

2013

ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

Η αφαλάτωση απ' το χθες στο σήμερα..Και
απ' το σήμερα στο ΑΥΡΙΟ!

*Επιμέλεια εργασίας: Νικοπούλου Ειρήνη
Νταλαγιάννη Θεοδώρα
Πανοπούλου Ειρήνη
Σαράντη Μαργαρίτα
Σελεμίδου Δήμητρα*

Υπεύθυνος Καθηγητής: Παπαδόπουλος Σταύρος



Περιεχόμενα

1 Περίληψη	<u>σελ.3-4</u>
2 Ορισμός της αφαλάτωσης	<u>σελ.5</u>
3 Η εξέλιξη της αφαλάτωσης στο χρόνο	<u>σελ.5-8</u>
4 Μέθοδοι αφαλάτωσης	<u>σελ.8-18</u>
5 Η αφαλάτωση, η φύση & ο άνθρωπος	<u>σελ.19-25</u>
6 Μονάδες στον ελλαδικό χώρο	<u>σελ.25-29</u>
7 Πηγές	<u>σελ.30</u>

Περίληψη

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις 7 ευρωπαϊκές χώρες που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας. Η αφαλάτωση, συγκριτικά με τις συμβατικές παρεμβάσεις για εφοδιασμό νερού, έχει πλεονεκτική θέση από την άποψη του οικονομικού κόστους και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης εφόσον δεν χρησιμοποιηθούν κοστοβόρες συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά εναλλακτικές ανανεώσιμες πηγές. Οι μέθοδοι αφαλάτωσης ακολουθούν την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας και πλέον οι σύγχρονες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης εκμεταλλεύονται τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού συνδυαστικά με υπερσύγχρονους μηχανισμούς και κατασκευές, που αντλούν ενέργεια από φυσικές πηγές για την παραγωγή πόσιμου νερού ή νερού που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και στη γεωργία. Η ποιότητα του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού ποικίλει, ανάλογα με τη χρήση που προορίζεται, και έτσι ξεκινά από την απλή απομάκρυνση αλάτων έως και τον πιο εκλεπτυσμένο καθαρισμό του από παθογόνους οργανισμούς και μικρομοριακές επιβλαβείς ενώσεις. Στον ελλαδικό χρόνο υπάρχει ένα εκτεταμένο δίκτυο μονάδων αφαλάτωσης, κυρίως στον νησιωτικό χώρο, που πλήττεται από τη λειψυδρία. Αν και η αφαλάτωση αποτελεί μια οικολογική λύση στο πρόβλημα της έλλειψης νερού, πρέπει να ελέγχεται αυστηρά και παράλληλα να μελετώνται νέες εφαρμογές, να γίνεται εκμετάλλευση των παράπλευρα παραγόμενων μορφών ενέργειας από την όλη διαδικασία και να μη παραλείπεται ο ανθρωπιστικός

χαρακτήρας αντίστοιχων έργων, καθώς η αφαλάτωση αποτελεί λύση για την απειλή της λειψυδρίας όχι μόνο σε αναπτυσσόμενες χώρες αλλά και παγκοσμίως.

Summary

Greece is placed among the seven European countries that face the problem of water scarcity. Desalination, compared to the conventional interventions for water supplementation, has many advantages that refer to the economical cost, the environmental overloading, under the condition that renewable energy sources are applied. Desalination methods evolve in parallel with applied sciences and contemporary desalination faculties are based on physical and chemical properties of water combined with modern mechanisms and structures that use natural energy sources in order to produce water for house, industrial or agricultural use. The quality of the desalinated water varies and it can be cleared of salts or it can be further purified of pathogens or micromolecular toxic compounds. Greece possesses a wide number of desalination faculties, mainly at the Greek islands which suffer from water inadequacy. Although desalination is an ecological approach to the problem of water shortage, it should be strictly monitored while new technologies of energy exploitation during the processes of desalination should be studied. Desalination is a humanitarian solution to the threat of water scarcity in the developing countries and worldwide as well.

Ορισμός

Αφαλάτωση ονομάζεται η διαδικασία της απομάκρυνσης των αλάτων από αλατούχα νερά και ιδίως από το θαλασσινό νερό. Αποτελεί μία από τις νεώτερες μεθόδους για την αντιμετώπιση της έλλειψης γλυκού νερού που εμφανίστηκε ιδιαίτερα έντονη κατά τον 20^ο αιώνα.

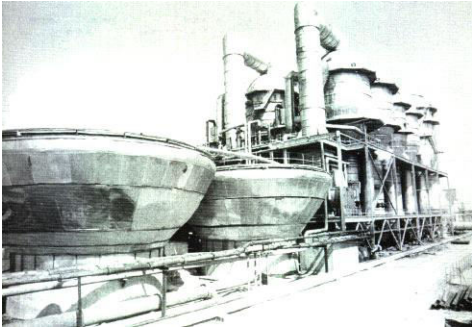
Η αφαλάτωση του νερού από την αρχαιότητα έως σήμερα

Ιστορικά η ιδέα της αφαλάτωσης ανάγεται στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς που την εφάρμοζαν κατά τον 4ο π.Χ. αιώνα με την εξάτμιση του θαλασσινού νερού που την περιγράφει και ο Αριστοτέλης. Επίσης περιγραφή αφαλάτωσης αναφέρεται ως πραγματεία από Άραβα συγγραφέα του 8ου μ.Χ. αιώνα που βασίζεται στην απόσταξη του νερού.

Τον 18ο αιώνα, με την ανάπτυξη της ατμοπλοΐας, η αναγκαιότητα μεγάλης ποσότητας ύδατος στη χρήση των ατμομηχανών κατέστησε επιτακτική ανάγκη την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ώστε να μη προκαλείται ταχύτατη διάβρωση των μηχανών. Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αφαλάτωσης νερού δόθηκε στην Αγγλία το 1869. Η σπουδαιότητα αυτής της ανακάλυψης φάνηκε από το γεγονός ότι τον ίδιο αμέσως χρόνο οι Άγγλοι εγκατέστησαν τη πρώτη μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος στο Άντεν για τις ανάγκες του στόλου τους. Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού ύδατος για εμπορική και βιομηχανική χρήση εγκαταστάθηκε στην Αρούμπα (τότε Ολλανδικές Αντίλλες) το 1930.

Από το 1970 άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις ΗΠΑ, στη Ρωσία, στο Μεξικό, στην Μέση Ανατολή, σε παράλιες χώρες όπως είναι η Σαουδική Αραβία (24% της παγκόσμιας χρήσης), το Κουβέιτ, η Αίγυπτος αλλά και το Ισραήλ. Στον δυτικό κόσμο ο μεγαλύτερος χρήστης της μεθόδου είναι η Ισπανία, όπου ξεκίνησε μαζική χρήση αφαλάτωσης στα Κανάρια Νησιά. Το

μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης της Ευρώπης βρίσκεται σήμερα στο Καρμπονέρας της Νότιας Ισπανίας.



