



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Κρήτης  
Τμήμα Μηχανολογίας

## Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση



Επιμέλεια: Συσκάκη Καλλιόπη ( Α.Μ. 4681 )  
Επιβλέπων Καθηγητής: Σαββάκης Κων/νος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

## **Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας**

**« Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού  
Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από  
την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων  
αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση »**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΣΥΣΚΑΚΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ (Α.Μ. 4681)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΒΒΑΚΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ**

**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ  
- ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΜΑΙΟΣ 2013 -**

## Πρόλογος

*Η παρούσα εργασία με τίτλο «Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση», αποτελεί την πτυχιακή μου εργασία και σηματοδοτεί το τέλος των σπουδών μου στο Τ. Ε. Ι. Κρήτης.*

*Η καταπολέμηση της λειψυδρίας μέσω της αφαλάτωσης είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα που έχει αρχίσει να απασχολεί σοβαρά παγκοσμίως και γίνονται πια ουσιαστικές κινήσεις προς αυτήν την κατεύθυνση. Σκοπός της εργασίας είναι η ενημέρωση για τις τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού που υπάρχουν, για το πόσο καλή λύση είναι η αφαλάτωση για την λειψυδρία αλλά και για τις επιπτώσεις που επιφέρει η αφαλάτωση στο περιβάλλον.*

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου κ. Κων/νο Σαββάκη για την συνεχή επίβλεψη και την καθοδήγηση του, την πολύτιμη βοήθεια του και την άψογη συνεργασία.*

*Τέλος ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου, τους γονείς μου Κωστή και Γαρυφαλιά, τον αδελφό μου Μιχάλη και τους φίλους μου για την στήριξη υπομονή και βοήθεια που μου προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.*

**Συσκάκη Καλλιόπη,**

**Ηράκλειο, 2013**

# Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος .....	3
Πίνακας Περιεχομένων .....	4
Περίληψη .....	13
Abstract .....	15

## Κεφάλαιο 1


<b>1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ .....</b>	<b>11</b>
1.1 Η σπουδαιότητα του νερού στη ζωή μας .....	11
1.2 Το πόσιμο νερό .....	19
1.3 Η σημερινή κατάσταση και τα αίτια της λειψυδρίας .....	22
1.4 Το πρόβλημα στον Ελλαδικό χώρο .....	24
1.5 Λύσεις για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας .....	27

## Κεφάλαιο 2

<b>2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....</b>	<b>29</b>
2.1 Εισαγωγή στην αφαλάτωση .....	29
2.2 Συνήθεις μέθοδοι αφαλάτωσης .....	32

α) Πολυβάθμια εξάτμιση (Multi-Effect Distillation, MED) .....	34
β) Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation – MSF).....	36
γ) Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC).....	38
δ) Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation) .....	40
ε) Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis .....	42
στ) Ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis).....	55
ζ) Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Reverse Electrodialysis).....	56
η) Ιοντοανταλλαγή ( Ion- Exchange).....	57
θ) Πάγωμα (Freezing).....	58
ι) Υβριδικές μέθοδοι (Methane Hydrate Crystallization).....	59
2.3 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης .....	59

## Κεφάλαιο 3

<b>3. Η ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....</b>	<b>62</b>
3.1 Υπάρχουσα κατάσταση παγκοσμίως.....	62
❖ Μονάδες αφαλάτωσης στην περιοχή του Περσικού Κόλπου.....	68
❖ Μονάδες αφαλάτωσης στην Αυστραλία.....	71
❖ Μονάδα αφαλάτωσης στο Πέρθ.....	72
❖ Μονάδα αφαλάτωσης στο Σίδνεϋ.....	74
❖ Αφαλάτωση στις Ηνωμένες Πολιτείες .....	75
❖ Αφαλάτωση στην Καλιφόρνια.....	77
3.2 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα.....	81
❖ Μονάδα αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο.....	85
❖ ΥΔΡΙΑΔΑ: Η πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης.....	91
❖ Αφαλάτωση στην Κρήτη.....	100
 Μικρή μονάδα αφαλάτωσης του Αλμυρού ποταμού.....	100

## **Κεφάλαιο 4**

<b>4. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>108</b>
4.1 Ήπιες μορφές ενέργειας.....	108
4.2 Είδη ήπιων μορφών ενέργειας.....	109
4.2.1 Ηλιακή ενέργεια.....	109
4.2.2 Αιολική ενέργεια.....	110
4.2.3 Υδραυλική ενέργεια.....	111
4.2.4 Γεωθερμική ενέργεια.....	112
4.2.5 Βιομάζα .....	114
4.2.6 Ενέργεια από τη θάλασσα .....	115
4.3 Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – αφαλάτωσης.....	116
4.3.1 Ηλιακή θερμική ενέργεια.....	118
4.3.2 Φωτοβολταϊκά και Αφαλάτωση .....	119
4.3.3 Συστήματα αφαλάτωσης καθοδηγούμενα από τον άνεμο.....	122
4.3.4 Υβριδικά συστήματα.....	123
4.3.5 Γεωθερμική ενέργεια και αφαλάτωση.....	124
4.3.6. Βιομάζα και αφαλάτωση.....	125
4.3.7 Ωκεανική ενέργεια και αφαλάτωση.....	125

## **Κεφάλαιο 5**

<b>5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ.....</b>	<b>130</b>
5.1 Η χρήση της γης .....	133
5.2 Επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα.....	134
5.3 Επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.....	136
5.3.1 Σύνθεση της άλμης.....	138
5.3.2 Διασπορά των συμπυκνωμένων αλάτων.....	140

● Απόρριψη της άλμης μέσω ενός μακρύ σωλήνα μακριά μέσα στη θάλασσα.....	142
● Άμεση απόρριψή της άλμης στην ακτογραμμή.....	144
● Απόρριψη της άλμης μέσω της εξόδου του σταθμού ψύξης νερού.....	145
● Δρομολόγηση της άλμης σε ένα εργοστάσιο παραγωγής αλατιού.....	145
5.4 Ηχορύπανση .....	151
5.5 Εντατική χρήση της ενέργειας.....	152

## **Κεφάλαιο 6**

<b>6. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ, ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>	<b>154</b>
6.1 Κριτήρια χωροθέτησης μονάδων αφαλάτωσης.....	154
6.2 Νομοθεσία για αδειοδότηση και εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης.....	157

## Ευρετήριο Εικόνων

<b>Εικόνα 1:</b> Ο υδρολογικός κύκλος του νερού.....	17
<b>Εικόνα 2:</b> Όλο το νερό της γης σε μια φούσκα.....	18
<b>Εικόνα 3:</b> Κατανομή του νερού της γης.....	19
<b>Εικόνα 4:</b> Προβλεπόμενη λειψυδρία το 2025.....	23
<b>Εικόνα 5:</b> Ετήσια ζήτηση νερού σε m <sup>3</sup> στην Ελλάδα ανά χρήση και υδατικό διαμέρισμα.....	25
<b>Εικόνα 6:</b> Ζώνη υφαλμύρωσης στην Ελλάδα.....	26
<b>Εικόνα 7:</b> Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης.....	35
<b>Εικόνα 8:</b> Εγκατάσταση πολυβάθμιας εξάτμισης στη Κίνα.....	35
<b>Εικόνα 9:</b> Εγκατάσταση πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Σαουδική Αραβία.....	37
<b>Εικόνα 10:</b> Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης.....	38
<b>Εικόνα 11:</b> Εγκατάσταση εξάτμισης με συμπίεση ατμών.....	39
<b>Εικόνα 12:</b> Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών.....	40
<b>Εικόνα 13:</b> Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης.....	41
<b>Εικόνα 14:</b> Η διαδικασία της όσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης.....	43
<b>Εικόνα 15:</b> Τα βασικά στάδια ενός συστήματος αντίστροφης ώσμωσης.....	45
<b>Εικόνα 16:</b> Κατηγοριοποίηση μεμβρανών βάση της διαμέτρου των πόρων.....	48
<b>Εικόνα 17:</b> Βασικοί τύποι στοιχείων μεμβρανών .....	50
<b>Εικόνα 18:</b> Σχηματική απεικόνιση δισκοειδούς στοιχείου.....	51



<b>Εικόνα 19:</b> Μονάδα διήθησης με δίσκους και πλαίσια.....	51
<b>Εικόνα 20:</b> Σχηματική απεικόνιση σωληνοειδούς στοιχείου.....	51
<b>Εικόνα 21:</b> Απεικόνιση σωληνοειδούς στοιχείου .....	52
<b>Εικόνα 22:</b> Βασικός σχεδιασμός στοιχείου ελικοειδούς περιέλιξης.....	53
<b>Εικόνα 23:</b> Απεικόνιση στοιχείου κοίλων ινών.....	54
<b>Εικόνα 24:</b> Εγκάρσια τομή κοίλης ίνας – στοιχείου κοίλων ινών.....	54
<b>Εικόνα 25:</b> Σχηματική απεικόνιση της ηλεκτροδιάλυσης.....	56
<b>Πινάκας Α:</b> Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης.....	60
<b>Εικόνα 26:</b> Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα του εργοστασίου αφαλάτωσης Ashkelon στο Ισραήλ.....	63
<b>Εικόνα 27:</b> Υφιστάμενες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στον κόσμο.....	64
<b>Εικόνα 28:</b> Ποσοστό παγκοσμίως εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης που βασίζονται σε διεργασίες μεμβρανών και σε θερμικές διεργασίες για το έτος 2006.....	65
<b>Εικόνα 29:</b> Δυναμικότητα παγκοσμίως εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης που βασίζονται σε διεργασίες μεμβρανών και σε θερμικές διεργασίες για το έτος 2006.....	66
<b>Εικόνα 30:</b> Δυναμικότητα εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης παγκοσμίως 1980-2006.....	67
<b>Εικόνα 31:</b> Εγκατεστημένη δυναμικότητα παγκοσμίως ( $m^3/d$ ).....	68
<b>Εικόνα 32:</b> Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα της μονάδας αφαλάτωσης Al-Jubail στην ανατολική ακτή της Σαουδικής Αραβίας.....	70
<b>Εικόνα 33:</b> Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα της μονάδας αφαλάτωσης στην Shoaiba στη δυτική ακτή της Σαουδικής Αραβίας.....	70
<b>Εικόνα 34:</b> Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα για Al-Khobar μονάδας αφαλάτωσης στην ανατολική ακτή της Σαουδικής Αραβίας.....	71

<b>Εικόνα 35:</b> Αεροφωτογραφία της μονάδας αφαλάτωσης στο Πέρθ της Αυστραλίας τον Οκτώβριο του 2006.....	73
<b>Εικόνα 36:</b> Αεροφωτογραφία της μονάδας αφαλάτωσης στο Kurnell του Σίδνεϋ.....	75
<b>Εικόνα 37:</b> Δυναμικότητα αφαλάτωσης ΗΠΑ ανά διεργασία.....	77
<b>Εικόνα 38:</b> Δυναμικότητα αφαλάτωσης ΗΠΑ ανάλογα με την πηγή.....	77
<b>Εικόνα 39:</b> Χρήση της εγκατεστημένης δυναμικότητας Αφαλάτωσης.....	78
<b>Εικόνα 40:</b> Δυναμικότητα αφαλάτωσης της Καλιφόρνια ανά διεργασία.....	80
<b>Εικόνα 41:</b> Δυναμικότητα αφαλάτωσης της Καλιφόρνια ανάλογα με την πηγή .....	80
<b>Εικόνα 42:</b> Φωτογραφία του εργοστασίου αφαλάτωσης Encina που βρίσκεται στη νότια Ακτή της Καλιφόρνια.....	80
Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα.....	84
<b>Εικόνα 43:</b> Μονάδα αφαλάτωσης στη Μήλο.....	87
<b>Εικόνα 44:</b> Εγκαταστάσεις της μονάδας αφαλάτωσης Μήλο.....	89
<b>Εικόνα 45:</b> Αποψη από το εσωτερικό της μονάδας αφαλάτωσης.....	90
<b>Εικόνα 46:</b> Δυο όμοιες συστοιχίες 560 m <sup>3</sup> /ημέρα η καθεμία .....	90
<b>Εικόνα 47:</b> Καταθλιπτικός αγωγός και δεξαμενες.....	90
<b>Εικόνα 48:</b> Το έργο της Μήλου σε αριθμούς.....	91

<b>Εικόνα 49 :</b> Η πλωτή αυτόνομη παραγωγική και κυρίως οικολογική, αφού λειτουργεί μονάχα με την ενέργεια την οποία εξασφαλίζει η ενσωματωμένη ανεμογεννήτρια, μονάδα αφαλάτωσης μπορεί να μεταφερθεί, με τη βοήθεια ρυμουλκού, σε οποιοδήποτε νησί χρειάζεται μόνιμη ή πρόσκαιρη ενίσχυση του διαθέσιμου πόσιμου νερού.....	92
<b>Εικόνα 50:</b> Κατασκευή Υδριάδας.....	94
<b>Εικόνα 51:</b> Ναυπήγηση Υδριάδας.....	95
<b>Εικόνα 52:</b> Σχηματική απεικόνιση της πλωτής κατασκευής.....	96
<b>Εικόνα 53:</b> Σχηματική παράσταση των συστημάτων της πλωτής μονάδας αφαλάτωσης και της μεταξύ τους διασύνδεσης.....	97
<b>Εικόνα 54:</b> Μονάδα αφαλάτωσης Δήμου Γαζίου.....	103
<b>Εικόνα 55:</b> Δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης ακατέργαστου νερού.....	106
<b>Εικόνα 56:</b> Δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης παραγόμενου νερού και απορριπτόμενης άλμης.....	107
<b>Εικόνα 57:</b> Αιολικό πάρκο στο Βέλγιο, Οκτώβριος 2010.....	111
<b>Εικόνα 58:</b> Υδροηλεκτρικό φράγμα στη λίμνη Πλαστήρα.....	112
<b>Εικόνα 59:</b> Αποθέσεις αλάτων από την επιφανειακή απορροή της θερμής πηγής (Θέρμες Ξάνθης).....	113
<b>Εικόνα 60:</b> Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.....	115
<b>Εικόνα 61:</b> Πιθανοί συνδυασμοί αφαλάτωσης και ΑΠΕ.....	117
<b>Εικόνα 62:</b> Πιθανοί συνδυασμοί αφαλάτωσης και ΑΠΕ.....	118

<b>Εικόνα 63:</b> Συνδυασμός φωτοβολταϊκών και αντίστροφης όσμωσης.....	121
<b>Εικόνα 64:</b> Οι οριζόντιοι άξονες και οι κάθετοι άξονες σε μια ανεμογεννήτρια.....	123
<b>Εικόνα 65:</b> Εφαρμογή της ωκεανικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή νερού μέσω αφαλάτωσης.....	126
<b>Εικόνα 66:</b> Ποσοστά που καταλαμβάνει κάθε μορφή ΑΠΕ στην αφαλάτωση.....	128
<b>Εικόνα 67:</b> Beach Well Ισπανία.....	135
<b>Εικόνα 68 :</b> Έξοδος αλμόλοιπου Ισπανία.....	137
<b>Εικόνα 69:</b> Χημικά χαρακτηριστικά της άλμης.....	139
<b>Εικόνα 70:</b> Επιτρεπτά όρια απορρίψεων άλμης στη ζώνη ανάμειξης.....	147
<b>Εικόνα 71:</b> Απόρριψη μέσω υποθαλάσσιου αγωγού.....	148
<b>Εικόνα 72:</b> Απόρριψη μέσω καναλιού στην ακτογραμμή.....	148
<b>Εικόνα 73:</b> Χημική σύνθεση μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης.....	149
<b>Εικόνα 74:</b> Τοποθέτηση αγωγού απόρριψης άλμης, Κύπρος.....	150
<b>Εικόνα 75:</b> Σημείο απόρριψης άλμης, εργοστάσιο Roque Prieto, Κανάρια Νησιά.....	150
<b>Εικόνα 76:</b> Κατηγοριοποίηση Μονάδων Αφαλάτωσης.....	160
<b>Εικόνα 77:</b> Αντιστοιχία βαθμών όχλησης.....	162

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται οι τεχνολογίες αφαλάτωσης του νερού και οι επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν στο περιβάλλον η εγκατάσταση και η λειτουργία τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο κατά πόσο το νερό επηρεάζει και είναι σημαντικό για τη ζωή μας και αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση παγκοσμίως και στην Ελλάδα όσον αφορά στα αίτια της λειψυδρίας και τις κινήσεις που γίνονται για την καταπολέμηση της.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή της τεχνολογίας της αφαλάτωσης, παρουσιάζονται και αναλύονται οι πλέον χρησιμοποιούμενες στις μέρες μας μέθοδοι αφαλάτωσης παγκοσμίως. Από τις μεθόδους αφαλάτωσης παρατηρούμε πως η αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιείται και προτιμάται περισσότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Και αυτό γιατί παρουσιάζει σημαντική ευελιξία και μπορεί να προσαρμοστεί από την πιο μικρή συσκευή που καλύπτει τις ανάγκες μιας οικογένειας μέχρι την μεγάλη εγκατάσταση που καλύπτει τις ανάγκες μιας ολόκληρης πόλης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης στην Ελλάδα και παγκοσμίως όσον αφορά τις μονάδες αφαλάτωσης. Γίνεται αναφορά στο ποσοστό των εγκατεστημένων μονάδων παγκοσμίως, τις πιο διαδεδομένες μεθόδους αφαλάτωσης και ακόμα παρουσιάζονται κάποιες μονάδες αφαλάτωσης όπως αυτή της Μήλου και του Πέρθ της Αυστραλίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ήπιες μορφές ενέργειας και πως αυτές μπορούν να συνδυαστούν με τις μονάδες αφαλάτωσης.

Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αφαλάτωση και τον καθαρισμό του νερού γίνεται ολοένα και πιο ελκυστική, αφού περιοχές με έλλειψη νερού έχουν αφθονία σε ηλιακή ενέργεια και τα πλήρως αυτόνομα συστήματα δεν συνδέονται σε κάποιο δίκτυο αλλά είναι ικανά να καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

Έπειτα στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση και λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης. Περιγράφονται οι άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις εγκαταστάσεις και στον υδροφόρο ορίζοντα από τις άλμη που επιστέφει στον ωκεανό και τις χημικές ουσίες που περιέχει.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο θεσμικό πλαίσιο της αφαλάτωσης στην Ελλάδα, στα κριτήρια χωροθέτησης μιας μονάδας αφαλάτωσης και στην ισχύουσα νομοθεσία για την αδειοδότηση και εγκατάσταση της.

## Abstract

The first chapter refers to whether the water affects and it is important for our lives and is analyzed the existing situation worldwide and in Greece regarding the causes of water scarcity and the moves being made to fight.

Then, in the second chapter presented the historical background of desalination technology, and analyzed the most used nowadays desalination methods worldwide. From desalting processes observe that the reverse osmosis is used and is most preferred compared to the other methods. And that's because it has great flexibility and can be customized from the smallest device that meets the needs of a family until the great facility that meets the needs of an entire city.

The third chapter is a summary of the current situation in Greece and worldwide in desalination units. Reference is made to percentage of installed units worldwide, the most common methods of desalination and even presented some desalination plants such as Milos, Greece and Perth, Australia.

The fourth chapter focuses on renewable energy sources and how they can be combined with desalination units. The integration of renewable energy in desalination and water purification is becoming increasingly attractive, since areas with water shortages have plenty to solar energy and fully grid systems are not connected to a power grid, but are able to meet their needs in electric active.

Then the fifth chapter analyzes the environmental impacts from the installation and operation of desalination plants. Describe the direct and indirect environmental impacts of the facilities and the aquifer from the brine returns to the ocean and the chemicals it contains.

Finally, the sixth chapter, presents the legal framework of desalination in Greece, the criteria for sitting a desalination plant and legislation for the licensing and installation.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

#### 1.1 Η σπουδαιότητα του νερού στη ζωή μας

Το νερό είναι ένα μοναδικό υγρό και αποτελεί πηγή ζωής για τον πλανήτη και τους κατοίκους του. Χωρίς αυτό δεν υπάρχει πλανήτης δεν υπάρχει ζωή ! Είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής καθώς όλοι οι οργανισμοί αποτελούνται κυρίως από νερό. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 55%- 80% νερό, ενώ τα κύτταρα περιέχουν έως και 90%.

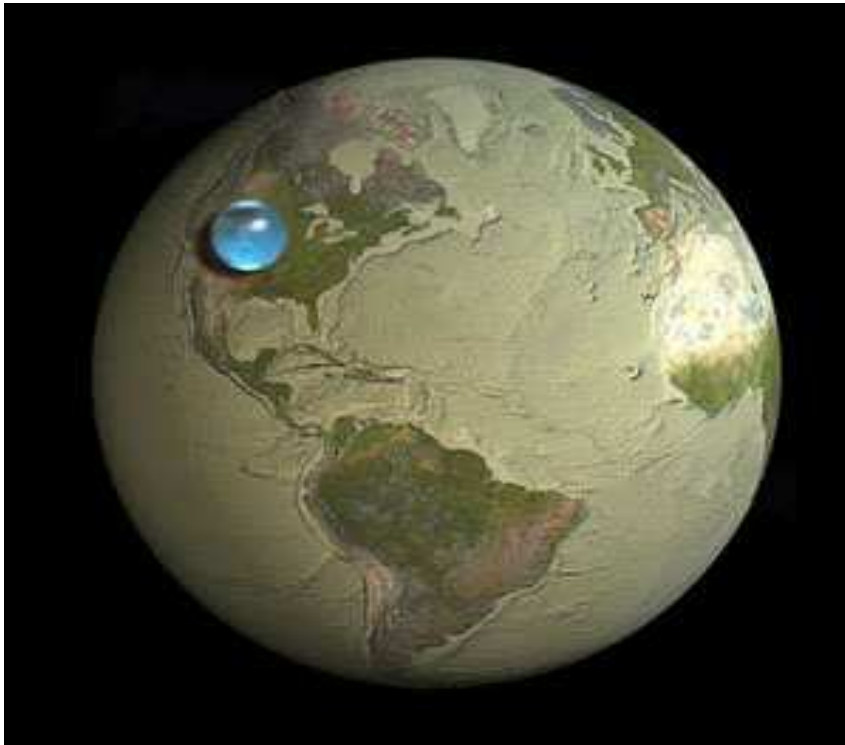
Το νερό συναντάται στις τρεις κοινές καταστάσεις της ύλης στη γη.

Στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα).

Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού»(μια φυσική ανακύκλωση) που περιλαμβάνει την εξάτμιση (κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.ά.) και την αποστράγγιση με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες.



Εικόνα 1: ο υδρολογικός κύκλος του νερού



*Εικόνα 2: Όλο το νερό της γης σε μια φούσκα*

**ΠΗΓΗ:** Εφημερίδα *ΤΟ ΒΗΜΑ*

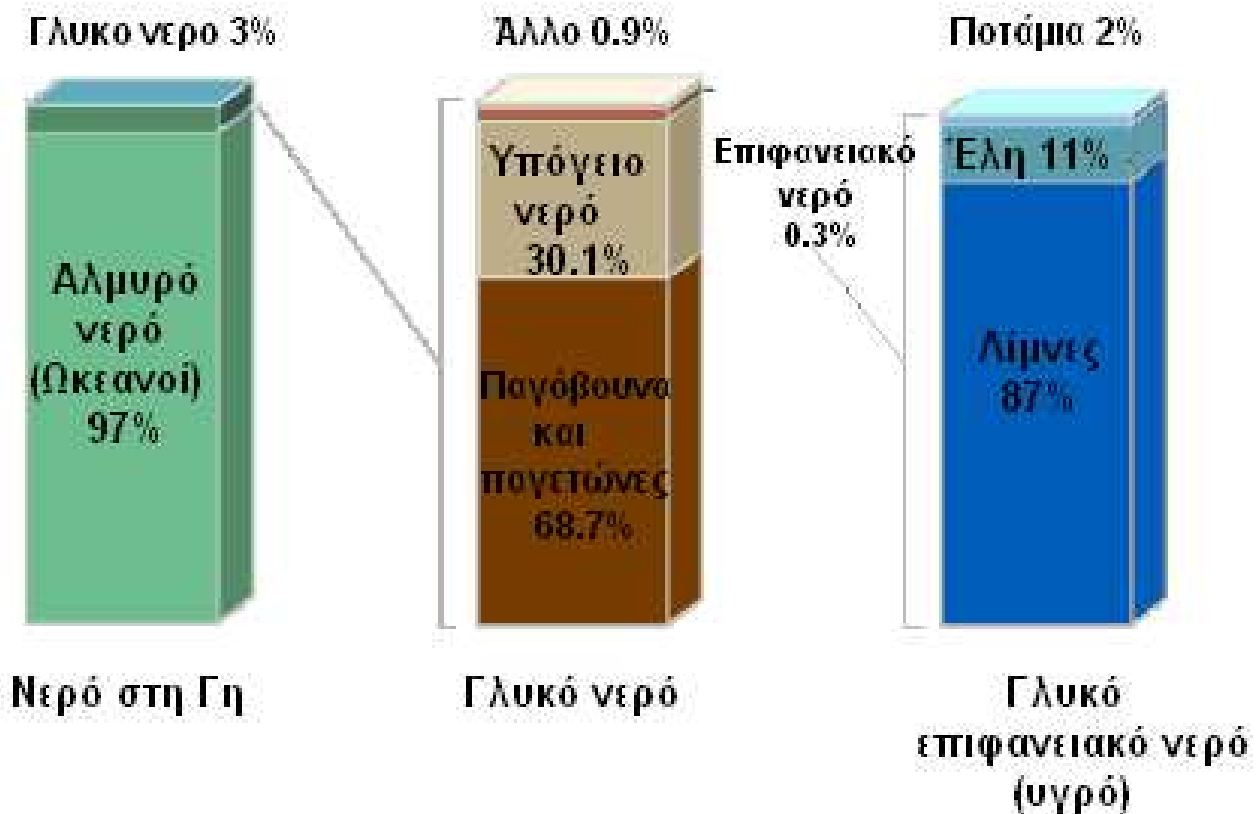
Ειδικοί της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ, υποστηρίζουν ότι όλο το νερό του πλανήτη θα μπορούσε να χωρέσει σε μια σχετικά μικρή φούσκα, η οποία θα είχε διάμετρο 1384 χλμ.

Η εκτίμηση αφορά το νερό των ωκεανών, των ποταμών των λιμνών αλλά και των υπόγειων αποθεμάτων νερού. Στον υπολογισμό συμπεριλήφθηκε και η ποσότητα του νερού που εκτιμάται ότι υπάρχει σε κάθε μορφή στον πλανήτη: στους παγετώνες, στην ατμόσφαιρα (νέφη, υδρατμοί κλπ) ακόμη και στους ζωντανούς οργανισμούς. Η εκτίμηση δείχνει ότι αν και το νερό καλύπτει το 70% της επιφάνειας της Γης, η μάζα του είναι δυσανάλογα μικρή.

## 1.2 Το πόσιμο νερό

Περίπου το 70% της επιφάνειας της γης είναι καλυμμένο με νερό, από το οποίο σχεδόν το 97% βρίσκεται στους ωκεανούς και στις θάλασσες και είναι ιδιαίτερα αλατούχο άρα δεν είναι κατάλληλο για πόση, άρδευση ή βιομηχανική χρήση.

Μόνο το 2,5%-3% του νερού της γης είναι γλυκό (πόσιμο) και λιγότερο από το 0,3% βρίσκεται στα ποτάμια τις λίμνες και την ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3: Κατανομή του νερού της γης

Συγκεκριμένα, το 69% του γλυκού νερού της γης είναι παγιδευμένο σε παγόβουνα και παγετώνες, ενώ παράλληλα ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Μονάχα το 1% του γλυκού νερού είναι διαθέσιμο για εκμετάλλευση και από αυτό το 87% βρίσκεται σε λίμνες, 11% σε βάλτους και 2% σε ποτάμια.

Το νερό που βρίσκεται στη φύση διακρίνεται σε 3 κατηγορίες:

- ✓ **Ατμοσφαιρικό νερό:** Είναι το νερό από βροχή ή χιόνι. Περιέχει μικρό ποσό ξένων ουσιών, κυρίως διαλυμένα αέρια όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και πολλές φορές οργανικές ενώσεις ιδίως σε περιοχές που η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται από τα αερολύματα των βιομηχανιών.
- ✓ **Επιφανειακά νερά:** είναι τα νερά των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών. Περιέχουν εκτός από τις προσμίξεις του ατμοσφαιρικού νερού και μια μεγάλη ποικιλία αλάτων, όπως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου κ.α. Στο θαλάσσιο νερό υπάρχουν σχεδόν όλα τα στοιχεία καθώς επίσης και μικρές ποσότητες ραδιενεργών ουσιών. Επίσης στα επιφανειακά νερά μπορεί να υπάρχουν οργανικές ουσίες που οφείλονται είτε σε γεωργικές δραστηριότητες, είτε σε ρύπανση από βιομηχανικά ή/και αστικά απόβλητα.
- ✓ **Υπόγεια νερά:** είναι τα νερά των πηγαδιών, των πηγών και γενικά τα νερά που είναι αποταμιευμένα στο υπέδαφος. Περιέχουν διάφορα άλατα το είδος των οποίων εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων μέσα από τα οποία το ατμοσφαιρικό νερό και το επιφανειακό νερό διηθείται και αποταμιεύεται στους υπόγειους ταμιευτήρες.

Για να χαρακτηριστεί το νερό πόσιμο πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7-11 βαθμών κελσίου), χωρίς γεύση, να είναι "καθαρό" από χημική, βιολογική και μικροβιολογική άποψη ώστε να μπορεί να καταναλωθεί από τον άνθρωπο χωρίς κίνδυνο της υγείας του βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Πρέπει να εξετάζεται φυσικά

(θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικώς (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικά (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικά (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικά (θέση πηγής, διαδρομής του νερού).

*Η ποιότητα του νερού καθορίζεται από τις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί. Οι ομάδες παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι:*

- Οργανοληπτικοί παράγοντες όπως η θολότητα, το χρώμα, η οσμή
  - Φυσικοχημικοί παράμετροι όπως η θερμοκρασία, το pH, η αγωγιμότητα στους 20 °C, το υπολειμματικό χλώριο, το διαλυμένο οξυγόνο.
  - Παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες όπως οι ενώσεις του αζώτου NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - Τοξικές παράμετροι. Ως τοξικές χαρακτηρίζονται οι ουσίες: As, Be, Cd, CN<sup>-</sup>, Cr και άλλες.
  - Μικροβιολογικές παράμετροι
  - Σκληρότητα
- ✚ Το νερό χαρακτηρίζεται, ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε άλατα (Total Dissolved Solids, TDS), ως:
- Πόσιμο :  $TDS < 500 \text{ ppm}$
  - Υφάλμυρο :  $500 \text{ ppm} < TDS < 35,000 \text{ ppm}$
  - Θαλασσινό :  $TDS > 35,000 \text{ ppm}$

Το πόσιμο νερό χρησιμοποιείται πια εντατικά για οικιακή χρήση, χρησιμοποιείται στη γεωργία, στη σύγχρονη βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας. Βέβαια η κατανομή του νερού σε αυτές τις δραστηριότητες εξαρτάται από το βαθμό και το είδος της ανάπτυξης της χώρας.



### **1.3 Η σημερινή κατάσταση και τα αίτια της λειψυδρίας**

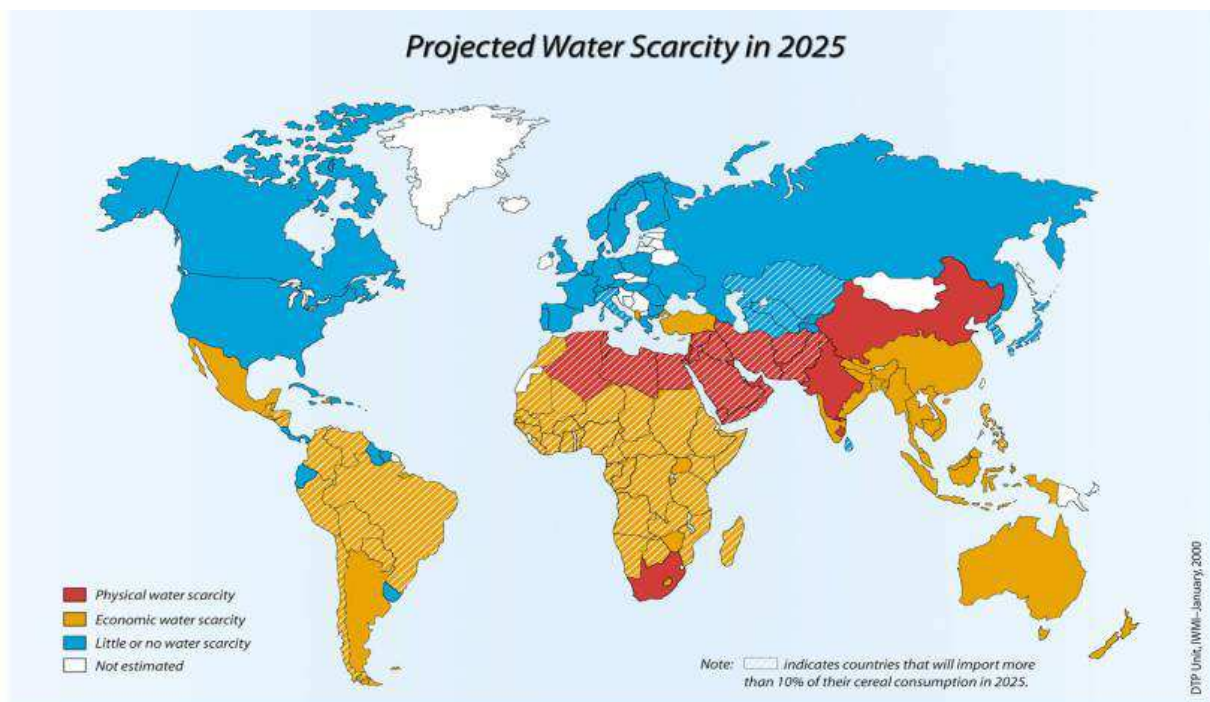
Μέχρι τα μέσα του προηγούμενου αιώνα ο άνθρωπος φαινόταν να μην απειλεί σοβαρά ούτε τους υδάτινους πόρους ούτε και τον ρυθμό αποκατάστασης τους από τη φύση. Τις τελευταίες όμως δεκαετίες λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης παρατηρείται ότι προκαλεί σοβαρές διαταραχές, τόσο στην υπερεκμετάλλευση των υδατικών πόρων όσο και με την υποβάθμιση τους λόγω ρύπανσης.

Είναι γεγονός ότι ο πληθυσμός της γης κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα τριπλασιάστηκε και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η χρήση του νερού να εξαπλασιαστεί.

Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το **πετρέλαιο του μέλλοντος**.

Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, υπολογίζεται ότι στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%.

Σήμερα ένα ποσοστό περίπου 40% από τους ανθρώπους που ζουν στη γη δεν έχουν επαρκές νερό ακόμα και για υποτυπώδη υγιεινή. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και τη UNICEF 1,1 δισ. άνθρωποι ζουν χωρίς πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό, 2,2 εκατ. άνθρωποι το 2002 πέθαναν από ασθένειες που σχετίζονται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού ή με ξηρασία.



**Κόκκινο = Φυσική λειψυδρία, Κίτρινο = Οικονομική λειψυδρία,  
 Μπλε = λίγο έως καθόλου λειψυδρία, Λευκό = Δεν υπάρχουν εκτιμήσεις**

*Εικόνα 4: Προβλεπόμενη λειψυδρία το 2025*

Η ραγδαία λοιπόν αύξηση του πληθυσμού της γης σε συνδυασμό με την μόλυνση του περιβάλλοντος, τις ακραίες μετεωρολογικές μεταβολές, την κακή διαχείριση των υδατικών πόρων και τις προσωρινές και μη αποτελεσματικές λύσεις είναι κάποια από τα σημαντικότερα αίτια που οδήγησαν στην λειψυδρία και ώθησαν τις κυβερνήσεις πολλών χωρών ανά τον κόσμο να αφιερώσουν τρομερή προσπάθεια στην αναζήτηση και ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ύδρευσης.

