

# Αφαλάτωση

Η απόκτηση αξιόπιστων πηγών  
ύδρευσης από αμφισβητήσιμες πηγές  
νερού



# Ανάγκες σε γλυκό νερό

- Οικονομική Ανάπτυξη



- Γεωργία και τρόφιμα



- Δημόσια υγεία

- Ποιότητα ζωής



# Γιατί Αφαλάτωση;



- 75% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό
- 97.5% από το νερό αυτό βρίσκεται στους ωκεανούς
- Μόνο 1% είναι διαθέσιμο για ύδρευση
- 80 χώρες υποφέρουν από λειψυδρία από τα μέσα της δεκαετίας του 1990
- 1,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν άμεση πρόσβαση σε πόσιμο νερό

Show video at:

[http://www.gewater.com/images/multimedia/desal/index\\_flash.html](http://www.gewater.com/images/multimedia/desal/index_flash.html)

# Μπορούμε να πιούμε αλμυρό νερό;



- Ενδεχόμενα , μπορεί να είναι επικίνδυνο γιατί προκαλεί θανατηφόρους σπασμούς, καρδιακές αρρυθμίες και νεφρική ανεπάρκεια
- Μικρές ποσότητες δεν είναι επιβλαβείς, αλλά είναι αντιπαραγωγικές (προκαλούν ακριβώς μεγαλύτερη δίψα!)

# Εισαγωγή

- Γιατί δεν μπορώ να επιλέξω «αφαλάτωση θαλασσινού νερού: τι διακυβεύεται;
- Το νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή.
- Νερό καλύπτει περίπου το 75% της επιφάνειας της Γης, το 94% είναι αλμυρό νερό από τους ωκεανούς και το 6% γλυκό νερό.
- (O.K. Buross, The ABC's of Desalting, 2000)

Η ανάγκη σε γλυκό νερό αυξάνεται καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός, η εκβιομηχάνιση και η γεωργία αυξάνονται. Το 2005, ο παγκόσμιος πληθυσμός ανήλθε σε 6,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους. (ΟΗΕ)

Δεν υπάρχει καμία καλύτερη διαδικασία αφαλάτωσης. Έχουν όλες πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Έτσι, ένα από τα ερωτήματα είναι: ποια από τις διεργασίες αφαλάτωσης είναι η πιο κατάλληλη;

# Αφαλάτωση

απομακρύνει τα άλατα από υφάλμυρο ή θαλάσσιο νερό  
χρησιμοποιείται για οικιακές ή δημοτικές ανάγκες

## *Οι τεχνικές αφαλάτωσης*

*αφαλάτωση* - φυσική συνεχής διαδικασία του υδρολογικού κύκλου

**Το σπουδαιότερο βήμα** ανάπτυξης της αφαλάτωσης  
έγινε το 2ο Παγκόσμιο πόλεμο

Δημιουργία στις ΗΠΑ του Office of Saline Water (OSW) αρχές δεκαετίας του  
1950 και του Office of Water Research and Technology (OWRT)

Η Αμερικανική κυβέρνηση χρηματοδότησε την έρευνα και ανάπτυξη της  
αφαλάτωσης για πάνω από 30 χρόνια, δαπανώντας περίπου \$300 εκατομμύρια

# Η ζήτηση σε νερό



Χρειάζονται 5.670 λίτρα νερού για την επεξεργασία ενός βαρελιού μύρας



454 λίτρα νερού χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός αυγού



Χρειάζονται 45 λίτρα νερού για να επεξεργαστεί ένα κοτόπουλο



147000 λίτρα νερού χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός νέου αυτοκινήτου



Περίπου 25700 λίτρα νερού απαιτούνται για τις ανάγκες μιας ημέρας για μια οικογένεια των 4 ατόμων



Χρειάζονται 7000 λίτρα νερού για την επεξεργασία ενός βαρελιού αργού πετρελαίου

**τέλος 10ετίας 1960** εμπορεύσιμες θερμικές μονάδες αφαλάτωσης  
έως 8000 (cum/d)

**αρχές δεκαετίας 1970** - εγκαταστάσεις με μεμβράνες

- ηλεκτροδιάλυση, αφαλάτωση υφάλμυρου νερού με πολύ χαμηλό κόστος
- *RO* αφαλάτωση υφάλμυρου και θαλασσινού νερού

**δεκαετία 1980** - πλήρως εμπορεύσιμη επιχείρηση

**1990** (Klaus Wangnick, IDA)

ολική ικανότητα εγκαταστάσεων στον κόσμο 13.2 εκατομμύρια cum/d  
χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 120 χώρες



# Περισσότερες Μονάδες Αφαλάτωσης

**Abu Dhabi, United Arab Emirates (3)**

**Aruba (1)**

**Australia (3 in use, 3 under construction, 1 planned)**

**Cyprus (1)**

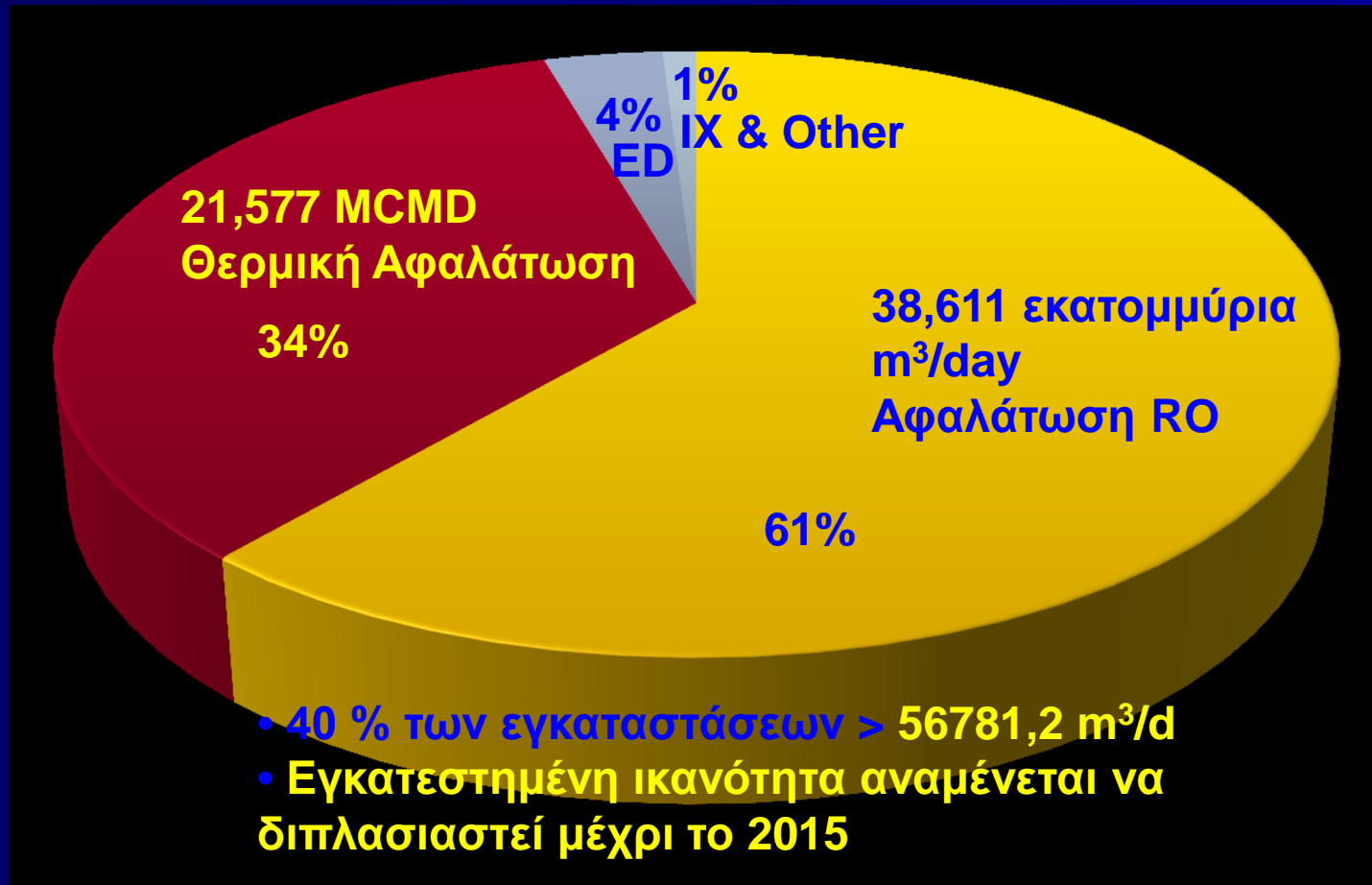
**Israel (3 in use, 2 under construction)**

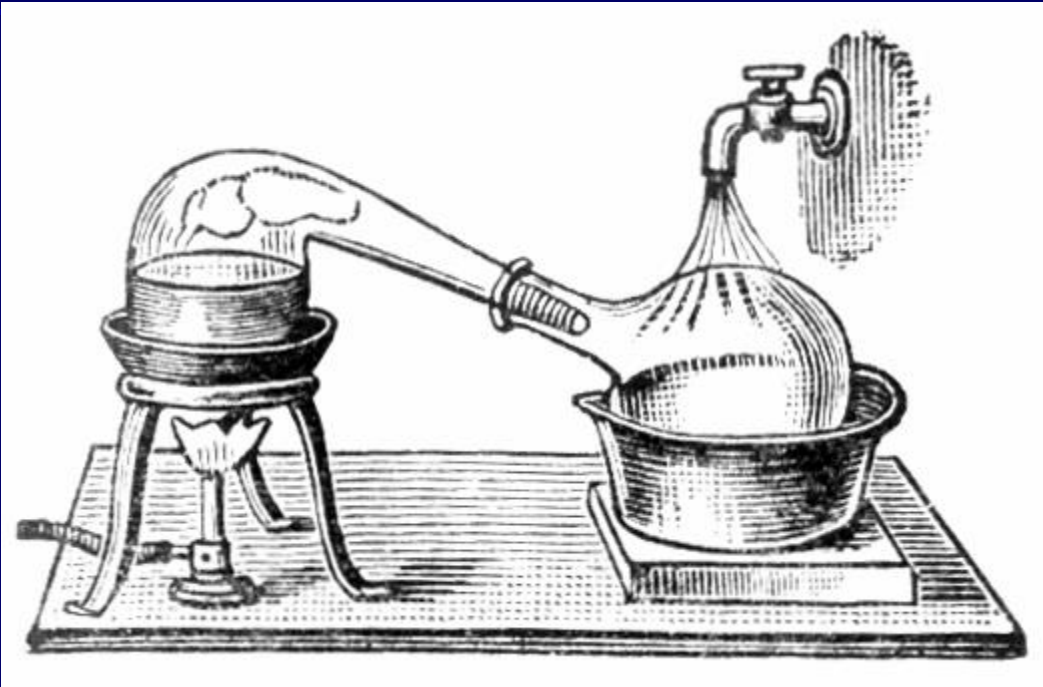
**USA**

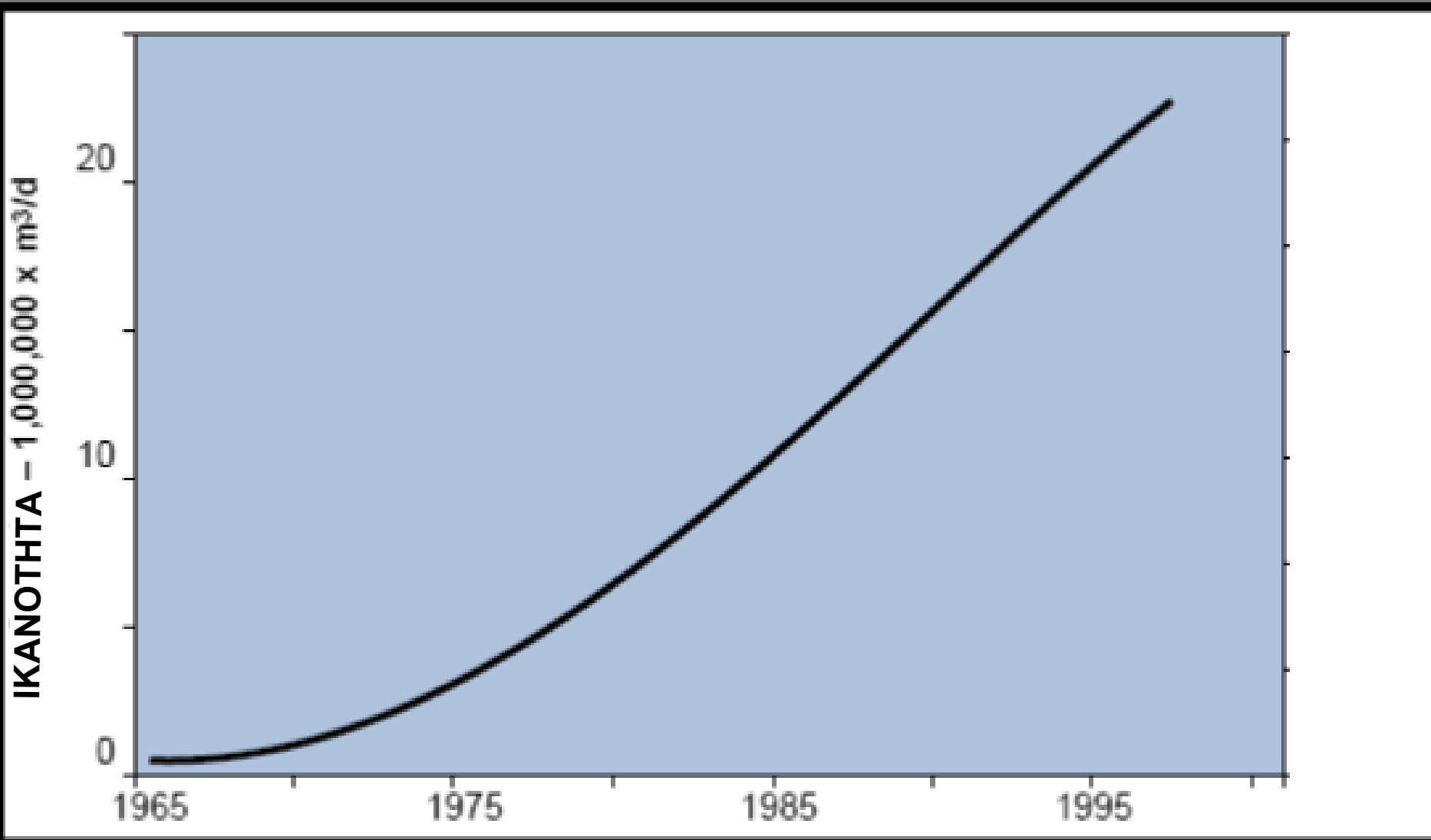
- **Yuma (Arizona), opened 1992**
- **El Paso (Texas) opened 2004**
- **Tampa Bay (Florida) opened 2007**
- **Monterey (California), in the planning stages**

**Republic of Trinidad and Tobago (1)**

**Αφαλάτωση** – Που βρισκόμαστε σήμερα;  
**14754** Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στον  
κόσμο – δυναμικού **63216,4 m<sup>3</sup>/d**