Η αφαλάτωση στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ευρέως. Πολλοί θεωρούν ότι θα ήταν μια χρήσιμη μέθοδος για τα πολύ ξηρά ελληνικά νησιά στις Κυκλάδες, τα οποία σήμερα υδροδοτούνται με υδροφόρα πλοία. Πάντως σχετικά μικρές μονάδες αφαλάτωσης έχουν ήδη εγκατασταθεί στη Σύρο, στη Νίσυρο, στην Αίγινα και αλλού.



Παγκοσμίως η πρώτη πλωτή μονάδα οικολογικής αφαλάτωσης είναι έργο της Ερευνητικής ομάδας του Πανεπιστημίου Αιγαίου με τους καθηγητές Ν. Νικητάκο, Θ. Λίλα και Ν. Βατίστα. Μια 100% φυσική πηγή νερού και μια οικολογική λύση στα προβλήματα λειψυδρίας του τόπου! Παράγει ηλεκτρισμό από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά συστήματα και είναι μεταφερόμενο σε όποιο μέρος απαιτείται.

Το χρονικό της Αφαλάτωσης

350 π.Χ. Ο Αριστοτέλης πειραματίζεται με τον διαχωρισμό νερού και αλατιού.

200 μ.Χ. Ναυτικοί μεταφέρουν μικρές πρωτόγονες μονάδες αφαλάτωσης στα πλοία τους.

16ος αιώνας Τα πλοία που εξερευνούν τους ωκεανούς μεταφέρουν μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν μόνο σε περίπτωση ανάγκης.

1890 Στην Δυτική Αυστραλία λόγω του ξηρού κλίματος κατασκευάζονται μονάδες αφαλάτωσης (πάντα με την θερμαντική μέθοδο). Το νερό ήταν ακριβό, δεδομένου ότι τα 4.5 λίτρα νερού κόστιζαν όσο το ένα τρίτο του μισθού του ανειδίκευτου εργάτη.

Τέλη 19ου αιώνα Η μέθοδος απόσταξης του Rillieux αρχίζει και εφαρμόζεται και στην αφαλάτωση.

1950 Η Αμερικανική κυβέρνηση ιδρύει το Τμήμα Αλμυρού Νερού με σκοπό να υποστηρίξει την έρευνα για την αφαλάτωση.

1950 Ξεκινά μια νέα μέθοδος θερμαντικής αφαλάτωσης και εφαρμόζεται σε χώρες της Μέσης Ανατολής.

1960 Ξεκινούν στο πανεπιστήμιο UCLA της Καλιφόρνια τα πειράματα πάνω στην αντίστροφη ώσμωση με την κατασκευή των πρώτων μεμβρανών από δύο ερευνητές, τους Sydney Loeb και Shrinivasa Sourirajan.

1965 Η πρώτη πειραματική μονάδα αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης τέλος δεκαετίας '70 Ο John Cadotte του America's Midwest Research Institute και του Film Tec Corporation εφεύρει μια πολύ βελτιωμένη μεμβράνη που θα χρησιμοποιηθεί καθολικά στα επόμενα χρόνια.

1980 Η πρώτη μονάδα αφαλάτωσης που εξυπηρετεί πόλη, ξεκινά την λειτουργία της στην Jeda της Σαουδικής Αραβίας.

1990-2003 Το κόστος της αφαλάτωσης πέφτει στο ένα τρίτο.

2006 Μελέτη που δημοσιεύεται στο επιστημονικό περιοδικό Science αναφέρει ότι η χρήση νανοσωλήνων άνθρακα μπορεί να βελτιώσει πολύ την παραγωγή καθαρού νερού.

2006 Μελέτη στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αφαλάτωσης από το Pacific Institute (όχι απαγορευτικές αλλά ούτε και αμελητέες).

Μέθοδοι αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με τη χρήση της τεχνικής της αντιστροφής ώσμωσης είναι πλέον μια δοκιμασμένη και αναγνωρισμένη τεχνολογία που μπορεί να παρέχει υψηλής ποιότητας νερό ύδρευσης.

Η τεχνική βασίζεται στην διέλευση του θαλασσινού νερού σε υψηλή πίεση μέσα από μεμβράνες που διαχωρίζουν το νερό εισόδου σε δυο κλάσματα. Το διήθημα (permeate), δηλαδή το νερό που διέρχεται από την μεμβράνη (30 – 40% του νερού εισόδου) και το συμπύκνωμα (concentrate) (60 – 70%), δηλαδή το νερό που δεν διέρχεται. Στο συμπύκνωμα παραμένει το 99.8% των αλάτων του διηθήματος. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις.

Οι προηγμένες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αποτελούν την πλέον δόκιμη λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ποιότητας αλλά και της επάρκειας νερού σε δήμους, στη βιομηχανία και σε ξενοδοχειακές μονάδες.

Άλλες μέθοδοι αφαλάτωσης που χρησιμοποιούνται είναι και οι ακόλουθες:

► Διύλιση

- Πολυβάθμια εκτόνωση {Multi-Stage Flash (MSF)}
- Πολυβάθμια εξάτμιση {Multiple-Effect (MED|ME)}
- Εξάτμιση με επανασυμπίεση ατμών { Vapour Compression-MVC}
- Εξαέρωση/Συμπύκνωση

- ▶ Μέθοδοι με μεμβράνες
 - Ηλεκτρόλυση
 - Αντίστροφη ώσμωση
 - Νανόφιλτρα

▶ Ψυχρή Σύντηξη

▶ Διύλιση με μεμβράνες

▶ Γεωθερμική αφαλάτωση

▶ Κρυσταλλοποίηση με υδρικό αιθάνιο

▶ Υψηλής ποιότητας ανακύκλωση νερού

▶ Ηλιακή απόσταξη



ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Κατά την αντίστροφη ώσμωση το προς καθαρισμό νερό πιέζεται να περάσει μέσα από μια μεμβράνη η οποία επιτρέπει επιλεκτικά μόνο τα μόρια του νερού να περάσουν μέσα από αυτήν. Το εξερχόμενο νερό είναι ελεύθερο από κάθε είδους ακαθαρσίες, από σκουριές άλατα, οργανικές ουσίες, λιπάσματα, παρασιτοκτόνα μέχρι και κάθε είδους επικίνδυνους μικροοργανισμούς βακτήρια και ιούς. Οι παραπάνω προσμίξεις απορρίπτονται στην αποχέτευση μαζί με ένα ποσοστό νερού.

Μια τυπική Μονάδα Αφαλάτωσης περιλαμβάνει: Υποθαλάσσιους αγωγούς μεταφοράς θαλάσσιου νερού στη μονάδα, αγωγούς απόρριψης αλμόλοιπου στη θάλασσα, αντλιοστάσιο θαλάσσιου νερού, χερσαίους αγωγούς μεταφοράς νερού και αλμόλοιπου, εργοστάσιο αφαλάτωσης, προεπεξεργασία, αντίστροφη ώσμωση, τελική επεξεργασία και χερσαίους αγωγούς μεταφοράς πόσιμου νερού σε δεξαμενές ή στους καταναλωτές.