## **1.4 Το πρόβλημα στον Ελλαδικό χώρο**

Οι εκτιμήσεις για το ετήσιο υδατικό δυναμικό της χώρας μας ποικίλουν. Σύμφωνα όμως με τη βάση δεδομένων AQUASTAT του FAO (Διεθνείς Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας) οι υδατικοί πόροι της χώρας μας ανέρχονται στα 74,2 δις. κυβικά μέτρα. Από αυτά περίπου το 85,1% του συνολικού υδατικού δυναμικού αποτελείται από επιφανειακά νερά, και το 10,6% είναι καρστικά υπόγεια νερά.

Παρόλα αυτά εμφανίζονται σημαντικά προβλήματα, λόγω της γεωγραφικής ανισοκατανομής του υδατικού δυναμικού (συγκέντρωση στα δυτικά και βόρεια της χώρας, λειψυδρία στα νησιά) και της ανορθολογικής διαχείρισής του. Το 86% των συνολικών υδατικών πόρων της χώρας μας χρησιμοποιείται για αγροτική χρήση, περίπου το 11% για αστική χρήση και 3% για βιομηχανική και ενεργειακή χρήση.

Τα μεγαλύτερα μερίδια για αγροτική χρήση κατέχουν οι περιοχές της Θεσσαλίας (25,1%), της Ανατολικής Στερεάς (12,5%) και της Κεντρικής Μακεδονίας (10,5%). Για την αστική χρήση που το μεγαλύτερο ποσοστό της πηγαίνει στη ύδρευση, πρωτιά κατέχει η Αττική (37,1%) ζήτηση υπερτριπλάσια της Κεντρικής Μακεδονίας (10,5%).



Αρκετά υδατικά διαμερίσματα της χώρας είναι ελλειμματικά κατά τους θερινούς μήνες, λόγω των αυξημένων αναγκών του γεωργικού και του τουριστικού τομέα. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα νησιά του Αιγαίου και τη Θεσσαλία.

Η υπερβολική χρήση άριστης ποιότητας πόσιμου νερού προερχόμενου από γεωτρήσεις, για άρδευση αποτελεί κατασπατάληση και υπερεκμετάλλευση πολύτιμων και δύσκολα ανανεώσιμων πόρων.

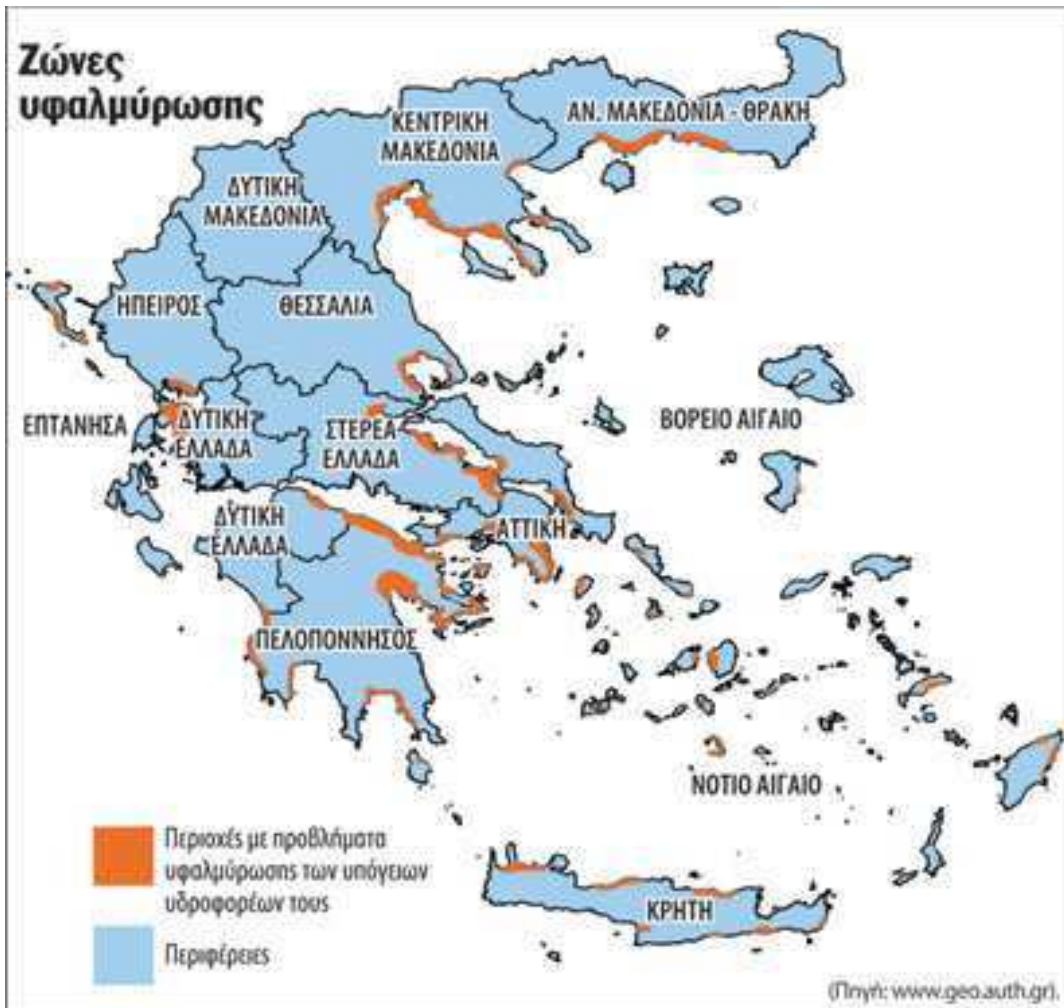
Κ.Α.	Υδατικά διαμερίσματα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Υδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές	Σύνολο
1	Δυτικής Πελοποννήσου	201	5	23	3	20	252
2	Βόρειας Πελοποννήσου	401,5	6,6	41,7	3		452,8
3	Ανατολικής Πελοποννήσου	324,9	4,7	22,1			351,7
4	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	366,5	9	22,4			397,9
5	Ηπείρου	153,5	10,3	33,9	4,3		202
6	Αττικής	99	2,5	420	17,5		539
7	Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	773,7	9,9	41,6	12,6		837,8
8	Θεσσαλίας	1550	13	69			1632
9	Δυτικής Μακεδονίας	609,4	7,9	43,7	30	80	771
10	Κεντρικής Μακεδονίας	527,6	8	99,8	80		715,4
11	Ανατολικής Μακεδονίας	627	5,8	32			664,8
12	Θράκης	825,2	7,1	27,9	11		871,2
13	Κρήτης	320	10,2	42,3			372,5
14	Νήσων Αιγαίου	80,2	6,8	37,2			124,2
	<b>Σύνολο χώρας</b>	<b>6859,5</b>	<b>106,8</b>	<b>956,6</b>	<b>161,4</b>	<b>100</b>	<b>8184,3</b>

*Εικόνα 5: Ετήσια ζήτηση νερού σε m<sup>3</sup> στην Ελλάδα ανά χρήση και υδατικό διαμέρισμα*  
**ΠΗΓΗ:** Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού – Δαγκαλίδης Αθανάσιος, Τράπεζα Πειραιώς

Η υπερβολική χρήση άριστης ποιότητας πόσιμου νερού προερχόμενου από γεωτρήσεις, για άρδευση αποτελεί κατασπατάληση και υπερεκμετάλλευση πολύτιμων και δύσκολα ανανεώσιμων πόρων.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις λειτουργούν στη χώρα μας περίπου 300.000 γεωτρήσεις (35-40% των οποίων παράνομες) αριθμός υπερβολικός για τις δυνατότητες των υπεδαφικών υδροφορέων.

Η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση έχει σαν συνέπεια την μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και κυρίως την υφαλμύρωση τεράστιων παραθαλάσσιων εκτάσεων σε επίπεδα επικίνδυνα όχι μόνο για πόση αλλά και για γεωργικές χρήσεις. Εκτιμάται ότι η υφαλμύρωση υπερβαίνει τα 2.000.000 στρέμματα γεωργικής γης με οξυμμένα προβλήματα σε πολλές παράκτιες περιοχές του Αιγαίου.



Εικόνα 6: Ζώνη υφαλμύρωσης στην Ελλάδα

**ΠΗΓΗ:** Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας

Εκτός από την υφαλμύρωση σημαντικά προβλήματα ποιότητας του πόσιμου νερού δημιουργεί η ρύπανση των υπόγειων υδάτων με νιτρικά και ο ευτροφισμός στα επιφανειακά ύδατα. Εκτιμάται ότι περίπου 20 περιοχές της χώρας αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα νιτρορύπανσης κυρίως η Αργολίδα, περιοχές της Θεσσαλίας, ο κάμπος της Θεσσαλονίκης, το Κιλκίς, η Πέλλα, η Ημαθία, οι Σέρρες και η πεδιάδα Άρτας - Πρέβεζας.

Το φαινόμενο του ευτροφισμού εκτιμάται στο 70% των υδάτινων αποθεμάτων των λιμνών της χώρας. Η κατάσταση των υπογείων υδάτων στις περιοχές που προαναφέρθηκαν φαίνεται σαν μη αναστρέψιμη αφού η φυσική απορρύπανση των υπογείων υδάτων βεβαρυμμένων περιοχών θα απαιτούσε τουλάχιστον μία 20ετία με παύση των γεωτρήσεων και φυσικό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων. (Δαγκαλίδης, 2009)

## **1.5 Λύσεις για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας**

Κάποιες εναλλακτικές λύσεις που εφαρμόστηκαν κατά καιρούς όπως η κατασκευή λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων στις περισσότερες φορές θεωρήθηκαν ανίκανες να λύσουν το πρόβλημα αφού προϋποθέτουν την ύπαρξη ποταμών χειμάρρων ή όμβριων υδάτων τα οποία επίσης λιγοστεύουν. Ακόμα και στις μέρες μας ιδανική λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας των μικρών νησιών θεωρείται η μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια. Αυτός όμως ο τρόπος παροχής νερού επιφέρει μεγάλη οικονομική επιβάρυνση στο κράτος, αν αναλογιστεί κανείς ότι το κόστος μεταφοράς του νερού με υδροφόρα δεξαμενόπλοια σε νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκανήσου ξεπερνά ακόμα και τα 12 ευρώ ανά κυβικό μέτρο δηλαδή τα 10.000 ευρώ μόνο για τα μεταφορικά ενός δρομολογίου 900 τόνων χωρίς καν να υπολογίζεται το κόστος του νερού.

Εκτός λοιπόν από την κατασκευή φραγμάτων και την μεταφορά με δεξαμενόπλοια υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα όπως:

- ❖ Αφαλάτωση του θαλασσινού νερού
- ❖ Ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού
- ❖ Τεχνητή βροχή
- ❖ Περισσότερο αποτελεσματική κατανομή του διαθέσιμου νερού
- ❖ Ανακύκλωση των νερών των υπονόμων για αρδευτικές χρήσεις
- ❖ Συλλογή των νερών από τις πλημμύρες



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ**

#### **2.1 Εισαγωγή στην αφαλάτωση**

Ως η καταλληλότερη λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας, θεωρείται η χρήση μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού η οποία αρχίζει να υιοθετείται από διάφορες χώρες όλο και περισσότερο.

Με τον όρο “αφαλάτωση” εννοούμε οποιαδήποτε διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια αλατούχα ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Άρα η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια ή λίμνες.

Τεχνολογίες αφαλάτωσης είναι σε χρήση σε όλο τον κόσμο εξυπηρετώντας διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της παροχής πόσιμου νερού για οικιακή και δημόσια χρήση, βιομηχανικές εργασίες και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης νερό για τους πρόσφυγες και για στρατιωτικές επιχειρήσεις. Αφαλάτωση χρησιμοποιείται ακόμα σε πολλά ποντοπόρα πλοία και σε υποβρύχια.

Η αφαλάτωση εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα , άνυδρες με πρόσβαση όμως σε θαλασσινό νερό. Έτσι η εγκατάσταση μονάδων αφαλάτωσης σε πολλές άνυδρες και με ελάχιστη ποσότητα διαθέσιμου νερού περιοχές είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική τους ανάπτυξη. Συγκεκριμένα η αφαλάτωση είναι μια σημαντική πηγή νερού σε άνυδρες περιοχές της Μέσης Ανατολής (Περσικός Κόλπος, Βόρια Αφρική) τα νησιά της Καραϊβικής και άλλες περιοχές όπου η φυσική διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση και όπου οι παραδοσιακές επιλογές ύδρευσης ή η μεταφορά νερού από άλλες περιοχές έχουν χαρακτηριστεί αδύνατες ή αντιοικονομικές.

Στις μέρες μας λειτουργούν περίπου 15.000 μονάδες αφαλάτωσης σε όλο τον κόσμο, κυρίως στη Μέση Ανατολή, αλλά και στις Η.Π.Α., τη Δυτική Ευρώπη και την Ιαπωνία.

Αυτός ο αριθμός όλο και συνεχίζει να αυξάνεται καθώς οι ερευνητές εργάζονται για την βελτίωση της διαδικασίας.

### Το χρονικό της αφαλάτωσης

Η ιδέα της αφαλάτωσης ξεκινά από τα αρχαία χρόνια, τότε που το αλάτι και όχι το νερό θεωρούνταν πολύτιμο αγαθό. Όταν ο πληθυσμός και οι απαιτήσεις για πόσιμο νερό αυξήθηκαν, οι επιχειρηματίες άρχισαν να αναζητούν τρόπους παράγωγης πόσιμου νερού για απομακρυσμένες περιοχές και κυρίως για τα πολεμικά πλοία. Το 1970 ο Υπουργός Εξωτερικών των Η.Π.Α. Thomas Jefferson παρουσίασε την πρώτη τεχνική έκθεση που περιέγραφε τα αποτελέσματα μιας απλής διαδικασίας απόσταξης. Οι πληροφορίες αυτές έπρεπε να είναι τυπωμένες σε όλα τα έγγραφα των πλοίων, έτσι ώστε να υπάρχει μια πηγή γλυκού νερού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας χορηγήθηκε για μια συσκευή αφαλάτωσης νερού το 1852. Ο πρώτος μεγάλος εργοστασιακός σταθμός αφαλάτωσης θαλασσινού νερού εγκαταστάθηκε στο νησί Κουρακάο στις Ολλανδικές Αντίλλες το 1928 και ακόμη και η τοπική μπύρα γίνεται με αφαλατωμένο νερό. Μια μεγάλη μονάδα αφαλάτωσης κτίστηκε το 1938 στη σημερινή Σουηδική Αραβία. Έρευνα για αφαλάτωση διεξήχθη και κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για να βρεθούν τρόποι να καλυφτούν οι ανάγκες των στρατιωτών για καθαρό νερό σε άnuδρες περιοχές.

Ένα έργο που συνεχίστηκε και μετά τον πόλεμο από τις Η.Π.Α. και άλλες χώρες.

Από το 1970 άρχισαν να λειτουργούν μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις Η.Π.Α., στη Ρωσία, στο Μεξικό , στη Σαουδική Αραβία και αλλού. Στο Δυτικό κόσμο μεγαλύτερος χρήστης της μεθόδου είναι η Ισπανία όπου εκεί βρίσκεται και το μεγαλύτερο εργοστάσιο αφαλάτωσης στη Ευρώπη. (Καρμπονέρας στη Ν. Ισπανία)

### ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

**350 πχ** Ο Αριστοτέλης πειραματίζεται με τον διαχωρισμό νερού και αλατιού.

**200μχ** 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.

**1850** Ο Αμερικανός μηχανικός Norbert Rillieux κατοχυρώνει πατέντες για μεθόδους απόσταξης της ζάχαρης που ελαττώνουν τις απαιτήσεις ενέργειας κατά 80%.

**1890** Στην Δυτική Αυστραλία λόγω του ξηρού κλίματος κατασκευάζονται μονάδες αφαλάτωσης (πάντα με την θερμαντική μέθοδο). Το νερό ήταν ακριβό αφού τα 4,5 λίτρα νερού κόστιζαν όσο το ένα τρίτο του μισθού του ανειδίκευτου εργάτη.

**Τέλη 19ου αιώνα** Η μέθοδος απόσταξης του Rillieux αρχίζει να 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 ανάστροφη 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 ανάστροφης 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 τον Δήμο, ξεκινά την λειτουργία της στην Jeda της Σαουδικής Αραβίας

**1990-2003** Το κόστος της αφαλάτωσης πέφτει στο 1 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).

*ΠΗΓΗ : Φιλελεύθερη συμμαχία Περιφερειακή Πολιτική Οργάνωση Ιόνιων Νήσων / Άρθρο: "Αφαλάτωση: Μάννα εκ θαλάσσης;"*

## 2.2 Συνήθεις μέθοδοι αφαλάτωσης

Δεν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος αφαλάτωσης η οποία να θεωρείται η καλύτερη και πιο αξιόπιστη. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από τεχνολογίες αφαλάτωσης που απομακρύνουν αποτελεσματικά τα άλατα από το αλμυρό νερό παράγοντας ένα ρεύμα ύδατος με χαμηλή συγκέντρωση άλατος (ρεύμα προϊόντος) και ένα άλλο με υψηλή συγκέντρωση των υπόλοιπων αλάτων (άλμη ή συμπύκνωμα).



Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνολογίες κατατάσσονται σε 2 κατηγορίες :  
στις μεθόδους εξάτμισης και στις μεθόδους μεμβρανών.

Αναλυτικότερα οι διεργασίες αφαλάτωσης διακρίνονται:

- ❖ **Στις μεθόδους αλλαγής φάσης** , όπου απαιτείται θερμότητα και παρατηρείται αλλαγή της φυσικής κατάστασης. Αυτές είναι η εξάτμιση και η κρυστάλλωση η οποία δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Όσον αφορά την εξάτμιση οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η Πολυβάθμια Εξάτμιση (Multi -Effect Evaporation ή Distillation - ME ή MED), η Πολυβάθμια Εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation - MSF), η Εξάτμιση με Συμπίεση Ατμών (Vapor Compression - VC) και η Ηλιακή Απόσταξη (Solar Distillation)
- ❖ **Στις μεθόδους μιας φάσης** (υγρή) ή μεθόδους που χρησιμοποιούν μεμβράνες, για τον διαχωρισμό του νερού από τα άλατα και τις προσμίξεις που έχει. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν η Αντίστροφη Όσμωση (Reverse Osmosis - RO), η Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis - ED) και η Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis Reversal - EDR).

**Η μέθοδος της εξάτμισης** χρησιμοποιείται σήμερα μόνο στις πετρελαιοπαραγωγούς χώρες της Μέσης Ανατολής που διαθέτουν άφθονους ενεργειακούς πόρους, ενώ στις υπόλοιπες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης που είναι πιο οικονομική (Δαγκαλίδης 2009).

Εκτός από τις μεθόδους που βασίζονται στην εξάτμιση και στις μεμβράνες υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ή καταλήγουν να είναι οικονομικά ασύμφωρες όπως: **η ιοντοανταλλαγή** ( *Ion - Exchange Methods*), **το πάγωμα** (*Freezing*) και οι **υβριδικές μέθοδοι** (*Methane hydrate crystallization*).

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ (ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ)

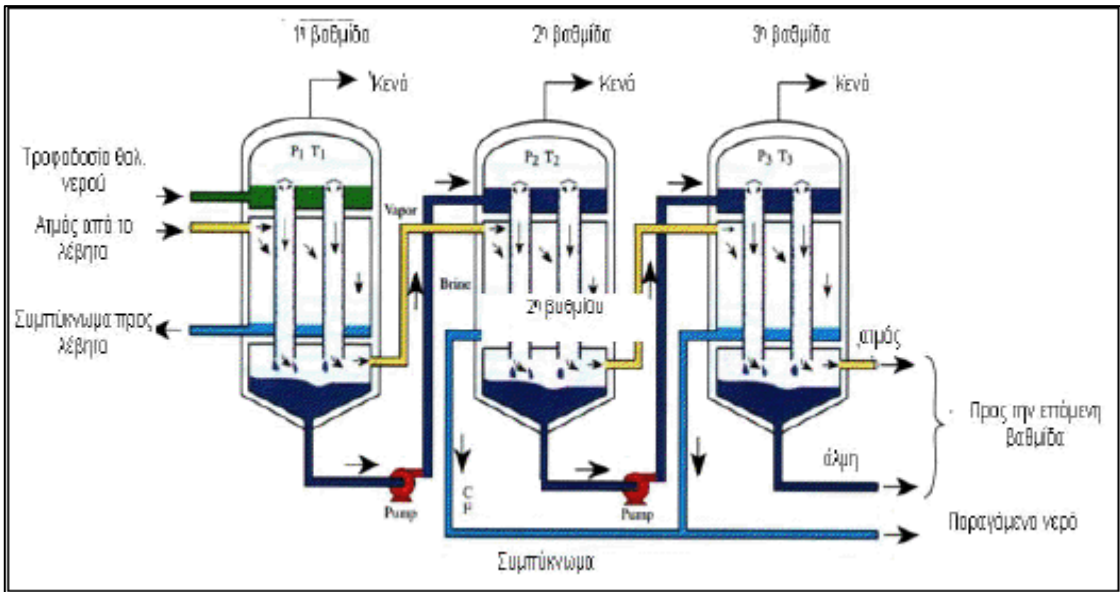
### **α) Πολυβάθμια εξάτμιση (Multi-Effect Distillation, MED)**

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι μια θερμική μέθοδος η οποία έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για περισσότερα από 100 χρόνια και είναι ουσιαστικά προγενέστερη της πολυβάθμιας εκτόνωσης.

Είχε σταματήσει να εφαρμόζεται αφού αντικαταστάθηκε από την πολυβάθμια εκτόνωση όμως αρχίζει ξανά να κερδίζει έδαφος καθώς ο βαθμός απόδοσης της είναι καλύτερος από αυτόν της πολυβάθμιας εκτόνωσης.

Τα συστήματα μιας βαθμίδας θεωρούνται ιδιαίτερα ενεργοβόρα και αποτελούνται από ένα λέβητα θέρμανσης, έναν αποστακτήρα, έναν συμπυκνωτή ατμών και έναν διαχωριστή που παγιδεύει τις λεπτές σταγόνες της άλμης και τις αποχωρίζει από τον ατμό. Τα συστήματα πολυβάθμιας εκτόνωσης αποτελούνται από περισσότερες βαθμίδες, δηλαδή πολλά εξατμιστήρια στη σειρά ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη εκμετάλλευση της θερμότητας του συστήματος (εικόνα 3).

Ο ατμός θέρμανσης εισάγεται μόνο στην πρώτη βαθμίδα, όπου θερμαίνεται το αλμυρό νερό μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού. Οι ατμοί που σχηματίζονται στην πρώτη βαθμίδα χρησιμοποιούνται σαν ατμός θέρμανσης στη δεύτερη βαθμίδα, η οποία βρίσκεται σε χαμηλότερη πίεση από την πρώτη, ώστε το διάλυμα της άλμης να βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν από την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη. (Σαμακίδης 2009, Δαγκαλίδης 2009).



Εικόνα 7 : Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης (Καραχάλιου,2010)



Εικόνα 8 : Εγκατάσταση πολυβάθμιας εξάτμισης στη Κίνα

## **β) Πολυβάθμια εκτόνωση (Multi-Stage Flash Distillation – MSF)**

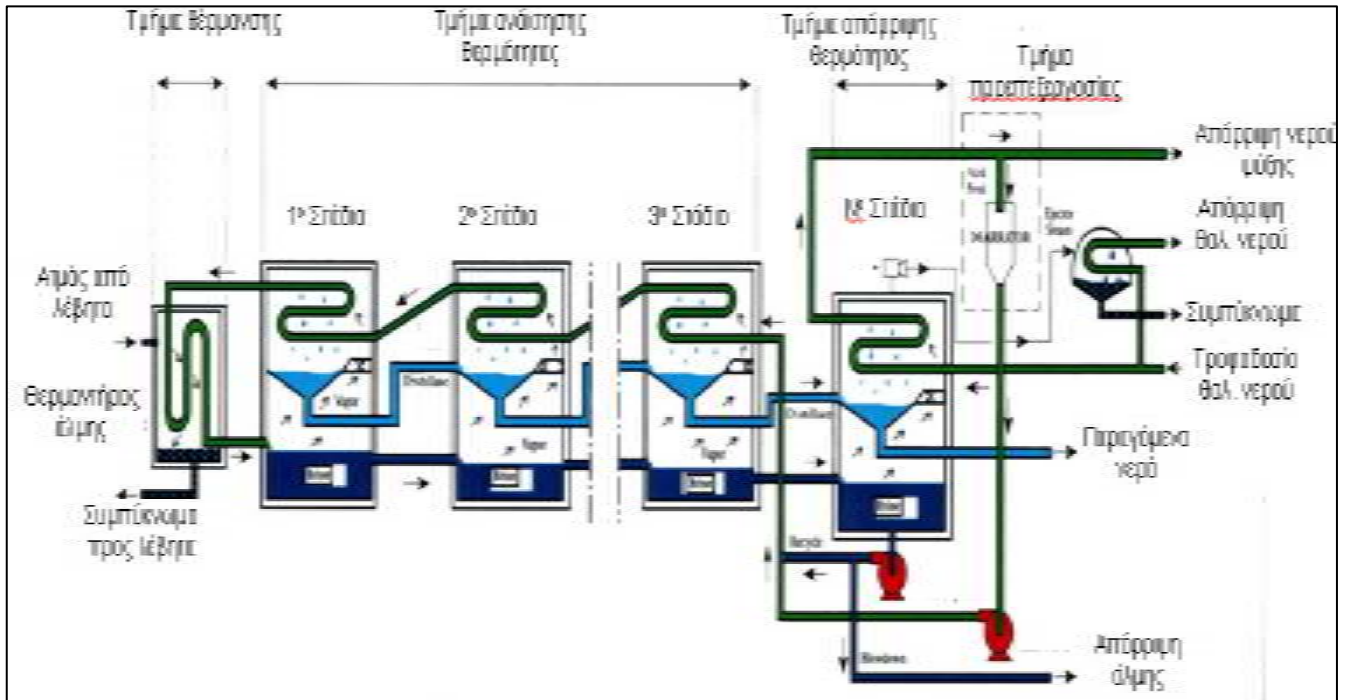
Όπως όλες οι διαδικασίες εξάτμισης έτσι και η πολυβάθμια εκτόνωση μπορεί να παράγει υψηλής ποιότητας γλυκό νερό με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις άλατος (περίπου 10ppm ή και λιγότερο), χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό και είναι κατάλληλη για εφαρμογές μεγάλου μεγέθους. (1.000 – 60.000 m<sup>3</sup>) Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι πολύ διαδεδομένες στη Μέση Ανατολή και συγκεκριμένα στο Κουβέιτ, στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και στη Σαουδική Αραβία καλύπτοντας με τη χρήση τους εκεί το 40% της παγκόσμιας χρήσης αφαλάτωσης.

Το θαλασσινό νερό θερμαίνεται αρχικά σε θερμοκρασία χαμηλότερη του σημείου βρασμού και έπειτα εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο όπου υπάρχει πίεση χαμηλότερη από την πίεση κορεσμού οπότε το νερό ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό, υγροποιείται και συλλέγεται ως καθαρό νερό. Το φαινόμενο επαναλαμβάνεται και στους επόμενους θαλάμους, όπου προωθείται η άλμη με την πίεση διαρκώς να μειώνεται.

Αυτές οι εγκαταστάσεις συμφέρει να βρίσκονται κοντά σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ώστε να αξιοποιείται καλύτερα το καύσιμο, δηλαδή ο ατμός υψηλής πίεσης να εκτονώνεται πρώτα στον αμοστρόβιλο για την παραγωγή ισχύος και έπειτα να χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση.



*Εικόνα 9: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Σαουδική Αραβία*



Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης (Μανολάκος 2009)

### γ) Εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC)

Η τεχνολογία αυτή συνήθως χρησιμοποιείται για μικρού και μεσαίου μεγέθους μονάδες αφαλάτωσης και παράγει μέχρι και 3000m<sup>3</sup> / ημέρα ( π.χ. θέρετρα, βιοτεχνίες, απομακρυσμένες περιοχές). Είναι απλούστερη από τις προηγούμενες και πιο αποτελεσματική.

Η μέθοδος της συμπίεσης του ατμού αναφέρεται στη διαδικασία απόσταξης κατά την οποία ο ατμός που εξατμίζεται από το θαλασσινό ή υφάλμυρο νερό λαμβάνεται από μια διάταξη θερμότητας που το συμπιέζει. Οι δυο κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την συμπίεση του ατμού ώστε να παραχθεί αρκετή θερμότητα για την εξάτμιση του θαλασσινού

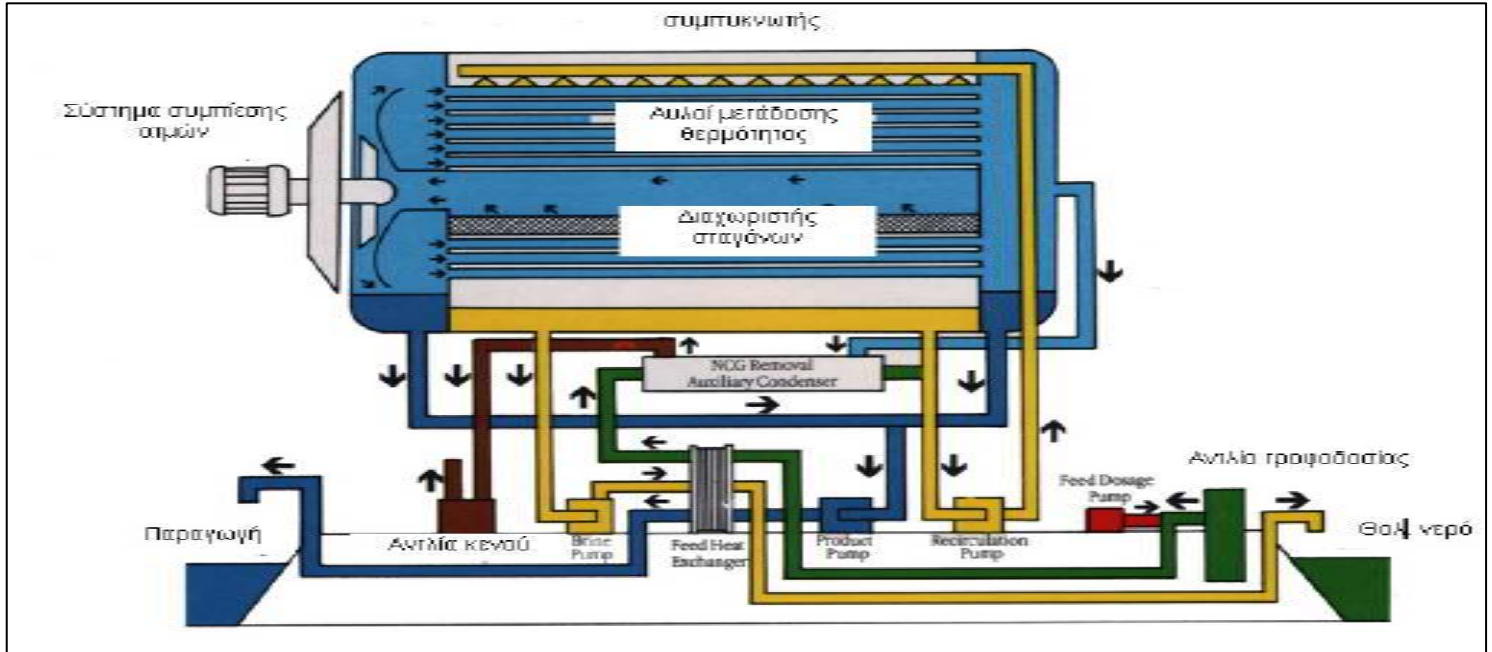
νερού, είναι η μηχανική συμπίεση ατμού MVC (με ένα μηχανικό συμπιεστή) που συνήθως λειτουργεί με ηλεκτρισμό και η θερμική συμπίεση ατμού TVC (με εκτοξευτήρα ατμού).

Το κρύο νερό της θάλασσας ψεκάζεται πάνω στους σωλήνες από τους οποίους περνά ατμός, θερμαίνεται και στη συνέχεια εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση. Ο συμπιεστής αυτός μαζεύει τους υδρατμούς του καθαρού νερού και τους εκτοξεύει με πίεση μέσα στους σωλήνες όπου έρχονται σε επαφή με το ψυχρό θαλασσινό νερό συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν.

Η μέθοδος αυτή λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, οπότε δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη πηγής θερμότητας και αυτή είναι η βασική διαφορά της από τις προηγούμενες δυο μεθόδους. Η εξάτμιση δηλαδή προκαλείται αποκλειστικά και μόνο από την χαμηλή πίεση.



*Εικόνα 11: Εγκατάσταση εξάτμισης με συμπίεση ατμών*



Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών

### δ) Ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation)

Αυτή η τεχνική που χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την αφαλάτωση εμπίπτει γενικά σε δυο κατηγορίες, σε αυτή που λαμβάνει και χρησιμοποιεί την θερμική ενέργεια του ήλιου και σε αυτή που χρησιμοποιεί φωτοβολταϊκά για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

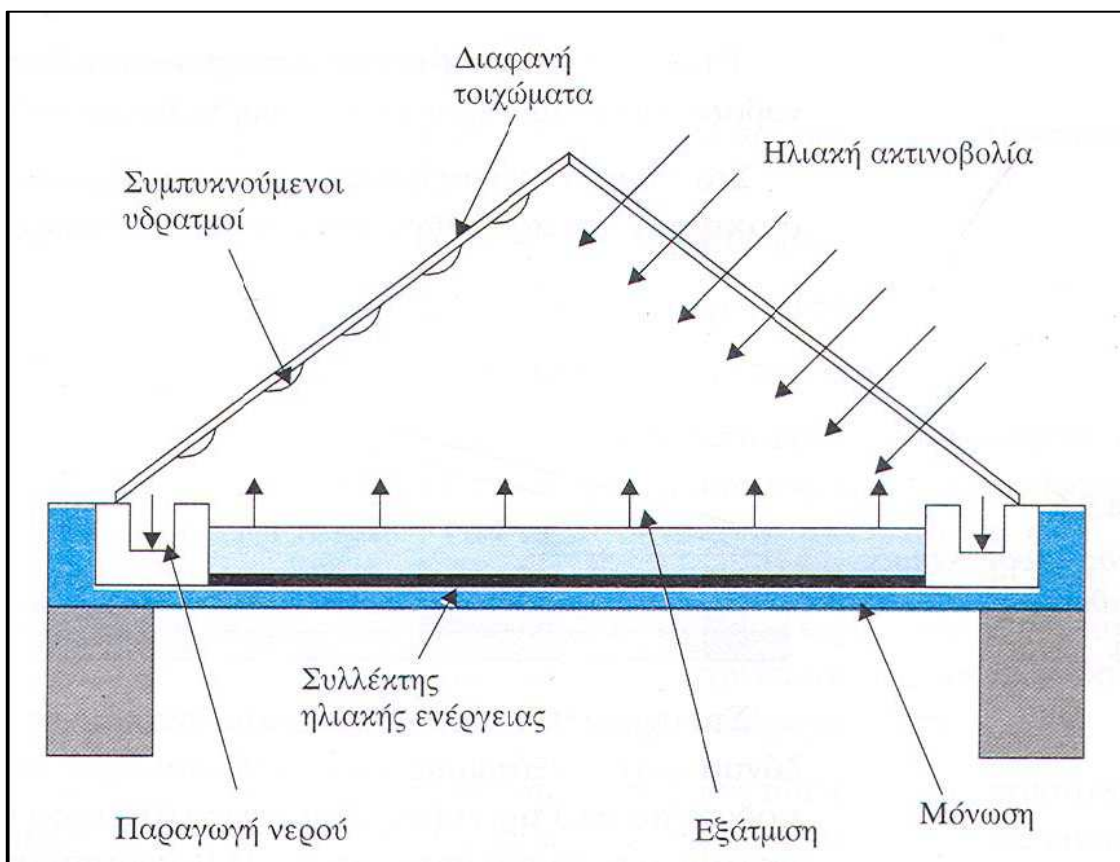
Οι συσκευές αυτής της κατηγορίας αναπαράγουν ουσιαστικά τον υδρολογικό κύκλο σε πολύ μικρότερη κλίμακα. Ο βασικός σχεδιασμός ενός ηλιακού αποστακτήρα είναι παρόμοιος με το σχεδιασμό ενός θερμοκηπίου.

Οι ακτίνες του ήλιου εισέρχονται από μια κεκλιμένη διάφανη οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται σε μια λεκάνη στο πάτο.