**Σχήμα 6.1** Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στον κόσμο. Πηγή IDA Inventory 1998.

**Διαθέσιμες στο εμπόριο διαδικασίες αφαλάτωσης**

**A. Κύριες διαδικασίες**

**1. Θερμικές**

Ακαριαία απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων

Απόσταξη πολλαπλών δοχείων

Συμπύεση ατμών

**2. Μembrάνης**

Ηλεκτροδιάλυση

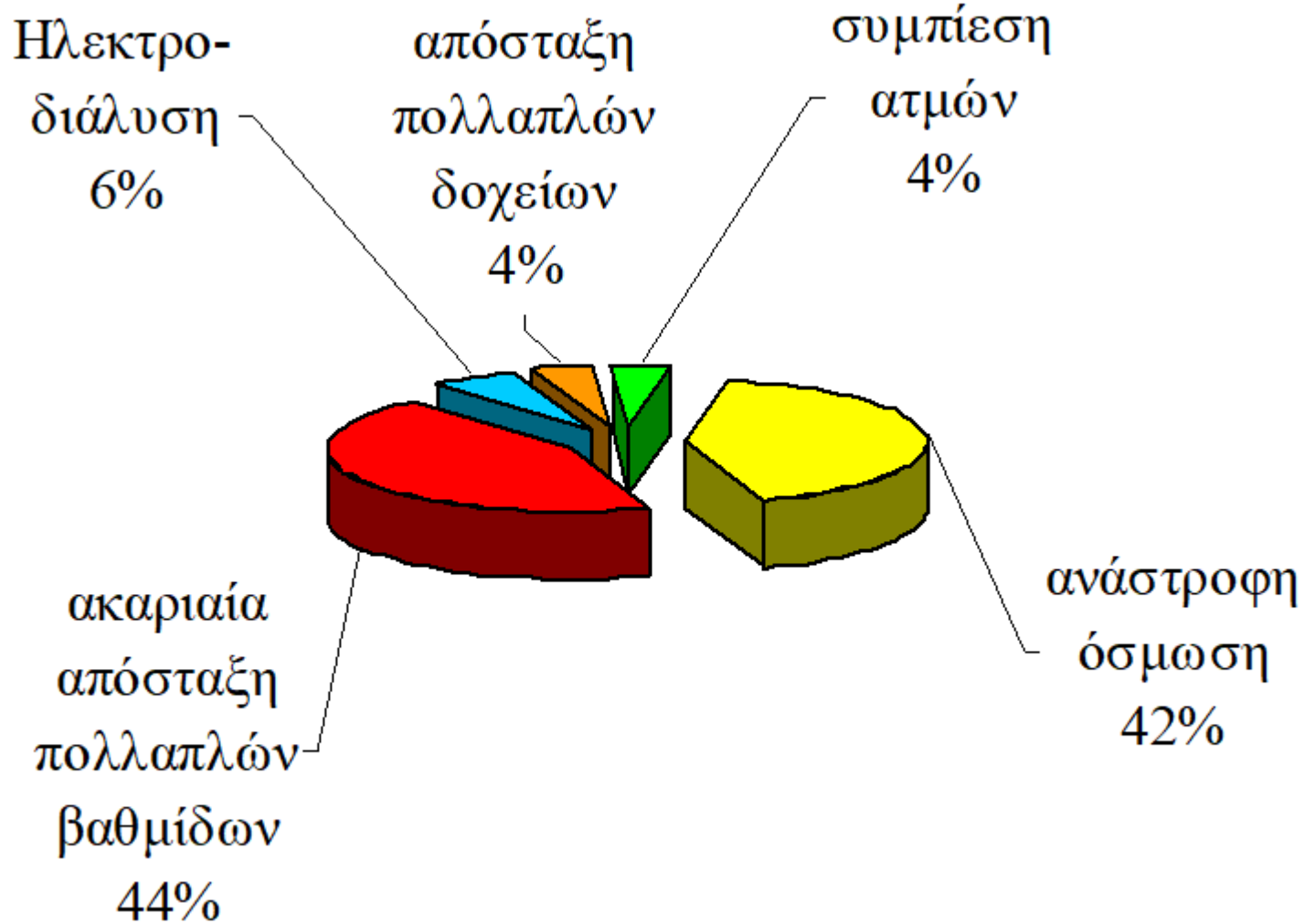
Ανάστροφη όσμωση

**B. Ήσσονος σημασίας διαδικασίες**

ψύξη

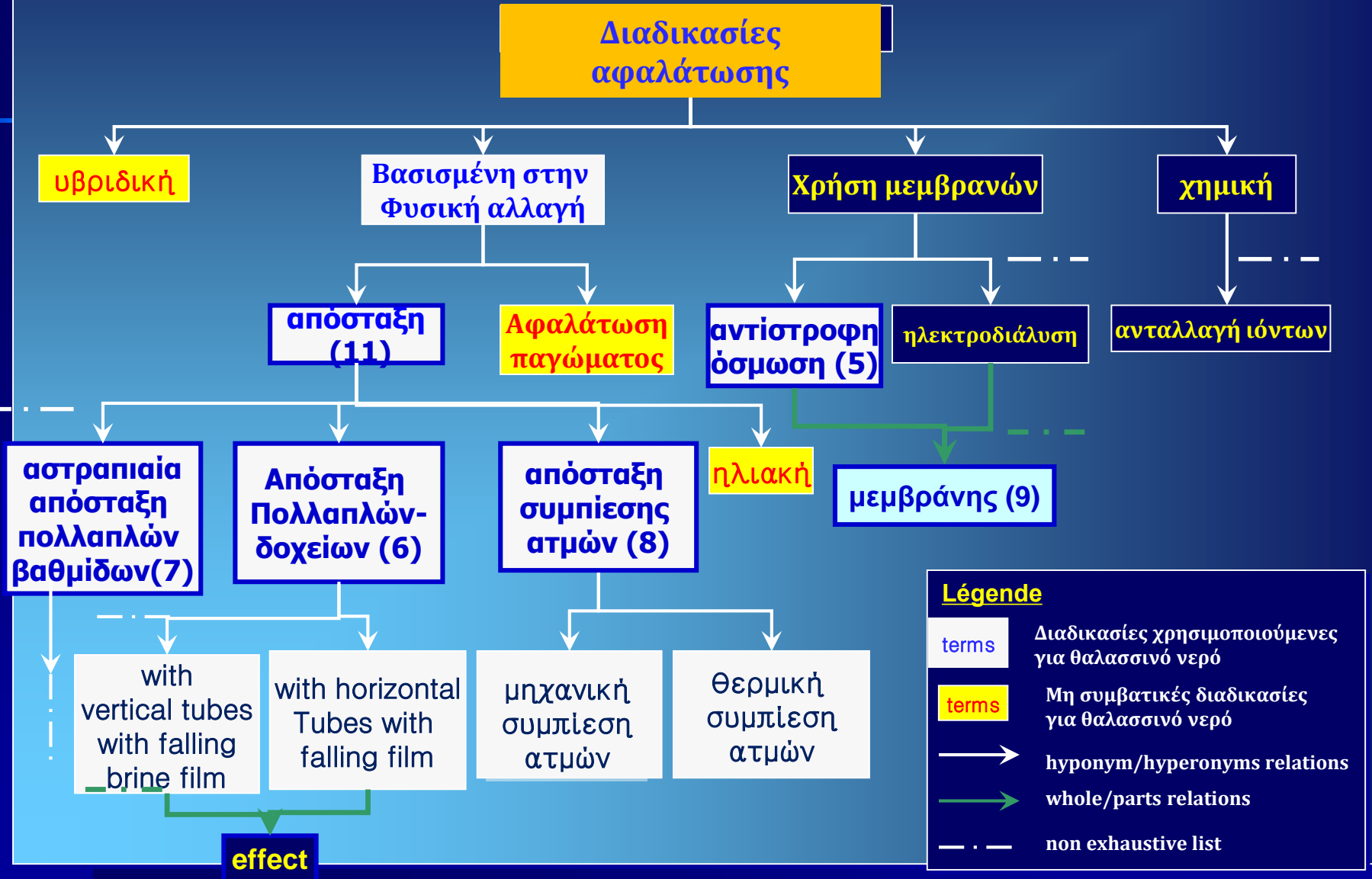
απόσταξη μεμβράνης

Παραγωγή ατμών με χρήση ηλιακής ενέργειας



Σχήμα 6.2. Εγκατεστημένη ικανότητα αφαλάτωσης στον κόσμο ανά διαδικασία.

### 3: Desalination processes



**Légende**

- terms (white box) Διαδικασίες χρησιμοποιούμενες για θαλασσινό νερό
- terms (yellow box) Μη συμβατικές διαδικασίες για θαλασσινό νερό
- (white arrow) hyponym/hyperonyms relations
- (green arrow) whole/parts relations
- . - (dashed line) non exhaustive list

86 % - Multi-stage flash distillation και RO

14 % διαδικασίες πολλαπλών δοχείων, ηλεκτροδιάλυσης και συμπίεσης ατμών

υπόλοιπες τεχνικές - λιγότερο από 1%

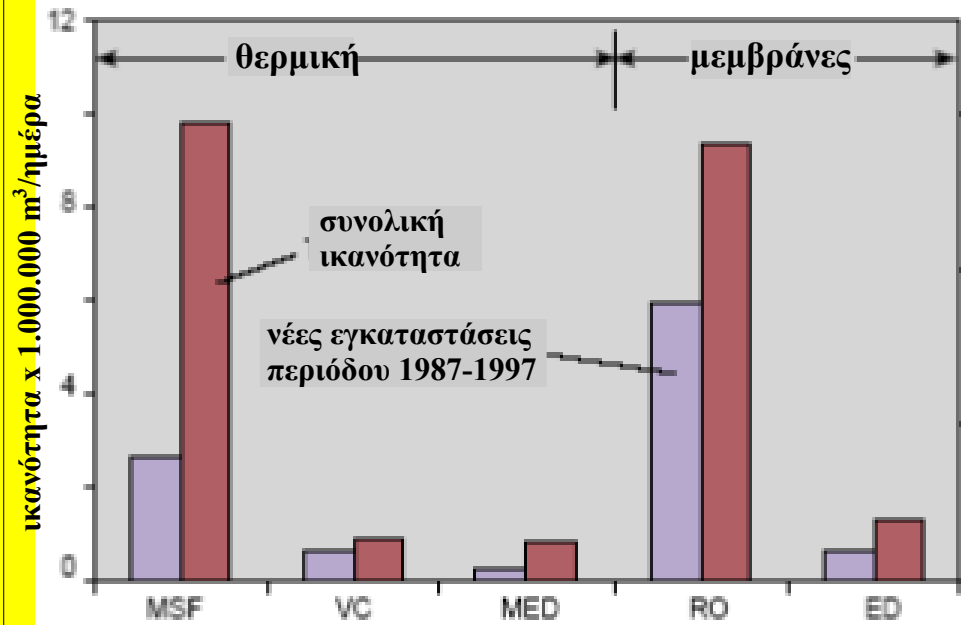
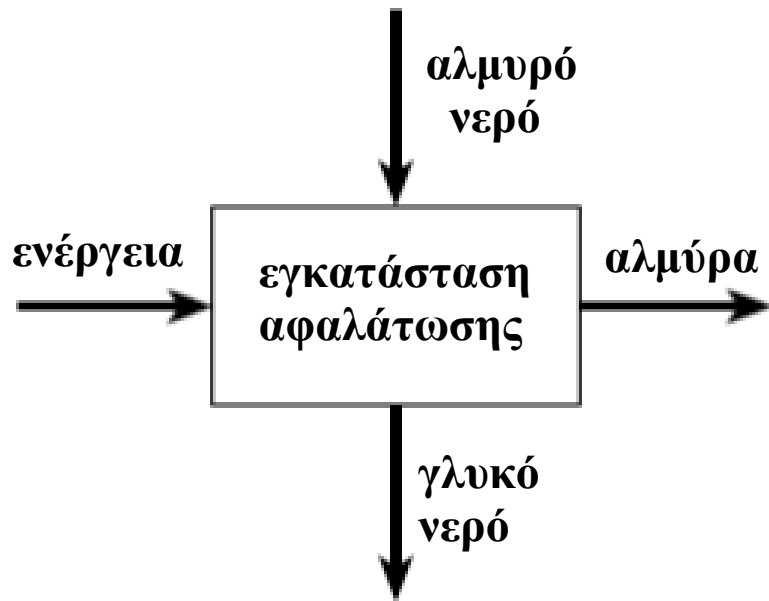
### ***Τεχνολογίες Αφαλάτωσης***

- διαχωρίζουν το αλμυρό νερό σε δύο ροές
- απαιτούν ενέργεια για να λειτουργήσουν
- Χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνολογίες για το διαχωρισμό

### ***Θερμικές διαδικασίες***

Το 60 % του αφαλατωμένου νερού παράγεται με απόσταξη θαλασσινού νερού μέσω ζέσης έως το σημείο βρασμού





**Διάγραμμα λειτουργίας εγκατάστασης αφαλάτωσης και ικανότητα παραγωγής αφαλατωμένου νερού και σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ικανότητας των διαφόρων τύπων διαδικασιών στον κόσμο με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις της περιόδου 1987-1997**

## Απόσταξη

αντιγραφή του φυσικού κύκλου του νερού

Το σημείο βρασμού ελέγχεται μέσω της διευθέτησης της ατμοσφαιρικής πίεσης

**Όταν σταματά ο βρασμός** μπορεί να επαναληφθεί μέσω

- της προσθήκης περισσότερης θερμότητας ή
- της μείωσης της πίεσης του περιβάλλοντος πάνω από το νερό  
μείωση της απαιτούμενης ενέργειας

**πολλαπλός βρασμός σε διαδοχικά δοχεία,**

καθένα λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση

**Έλεγχος απόθεσης κρούστας**

## **ακαριαία απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων** (Multi-Stage Flash Distillation)

Το θαλασσινό νερό θερμαίνεται με συμπυκνωμένο ατμό στον Θερμαντή άλμης στη συνέχεια ρέει στη βαθμίδα (stage)

η πίεση είναι τέτοια, ώστε το νερό να βράζει αμέσως και η ατμιδοποίησή του να πραγματοποιείται αστραπιαία

### **MSF εγκατάσταση**

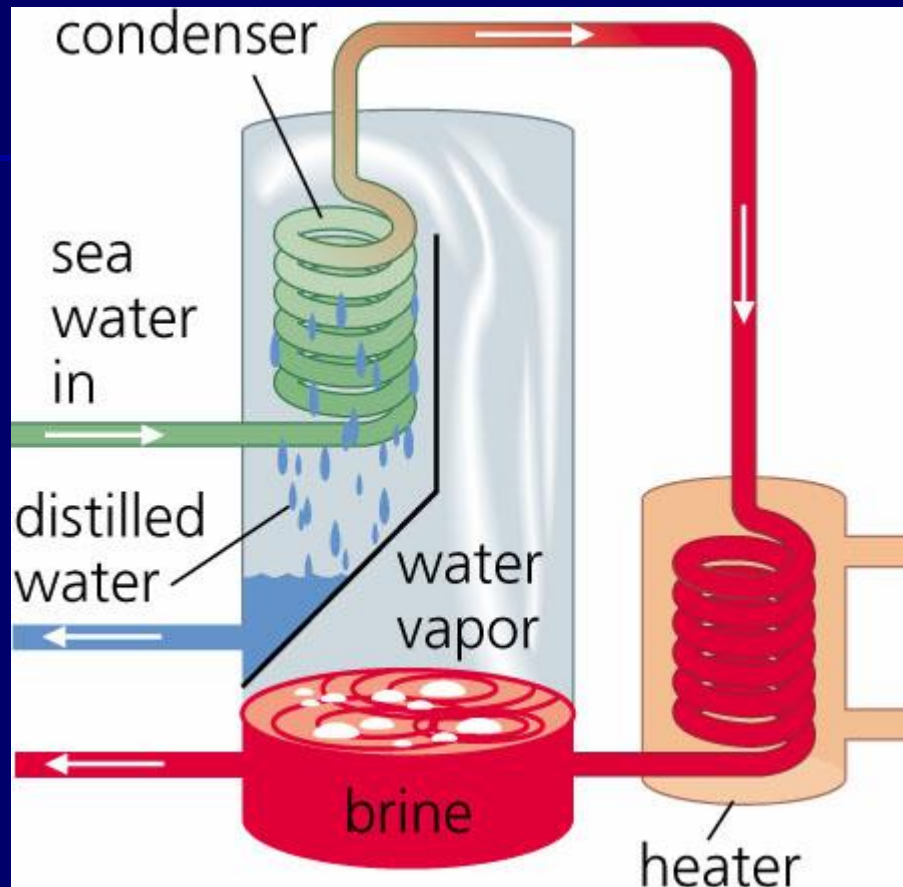
μπορεί να περιλαμβάνει 4 έως 40 βαθμίδες.

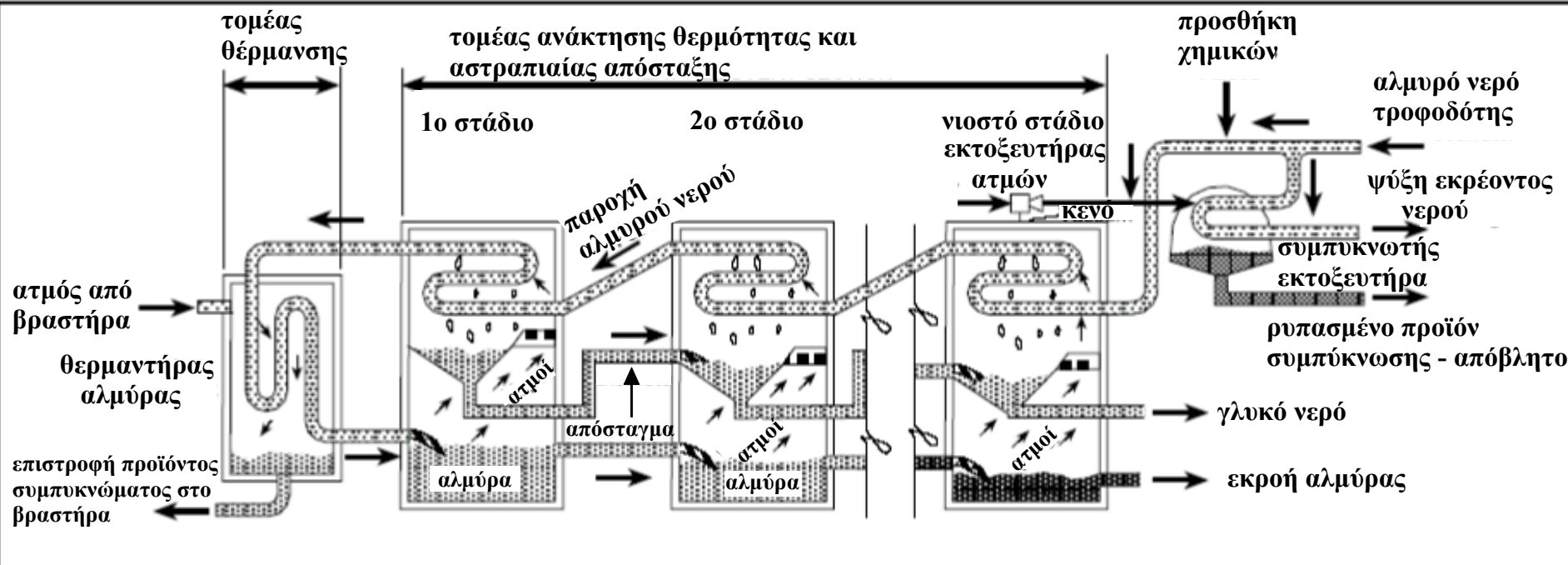
Ο ατμός μετατρέπεται σε γλυκό νερό, μέσα σε σωλήνες συμπύκνωσης που ψύχονται από το αλμυρό νερό τροφοδοσίας,

### **Εμπορεύσιμες εγκαταστάσεις**

υπάρχουν από το 1950 - 4000 έως 30000 cum/d –

λειτουργούν σε max T 90-120 °C





**Διάγραμμα ακαριαίας απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων**

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των MSF

Οι εγκαταστάσεις των MSF είναι σχετικά **απλές** στην κατασκευή και λειτουργία

**Δεν έχουν φορητά μέρη**, εκτός από τις συμβατικές αντλίες, και ενσωματώνουν μόνο μια μικρή ποσότητα σωληνώσεων σύνδεσης

Η ποιότητα του νερού των εκροών περιέχει 2-10 ppm διαλυμένα στερεά, ένα **υψηλό επίπεδο καθαρότητας**. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η επαναορυκτοποίηση κατά τη διαδικασία της μεταεπεξεργασίας

Η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας δεν είναι τόσο σημαντική όσο είναι στην τεχνολογία του συστήματος της αντίστροφης όσμωσης

Οι εγκαταστάσεις λειτουργίας σε υψηλότερες θερμοκρασίες (άνω των 115 ° C) βελτιώνουν την αποτελεσματικότητά τους αλλά προκαλούν

**προβλήματα απόθεσης κρούστας**, όπου άλατα όπως το θειικό ασβέστιο καθιζάνουν στις επιφάνειες των σωλήνων και δημιουργούν θερμικά και μηχανικά προβλήματα όπως η απόφραξη του σωλήνα

Θεωρείται ως **ενεργοβόρος διαδικασία**, η οποία απαιτεί θερμική και μηχανική ενέργεια, αλλά μπορεί να ξεπεραστεί από το σύστημα συμπαραγωγής

Η **προσθήκη περισσότερων σταδίων**

βελτιώνει την αποδοτικότητα και αυξάνει την παραγωγή νερού, αλλά αυξάνει το κόστος κεφαλαίου και την πολυπλοκότητα της λειτουργίας

Ο σκοπός της **επαναορυκτοποίησης** είναι γενικά η παραγωγή νερού με δείκτη Langelier πολύ κοντά στο μηδέν που παραμένει σταθερός κατά την επαφή με την ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να επιτευχθεί αυτό με ελάχιστη κατανάλωση CO<sub>2</sub> προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το λειτουργικό κόστος.