Το νερό αντλείται από απόσταση 300 - 1000 μέτρων από την ακτή (η απόσταση εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας και τις ιδιαιτερότητες της περιοχής) και μέσω υποθαλάσσιου αγωγού καταλήγει στο αντλιοστάσιο που βρίσκεται στην παραλία. Στη συνέχεια αφού αφαιρεθούν οι στερεές ουσίες (μέσω πυκνών πλεγμάτων) διοχετεύονται στη μονάδα αφαλάτωσης που βρίσκεται μερικές εκατοντάδες μέτρα από την ακτή. Εκεί πραγματοποιείται η αφαλάτωση που περιλαμβάνει 3 στάδια, την προεπεξεργασία, την αντίστροφη ώσμωση και το τελικό στάδιο επεξεργασίας.

► Προεπεξεργασία: Αφαιρούνται τα αιωρούμενα σωματίδια και καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί ώστε να αποφευχθεί η εναπόθεσή τους στις μεμβράνες.

► Αντίστροφη Όσμωση: Οι αντλίες υψηλής πίεσης τροφοδοτούν τις μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης με νερό υπό πίεση 65 - 80 ατμοσφαιρών ώστε να επιτευχθεί η διέλευσή του και να απορριφθούν τα άλατα. Η ανάκτηση αφαλατωμένου νερού είναι περίπου 45 - 50% (1m^3 αφαλατωμένου/ 2m^3 θαλασσινού νερού) και το υπόλοιπο (άλμη) διέρχεται από της αντλίες όπου λόγω της υψηλής πίεσης επιτρέπει την ανάκτηση του 25-30% της αρχικής ενέργειας. Στη συνέχεια, μέσω αγωγού, απορρίπτεται στη θάλασσα σε σημείο που υπάρχουν ρεύματα, ώστε να μην υπάρχει συγκέντρωση αλάτων και ρυπαντών.

► Τελική επεξεργασία: Πραγματοποιείται βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού (διόρθωση οξύτητας, αύξηση σκληρότητας) με τη χρήση χημικών (επεξεργασμένου ασβέστη, διοξειδίου του άνθρακα ή θειικού οξέως) σε δεξαμενή και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δίκτυο ύδρευσης ή αποθηκεύεται.

Αφαλάτωση Θαλασσινού ή Υφάλμυρου Νερού με Ψυχρή Σύντηξη

Η αφαλάτωση του θαλασσινού και του υφάλμυρου νερού θα γίνεται πλέον πολύ σύντομα με αυτή και μόνο τη μέθοδο. Το Φεβρουάριο του 2014 αναμένεται να εφαρμοστεί για πρώτη φορά η μέθοδος της σύντηξης. Το κόστος ανά κυβικό αφαλατωμένου νερού θα είναι μηδαμινό. Η ψυχρή σύντηξη αποτελεί μία 100% ελληνική τεχνολογία παραγωγής πάμφθηνης ενέργειας. Οι αντιδραστήρες ψυχρής σύντηξης (cold fusion reactors) είναι εντελώς ασφαλείς και εκπέμπουν μηδαμινή ακτινοβολία, πολύ μικρότερη από αυτήν που εκπέμπει μία κοινή ηλεκτρική συσκευή. Η θερμική ενέργεια που παράγουν είναι τεράστια, με μηδαμινό κόστος παραγωγής. Αυτή η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για την εξάτμιση θαλασσινού νερού, το οποίο στη συνέχεια θα υγροποιείται απαλλαγμένο από το αλάτι. Έτσι, με μία διαδικασία απόσταξης θα έχουμε αφαλατωμένο νερό. Έχει ήδη ξεκινήσει σε ερευνητικό εργαστήριο στην Αθήνα ο σχεδιασμός και η κατασκευή αυτών των συστημάτων.

Εφαρμογή και σε υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας νερού με μετατροπή

Επίσης, σε ήδη υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας νερού γίνεται μετατροπή και εφαρμόζεται ως μοναδική πηγή ενέργειας για ολόκληρη τη μονάδα η ψυχρή σύντηξη.

Το μεγάλο κοινωνικό και οικονομικό ευεργέτημα αυτής της μεθόδου

Με την τεχνολογία αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με ψυχρή σύντηξη θα γίνουν μέσα στα επόμενα χρόνια αρδεύσιμες και εκμεταλλεύσιμες μεγάλες ερημοποιημένες εκτάσεις του πλανήτη, σε συνδυασμό πάντα με την τεχνολογία MAX GROW, που επιτρέπει την ανάμιξη αφαλατωμένου νερού με θαλασσινό για πιο θρεπτικό νερό για τα φυτά. Πολύ σύντομα η τεχνολογία αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με ψυχρή σύντηξη θα δώσει λύση με ελάχιστο κόστος στο πρόβλημα της λειψυδρίας σε ξενοδοχειακές μονάδες και σε δήμους, ιδιαίτερα σε νησιά. Συγκεκριμένα, αυτή η εφαρμογή θα δώσει οριστική λύση σε πολλές περιοχές της Ελλάδας αλλά και ολόκληρου του πλανήτη, οι οποίες δεν έχουν επάρκεια νερού ύδρευσης και άρδευσης

για τις καλλιέργειές τους ή το νερό τους έχει γίνει υφάλμυρο λόγω της υπεράντλησης από τον υδροφόρο ορίζοντα. Όλες οι ερημοποιημένες περιοχές του πλανήτη θα γίνουν ξανά καλλιεργήσιμες. Έτσι, είναι βέβαιο ότι αργά ή γρήγορα η τεχνολογία της ψυχρής σύντηξης θα δώσει οριστική λύση, εκτός από το ενεργειακό και το περιβαλλοντικό πρόβλημα, και στο πρόβλημα της σίτισης ολόκληρου του πληθυσμού της Γης, προσφέροντας έτσι μία συνολική συνδυαστική λύση για τα μεγαλύτερα από τα σημερινά προβλήματα της ανθρωπότητας.

Νανόφιλτρα

Οι νέες εξελίξεις στον τομέα της νανοτεχνολογίας και η κατασκευή ενός φίλτρου νερού που μοιάζει με ένα ταπεινό φακελάκι θα μπορούσε να αποδειχθεί αποτελεσματικό. Το "teabag" φίλτρο είναι δημιούργημα του καθηγητή Cloete στο Stellenbosch University. Είναι σχεδιασμένο για να ταιριάζει στο λαιμό και έχει μέγεθος σαν ένα μπουκάλι νερό, που σημαίνει ότι είναι εύκολο. « Ο πιο εύκολος τρόπος για να απεικονίσουμε το φίλτρο είναι να σκεφτούμε μια κανονική τσάντα τσαγιού», δήλωσε ο Cloete. «Το εξωτερικό του σάκου είναι ντυμένο με πολυμερές που περιλαμβάνει ένα βιοκτόνο, που σημαίνει ότι είναι ικανό να σκοτώσει τα βακτηρίδια σε δύο λίτρα νερό. Δεν έχουμε βρει ακόμα ένα βακτηρίδιο, που δεν μπορεί να σκοτώσει. Το νερό είναι πολύ βαριά μολυσμένο με εκατομμύρια βακτηρίδια ανά χιλιόλιτρο.