Το νερό αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην κεκλιμένη γυάλινη συνήθως οροφή, συμπυκνώνεται πάλι σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα το οποίο ρέει προς τη βάση και συλλέγεται. Η λεκάνη που περιέχει το θαλασσινό νερό είναι καλυμμένη με κάποιο φωτοαπορροφητικό υλικό, συνήθως χρωστική μαύρου χρώματος ή διάφορα πολυμερή υλικά.

Οι συσκευές αυτές δεν είναι πολύ αποτελεσματικές αφού χρησιμοποιούν μόνο το 50% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και παράγουν μόνο 4 λίτρα ανά μέρα καθαρό νερό ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Έτσι είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν φτηνά υλικά κατασκευής για την ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης. Το νερό που παράγεται δεν είναι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς αφού δεν βράζει σε μεγάλες θερμοκρασίες άρα χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Ως εκ τούτου η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε μονάδες μικρής δυναμικότητας ή για οικιακή χρήση.



Εικόνα 13: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης (Σαχτούρη, 2008)

## **ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΙΑΣ ΦΑΣΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ)**

Οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν παραπάνω είχαν σαν θεμελιώδη αρχή την αλλαγή φάσης της φυσικής κατάστασης του διαλύματος. Οι μέθοδοι όμως που θα αναλύσουμε παρακάτω δεν στηρίζονται στην αλλαγή φάσης αλλά στη χρήση μεμβρανών για τον διαχωρισμό του νερού από τα άλατα και τις προσμίξεις που έχει.

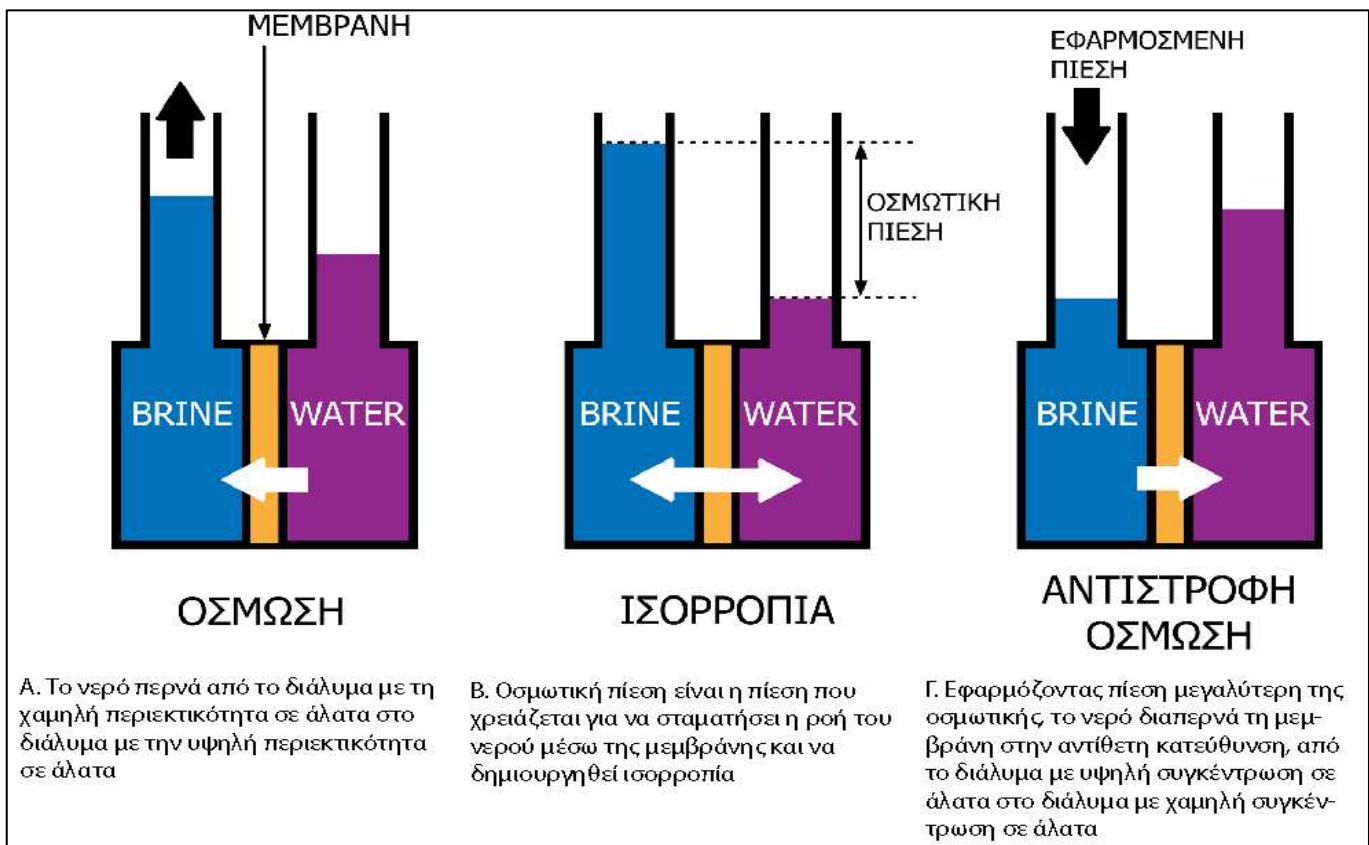
Μεμβράνες και φίλτρα μπορούν να επιτρέπουν ή να απαγορεύουν την διέλευση ορισμένων ιόντων και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον διαχωρισμό των αλάτων στις φυσικές διεργασίες της διύλισης και της όσμωσης. Αυτές οι φυσικές αρχές έχουν προσαρμοστεί σε δυο εμπορικά σημαντικές διεργασίες της αφαλάτωσης: **την αντίστροφη ώσμωση (RO)** και την **ηλεκτροδιάλυση (ED)**.

### **ε) Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis)**

Η διεργασία αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση βασίζεται όπως καταλαβαίνουμε από το όνομά της στο φαινόμενο της όσμωσης, κατά το οποίο ο διαλύτης (αραιότερο) κινείται αυθόρμητα προς τη διαλυμένη ουσία (πυκνότερο) μέσω μεμβράνης που είναι διαπερατή για τα μόριά του όχι όμως και για τα μόρια της διαλυμένης ουσίας μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις τους. Χωρίς την ύπαρξη της μεμβράνης θα συνέβαινε απλή ανάμιξη των δυο διαλυμάτων και αυτή η διαδικασία ονομάζεται διάχυση. Η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στο πυκνότερο διάλυμα για να λάβει χώρα το φαινόμενο της ώσμωσης ονομάζεται ωσμωτική πίεση.

Αν λοιπόν ασκήσουμε πίεση μεγαλύτερη της ωσμωτικής στο πυκνότερο διάλυμα (στην περίπτωση της αφαλάτωσης στο θαλασσινό νερό) τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο του καθαρού νερού από το πυκνότερο διάλυμα (αλατούχο) στο αραιότερο (διαλύτη). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση.

Η διαδικασία της ώσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 14: Η διαδικασία της ώσμωσης και της αντίστροφης ώσμωσης.

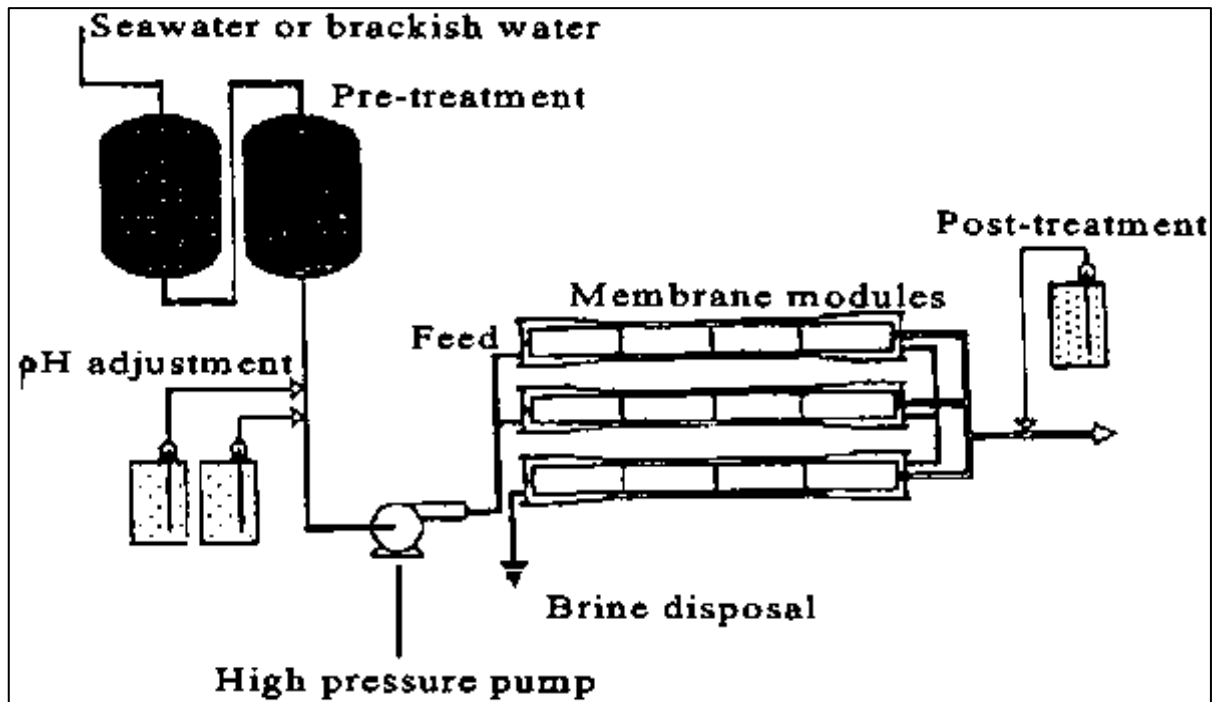
Στην πράξη μια αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύει συνεχώς θαλασσινό νερό σε μεμβράνες που βρίσκονται σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης. Το διάλυμα τροφοδοσίας χωρίζεται στο καθαρό νερό που διέρχεται από τις μεμβράνες και στο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων , την άλμη. Αυτό λοιπόν το διάλυμα άλμης γίνεται με την πάροδο του χρόνου όλο και πιο πυκνό. Για να μειωθεί αυτή η συγκέντρωση αλάτων που απομένει ένα τμήμα του διαλύματος υψηλής συγκέντρωσης αλάτων – άλμης αποσύρεται από το δοχείο.

Αν αυτό δεν γίνει, τότε η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στο διάλυμα θα συνεχίσει να αυξάνεται, απαιτώντας συνεχώς μεγαλύτερες εισροές ενέργειας για να ξεπεραστεί η φυσικώς αυξανόμενη οσμωτική πίεση.

Το ποσοστό του αφαλατωμένου νερού που μπορεί να ληφθεί κυμαίνεται μεταξύ 30% και 85% του όγκου του νερού που εισέρχεται, εξαρτάται δηλαδή από την αρχική ποιότητα του νερού, την ποιότητα του προϊόντος και την τεχνολογία και τις μεμβράνες που θα χρησιμοποιηθούν.

Ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης αποτελείται από τέσσερα στάδια/ διαδικασίες :

- 1. το στάδιο της προεπεξεργασίας*
- 2. το στάδιο της συμπίεσης*
- 3. το στάδιο του διαχωρισμού*
- 4. το στάδιο της σταθεροποίησης (τελικό στάδιο επεξεργασίας).*



Εικόνα 15: Τα βασικά στάδια ενός συστήματος αντίστροφης ώσμωσης

### Στάδιο προεπεξεργασίας

Πρώτων, το νερό τροφοδοσίας επεξεργάζεται με σκοπό την προστασία των μεμβρανών. Οι μικροοργανισμοί πρέπει να καταστραφούν, να ρυθμιστεί το pH και τα αιωρούμενα στερεά πρέπει να απομακρυνθούν ώστε να αποφύγουμε την εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες.

### **Στάδιο συμπίεσης**

Στη συνέχεια, η αντλία αυξάνει την πίεση του κατεργασμένου νερού τροφοδοσίας, σε μια πίεση λειτουργίας κατάλληλη για την μεμβράνη και την αλμυρότητα του νερού τροφοδοσίας.

### **Στάδιο διαχωρισμού**

Τότε οι διαπερατές μεμβράνες παρεμποδίζουν την διέλευση των διαλυμένων αλάτων, ενώ επιτρέπουν στο αφαλατωμένο νερό να περάσει μέσα. Καθώς λοιπόν το νερό τροφοδοσίας περνά από τις μεμβράνες καταλήγει σε ένα ρεύμα πόσιμο νερού και ένα ρεύμα συμπυκνωμένου αλατόνερου το οποίο απορρίπτεται. Επειδή δεν υπάρχει μεμβράνη που να απορρίπτει τελείως τα διαλυμένα άλατα, ένα μικρό ποσοστό του αλατος διέρχεται μέσω της μεμβράνης και παραμένει στο νερό.

### **Στάδιο σταθεροποίησης**

Τέλος, το παραγόμενο νερό παρουσιάζει μικρή σκληρότητα και σχετικά χαμηλό pH, οπότε πρέπει να γίνει κάποια επεξεργασία προτού διατεθεί για κατανάλωση.

Το pH αυξάνεται από το 5 περίπου στο 7 με προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου και περνώντας μέσα από ειδικές στήλες που περιέχουν άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου αυξάνεται η σκληρότητα του.

## Τύποι μεμβρανών

Μια μεμβράνη αντίστροφης ώσμωσης δρα ως το ημιδιαπερατό φράγμα της ροής, κατά την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης, επιτρέποντας επιλεκτικά την διέλευση ενός συγκεκριμένου είδους (διαλύτη, συνήθως νερό) ή συγκρατώντας μερικώς ή πλήρως άλλα είδη (διαλυμένες ουσίες).

Αυτή η διαδικασία απαιτεί μια υψηλή πίεση η οποία ασκείται στην πλευρά της υψηλής συγκέντρωσης της μεμβράνης, συνήθως 2-17 bar για γλυκό και υφάλμυρο νερό και 40-82 bar για θαλασσινό νερό.

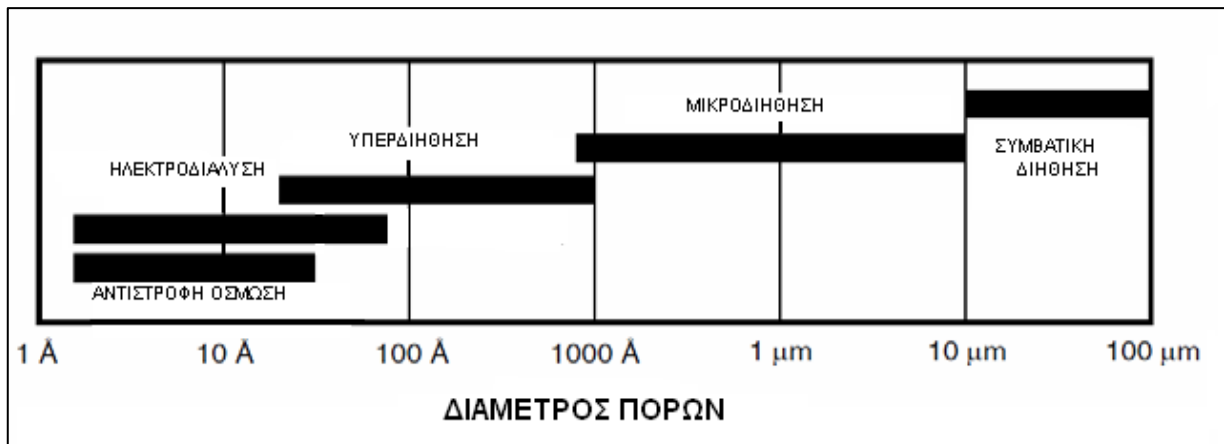
Μια μεμβράνη διαχωρισμού για να είναι κατάλληλη για την διεργασία της αντίστροφης ώσμωσης πρέπει να έχει κάποιες ιδιότητες. Μια μεμβράνη πρέπει να είναι ανθεκτική σε χημική και μικροβιακή επίθεση, μηχανικά και δομικά σταθερή για μεγάλες χρονικές περιόδους λειτουργίας και να έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά διαχωρισμού για κάθε συγκεκριμένο σύστημα.

Ως προς την μορφολογία τους μπορούν να χωριστούν σε:

- Πυκνής δομής
- Πορώδους δομής, με δυο υποκατηγορίες
  - ❖ Συμμετρικές
  - ❖ Ασύμμετρες
- Σύνθετες λεπτού υμενίου

Οι μεμβράνες πορώδους μορφής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το μέγεθος των πόρων τους το οποίο κυμαίνεται από  $10^{-1}$  έως  $10^4$  nm.

Η απόδοση διαχωρισμού εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ του μεγέθους των πόρων και του μεγέθους των σωματιδίων τα οποία πρέπει να διαχωριστούν.



Εικόνα 16 : Κατηγοριοποίηση μεμβρανών βάσει της διαμέτρου των πόρων

Οι μεμβράνες αρχικά κατασκευάζονταν από οξική κυτταρίνη. Η οξική κυτταρίνη έχει πολύ καλή απόδοση διαχωρισμού όμως έχει το μειονέκτημα να υδρολύεται εύκολα σε μικρές ή μεγάλες τιμές pH. Σήμερα η κυτταρίνη έχει αντικατασταθεί σε πολλές εφαρμογές από πολυαμίδια, πολυσουλφόνες, πολυεστέρες και άλλα νεότερα συνθετικά πολυμερή υλικά. Τα συνθετικά πολυμερή έχουν καλύτερη χημική σταθερότητα και αντοχή στη μικροβιακή αποικοδόμηση.

Οι μεμβράνες κατασκευάζονται και από κεραμικά υλικά όπως η ζirkονία, η αλουμίνα, η τιτανία κλπ.

Το κυριότερο πλεονέκτημα των ανόργανων μεμβρανών σε σύγκριση με τις πολυμερείς μεμβράνες είναι η μεγάλη σταθερότητα τους στις υψηλές θερμοκρασίες η οποία επιτρέπει την αποστείρωση τους με ατμό. Η διεργασία αυτή είναι απαραίτητη όταν χρησιμοποιούνται οι μεμβράνες σε βιοτεχνολογικές εφαρμογές και στην επεξεργασία φυσικών χυμών και τροφίμων.



Οι διαθέσιμες σήμερα μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης είναι κυρίως: οι ασύμμετρες μεμβράνες που περιέχουν ένα πολυμερές και οι σύνθετες μεμβράνες που αποτελούνται από δυο ή περισσότερες στρώσεις πολυμερούς.

Ενώ το υλικό της μεμβράνης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ροή της διαλυμένης ουσίας και γενικότερα για την ποιότητα του νερού, πρέπει να τονιστεί ότι ολόκληρο το σύστημα μεμβρανών είναι επίσης εξαιρετικά σημαντικό σε μια διεργασία αντίστροφης όσμωσης.

Αυτό λοιπόν το σύστημα ή στοιχείο μεμβρανών:

1. προσφέρει μηχανική υποστήριξη στις εύθραυστες μεμβράνες ακόμα και σε υψηλές πιέσεις λειτουργίας
2. είναι σχεδιασμένο να ελαχιστοποιεί την πτώση της πίεσης σε ολόκληρη τη μονάδα καθώς και την συγκέντρωση των ακαθαρσιών
3. είναι σχετικά φθηνό και εύκολο να αντικατασταθεί.

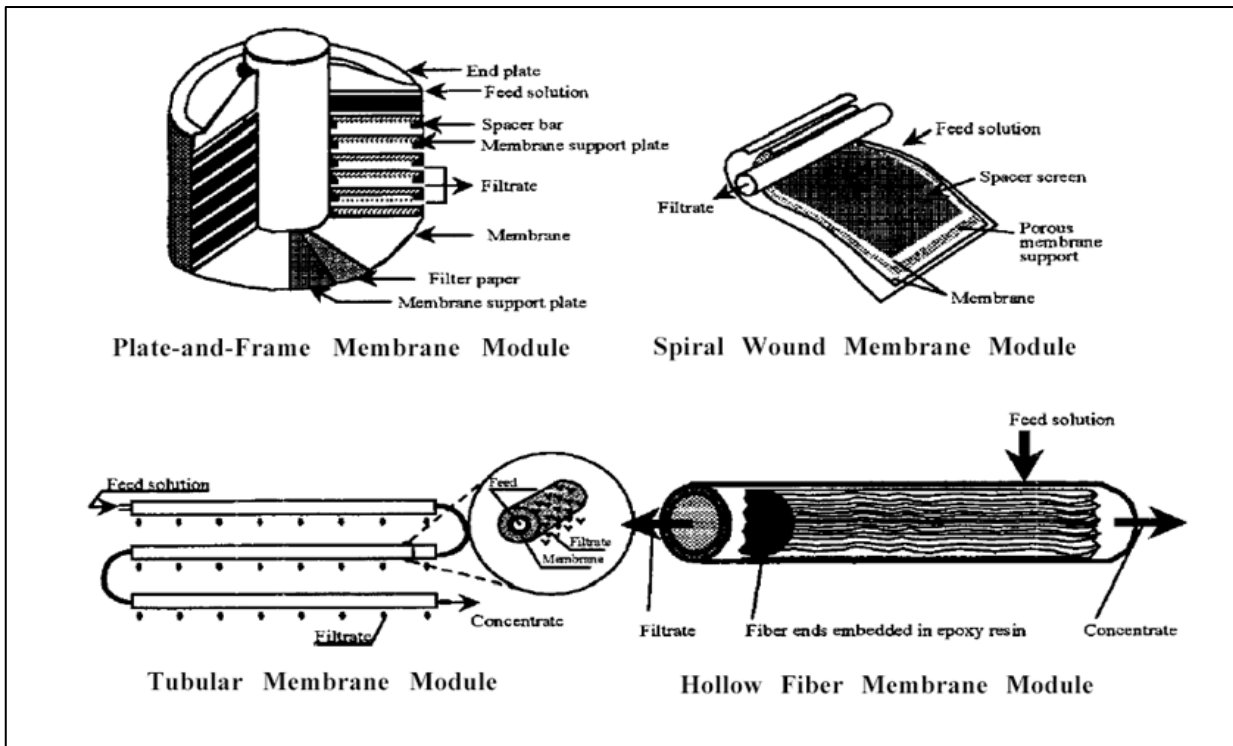
❖ *Οι πιο βασικοί και εμπορικοί τύποι στοιχείων μεμβρανών είναι:*

***α) τα δισκοειδή στοιχεία (plate and frame module)***

***β) τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module)***

***γ) τα στοιχεία ελικοειδούς περιέλιξης (spiral – wound module)***

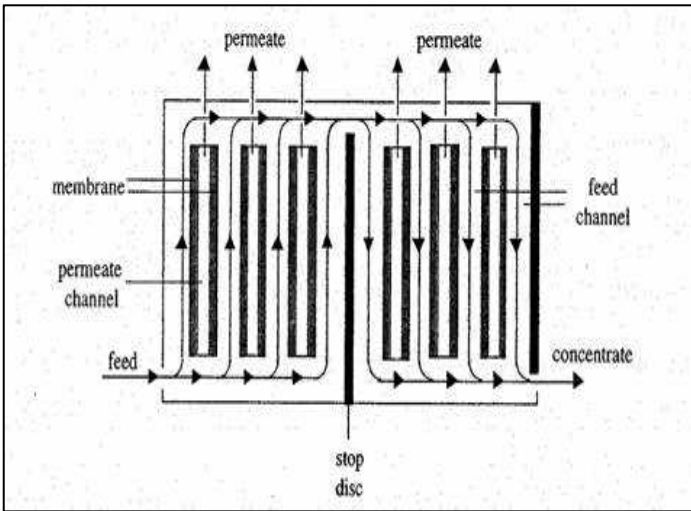
***δ) τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow – fiber module)***



Εικόνα 17: Βασικοί τύποι στοιχείων μεμβρανών

- **Τα δισκοειδή στοιχεία** (ή με δίσκους και πλαίσια) αποτελούνται από στοίβες επίπεδων φύλλων μεμβράνης που είναι τοποθετημένα πάνω σε στηρίγματα. Κάθε μεμβράνη και στήριγμα χωρίζονται από διαχωριστές που κατευθύνουν την τροφοδοσία κατά μήκος κάθε μεμβράνης και διοχετεύουν το καθαρό νερό (προϊόν διηθήματος) έξω από την μονάδα.

Τα στοιχεία αυτά είναι ανθεκτικά στη ρύπανση, επιτυγχάνουν υψηλές πιέσεις λειτουργίας (120bar) και υψηλό βαθμό συμπύκνωσης. Όμως το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό οπότε η χρήση τους είναι περιορισμένη.



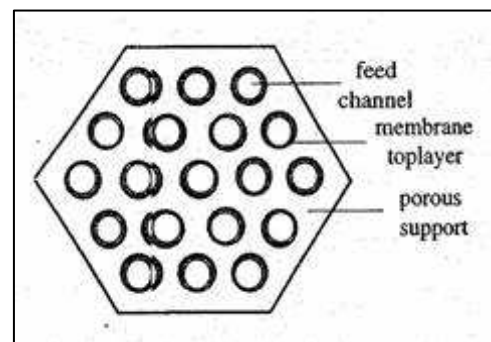
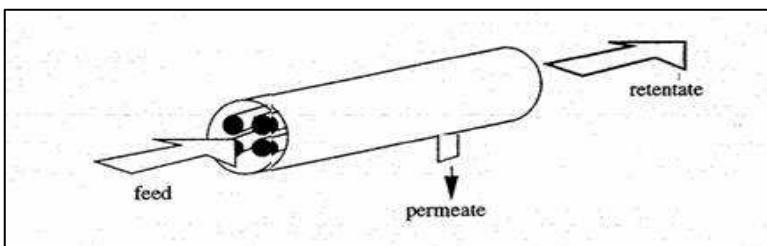
Εικόνα 18: σχηματική απεικόνιση δισκοειδούς στοιχείου



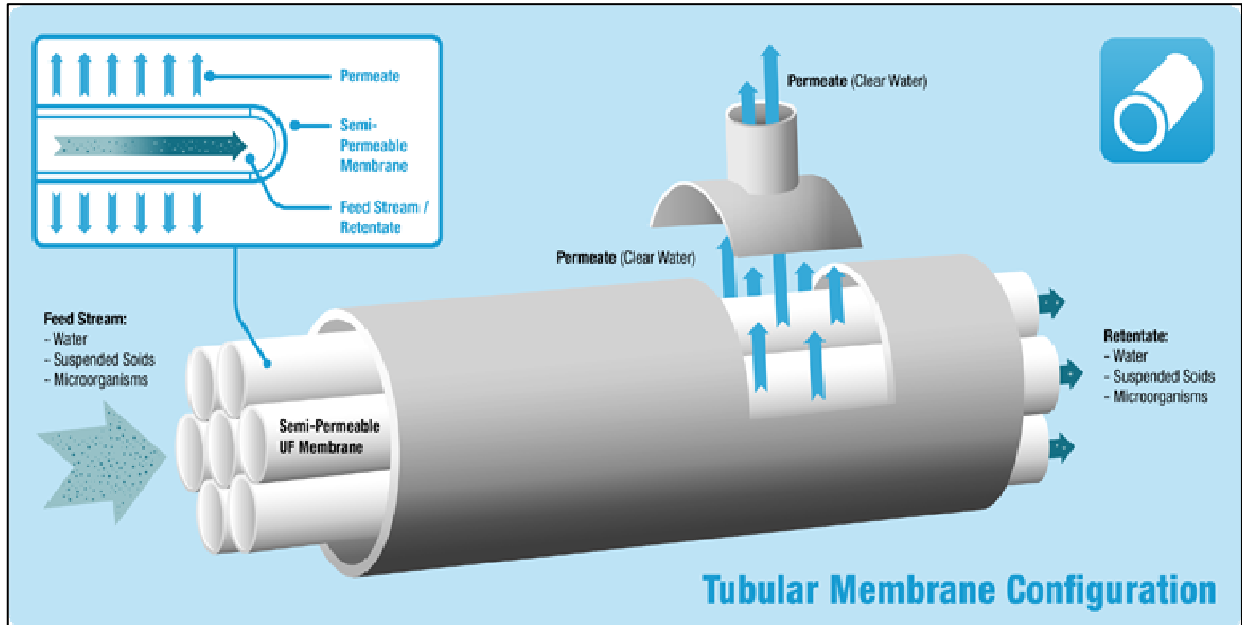
Εικόνα 19: μονάδα διήθησης με δίσκους και πλαίσια

- **Τα σωληνοειδή στοιχεία** αποτελούνται από σωλήνες (αγωγούς) μεμβράνης διαμέτρου 0,7-2,5 cm που στηρίζονται εντός ενός διάτρητου σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα. Καθώς το νερό τροφοδοσίας ρέει μέσα στους σωλήνες, το διήθημα διέρχεται μέσω της μεμβράνης.

Και αυτά τα στοιχεία είναι ανθεκτικά στη ρύπανση και καθαρίζονται εύκολα. Δεν χρησιμοποιούνται όμως πια στις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης αλλά εφαρμόζονται σε περιπτώσεις υπερδιήθησης όπου το όφελος είναι μεγαλύτερο και "καλύπτει" το υψηλό κόστος.



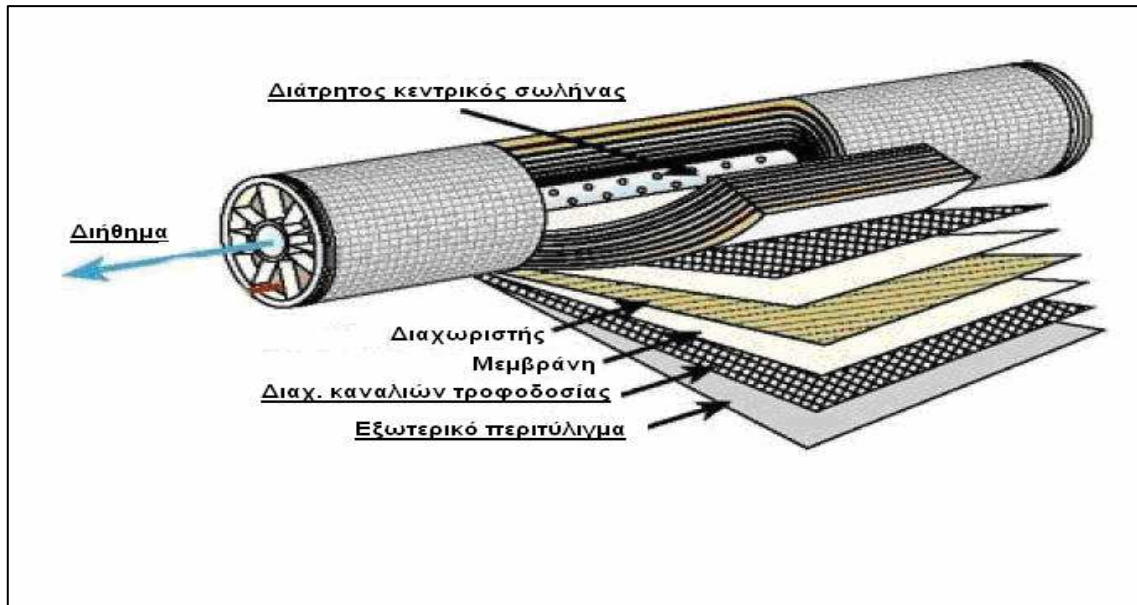
Εικόνα 20: Σχηματική απεικόνιση σωληνοειδούς στοιχείου



Εικόνα 21: Απεικόνιση σωληνοειδούς στοιχείου

Αυτά τα δυο στοιχεία είναι ανθεκτικά στην ρύπανση και χρησιμοποιούνται μόνο σε εξαιρετικά ρυπαντικές τροφοδοσίες λόγω των πολλών μειονεκτημάτων τους. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στοιχεία είναι τα στοιχεία ελικοειδούς περιέλιξης και τα στοιχεία κοίλων ινών.

- **Τα στοιχεία ελικοειδούς περιέλιξης** αποτελούνται από επίπεδα φύλλα μεμβράνης τα οποία συγκολλούνται ανά δυο. Μεταξύ των μεμβρανών υπάρχει ένας διαχωριστής από πορώδες υλικό και είναι τυλιγμένα γύρω από ένα διάτρητο σωλήνα συλλογής. Ο βασικός σχεδιασμός τους απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 22: Βασικός σχεδιασμός στοιχείου ελικοειδούς περιέλιξης

Το νερό τροφοδοσίας διοχετεύεται στα τυλιγμένα φύλλα, διεισδύει μέσω της μεμβράνης και συλλέγεται στο κέντρο του σωλήνα. Μπορούν να τυλιχθούν έως και 26 φάκελοι μεμβρανών στον κεντρικό σωλήνα σε μορφή κυλίνδρου, που χωρίζονται μεταξύ τους από πλαστικά πλέγματα.

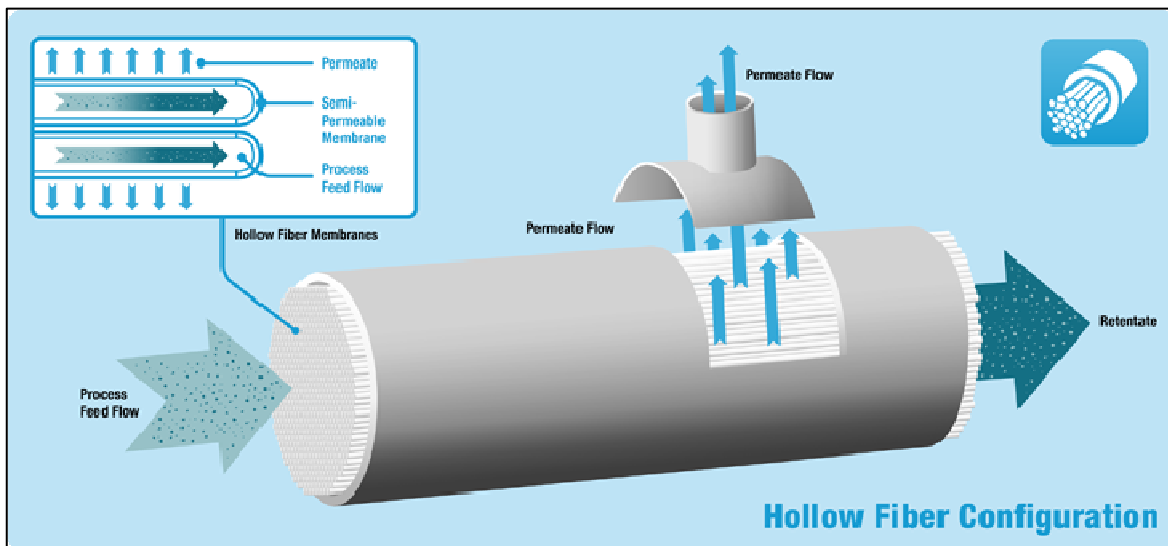
Γενικά χρησιμοποιούνται 2-6 στοιχεία σε κάθε δοχείο πίεσης που είναι τοποθετημένα εν σειρά και έχουν μήκος περίπου 1 μέτρο και διάμετρο 10 - 60 εκατοστά.

Αυτός ο τύπος έχει μέτρια αντίσταση ρύπανσης αλλά χαμηλό κόστος κεφαλαίου και λειτουργίας γι αυτό χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης.

➤ **Τα στοιχεία κοίλων ινών** αποτελούνται από μεγάλο αριθμό λεπτών κοίλων ινών, τοποθετημένες σε ένα δοχείο πίεσης ανά δεσμίδες, που η κάθε δεσμίδα μπορεί να περιέχει από 45 έως 3000 κοίλες ίνες. Το νερό τροφοδοσίας διασχίζει το εξωτερικό

των ινών και το αφαλατωμένο νερό μεταφέρεται μέσω των κοίλων ινών στο άκρο του δοχείου όπου και συλλέγεται. Αντίστοιχα η άλμη εξέρχεται από διαφορετικό σημείο του δοχείου χωρίς να έρχεται σε επαφή με το καθαρό νερό.

Τα στοιχεία κοίλων ινών δεν παρέχουν στροβιλώδη ή ομοιόμορφη ροή σε όλη την επιφάνεια των ινών κάνοντάς τα πιο επιρρεπή στη ρύπανση. Είναι λοιπόν δύσκολο να καθαριστούν εξαιτίας της αδυναμίας του καθαριστικού να εισχωρήσει στην περιοχή της ρύπανσης.