Με λίγα λόγια, οι στόχοι είναι:

- Ανύψωση του pH του νερού σε 6,5 έως 9,5
- Ανύψωση της αλκαλικότητας
- Ανύψωση της σκληρότητας
- Να λάβουμε έναν δείκτη Langelier από -0.5 έως +0.5
- Βελτίωση της γεύσης του νερού
- Βελτίωση της υγείας των καταναλωτών
- Προστασία των σωλήνων, των δεξαμενών, των βαλβίδων και κάθε μη προστατευμένου μεταλλικού εξοπλισμού από τη διάβρωση

*Η scaling (κρούστα) θεωρείται ως η εναπόθεση ορισμένων ελάχιστα διαλυτών αλάτων από την άλμη στις σωληνώσεις και σε άλλες επιφάνειες επεξεργασίας. Είναι ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα σε οποιαδήποτε διαδικασία αφαλάτωσης, ειδικά στην απόσταξη*

Παράμετρος	Πεδίο
pH	8.2 ± 0.1
Alk (mg of CaCO <sub>3</sub> /L)	56 ± 3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	68 ± 3
CO <sub>2</sub> (mg/L)	0.7 ± 0.1
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	21 ± 2
Langelier	± 0.15



## απόσταξη πολλαπλών δοχείων (*Multiple Effect Distillation*)

Λειτουργεί όπως και η προηγούμενη σε μια σειρά από δοχεία (effects)

χρησιμοποιεί την αρχή της μείωσης της πίεσης του περιβάλλοντος στα διάφορα δοχεία

αποφυγή ταχύτατου βρασμού και εξάτμισης

για τη θέρμανση των σωλήνων χρησιμοποιείται βραστήρας

8 έως 16 δοχεία υπάρχουν σε μια τυπική μεγάλη εγκατάσταση με δυνατότητες 2000 -10000 m<sup>3</sup>/d

Max T 70 °C (Καραϊβική)

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της MED

Η διαδικασία MED είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες  
 $\sim 70^{\circ}\text{C}$

Αυτό ελαχιστοποιεί τη διάβρωση του σωλήνα και το δυναμικό σχηματισμού της κλίμακας γύρω από τις επιφάνειες του σωλήνα

Η ποιότητα του τροφοδοτικού νερού δεν είναι τόσο σημαντική όσο στην τεχνολογία του συστήματος RO.

Ως εκ τούτου, το κόστος προεπεξεργασίας και λειτουργίας της MED είναι χαμηλό

Η **κατανάλωση ισχύος** του MED είναι χαμηλότερη από αυτή της μονάδας της MSF

Η **αποτελεσματικότητα των εγκαταστάσεων** MED είναι υψηλότερη από αυτή των εγκαταστάσεων των MSF, ως εκ τούτου,

η διαδικασία MED είναι πιο αποτελεσματική από τη διαδικασία των MSF όσον αφορά τη μεταφορά θερμότητας και το κόστος παραγωγής γλυκού νερού

## **Απόσταξη με συμπίεση ατμών (Vapor Compression Distillation)**

Χρησιμοποιείται σε μικρής έως μεσαίας κλίμακας μονάδες

Η θερμότητα για την εξάτμιση του νερού προέρχεται από την συμπύκνωση των ατμών που παράγονται σε ένα βραστήρα

Χρησιμοποιείται η αρχή της μείωσης της θερμοκρασίας του σημείου βρασμού μέσω της μείωσης της πίεσης

**Υπάρχουν δύο μέθοδοι συμπύκνωσης των ατμών**

## 1. μηχανικός συμπιεστής

- ο συμπιεστής δημιουργεί ένα κενό στο δοχείο
- συμπιέζει τον ατμό του δοχείου
- τον συμπυκνώνει σε ένα σωλήνα ενσωματωμένο στο ίδιο δοχείο
- Το θαλασσινό νερό ψεκάζεται στο εξωτερικό του θερμασμένου σωλήνα και εξατμίζεται μερικώς παράγοντας περισσότερο νερό

## 2. μέθοδος εκτοξευτήρα ατμού

- δημιουργεί και εξάγει υδρατμούς από το κύριο δοχείο, δημιουργώντας έτσι μια χαμηλότερη πίεση περιβάλλοντος σ' αυτό
- Οι εξαγόμενοι υδρατμοί συμπιέζονται μέσω ενός εκτοξευτήρα ατμού
- το μίγμα συμπυκνώνεται στα τοιχώματα του σωλήνα για να παράσχει θερμική ενέργεια για την εξάτμιση του θαλασσινού νερού στην άλλη πλευρά των τοιχωμάτων του σωλήνα στο δοχείο

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της VC

Η απλότητα και η αξιοπιστία της λειτουργίας της εγκατάστασης την καθιστούν ελκυστική μονάδα μεταξύ των μονάδων αφαλάτωσης μικρής κλίμακας.

Συνήθως κατασκευάζονται με ικανότητα 3000 m<sup>3</sup>/ημέρα και χρησιμοποιούνται συχνά σε θέρετρα, βιομηχανίες και γεωτρήσεις όπου δεν υπάρχει εύκολα διαθέσιμο γλυκό νερό

Η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας της απόσταξης VC την καθιστούν μια απλή και αποδοτική διαδικασία όσον αφορά τις απαιτήσεις σε ισχύ

Οι χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (κάτω από τους 70 °C) μειώνουν τη δυνατότητα σχηματισμού κλίμακας και διάβρωσης σωλήνων

# Διαδικασίες Μεμβράνης

## 1. Ηλεκτροδιάλυση

### αρχές:

- Τα πιο πολλά άλατα στο νερό είναι ιονισμένα
- τα ιόντα έλκονται από ηλεκτρόδια με αντίθετο φορτίο
- οι μεμβράνες επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση μέσω αυτών είτε ανιόντων είτε κατιόντων

Η βασική μονάδα αποτελείται από

Από μερικές εκατοντάδες ζεύγη κελιών (ένα ζεύγος μεμβρανών με ενδιάμεσο διαφορικό διαχωριστή) συνδεόμενα με ηλεκτρόδια στο εξωτερικό τους



Το νερό διέρχεται ταυτόχρονα σε *παράλληλες διαδρομές*

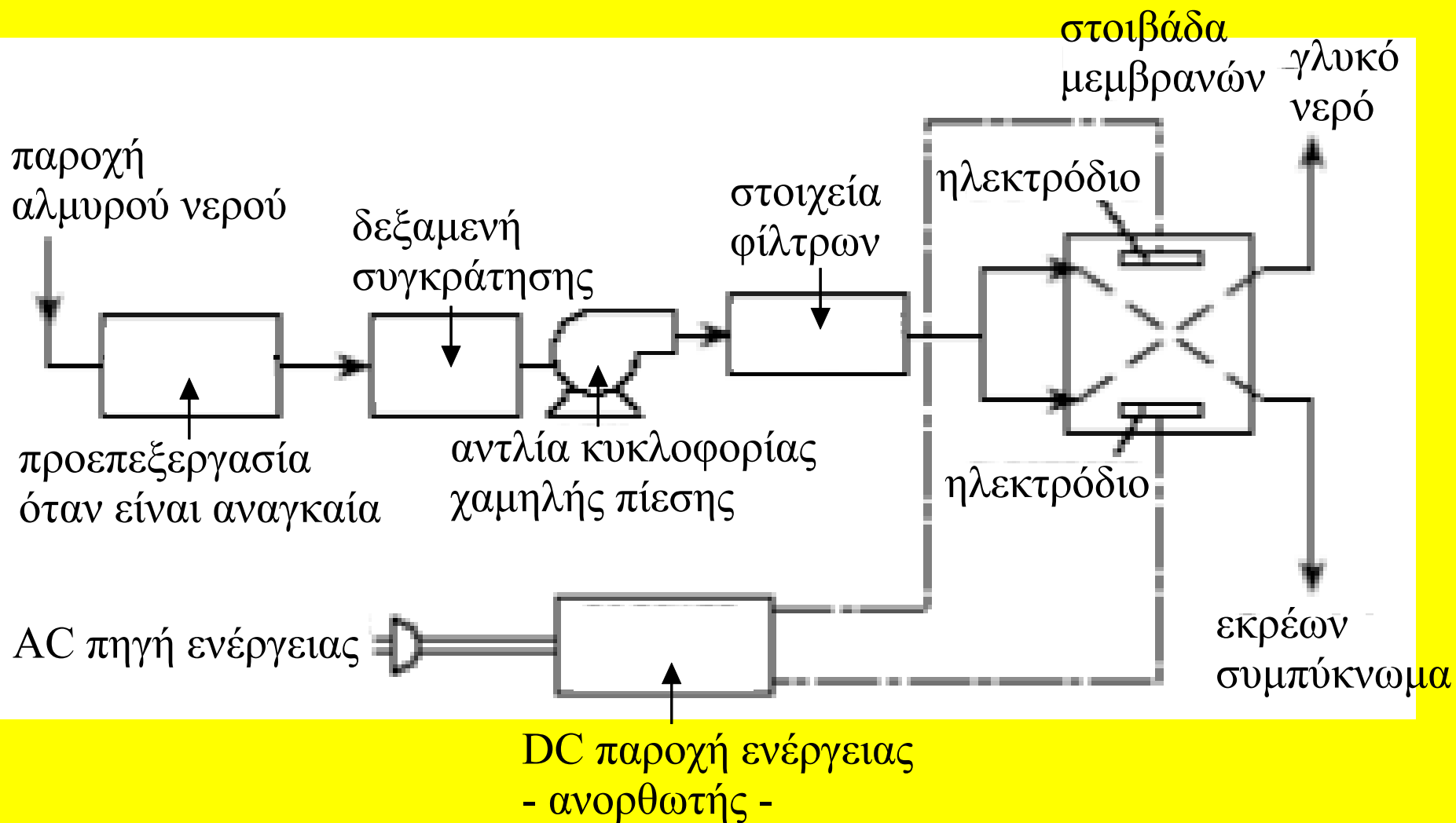
δια μέσου όλων των κελιών

παρέχοντας έτσι μια συνεχή ροή από αφαλατωμένο νερό και αλμύρα

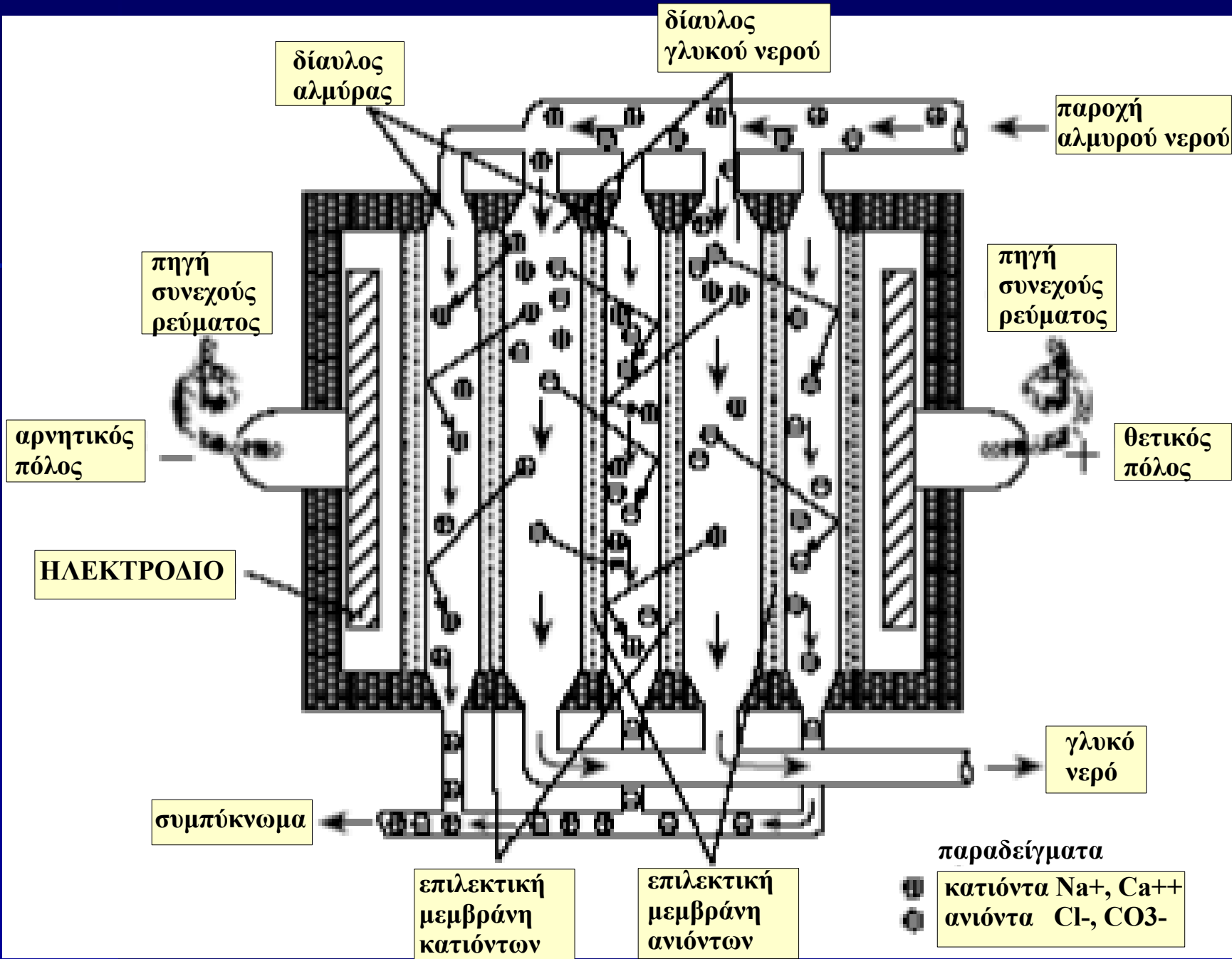
**ζεύγος κελιών** - αποτελείται από δύο κελιά

**βασικά τμήματα μονάδας ηλεκτροδιάλυσης:**

- ακολουθία προεπεξεργασίας
- στοίβα μεμβρανών
- αντλία κυκλοφορίας χαμηλής πίεσης
- παροχή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος
- μετά-επεξεργασία



**Επί μέρους τμήματα μιας εγκατάστασης ηλεκτροδιάλυσης**



**Σχήμα 6. Κίνηση ιόντων στη διαδικασία της ηλεκτροδιάλυσης**

Το νερό κυκλοφορεί δια μέσου της στοίβας με μία αντλία χαμηλής πίεσης

***Η μετά-επεξεργασία περιλαμβάνει:***

σταθεροποίηση του νερού, προπαρασκευή κατανομής, απομάκρυνση αερίων και ρύθμιση pH

Η αντιστροφή ηλεκτροδιάλυσης είναι μια πρόσφατη πρόοδος στην τεχνολογία ED, όπου η πολικότητα (κατεύθυνση του ρεύματος) αντιστρέφεται συνεχώς, έτσι ώστε η κατεύθυνση της ροής να αντιστρέφεται αντιστρέφεται επίσης

Αυτό αποτρέπει την "δημιουργία ακαθαρσιών" σε κάθε κελί.

Αν και οι μεμβράνες για ED / EDR είναι πιο ανθεκτικές από αυτές που χρησιμοποιούνται για RO,

**απαιτούν** επίσης περιοδικό, χημικό καθαρισμό και είναι επιρρεπείς σε διαρροές

Αν και υπάρχει υψηλή αναλογία ανάκτησης για διεργασίες ED/EDR (85-94% για ένα μόνο στάδιο),

το παραγόμενο νερό απαιτεί συχνά περαιτέρω επεξεργασία επειδή οι μη ιοντικές ουσίες δεν επηρεάζονται από τη μέθοδο διαχωρισμού

Η κατανάλωση ενέργειας είναι ανάλογη της αλατότητας του επεξεργαζόμενου νερού,

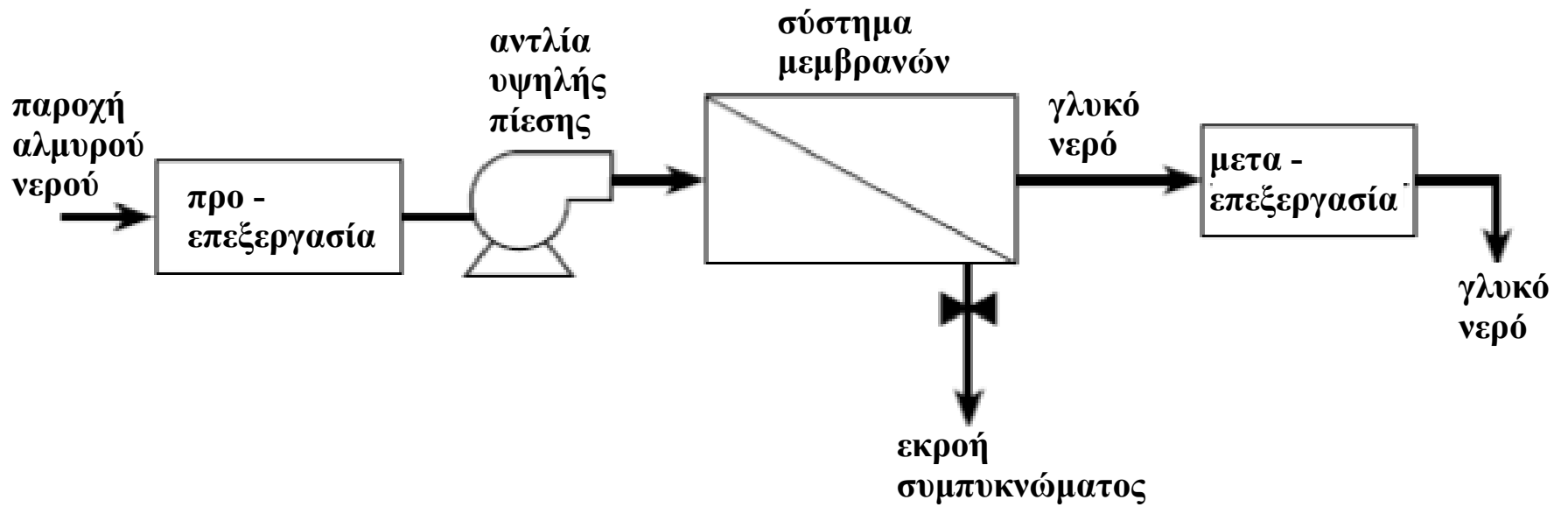
Σε **υψηλότερες αλατότητες** η διαδικασία γίνεται πιο δαπανηρή σε σχέση με άλλες μεθόδους αφαλάτωσης

## **2. Αντίστροφη Ώσμωση**

με επιτυχή εμπορευσιμότητα από τις αρχές της δεκαετίας του 1970  
Χρειάζεται συμπίεση του νερού τροφοδότη  
μέρος του νερού διαπερνά την μεμβράνη  
το παραμένον νερό αυξάνει το περιεχόμενό του σε άλατα  
20 έως 70 % του νερού τροφοδότη εκρέει χωρίς να διέλθει από τη  
μεμβράνη

### **βασικά μέρη**

- προπαρασκευή
- αντλία υψηλής πίεσης
- σύστημα μεμβράνης
- μετά-επεξεργασία



**Σχήμα 6. Βασικά τμήματα μιας εγκατάστασης αντίστροφης ώσμωσης**

Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης της αντίστροφης όσμωσης;

Οι μονάδες RO έχουν **ελάχιστα εξαρτήματα**, τα περισσότερα από τα οποία είναι μη μεταλλικά

Η **κατανάλωση ενέργειας** είναι πολύ χαμηλότερη από τις διεργασίες απόσταξης.