Εξάτμιση με συμπίεση του ατμού

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται, ακόμη, και σαν απόσταση με συμπίεση του ατμού. Όπως και σε κάθε αέριο η θερμοκρασία του ατμού ανέρχεται μετά από συμπίεση. Εάν ο συμπιεσμένος ατμός συμπυκνώνεται στην υψηλή πίεση, τότε η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης μπορεί να επιστραφεί στο υγρό από το οποίο προέκυψε και που βρίσκεται σε κατάσταση βρασμού, η αρχή αυτή χρησιμοποιείται στον αφαλατωτή με συμπίεση

ατμού, όπου η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται όχι με τη μορφή θερμότητας, αλλά με τη μορφή μηχανικού έργου. Στη διεργασία αυτή εισάγεται ζεστό θαλασσινό νερό σε έναν εξατμιστή και ο ατμός που παράγεται αποσύρεται και συμπιέζεται. Έτσι ανέρχεται η πίεση του καθώς και η θερμοκρασία του. Ο ατμός αυτός στη συνέχεια οδηγείται σε ένα άλλο τμήμα του εξατμιστή, όπου και συμπυκνώνεται σε καθαρό νερό. Καθώς γίνεται η συμπύκνωση παρέχεται η θερμότητα στο θαλασσινό νερό, και έτσι προκαλείται επιπλέον εξάτμιση. Το συμπυκνωμένο καθαρό νερό είναι αρκετά θερμό και καθώς οδηγείται στην δεξαμενή καθαρού νερού, διέρχεται από έναν εναλλακτή θερμότητας, όπου και αποδίδει θερμότητα που χρησιμοποιείται για την θέρμανση του θαλασσινού νερού που παράγεται.

Οι μονάδες εξατμίσεως με συμπύεση ατμού μπορούν να κατασκευάζονται σε πολύ μικρό μέγεθος και τέτοιες μονάδες, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες σε κινούμενες πλατφόρμες, χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α. για προσωρινές παροχές νερού. Η μικρή θερμοκρασιακή διαφορά που είναι διαθέσιμη για τη μεταφορά θερμότητας επιβάλλει την αποφυγή κατεργασίας νερών που αποθέτουν σημαντικά στρώματα αλάτων και τη χρησιμοποίηση αποτελεσματικών μεθόδων για την απομάκρυνση των μη συμπυκνωμένων ατμών από τη πλευρά του συμπυκνωτή στον οποίο διαβιβάζεται ο ατμός. Ένα μεγάλο εργοστάσιο που εργάζεται με αυτήν τη μέθοδο έχει αναγερθεί στον Roswell του νέου Μεξικού των Η.Π.Α.

Πήξη

Επειδή η λανθάνουσα θερμότητα της πήξεως είναι αρκετά μικρότερη από τη λανθάνουσα θερμότητα του ατμού, η πήξη του νερού φαίνεται σαν μια αρκετά ικανοποιητική μέθοδος για τη παραλαβή καθαρού νερού, επειδή ο πάγος του αλατούχου νερού καθώς τήκεται δίνει καθαρό νερό. Δυστυχώς όμως προκύπτουν αρκετά σοβαρά προβλήματα διακινήσεως και διαθέσεως των υγρών γιατί προκύπτει

ένα γαλόνι άλμης διπλάσιας σε περιεκτικότητα αλατιού από το θαλασσινό νερό για κάθε γαλόνι καθαρού νερού που παράγεται.

Το κόστος λειτουργίας έχει αποδειχθεί υψηλότερο από το κόστος λειτουργίας της εξατμίσεως και φαίνεται κάπως απίθανη η ανάπτυξη της μεθόδου αυτής σε μεγάλη κλίμακα.

Ηλεκτροδιάλυση

Όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα διαμέσου ενός ηλεκτρολύτη (αγώγιμο ρευστό) , τότε τα κατιόντα οδεύουν προς την κάθοδο (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και τα ανιόντα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων μέσα σε ένα αλατούχο διάλυμα τοποθετείται μια σειρά από μεμβράνες εναλλακτικά περατές από κατιόντα και ανιόντα, τότε, όταν διαβιβαστεί ηλεκτρικό ρεύμα τα κατιόντα (Na^+) και τα ανιόντα (Cl^-) συλλέγονται σε διαφορετικούς χώρους. Τελικά, οι χώροι αυτοί πληρώνονται εναλλακτικά με καθαρό νερό και ισχυρότερο αλατούχο διάλυμα. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το ποσό του αλατιού , που απομακρύνεται και η μέθοδος περιορίζεται στην πράξη για την αφαλάτωση υφάλμυρων νερών, που περιέχουν λιγότερο από 10.000 ppm αλατιού. Στις Η.Π.Α. λειτουργούν, σήμερα, εργοστάσια, που βασίζονται στην αρχή της ηλεκτροδιαλύσεως και η παραγωγή τους ανέρχεται σε 2,25 εκατομμύρια λίτρα καθαρού νερού την ημέρα. Τα εργοστάσια αυτά επεξεργάζονται υφάλμυρα νερά.

Γεωθερμική αφαλάτωση

Σχεδιασμός συστημάτων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού

Το ΚΑΠΕ παρέχει ως υπηρεσία το σχεδιασμό συστημάτων αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλού κόστους, για την αντιμετώπιση τοπικών αναγκών σε πόσιμο νερό. Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας υπάρχει έντονη ανάγκη για παραγωγή υψηλής ποιότητας νερού κατάλληλου προς πόση, ή και για άλλη χρήση, με χαμηλό κόστος. Ιδιαίτερα σε περιοχές κοντά στη θάλασσα όπου το πόσιμο νερό είναι σπάνιο και δεν επαρκεί και το οποίο έχει ως

συνέπεια να είναι ιδιαίτερα ακριβή η προμήθεια του, η ανάγκη αυτή είναι πιο έντονη. Το ΚΑΠΕ παρέχει ως υπηρεσία το σχεδιασμό συστημάτων αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, για την αντιμετώπιση του προαναφερθέντος προβλήματος. Συγκεκριμένα η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού γίνεται με χρήση της θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής και μέσης ενθαλπίας που υπάρχουν σε μικρά και επομένως οικονομικά βάθη. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί με επιτυχία με γνωστές και δόκιμες τεχνολογίες θερμικών μεθόδων αφαλάτωσης. Ειδικότερα η αφαλάτωση αυτή γίνεται με θερμικές απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων (δράσεων) σε εξατμιστήρες, είτε καθέτων αυλών (ΜΕΟ-VΤ) η οριζοντίων αυλών (ΜΕΟ-ΗΤ) η υβριδικών συστημάτων (ΜSFΜΕΟ) ή και άλλων μεθόδων. Σε όλες τις θερμικές αυτές μεθόδους η εξάτμιση γίνεται μέσα σε κατακόρυφους ή οριζόντιους εξατμιστήρες.