Εικόνα 23: Απεικόνιση στοιχείου κοίλων ινών



Εικόνα 24: Εγκάρσια τομή κοίλης ίνας – στοιχείου κοίλων ινών

## στ) ηλεκτροδιάλυση (*electrodialysis*)

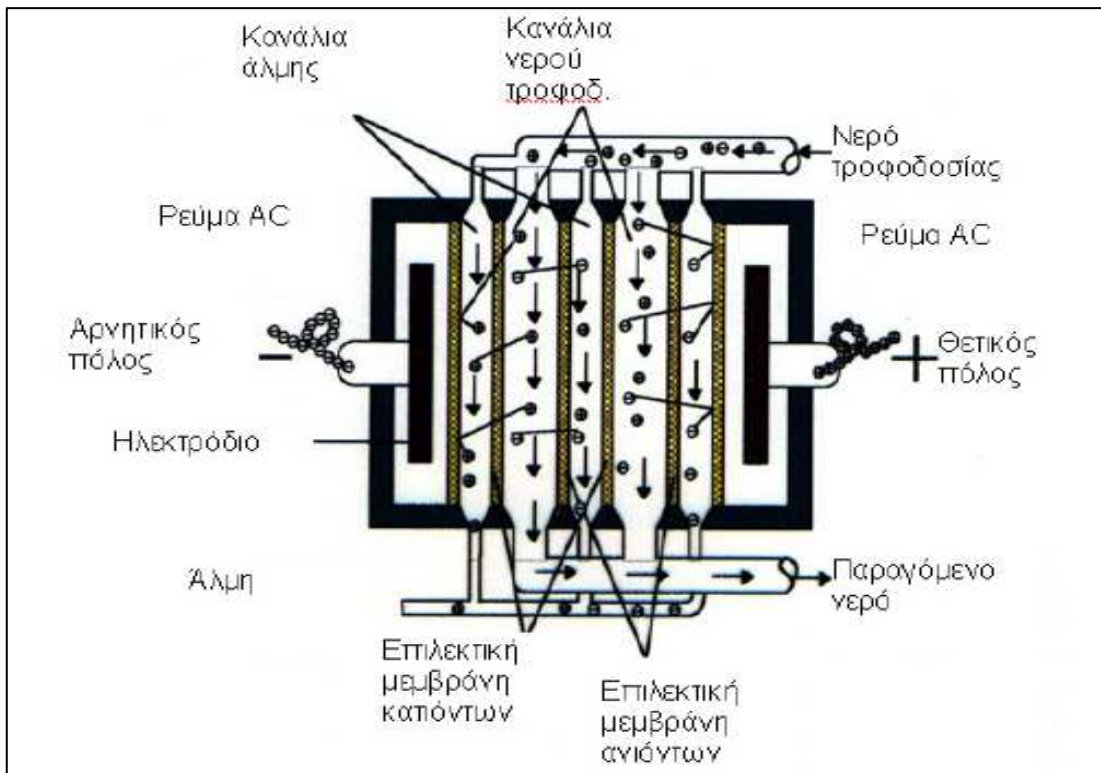
Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για τον διαχωρισμό ιόντων από ένα υδατικό διάλυμα. Η ηλεκτροδιάλυση διάφερε από τις άλλες μεθόδους διαχωρισμού με χρήση μεμβρανών στο ότι η “κινούσα δύναμη” του διαχωρισμού δεν είναι η διαφορά πίεσης ή η διαφορά συγκέντρωσης αλλά η διαφορά του ηλεκτρικού δυναμικού που εφαρμόζεται.

Για την ηλεκτροδιάλυση χρησιμοποιούνται μεμβράνες διαπερατές μόνο από ανιόντα ή κατιόντα οι οποίες τοποθετούνται εναλλάξ και παράλληλα σχηματίζοντας διαμερίσματα εύρους 1mm. Στην εικόνα δίνεται σχηματικά η διάταξη των μεμβρανών.

Ένα σύστημα ηλεκτροδιάλυσης περιέχει 100-400 μεμβράνες, επιφάνειας 0,5-2 m<sup>2</sup>.

Η απαιτούμενη ένταση ρεύματος είναι 100A στα 150V. Το προς επεξεργασία διάλυμα διοχετεύεται διαμέσου των διαμερισμάτων που σχηματίζουν οι μεμβράνες, οπότε υπό την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου τα κατιόντα οδεύουν προς την κάθοδο και τα ανιόντα προς την άνοδο. Όμως τα κατιόντα διέρχονται μόνο από τις μεμβράνες κατιόντων και ανακλώνται από τις μεμβράνες ανιόντων ενώ το αντίστροφο ισχύει για τα ανιόντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη απομάκρυνση των ιόντων από ορισμένα διαμερίσματα και την αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων στα εναλλακτικά γειτονικά τους διαμερίσματα. Το ελεύθερο ιόντων διάλυμα (αφαλατωμένο νερό) λαμβάνεται ως ένα προϊόν, ενώ το συμπυκνωμένο διάλυμα (άλμη) ως άλλο προϊόν.

Η διάταξη των μεμβρανών σε συνδυασμό με την ταχύτητα ροής της τροφοδοσίας του διαλύματος σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η επίδραση της πόλωσης συγκέντρωσης στην απόδοση της διεργασίας. (Σαββάκης)



Εικόνα 25 : Σχηματική απεικόνιση της ηλεκτροδιάλυσης

### ζ) Αντίστροφη Ηλεκτροδιάλυση (Reverse Electrodialysis)

Στις αρχές του 1970, εισήχθη στη αγορά μια τροποποίηση της ηλεκτροδιάλυσης, η αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση. Μια μονάδα αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης λειτουργεί με την ίδια αρχή όπως μια πρότυπη μονάδα ηλεκτροδιάλυσης, εκτός του ότι τόσο το προϊόν όσο και τα κανάλια της άλμης είναι πανομοιότυπα σε κατασκευή.

Αρκετές φορές μέσα σε μια ώρα, η πολικότητα των ηλεκτροδίων αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το κανάλι της άλμης και η ροή του καναλιού του παραγόμενου νερού ενεργοποιούνται. Αμέσως μετά την αντιστροφή της πολικότητας και της ροής, τα ιόντα έλκονται προς την αντίθετη κατεύθυνση κατά μήκος της στοίβας



της μεμβράνης και το νερό που παράγεται χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της στοιβας και των γραμμών.

Μετά την έκλυση και για μερικά λεπτά, η μονάδα επανέρχεται στην παραγωγή νερού. Η έκλυση επιτρέπει στη μονάδα να λειτουργεί με λιγότερα χημικά προεπεξεργασίας και ελαχιστοποιεί την ρύπανση της μεμβράνης. Οι μονάδες αντίστροφης ηλεκτροδιάλυσης μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και αν η θολότητα του νερού τροφοδοσίας είναι υψηλή και είναι λιγότερο επιρρεπείς σε βιορύπανση σε σχέση με τις μονάδες αντίστροφης όσμωσης. Η κύρια απαίτηση ενέργειας είναι το συνεχές ρεύμα που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των ιόντων στην στοιβία των μεμβρανών. Ηλεκτροδιάλυση και αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό κλάσμα (λιγότερο από ένα τοις εκατό) της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας αφαλάτωσης.

## ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

### **η) Ιοντοανταλλαγή ( Ion- Exchange)**

Οι μέθοδοι ανταλλαγής ιόντων χρησιμοποιούν ρητίνες για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων ιόντων στο νερό. Για παράδειγμα οι ρητίνες ανταλλαγής κατιόντων χρησιμοποιούνται σε σπίτια και δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού για την απομάκρυνση του ασβεστίου και των ιόντων μαγνησίου σε “σκληρό” νερό.

Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, τόσο πιο συχνά πρέπει να αντικατασταθούν οι πολυδάπανες ρητίνες, κάνοντας την όλη διαδικασία οικονομικά ασύμφορη σε σύγκριση με την αντίστροφη όσμωση RO και την Ηλεκτροδιάλυση ED.

Όμως, οι μέθοδοι αυτές έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές, σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις και για μικρής κλίμακας συστήματα.

Έτσι, κάποια μέθοδος ανταλλαγής ιόντων χρησιμοποιείται μερικές φορές για τον τελικό καθαρισμό των υδάτων που το μεγαλύτερο μέρος της περιεκτικότητάς τους σε αλάτι είχε αφαιρεθεί από διαδικασίες αντίστροφης όσμωσης RO ή ηλεκτροδιάλυσης ED.

## **θ) Πάγωμα (Freezing)**

Η αφαλάτωση με ψύξη εκμεταλλεύεται την αδιαλυτότητα των αλάτων στον πάγο. Όταν σχηματιστούν κρύσταλλοι πάγου, τα διαλυμένα άλατα αποκλείονται φυσικώς. Εάν οι καθαροί κρύσταλλοι πάγου που προκύπτουν μπορούν να διαχωριστούν από την άλμη, τότε μπορεί να παραχθεί αφυδατωμένο νερό.

Η μέθοδος ψύξης απέτυχε κυρίως γιατί δεν έγινε δυνατόν να σχηματιστούν μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου.

Εκτεταμένες εργασίες έγιναν στη δεκαετία του 1950 και του 1960 σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας αφαλάτωσης με ψύξη. Η ψύξη έχει κάποια θεωρητικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την απόσταξη. Χαμηλή ενεργειακή απαίτηση, ελάχιστη πιθανότητα για διάβρωση κ.α. Μεταξύ των μειονεκτημάτων, ωστόσο, είναι η δυσκολία του χειρισμού και της επεξεργασίας του μίγματος πάγου νερού. Ένας μικρός αριθμός μονάδων επίδειξης έχουν κατασκευαστεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών, αλλά, εκτός από την επεξεργασία ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων, η διαδικασία ποτέ δεν έχει αποδειχθεί εμπορικώς εφικτή.

## **ι) Υβριδικές μέθοδοι (Methane Hydrate Crystallization)**

Οι υβριδικές μέθοδοι αφαλάτωσης, αποτελούν συνδυασμό διαφόρων μεθόδων, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα, με σκοπό καλύτερες αποδώσεις στην αφαλάτωση και μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Σύμφωνα με τους Almulia, Hamad και Gadalla δυο τεχνολογίες μπορούν να ενωθούν και να μειωθεί το συνολικό κόστος παραγωγής του νερού και του ηλεκτρισμού, όπως και έγινε σε ένα εργοστάσιο που κτίστηκε πρόσφατα στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Το συγκεκριμένο εργοστάσιο συνδυάζει δυο από τις θερμικές μεθόδους (Πολυβάθμια εξάτμιση και Πολυβάθμια εκτόνωση) με την αντίστροφη ώσμωση και έχει δυνατότητα παραγωγής 100εκατ. Γαλόνια τη μέρα, δηλαδή περίπου 400.000 m<sup>3</sup>/ημέρα.

Το συγκεκριμένο αυτό υβριδικό σύστημα χρησιμοποιεί την αντίστροφη ώσμωση κατά 40% στην παραγωγή φρέσκου νερού. Με το σύστημα αυτό η κατανάλωση καυσίμου μειώθηκε σε 115 τόνους/ώρα από 119 τόνους/ώρα που αυτό αυτόματα αντιστοιχεί σε ετήσια εξοικονόμηση 50-70 εκατ. \$ στο λειτουργικό κόστος. Ακόμα μειώθηκαν οι απαιτήσεις σε νερό τροφοδοσίας από 188.000 m<sup>3</sup>/ώρα σε 140.000 m<sup>3</sup>/ώρα, για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας φρέσκου νερού.

## **2.3 Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης**

Για την σωστή επιλογή μιας μεθόδου αφαλάτωσης πρέπει να σκεφτεί κανείς τις παρακάτω παραμέτρους:

- ✓ Την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας (αν είναι θαλασσινό ή υφάλμυρο)
- ✓ Την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου νερού
- ✓ Το κόστος επένδυσης
- ✓ Τη διαθεσιμότητα χώρου
- ✓ Τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας
- ✓ Τη διαθεσιμότητα και την εμπειρία του προσωπικού

**ΤΥΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ**

Μέθοδος	Νερό Τροφοδοσίας	Μορφή Ενέργειας	Παραγωγή Προϊόντος (m <sup>3</sup> /ημέρα)	Τύπος Ενέργειας	Κατανάλωση Ενέργειας	Κόστος Εγκατάστασης €/m <sup>3</sup> /ημέρα)
<b>MSF</b>	Θαλασσινό	Θερμική	1.000-60.000	Θερμική Ηλεκτρική	290 kJ/kg 4-6 KWh/m <sup>3</sup>	1000 – 2000
<b>MED</b>	Θαλασσινό	Θερμική	500 - 20.000	Θερμική Ηλεκτρική	270 KJ/k 2,5-3 KWh/m <sup>3</sup>	850 – 1750
<b>VC</b>	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25 - 2.500	Ηλεκτρική	8 – 15 KWh/m <sup>3</sup>	1000 – 2350
<b>SWRO</b>	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0,4- >70.000	Ηλεκτρική	< 5 KWh/m <sup>3</sup>	650 – 4400
<b>BWRO</b>	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2,5- >50.000	Ηλεκτρική	< 3 KWh/m <sup>3</sup> με ανάκτηση ενέργειας	300 – 2000
<b>ED</b>	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15- 50.000	Ηλεκτρική	0,5 – 3 KWh/m <sup>3</sup> 1,5 – 4 KWh/m <sup>3</sup>	1000 – 5000

Πινάκας Α: Σύγκριση των μεθόδων αφαλάτωσης

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει επικρατήσει γενικά στην αφαλάτωση του θαλασσινού και υφάλμυρου νερού. Αυτό οφείλεται στην αξιοπιστία της σε όλο το εύρος μεγεθών (από μερικά λίτρα μέχρι χιλιάδες κυβικά την μέρα) στην σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και στην συμπαγή, εύκολη και καθόλου χρονοβόρα κατασκευή της σε σχέση με άλλες μεθόδους.

Γενικά όλες οι μέθοδοι αφαλάτωσης χαρακτηρίζονται ως ενεργοβόρες αφού οι ανάγκες στους σε ενέργεια ενδεικτικά μπορούν να ξεπεράσουν τις 15 kWh/m<sup>3</sup> για τις μονάδες VC και τις 20 kWh/m<sup>3</sup> για μονάδες MSF.

Ακόμα η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης με τη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας έχει καταφέρει να μειώσει δραστικά την κατανάλωση ενέργειας περίπου στις 2,5 kWh/m<sup>3</sup> σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης. Στις μονάδες που δεν κάνουν χρήση των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας η κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στις 5-8 kWh/m<sup>3</sup>.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **3. Η ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

#### **3.1 Υπάρχουσα κατάσταση παγκοσμίως**

Η αφαλάτωση στις μέρες μας είναι μια συνηθισμένη διαδικασία που χρησιμοποιείται σε παραθαλάσσιες πόλεις, κωμοπόλεις και μεγάλα αστικά κέντρα σε όλο τον κόσμο. Και όπως όλα δείχνουν θα αποτελέσει τη μοναδική μελλοντική λύση για την υδροδότηση.

Στις μέρες μας υπάρχουν περίπου 15.000 μονάδες αφαλάτωσης σε 155 χώρες σε όλο τον κόσμο, με δυναμικότητα πάνω από 47 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά ημέρα. Αυτός ο αριθμός βέβαια συνεχίζει να αυξάνεται καθώς οι ερευνητές εργάζονται για τη βελτίωση της διαδικασίας, τόσο από άποψη αποτελεσματικότητας κόστους όσο και της ενεργειακής απόδοσης.

Το ήμισυ της δυναμικότητας αφαλάτωσης στον κόσμο είναι στη Μέση Ανατολή, σε ορισμένες από τις πιο άnuδρες περιοχές, ιδιαίτερα στα κράτη του Κόλπου, όπου το καθαρό πόσιμο νερό είναι δυσεύρετο. Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, οι οποίες κατατάσσονται δεύτερες στην παραγωγή του αφυδατωμένου νερού μετά τη Σαουδική Αραβία, έχουν σχεδόν 800 μονάδες αφαλάτωσης με δυναμικότητα περίπου ένα εκατομμύριο κυβικά μέτρα, παραγωγή που ισοδυναμεί με το 12% της δυναμικότητας του αφαλατωμένου νερού στον κόσμο.

Το Ισραήλ (όπως και άλλες χώρες της Μέσης Ανατολής) όντας σε κρίση λόγω της λειψυδρίας και των ανύπαρκτων πόρων γλυκού νερού, άρχισαν να δημιουργούν την πρώτη μονάδα αφαλάτωσης στο Ashkelon το 2000.

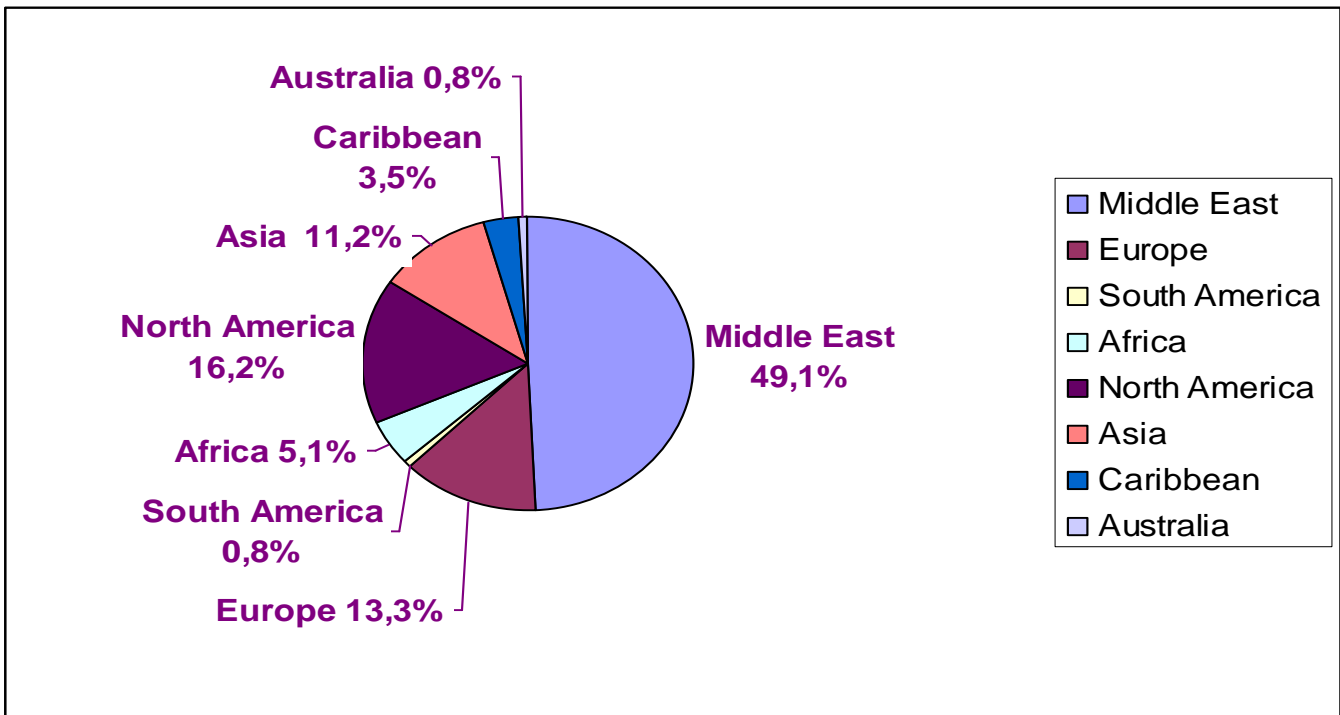
Η μονάδα αυτή θα προσφέρει στους καταναλωτές έως και 100 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το χρόνο, το οποίο είναι ισοδύναμο με περίπου 5-6% των εθνικών τους αναγκών σε νερό, και θα παρέχει το 13% των εγχώριων αναγκών των καταναλωτών της χώρας.

Η μονάδα αφαλάτωσης στο Ashkelon αναγνωρίστηκε το 2006 από τη διεθνή βιομηχανία νερού ως η μεγαλύτερη μονάδα αφαλάτωσης του κόσμου και το πιο προηγμένο στο είδος του.



*Εικόνα 26 : Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα του εργοστασίου αφαλάτωσης  
Ashkelon στο Ισραήλ*

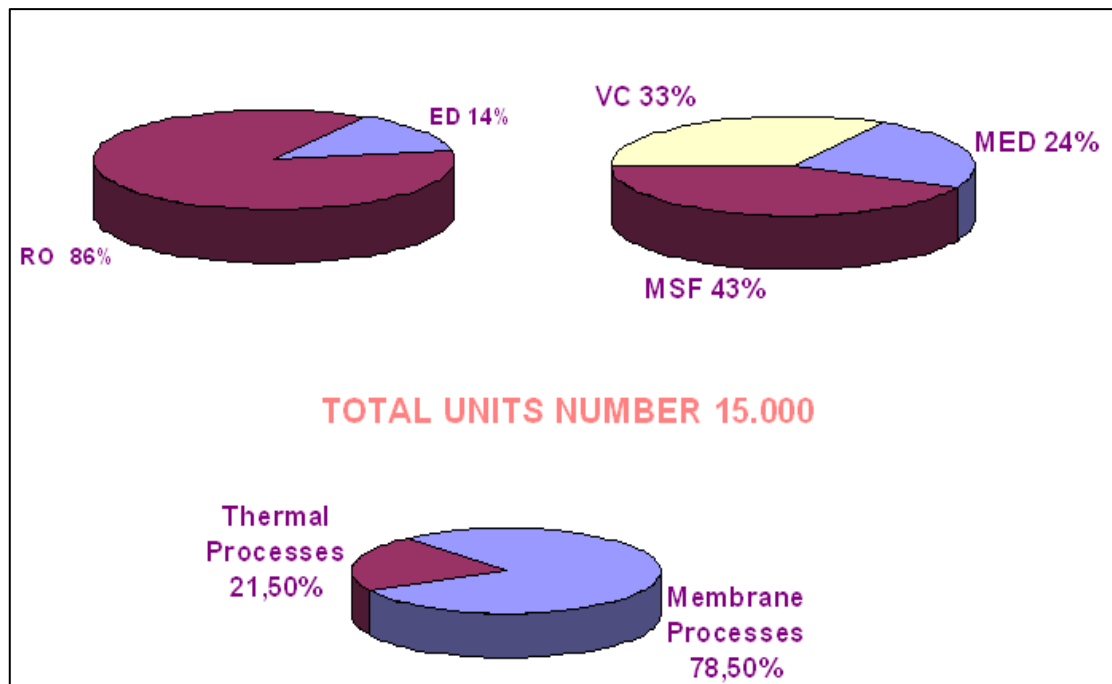
**ΠΗΓΗ:** Google Earth 2007



Εικόνα 27 : Υφιστάμενες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στον κόσμο

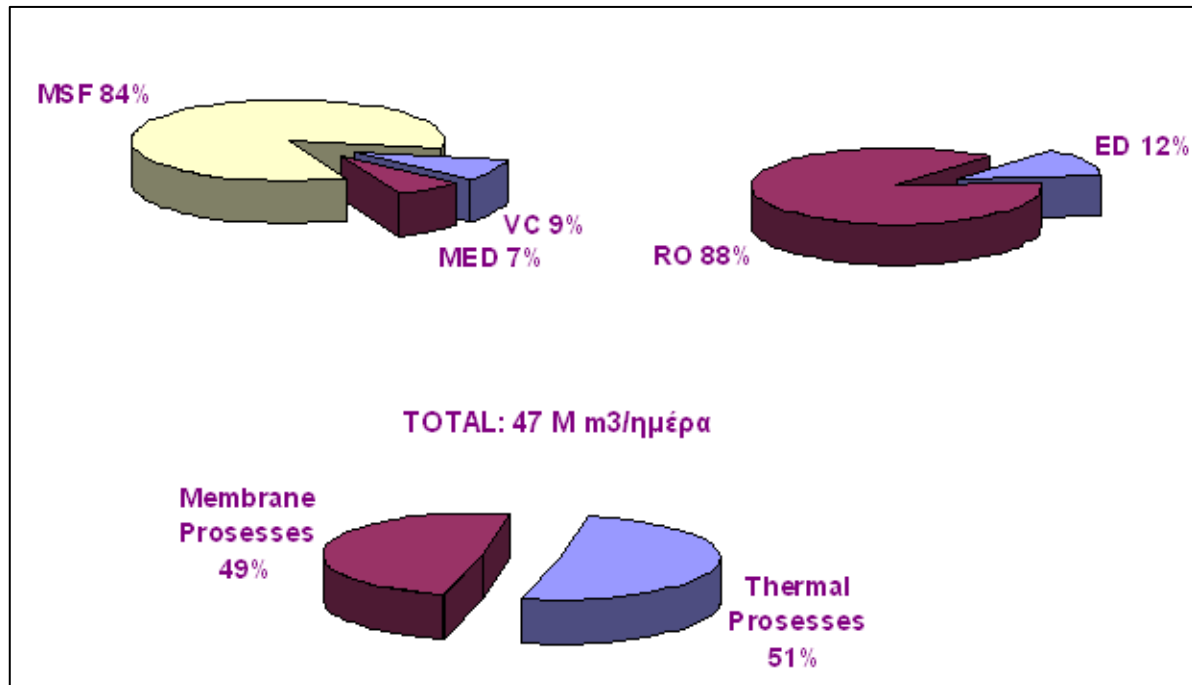
Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι αφαλάτωσης είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF) και η αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis, RO), καθεμιά απ' τις οποίες παράγει το 43% του παγκόσμιου προϊόντος. Παρ' ότι όμως αυτές οι μέθοδοι έχουν την ίδια παραγωγή, η αντίστροφη ώσμωση (RO) χρησιμοποιείται στο 68% των περιπτώσεων και μια τυπική μονάδα έχει μέση παραγωγή 1200m<sup>3</sup>/ημέρα, ενώ η πολυβάθμια εκτόνωση (MSF) χρησιμοποιείται σε ποσοστό μόλις 9% και μια τυπική μονάδα έχει μέση παραγωγή 8800 m<sup>3</sup>/ημέρα. Συνολικά, η πολυβάθμια εκτόνωση (MSF) και η αντίστροφη ώσμωση (RO) παράγουν το 86% της παγκόσμιας ποσότητας αφαλατωμένου νερού, η ηλεκτροδιάλυση ( Elektrodialysis, ED) το 6%, η συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC) το 4% και η πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple – Effect Distillation, MED) το 4%. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) απαντώνται στον Περσικό Κόλπο, ενώ στον υπόλοιπο κόσμο κυριαρχεί η αντίστροφη ώσμωση (RO). Τα Μεσογειακά κράτη, ανάμεσά τους και η Ελλάδα, στράφηκαν προς την RO τις δυο τελευταίες δεκαετίες. Συγκεντρωτικά τα παραπάνω:





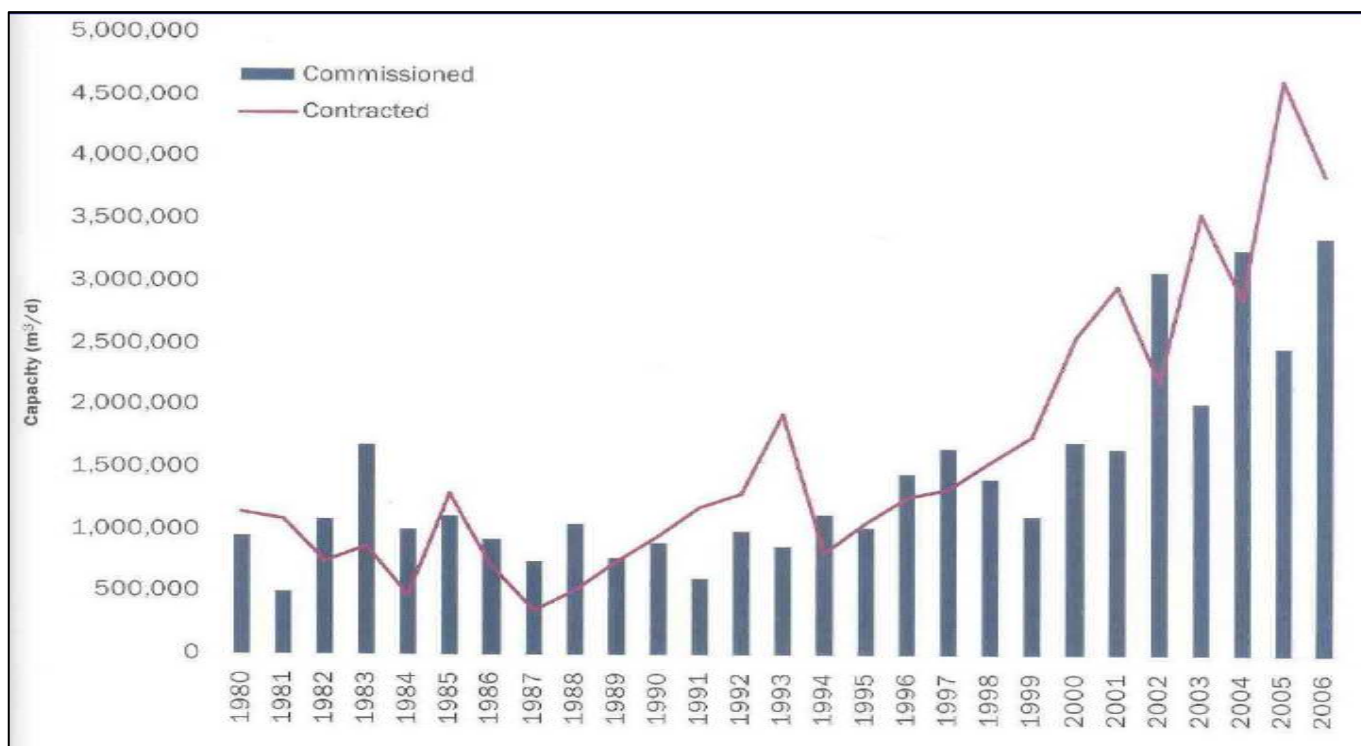
Εικόνα 28: Ποσοστό παγκοσμίως εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης που βασίζονται σε διεργασίες μεμβρανών και σε θερμικές διεργασίες για το έτος 2006

**ΠΗΓΗ:** Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π./Σχολή Μηχανολόγων Μηχ/κών, «Κάλυψη ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», Μουτάφης Παναγιώτης

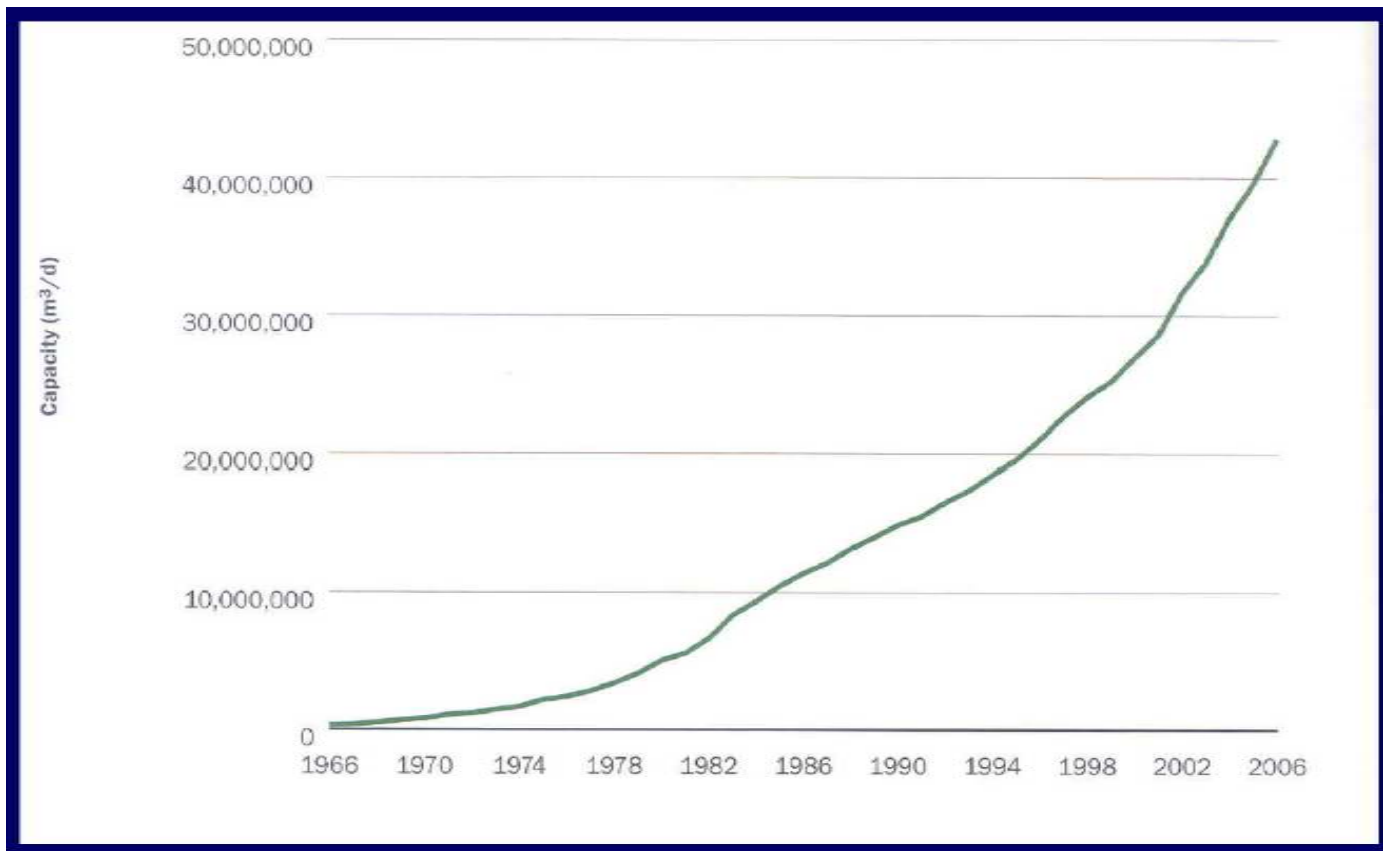


Εικόνα 29: Δυναμικότητα παγκοσμίως εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης που βασίζονται σε διεργασίες μεμβρανών και σε θερμικές διεργασίες για το έτος 2006

**ΠΗΓΗ:** Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π./Σχολή Μηχανολόγων Μηχ/κών, «Κάλυψη ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», Μουτάφης Παναγιώτης



Εικόνα 30 : Δυναμικότητα εγκατεστημένων μονάδων αφαλάτωσης παγκοσμίως 1980-2006 (Μανωλάκος 2009)



Εικόνα 31 : Εγκατεστημένη δυναμικότητα παγκοσμίως (m<sup>3</sup>/d) (Μανωλάκος 2009)

### ❖ **ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΠΕΡΣΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ**

Η Μέση Ανατολή σε γενικές γραμμές έχει αναγνωριστεί ως ο μεγαλύτερος παραγωγός του αφαλατωμένου νερού και ιδιαίτερα η περιοχή του Κόλπου, ξεχωρίζει για τον μεγαλύτερο αριθμό των υφιστάμενων μονάδων αφαλάτωσης σε όλο τον κόσμο.

Το Κουβέιτ ήταν η πρώτη χώρα στην περιοχή του Περσικού Κόλπου που κατασκεύασε μονάδα αφαλάτωσης με χρήση θαλασσινού νερού το 1953. Αρχικά με παραγωγή 3,1 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως από την αφαλάτωση θαλασσινού νερού το 1957, αλλά το ποσοστό αυτό αυξήθηκε μέχρι και 184 κυβικά μέτρα ανά έτος μέχρι το 1987.

Το Κατάρ ένα άλλο κράτος στην περιοχή του Περσικού Κόλπου, που έχει θεσπίσει την αφαλάτωσης ως κύρια πηγή γλυκού νερού για πόση και οικιακή χρήση. Το Κατάρ παράγει περίπου 150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα αφαλατωμένου γλυκού νερού ανά έτος, το εν λόγο ποσό του καθαρού νερού συμβάλλει παρέχοντας τα τρία τέταρτα της συνολικής ζήτησης νερού.

Η Σαουδική Αραβία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός στον κόσμο του αφαλατωμένου θαλασσινού νερού. Το Saline Water Conversion Office (SWCO) έχει κατασκευάσει είκοσι τέσσερις μονάδες αφαλάτωσης σε όλη την ακτή της Σαουδικής Αραβίας, συμπεριλαμβανομένων των δώδεκα μεγάλων μονάδων στη δυτική ακτή της Ερυθράς Θάλασσας και άλλων τριών στην ανατολική ακτή του Περσικού Κόλπου.