Οι **περιβαλλοντικές επιπτώσεις** είναι ελάχιστες εφόσον η άλμη διατεθεί σωστά

Κατά τη χρήση ενός μέσου ευρωπαϊκού μείγματος καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μονάδες RO εκπέμπουν **1,78 kg CO<sub>2</sub> ανά m<sup>3</sup>** [παραγόμενου νερού]



Τα συστήματα αφαλάτωσης RO μπορούν να δεχθούν ένα **ευρύ φάσμα ρυθμών ροής** "από λίγα λίτρα ημερησίως έως 750.000 L/ημέρα για υφάλμυρο νερό και 400.000 L/ημέρα για το θαλασσινό νερό

Οι εγκαταστάσεις RO έχουν **υψηλό δείκτη χωρητικότητας/παραγωγικής ικανότητας**, που κυμαίνεται από 25000 έως 60000 L/ημέρα/m<sup>2</sup>

**Μικρή ποσότητα χημικών ουσιών**

χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του σταδίου προ της επεξεργασίας

Οι μεμβράνες μπορούν να **απομακρύνουν** οργανικές και ανόργανες **"ακαθαρσίες"** πέρα από τα άλατα

Ποια είναι τα μειονεκτήματα της χρήσης της αντίστροφης όσμωσης;

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα αφαλάτωσης RO είναι ακριβές, βραχύβιες (2-5 έτη) και ευπαθείς σε μόλυνση ή σχίσιμο

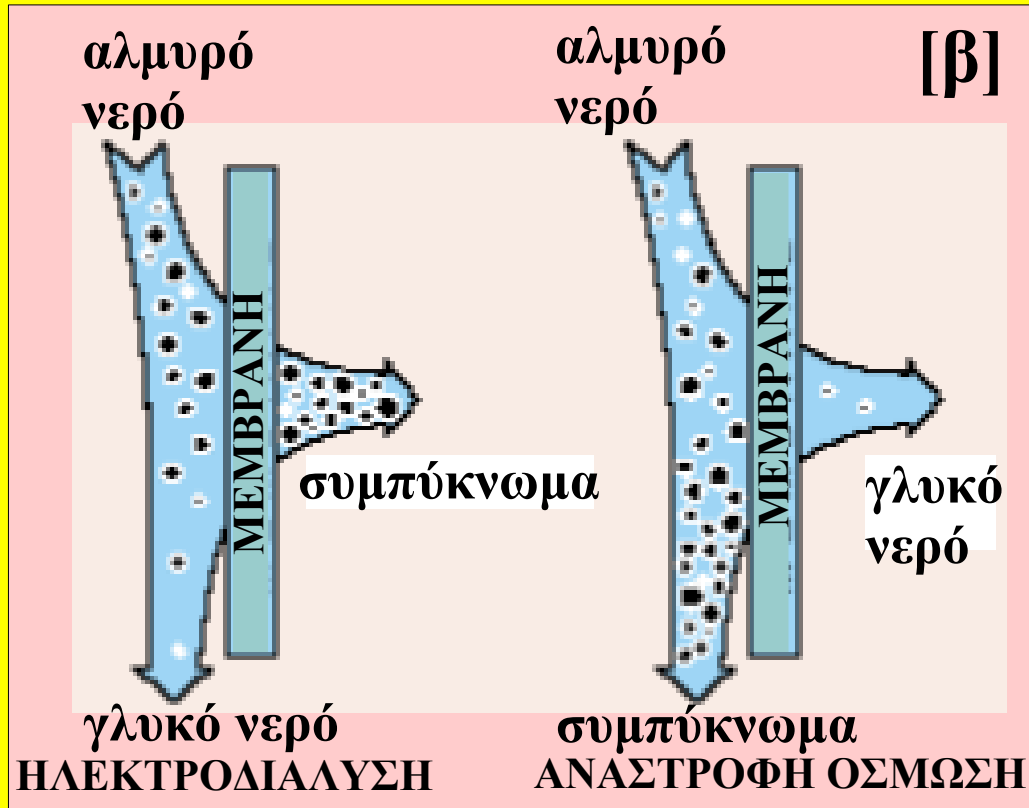
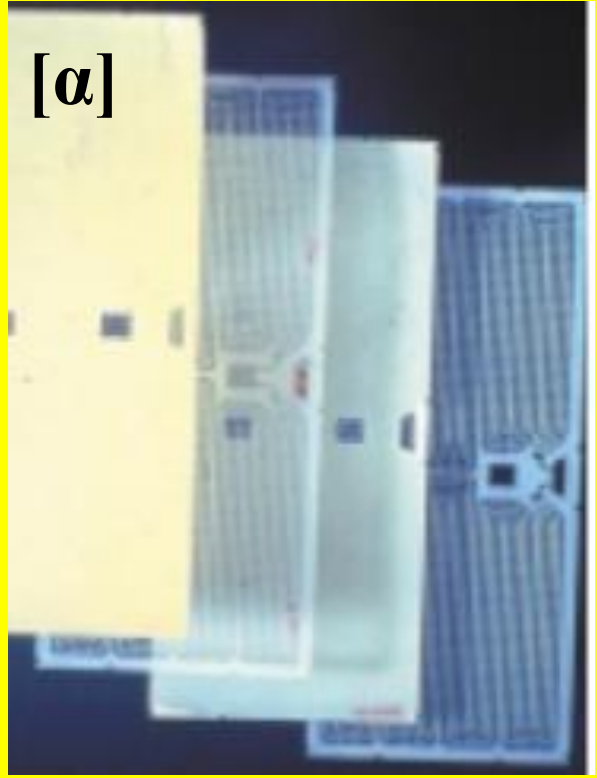
Εάν η προεπεξεργασία των υδάτων τροφοδοσίας δεν είναι ικανοποιητική, τα αδέσποτα σωματίδια μπορούν να καταστρέψουν τις μεμβράνες

Αυτό σημαίνει ότι η αρχική ποιότητα τροφοδοσίας μπορεί να επηρεάσει αυτή τη διαδικασία αφαλάτωσης

Επίσης, αν και τα βακτήρια θεωρητικά θα παγιδευτούν στο ρεύμα άλμης, η ανάπτυξη στη μεμβράνη μπορεί να προκαλέσει μείωση της ποιότητας του προϊόντος λόγω **ανεπιθύμητων γεύσεων και οσμών**

Τα ανταλλακτικά πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμα, καθώς οι **μηχανικές δυσλειτουργίες** δεν είναι ασυνήθιστες λόγω των υψηλών πιέσεων που απαιτούνται για την αναστροφή της οσμωτικής διαδικασίας.<sup>3</sup>

Εάν μια μονάδα χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό, οι καταιγίδες μπορεί να προκαλέσουν **διακοπή της παραγωγής**, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε επαναιώρηση των στερεών σωματιδίων στο νερό



Μεμβράνες και διαφορικοί διαχωριστές τύπου EDR, καθώς και λειτουργίες μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες της αντιστροφής όσμωσης και της ηλεκτροδιάλυσης

## Η προπαρασκευή περιλαμβάνει

1. λεπτό φιλτράρισμα
2. προσθήκη οξέων ή άλλων χημικών

Η πίεση που ασκείται είναι 17-27 bar (υφάλμυρο νερό) και 54-80 bar για το θαλασσινό νερό

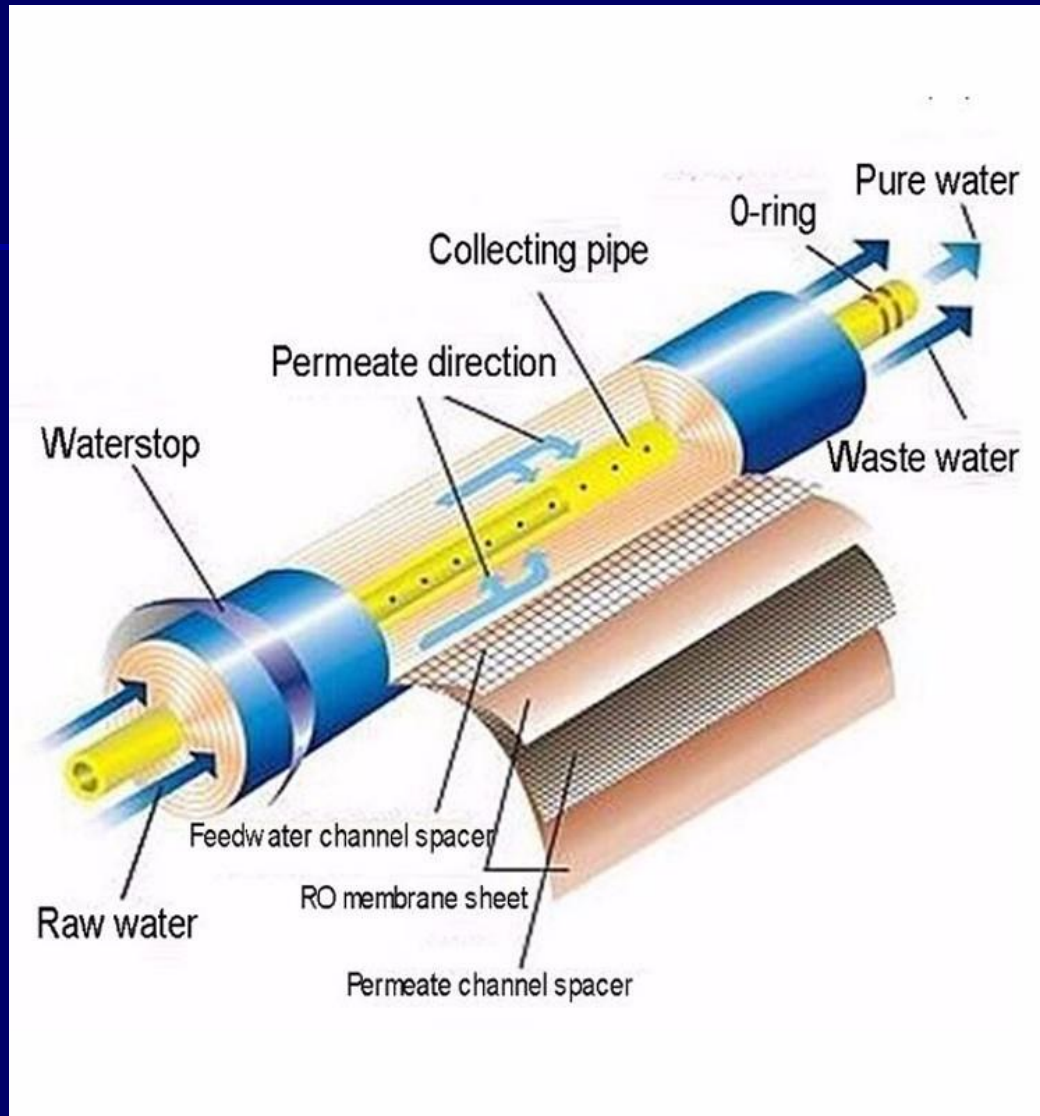
Χρειάζονται ένα δοχείο συμπίεσης και μία ανθεκτική μεμβράνη

**πιο εμπορεύσιμες μεμβράνες**

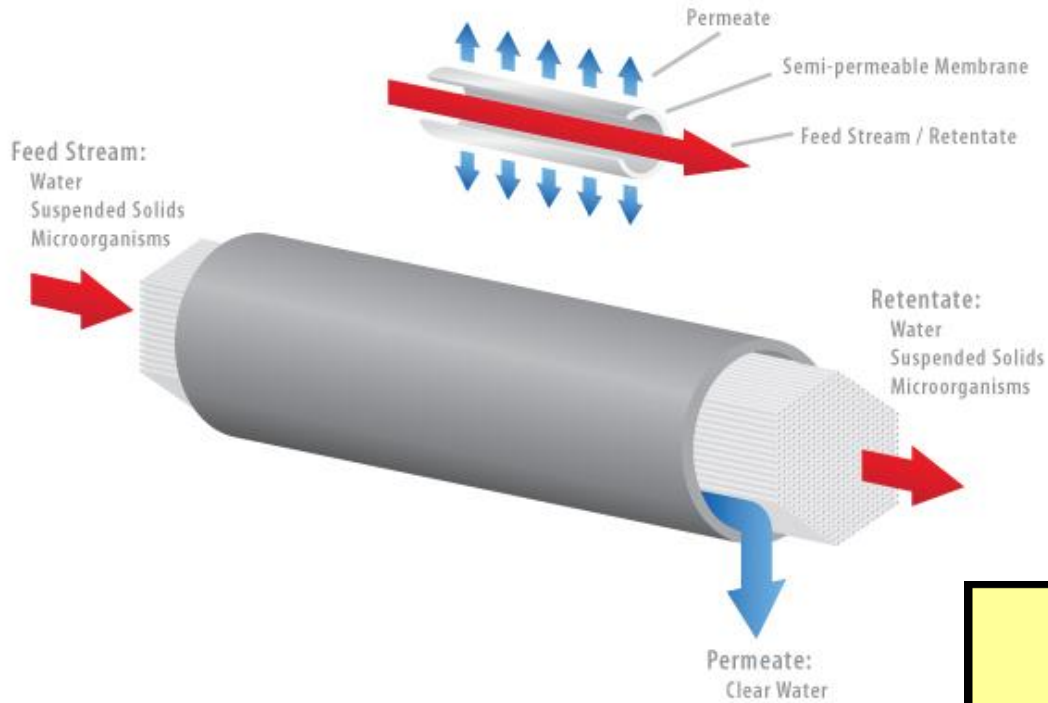
η spiral-wound και

η hollow fine fiber κατάλληλες για θαλασσινό νερό και υφάλμυρο νερό

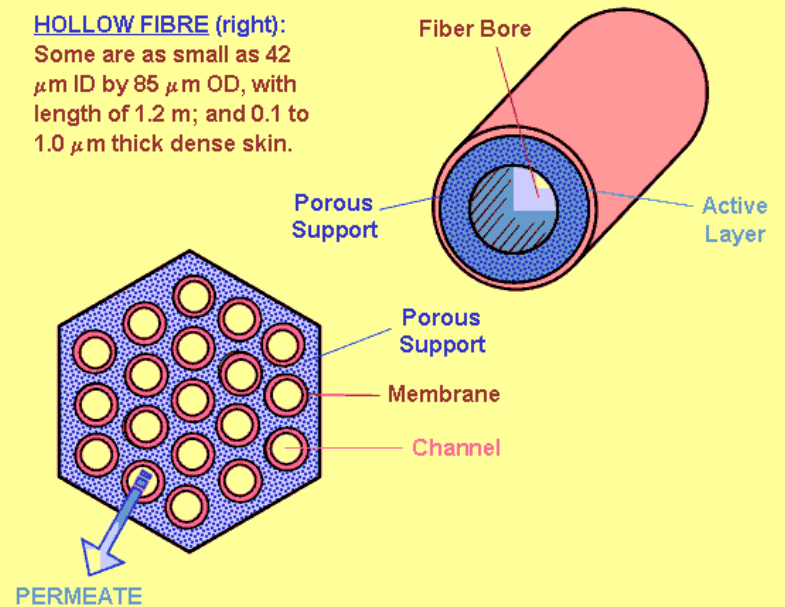
# spiral-wound



# MODEL CONFIGURATION - Hollow Fiber Membrane



**HOLLOW FIBRE (right):**  
Some are as small as 42  $\mu\text{m}$  ID by 85  $\mu\text{m}$  OD, with length of 1.2 m; and 0.1 to 1.0  $\mu\text{m}$  thick dense skin.



Την τελευταία δεκαετία αναπτύχθηκαν

1. μεμβράνες χαμηλής πίεσης για αφαλάτωση υφάλμυρων νερών

και

2. συσκευές ανάκτησης της ενέργειας

**συσκευές ανάκτησης**, μηχανικές αντλίες ή τουρμπίνες,

Χάνονται μόλις 1-4 bar της αρχικής πίεσης του δοχείου συμπίεσης

**Άλλες διαδικασίες χωρίς μεγάλη εμπορευσιμότητα - Ψύξη**

τα διαλυμένα άλατα εξαιρούνται φυσικώς από τη διαδικασία

σχηματισμού των κρυστάλλων του πάγου



## Απόσταξη μεμβράνης

- θέρμανση του νερού για την παραγωγή ατμών,
- διέλευση μέσω μιας μεμβράνης
- οι ατμοί υποβάλλονται στη διαδικασία της συμπύκνωσης

απλή διαδικασία - απαιτεί πολύ χώρο, αξιοσημείωτη ενέργεια και μικρές διαφορές θερμοκρασίας

*Εφαρμόσιμη εκεί όπου είναι διαθέσιμη χαμηλού βαθμού θερμική ενέργεια  
όπως από βιομηχανίες ή ηλιακοί συλλέκτες*

## *Ηλιακή παραγωγή υδρατμών*

- αντιγράφει το φυσικό υδρολογικό κύκλο
- Οι υδρατμοί στη συνέχεια υγροποιούνται μέσω συμπύκνωσης

Απαιτεί:

- μεγάλη επιφάνεια για τη συλλογή ηλιακής ενέργειας  
(1 m<sup>2</sup> για την παραγωγή 4 l νερού την ημέρα),
- υψηλό κόστος
- προσεκτική λειτουργία και συντήρηση και είναι ευάλωτη σε ζημιές που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες.