Τα πλεονεκτήματα των προτεινομένων μεθόδων είναι:

- ▶ Έχουν εξαιρετική απόδοση σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες. Είναι αρκετά οικονομικές.
- ▶ Παρουσιάζουν λίγα τεχνικά προβλήματα (διαβρώσεις, αποθέσεις).
- ▶ Έχουν ελάχιστες απαιτήσεις προσωπικού (αυτοματοποιημένες μονάδες).
- ▶ Δεν έχουν απαιτήσεις εξειδικευμένου προσωπικού.
- ▶ Ειδικότερα στην περίπτωση των εξατμιστήρων σε κατακόρυφη διάταξη ΜΕΟ-VΤ απαιτείται ελάχιστη επιφάνεια θερμοεναλλαγής.
- ▶ Έχουν ήδη εφαρμοσθεί στο παρελθόν σε εμπορικές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με συμβατικά καύσιμα η και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η υπηρεσία απευθύνεται σε τοπικούς φορείς και ιδιώτες που ενδιαφέρονται για αντίστοιχα συστήματα, λόγω τοπικών αναγκών και βρίσκονται σε περιοχή η οποία έχει

γεωθερμία χαμηλής η μέσης ενθαλπίας και βρίσκεται σχετικά κοντά σε θάλασσα. Ήδη υπάρχουν και η πρώτες εφαρμογές στην Κίμωλο και στο Σουσάκι Κορινθίας όπου λειτουργούν αντίστοιχα συστήματα.

Απόσταξη χαμηλής θερμοκρασίας

Η διεργασία αυτή είναι σήμερα η πιο σημαντική μέθοδος αφαλατώσεως του θαλασσινού νερού, επειδή κάνει την πιο μεγάλη δυνατή εκμετάλλευση της λανθάνουσας θερμότητας της εξατμίσεως, καθώς εργάζεται σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, ώστε να αποφεύγεται η απόθεση αλατούχων στρωμάτων και τα προβλήματα διαβρώσεως. Ζεστό θαλασσινό νερό εισέρχεται σε μια περιοχή όπου η πίεση είναι ελαττωμένη και ένας μέρος του εξατμίζεται αμέσως. Αυτός ο στιγμιαίος βρασμός και η παραγωγή ατμού χωρίς παροχή θερμότητας είναι γνωστός σαν αναλαμπή εξατμίσεως (flashing). Καθώς εξελίσσεται η διεργασία το ζεστό θαλασσινό νερό ψύχεται. Η ίδια διεργασία μπορεί να επαναληφθεί σε χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία μιας επόμενης βαθμίδας και κατά τον τρόπο αυτό σε μια σειρά από διαφορετικές βαθμίδες. Μια τυπική μονάδα αφαλατώσεως που εργάζεται με αυτή τη μέθοδο αποτελείται από μια σειρά θαλάμων ο καθένας εργάζεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τον προηγούμενο του και όπου οι σπείρες συμπυκνώσεως είναι σειρές από σωλήνες με πτερύγια. Η αρχική παροχή θερμότητας μπορεί να προέρχεται από ατμό χαμηλής πίεσεως που έχει ήδη επιτελέσει χρήσιμο έργο. Η ζεστή άλμη ρέει από κάθε θάλαμο στον επόμενο και ο ατμός που εκλύεται διέρχεται από διαχωριστές υγρασίες για την απομάκρυνση των σταγονιδίων της άλμης που ενδέχεται να συμπαρασύρει. Ο ατμός στη συνέχεια συμπυκνώνεται και το καθαρό νερό ρέει σε δίσκους περισυλλογής, απ' όπου καταλήγει στην δεξαμενή αποθηκεύσεως. Καθώς η άλμη διέρχεται από θάλαμο σε θάλαμο γίνεται προοδευτικά ψυχρότερη. Η άλμη αυτή ανακυκλώνεται διαμέσου των σωλήνων των εναλλακτών συμπυκνώσεως. Καθώς, διέρχεται από θάλαμο σε θάλαμο απορροφά όλο και περισσότερα ποσά θερμότητας από τον ατμό και γίνεται συνεχώς θερμότερη. Όταν η άλμη φτάσει στον πρώτο θάλαμο, όπου είναι και η μονάδα παροχής θερμότητας, απαιτεί μόνο ένα μικρό ποσό

θερμότητας, προκειμένου να ανυψωθεί η θερμοκρασία της στην σωστή στάθμη και να ανακυκλωθεί εκ νέου διαμέσου των θαλάμων. Μερικά αρκετά μεγάλα εργοστάσια του τύπου αυτού έχουν ανεγερθεί σε άνυδρες περιοχές κοντά στη θάλασσα. Ένα από τα εργοστάσια αυτά, που βρίσκονται κοντά στην Tiguana του Μεξικού περατώθηκε κατά το 1970 και παράγει 27.000.000 λίτρα καθαρού νερού από θαλασσινό νερό την ημέρα.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Αιολική Αφαλάτωση

Η αφαλάτωση με αιολική ενέργεια, λόγω του χαμηλού κόστους και της τεχνολογικής ωριμότητας, με τα ισχυρά συστήματα αφαλάτωσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιείται ευρέως ως κύρια μέθοδος, αντικαθιστώντας τις υπολοιπες ενεργειοβόρες μεθόδους αφαλάτωσης, αφού μπορεί να λειτουργήσει σύμφωνα με την λογική της αειφόρου ανάπτυξης. Για να αποδειχθεί η τεχνική σκοπιμότητα της αιολικής αφαλάτωσης τόσο με αντίστροφη όσμωση και μηχανική συμπίεση ατμού, έχουν αναπτυχθεί συστήματα που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την αιολική για αφαλάτωση. Τα οικονομικά οφέλη της αιολικής αφαλάτωσης είναι πολλά. Το κόστος σύμφωνα με το τι αναμένεται για ένα συμβατικό σύστημα αφαλάτωσης αποδεικνύεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικού κόστους, σε περιοχές με υψηλούς πόρους ανέμου που αντικαθιστούν το υψηλό κόστος της ενέργειας των μη-ανανεώσιμων πηγών. Μπορεί, λοιπόν, να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η αιολική αφαλάτωση μπορεί να είναι ανταγωνιστική σε σχέση με άλλα συστήματα αφαλάτωσης, καθώς και έχει τη δυνατότητα να παρέχει ασφαλές και καθαρό πόσιμο νερό σε ένα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Ηλιακή Αφαλάτωση

