, Benoit Marrot, Philippe Moulin: *Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges*
 - Hyun-Je Oh, Tae-Mun Hwang, Sangho Lee: *A simplified simulation model of RO systems for seawater desalination*
-
- Hivatkozások:
 - [1]: Beaton, Neil C. (1979) Ultrafiltration And Reverse Osmosis In The Dairy Industry - An Introduction To Sanitary Considerations. *Journal Of Food Protection* 42, no. 7: 584-590.
 - [2]: Vourch, M., Béatrice B., Bernard Ch., Gérard D. (2005) Nanofiltration And Reverse Osmosis Of Model Process Waters Fromthe Dairy Industry To Produce Water for Reuse. *Desalination* 172, no. 3: 245-256.
 - [3]: Hodúr C., László Zs., Papp G. (2003) Fenol tartalmú termálvíz ultra- és hiperszűrése. KE Műszaki Kémiai Kutató Intézet, pp. 91-96
 - [4]: F. J. Daly et al. "Portable reverse osmosis unit for producing drinking water," United States Patent 6120688, Sep. 19, 2000.
 - [5]: K. J. Horner, D. R. Whiting. "Transportable reverse osmosis water purification unit," United States Patent 5244579, Sep. 14, 1993