Για την παραγωγή 4000 cum/d απαιτείται έκταση 1000 στρεμμάτων

## Βασικά στοιχεία ενός ηλιακού αποστακτήρα

- 1) εισερχόμενη ακτινοβολία (ενέργεια)
- 2) παραγωγή υδρατμών από αλμυρό νερό
- 3) συμπύκνωση των υδρατμών (συμπύκνωμα)
- 4) συλλογή συμπυκνώματος (γλυκό νερό)

Το εσωτερικό της λεκάνης είναι συνήθως μαύρο γαι να απορροφά αποτελεσματικά την ακτινοβολία και μονωμένη στον πυθμένα για να συντηρεί τη θερμότητα



Διάγραμμα ηλιακού αποστακτήρα.

## **εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που λειτουργούν με ηλιακή ή αιολική ενέργεια**

### **Ηλιακοί συλλέκτες ή συσκευές αιολικής ενέργειας**

έχουν ενσωματωθεί σε standard διαδικασίες αφαλάτωσης όπως RO, ηλεκτροδιάλυση ή απόσταξη

Το κόστος εξακολουθεί να είναι υψηλό

### ***απογραφή 1990***

100 μονάδες αφαλάτωσης σε 25 χώρες  
ικανότητας  $<20 \text{ m}^3/\text{d}$

## **Άλλες όψεις της αφαλάτωσης**

συμπαγωγή (cogeneration) – Dual-purpose plant

*η χρησιμοποιούμενη ενέργεια μπορεί να έχει περισσότερες από μία χρήσεις*

**Μέση Ανατολή και στη Βόρεια Αφρική** - ταυτόχρονη παραγωγή αφαλατωμένου

θαλασσινού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας

*ηλεκτρική ενέργεια* παράγεται με υψηλής πίεσης ατμούς στους 540 °C

*στις εγκαταστάσεις απόσταξης* η T των ατμών είναι 120 °C

**Προβλήματα:** θα διακοπή η παροχή νερού

π.χ. αν οι τουρμπίνες τεθούν εκτός λειτουργίας για λόγους συντήρησης

*εκμετάλλευση χαμηλού κόστους ατμών* από

βιομηχανικές διαδικασίες ή την καύση στερεών αποβλήτων σε καυστήρα

## Διάθεση ροών με υψηλή συγκέντρωση αλάτων

**Άλατα - αλμύρες ή απόβλητα - χημικά πρόσθετα**

### Ο όγκος ροής

εξαρτάται από το είδος της διαδικασίας - πάντοτε σημαντικός

*Η διάθεση του απορριμματικού νερού με έναν περιβαλλοντικά κατάλληλο τρόπο* αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της εφαρμοσιμότητας και λειτουργίας μιας εγκατάστασης αφαλάτωσης

διαθέτοντας την αλμύρα στη θάλασσα

*δεν δημιουργούνται προβλήματα*

πιθανά προβλήματα από:

- τις εισαγόμενες στην αλμύρα ουσίες
- το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου
- τη θερμοκρασία του νερού

Το *δυναμικό δημιουργίας σημαντικών προβλημάτων* αυξάνει  
στην ενδοχώρα

μέτρα αποφυγής της ρύπανσης επιφανειακών ή υπόγειων νερών

- έγχυση της αλμύρας μέσα σε ένα αλμυρό υδροφόρο,
- εξάτμιση ή μεταφορά με αγωγούς της αλμύρας σε κατάλληλα σημεία

*αύξηση του κόστους* της όλης διαδικασίας

*Η μελέτη εφαρμοσιμότητας και μέσα κατάλληλης διάθεσης της αλμύρας*

πρέπει να είναι ένα από τα ζητήματα που θα διερευνηθεί πρώτα

*Το κόστος της διάθεσης* θα μπορούσε να είναι σημαντικό και θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά το οικονομικό status της αφαλάτωσης



## Υβριδικές εγκαταστάσεις

χρήση δύο ή περισσότερων διαδικασιών αφαλάτωσης

π.χ. χρησιμοποίηση απόσταξης και RO - αφαλάτωση θαλασσινού νερού

δηλαδή συνδυασμός των διαφορετικών χαρακτηριστικών

*παράδειγμα* αποτελεί η χρησιμοποίηση ατμού σε μια διπλού σκοπού εγκατάσταση (ηλεκτρισμός και νερό)

- *εγκατάσταση απόσταξης* - αφαλάτωση του θαλασσινού νερού - νερό 20 mg/l
- *εγκατάσταση RO* μπαίνει σε λειτουργία σε περιόδους εκτός ωρών αιχμής σταθεροποιεί το φορτίο στη γεννήτρια - χρησιμοποίηση χαμηλού κόστους ενέργεια. - παράγει νερό 500 mg/l

τα δύο νερά μπορούν να συνδυαστούν για να δώσουν αποδεκτό επίπεδο TDS

## Οικονομικά ( 120 χώρες)

*η επακριβής προσέγγιση του κόστους των εγκαταστάσεων δεν είναι εφικτή*

*το ύψος των απαιτούμενων κεφαλαίων και το λειτουργικό κόστος της αφαλάτωσης τείνει να μειωθεί με το χρόνο*

*το κόστος απόληψης και επεξεργασίας νερού από συμβατικές πηγές τείνει να αυξηθεί - συμμόρφωση σε περισσότερο αυστηρά σταθερότυπα ποιότητας και αποτέλεσμα της αυξημένης ζήτησης*

*παράγοντες που υπεισέρχονται στο λειτουργικό κόστος και στα απαιτούμενα κεφάλαια για την αφαλάτωση:*

- Δυναμικό παραγωγής και τύπος των εγκαταστάσεων
- Θέση εγκατάστασης
- Νερό τροφοδοσίας
- Εργατικά χέρια
- Ενέργεια
- Χρηματοδότηση
- Διάθεση αποβλήτων
- Αξιοπιστία της εγκατάστασης

*κόστος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού*

είναι 3 ως 5 φορές μεγαλύτερο από το κόστος αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού σε εγκαταστάσεις ίδιου μεγέθους

**τελευταία δεκαετία**, σε περιοχές των ΗΠΑ,

το οικονομικό κόστος της αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού έχει γίνει μικρότερο από την μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων συμβατικώς επεξεργασμένου νερού με μεγάλου μήκους αγωγούς

**1990** το συνολικό κόστος παραγωγής νερού, σε *συστήματα υφάλμυρου νερού* στις ΗΠΑ με δυνατότητες από 4000 έως 40000 m<sup>3</sup>/d, από **0.25 \$-0.60 \$/m<sup>3</sup>**

*εγκαταστάσεις θαλασσινού νερού* με δυνατότητες της τάξης των 4000 έως 20000 m<sup>3</sup>/d κόστος από **1 έως 4\$/m<sup>3</sup>**

- η θέση και η χώρα εγκατάστασης θα επηρεάσουν οπωσδήποτε το πραγματικό κόστος όπως και το
- κόστος του αφαλατωμένου νερού σε σχέση με αυτό του νερού από άλλες εναλλακτικές.

*Σε πολλές χώρες με έλλειψη νερού,*

το κόστος του νερού από εναλλακτικές πηγές είναι ήδη πολύ υψηλό και συχνά μεγαλύτερο από το κόστος του νερού από αφαλάτωση

Η χρησιμοποίηση τεχνολογιών αφαλάτωσης,  
*ιδιαίτερα ελαφρώς υφάλμυρων νερών* αυξάνει ραγδαίως

Δεν υπάρχει καμία **“πιό καλή μέθοδος”** αφαλάτωσης

*απόσταξη και RO* χρησιμοποιούνται για αφαλάτωση του θαλασσινού νερού

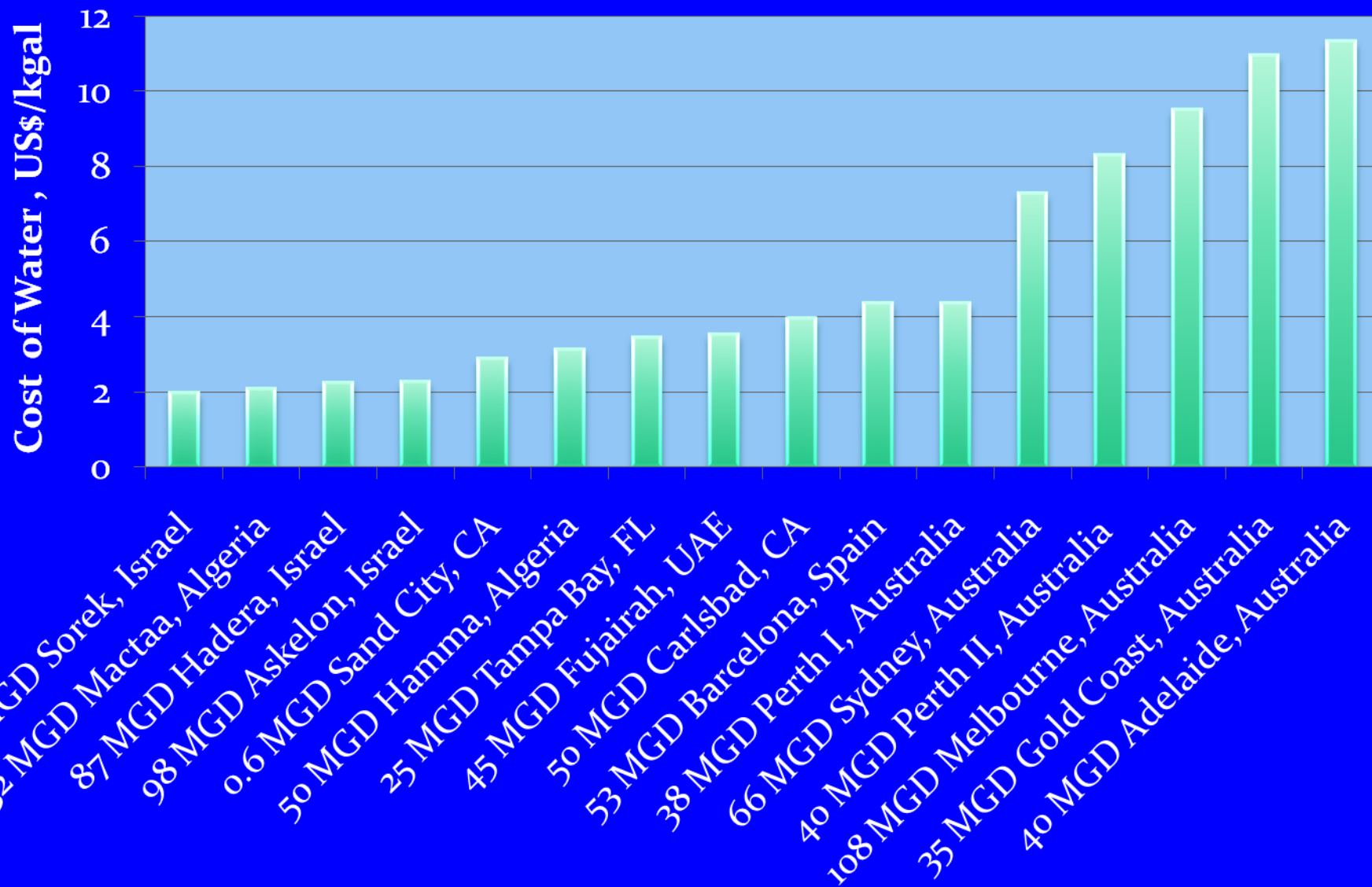
*RO και ηλεκτροδιάλυση* χρησιμοποιούνται για αφαλάτωση υφάλμυρου νερού

*επιλογή της διαδικασίας*

εξαρτάται από την προσεκτική μελέτη των συνθηκών στη θέση εγκατάστασης  
και την άμεση εφαρμογή της

**Οι τοπικές συνθήκες** μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της  
πιο κατάλληλης διαδικασίας για την περιοχή

# Κόστος Νερού πρόσφατων έργων αφαλάτωσης



# Κόστος Πρόσφατων US SWRO Projects

## Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Project	Status	Capital Cost (US\$)	Annual O&M Cost (US\$/kgal)	Cost of Water (US\$/kgal)
0.6 MGD Sand City, CA	In Operation since 2010	US\$11.9 MM	US\$1.15/kgal	US\$2.91/kgal
25 MGD Tampa Bay, FL	In Operation since 2008	US\$138 MM	US\$1.54/kgal	US\$3.48/kgal
50 MGD Carlsbad, CA	In Financing	US\$350 MM	US\$1.75/kgal	US\$4.00/kgal
2.5 MGD Santa Cruz, CA	In Planning	US\$59-64 MM	US\$3.94/kgal	US\$7.6-8.0/kgal
2.5 MGD Brownsville Demo Project, TX	In Planning	US\$22.5 MM	US\$2.80/kgal	US\$4.38/kgal
25 MGD-80 MGD Coquina Coast, FL	In Planning	US\$180 MM - US\$560 MM	US\$1.99/kgal	US\$4.47/kgal (US\$5.35- US\$6.10 w/ conveyance)



# Seawater Desalination Plant – Construction Costs

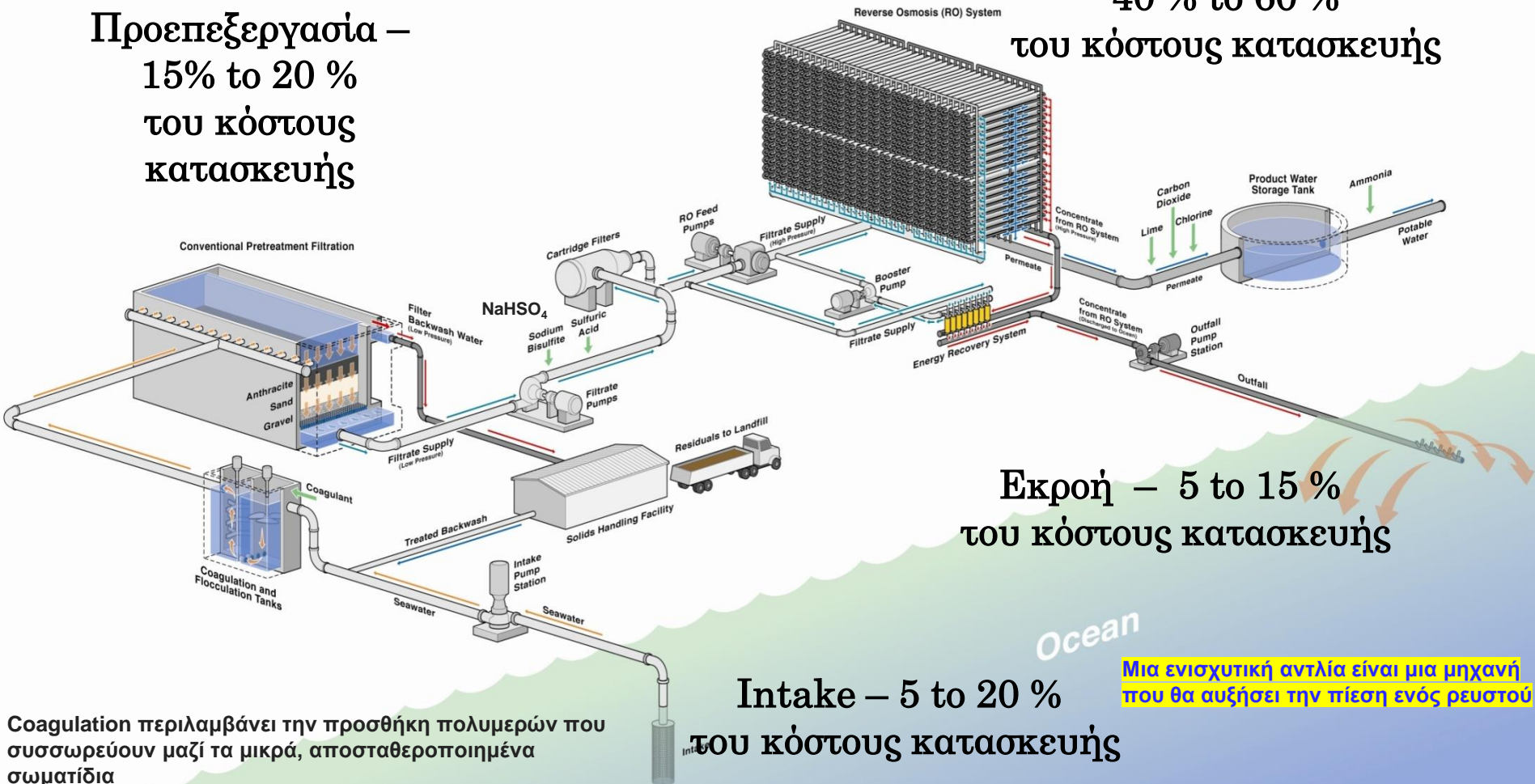
Προεπεξεργασία –  
15% to 20 %  
του κόστους  
κατασκευής