Οι πρώτες προσπάθειες για ηλιακή αφαλάτωση ξεκίνησαν αρκετά νωρίς, ενώ το 1870 κατατέθηκε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για αφαλάτωση με ηλιακή ενέργεια. Εκεί περιγράφονταν οι βασικές αρχές της ηλιακής απόσταξης, δηλαδή το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η εξάτμιση και η συμπύκνωση υδρατμών, η χρήση μαύρης επιφάνειας για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας κ.λ.π . Οι ίδιες αρχές εξακολουθούν να εφαρμόζονται μέχρι και σήμερα με την διαφορά ότι τα σύγχρονα συστήματα είναι εξοπλισμένα με συσκευές μέτρησης και ελέγχου. Γενικά το σύστημα Ηλιακής αφαλάτωσης είναι το σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας την ηλιακή. Κλασικό παράδειγμα της ηλιακής αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται από τη φύση είναι η βροχή. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση του αλμυρού νερού, άμεσα είτε μετατρεπόμενη σε θερμική ενέργεια , είτε έμμεσα μετατρεπόμενη σε ηλεκτρική.

Παράμετροι επιλογής τεχνολογίας

- ▶ Ποιότητα νερού τροφοδοσίας
- ▶ Ποσότητα και ποιότητα παραγόμενου νερού
- ▶ Κόστος επένδυσης
- ▶ Διαθεσιμότητα χώρου
- ▶ Ενεργειακές απαιτήσεις και διαθεσιμότητα
- ▶ Διαθεσιμότητα και εμπειρία προσωπικού

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αφαλάτωσης εντοπίζονται σε όλα τα στάδια παραγωγής. Στο στάδιο της τροφοδοσίας (άντληση θαλασσινού νερού) σημειώνεται θνησιμότητα μικρών οργανισμών, όπως μικρά ψάρια, πλαγκτόν, αβγά ψαριών αλλά και μεγαλύτερων θαλάσσιων ειδών, λόγω απορρόφησης ή πρόσκρουσής τους στον αγωγό εισροής. Στο στάδιο της προεπεξεργασίας αλλά και της τελικής επεξεργασίας χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά (χλώριο, θειικό οξύ, ασβέστιο, διοξείδιο του άνθρακα, κ.λπ.) ενώ η όλη διαδικασία απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας.

Τεχνολογία	Νερό τροφοδοσίας	Μορφή ενέργειας	Κατανάλωση ενέργειας
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	4-6 kWh/κυβικό μέτρο
MED	Θαλασσινό	Θερμική	2,5-3 kWh/κυβικό μέτρο
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	8-15 kWh/κυβικό μέτρο
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	3-15 kWh/κυβικό μέτρο
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	0,5-3 kWh/κυβικό μέτρο
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	1,5-4 kWh/κυβικό μέτρο

Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης είναι η λιγότερο ενεργοβόρος και ρυπαίνουσα από τις λοιπές καθιερωμένες μεθόδους.

Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι τα απόβλητα άλμης που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού, τα οποία διοχετεύονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία στη θάλασσα. Στις μικρές μονάδες αφαλάτωσης και σε περιοχές με θαλάσσια ρεύματα οι επιπτώσεις δεν είναι σημαντικές αλλά σε μεγαλύτερες μονάδες, που λειτουργούν εδώ και χρόνια σε χώρες της Μέσης Ανατολής, παρατηρήθηκε καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας σε ακτίνα αρκετών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης,

Εκτός από την αλατότητα, προβλήματα δημιουργούνται και από την αύξηση της θερμοκρασίας της άλμης κατά περίπου 3 - 4οC στην αντίστροφη όσμωση (έναντι 10 - 15οC στις μεθόδους εξάτμισης).

Παρατηρούνται επίσης συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που δεσμεύονται στα ιζήματα και χημική ρύπανση που οφείλεται στα οξέα, τα απολυμαντικά μέσα και στην πλύση των μεμβρανών.

Παράπλευρα ενεργειακά οφέλη

Σε όλες αυτές τις εφαρμογές αποδίδεται μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας κατά την ψύξη του ατμού ώστε να υγροποιηθεί και να αποθηκευθεί σε μία σχετικά χαμηλή θερμοκρασία ώστε να είναι το νερό κατάλληλο για ύδρευση. Αυτή η θερμότητα θα είναι διαθέσιμη για την τηλεθέρμανση πόλεων ή για βιομηχανικές εφαρμογές ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή, παράλληλα με την αφαλάτωση του νερού έχουμε και σημαντικά παράπλευρα οφέλη με πολύ μικρό πρόσθετο κόστος.

Αριθμοί για την Αφαλάτωση

97% του νερού στο πλανήτη είναι θαλασσινό νερό και ακατάλληλο για πόση ή για άρδευση

33-37 γραμμάρια στερεών σωματιδίων περιέχονται σε ένα λίτρο θαλασσινού νερού (37,000 μέρη στο εκατομμύριο)

10 -15 γραμμάρια στερεών σωματιδίων περιέχονται σε ένα λίτρο υφάλμυρου νερού (brackish water)

99% των στερεών σωματιδίων πρέπει να αφαιρεθούν από το θαλασσινό νερό για να καταστεί πόσιμο. (το πόσιμο νερό δεν μπορεί να έχει παρά 500 μέρη στο εκατομμύριο)

1 δις άνθρωποι σήμερα ζουν σε περιοχές που έχει πρόβλημα ύδρευσης

1.8 δις άνθρωποι ο αντίστοιχος αριθμός το 2025

13.080 μονάδες αφαλάτωσης υπάρχουν στον κόσμο

300 εκατ. δολάρια (200 εκατομμύρια €) το κόστος νέας μονάδας αφαλάτωσης στο San Diego της Καλιφόρνια

2.9 δις δολάρια (περίπου 2 δις €) το κόστος της μονάδας που κατασκευάζεται τώρα στην Μελβούρνη της Αυστραλίας

55.6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, η ποσότητα νερού που παράγεται με αφαλάτωση σήμερα ανά έτος

0.5% Το ποσοστό της κατανάλωσης νερού παγκοσμίως, που παράγεται με αφαλάτωση

1.5 \$. Το κόστος παραγωγής ενός κυβικού μέτρου πόσιμου νερού από αφαλάτωση στις αρχές της δεκαετίας του '90

0.5\$ δολάριο Το κόστος παραγωγής ενός κυβικού μέτρου πόσιμου νερού από αφαλάτωση το 2003

0.75\$ (0.5 €) Το αντίστοιχο κόστος σήμερα, λόγω της αύξησης της τιμής των υλικών και της ενέργειας.