Σύμφωνα με SWCO στις αρχές αυτού του αιώνα είκοσι επτά μονάδες παρέχουν στο Βασίλειο της Σαουδικής Αραβίας 814 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό την ημέρα για να εφοδιάζουν τα μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα με φρέσκο νερό. Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού καλύπτει το 70% της ζήτησης πόσιμου νερού στη Σαουδική Αραβία.

Οι κυριότερες τρεις μονάδες αφαλάτωσης στη Σαουδική Αραβία βρίσκονται στο Al-Jubail και στο Al-Khobar στην περιοχή του Περσικού Κόλπου και στο Shoaiba στην ακτή της Ερυθράς Θάλασσας. Αυτά τα τρία εργοστάσια εφοδιάζουν τρεις μεγάλες πόλεις της Σαουδικής Αραβίας (Riyadh, Dammam and Jeddah), με πόσιμο νερό συνολικής δυναμικότητας μεγαλύτερης από 400 εκατομμύρια γαλόνια ανά ημέρα.



Εικόνα 32 : Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα της μονάδας αφαλάτωσης Al-Jubail στην ανατολική ακτή της Σαουδικής Αραβίας. ΠΗΓΗ: Google Earth 2007



Εικόνα 33: Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα της μονάδας αφαλάτωσης στην Shoaiba στη δυτική ακτή της Σαουδικής Αραβίας ΠΗΓΗ: Google Earth 2007



Εικόνα 34: Παρουσιάζει μια δορυφορική εικόνα για Al-Khobar μονάδας αφαλάτωσης στην ανατολική ακτή της Σαουδικής Αραβίας. ΠΗΓΗ: Google Earth 2007

## ❖ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Όπως και στις περισσότερες χώρες σε όλο τον κόσμο, έτσι και η Αυστραλία αντιμετωπίζει ένα μείζον θέμα στη ζήτηση για καθαρό νερό. Δεν είναι μόνο η ξηρότερη κατοικημένη ήπειρος στον κόσμο, αλλά και ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού ανά κάτοικο. Οι Αυστραλοί χρησιμοποιούν περισσότερα από 980 κυβικά μέτρα γλυκού νερού ανά άτομο ετησίως για διάφορους σκοπούς. Επί του παρόντος, οι περισσότερες από τις μεγάλες αστικές πόλεις σε όλη την Αυστραλία αναζητούν νέες πολιτικές και περιορισμούς που

αποσκοπούν στη μείωση της χρήσης του νερού κατά 20 τοις εκατό ή περισσότερο με την πάροδο του χρόνου. Οι τελευταίες δυο δεκαετίες γενικά, και ιδιαίτερα αυτή, έχουν αναδείξει ένα σοβαρό πρόβλημα έλλειψης νερού σε αρκετές περιοχές της Αυστραλίας. Σχεδόν όλες οι πολιτείες της Αυστραλίας έχουν επιβάλει τα πιο σκληρά μέτρα για να περιοριστεί η χρήση του νερού στη βιομηχανία και τους κατοίκους από το 1970. Επίσης έχει παρατηρηθεί και μια σημαντική μείωση του μέσου όρου των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών στην Αυστραλία γενικά, και στη Δυτική Αυστραλία, ιδιαίτερα.

Σαν λύση λοιπόν σε αυτά τα προβλήματα προτάθηκε η κατασκευή δυο μεγάλων μονάδων αφαλάτωσης. Μια στο Πέρθ και μια στο Σίδνεϊ.

### ➤ **ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΘ**

Η πρώτη μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση που κατασκευάστηκε στην Αυστραλία ήταν η Μονάδα Αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στη Kwinana, της Δυτικής Αυστραλίας, 25 περίπου χλμ νότια της πόλης Πέρθ.

Το εργοστάσιο αυτό είναι το μεγαλύτερο του είδους του στο νότιο ημισφαίριο και είναι σε θέση να παράγει περίπου 45 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος και με μια αρχική ημερήσια παραγωγική ικανότητα 140.000 m<sup>3</sup>/ημερα με στόχο την επέκταση στα 250.000 m<sup>3</sup>/ημερα για την κάλυψη περίπου 17% των απαιτήσεων σε νερό του Πέρθ και την εξυπηρέτηση 1,5 εκατομμύριων πληθυσμού. Το γεγονός αυτό το καθιστά τη μεγαλύτερη μονάδα αφαλάτωσης στον κόσμο που τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αφού η ηλεκτρική ενέργεια για την εγκατάσταση δημιουργείται από ένα αιολικό πάρκο που παράγει 270 GWh / έτος στο γενικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, αντισταθμίζοντας τα 180 GWh / έτος που απαιτεί το εργοστάσιο αφαλάτωσης. Το συνολικό κόστος του έργου ήταν AUS \$387 εκατ., με ετήσιο λειτουργικό κόστος λιγότερο από \$20 εκατ. - λιγότερο από ένα δολάριο την εβδομάδα για κάθε νοικοκυριό.



Η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης υπεβλήθει στις πιο αυστηρές περιβαλλοντικές διαδικασίες έγκρισης που έχουν ποτέ επιβληθεί. Αυστηρά κριτήρια που καθορίζουν τη λειτουργία του και υπόκειται στο πιο εντατικό πρόγραμμα παρακολούθησης των ωκεανών σε σύγκριση με άλλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στον κόσμο.

Ως προϋπόθεση για τη συνέχιση της λειτουργίας της, η μονάδα αφαλάτωσης στο Πέρθ έχει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα περιβαλλοντικής παρακολούθησης, μέτρησης της λήψης του θαλασσινού νερού και της άλμη εκβολής.



*Εικόνα 35: Αεροφωτογραφία της μονάδας αφαλάτωσης στο Πέρθ της Αυστραλίας τον Οκτώβριο του 2006 ΠΗΓΗ: [www.wabusinessnews.com.au](http://www.wabusinessnews.com.au)*

## ➤ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΙΔΝΕΪ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η Αυστραλία και συγκεκριμένα το Σίδνεϋ αντιμετωπίζει έντονα προβλήματα ξηρασίας λόγω των χαμηλών βροχοπτώσεων και παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένα δίκτυο έντεκα φραγμάτων για τον εφοδιασμό του πληθυσμού του Σίδνεϋ, η στάθμη του νερού των φραγμάτων εξακολουθεί να είναι χαμηλή. Με την αύξηση του πληθυσμού και τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στις λεκάνες απορροής νερού του Σίδνεϋ, μια μονάδα αφαλάτωσης κρίθηκε ως ένα βασικό στοιχείο για την ασφάλεια της συνεχούς παροχής νερού στο Σίδνεϋ, ακόμη και σε έτη ξηρασίας.

Η μονάδα λοιπόν αφαλάτωσης του Σίδνεϋ που κατασκευάστηκε στην ακτή του Kurnell το 2010 είναι το τρίτο μεγάλο εργοστάσιο αφαλάτωσης κατασκευάστηκε στην Αυστραλία. Χρησιμοποιεί τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης και μεμβράνες διήθησης για να αφαιρέσει το αλάτι από το θαλασσινό νερό και τροφοδοτείται 100 τοις εκατό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ανανεώσιμη ενέργεια παρέχεται στο εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας από το Capital Wind Farm του Bungendore, στην Νέα Νότια Ουαλία.

Η τροφοδοσία του θαλασσινού νερού γίνεται από τη θάλασσα Tasman και το εργοστάσιο είναι σε θέση να εξυπηρετεί μέχρι και 1,5 εκατομμύρια άνθρωποι-15% των αναγκών σε νερό του Σίδνεϋ με συνολική δυναμικότητα 250 εκατ.

Λίτρα την ημέρα.

Το εργοστάσιο λειτουργούσε συνεχώς για τα δύο πρώτα έτη. Την 1η Ιουλίου 2012 όμως έκλεισε και όταν τα επίπεδα του φράγματος πέσουν στα κατώτατα όρια που έχουν καθοριστεί τότε, η μονάδα μπορεί να ξαναρχίσει, παρέχοντας έτσι τη μακροπρόθεσμη ασφάλεια του νερού.



Εικόνα 36 : Αεροφωτογραφία της μονάδας αφαλάτωσης στο Kurnell του Σίδνεϋ

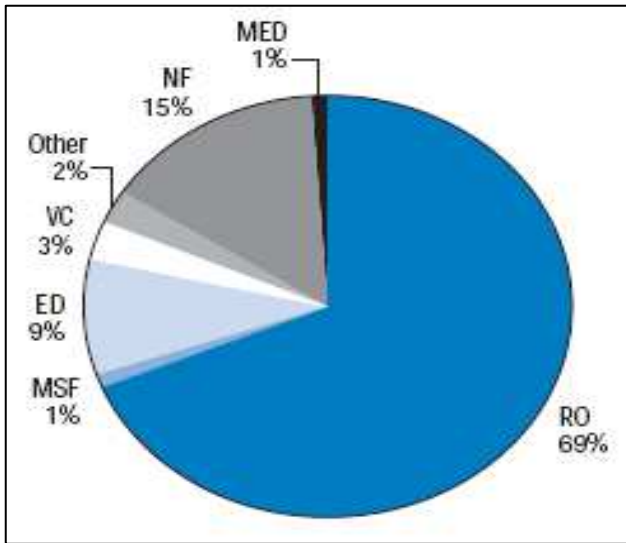
**ΠΗΓΗ:** *laperouse.info*

## ❖ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ

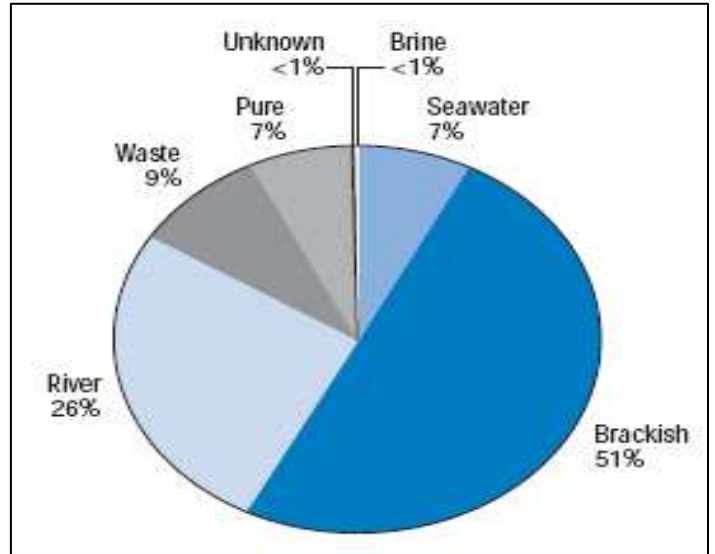
Μονάδες αφαλάτωσης έχουν κατασκευαστεί σε κάθε πολιτεία των ΗΠΑ. Μέχρι τον Ιανουάριο του 2005, πάνω από 2.000 μονάδες αφαλάτωσης μεγαλύτερες από 100 m<sup>3</sup> / d έχουν εγκατασταθεί ή έχει υπογραφεί σύμβαση. Η πηγή του νερού που επεξεργάζεται στις μονάδες των ΗΠΑ διαφέρει από εκείνη του υπόλοιπου του κόσμου. Περίπου το ήμισυ του συνόλου της δυναμικότητας των ΗΠΑ χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού. Είκοσι πέντε τοις εκατό του συνόλου της δυναμικότητας των ΗΠΑ

αφαλατώνει νερό του ποταμού, διαδικασία σχετικά εύκολη και οικονομικά αποδοτική για τη βιομηχανία, για μονάδα παραγωγής ενέργειας, ή για δημοτική χρήση. Ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο η μεγαλύτερη πηγή νερού είναι το θαλασσινό, στις ΗΠΑ λιγότερο από το 10% της παραγωγικής δυναμικότητας της χώρας, αφαλατώνεται. Η υπόλοιπη δυναμικότητα είναι κατά κύριο λόγο αφιερωμένη στην αφαλάτωση λυμάτων και καθαρού νερού για βιομηχανικούς σκοπούς.

Όπως και στο υπόλοιπο κόσμο, έτσι και στις ΗΠΑ η αντίστροφη ώσμωση (RO) είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία αφαλάτωσης και αντιπροσωπεύει σχεδόν το 70% της εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης. Ωστόσο, η δεύτερη πιο διαδεδομένη και συχνά χρησιμοποιημένη τεχνολογία αφαλάτωσης σε παγκόσμιο επίπεδο, η πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF) είναι ασυνήθιστη στις ΗΠΑ. Μόνο το 1% της συνολικής δυναμικότητας αφαλάτωσης των ΗΠΑ βασίζεται στην πολυβάθμια εκτόνωση (MSF). Αντίθετα, η νανοδιήθηση (NF) χρησιμοποιείται πολύ συχνά στις ΗΠΑ, αντιπροσωπεύοντας το 15% περίπου της συνολικής χωρητικότητας. Από τα 1,4 εκατ. m<sup>3</sup> / d του νερού που αφαλατώνεται σε όλο τον κόσμο με τη χρήση της νανοδιήθησης(NF), περίπου το 65% του ποσού (περίπου 0,89 εκατομμύρια m<sup>3</sup> / d) λαμβάνει χώρα στις ΗΠΑ.



Εικόνα 37: Δυναμικότητα αφαλάτωσης ΗΠΑ ανά διεργασία. **Ιανουάριος 2005**

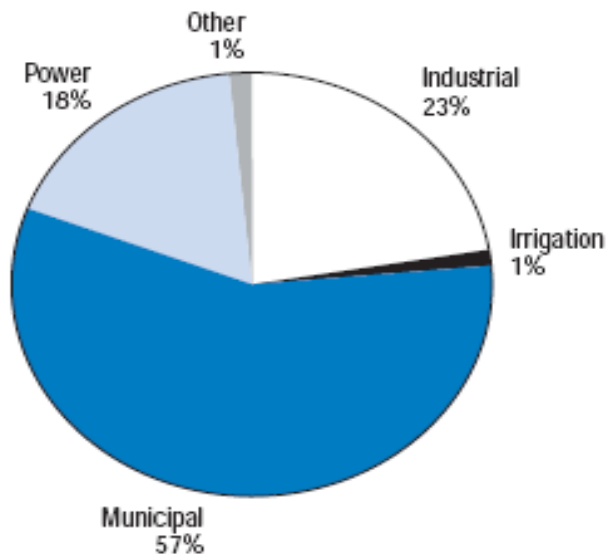


Εικόνα 38: Δυναμικότητα αφαλάτωσης ΗΠΑ ανάλογα με την πηγή. **Ιανουάριος 2005**

### ❖ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ

Όπως και στην υπόλοιπη χώρα, η αφαλάτωση ήταν ανέκαθεν ένα μικρό στοιχείο της ύδρευσης της Καλιφόρνιας. Η βάση δεδομένων Wangnick / GWI (2005) απαριθμεί περίπου 350 μονάδες αφαλάτωσης μεγαλύτερες από 100 m<sup>3</sup> / d που έχουν εγκατασταθεί ή έχει υπογραφεί σύμβαση στην Καλιφόρνια από το 1955, με εγκατεστημένη συνολική δυναμικότητα 870.000 m<sup>3</sup> / d (εκ των οποίων περίπου τα 150.000 m<sup>3</sup> / d αναφέρεται ως αφαλάτωση ωκεανών). Συγκριτικά, η εκτιμώμενη χρήση νερού στην Καλιφόρνια το 2000 ήταν 150 εκατ. m<sup>3</sup> / d για αστική και γεωργική χρήση. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης είναι μικρές βιομηχανικές μονάδες που παρέχουν υψηλής ποιότητας νερό για την λειτουργία των εγκαταστάσεων ή για την ψύξη. Όπως και στις υπόλοιπες περιοχές των ΗΠΑ, η εγκατεστημένη ισχύς της Καλιφόρνια φαίνεται στα χαρτιά να αυξάνεται σε περίπου 7% ετησίως.

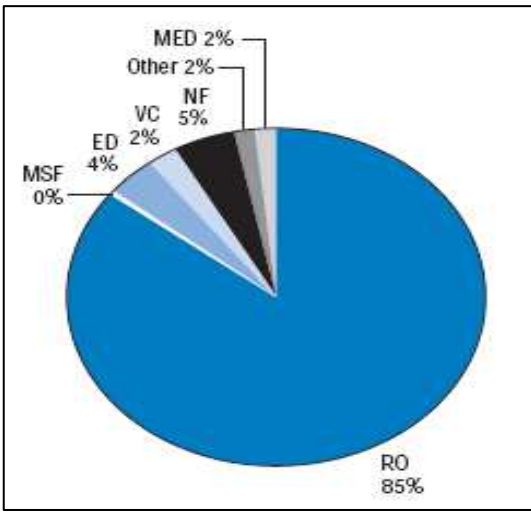
Στην πραγματικότητα, η δυναμικότητα αφαλάτωσης της Καλιφόρνια φαίνεται να είναι πολύ μικρότερη από αυτή που αναφέρθηκε στην βάση δεδομένων Wangnick / GWI. Σε έκθεσή της, η Επιτροπή των παράκτιων περιοχών της Καλιφόρνια (California Coastal Commission CCC), συνέταξε μια λίστα με τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που λειτουργούν σήμερα κατά μήκος της ακτής της Καλιφόρνια. Η λίστα της CCC απαριθμεί περίπου δέκα, ως επί το πλείστον μικρές, εγκαταστάσεις αφαλάτωσης κατά μήκος Ακτή της Καλιφόρνια, με συνολική χωρητικότητα 23.000 m<sup>3</sup> / d. Σχεδόν 57% της δυναμικότητας από την αφαλάτωση των ωκεανών σχεδιάστηκε όπως φαίνεται και στο σχήμα παρακάτω για δημοτική χρήση. Η βιομηχανική χρήση αντιπροσωπεύει το 23% της εγκατεστημένης συνολικής δυναμικότητας και οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν το 18% της εγκατεστημένης συνολικής δυναμικότητας στο να παράγουν πόσιμο νερό για τους λέβητες και τα συστήματα ψύξης.



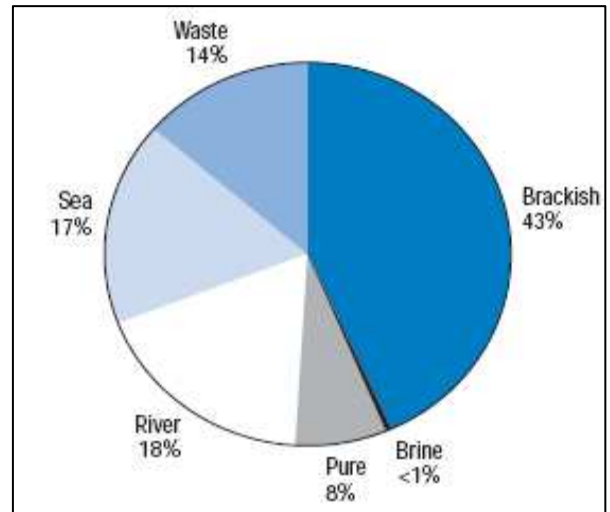
*Εικόνα 39: Χρήση της εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης.  
 Ιανουάριος 2005*

Το 85% της συνολικά εγκατεστημένης δυναμικότητας αφαλάτωσης της Καλιφόρνια χρησιμοποιεί τη διεργασία της αντίστροφης όσμωσης. Όπως και στις υπόλοιπες περιοχές των ΗΠΑ, η μεγαλύτερη πηγή τροφοδοσίας είναι το υφάλμυρο νερό, αντιπροσωπεύοντας το 43% της συνολικά εγκατεστημένης δυναμικότητας.

Το θαλασσινό νερό και τα λύματα, ωστόσο, είναι πιο σημαντικές πηγές τροφοδοσίας στην Καλιφόρνια από ό, τι σε άλλα κράτη λόγω της εγγύτητας της Καλιφόρνιας στον ωκεανό. Περίπου 150.000 m<sup>3</sup> / d, ή 17% της παραγωγικής ικανότητας που αναφέρθηκε, αποσκοπεί στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, σε αντίθεση με το 7% κατά μέσο όρο στην υπόλοιπη Αμερική. Περίπου το 14% της δυναμικότητας αφαλάτωσης στην Καλιφόρνια χρησιμοποιείται για αφαλάτωση λυμάτων, σε σύγκριση με μόνο το 9% κατά μέσο όρο στην υπόλοιπη Αμερική.



Εικόνα 40: Δυναμικότητα αφαλάτωσης της Καλιφόρνια ανά διεργασία. **Ιανουάριος 2005**



Εικόνα 41 : Δυναμικότητα αφαλάτωσης της Καλιφόρνια ανάλογα με την πηγή. **Ιανουάριος 2005**



Εικόνα 42: Φωτογραφία του εργοστασίου αφαλάτωσης Escondido που βρίσκεται στη νότια Ακτή της Καλιφόρνια.



### 3.2 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα

Αν και η αφαλάτωση θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στην Ελλάδα και ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το κόστος του παραγόμενου με αφαλάτωση νερού, δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Τη διετία 2004-2006 το ελληνικό Δημόσιο ξόδεψε για τη μεταφορά νερού στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου περίπου 25,5 εκατομμύρια ευρώ, με τη συνολική ποσότητα του νερού που μεταφέρθηκε να φτάνει στο 1.744.380 m<sup>3</sup> ετησίως. Με τα χρήματα αυτά θα είχαν κατασκευαστεί 15 μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, συνολικής παραγωγής 30.000 κυβικών μέτρων την ημέρα, και με κόστος παραγωγής φρέσκου νερού 0,4 ευρώ ανά κυβικό. Για παράδειγμα, η ποσότητα του νερού που μεταφέρθηκε το 2007 στα νησιά του Αιγαίου ήταν :

Island Group	Amount of water transported by tankers, m <sup>3</sup> /year	Unit Water cost €/m <sup>3</sup>
Cyclades islands	642.752.0	7.59
Dodecanese islands	1.101.628	4.88

Η συνολική ποσότητα νερού που μεταφέρθηκε φτάνει στα 1.744.380.0 m<sup>3</sup> ετησίως, με συνολικό κόστος 9.400.000.0 € περίπου. Μόνο το 2006 δαπανήθηκαν πάνω από 9,5 εκατ. ευρώ για μεταφορά νερού ενώ το 2010, το κόστος μεταφοράς του νερού έφτασε το 12,5 € / m<sup>3</sup>.

Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες στον τομέα της αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της δεκαετίας του '60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Σήμερα λειτουργούν στη χώρα μας και κυρίως στα νησιά όπου παρατηρείται έντονα το πρόβλημα της λειψυδρίας 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση Δήμων και Κοινοτήτων. Οι περισσότερες από αυτές τις μονάδες αφαλάτωσης ακολουθούν την τεχνολογία της αντίστροφης όσμωσης για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Η συνολική δυναμικότητα των μονάδων αφαλάτωσης που λειτουργούν στα νησιά εκτιμάται άνω των 30.000 m<sup>3</sup> ημερησίως. Το λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης των μονάδων αφαλάτωσης κυμαίνεται 0,30 - 2 €/ m<sup>3</sup>, ενώ οι περισσότερες μονάδες περιλαμβάνουν συσκευές ανάκτησης ενέργειας για τη μείωση των καταναλώσεων ενέργειας.

Όμως, η κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών δεν είναι παντού η ίδια: ποικίλλει από νησί σε νησί, καθώς σε αρκετά από αυτά τα μεγαλύτερα ή τα πιο προβεβλημένα, όπως η Σύρος, η Τήνος, η Μύκονος, η Σίφνος, η Σέριφος, η Κάρπαθος και βέβαια, η Κως και η Ρόδος έχουν γίνει σημαντικά έργα και παράλληλα έχουν στηθεί μονάδες αφαλάτωσης, με στόχο την αξιοποίηση του άφθονου θαλασσινού νερού. Όμως, κάποια άλλα μικρότερα όπως η Μήλος, η Κίμωλος, η Ηρακλεία, η Σχοινούσα, η Σύμη, η Χάλκη, η Μεγίστη, ακόμα κι η Πάτμος, βρίσκονται κυριολεκτικά στο έλεος του Θεού, καθώς οι ανάγκες καλύπτονται από μικρής έκτασης έργα και δεξαμενές, των οποίων η απόδοση εξαρτάται άμεσα από τις βροχές, και από τη μεταφορά νερού, από αλλού.

Οι αφαλατώσεις σήμερα καλύπτουν περίπου το 4,1% της ζήτησης νερού ύδρευσης και 2% της ζήτησης αρδευτικού νερού σε διάφορα νησιά του Αιγαίου. Νησιά που διαθέτουν μονάδες αφαλάτωσης είναι: Λέρος, Νίσυρος, Σαντορίνη, Ίος, Μήλος, Σίφνος, Πάρος, Σύρος, Μύκονος, Τήνος, Κίμωλος, Οινούσες και Χίος. Για παράδειγμα, στη Θήρα εγκαταστάθηκε το 2009, μια μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αντίστροφης ώσμωσης,

δυναμικότητας 1000 κυβικών μέτρων την ημέρα και στη Νίσυρο λειτουργεί μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης υφάλμυρου νερού από το 1991 δυναμικότητας 800 κυβικών μέτρων την ημέρα.

Η αφαλάτωση νερού είναι μια διαδικασία που καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας. Όμως η συνεχιζόμενη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται τοπικά από τους αυτόνομους σταθμούς των νησιών (με πετρέλαιο) για αφαλάτωση θα έχει διπλές αρνητικές συνέπειες, αυξημένο κόστος και αύξηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης (κυρίως εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα). Για το λόγο αυτό οι μονάδες αφαλάτωσης που εγκαθίστανται στα Ελληνικά νησιά είναι αναγκαίο να τροφοδοτούνται με ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κάτι τέτοιο είναι απόλυτα εφικτό μιας και το Αιγαίο έχει πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό άρα οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά.

Τα νησιά μας προσελκύουν ήδη αρκετές χιλιάδες επισκεπτών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και οι κάθε είδους επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τουρισμό βιομηχανία, γεωργία, κτηνοτροφία καλούνται σήμερα να καλύψουν με ίδιους πόρους το αυξημένο κόστος για την εξασφάλιση φρέσκου νερού. Η εξασφάλιση υψηλής ποιότητας φρέσκου νερού μέσω αφαλάτωσης αναμένεται να μειώσει αρκετά το κόστος αυτό, βελτιώνοντας τις συνθήκες επιχειρηματικής δραστηριότητας. Επίσης, η εξασφάλιση πόσιμου νερού θα αναβαθμίσει το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών στην τουριστική βιομηχανία, ωφελώντας αντίστοιχα την τοπική οικονομία.

**Εγκατεστημένες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα**

Μονάδα	Έτος Κατασκευής (αρχικά)	Τύπος	Δυναμικότητα (m <sup>3</sup> /hr)	Αρχικό κόστος (10 <sup>6</sup> €)	Λειτουργικό κόστος (€)
Σύρος 1 <sup>η</sup> (Ερμούπολη)	1992	RO (SW)	800	0,589	1,25
Σύρος 2 <sup>η</sup> (Ερμούπολη)	1997	RO (SW)	800	1,482	1,25
Σύρος 3 <sup>η</sup> (Ερμούπολη)	2001	RO (SW)	2x250	0,346	1,00
Σύρος 4 <sup>η</sup> (Άνω Σύρος)	2000	RO (SW)	250	0,215	0,50
Σύρος 5 <sup>η</sup> (Άνω Σύρος)	2002	RO (SW)	500	0,40	0,50
Σύρος 6 <sup>η</sup> (Ερμούπολη)	2002	RO (SW)	4x500	0,313	1,00
Σύρος 7 <sup>η</sup> (Άνω Σύρος)	2005	RO (SW)	2x500	1,000	0,40
Σχοινούσα	2004	RO (SW)	100	0,120	0,70
Μύκονος (Κόρφου) νέα	2001	RO (SW)	3x650	1,276	0,50
Πάρος (Νάουσα)	2001	RO (SW)	1200	0,415	0,50
Τήνος (Παλαιά)	2001	RO (SW)	500	0,434	0,62
Τήνος (Νέα)	2005	RO (SW)	500	0,376	0,62
Οίας, Σαντορίνης 1 <sup>η</sup>	1994	RO	220		2,00
Οίας, Σαντορίνης 2 <sup>η</sup>	2000	RO	320	0,211	2,00
Οίας, Σαντορίνης 3 <sup>η</sup>	2002	RO	160		2,00
Σίφνος	2002	RO (BW)	500	0,224	3,50
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2000	RO (BW)	600	0,205	0,30
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	3x1000	0,710	0,26
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	500	0,200	0,26
Νίσυρος (Παλαιά)	1991	RO	300	0,572	
Νίσυρος (Νέα)	2002	RO	350	0,295	0,66
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 1 <sup>η</sup>	1981	RO	620	0,264	2,88
Ιθάκη, Κεφαλονιάς 2 <sup>η</sup>	2003	RO	520	0,587	0,58
Λέρου (ΔΕΥΑ)	2001	RO	200	0,074	0,13
Κασσωπαίων (Δήμος)	2001	RO	500	0,117	0,13
Ποσειδωνιάς (Δήμος) 2	2002	RO (SW)	2x250	0,464	0,56
Ποσειδωνιάς (Δήμος) 2	2005	RO (SW)	2x500	0,574	0,45
Αγίου Γεωργίου (Δήμος)	2002	RO	500	0,102	0,30
Παξών (Δήμος) 1 <sup>η</sup>	2005	RO	330	0,260	0,51
Παξών (Δήμος) 2 <sup>η</sup>	2005	RO	150	0,162	0,59
Παξών (Δήμος) 3 <sup>η</sup>	2007	RO (SW)	250	0,211	0,51
Δυστίων (Δήμος)	2006	RO (BW)	400	0,200	0,30
Σίφνος (Δήμος)	2007	RO (SW)	250		
Ιος (Δήμος)	2003	RO (SW)	1000		
Ιθάκη (Δήμος)	2005	RO (SW)	200	0,220	
Οινουσών (Δήμος)	2005	RO (SW)	500		
Πόρου (Δήμος)	2006	RO (BW)	1000	0,200	0,30

**ΠΗΓΗ:** Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π./Σχολή Μηχανολόγων Μηχ/κών, «Κάλυψη ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», Μουτάφης Παναγιώτης

## ❖ **Μονάδα αφαλάτωσης με χρήση αιολικής ενέργειας στη Μήλο**

Από το καλοκαίρι του 2007 έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στη Μήλο, μια μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 2.240 m<sup>3</sup> πόσιμο νερού ανά μέρα και έχει σχεδιαστεί να καλύψει όλες τις ανάγκες του νησιού, τόσο σε ετήσια βάση όσο και σε επίπεδο ημερήσιας αιχμής. Η μονάδα καλύπτει το 100% των αναγκών ύδρευσης του νησιού δηλαδή όλο το νερό που χρησιμοποιείται προέρχεται από την αφαλάτωση. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της μονάδας προέρχεται από μια ανεμογεννήτρια ισχύος 850kW που εγκαταστάθηκε για τον σκοπό αυτό, εξασφαλίζοντας μηδενική επιβάρυνση στο περιβάλλον και παράλληλα υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό σε χαμηλή τιμή. Η επένδυση αυτή στοιχίζει στο Δήμο Μήλου 1,8 ευρώ/m<sup>3</sup>, ενώ το νερό που έφερνε μέχρι πρόσφατα η υδροφόρα κόστιζε στο ελληνικό κράτος 8,5 ευρώ/m<sup>3</sup>.

Στα πλαίσια της επένδυσης προβλέπεται τα επόμενα χρόνια η επέκταση της μονάδας κατά 1000 m<sup>3</sup> / ημέρα για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών του νησιού σε ορίζοντα 20ετίας.

*Συγκεκριμένα, το σύνθετο αυτό έργο αποτελείται από:*

### ● **Τη μονάδα αφαλάτωσης**

Η μονάδα αντίστροφης όσμωσης αποτελείται από δυο πανομοιότυπες υπομονάδες των 1.120 m<sup>3</sup> / ημέρα, καθεμία εκ των οποίων έχει σχεδιαστεί με δυο συστοιχίες (trains) των 560 m<sup>3</sup> / ημέρα (σύνολο 4 συστοιχίες). Κάθε μια συστοιχία αποτελείται από 42 μεμβράνες υψηλής απόρριψης , χαμηλής ενέργειας.

Ο σχεδιασμός αυτός προσφέρει στο σύστημα σημαντική λειτουργική ευελιξία, αυξημένη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί με εντυπωσιακά χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και την ελάχιστη δυνατή χρήση χημικών.

Η άντληση του θαλασσινού νερού πραγματοποιείται μέσω τεσσάρων υποβρυχίων αντλιών, οι οποίες είναι εμβαπτισμένες σε δυο πηγάδια δακτυλίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με διάμετρο 2 μέτρα που έχουν κατασκευαστεί στην ακτή. Από τις τέσσερις αντλίες, αγωγοί από PVC με τα παρελκόμενα συστήματά τους (βάνες κλπ) οδηγούν το θαλασσινό νερό σε κολεκτέρ πλησίον των πηγαδιών και από κει μέσω του κεντρικού αγωγού προσαγωγής προς τις μονάδες αντίστροφης όσμωσης.

Το θαλασσινό νερό λοιπόν που αντλείται, περνάει από τα στάδια της προεπεξεργασίας, της αντίστροφης όσμωσης και της μετεπεξεργασίας για να αποθηκευτεί προσωρινά σε δεξαμενή εξισορρόπησης της παροχής, χωρητικότητας 100 m<sup>3</sup> . Η άλμη που απομένει απορρίπτεται στη θάλασσα σε κατάλληλο σημείο (μακριά από το σημείο άντλησης) το οποίο επιλέχτηκε βάση της ειδικής μελέτης διάχυσης που εκπονήθηκε. Η μονάδα είναι εξοπλισμένη με όλο τον απαιτούμενο ηλεκτρολογικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό με πληθώρα βοηθητικών συστημάτων όπως αυτόματη έκπλυση μεμβρανών και οργάνων ελέγχου σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (τιμές ροών, θερμοκρασίας, pH )

Το σύνολο του εξοπλισμού είναι εγκατεστημένο σε containers, ομαδοποιημένο σε δυο πλήρως αυτόνομες υπομονάδες, γεγονός που συντελεί στη εύκολη επεκτασιμότητά της ανάλογα με τις ανάγκες σε παραγωγή νερού.



*Εικόνα 43: Μονάδα αφαλάτωσης στη Μηλο*

**• Τη Δεξαμενή Λειτουργίας – Τροφοδότησης με το Καταθλιπτικό Αγωγό**

Το παραγόμενο νερό μεταφέρεται μέσω καταθλιπτικού αγωγού σε 4 δεξαμενές λειτουργίας- τροφοδότησης συνολικής χωρητικότητας 3000 m<sup>3</sup> που έχουν εγκατασταθεί σε ψηλότερο σημείο και συνδέονται με το δίκτυο ύδρευσης του νησιού.

Για τη μεταφορά του νερού από τη δεξαμενή των 100 m<sup>3</sup> στις 4 δεξαμενές λειτουργίας- τροφοδότησης χρησιμοποιείται αντλιοστάσιο που περιλαμβάνει τρεις όμοιες αντλίες (μια εφεδρική) με τις απαραίτητες δικλίδες και βαλβίδες αντεπιστροφής που λειτουργούν σε συνδυασμό με τις μονάδες αφαλάτωσης.

Οι τέσσερις δεξαμενές συνδέονται με τη δεξαμενή εξισορρόπησης μέσω καταθλιπτικού αγωγού.

### ● **Την Ανεμογεννήτρια**

Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης παράγεται από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, με την επέκταση του υφιστάμενου αιολικού πάρκου. Ουσιαστικά η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει η μονάδα αφαλάτωσης από το δίκτυο, αντισταθμίζεται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παρέχεται στο δίκτυο από την ανεμογεννήτρια.