RO System –  
40 % to 60 %  
του κόστους κατασκευής

Εκροή – 5 to 15 %  
του κόστους κατασκευής

Intake – 5 to 20 %  
του κόστους κατασκευής

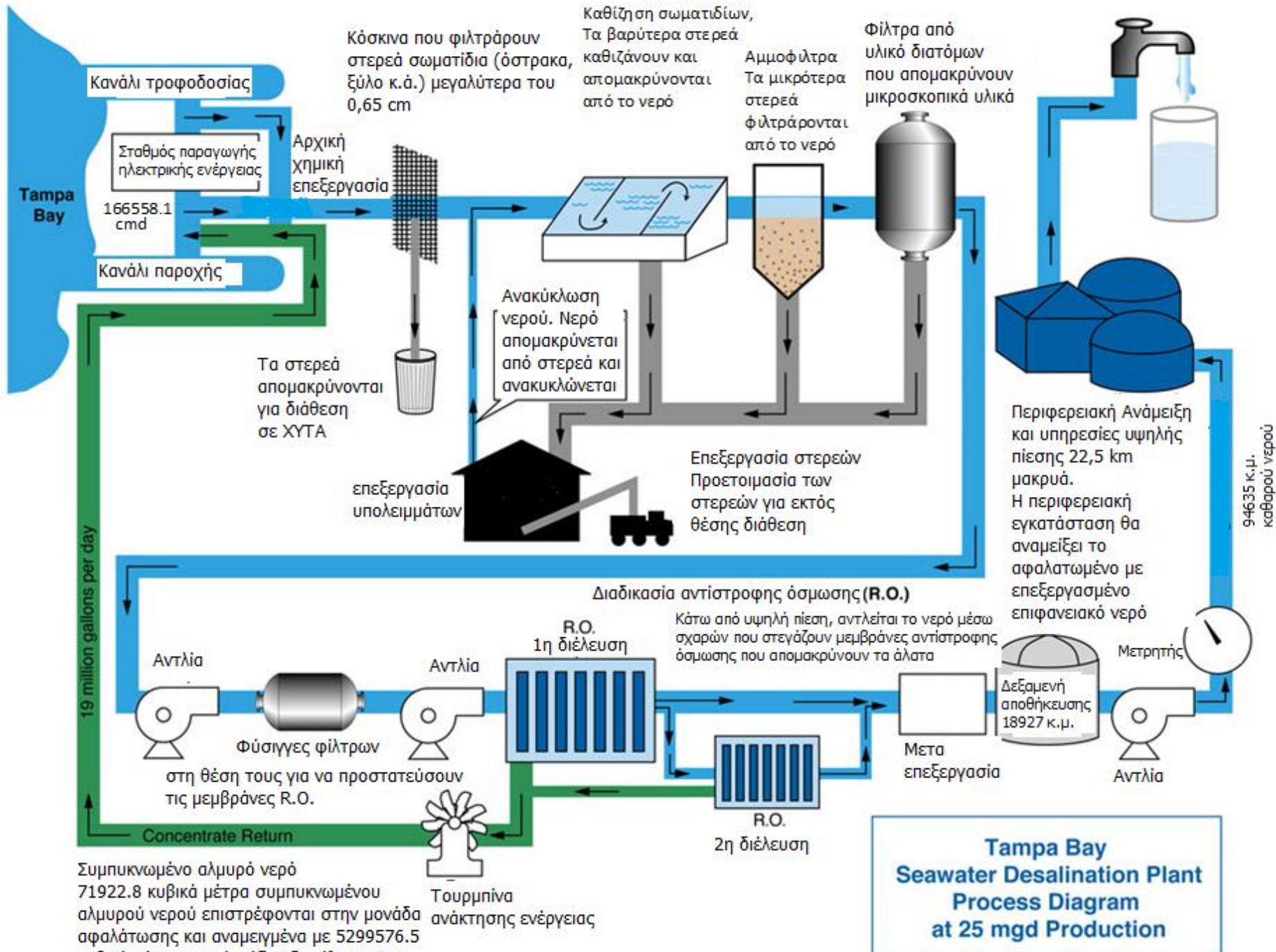
Μια ενισχυτική αντλία είναι μια μηχανή που θα αυξήσει την πίεση ενός ρευστού



Coagulation περιλαμβάνει την προσθήκη πολυμερών που συσσωρεύουν μαζί τα μικρά, αποσταθεροποιημένα σωματίδια σε μενάλυτερα συσσωματώματα



Tampa Bay, USA



Συμπυκνωμένο αλμυρό νερό  
 71922.8 κυβικά μέτρα συμπυκνωμένου αλμυρού νερού επιστρέφονται στην μονάδα ασφατάωσης και αναμειγμένα με 5299576.5 κυβικά μέτρα νερού ψύξης διατίθενται στο κανάλι παροχής και στη συνέχεια στον κόλπο

**Tampa Bay Seawater Desalination Plant Process Diagram at 25 mgd Production**

# Melbourne



Η Μονάδα Αφαλάτωσης Λεμεσού, 20ετής διαδικασία για την κατασκευή, είναι μια επένδυση ύψους € 55 εκατ. Έχει μια αρχική παραγωγή 40.000 m<sup>3</sup> ημερησίως, με υποδομή να αυξήσει την παραγωγή στα 60.000 m<sup>3</sup> την ημέρα στο μέλλον και είναι η μεγαλύτερη του είδους της στην Κύπρο (2013). Το εργοστάσιο είναι πλέον πλήρως λειτουργικό αφού πέρασε αποτελεσματικά όλες τις δοκιμές παράδοσης και έχει θέσει ως στόχο την εξασφάλιση των απαιτήσεων σε παροχή πόσιμου νερού στην επαρχία Λεμεσού.



Το εργοστάσιο θα χρησιμοποιήσει σύστημα διπλής διέλευσης RO για να διασφαλίσει ότι το επεξεργασμένο νερό είναι πάντα συμβατό με τα αυστηρά πρότυπα του πόσιμου νερού του νησιού

**Aruba**



**Η αφαλάτωση Sorek βρίσκεται περίπου 15 km νότια του Τελ Αβίβ του Ισραήλ (2013) με δυναμικό επεξεργασίας θαλασσινού νερού 624.000 m<sup>3</sup>/ημέρα, γεγονός που την καθιστά τη μεγαλύτερη μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στον κόσμο. Συνολική επένδυση περίπου 400 εκατομμυρίων δολαρίων**



**Σημαντικά στοιχεία της εγκατάστασης:**

- Σύστημα εισαγωγής (1,15 χιλιόμετρα ανοικτής θάλασσας), Χερσαίων αγωγοί διασύνδεσης, σταθμός άντλησης θαλασσινού νερού και αγωγοί διάθεσης της άλμης.
- Αργή ταχύτητα αναρρόφησης 0.15 m/s έτσι ώστε τα αποτελέσματα της παρασύρσεως και της πρόσκρουσης θαλάσσιων οργανισμών να διατηρηθούν σε ένα ελάχιστο.
- Η διάβρωση εμποδίζεται από ένα αυτόματο σύστημα καθοδικής προστασίας.
- Ο αγωγός απόρριψης άλμης τοποθετήθηκε σε βάθος 20 m, περίπου 1,85 χλμ. από την ακτή.
- Δύο αγωγοί τροφοδοσίας από σκυρόδεμα,
- ο σταθμός άντλησης βρίσκεται σε απόσταση 2,4 km από την ακτή.

**Προ- και μετεπεξεργασία**

Χημική επεξεργασία και μία λεκάνη κροκίδωσης χρησιμοποιούνται για την διαδικασία προ-φιλτραρίσματος.

Η λεκάνη κροκίδωσης διευκολύνει τη διαδικασία για το διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών. Οι υπόλοιπες ακαθαρσίες απομακρύνονται μέσω διπλού μέσου διήθησης βαρύτητας.

Το διηθημένο θαλασσινό νερό στη συνέχεια αντλείται προς την αντίστροφη όσμωση για αφαλάτωση.

Η μετά – επεξεργασία περιλαμβάνει την επαναορυκτοποίηση του αφαλατωμένου νερού που ακολουθείται από την τελική απολύμανση.

Η επαναορυκτοποίηση (re-mineralization) στοχεύει στο να: (1) παρέχει προστασία από τη διάβρωση των συστημάτων διανομής; (2) να προσθέσει άλατα χρήσιμα στον ανθρώπινο οργανισμό και να διευκολύνει άλλες χρήσεις όπως η άρδευση.

# Τυπικά πεδία κόστους και ενέργειας (Μεσαίες & μεγάλες μονάδες SWRO)

$$1\text{kgal} = 1000 \times 3.785 \text{ lt} = 3785 \text{ m}^3$$

Classification	Cost of Water Production US\$/kgal	SWRO System Energy Use US \$/kgal
Low - End Bracket	2.0 - 3.0	9.5 - 10.5
Medium Range	3,5 - 5,5	11.0 - 12.0
High - End Bracket	6.5 - 11.0	12.5 - 14.0
Average	4.0	11.5

**Year 2005 - 2010**

**The Five Lowest - Cost SWRO Projects**

**Worldwide**

SWRO Plant	Cost of Water (US\$/kgal)	Power Use of RO system (kWh/kg & TDS (ppt))
Sorek, Israel - 108 MGD (Startup 2014)	2.01	9.8 (40 ppt)
Mactaa, Algeria - 190 MGD (Startup 2013)	2.12	9.7 (39 ppt)
Tuas, Singapore - 36 MGD (Startup 2007)	2.16	11.5 (34 ppt)
Tenes, Algeria - 53 MGD (Startup 2011)	2.23	10.8 (38 ppt)
Hadera, Israel - 87 MGD (Startup 2010)	2.27	10.1 (40 ppt)



# Κόστος κατασκευής εισροής - Βασικοί παράγοντες

- Εξαρτώμενο σε μεγάλο βαθμό από την Ποιότητα της Πηγής Νερού
- Usually US\$0.5 – 1.5 MM/MGD (up to 3.0 MM/MGD για σύνθετες Tunnel Intakes)
- Οι εισροές μέσω γεωτρήσεων στην παραλία είναι συνήθως λιγότερο δαπανηρές
- Οριζόντιες και κεκλιμένες γεωτρήσεις (λοξές) συγκρίσιμες με τις Open Intakes
- Infiltration Galleries συχνά πιο ακριβές από τις Open Intakes

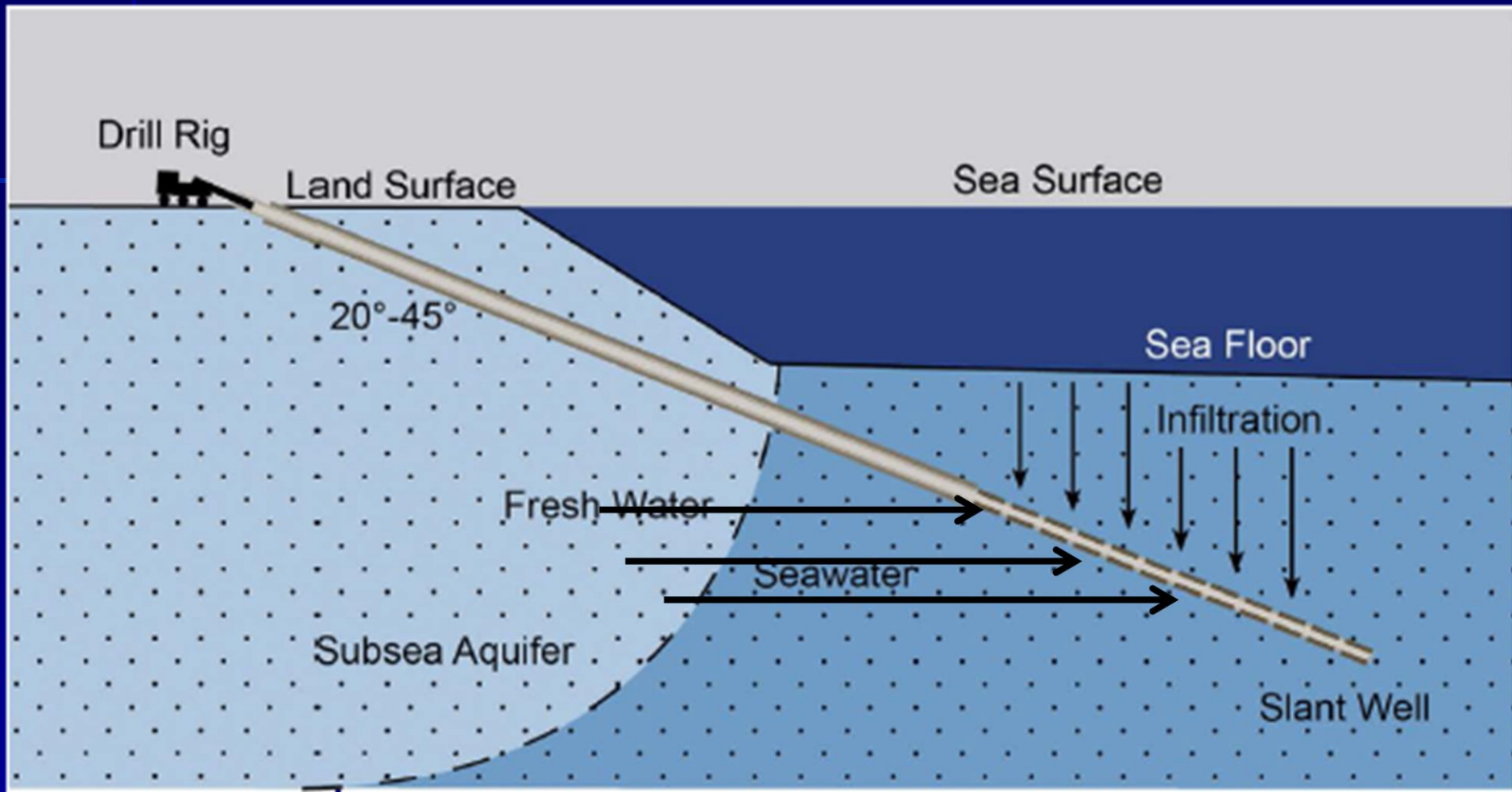
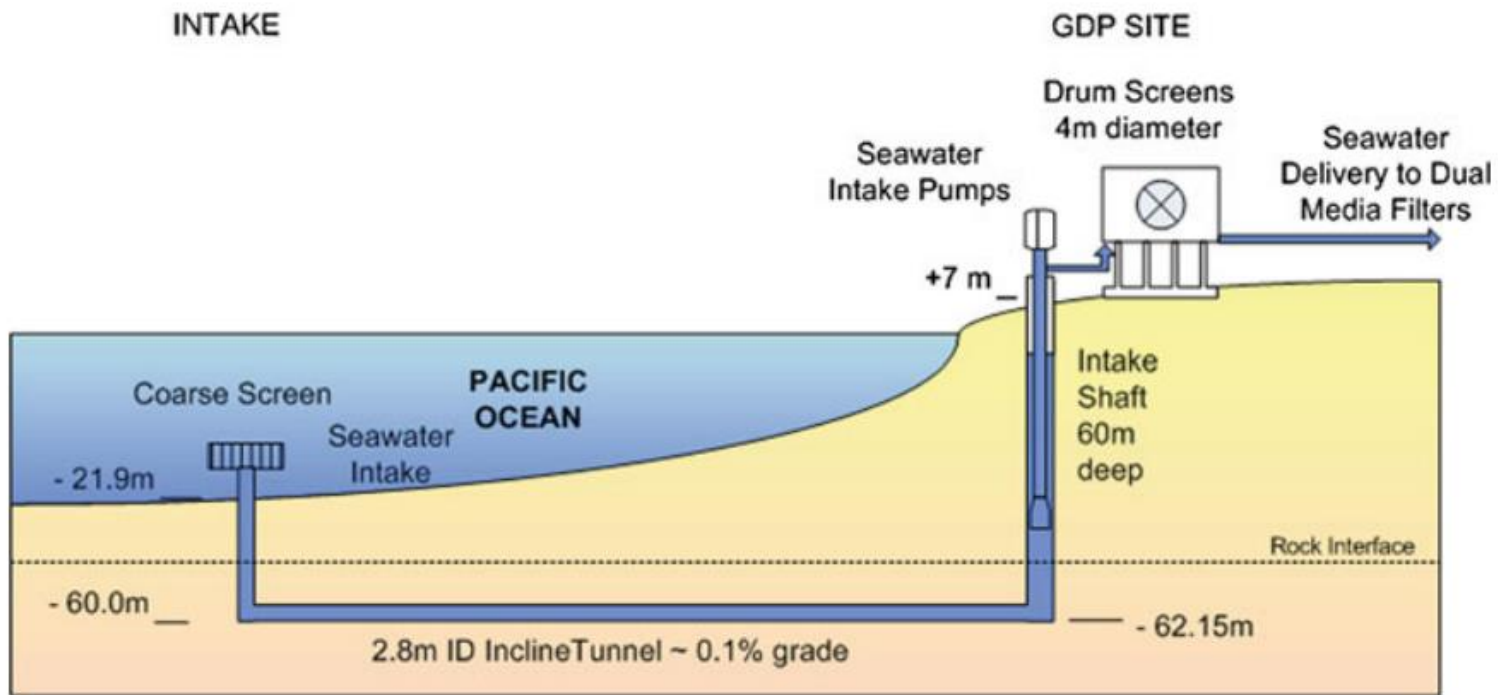
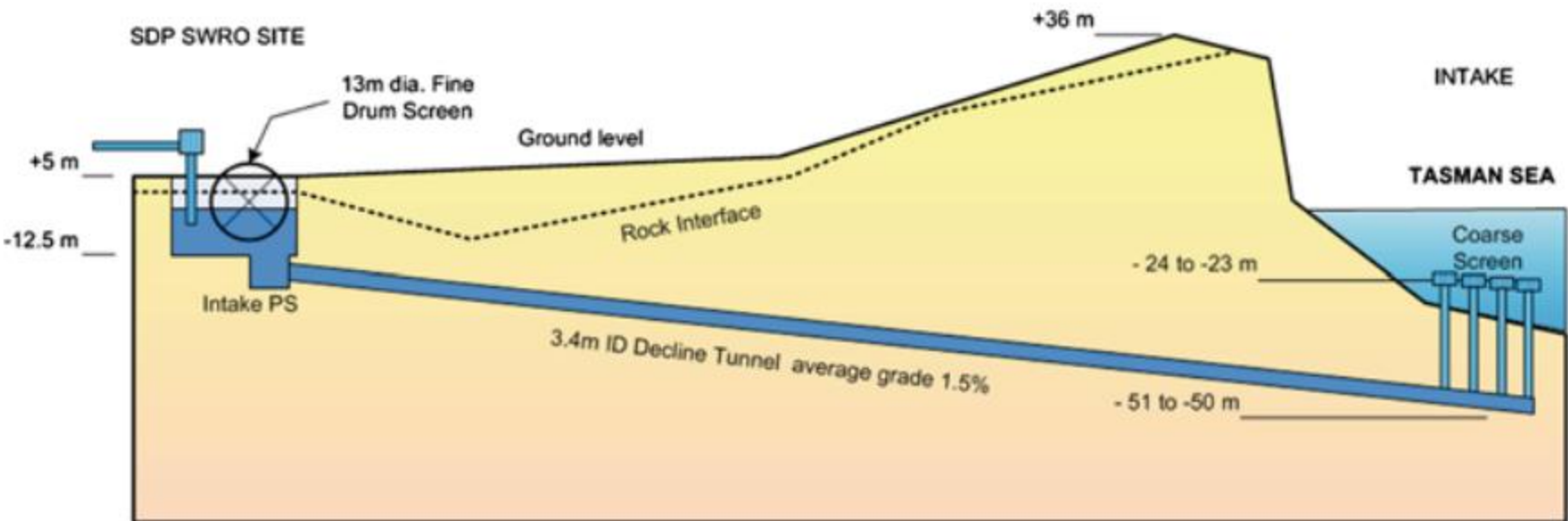