3000 σπίτια θα μπορούσαν να ηλεκτροδοτηθούν με την ίδια ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται μία μονάδα αφαλάτωσης

8 KWh η ενέργεια που χρειάζεται για την αφαλάτωση ενός κυβικού μέτρου θαλασσινού νερού το 1980 στην Σαουδική Αραβία

3.7 KWh η ενέργεια που χρειάζεται για να αφαλατωθεί ένα κυβικό μέτρο θαλασσινού νερού σήμερα

15% το ποσοστό περεταίρω εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τις υπάρχουσες μεθόδους

20% το ποσοστό περεταίρω εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με μεμβράνες νέας γενιάς

50% του θαλασσινού νερού που ωθείται με μεγάλη πίεση στην οσμωτική μεμβράνη, παράγεται σαν καθαρό νερό. Το άλλο μισό, συγκεντρώνει όλα τα άλατα και τα αλάσσωματίδια (ρεύμα υπολειμμάτων), και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με το πέρασμα σε μία τουρμπίνα.

75% το ποσοστό ανάκτησης της ενέργειας από το 'ρεύμα υπολειμμάτων' το 1980 με την μέθοδο της ανάστροφης ώσμωσης.

96% το αντίστοιχο ποσοστό σήμερα.

Η πρόοδος της αφαλάτωσης στην Ελλάδα

Τα νησιά που θεωρούνται άνυδρα, δηλαδή παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα λειψυδρίας είναι: Νίσυρος, Μεγίστη, Χάλκη, Αγαθονήσι, Λειψοί και Σύμη, Κίμωλος, Σαντορίνη, Τήνος, Ίος, Κέα, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Κύπρος, Πάτμος. Πρόβλημα επίσης εντοπίζεται και στην Θεσσαλία.

Στην Ελλάδα στα νησιά Νίσυρος, Κίμωλος, Κεφαλονιά, Ιθάκη και Καστελόριζο υπάρχουν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης για την ύδρευση με πόσιμο νερό με μέση επιφάνεια εξάτμισης 2.450 m². Οι εγκαταστάσεις αυτές σχεδιάστηκαν να παράγουν ανάλογα με την κατασκευαστική διάταξη και το κλίμα από 7,5 μέχρι 15 m² πόσιμο νερό ανά m² την ημέρα. Η παλαιότερη μονάδα αφαλάτωσης στη νήσο Πάτμο είναι αρκετά μεγάλη. Σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία από τον καθηγητή Δρ. Α. Δεληγιάννη και την σύζυγό του. Η μονάδα αυτή είχε επιφάνεια εξάτμισης 8,665 m² και παρήγαγε κατά μέσο όρο 25.000 λίτρα νερού την ημέρα. Η δεξαμενή που ήταν γεμάτη με θαλασσινό νερό είχε επενδυθεί με μαύρο φύλλο βουτυλικού ελαστικού. Το περιεχόμενο θαλασσινό νερό που επικαλυπτόταν με γυαλί είχε βάθος μόνο 2cm. Το θαλασσινό νερό έφθανε τους 60-70ο C με την θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και αλλαζόταν κάθε 2-4 ημέρες ανάλογα με την εποχή του έτους. Η απομακρυσμένη άλμη είχε περιεκτικότητα σε αλάτι σχεδόν τριπλάσια από την αρχική. Πριν την κατασκευή της μονάδας το πόσιμο νερό προερχόταν από τις βροχοπτώσεις και την προμήθεια από δεξαμενόπλοια. Στα νησιά Σύμη και Αίγινα οι εγκαταστάσεις αφαλάτωσης (που αργότερα σταμάτησαν να λειτουργούν) είχαν καλυφθεί με πλαστικό, ενώ στην Πάτμο με γυαλί. Σε σύγκριση με αυτές τις δύο πρωτοπόρους εγκαταστάσεις η εγκατάσταση της Πάτμου παρουσίαζε αξιοσημείωτες βελτιώσεις. Η κατασκευή του καλύμματος ήταν ανθεκτικότερη. Επίσης είχε δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε όλα τα μέρη να είναι επισκέψιμα. Η εγκατάσταση ήταν διαιρεμένη σε 71 μονάδες ανά 3,29 cm x 40m η καθεμία που συγκροτούνταν σε ομάδες. Ενώ στην Σύμη υπήρχε υπερχειλίση μέσα στον

αποστακτήρα, στην Πάτμο η στάθμη της θάλασσας ελεγχόταν έξω από την συσκευή. Έτσι αποφεύχθηκε ο σχηματισμός κρυστάλλων θειικού ασβεστίου στα διάφορα σημεία της δεξαμενής.

Τα τελευταία χρόνια η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού αναπτύσσεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, που φαίνεται ότι στο μέλλον θα αποτελέσει μια από τις κύριες πηγές υδροδότησης. Σήμερα εκτιμάται ότι σε όλο τον κόσμο λειτουργούν πολυάριθμες μονάδες αφαλάτωσης, που παράγουν πάνω από 50 εκατ. m³/ημ. πόσιμου νερού. Με δεδομένη την σημαντική ηλιοφάνεια και την έντονη παρουσία των ανέμων στα ελληνικά νησιά, Έλληνες και ξένοι επιστήμονες οδηγήθηκαν στη σχεδίαση και την δημιουργία της πρώτης στον κόσμο πλωτής μονάδας αφαλάτωσης, η οποία χρησιμοποιεί για τη λειτουργία της μονάχα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: τον άνεμο για την κυρίως λειτουργία του «πλωτού εργοστασίου» και επικουρικά τον ήλιο για την ηλεκτροδότηση των συστημάτων ελέγχου και τηλεχειρισμού της. Η πρώτη αυτή μονάδα που ονομάστηκε με το όνομα Υδριάδα, παρμένο από την ελληνική μυθολογία, κόστισε 2,8 εκατ. €, όμως, το κόστος για τις επόμενες αντίστοιχες υπολογίζεται ότι δεν πρόκειται να ξεπεράσει τα 700.000€. Παρά το γεγονός ότι η μέθοδος της αφαλάτωσης θα μπορούσε να αποτελέσει λύση στο πρόβλημα της έλλειψης νερού, δεν είναι άμοιρη επιπτώσεων. Το συμπύκνωμα της πυκνής άλμης επιστρέφει στη θάλασσα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αλατότητα του νερού σε αρκετή απόσταση από το σημείο εξόδου και να επηρεάζεται το θαλάσσιο οικοσύστημα. Επομένως απαιτείται πολύ προσεκτική μελέτη, ανάλογα με την περιοχή, που αφορά στη θέση του σημείου απόρριψης της άλμης. Επιπλέον, το αντλούμενο νερό προχλωριώνεται για την προστασία των μεμβρανών, το κόστος των οποίων είναι ιδιαίτερα μεγάλο. Κατά συνέπεια τα αποπλύματα των μεμβρανών καταλήγουν στη θάλασσα μαζί με το συμπύκνωμα της άλμης, επιβαρύνοντας περισσότερο το θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι χώρες χρησιμοποιούν την αφαλάτωση για να λύσουν τα επείγοντα προβλήματα που προκύπτουν από την έλλειψη του νερού, ζυγίζοντας αυτά με τις όποιες επιπτώσεις επιφέρει η αφαλάτωση. Η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος που μπορεί να προσφέρει

ικανοποιητική ποιότητα και ποσότητα πόσιμοι νερού, ανεξάρτητα από το κλίμα της περιοχής και επιβάλλεται να επιδιωχθεί σαν λύση. Όμως είναι αδύνατον να καλύψει όλες τις ανάγκες ύδρευσης, πρέπει να λειτουργεί συμπληρωματικά σε μια ευρύτερη πολιτική ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων και επ' ουδενί πρέπει να αντικαταστήσει τις προσπάθειες για συλλογή του βρόχινου νερού, τον περιορισμό των διαρροών από το δίκτυο ύδρευσης, και την επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών στην αγροτική παραγωγή που δεν είναι υδροβόρες, έτσι ώστε να γίνεται η μέγιστη εξοικονόμηση νερού.

Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα

<i>Μονάδα</i>	<i>Έτος κατασκευής</i>	<i>Τύπος</i>	<i>Δυναμικότητα (κυβικό μέτρο/ημέρα)</i>	<i>Αρχικό κόστος (Χ 1.000.000 €)</i>	<i>Λειτουργικό Κόστος (€)</i>
<i>Σύρος 1 (ερμούπολη)</i>	<i>1992</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>800</i>	<i>0,589</i>	<i>1,25</i>
<i>Σύρος 2 (Ερμούπολη)</i>	<i>1997</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>800</i>	<i>1,482</i>	<i>1,25</i>
<i>Σύρος 3 (Ερμούπολη)</i>	<i>2001</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>2Χ250</i>	<i>0,346</i>	<i>1</i>
<i>Σύρος 4 (Άνω Σύρος)</i>	<i>2000</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>250</i>	<i>0,215</i>	<i>0,5</i>
<i>Σύρος 5 (Άνω Σύρος)</i>	<i>2002</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>500</i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>
<i>Σύρος 6 (Ερμούπολη)</i>	<i>2002</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>4Χ500</i>	<i>0,313</i>	<i>1</i>
<i>Σύρος 7 (Άνω Σύρος)</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη Όσμωση</i>	<i>2Χ500</i>	<i>1</i>	<i>0,4</i>

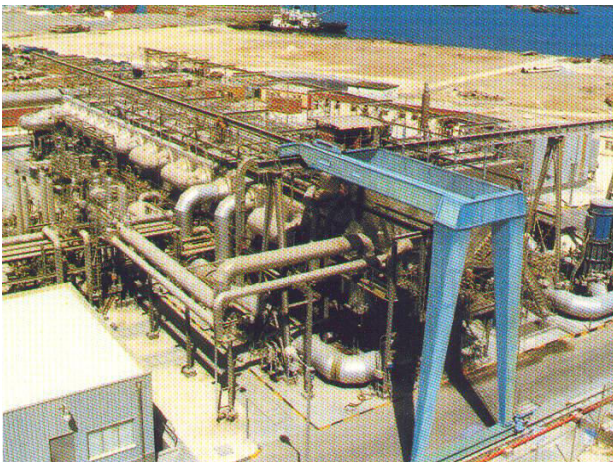
Σύρος)		Όσμωση			
Σχοινούσα	2004	Αντίστροφη	100	0,12	0,7
		Όσμωση			
Μύκονος	2001	Αντίστροφη	3X650	1,276	0,5
(Κόρφου νέα)		Όσμωση			
Πάρος	2001	Αντίστροφη	1200	0,415	0,5
(Νάουσα)		Όσμωση			
Τήνος	2001	Αντίστροφη	500	0,434	0,62
(παλαία)		Όσμωση			
Τήνος (νέα)	2005	Αντίστροφη	500	0,376	0,62
		Όσμωση			
Οίας,	1994	Αντίστροφη	220		2
Σαντορίνη 1 ^η		Όσμωση			
Οίας,	2000	Αντίστροφη	320	0,211	2
Σαντορίνη 2η		Όσμωση			
Οίας,	2002	Αντίστροφη	160		2
Σαντορίνη 3 ^η		Όσμωση			
Σίφνος	2002	Αντίστροφη	500	0,224	3,5
		Όσμωση			
Δήμος	2000	Αντίστροφη	600	0,205	0,26
Ομηρούπολης		Όσμωση			
Χίος					
Δήμος	2005	Αντίστροφη	3X1000	0,71	0,26
Ομηρούπολης		Όσμωση			
Χίος					
Δήμος	2005	Αντίστροφη	500	0,2	
Ομηρούπολης		Όσμωση			
Χίος					
Νίσυρος	1991	Αντίστροφη	300	0,572	0,66
Νίσυρος	2002	Όσμωση		0,295	
Ιθάκη	1981	Αντίστροφη	350	0,264	2,88
		Όσμωση			

<i>Ιθάκη</i>	<i>2003</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>620</i>	<i>0,587</i>	<i>0,58</i>
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Λέρος (ΔΕΥΑ)</i>	<i>2001</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>52</i>	<i>0,074</i>	<i>0,13</i>
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος</i>	<i>2001</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>200</i>	<i>0,117</i>	<i>0,13</i>
<i>Κασσωπαίων</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος</i>	<i>2002</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>200</i>	<i>0,464</i>	<i>0,56</i>
<i>ποσειδωνίας</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>2Χ250</i>	<i>0,574</i>	<i>0,45</i>
<i>Ποσειδωνίας</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Αγίου</i>	<i>2002</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>500</i>	<i>0,102</i>	<i>0,3</i>
<i>Γεωργίου</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Παξών</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>330</i>	<i>0,26</i>	<i>0,51</i>
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Παξών</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>150</i>	<i>0,162</i>	<i>0,59</i>
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Παξών</i>	<i>2007</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>250</i>	<i>0,211</i>	<i>0,51</i>
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος</i>	<i>2006</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>400</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>
<i>Δυστίων</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Σίφνου</i>	<i>2007</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>250</i>		
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Ίου</i>	<i>2003</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>1000</i>		
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Ιθάκης</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>200</i>	<i>0,22</i>	
		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος</i>	<i>2005</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>500</i>		
<i>Οινουσών</i>		<i>Όσμωση</i>			
<i>Δήμος Πόρου</i>	<i>2006</i>	<i>Αντίστροφη</i>	<i>1000</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>
		<i>Όσμωση</i>			

Διάφορες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης



Πολυβάθμια εκτόνωση



Πολυβάθμια εξάτμιση



Εξάτμιση με επανασυμπύεση ατμών



Ηλιακή απόσταξη



Ηλεκτροδιάλυση

Πηγές

1. Λεξικό Μπαμπινιώτη
2. Wikipedia
3. Εγκυκλοπαίδεια «Τεχνική και Εκπαίδευση»
4. Smart Technical Solutions