### ● **Το ηλεκτρονικό Σύστημα Διαχείρισης - Λειτουργίας του σύνθετου Έργου Μονάδα Αφαλάτωσης - Ανεμογεννήτρια με το υπάρχον ηλεκτρικό σύστημα του νησιού.**

Κάθε υποσύστημα του έργου δηλαδή μονάδα αφαλάτωσης ανεμογεννήτρια ελέγχεται μέσω αυτόνομων συστημάτων. Επιπλέον για το συντονισμό των δυο συστημάτων και την κάλυψη των αναγκών του συστήματος πρόβλεψης και



διαχείρισης της Μονάδας Αφαλάτωσης και της Ανεμογεννήτριας, έχει εγκατασταθεί ένα πρωτοποριακό κεντρικό σύστημα τηλεέγχου – τηλεχειρισμού το οποίο έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει όλες τις ανάγκες πρόβλεψης, λειτουργίας και διαχείρισης της μονάδας Αφαλάτωσης, των Κεντρικών Δεξαμενών Λειτουργίας καθώς και της Ανεμογεννήτριας και να επιτυγχάνει το βέλτιστο συνδυασμό αυτών των δυο συστημάτων. Το σύστημα αυτό συλλέγει στοιχεία και εκτελεί σενάρια λειτουργίας έχοντας πάντα σαν κύριο στόχο τη βέλτιστη διαχείριση της ανεμογεννήτριας και της μονάδας αφαλάτωσης.



Εικόνα 44 : Εγκαταστάσεις της μονάδας αφαλάτωσης Μήλου

**Τεχνολογίες αφαλάτωσης νερού**  
Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από  
την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων  
αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση



Εικόνα 45 : Άποψη από το εσωτερικό της μονάδας αφαλάτωσης



Εικόνα 46 : Δυο όμοιες συστοιχίες 560 m<sup>3</sup> /ημέρα η καθεμία



Εικόνα 47 : Καταθλιπτικός αγωγός και δεξαμενες

Συνολικός Προϋπολογισμός Έργου	4.800.000 €	Έργα υποδομής, Μονάδα Αφαλάτωσης (και επέκτασή της), Δεξαμενές, δίκτυο, Α/Γ, SCADA
Ίδια κεφάλαια	30%	ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΗΛΟΥ Α.Ε
Δάνειο	25%	Εμπορική Τράπεζα
Επιδότηση	45%	ΕΠΑΝ Μέτρο 6.3 & Αναπτυξιακός
Ετήσια Παραγωγή νερού	> 450.000	m <sup>3</sup>
Ειδική κατανάλωση ενέργειας	2,5 kWh/m <sup>3</sup>	Μονάδα αφαλάτωσης μόνο
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας	4,0 kWh/m <sup>3</sup>	ΜΑ & αντλίες θαλασσινού νερού & αντλίες μεταπρώθησης
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ	~ 1.900.000	kWh / έτος
Κόστος νερού για το Δήμο Μήλου	1,8	€/m <sup>3</sup>

Εικόνα 48: Το έργο της Μήλου σε αριθμούς.

**> 950.000 m<sup>3</sup> πόσιμο νερό έχουν ήδη διοχετευθεί στο δίκτυο**

## ❖ **ΥΔΡΙΑΔΑ: Η πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης**

Πρόκειται για την πρώτη στον κόσμο πλωτή πλατφόρμα που διαθέτει ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά συστήματα, που παράγουν την ενέργεια που χρειάζεται για να μετατρέπει το θαλασσινό νερό σε πόσιμο.

Εκμεταλλεούμενοι τη σημαντική ηλιοφάνεια στα ελληνικά νησιά και την έντονη παρουσία των ανέμων που επικρατούν σε αυτά, Έλληνες και ξένοι επιστήμονες πραγματοποίησαν τη σχεδίαση και τη 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.



*Εικόνα 49 : Η πλωτή αυτόνομη παραγωγική και κυρίως οικολογική, αφού λειτουργεί μονάχα με την ενέργεια την οποία εξασφαλίζει η ενσωματωμένη ανεμογεννήτρια, μονάδα αφαλάτωσης μπορεί να μεταφερθεί, με τη βοήθεια ρυμουλκού, σε οποιοδήποτε νησί χρειάζεται μόνιμη ή πρόσκαιρη ενίσχυση του διαθέσιμου πόσιμου νερού.*

**ΠΗΓΗ:** Διαδίκτυο- Ριζόπουλος Γιάννης, *Pathfinder* τεχνολογείν: «Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά», Νοέμβριος 2007

Ο συνολικός προϋπολογισμός για τη δημιουργία αυτής της πρώτης μονάδας, στην οποία δόθηκε το όνομα Υδριάδα επηρεασμένο από την ελληνική μυθολογία, (οι Υδριάδες ήταν Νύμφες των γλυκών νερών) έφτασε τα 2,8 εκατ. €, όμως, το κόστος για τις επόμενες αντίστοιχες υπολογίζεται ότι δεν πρόκειται να ξεπεράσει τα 700.000 €. Οι μελέτες των επιστημόνων τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου τομέα, ξεκίνησαν το 2003 και διήρκεσαν περίπου 2,5 χρόνια ενώ η κατασκευή του συστήματος διήρκεσε περίπου 6 μήνες. Έχει δυνατότητα παραγωγής ποσίου νερού 70 m<sup>3</sup>/ημ., ποσότητα ικανή να καλύψει πλήρως τις ανάγκες περίπου 300 ατόμων και μπορεί να λειτουργήσει υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Η κατασκευή έχει το ύψος μιας 10όροφης πολυκατοικίας και ζυγίζει 150 τόνους. Στην κατασκευή συμμετείχαν οι παρακάτω φορείς: Πανεπιστήμιο Αιγαίου (ανάδοχος), ΤΕΧΝΑΒΑ ΑΕ, Reflection ΕΠΕ, Algosystems ΑΕ, Lamda Shipyrads ΑΕ, ΠΙΣΕΥ, ΚΑΠΕ, Ι. Κουιμάνης & Συνεργάτες, περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Ελληνικός Νηογνώμονας ΑΕ.



*Εικόνα 50 : Κατασκευή Υδριάδας*

**ΠΗΓΗ:** Διαδίκτυο- Ριζόπουλος Γιάννης, Pathfinder technologein: «Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά», Νοέμβριος 2007

Όσο πρωτότυπη και αν ήταν η κατασκευή άλλο τόσο δύσκολη αποδείχτηκε στην κατασκευή. Έπρεπε να δοθούν καινοτόμες λύσεις σε πολλά προβλήματα και να ξεπεραστούν ουκ ολίγα.

Η πλωτή κατασκευή με την ενσωματωμένη ανεμογεννήτρια έπρεπε να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε τα αρκετά μπόφορ του Αιγαίου να μην επηρεάζουν τη λειτουργία της.

θα πρέπει να παραμένει 'ακίνητη' κάτω από τις πλέον δύσκολες καιρικές συνθήκες, ώστε να μπορεί να λειτουργεί η ανεμογεννήτρια η οποία χρησιμοποιεί τις πιο προηγμένες τεχνολογικά συνιστώσες στην παγκόσμια αγορά. Η μονάδα αυτή καθίσταται δυνατόν να μεταφέρεται και να αγκυροβολεί σε νησιά προκειμένου να τα τροφοδοτεί με πόσιμο νερό.

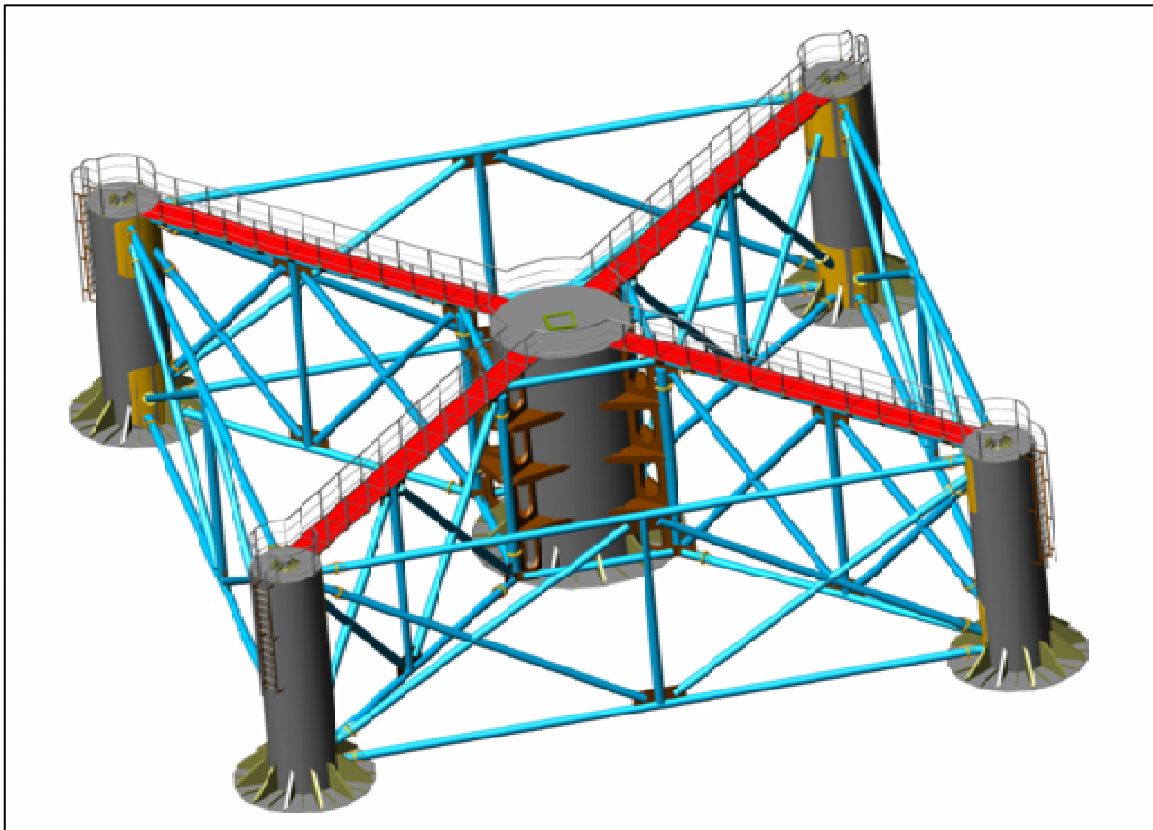


*Εικόνα 51 : Ναυπήγηση Υδριαδας*

**ΠΗΓΗ:** Διαδίκτυο- Ριζόπουλος Γιάννης, Pathfinder τεχνολογείν: «Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά», Νοέμβριος 2007

Η πλωτή κατασκευή αποτελείται από 4 περιφερειακούς κυλινδρικούς πλωτήρες και έναν κεντρικό που συνδέονται με κατάλληλο δικτύωμα ώστε σε συνδυασμό με τη γεωμετρία του να ελαχιστοποιείται η επίδραση των κυμάτων επ' αυτής. Μέσα στον κεντρικό πλωτήρα, στους 3 ορόφους του, βρίσκονται εγκατεστημένα όλα τα συστήματα.

Στον έναν όροφο υπάρχει το "εργοστάσιο" αφαλάτωσης, που βασίζεται στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Στον άλλον όροφο έχει εγκατασταθεί το κέντρο ελέγχου του συστήματος με τα ηλεκτρολογικά/ηλεκτρονικά συστήματα και τους αυτοματισμούς (για τοπική και απομακρυσμένη λειτουργία) και ο κάτω όροφος χρησιμοποιείται ως δεξαμενή αποθήκευσης πόσιμου νερού.

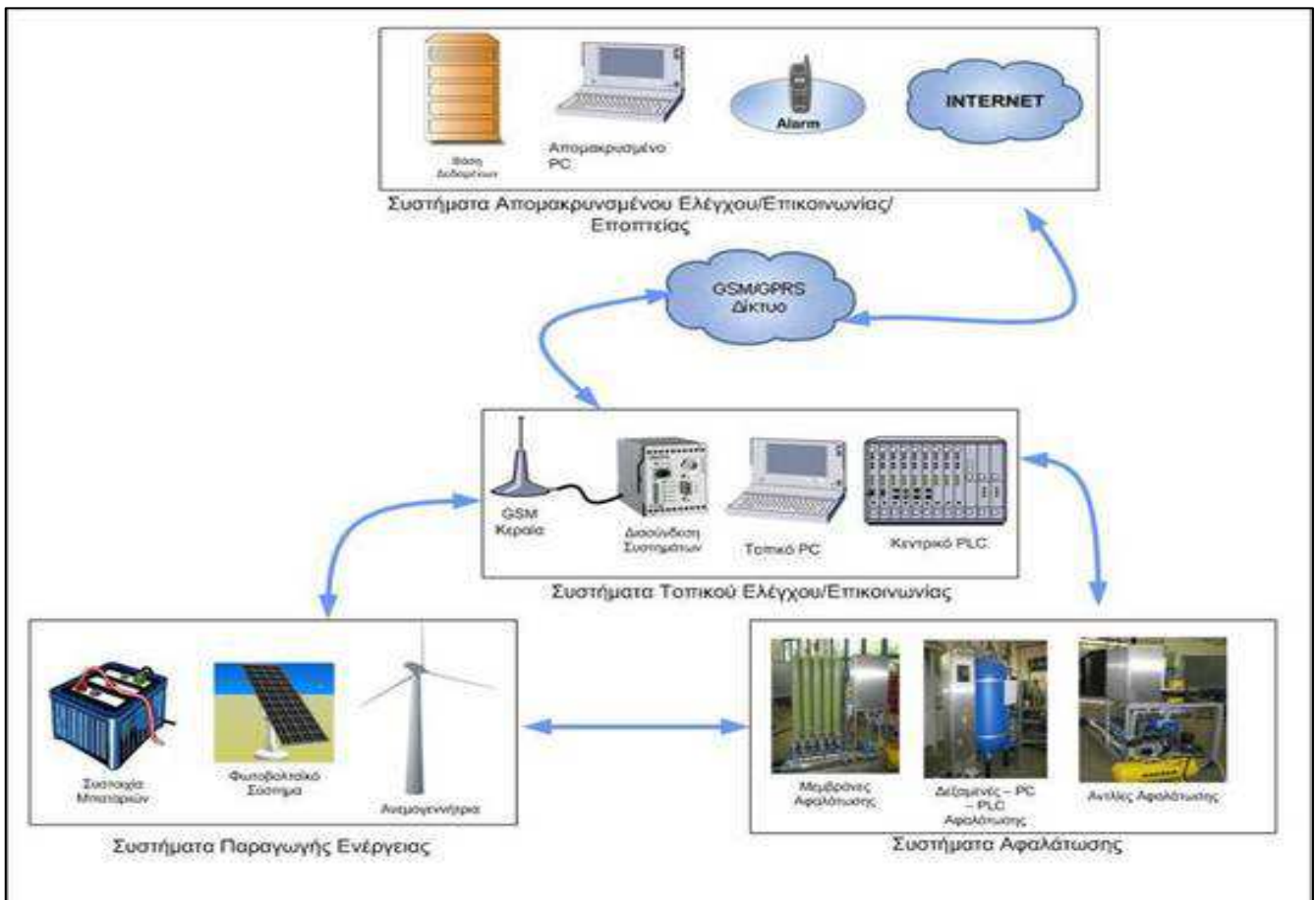


Εικόνα 52 : Σχηματική απεικόνιση της πλωτής κατασκευής

**ΠΗΓΗ:** Διαδίκτυο- Ριζόπουλος Γιάννης, Pathfinder τεχνολογείν: «Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά», Νοέμβριος 2007



Η αρχική ιδέα εξελίχθηκε ακόμα περισσότερο και το τελικό αποτέλεσμα συγκεντρώνει πλέον πολλά και σημαντικά καινοτόμα χαρακτηριστικά. Καταρχάς, η μονάδα είναι ενεργειακά αυτόνομη και δεν είναι απαραίτητη η σύνδεσή της με το δίκτυο της ΔΕΗ. Διαθέτει, επίσης, σύστημα αυτόματου ελέγχου, μέσω GPRS, για την παρακολούθηση και τον τηλεχειρισμό της, άρα δεν χρειάζεται την παρουσία κάποιου ατόμου για τη λειτουργία της, αφού είναι όλα αυτοματοποιημένα. Μάλιστα, ο αυτόματος έλεγχος επεκτείνεται ακόμα και στην ποιότητα του νερού, το οποίο διατίθεται στην κατανάλωση, κάτι που δεν γίνεται σε μεγάλο βαθμό σήμερα. Τέλος, το φωτοβολταϊκό σύστημα με το οποίο είναι εφοδιασμένη η μονάδα, μπορεί να τροφοδοτήσει ως εναλλακτική πηγή τα συστήματα ελέγχου/τηλεχειρισμού, σε περίπτωση κατά την οποία υπάρξει πρόβλημα με την ανεμογεννήτρια.



Εικόνα 53 : Σχηματική παράσταση των συστημάτων της πλωτής μονάδας αφαλάτωσης και της μεταξύ τους διασύνδεσης

**ΠΗΓΗ:** Διαδίκτυο- Ριζόπουλος Γιάννης, Pathfinder τεχνολογείν: «Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά», Νοέμβριος 2007

Η οικολογική διάσταση του εγχειρήματος είναι επίσης μεγάλης σημασίας, καθώς χρησιμοποιείται μόνο ο άνεμος και ο ήλιος ως πηγή ενέργειας, μηδενίζοντας με τον τρόπο αυτό τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού με φυσικό τρόπο και φυσικές πηγές δημιουργείται μια αστείρευτη και 100% οικολογική πηγή πόσιμου νερού. Το νερό που αφαλατώνεται προέρχεται από το πέλαγος χωρίς να επιβαρύνει τους υδροφόρους ορίζοντες και η αφαλάτωση γίνεται χωρίς χημική επεξεργασία, άρα η μόλυνση του περιβάλλοντος από τη λειτουργία της μονάδας αφαλάτωσης είναι μηδενική. Επιπλέον μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη μεταφορά του νερού με πλοία (χρήση καυσίμων, αύξηση ρύπων κ.ά.) αλλά και δεν στερούνται περιοχές της ηπειρωτικής χώρας –από όπου μεταφέρεται στα νησιά το νερό- τον πολύτιμο πόρο που ούτως ή άλλως δεν τους περισσεύει. Και συμφωνεί με όλους τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές των οργανισμών πιστοποίησης και των αρχών αδειοδότησης.

Συνοπτικά η μονάδα αυτή:

- Λειτουργεί με τον ήλιο και τον άνεμο, χωρίς καθόλου άλλα καύσιμα.
- Δεν χρησιμοποιεί καθόλου χημικά και έτσι η άλμη που αποτίθεται στην θάλασσα είναι καθαρή (φυσική).
- Εγκαθίσταται αρκετά μακριά από την ακτή (και σε βαθιά νερά) και έτσι αφενός μεν δεν επηρεάζει το οικοσύστημα κατά την εισαγωγή του νερού, αφετέρου δεν αφήνει την άλμη σε κλειστό κόλπο ή περιορισμένο χώρο.

- Δεν επιδρά στο περιβάλλον των νησιών αφού δεν χρειάζεται κανένα πρόσθετο έργο (π.χ. εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στο νησί, διάνοιξη δρόμων προς τούτο κλπ)
- Είναι μεταφερόμενη, δηλαδή τοποθετείται όπου θέλουν οι νησιώτες και μπορεί εύκολα να αλλάξει θέση αν στο μέλλον απαιτηθεί.

Παρόλο που το εγχείρημα αυτό έχει κερδίσει τις εντυπώσεις σε εθνικό αλλά και διεθνές επίπεδο τόσο με το σχεδιασμό όσο και με τα αποτελέσματα του και έχοντας κερδίσει το βραβείο Lloyd's για καινοτόμο ναυτική κατασκευή, καθώς και Ειδική Μνεία στο έργο «Πλωτή, αυτόνομη και φιλική για το περιβάλλον μονάδα αφαλάτωσης, Νότιο Αιγαίο, Ελλάδα» από την Επιτροπή του διαγωνισμού των Βραβείων RegioStars 2008 που αφορούν την επιβράβευση των πιο καινοτόμων περιφερειακών σχεδίων της Ευρώπης, η Ελληνική Πολιτεία δεν έχει μετουσιώσει το ενδιαφέρον της σε έμπρακτο αποτέλεσμα αξιοποίησης του έργου. Η ιδέα της πλωτής μονάδας αφαλάτωσης ως λύσης για τα άνυδρα νησιά αντιμετωπίζεται διστακτικά από τα αρμόδια υπουργεία, μάλλον γιατί θεωρούν ότι το κόστος της είναι υψηλό καθώς μια επίγεια μονάδα αφαλάτωσης παραγωγής νερού 1.000 m<sup>3</sup>/ημ. κοστίζει 1,0 εκατ. €, ενώ μια αντίστοιχη πλωτή στοιχίζει γύρω στα 4,0 εκατ. €. Με τη διαφορά ότι στο κόστος αυτό δεν συνυπολογίζεται η δαπάνη για ηλεκτρικό ρεύμα.

## ❖ Αφαλάτωση στην Κρήτη

### ✚ Μικρή μονάδα αφαλάτωσης του Αλμυρού ποταμού

Μετά από πολλές δυσκολίες και πάγωμα του διαγωνισμού για περίπου δυο χρόνια τον Αύγουστο του 2012 υπογράφηκε η σύμβαση για την κατασκευή των δικτύων της μικρής μονάδας αφαλάτωσης του δήμου Μαλεβιζίου από τον πρόεδρο της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης.

Η «μικρή» μονάδα αφαλάτωσης του δήμου Μαλεβιζίου, θα παράγει 2 με 2,5 χιλιάδες κυβικά πόσιμου νερού ανά ημέρα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων από το Γάζι μέχρι την Αγία Πελαγία.



Πρόκειται για ένα εξαιρετικά σημαντικό έργο της δημοτικής αρχής Μαλεβιζίου, αφού δίνει λύση στο πρόβλημα υδροδότησης μεγάλης περιοχής του δήμου, που ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες έχει αυξημένη κατανάλωση. Παράλληλα όμως, βελτιώνει σημαντικά και την ποιότητα του πόσιμου νερού, αφού η

μονάδα θα λειτουργεί κάτω από εξαιρετικά αυστηρούς κανόνες υγιεινής και ασφάλειας, τηρώντας τα πιο σύγχρονες μεθόδους αφαλάτωσης.

Ουσιαστικά προχωρούν δυο έργα για την αφαλάτωση, σύμφωνα με τον δήμαρχο Μαλεβιζίου κ. Κώστα Μαμουλάκη.

Το ένα όπως είπαμε παραπάνω είναι το μικρό των 2500 κυβικών ημερησίως το οποίο θα το προχωρήσει η ΔΕΥΑΜ και το οποίο έχει συνολικό προϋπολογισμό 2,5 εκατομμυρίων ευρώ και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ).

Το δεύτερο μεγάλο έργο της αφαλάτωσης είναι αυτό των 30.000 κυβικών ημερησίως για το οποίο ο δήμος προσβλέπει καταρχήν στη συνεργασία με το Δήμο Ηρακλείου.

Ένα ακόμη βασικό στοιχείο αυτού του έργου, είναι οι αυστηρότατοι περιβαλλοντικοί του όροι. Η δημοτική αρχή Μαλεβιζίου σε αυτό το ζήτημα, ενεργεί με απόλυτο σεβασμό προς το περιβάλλον και έχει εξαντλήσει όλες τις δυνατότητες που υπάρχουν, έτσι ώστε να μη διαταραχθεί η ισορροπία του σημαντικού αυτού υδροβιότοπου.

Στη μελέτη άλλωστε προβλέπεται η κατασκευή όλων των απαιτούμενων έργων αξιοποίησης μόνο του νερού της υπερχειλίσης του Αλμυρού ποταμού, με ασφαλείς και περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους.

Μεταξύ άλλων προβλέπεται η κατασκευή της μονάδας σε απόσταση 600 μ. από τη πηγή, η εγκατάσταση υπερσύγχρονων μεθόδων αφαλάτωσης, με πολλαπλά φίλτρα υπερδιήθησης και μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης, για την παραγωγή νερού υψηλής ποιότητας, με συνεχή έλεγχο σε όλα τα στάδια της παραγωγής του.

Το Σεπτέμβριο του 2012 Μετά τον έλεγχο των δικαιολογητικών των εταιρειών που εκδήλωσαν ενδιαφέρον για την κατασκευή της «μικρής» μονάδας αφαλάτωσης του δήμου Μαλεβιζίου, εξελέγει ο προσωρινός ανάδοχος του έργου.

Η εταιρία "ΣΑΪΧΕΜ" με 0,16 € τιμή κυβικού νερού αναδείχτηκε ως προσωρινός ανάδοχος. Σε αυτό το κόστος, το οποίο θα είναι σταθερό για 5 έτη, περιλαμβάνεται η λειτουργία των γεωτρήσεων, της μονάδας, αλλά και των αντλιοστασίων που θα οδηγούν το νερό στις δεξαμενές στη θέση «Κουμπέδες» και στις δεξαμενές της Ροδιάς. Δυστυχώς, όπως συμβαίνει σε πάρα πολλούς διαγωνισμούς, έχουν υποβληθεί ενστάσεις - ενδεχομένως και δικαστικές προσφυγές - υπάρχει όμως διάχυτη αισιοδοξία στην Δ.Ε.Υ.Α.Μ. ότι όλα τα εμπόδια θα ξεπεραστούν.



- Όμως ήδη από τον Αύγουστο του 2008 είχε τεθεί σε λειτουργία μια μονάδα αφαλάτωσης από την εταιρεία «ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ η οποία τροφοδοτούσε το δίκτυο του Δήμου Γαζίου με πόσιμο νερό.
- Το νερό αντλούνταν από τις γεωτρήσεις του Αλμυρού ποταμού, και το επεξεργασμένο – πόσιμο νερό ο Δήμος Γαζίου αγόραζε από τη Μεσόγειο με τιμή ανά κυβικό.
- Το έργο κατασκευάστηκε από τη Μεσόγειο με αυτοχρηματοδότηση, χωρίς ο Δήμος να πληρώσει για την κατασκευή. Με τη λήξη της περιόδου που όριζε η σύμβαση, η Μεσόγειος μπορούσε να μεταφέρει τον εξοπλισμό αλλού. Η μονάδα αφαλάτωσης που εγκαταστάθηκε στο Δήμο Γαζίου, επεξεργαζόταν το υφάλμυρο νερό από τις γεωτρήσεις του Αλμυρού ποταμού, με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης και ήταν δυναμικότητας 1.000 m<sup>3</sup>/ημέρα απολύτως πόσιμο νερό



Εικόνα 54: Μονάδα αφαλάτωσης Δήμου Γαζίου

## Η μονάδας αφαλάτωσης του Δήμου Γαζίου περιελάμβανε τα εξής:

- Δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης ακατέργαστου νερού
- Για την Προεπεξεργασία :
  - **Φίλτρο άμμου**, για την κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων μέχρι 25μm
  - **Φίλτρο φυσιγγίων**, για την κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων μέχρι 5μm
  - **Σύστημα δοσιμέτρησης αντικαθαλατωτικού προσθέτου**, για την προστασία των μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης από «σκληρές» αποθέσεις
- Για το Σύστημα αντίστροφης όσμωσης
  - **Αντλία υψηλής πίεσης**
  - **Δοχεία πίεσης μεμβρανών και μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης**
  - **Σύστημα χημικού καθαρισμού μεμβρανών**
- Το ακατέργαστο νερό καθώς διέρχεται με υψηλή πίεση μέσα από τις μεμβράνες, διαχωρίζεται σε δύο κλάσματα:
  - Το παραγόμενο νερό που είναι το 75% της παροχής εισόδου και στη συνέχεια οδηγείται στο σύστημα μετεπεξεργασίας.
  - Την άλμη (συμπύκνωμα) που είναι το 25% της παροχής εισόδου και οδηγείται στις δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης και από εκεί στον χώρο διάθεσης.



- **Σύστημα μετεπεξεργασίας**

- ✚ **Σύστημα ανάμιξης με φιλτραρισμένο νερό**, για τη διόρθωση της σκληρότητας, της αλκαλικότητας, του pH και επομένως της γεύσης του αφαλατωμένου νερού

- ✚ **Σύστημα δοσιμέτρησης υποχλωριώδους νατρίου**, για την απολύμανση του τελικά παραγόμενου νερού

- **Δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης παραγόμενου – πόσιμου νερού και αντλιοστάσιο διοχέτευσης του στο δίκτυο του Δήμου Γαζίου**
- **Δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης απορριπτόμενης άλμης και αντλιοστάσιο απομάκρυνσης.**

Η λειτουργία της μονάδας ήταν πλήρως αυτόματη και είχε όργανα μέτρησης ελέγχου που ήταν απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία της, όπως μετρητές – μεταδότες πίεσης, μετρητές –μεταδότες ροής και αγωγιμόμετρα.

Στα πλαίσια της λειτουργίας και της συντήρησης της μονάδας, η ποιότητα του παραγόμενου νερού παρακολουθούνταν συνεχώς.

Οι αναλύσεις με φορητά όργανα ήταν καθημερινές και επιπλέον γίνονταν αναλυτικές μετρήσεις από πιστοποιημένο εργαστήριο, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία.

<b>Τεχνικά χαρακτηριστικά Μονάδας</b>		
<b>Αναθέτουσα Αρχή</b>	<b>Δημοτική Επιχείρηση Γαζίου «ΑΛΜΥΡΟΣ Α.Ε.»</b>	
<b>Μέθοδος Δημοπράτησης</b>	<b>Παροχή Υπηρεσιών – Σύμβαση Παραχώρησης</b>	
<b>Προμηθευτής μονάδας RO</b>	<b>CHEMITEC</b>	
Αγωγιμότητα νερού τροφοδοσίας (υφάλμυρο)	μS/cm	≈6.000
Ονομαστική δυναμικότητα συστήματος	m <sup>3</sup> /hr	45
Ονομαστική δυναμικότητα συστήματος	m <sup>3</sup> /d	1.000
Παροχή τροφοδοσίας υφάλμυρου νερού	m <sup>3</sup> /hr	60
Παροχή απορριπτόμενης άλμης	m <sup>3</sup> /hr	15
Ρυθμός ανάκτησης	%	75
Αγωγιμότητα αφαλατωμένου νερού	μS/cm	≈100
Αγωγιμότητα τελικά παραγόμενου νερού	μS/cm	≈450



Εικόνα 55 : Δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης ακατέργαστου νερού



*Εικόνα 56 : δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης παραγόμενου νερού και απορριπτόμενης άλμης*

- ✓ Αν και η αφαλάτωση στην Κρήτη είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο και δεν υπάρχει σε λειτουργία κάποια μεγάλη μονάδα, πολλές ξενοδοχειακές μονάδες που υπάρχουν στην Κρήτη έχουν από καιρό εγκαταστήσει μονάδες αφαλάτωσης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **4. ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

#### **4.1 Ήπιες μορφές ενέργειας**

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή αλλιώς ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια, είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες.

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους.

- Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.
- Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών.

Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων και αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

### ***Μερικά από τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ:***

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

## **4.2 Είδη ήπιων μορφών ενέργειας**

### **4.2.1 Ηλιακή ενέργεια**

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού

προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και τις ηλιακές τεχνολογίες, σε γενικές γραμμές χωρίζονται είτε σε παθητικά ηλιακά συστήματα είτε σε ενεργητικά ηλιακά συστήματα, ανάλογα με τον τρόπο που λαμβάνεται, μετατρέπεται και διανέμεται η ηλιακή ενέργεια.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν τη χρήση των φωτοβολταϊκών πάνελ και των θερμικών ηλιακών συλλεκτών για την αξιοποίηση της ενέργειας ενώ τα παθητικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό και προσανατολισμό ενός κτιρίου σύμφωνα με τον ήλιο. Η επιλογή των κατάλληλων υλικών και οτιδήποτε τοποθετείται σε ένα κτίριο γίνεται με σκοπό τη συλλογή, την αποθήκευση και τη διανομή της ηλιακής ενέργειας με τη μορφή θερμότητας το χειμώνα και την απόρριψη της ηλιακής θερμότητας το καλοκαίρι.

#### **4.2.2 Αιολική ενέργεια**

Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».



*Εικόνα 57 : Αιολικό πάρκο στο Βέλγιο, Οκτώβριος 2010*

**ΠΗΓΗ: EL.WIKIPEDIA.ORG**

### **4.2.3 Υδραυλική ενέργεια**

Υδραυλική και εν μέρει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυντικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε

να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις.

Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κυρίως από τον ήλιο που εξατμίζει, σηκώνει ψηλά δηλαδή (στην ατμόσφαιρα), μεγάλες ποσότητες νερού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες.)



*Εικόνα 58 :  
Υδροηλεκτρικό φράγμα  
στη λίμνη Πλαστήρα.*

**ΠΗΓΗ:**

*EL.WIKIPEDIA.ORG*

#### **4.2.4 Γεωθερμική ενέργεια**

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια και προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης.

*Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:*

- α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια
- β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.



Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

**Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:**

- ❖ Η Υψηλής Ενθαλπίας\* (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια  $12 \times 10^6$  kWh/yr.
- ❖ Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- ❖ Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

*\* Η **Ενθαλπία** είναι θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμότητα που περιέχει ένα θερμοδυναμικό σύστημα.*



*Εικόνα 59:  
Αποθέσεις αλάτων από  
την επιφανειακή  
απορροή της θερμής  
πηγής  
(Θέρμες Ξάνθης).*

**ΠΗΓΗ:**  
EL.WIKIPEDIA.ORG

#### 4.2.5 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.



*Εικόνα 60 :*

*Μια μορφή βιομάζας: pellets  
(συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από  
τη μηχανική συμπίεση προιονιδιού, χωρίς την  
προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών*

**ΠΗΓΗ:** EL.WIKIPEDIA.ORG

#### **4.2.6 Ενέργεια από τη θάλασσα**

- ✚ Ενέργεια από παλίρροιες:** Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
- ✚ Ενέργεια από κύματα:** Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
- ✚ Ενέργεια από τους ωκεανούς:** Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων και βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της έρευνας.

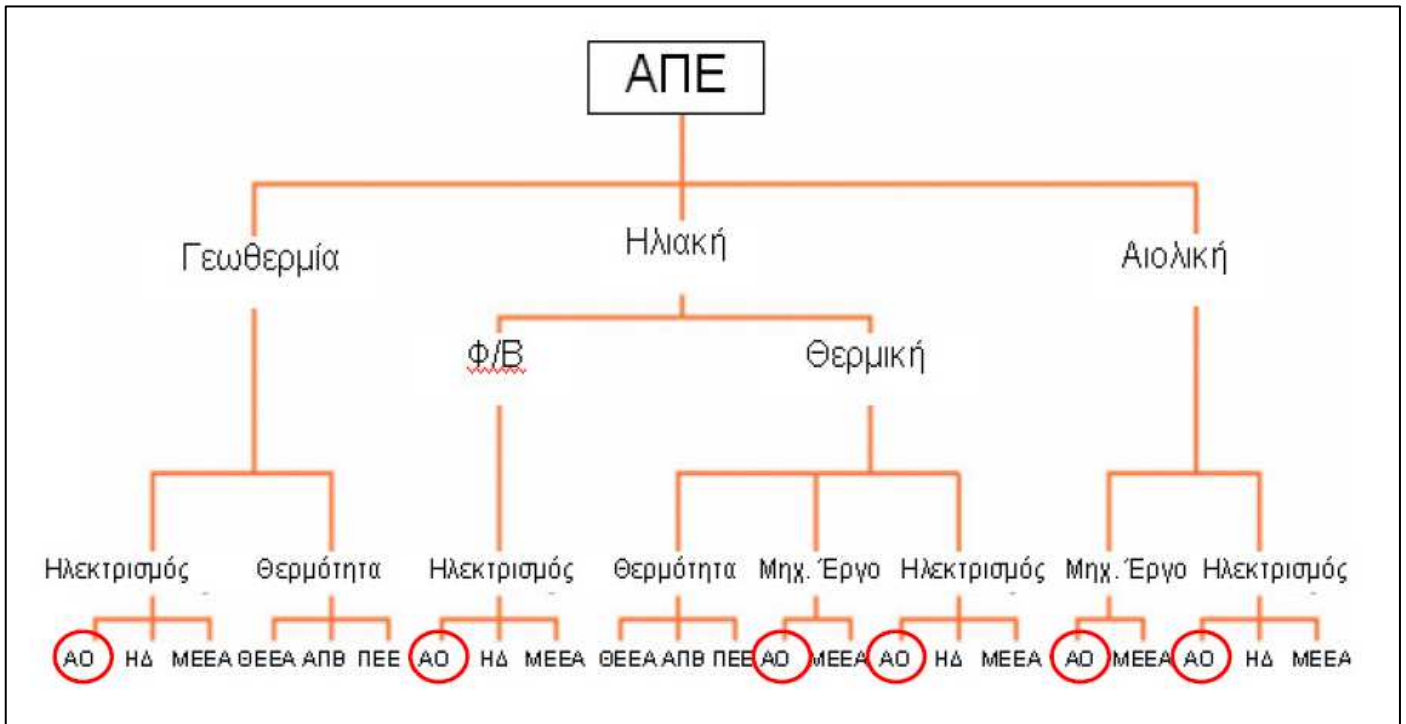
## 4.3 Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – αφαλάτωσης

Η ενέργεια είναι ένα ουσιαστικό συστατικό της κοινωνικο-οικονομικής ανάπτυξης και της οικονομικής ανάπτυξης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν μια μεταβλητή και φιλική προς το περιβάλλον επιλογή και την εθνική ασφάλεια της ενέργειας σε μια εποχή που η μείωση των παγκόσμιων αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων απειλεί τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της παγκόσμιας οικονομίας.

Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αφαλάτωση και καθαρισμό του νερού γίνεται ολοένα και πιο ελκυστική. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι περιοχές με έλλειψη πόσιμου νερού έχουν την αφθονία της ηλιακής ενέργειας και οι τεχνολογίες αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Πολλές μορφές ΑΠΕ έχουν διερευνηθεί επιστημονικά κατά καιρούς, όμως για κάποιους λόγους δεν είναι όλες κατάλληλες για χρήση σε διαδικασίες αφαλάτωσης. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - αφαλάτωσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους του εργοστασίου, την αλατότητα του νερού τροφοδοσίας, την διαθεσιμότητα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, την τεχνική υποδομή, καθώς και τον τύπο και τις δυνατότητες των τοπικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια επισκόπηση των πιθανών συστημάτων που μπορούν συνδυάζουν τις ΑΠΕ με την αφαλάτωση.



Εικόνα 61 : Πιθανοί συνδυασμοί αφαλάτωσης και ΑΠΕ

**ΠΗΓΗ:** Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Συστήματα αφαλάτωσης στο νησιωτικό χώρο, Δρ. Δ. Μανωλάκος, Μηχ/γος Μηχ/κός ΕΜΠ

Η ηλιακή θερμική ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, είναι τεχνολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως προμηθευτές ενέργειας για τα συστήματα αφαλάτωσης.

Η εικόνα παρουσιάζει τους πιο ελπιδοφόρους συνδυασμούς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τεχνολογίες αφαλάτωσης. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, η ηλιακή ενέργεια, τόσο ηλιακή θερμική όσο και τα φωτοβολταϊκά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία των μονάδων πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF), πολυβάθμιας εξάτμισης (MED), αντίστροφης όσμωσης (RO), και ηλεκτροδιάλυσης (ED). Η αιολική ενέργεια μπορεί να συνδυαστεί με μονάδες εξάτμισης με συμπίεση ατμών (VC), αντίστροφης όσμωσης (RO), και ηλεκτροδιάλυσης ED.

Οι γεωθερμικοί ταμειυτήρες ενέργειας με μέτρια θερμοκρασία μπορούν να συνδυαστούν με μονάδες πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) και πολυβάθμιας εξάτμισης (MED), ενώ οι γεωθερμικοί ταμειυτήρες υψηλής πίεσης με μονάδες

εξάτμισης με συμπίεση ατμών (VC), αντίστροφης όσμωσης (RO), και ηλεκτροδιάλυσης (ED).

RE Resource	Desalination Process				
	MSF	MED	VC	RO	ED
Solar thermal	☑	☑			
Solar PV				☑	☑
Wind			☑	☑	☑
Geothermal	☑	☑	☑	☑	☑

*Εικόνα 62 : Πιθανοί συνδυασμοί αφαλάτωσης και ΑΠΕ*

### **4.3.1 Ηλιακή θερμική ενέργεια**

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας σε θερμικές διεργασίες αφαλάτωσης είναι μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια συνδυασμένη με αφαλάτωση προσφέρει ελπιδοφόρα προοπτική για την κάλυψη των θεμελιωδών αναγκών της ενέργειας και του νερού σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου η σύνδεση με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι εφικτή, και η λειψυδρία είναι σοβαρή.

Η ηλιακή αφαλάτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με άμεση χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή αποστάγματος απ' ευθείας στο ηλιακό συλλέκτη, είτε με έμμεση χρήση, συνδυάζοντας τις συμβατικές τεχνικές αφαλάτωσης, (Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF), εξάτμιση με συμπίεση ατμών (vapor compression, VC), αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis, RO), και ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis, ED) με ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή θερμότητας.

Η άμεση ηλιακή αφαλάτωση σε σύγκριση με τις έμμεσες τεχνολογίες απαιτεί μεγάλες εκτάσεις γης και έχει σχετικά χαμηλή παραγωγικότητα. Είναι, ωστόσο, ανταγωνιστική προς τις έμμεσες μονάδες αφαλάτωσης σε μικρής κλίμακας παραγωγή λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους και της απλότητάς του.

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί άμεσα ή έμμεσα να αξιοποιηθεί για την αφαλάτωση.

Τα συστήματα συλλογής που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή αποστάγματος άμεσα στο ηλιακό συλλέκτη ονομάζονται άμεσα συστήματα συλλογής, ενώ τα συστήματα συλλογής που συνδυάζουν τα συστήματα ηλιακής ενέργειας με τα συμβατικά συστήματα αφαλάτωσης ονομάζονται έμμεσα συστήματα.

Στα έμμεσα συστήματα, η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται είτε για να παράγει την απαιτούμενη θερμότητα για την αφαλάτωση και / ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για να παρέχει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τα συμβατικά εργοστάσια αφαλάτωσης

### **4.3.2 Φωτοβολταϊκά και Αφαλάτωση**

Φωτοβολταϊκά συστήματα ή αλλιώς ηλιακές κυψέλες, είναι οι ηλεκτρονικές συσκευές ή διατάξεις που μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η σύγχρονη μορφή της ηλιακής κυψέλης εφευρέθηκε το 1954.

Σήμερα, τα φωτοβολταϊκά είναι μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αναμένεται ότι θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μελλοντικό παγκόσμιο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από φωτοβολταϊκές κυψέλες που ομαδοποιούνται για να σχηματίσουν μια φωτοβολταϊκή μονάδα, μαζί με τα βοηθητικά εξαρτήματα.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα από τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών στην αγορά σήμερα, που χρησιμοποιούν διάφορα είδη υλικών, καθώς και ένας

ακόμη μεγαλύτερος αριθμός τεχνολογιών θα είναι διαθέσιμος στο μέλλον. Οι τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών συνήθως κατατάσσονται σε τρεις γενιές, ανάλογα με το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται και από το επίπεδο της εμπορικής ωριμότητας.



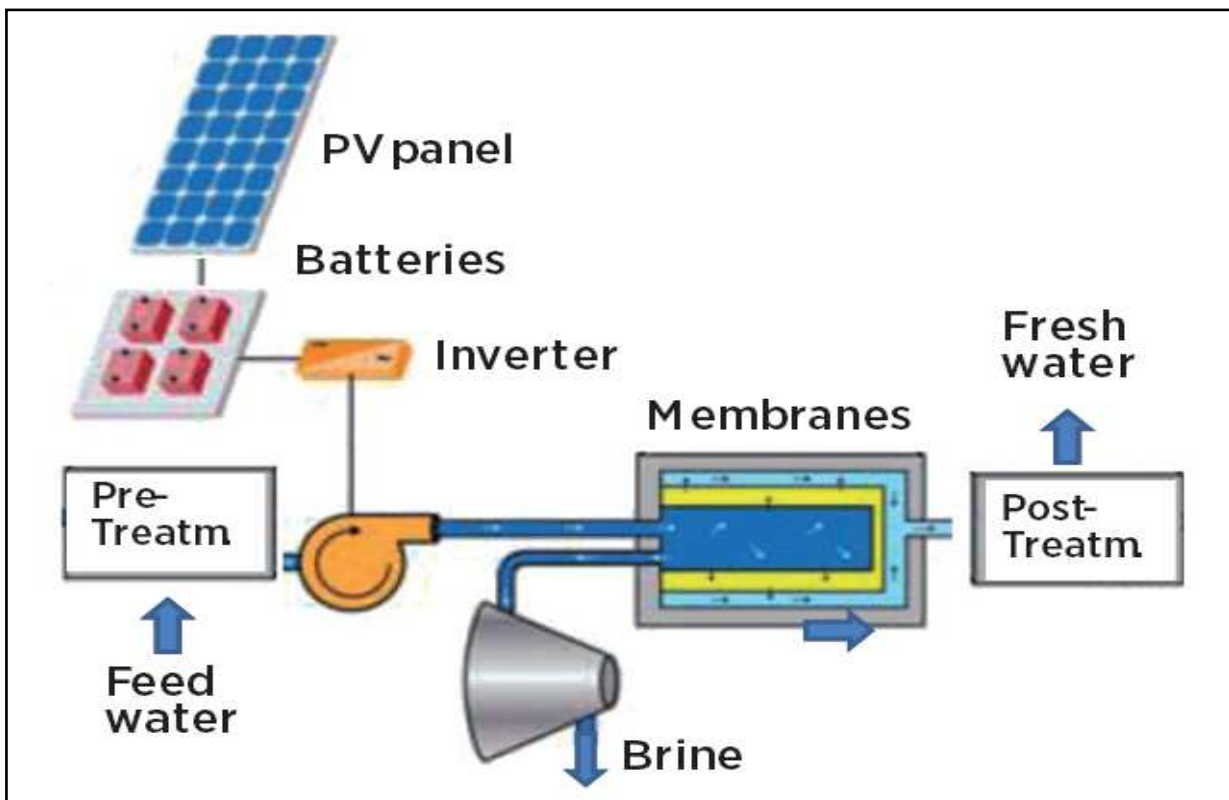
Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδεθούν απευθείας σε συστήματα αντίστροφης όσμωσης (RO) και ηλεκτροδιάλυσης (ED), τα οποία βασίζονται στην ηλεκτρική ενέργεια ως ενέργεια εισόδου.

Πολλά μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα αφαλάτωσης έχουν πραγματοποιηθεί σε όλο τον κόσμο, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές και νησιά, όπως στο νησί Γκράν Κανάρια στις Κανάριες Νήσους, στο Ριάντ της Σαουδικής Αραβίας, και στο νησί Ohshima στην Ιαπωνία.

Το κύριο θέμα της αφαλάτωσης που βασίζεται στα φωτοβολταϊκά είναι το (ακόμα) υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών κυττάρων και των μπαταριών για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.



Είναι επίσης αναγκαία η προσεκτική συντήρηση και λειτουργία των συστημάτων των μπαταριών. Περαιτέρω πρόδος της τεχνολογίας στην αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε να οδηγήσει σε ευρύτερη χρήση της αφαλάτωσης με φωτοβολταϊκά.



Εικόνα 63 : Συνδυασμός φωτοβολταϊκών και αντίστροφης όσμωσης

**ΠΗΓΗ:** "Renewable Energy Opportunities in Water Desalination" Ali A. Al-Karaghoulil and L.L. Kazmerski 2011.

### **4.3.2 Συστήματα αφαλάτωσης καθοδηγούμενα από τον άνεμο**

Ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ή μηχανικής ενέργεια σε μονάδες αφαλάτωσης.

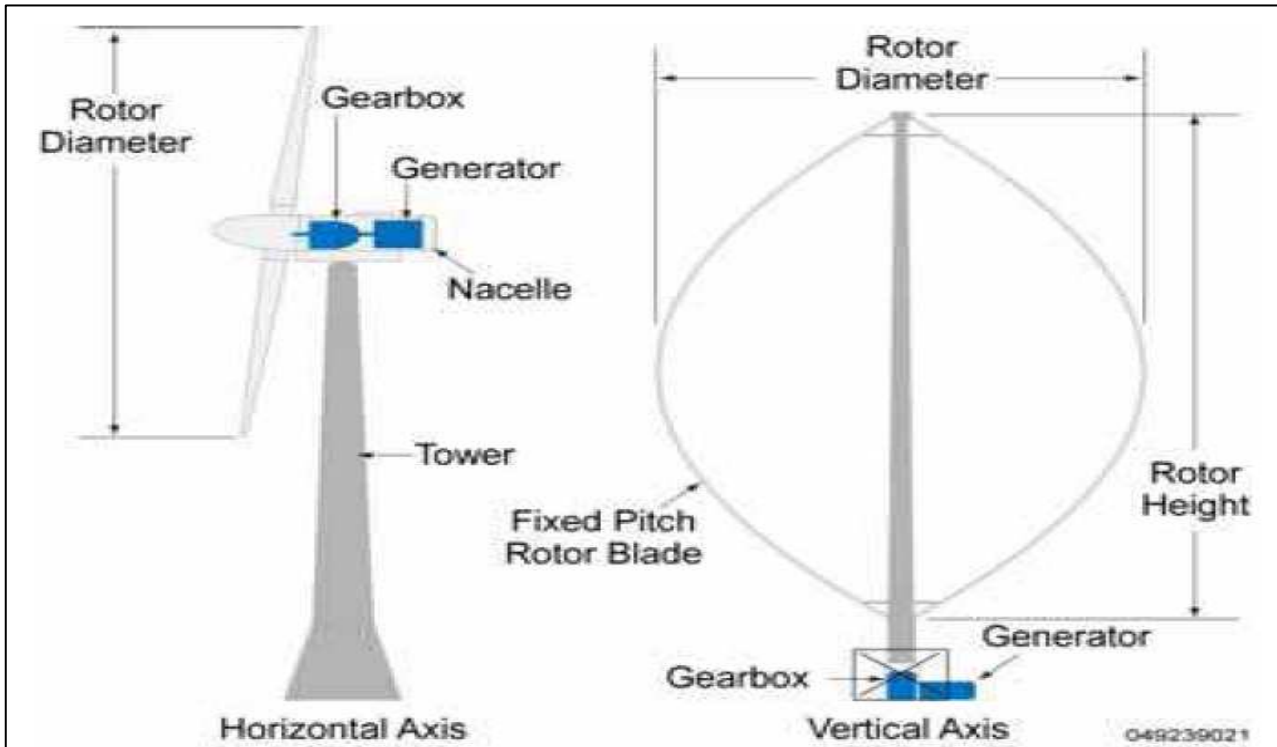
Όπως και τα φωτοβολταϊκά, έτσι και οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μια ώριμη, εμπορικά διαθέσιμη τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες είναι μια καλή επιλογή για την αφαλάτωση του νερού, ιδίως στις παράκτιες περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή διαθεσιμότητα σε αιολική ενέργεια.

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλοί τύποι ανεμογεννητριών. Υπάρχουν ανεμογεννήτριες που κινούνται κυρίως από τις δυνάμεις της αντίστασης έναντι αυτών που κινούνται κυρίως από τις δυνάμεις ανύψωσης.

Όπως φαίνεται και παρακάτω στην Εικόνα 64, υπάρχουν επίσης οι ανεμογεννήτριες με άξονες περιστροφής παράλληλους προς την κατεύθυνση του ανέμου (οριζόντιοι) και με άξονες κάθετους προς την κατεύθυνση του ανέμου (κάθετοι). Η αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών που κινούνται κυρίως από τις δυνάμεις της αντίστασης είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με αυτές που κινούνται από τις δυνάμεις ανύψωσης. Ως εκ τούτου, όλες οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες κινούνται από τις δυνάμεις ανύψωσης.

Η αφαλάτωση με ανεμογεννήτριες έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, λόγω της εγγενούς ασυνεχούς διαθεσιμότητας της αιολικής ενέργειας. Για αυτόνομα συστήματα, η μονάδα αφαλάτωσης πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμοστεί στη διαθέσιμη ενέργεια, διαφορετικά απαιτείται αποθήκευση ενέργειας (πχ μέσω μπαταριών) ή ένα εφεδρικό σύστημα.

Η ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, ιδίως σε μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης (RO) ηλεκτροδιάλυσης (ED) και συμπίεσης ατμού (VC).



Εικόνα 64 : οι οριζόντιοι άξονες και οι κάθετοι άξονες σε μια ανεμογεννήτρια

ΠΗΓΗ: "Renewable Energy Opportunities in Water Desalination" Ali A. Al-Karaghoulil and L.L. Kazmerski 2011.

#### **4.3.4 Υβριδικά συστήματα**

Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας καθιστούν τη χρήση των υβριδικών συστημάτων αιολικής-ηλιακής ενέργειας μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση ικανή να "οδηγήσει" μια μονάδα αφαλάτωσης, αφού συνήθως όταν δεν υπάρχει ήλιος ο άνεμος είναι ισχυρότερος και αντίστροφα.

Το Κέντρο Κανταράς της Γαλλίας, σχεδίασε μια πιλοτική μονάδα που είχε εγκατασταθεί το 1980 στο Borj- Cedria της Τυνησίας. Το σύστημα παροχής ενέργειας αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό τομέα δυναμικότητας 4kW και δύο ανεμογεννήτριες. Κάποια άλλα συστήματα έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί στο Ισραήλ και στο Ομάν.

#### **4.3.5 Γεωθερμική ενέργεια και αφαλάτωση**

Η θερμοκρασία της γης ποικίλλει, και η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, από θερμοκρασία δωματίου έως και πάνω από 300 °F. Το κύριο πλεονέκτημα της γεωθερμικής ενέργειας είναι ότι η θερμική αποθήκευση είναι περιττή σε τέτοια συστήματα, αφού είναι και συνεχής και προβλέψιμη.

Χαμηλής θερμοκρασίας γεωθερμικές πηγές αποτελούν πηγή ενέργειας και μια φθηνή λύση για την αφαλάτωση. Οι πηγές γεωθερμίας υψηλής πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Γενικά, υψηλής θερμοκρασίας ταμειυτήρες είναι κατάλληλοι για εμπορική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια από τη γη συνήθως εξάγεται με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους, οι οποίοι κατασκευάζονται από ένα υλικό το οποίο είναι εξαιρετικά ανθεκτικό, αλλά επιτρέπει στην θερμότητα να περνά διαμέσου αποτελεσματικά. Η άμεση χρήση της μέτριας και υψηλής θερμοκρασίας είναι για θερμικές τεχνολογίες αφαλάτωσης.

Οι πρώτες μονάδες αφαλάτωσης που κινούνται με γεωθερμική ενέργεια έχουν εγκατασταθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες στη δεκαετία του 1970, δοκιμάζοντας διάφορες πιθανές επιλογές από τις τεχνολογίες αφαλάτωσης, όπως τη μέθοδο της πολυβάθμιας εκτόνωσης (MSF) και της ηλεκτροδιάλυσης (ED).

Η γεωθερμία αποτελεί μια πολύ καλή λύση για την αφαλάτωση και στην Ελλάδα καθώς στα εδάφη υπάρχουν πολλές πηγές. Ένα παράδειγμα είναι αυτό της Μήλου όπου προτάθηκε ένα γεωθερμικό σύστημα αφαλάτωσης για την παραγωγή 1.920 m<sup>3</sup> / d του νερού και η μονάδα αποτελείται από ένα διπλό σύστημα με ζεστό νερό από γεωθερμικές γεωτρήσεις.

Ωστόσο, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από τις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες, με αρχικές επενδυτικές δαπάνες που είναι συνήθως υψηλές.

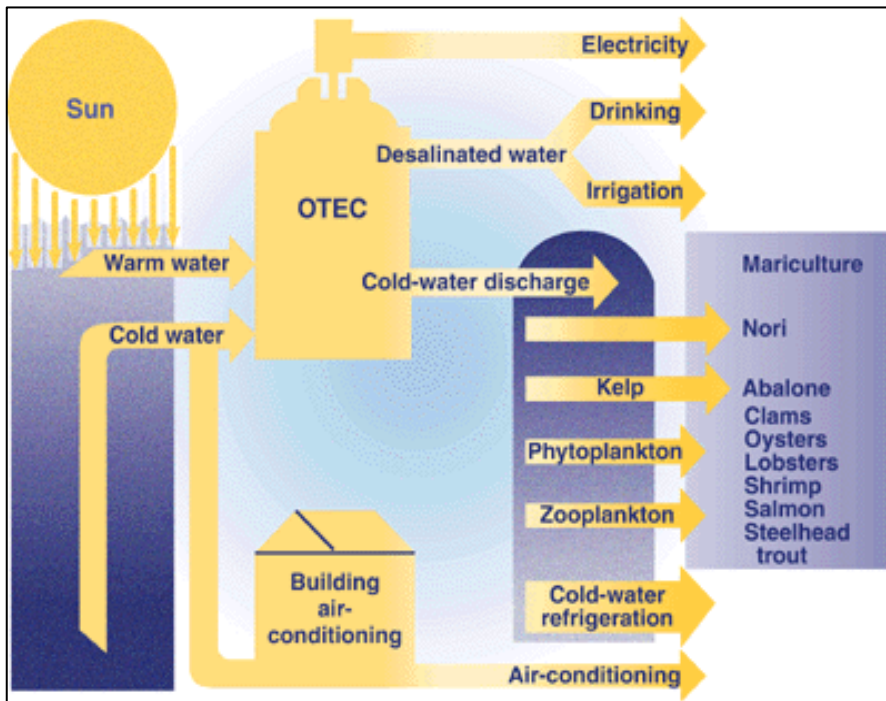
#### **4.3.6 Βιομάζα και αφαλάτωση**

Η χρήση της βιομάζας στην αφαλάτωση δεν είναι σε γενικές γραμμές μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, εφόσον τα οργανικά υπολείμματα δεν διατίθενται συνήθως σε άγονες περιοχές και η ανάπτυξη της βιομάζας απαιτεί περισσότερο γλυκό νερό από ό, τι θα μπορούσε να δημιουργήσει σε ένα εργοστάσιο αφαλάτωσης.

#### **4.3.7 Ωκεανική ενέργεια και αφαλάτωση**

Το 1881, ο Γάλλος φυσικός d'Arsonval ήταν ο πρώτος που πρότεινε την αξιοποίηση της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στα ζεστά επιφανειακά στρώματα και τα κρύα βαθιά στρώματα των τροπικών ωκεανών. Από τότε, έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη μετατροπή αυτής της ανεξάντλητης παροχής θερμικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια και, αργότερα, σε ηλεκτρική. Τα τελευταία χρόνια, διάφορες χώρες όπως η Γαλλία έχουν ξεκινήσει τα προγράμματα που αφορούν την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας των ωκεανών (OTEC).

Τροπικές περιοχές με χρήσιμες διαφορές θερμοκρασίας συχνά στερούνται τόσο συμβατικών ενεργειακών πόρων όσο και πόσιμου νερού. Σε τέτοιες περιοχές, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν μονάδες που χρησιμοποιούν τη μέθοδο της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας των ωκεανών με πλεονέκτημα για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού. Επίσης, ερευνάται η τεχνολογία εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας των κυμάτων και των παλιρροϊκών φαινομένων.



Εικόνα 65 : Εφαρμογή της ωκεανικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή νερού μέσω αφαλάτωσης.

ΠΗΓΗ: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

<b>Εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, χωρητικότητας μεγαλύτερης των 10 m<sup>3</sup> που λειτουργούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</b>					
<b>Τοποθεσία</b>	<b>Νερό Τροφοδοσίας</b>	<b>Τεχνολογία Αφαλάτωσης</b>	<b>Χωρητικότητα m<sup>3</sup>/d</b>	<b>Τεχνολογία Α.Π.Ε.</b>	<b>Χαρακτηριστικά</b>
Bouzareah, Αλγερία	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	20,0	φωτοβολταϊκά	2,74 KW-peak
Ei-Hamrawein, Αίγυπτος	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	80,0	φωτοβολταϊκά	25,9 KW
CEN, Cadarach, Γαλλία	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	60,0	επίπεδοι συλλέκτες	
Borkum Island, Γερμανία	θαλάσσιο	μηχανική επανασυμπίεση	7,2-48	αιολική	45 KW, maximum
Ruegen Island, Γερμανία	θαλάσσιο	μηχανική επανασυμπίεση	48-360	αιολική	300 KW, maximum
Trisai Center, Ιταλία	αλμυρό	θερμική επανασυμπίεση	184,4	επίπεδοι συλλέκτες	25.000 m <sup>2</sup>
Cituis, Δυτική Ιάβα	θαλάσσιο	αντίστροφη ώσμωση	36	φωτοβολταϊκά	19,2 KW-peak
Takami Island, Ιαπωνία	θαλάσσιο	16-βαθμίδες MES	16	επίπεδοι συλλέκτες	
Kuwait	θαλάσσιο	12-βαθμίδες MSF	100,0	παραβολικοί συλλέκτες	220 m <sup>2</sup>
Κατάρ	θαλάσσιο	MSF	20,0	ηλιακή λίμνη	
Platforma Almeria, Ισπανία	θαλάσσιο	14-βαθμίδες MED	172,8	παραβολικοί συλλέκτες	2672 m <sup>2</sup>
Almeria, Ισπανία	θαλάσσιο	αντίστροφη ώσμωση	60,0	φωτοβολταϊκά	836 m <sup>2</sup>
Umm-Al Nar, Abu-Dabi	θαλάσσιο	18-βαθμίδες MEB	100-120	συλλέκτες κενού	1862 m <sup>2</sup>
Ei-Paso, Texas, USA	αλμυρό	24-βαθμίδες MEB	19,0		3355 m <sup>2</sup>
Λιβύη	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	1000	φωτοβολταϊκά	
Λιβύη	θαλάσσιο	ME	500	παραβολικοί συλλέκτες	
Λιβύη	αλμυρό	αντίστροφη ώσμωση	2000	αιολική	

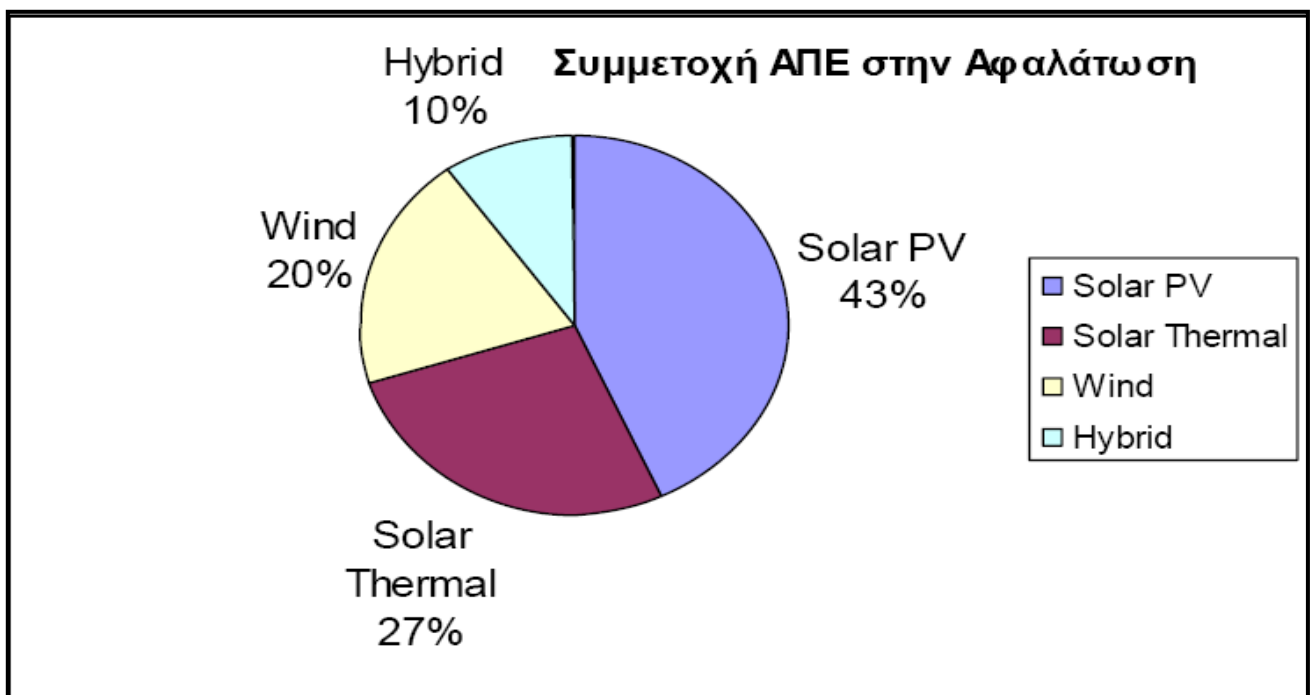
**ΠΗΓΗ:** Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο, Καραχάλιου Π., 2010.

➤ Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αφαλάτωση είναι μια επιλογή τεχνικά ώριμη απέναντι στα αναδυόμενα προβλήματα της ενέργειας και του νερού. Όσο οι τεχνολογικές εξελίξεις συνεχίζουν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος και μειώνεται το κόστος του κεφαλαίου, τα συστήματα αυτά γίνονται όλο και πιο ανταγωνιστικά όταν χρησιμοποιούνται σε συστήματα αφαλάτωσης.

Στις μέρες μας, το κόστος παραγωγής γλυκού νερού από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που συνδυάζονται με συστήματα αφαλάτωσης είναι λιγότερο σε σχέση με άλλες εναλλακτικές λύσεις σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη.

Αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για να βρεθεί ο κατάλληλος τεχνικός συνδυασμός μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των διαδικασιών αφαλάτωσης. Οι μελέτες αυτές έχουν δείξει ότι οι συνδυασμοί:

**ηλιακή θερμική ενέργεια / MED, ηλιακή θερμική ενέργεια / MSF, φωτοβολταϊκά / RO, φωτοβολταϊκά / ED, αιολική ενέργεια / RO, και η γεωθερμική ενέργεια / MED** είναι πολύ ελπιδοφόροι.



Εικόνα 66: Ποσοστά που καταλαμβάνει κάθε μορφή ΑΠΕ στην αφαλάτωση



Όπως παρατηρούμε και στο διάγραμμα το μεγαλύτερο μερίδιο καταλαμβάνουν οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια. Όμως φαίνεται επίσης ότι αρχίζουν να χρησιμοποιούνται ενεργά και τα συστήματα που χρησιμοποιούν την αιολική ενέργεια καθώς και τα υβριδικά τα οποία για διάφορους λόγους τεχνικούς και οικονομικούς δεν ήταν στις πρώτες επιλογές.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ**

Οι διεργασίες αφαλάτωσης νερού όπως διαπιστώσαμε και παραπάνω έχουν συμβάλει ενεργά στο καλύτερο βιοτικό επίπεδο σε πολλές χώρες κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 20ου αιώνα, μετά την αύξηση της ζήτησης του νερού για ύδρευση καθώς και για βιομηχανικές και γεωργικές χρήσεις. Μπορούν λοιπόν να προσφέρουν διάφορα περιβαλλοντικά οφέλη που έχουν να κάνουν με την αποχέτευση, την αποσκλήρυνση του νερού και την ποιότητα των λυμάτων αποχέτευσης, όμως συνοδεύονται και από διαφορές δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όπως κάθε μεγάλης κλίμακας βιομηχανική διαδικασία, παραγωγής ύδατος έχει μια σειρά από πραγματικές ή δυνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Μαζί με τα θέματα της χωροθέτησης, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως άμεσες επιπτώσεις της διαδικασίας και τα θέματα των εγκαταστάσεων. Κατά την άποψη πολλών ερευνητών, ωστόσο, τα βασικά περιβαλλοντικά θέματα μπορεί να αφορούν δύο βασικά έμμεσες επιπτώσεις – η εκπομπή αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλες επιπτώσεις των σημαντικών ενεργειακών αναγκών για τη λήψη του νερού, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διάθεση του νερού.

Η παραγωγή νερού έχει επίσης και κάποια πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη. Οι νέες τεχνολογίες που αφορούν τις μεμβράνες μπορούν να μετριάσουν τον τρόπο ροής του νερού από την πηγή επιτυγχάνοντας πολύ υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης του νερού.

Μπορεί επίσης να μειώσει τις απαιτήσεις σχετικά με τις φυσικές πηγές νερού και την ανάγκη για άλλα επιζήμια έργα υποδομής όπως φράγματα και οι μεταφορές υδάτινων πόρων και να χρησιμοποιηθεί για περιβαλλοντικούς σκοπούς όπως αυξάνοντας τη ροή των ρευμάτων και επαναφορτίζοντας τους υδροφόρους ορίζοντες.

Ωστόσο οι όποιες επιπτώσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό. Οι περισσότερες από τις αναμενόμενες επιδράσεις θα επηρεάσουν τότε το περιβάλλον κοντά στην περιοχή των μονάδων αφαλάτωσης.

**✚ Η αφαλάτωση ενδέχεται να έχει επιπτώσεις σε πέντε τομείς:**

### **❖ Άμεσες Επιπτώσεις**

#### **🏠 Δυσμενείς επιπτώσεις για τη χρήση της γης.**

Δεδομένου ότι τα εργοστάσια βρίσκονται κοντά στην ακτή, οι παραλίες χρησιμεύουν ως περιοχές για βιομηχανικές εγκαταστάσεις και για αντλιοστάσια και όχι για αναψυχή και τουρισμό.

#### **🏠 Επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα.**

Εάν μια μονάδα αφαλάτωσης κατασκευάζεται εσωτερικά προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στην παραλία, υπάρχει μία ανάγκη για αγωγούς για τη μεταφορά του θαλασσινού νερού και άλμης. Τυχόν διαρροή από τους σωλήνες μπορεί να οδηγήσει σε διείσδυση του θαλασσινού νερού και ως εκ τούτου αποτελεί κίνδυνο για τον υδροφόρο ορίζοντα.

**📌 Επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον ως αποτέλεσμα της επιστροφής της πυκνής άλμης στη θάλασσα.**

Μολονότι η άλμη περιέχει υλικά, τα οποία προέρχονταν από τη θάλασσα, το υψηλό ειδικό βάρος τους και η πιθανή παρουσία των πρόσθετων χημικών που εισάγεται στο στάδιο της προεπεξεργασίας μπορεί να βλάψει τον θαλάσσιο πληθυσμό στην περιοχή της απόρριψης της άλμης.

Η ίδια η εγκατάσταση των σωλήνων τροφοδοσίας και εκκένωσης μπορεί να είναι επιβλαβής. Τα στρώματα άμμου και αργίλου μπορεί να υποστούν εκ νέου αιώρηση κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης των σωλήνων και οι βραχώδεις περιοχές και οι ύφαλοι μπορεί να προκαλέσουν μηχανικά χτυπήματα.

**❖ Έμμεσες Επιπτώσεις**

**📌 Επιπτώσεις του θορύβου.**

Οι εγκαταστάσεις αφαλάτωσης θαλασσινού νερού απαιτούν τη χρήση αντλιών υψηλής πίεσης και ανεμογεννήτριες για την ανάκτηση ενέργειας, τα οποία παράγουν αρκετό θόρυβο. Θα πρέπει, επομένως, να βρίσκονται μακριά από κατοικημένες περιοχές ή να είναι εξοπλισμένα με τις κατάλληλες τεχνολογίες για τη μείωση της έντασης του θορύβου.

**📌 Η εντατική χρήση της ενέργειας.**

Αυτό έχει έμμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον λόγω της ανάγκης να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τις γνωστές που σχετίζονται με το περιβάλλον συνέπειες.

**Αναλυτικότερα :**

## 5.1 Η χρήση της γης

Το πρώτο βήμα στο σχεδιασμό μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι να επιλεγεί η περιοχή όπου θα βρίσκεται η μονάδα.

Η περιβαλλοντική αξία που αποδίδεται στη χρήση της γης αλλάζει από τόπο σε τόπο και εξαρτάται από την πυκνότητα του πληθυσμού και την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης. Σε πολλά μέρη η τιμή αυτή είναι αμελητέα, αλλά σε μέρη με περιορισμένες παραλίες, όπως στο κράτος του Ισραήλ, υπάρχει μια υψηλή αξία που αποδίδεται σε κάθε λωρίδα της ακτής, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον εσωτερικό και εξωτερικό τουρισμό και για τη διατήρηση της φύσης.

Ο χώρος που απαιτείται για μια μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού (συμπεριλαμβανομένων των αντλιών και των λιμνών) είναι περίπου 25 στρέμματα για ένα εργοστάσιο που παράγει 100 εκατομμύρια  $m^3$  / έτος. Σε μια περιοχή μικρότερη από 1000 στρέμματα είναι πιθανόν να αφαλατωθούν 1 δισεκατομμύριο  $m^3$  νερού.