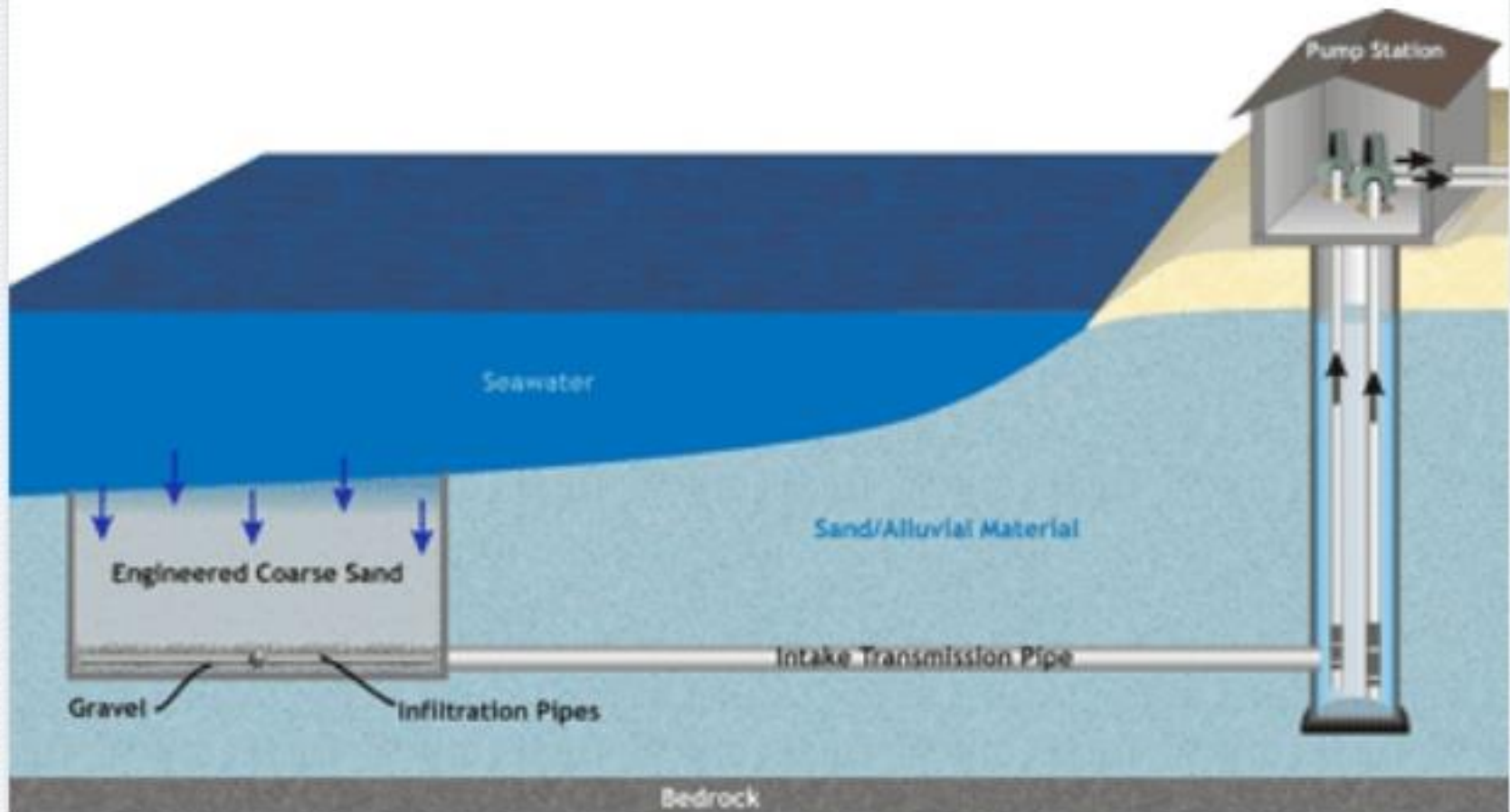
Figure 3.4. Conceptual diagram of the slant well (from Missimer et al., 2013).



**Fig. 2.5** Schematic of the GCD seawater intake arrangement



## WHAT IS A SEAFLOOR INFILTRATION GALLERY?



# Προκαταρκτική δαπάνη κατασκευής

- Πολύ εξαρτώμενο από την Ποιότητας των Υδάτων της Πηγή και το είδος των Τεχνολογιών επεξεργασίας
- Συνήθως US\$0.5 – US\$1.5 MM/MGD
- Οι πηγές νερού γεωτρήσεων υψηλής ποιότητας απαιτούν μόνο φιλτράρισμα (προεπεξεργασία χαμηλού κόστους)
- Φιλτράρισμα κοκκωδών μέσων μιας βαθμίδας είναι συνήθως λιγότερο δαπανηρή από την προεπεξεργασία μεμβράνης

# SWRO System

## Έξοδα κατασκευής

- Εξαρτάται από την ποιότητα του νερού της πηγής και την επιθυμητή ποιότητα του παραγόμενου νερού
- Συνήθως μεταξύ US\$1.5-4.0 MM ( $10^6$ )/MGD
- Μιας βαθμίδας /απλή διέλευση από ένα SWRO σύστημα κοστίζει ελάχιστα
- Πρόσθετα κόστη για διπλή διέλευση/δύο βαθμίδων RO System κυμαίνεται μεταξύ 15 and 30 % του κόστους μιας βαθμίδας /απλή διέλευση από ένα SWRO σύστημα

# Διάθεση Αλμυς

## Κοσμη κατασκευής

Μέθοδος Διάθεσης	Κόστος κατασκευής (US\$ Million/MGD)
New Outfall w/Diffusers	2.0 – 5.5
Power Plant Outfall	0.2 – 0.6
Sanitary Sewer	0.1 – 0.4
WWTP Outfall	0.3 – 2.0
Deep Well Injection	2.5 – 6.0
Evaporation Ponds	3.0 – 9.5
Zero-Liquid Discharge	5.5 – 15.0

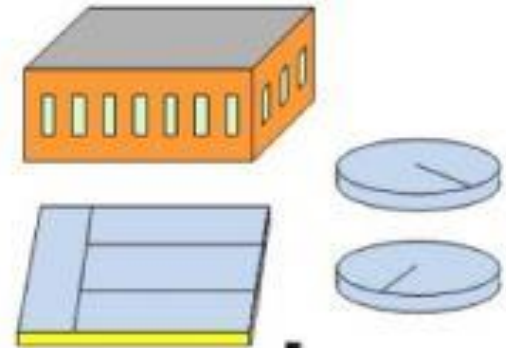
Domestic effluent



Industrial effluent



Waste-water treatment plant

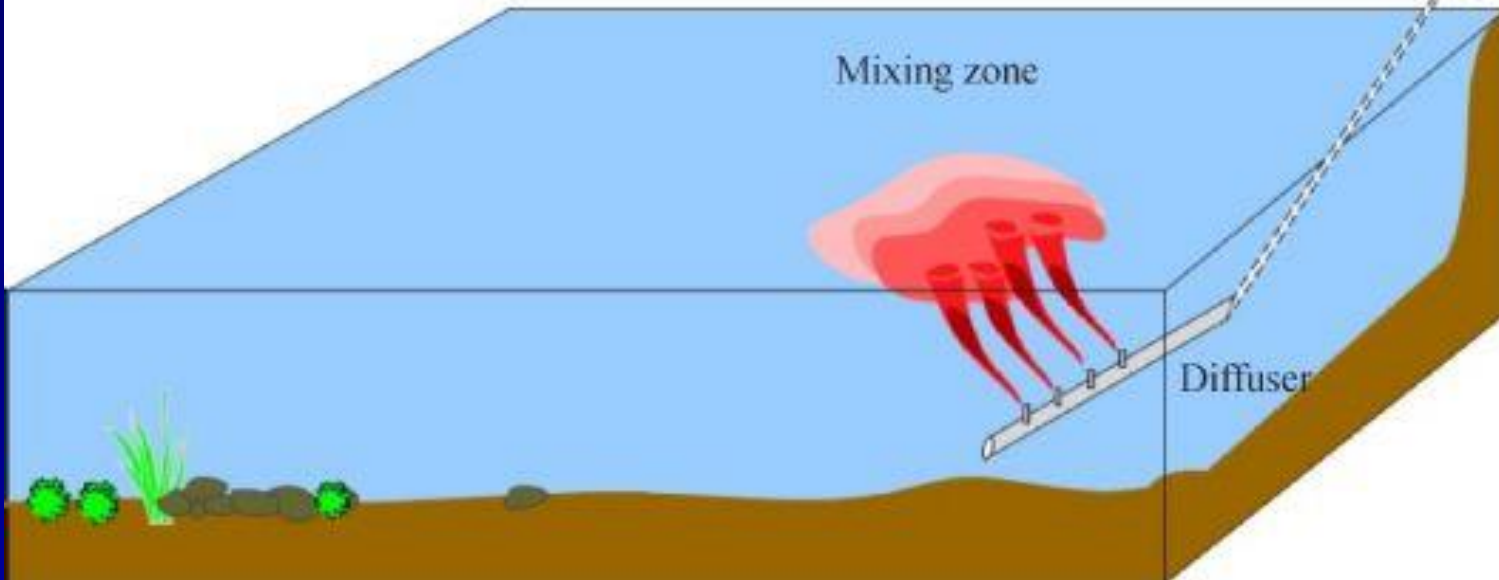


Marine outfall

Mixing zone

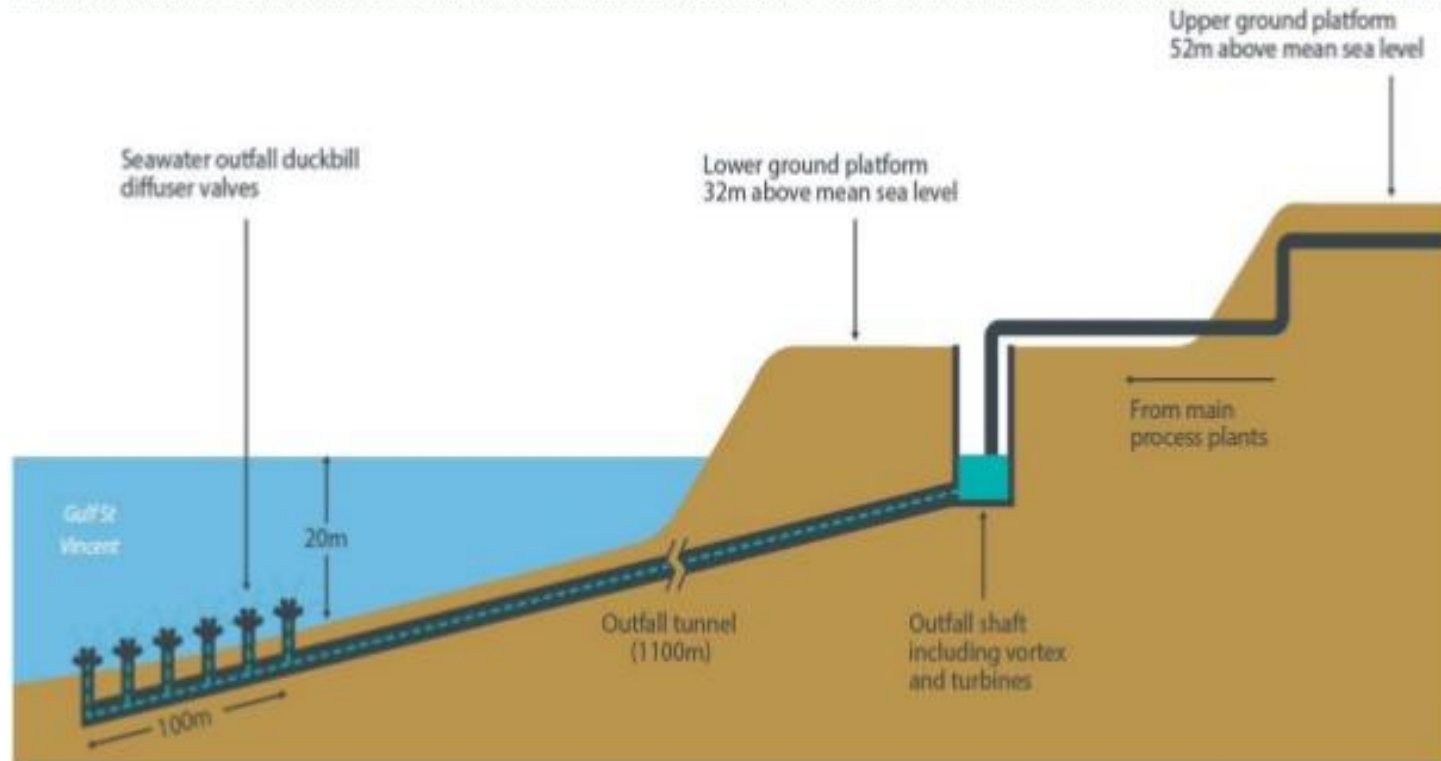


Diffuser





# Outfall Diffusers





Mouth of Lagoon

Outfall

Intake

Power Plant



Desalination Plant

**Desalination Plant**



*surf zone*



**Wetlands**

**Pacific Coast Highway**

**Outfall Pipe**  
(1,500 ft off shore)

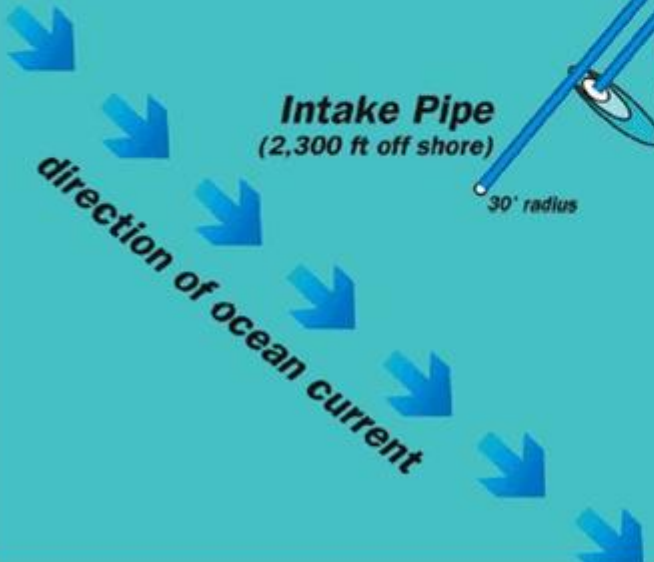
300' radius

**Intake Pipe**  
(2,300 ft off shore)

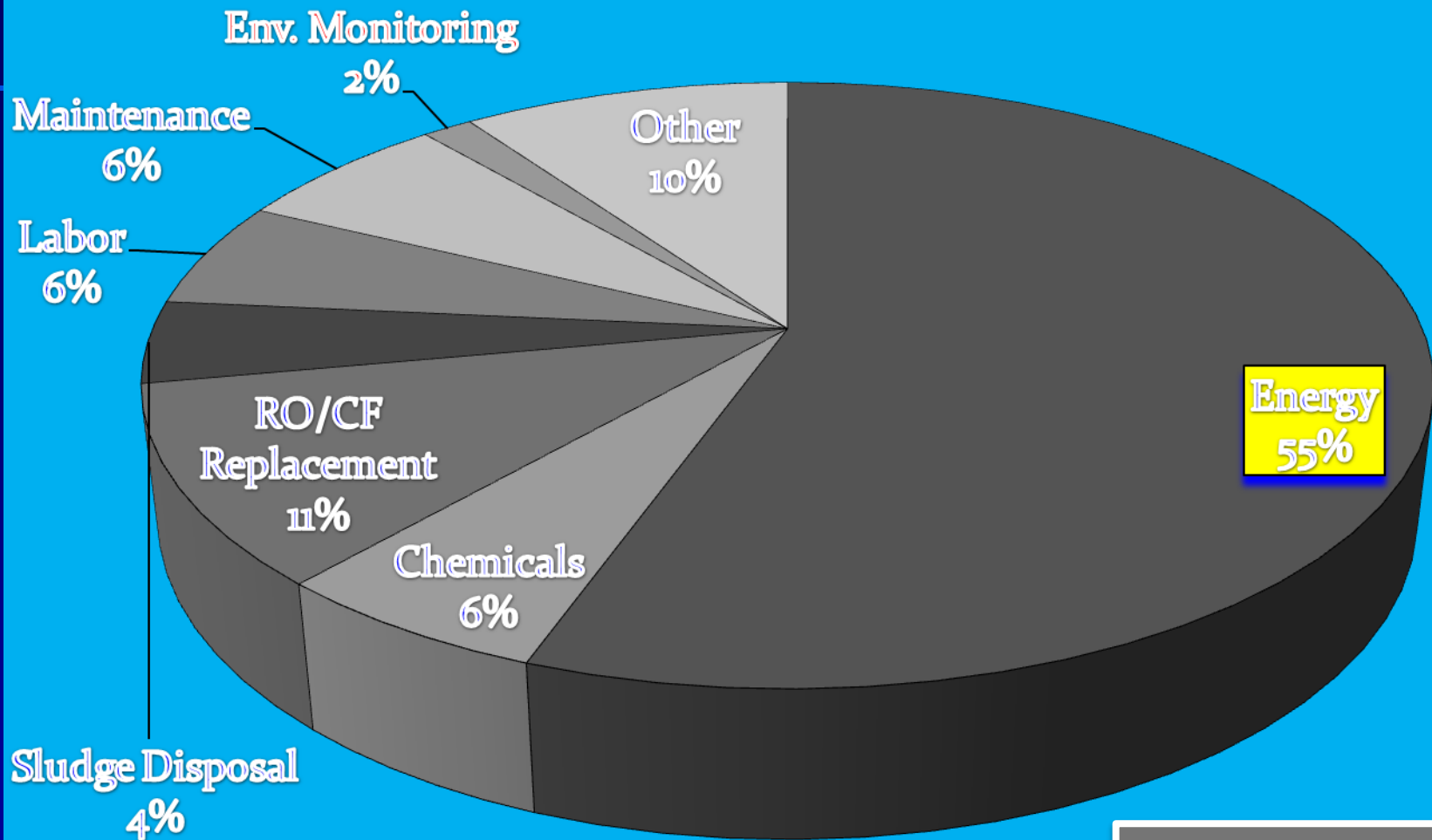
30' radius

*surf zone*

*direction of ocean current*



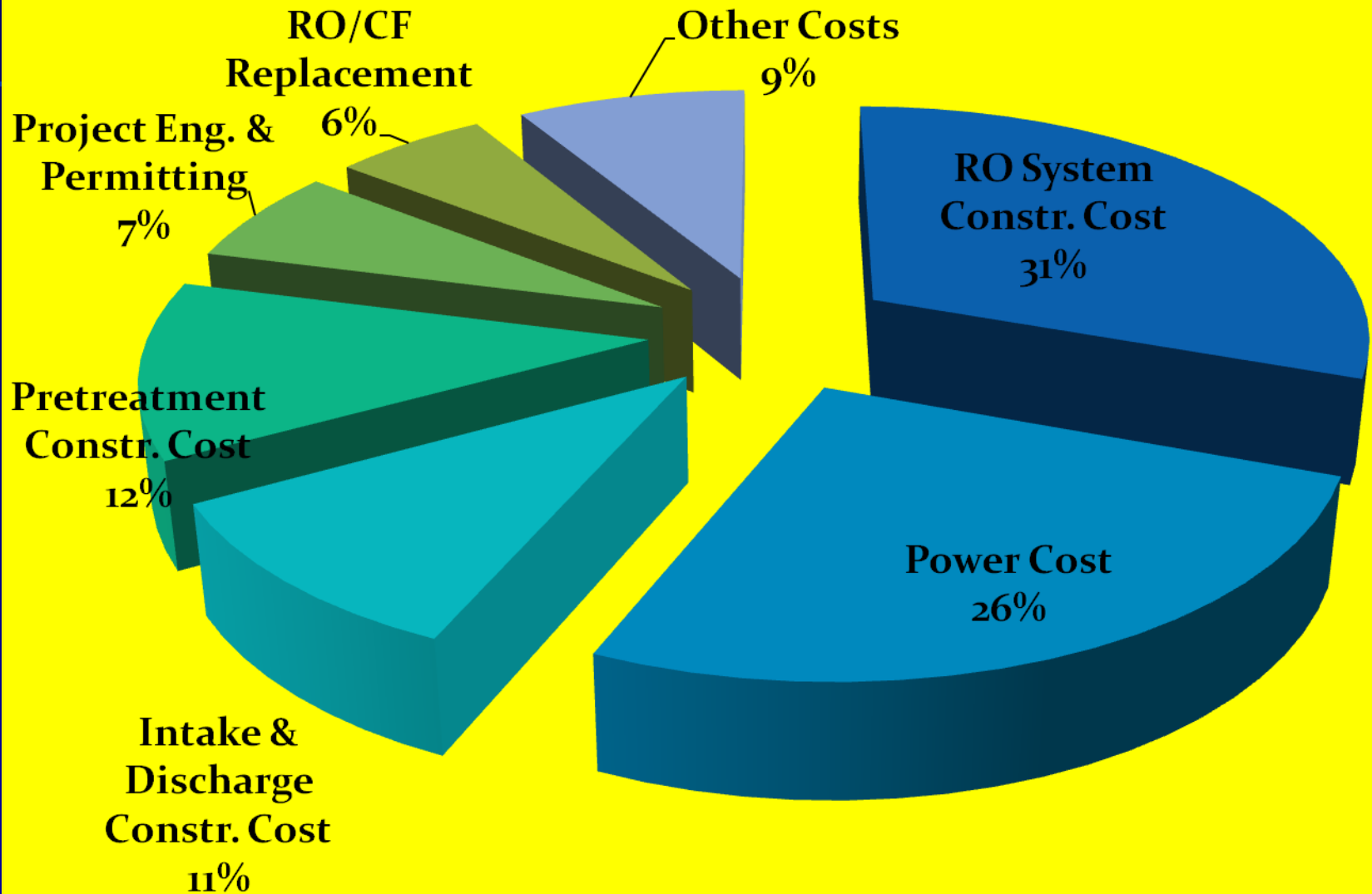
# Συνήθης Ο&Μ Ανάλυση Κόστους



CF: Cartridge Filters

Usual O&M Cost Range  
US\$1.5 – 4.0/kgal

# Cost of Water Breakdown

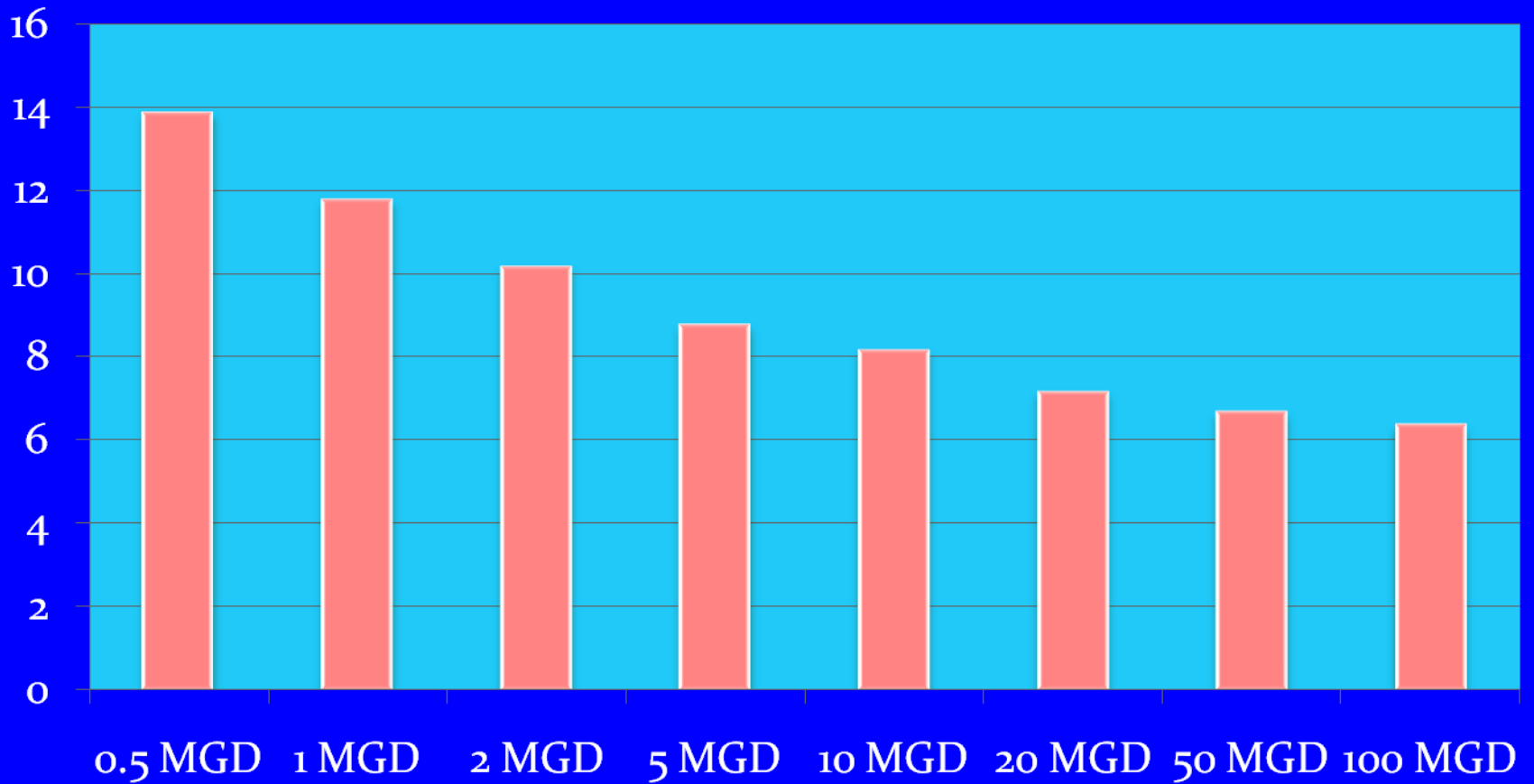


# Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα κόστη

- Μέγεθος εγκατάστασης – το μεγαλύτερο είναι καλύτερο
- Ποιότητας νερού πηγής - Περιεχόμενο TDS, Θερμοκρασία, Στερεά, ιλύς και περιεχόμενο οργανικών.
- Ποιότητα παραγόμενου νερού – TDS, Βόριο, Βρωμίδια, Συμβατότητα Απολύμανσης.
- Μέθοδος διάθεσης άλμυς;
- Παροχή ενέργειας & μοναδιαίο κόστος ενέργειας;
- Μέθοδος παράδοσης του έργου και χρηματοδότηση;
- Άλλοι παράγοντες:
  - Τύποι συστημάτων εγκατάσταση εισροής και εκροής;
  - Προεπεξεργασία & σχεδιασμός του συστήματος RO;
  - Στόχος δυναμικού παραγωγής και διαθεσιμότητας της εγκατάστασης.

# Κόστος κατασκευής μονάδας

Unit Construction Cost (US\$ MM/MGD)



# Ποιότητα και κόστος παραγόμενου νερού

Target WQ	Constr. Costs	O&M Costs	Cost of Water
TDS/Cl = 500/250 mg/L; Boron = 1 mg/L.	1.0	1.0	1.0
TDS/Cl = 250/100 mg/L; Boron = 0.75 mg/L.	1.15-1.25	1.05-1.10	1.10-1.18
TDS/Cl = 100/50 mg/L; Boron = 0.5 mg/L.	1.27-1.38	1.18-1.25	1.23-1.32
TDS/Cl = 30/10 mg/L; Boron = 0.3 mg/L.	1.40-1.55	1.32-1.45	1.36-1.50



# “The Best” of Seawater Desalination Present Status & Future Forecasts

Parameter	Today	Within 5 Years	Within 20 Years
<b>Cost of Water</b> (2010 US\$/kgal)	US\$2.0-3.0	US\$1.5-2.5	US\$1.0-1.5
<b>Construction Cost</b> (Million US\$/MGD)	4.5-8.0	4.0-6.5	2.0-3.5
<b>Power Use of SWRO System</b> (kWh/kgal)	9.5-10.5	8.0-10.0	5.0-6.5
<b>Membrane Productivity</b> (gallons/day/membrane)	6,500-12,500	9,000-15,000	25,000-40,000
<b>Membrane Useful Life</b> (years)	5-7	7-10	10-15
<b>Plant Recovery Ratio</b> (%)	45-50	50-55	55-65

# Τελικές παρατηρήσεις

- Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού είναι οικονομική σήμερα και θα καταστεί ακόμη πιο ανταγωνιστική στο μέλλον.
- Το τυπικό κόστος νερού είναι US \$ 3.5 έως US \$ 5.0 / kgal.
- Το μέλλον της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού είναι λαμπρό - 20% μείωση του κόστους του νερού κατά τα επόμενα 5 χρόνια.
- Οι μακροπρόθεσμες επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη έχουν το δυναμικό μείωσης κατά 80% του κόστους του αφαλατωμένου νερού τα επόμενα 20 χρόνια.

# Κόστος αφαλάτωσης θαλάσσιου νερού

Ερωτήσεις?





## **Αφαλάτωση Νερού χρησιμοποιώντας Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

*Ακριβής και βαθιά κατανόηση για αυτούς που χαράσσουν πολιτική*

Η παγκόσμια ζήτηση για νερό συνεχίζει να αυξάνεται,

ενώ **οι πηγές γλυκού νερού γίνονται όλο και πιο σπάνιες**

λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για φυσικούς πόρους και των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος, ιδιαίτερα σε ημίξηρες και παράκτιες/νησιωτικές περιοχές

**IEA-ETSAP and IRENA © Technology Policy Brief I12 – January 2013 -**

**[www.etsap.org](http://www.etsap.org) - [www.irena.org](http://www.irena.org)**

Η **αφαλάτωση** του θαλασσινού νερού και του υφάλμυρου νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί

**για να ικανοποιήσει αυξανόμενη ζήτηση για παροχή γλυκού νερού**

Ωστόσο, η αφαλάτωση είναι μια **πολύ ενεργοβόρος διαδικασία**, που συχνά χρησιμοποιεί παροχές ενέργειας από πηγές ορυκτών καυσίμων που είναι ευάλωτες:

- στις μεταβλητές τιμές της παγκόσμιας αγοράς, καθώς και
- σε προβλήματα υλικοτεχνικής προμήθειας σε απομακρυσμένες και νησιωτικές κοινότητες και

**συνεπώς δεν είναι βιώσιμη**

Μέχρι τώρα, η πλειοψηφία των μονάδων αφαλάτωσης

εντοπίζονται σε περιοχές:

με υψηλή διαθεσιμότητα και

χαμηλό κόστος ενέργειας

Οι τρέχουσες πληροφορίες σχετικά με την αφαλάτωση δείχνουν

ότι μόνο το 1% του συνολικού αφαλατωμένου νερού

βασίζεται στην ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνονται ολοένα και περισσότερο αποδεκτές ως συμβατικές και

οι τιμές των τεχνολογιών τους συνεχίζουν να μειώνονται, καθιστώντας έτσι τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μια βιώσιμη επιλογή

Με την αύξηση της ζήτησης αφαλατωμένου νερού σε χώρες που εισάγουν ενέργεια όπως η Ινδία, η Κίνα και τα μικρά νησιά,

υπάρχει ένα μεγάλο δυναμικό αγοράς για τα συστήματα αφαλάτωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παγκοσμίως



**Η χαρτογράφηση των αναγκών σε νερό και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα στρατηγικό εργαλείο για το σχεδιασμό νέων συστημάτων αφαλάτωσης.**

**Η αφαλάτωση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μπορούσε να αποτελέσει **βασικό παράγοντα για συνεχή ανάπτυξη,****

**ιδίως σε εκείνες τις χώρες που βασίζονται σε αφαλατωμένα ύδατα για τη διατήρηση των τοπικών κοινοτήτων και των παραγωγικών χρήσεων όπως η άρδευση**

Ως εκ τούτου,

η **παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας** θα πρέπει να θεωρείται πολύτιμη οικονομική επένδυση που μειώνει το εξωτερικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό και λειτουργικό κόστος.

Για το λόγο αυτό,

οι φορείς χάραξης πολιτικής μπορεί να επιθυμούν να θέσουν υπό θεώρηση:

- τις εξελισσόμενες ευκαιρίες της αγοράς και

- τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των τεχνολογικών επιλογών

κατά τον προγραμματισμό των αναγκών τους:

- σε χωρητικότητα,

- σε υποδομές και

- σε υδροδότηση

## Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει:

- να εξετάσουν τις διαφορετικές τεχνολογικές επιλογές για την αφαλάτωση και
- να βασίσουν τις επιλογές τους στις διαθέσιμες τοπικά ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια - ιδιαίτερα η θερμότητα από:

**concentrated solar thermal systems** (CSP) **generate solar power by using mirrors**

**or lenses to concentrate a large area of sunlight onto a receiver** για θερμική

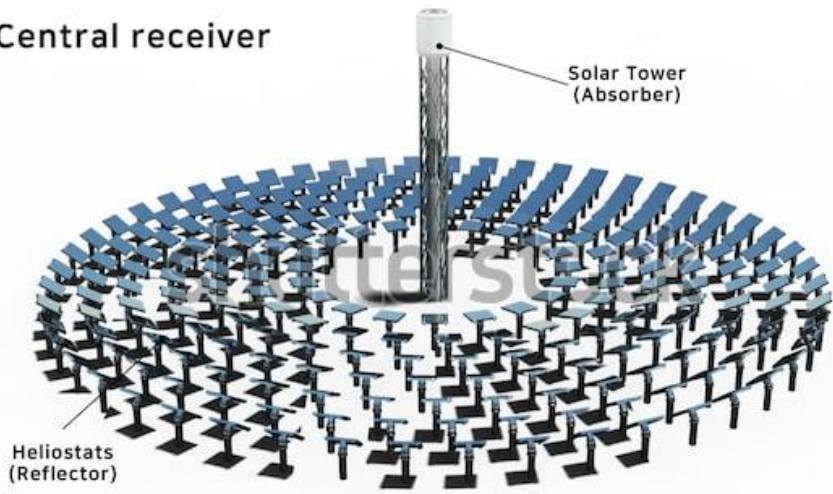
αφαλάτωση και ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακά φωτοβολταϊκά και

**συστήματα CSP concentrating solar power and desalination** για αφαλάτωση

μεμβράνης –

είναι μια βασική λύση σε ξηρές περιοχές (π.χ. περιοχή MENA) με εκτεταμένα δυναμικά ηλιακής ενεργειας, ενώ η αιολική ενέργεια παρουσιάζει ενδιαφέρον για έργα αφαλάτωσης μεμβράνης σε παράκτιες περιοχές και νησιωτικές κοινότητες

Central receiver



Solar Tower  
(Absorber)

Heliostats  
(Reflector)

www.shutterstock.com · 1565067619



www.shutterstock.com · 191334824



www.shutterstock.com · 1213717870

Ενώ η αφαλάτωση εξακολουθεί να είναι **δαπανηρή**,

**τα επόμενα χρόνια**

αναμένεται **μείωση του κόστους** ανάπτυξης των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας που θα μειώσουν σημαντικά το κόστος της αφαλάτωσης που χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις

**απομακρυσμένες περιοχές** και τα **νησιά**

**με μικρούς πληθυσμούς** και

**ανεπαρκείς υποδομές**

για μεταφορά και κατανομή γλυκού ύδατος και ηλεκτρικής ενέργειας