Το καθεστώς για την ανάπτυξη των ακτών του Ισραήλ ορίζει περιορισμένες περιοχές μόνο για τη βαριά βιομηχανία, δεν επιτρέπεται κτίριο σε απόσταση 100 μέτρων από την ακτή (με ελάχιστες εξαιρέσεις). Μία από τις λύσεις για την ελαχιστοποίηση της χρήσης των παράκτιων εκτάσεων κατά την κατασκευή μονάδων αφαλάτωσης είναι η τοποθέτηση των εργοστασίων πιο βαθιά στην ενδοχώρα. Αυτό εισάγει το πρόβλημα της χρήσης σωλήνων για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων του θαλασσινού νερού και άλμης, με τον κίνδυνο της ρύπανσης του υποκείμενου υδροφορέα από πιθανή διαρροή. Η τοποθέτηση της μονάδας αφαλάτωσης δίπλα σε περιοχές με καθορισμένες και λειτουργικές υποδομές, στα πλαίσια της ενοποίησης των υποδομών, θα ελαχιστοποιήσει αυτές τις επιπτώσεις.

## 5.2 Επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα

Σωλήνες με θαλασσινό νερό είναι τοποθετημένες στον υδροφόρο ορίζοντα και τον θέτουν σε κίνδυνο, αφού μπορεί να παρουσιάσουν διαρροή και αλμυρό νερό μπορεί να διεισδύσει στον υδροφόρο ορίζοντα. Ο παράκτιος υδροφορέας του Ισραήλ εκτείνεται σε περισσότερες περιοχές κατά μήκος των μεσογειακών ακτών του και έτσι βρίσκεται κάτω από τις περισσότερες από τις πιθανές θέσεις για μια μονάδα αφαλάτωσης στην ενδοχώρα. Ως αποτέλεσμα, η τοποθέτηση των σωλήνων που μεταφέρουν θαλασσινό νερό και άλμη απαιτεί τη χρήση κατάλληλων τεχνικών στεγανοποίησης και την εγκατάσταση ανιχνευτών, όπου θα σταματήσουν την άντληση σε περίπτωση δυσλειτουργίας.

Η προτιμώμενη θέση για ένα εργοστάσιο είναι μια περιοχή όπου η πιθανότητα βλάβης του υδροφόρου ορίζοντα είναι χαμηλή.

Η παροχή του νερού τροφοδοσίας από γεώτρηση είναι μια αξιόπιστη τεχνολογία. Το κύριο πλεονέκτημα της έγκειται στην παροχή καθαρού και φιλτραρισμένου θαλασσινού νερού, στη σημαντική μείωση του κινδύνου μόλυνσης, και στην σταθερή θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας. Η χρήση του νερού από τη γεώτρηση επιτρέπει επίσης την εξοικονόμηση στο στάδιο της προκατεργασίας. Τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι ο κίνδυνος να διαταραχθεί ο υδροφόρος ορίζοντα και ο υρδοφορέας. Σε πολλές περιπτώσεις (για παράδειγμα, στο εργοστάσιο στην Ασκελόν) αυτή η επιλογή αποκλείεται εκ των προτέρων.

### Θέματα πρόσληψης νερού

Μια μελέτη στην Καλιφόρνια διαπίστωσε ότι οι επιπτώσεις είναι πολλές σε συγκεκριμένο χώρο και μεταβλητές ανάλογα με το σχεδιασμό των δομών πρόσληψης. Από την άποψη της μείωσης των επιπτώσεων για τη θαλάσσια ζωή, τα "θαλάσσια πηγάδια" (beach wells), όπου θαλασσινό νερό διεισδύει

μέσα από την άμμο στο σύστημα εισαγωγής είναι σαφώς προτιμότερα από όλες τις μορφές ανοικτής πρόσληψης από τους ωκεανούς.

Ωστόσο, τα “θαλάσσια πηγάδια” μειώνουν τις ροές και τις ποσότητες νερού που διατίθενται για επεξεργασία και κατά συνέπεια δεν ευνοούνται από τη βιομηχανία για μεγαλύτερες μονάδες αφαλάτωσης. Θα πρέπει, επίσης, να γίνει προσεκτικός σχεδιασμός και κατασκευή για την αποφυγή καταστροφής των παράκτιων υδροφορέων.

Οι απώλειες από παράσυρση μπορεί επίσης να μειωθούν με το να μην εισάγεται νερό από την επιφάνεια του ωκεανού, όπου υπάρχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μικρών ειδών θαλάσσιας ζωής, αλλά αυτό αυξάνει τις απώλειες από πρόσκρουση πάνω σε είδη που είναι ακριβότερα οικονομικά και αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και των πιθανών ζημιών.



*Εικόνα 67: Beach Well Ισπανία*

Σύμφωνα με τη WWF "θαλασσινό νερό. . . δεν είναι μόνο το νερό. Είναι οικότοπος και περιέχει ένα ολόκληρο οικοσύστημα πλαγκτόν, ψάρια και ασπόνδυλα.

Επίσης η έλλειψη μελετών για το θέμα αυτό είναι ανησυχητική σε αντίθεση με την προσοχή δίνεται στις απορρίψεις των εργοστασίων αφαλάτωσης, το θέμα των απωλειών από παράσυρση της θαλάσσιας ζωής δεν τίθεται καθόλου συχνά ή αναπτύσσεται σε ένα πολύ επιφανειακό τρόπο στην εξέταση των ειδικών μονάδων αφαλάτωσης.

Ως θέμα πολιτικής, οι προσλήψεις θα πρέπει να αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη θαλάσσια ζωή τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία. Beach wells intake είναι σαφώς προτιμότερα όπου αυτό είναι εφικτό, αλλά όπου δεν είναι, η υδροδότηση θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχές με χαμηλό βιολογικό περιεχόμενο.

### **5.3 Επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον**

Οι περισσότερες από τις επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελούν συνέπεια της τοποθέτησης των σωλήνων τροφοδοσίας και των σωλήνων απόρριψης της άλμης. Η αρχική επίδραση κατά την τοποθέτηση των σωλήνων είναι προσωρινή και περιορίζεται στην περιοχή που γίνονται τα έργα, αλλά ακόμη και αυτή η επίδραση μπορεί να είναι σημαντική, ιδιαίτερα σε βραχώδεις περιοχές και κοραλλιογενείς υφάλους. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων είναι μία συνάρτηση του επιπέδου της διαταραχής του περιβάλλοντος και της φυσικής ευαισθησίας, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την ειδική φύση του βιοτόπου και στις ειδικές κοινότητες.



Από τα κύρια απόβλητα των μονάδων αφαλάτωσης είναι η άλμη. Η κύρια επίπτωση οφείλεται στην απόρριψη της πυκνής άλμης στη θάλασσα, και το μέγεθός της εξαρτάται από τους περιβαλλοντικούς και υδρογεωλογικούς παράγοντες που χαρακτηρίζουν τη θάλασσα: τη βαθυμετρία, τα κύματα, τα ρεύματα, το βάθος της στήλης του νερού κ.α.. Σε γενικές γραμμές, η βιομηχανία υποστηρίζει ότι αυτό μπορεί να γίνει με ασφάλεια.

Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλά που δεν γνωρίζουμε για την αλατότητα στους ωκεανούς και ίσως πιο εύστοχα στις ημίκλειστες θάλασσες. Ακόμα και μικρές μεταβολές της αλατότητας στην επιφάνεια της θάλασσας μπορεί να έχει δραματικές συνέπειες για τον κύκλο του νερού και την κυκλοφορία των ωκεανών.



*Εικόνα 68 : Έξοδος αλμολοιπτού Ισπανία*

- Περαιτέρω, οι μονάδες αφαλάτωσης παράγουν υγρά απόβλητα που μπορεί να περιέχουν όλα ή μερικά από τα ακόλουθα στοιχεία:
- υψηλές συγκεντρώσεις άλατος, τα χημικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια καθαρισμού του εξοπλισμού και
  - Τοξικά μέταλλα

*Τα υγρά απόβλητα μπορεί να:*

- απορρίπτονται απευθείας στον ωκεανό
- σε συνδυασμό με άλλα απόβλητα
- απορρίπτονται στο αποχετευτικό σύστημα για την επεξεργασία σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, ή
- στεγνώσει.

### **5.3.1 Σύνθεση της άλμης**

Σε όλες τις διαδικασίες της αφαλάτωσης, η άλμη που αποβάλλεται, η συγκέντρωση της οποίας είναι υψηλότερη από εκείνη των φυσικών θαλασσινού νερού, επιστρέφεται στην θάλασσα. Οι συγκεντρώσεις της άλμης συνήθως είναι κοντά στο διπλάσιο σε σχέση τη συγκέντρωση του φυσικού θαλασσινού νερού. Εκτός από την υψηλή συγκέντρωση αλάτων, αυτό το νερό που αποβάλλεται, περιέχει διάφορες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά το στάδιο της προεπεξεργασίας της αφαλάτωσης. Στην περίπτωση των εργοστασίων εξάτμισης, παράγεται επίσης θερμική ρύπανση.

Οι τύποι και οι ποσότητες των χρησιμοποιούμενων χημικών ουσιών εξαρτώνται από την τεχνολογία που επιλέγεται και την απαιτούμενη ποιότητα νερού που θα παραχθεί.

Διάφορα χημικά που ίσως βρεθούν στην άλμη είναι οι επιφανειοδραστικές ουσίες, και τα οξέα που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του pH.

Τα άλατα που επιστρέφουν στη θάλασσα είναι όμοια με αυτά που υπάρχουν στο νερό τροφοδοσίας, αλλά είναι πλέον παρούσα σε υψηλότερη συγκέντρωση.

Στις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης, η συγκέντρωση απόρριψης είναι 30-70%, ή 1.3 με 1.7 φορές εκείνη του αρχικού θαλασσινού νερού. Πρόκειται για υψηλότερη συγκέντρωση από εκείνη που διαπιστώθηκε για τις μονάδες MSF όπου η αναλογία επιστροφής είναι 1.1 - 1.5.

<b>Χημικά χαρακτηριστικά της άλμης</b>		
<b>Παράμετροι</b>		
<b>Κατιόντα (mg/l)</b> Μαγνήσιο Νάτριο Κάλιο Ασβέστιο	<b>Ανιόντα (mg/l)</b> Χλωριούχα (Cl <sup>-</sup> ) Θειικά (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) Ανθρακικά (HCO <sup>-3</sup> ) Φωσφορικά (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )  <b>Χημικά στοιχεία</b> Βόριο Στρόντιο	<b>Βαρέα μέταλλα (mg/l)</b> Χαλκός Σίδηρος Ψευδάργυρος Μαγγάνιο Κάδμιο Μόλυβδος
Θερμοκρασία	Αλατότητα (mg/l)	Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) (mg/l)
pH	Ολικό οργανικό φορτίο (mg/l)	Αγωγιμότητα (mS /cm)

*Εικόνα 69 : Χημικά χαρακτηριστικά της άλμης*

**ΠΗΓΗ:** «Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο», Στέλλα Πιτσαρή Χημικός Μηχανικός, Απρίλιος 2011

### **5.3.2 Διασπορά των συμπυκνωμένων αλάτων**

Το μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα που συνδέεται με μια μονάδα αφαλάτωσης είναι το πώς θα απαλλαγούμε από το πλεόνασμα της συμπυκνωμένης άλμης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν μπορούν να παραμείνουν στο έδαφος, λόγω του κινδύνου που δημιουργούν για το υποκείμενο των υπόγειων υδάτων.

Ένας φυσικός χώρος διάθεσης της άλμης είναι η θάλασσα, αλλά είναι απαραίτητη η κατάλληλη τεχνολογία για να εξασφαλιστεί η σωστή διασπορά των πυκνών διαλυμάτων και έτσι να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Διάφορες εναλλακτικές τεχνικές είναι διαθέσιμες για το σκοπό αυτό, και η επιλογή μεταξύ τους θα εξαρτηθεί από τις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη το περιβαλλοντικές, μηχανικές και οικονομικές πτυχές.

### **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις απόρριψης της άλμης στα θαλάσσια οικοσυστήματα**

- **Αύξηση θερμοκρασίας (3-4°C αντίστροφη όσμωση, 10-15°C πολυβάθμια Εξάτμιση)**
- **Διακύμανση αλατότητας του νερού**
- **Ευτροφισμός (υψηλή συγκέντρωση σε νιτρικά, φωσφορικά)**
- **Αλλαγή θαλάσσιων οικοσυστημάτων**
- **Αύξηση σε αιωρούμενα σωματίδια**
- **Θνησιμότητα θαλάσσιων οργανισμών (χλωρίδα – πανίδα)**
- **Μεταβολή-μείωση παραγωγικότητας του φυτοπλαγκτόν**

- **Χημική ρύπανση, ανακατανομή συγκεντρώσεων σε ιχνοστοιχεία**
- **Μείωση παραγωγικότητας των φυτών και του εδάφους, υφαλμύρωση**

**ΠΗΓΗ:** «Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο», Στέλλα Πιτσαρή Χημικός Μηχανικός, Απρίλιος 2011

### **Παράγοντες που επηρεάζουν τις επιπτώσεις απόρριψης σε υδάτινο φορέα:**

- **Ρυθμός και πίεση εκροής, βαθμός αραίωσης - ανάμειξης, ταχύτητα ανάμειξης (διαχυτήρας αγωγών απόρριψης, μικρότερη επίπτωση)**
- **Βάθος και τοπογραφικά στοιχεία του σημείου απόρριψης**
- **Διαδρομή – σχεδιασμός αγωγού απόρριψης (μήκος, γωνία)**
- **Μετεωρολογικά στοιχεία (κατεύθυνση - ταχύτητα ανέμου)**
- **Βαθυμετρικά χαρακτηριστικά**
- **Κύριες διευθύνσεις και δύναμη κυμάτων**
- **Θαλάσσια ρεύματα**
- **Βαθμός ευαισθησίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος**

**ΠΗΓΗ:** «Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο», Στέλλα Πιτσαρή Χημικός Μηχανικός, Απρίλιος 2011

## **Οι εναλλακτικές τεχνικές είναι:**

### **• Απόρριψη της άλμης μέσω ενός μακρύ σωλήνα μακριά μέσα στη θάλασσα.**

Το αλμόλοιπο, το οποίο συνήθως απορρίπτεται στη θάλασσα, σχηματίζει ένα λοφίο (“σύννεφο”) νερού υψηλής αλατότητας, που το μέγεθος του εξαρτάται από την ποσότητα και τις συνθήκες της θάλασσας (βάθος, βαθυμετρία, ρεύματα, κλπ.)

Το λοφίο θα βυθιστεί στον πυθμένα της θάλασσας και οι επιδράσεις του θα επεκταθούν σε μια περιοχή εκατοντάδων μέτρων. Όλη αυτή η διαδικασία παρουσιάζει μια συνεχή και αθροιστική πηγή ρύπανσης, και αυτό οδηγεί σε μια συνεχή βλάβη στο ζώντες οργανισμούς στη γύρω περιοχή.

Είναι επομένως σκόπιμο να τοποθετηθεί το σημείο απόρριψης της άλμης μακριά από την παραλία και από τις βραχώδεις περιοχές που είναι πλούσιες σε οργανισμούς, καθώς και πολύ μακριά από περιοχές όπου μεγάλος αριθμός ατόμων εμπλέκεται σε δραστηριότητες όπως η αναψυχή, η περιήγηση, το ψάρεμα και άλλα.

Η διαδικασία αραίωσης της άλμης είναι ένας συνδυασμός δύο φυσικών διαδικασιών: της αρχικής (jet) αραίωση και της φυσικής αραίωσης.

Ο ρυθμός της κύριας διαδικασίας αραίωσης εξαρτάται από τη διαφορά στις πυκνότητες (μία συνάρτηση της συγκέντρωσης των αλάτων και της θερμοκρασίας) μεταξύ της συμπυκνωμένης άλμης και του θαλασσινού νερού, καθώς και στην ορμή, στο ρυθμό της ροής και της ταχύτητας εξόδου από το σωλήνα εκκένωσης.

Η αρχική αραίωση περαιτέρω επηρεάζεται από τη διάμετρο του σωλήνα εκκένωσης και από το βάθος του πυθμένα της θάλασσας. Στην περίπτωση της άλμης, ο πίδακας του νερού κατεβαίνει προς τα κάτω και η αποτελεσματικότητα του σταδίου αυτού είναι μειωμένη.

Με κατάλληλο σχεδιασμό του σωλήνα εκκένωσης, μπορεί να βελτιωθεί η διαδικασία της κύριας αραίωσης.

Η δεύτερη φάση είναι η φυσική αραίωση (τυρβώδης αραίωση), η οποία λαμβάνει χώρα μετά το στάδιο της αρχικής, κυρίως ως αποτέλεσμα των διεργασιών της διάχυσης και της αναμίξεως, οι οποίες δημιουργούνται από θαλάσσια ρεύματα και κύματα. Αυτό ποικίλλει ανάλογα με τις θαλάσσιες συνθήκες.

Οι κύριες επιδράσεις στους θαλάσσιους ζώντες οργανισμούς θα είναι κοντά στη περιοχή του σωλήνα εκκένωσης και σχετίζεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του αλατιού. Αυτό θα επηρεάσει κυρίως τους βενθικούς οργανισμούς και το πλαγκτόν.

Για τους θαλάσσιους οργανισμούς που υπάρχουν σε μια οσμωτική ισορροπία με το περιβάλλον τους, μία αύξηση στην συγκέντρωση των αλάτων σε αυτό το περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση των κυττάρων και το θάνατο (κυρίως των νυμφών και των νεαρών ατόμων).

Η ευαισθησία στην αύξηση αλατότητας ποικίλλει από είδος σε είδος.

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις Κανάριες Νήσους περιλαμβάνει μια έρευνα και την παρακολούθηση της διασποράς της συμπυκνωμένης άλμης και την επίδραση στην θαλάσσια χλωρίδα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο εργοστάσιο της Maspalomas II. Η μονάδα παράγει περίπου 17.000 m<sup>3</sup> / d.

Ο σωλήνας εκκένωσης είναι 300 μ., η διάμετρός του είναι 60 εκατοστά και το βάθος του νερού είναι 7,5 m. Η θάλασσα στην περιοχή του νησιού είναι συχνά τραχιά, και η παλίρροια ανεβαίνει περίπου 2 m. Οι μετρήσεις έγιναν από δύοτες κάτω από συνθήκες ηρεμίας της θάλασσας.

Ακόμα κι αν ήταν ικανοποιητική η αραίωση στην επιφάνεια της θάλασσας, αντίθετα παρατηρήθηκαν στον πυθμένα συμπυκνωμένα και πυκνά διαλύματα.

Σε μετρήσεις που έγιναν αργότερα στην περιοχή της κηλίδας, μια συγκέντρωση μεγαλύτερη από 60 ‰ ανιχνεύθηκε σε απόσταση 100 m από την έξοδο, και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ελεγχθούν και άλλες περιοχές μέσα στη κηλίδα.

Η κηλίδα έλαβε μία επιμήκη μορφή, που έμοιαζε με αλμυρό υποβρύχιο ποτάμι που ρέει στην κατεύθυνση της γραμμής πτώσης. Επιπτώσεις παρατηρήθηκαν στην τοπική θαλάσσια χλωρίδα στην περιοχή της εξόδου.

### ● **Άμεση απόρριψη της άλμης στην ακτογραμμή.**

Η εναλλακτική λύση της απόρριψης του αλμόλοιπου απ' ευθείας στα παράλια δεν συνιστάται παρά μόνο σε κάποιες εξαιρέσεις (μικρές μονάδες, ακτή μικρής ευαισθησίας) που έχουν να κάνουν με οικονομικούς παράγοντες. Το αλμόλοιπο, που καταλήγει στη θάλασσα, θα σχηματίσει ένα σύννεφο νερού υψηλής αλατότητας, ανάλογα με τις θαλάσσιες συνθήκες και άλλους παράγοντες.

Το αποτέλεσμα θα είναι αισθητό σε αποστάσεις εκατοντάδων μέτρων από την έξοδο (ανάλογα με τις ποσότητες της άλμης). Ακόμη και αν το αλμόλοιπο αραιώνεται σε μικρή απόσταση από την έξοδο, κατά τη διάρκεια των ημερών που η θάλασσα είναι ήρεμη, η δευτερεύουσα αραιώση θα είναι αμελητέα. Σε εκείνες τις ημέρες η βλάβη των παράκτιων οικοτόπων θα είναι μεγάλη.

Η μέθοδος αυτή δεν συνιστάται για τις θάλασσες με υψηλή ευαισθησία, για μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης ή για περιοχές με πληθυσμό υψηλής περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Στη Σαουδική Αραβία υπάρχουν αρκετές μονάδες αφαλάτωσης μεγάλης κλίμακας σε λειτουργία αλλά η γενική περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση στη χώρα είναι πολύ χαμηλή. Το αλμόλοιπο απορρίπτεται απευθείας στη θάλασσα και περιέχει χημικά από το στάδιο προεπεξεργασίας, καθώς και υλικά καθαρισμού των μεμβρανών.

Το αλμόλοιπο παρασύρεται από την παλίρροια και από τα θαλάσσια ρεύματα. Εκτιμάται ότι το βάθος της θάλασσας είναι μεγαλύτερο από αυτό της Μεσογείου, και ως εκ τούτου η αραιώση είναι ταχύτερη.



● **Απόρριψη της άλμης μέσω της εξόδου του σταθμού ψύξης νερού.**

Η επιλογή αυτή προτείνει τη χρήση του ζεστού νερού που αποβάλλεται από το σταθμό τροφοδοσίας, για την αραίωση του αλμολοίπου.

Το κύριο περιβαλλοντικό πλεονέκτημα είναι η μεγάλη αραίωση που επιτυγχάνεται. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα έγκειται στο σχετικά χαμηλό ειδικό βάρος του ζεστού νερού, το οποίο θα αντισταθμίσει εν μέρει με το υψηλό ειδικό βάρος της άλμης και θα μειώσει συνεπώς την τάση της να βυθιστεί στον πυθμένα.

Ο συνδυασμός ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας και μιας μονάδας αφαλάτωσης έχει πολλά πλεονεκτήματα, αν και τα περισσότερα από αυτά είναι σχετικές με τα εργοστάσια που βασίζονται στα συστήματα εξάτμισης και όχι αντίστροφης όσμωσης.

Υπολογισμοί που έγιναν στο Ashkelon και Hadera δείχνουν ότι η συνολική αλμυρότητα του νερού στην περιοχή της εξόδου του σωλήνα εκκένωσης αυξάνεται κατά 1 έως 5%. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα μοντέλα για διασπορά, η επίδραση της άλμης θα εξαφανιστεί σε απόσταση λίγων μέτρων από την έξοδο.

● **Δρομολόγηση της άλμης σε ένα εργοστάσιο παραγωγής αλατιού.**

Αυτή η επιλογή, σύμφωνα με την οποία τα άλατα που αντλούνται από τη θάλασσα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αλατιού αντί να επιστρέφονται στην θάλασσα, παρουσιάζοντας πολλά περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Το μόνο μειονέκτημα, είναι ότι μικρός αριθμός εργοστασίων παραγωγής αλατιού βρίσκονται κοντά σε εγκαταστάσεις αφαλάτωσης.

Ένα πλεονέκτημα της χρήσης αυτής της τεχνολογίας, είναι η αύξηση της αλατότητας του νερού απόρριψης με την επανεπεξεργασία της άλμης μέσω των μεμβρανών.

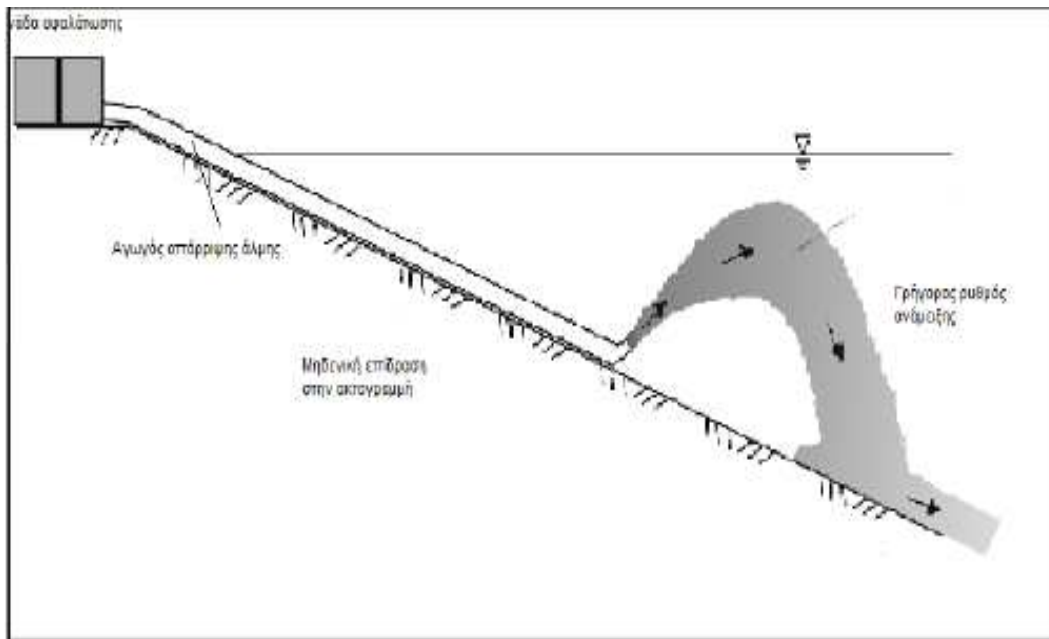
Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται εν μέρει στο Eilat. Το εργοστάσιο Mekorot στο Eilat λειτουργεί με αντίστροφη όσμωση και παράγει σχεδόν 12 εκατομμύρια m<sup>3</sup> αφαλατωμένου νερού ετησίως. Μέρος του νερού τροφοδοσίας είναι υφάλμυρο νερό από γεωτρήσεις και το υπόλοιπο της τροφοδοσίας είναι θαλασσινό νερό. Η συγκέντρωση της άλμης που δημιουργείται από το υφάλμυρο νερό είναι 70% και η άλμη που δημιουργείται από το θαλασσινό νερό φθάνει σε συγκέντρωση το 50%. Το αλμόλοιπο βγαίνει από το εργοστάσιο σε συγκεντρώσεις που είναι 2,0 έως 2,5 φορές υψηλότερη από τη συγκέντρωση του θαλασσινού νερού. Η άλμη στη συνέχεια μεταφέρεται από το εργοστάσιο στις λίμνες της Εταιρείας Αλατιού και οποιοδήποτε πλεόνασμα μεταφέρεται στο κέντρο παρατηρήσεως πτηνών στο Eilat. Εκεί η άλμη συνδυάζεται με την άλμη από άλλες πηγές και στη συνέχεια μεταφέρονται σε ένα ανοιχτό κανάλι προς τη θάλασσα. Καθώς το κανάλι περνά μέσα από μια περιοχή, που είναι σαν ένας πολύ αλατούχος βάλτος, και καθώς η ροή είναι πολύ ισχυρή, φαίνεται ότι δεν υπάρχει καμία διείσδυση του ύδατος άλμης στα υπόγεια νερά.

## Επιτρεπτά όρια απορρίψεων άλμης στη ζώνη ανάμειξης

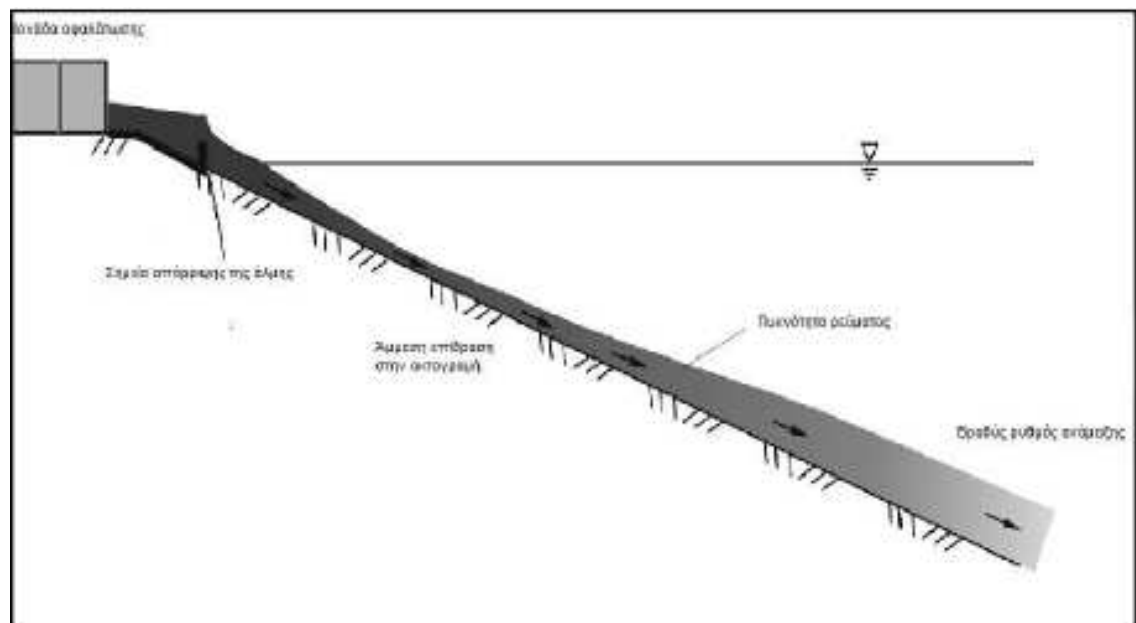
Παράμετρος	Οριακές τιμές εκπομπών (ES)	Επιτρεπτά όρια απόρριψης (AS)
Χαλκός	500 µg/l (Worldbank)	4.8 µg/l (USEPA)
Χλώριο	200 µg/l (Worldbank)	7.5 µg/l (USEPA)
Θερμοκρασία	10 °C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος	3 °C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος
Αλατότητα	Δεν έχουν καθοριστεί (RO: αύξηση πάνω από 35000 ppm)	5 – 10% της υπάρχουσας τιμής (Ισπανία)

Εικόνα 70 : Επιτρεπτά όρια απορρίψεων άλμης στη ζώνη ανάμειξης

**ΠΗΓΗ:** «Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο», Στέλλα Πιτσαρή Χημικός Μηχανικός, Απρίλιος 2011



Εικόνα 71 : Απόρριψη  
μέσω υποθαλάσσιου  
αγωγού



Εικόνα 72 : Απόρριψη  
μέσω καναλιού στην  
ακτογραμμή

**ΠΗΓΗ:** «Βιβλιογραφική ανασκόπηση και αξιολόγηση μεθόδων- τεχνικών επεξεργασίας & ελαχιστοποίησης της άλμης, κοινών πρακτικών διάθεσης σε ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο», Στέλλα Πιτσαρή Χημικός Μηχανικός, Απρίλιος 2011

 **Παράδειγμα μονάδας Αντίστροφης Ωσμωσης σε λειτουργία**

Μονάδα Bocabarraco, Ισπανία. Δυναμικότητα: 7.000 m <sup>3</sup> /day, Ανάκτηση: 45%		
Χημική σύνθεση εισροής και εκροής της μονάδας		
j.J. Sadhwani et al. / Desalination 185(2005) 1-8		
Συγκέντρωση (mg/L)	Θαλασσινό νερό	Άλμη
Ca <sup>2+</sup>	450	814
Mg <sup>2+</sup>	1520	2751
Na <sup>+</sup>	11415	20657
K <sup>+</sup>	450	824
Cl <sup>-</sup>	20800	37639
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3110	5628
TDS	38000	68764

Εικόνα 73 : Χημική σύνθεση μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης

**ΠΗΓΗ:** «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Γενικό Τμήμα Θετικών Επιστημών, Τομέας Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών, Κενανάκης Γιώργος, Κατσαράκης Νίκος, Σαββάκης Κώστας.



Εικόνα 74 : Τοποθέτηση αγωγού  
απόρριψης άλμης, Κύπρος

ΠΗΓΗ: [www.moa.gov.cy](http://www.moa.gov.cy)

Εικόνα 75 :

Σημείο απόρριψης άλμης, εργοστάσιο  
Roque Prieto, Κανάρια Νησιά



## 5.4 Ηχορύπανση

### ❖ *Ηχορύπανση κατά τη φάση κατασκευής*

Η ηχορύπανση που προκαλείται από την κατασκευή μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες με βάση την πηγή της:

1. Στο θόρυβο που παράγεται από τη μεταφορά των μηχανημάτων για την κατασκευή: η μεταφορά των υλικών για επιχωματώσεις, μεταφορά των αδρανών υλικών (άμμος χαλίκι κ.α.), του τσιμέντου και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού προκαλεί κυκλοφοριακό χάος κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων.
2. Στο θόρυβο που παράγεται από το εργοτάξιο και τα μηχανήματα: η λειτουργία των εκσκαφών, των γερανών, των οδοστρωτήρων, των βυθοκόρων και άλλων μηχανημάτων παράγει θόρυβο, αλλά ο εν λόγω θόρυβος είναι ουσιαστικά ασήμαντος αφού οι μονάδες αφαλάτωσης κατασκευάζονται σε γενικές γραμμές μακριά από κατοικημένες περιοχές.

### ❖ *Ηχορύπανση κατά τη φάση λειτουργίας*

- ✚ Επειδή οι εγκαταστάσεις αφαλάτωσης θαλασσινού νερού και κυρίως οι μονάδες αντίστροφης όσμωσης είναι εξοπλισμένες με πολλές αντλίες υψηλής πίεσης, η λειτουργία των οποίων παράγει αρκετό θόρυβο και κραδασμούς, έτσι είναι αναγκαίο να παρθούν τα κατάλληλα για να αποφευχθούν οι επιδράσεις στις γύρω περιοχές. Σε γενικές γραμμές, δεδομένου ότι οι αντλίες υψηλής πίεσης βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους, ηχομονωτικά πλακίδια ή θήκες μπορούν να εγκατασταθούν για να απορροφούν το θόρυβο. Τα μέτρα αυτά σε συνδυασμό με την επιλογή της θέσης του εργοστασίου σε απομακρυσμένη περιοχή, θα πρέπει να μειώνουν αποτελεσματικά τις επιπτώσεις του θορύβου.

## 5.5 Εντατική χρήση της ενέργειας


Η εντατική χρήση της ενέργειας κατατάσσεται στις έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αφαλάτωσης, δεδομένου ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις των μονάδων αυξάνουν την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, τη καύση των καυσίμων και αυτά με τη σειρά τους ωθούν τη διαδικασία της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Η ενέργεια που απαιτείται για την αφαλάτωση ενός  $m^3$  νερού ποικίλλει από το εργοστάσιο σε εργοστάσιο και από τεχνολογία σε τεχνολογία. Όμως η τεχνολογία αντίστροφης ώσμωσης είναι η πιο αποδοτική ενεργειακά.

Με βάση διάφορες δημοσιεύσεις, εκτιμάται ότι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή  $1 m^3$  νερού κυμαίνεται μεταξύ 3.5 έως 4.5 kWh/ $m^3$ . Εκτιμάται ότι η βέλτιστη τιμή να είναι 4,5 kWh/ $m^3$ .

Η ποσότητα του άνθρακα που απαιτείται για την παραγωγή μιας kWh είναι 353,8g. Το αντίστοιχο ποσό του αργού πετρελαίου (το οποίο διαφέρει από εργοστάσιο σε εργοστάσιο) είναι περίπου 234,9 g για μία kWh.

Ένα εργοστάσιο που παράγει 100 εκατομμύρια  $m^3$  / γ νερό θα απαιτούσε ηλεκτρική ισχύ 50-60 MW.

 Συνοψίζοντας συμπεραίνουμε ότι θα πρέπει να γίνεται μια σωστή περιβαλλοντική αξιολόγηση των διεργασιών της αφαλάτωσης όπου θα λαμβάνεται υπόψη το επίπεδο ευαισθησίας του αντίστοιχου περιβάλλοντος, θαλάσσιο και χερσαίο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης, καθώς και τα έξοδα για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων αυτών. Επίσης θα λαμβάνεται υπόψη το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος της χρήσης των διαφόρων τεχνολογιών για την απόκτηση του νερού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές πτυχές, υπάρχει εμφανές πλεονέκτημα για τη χρήση της αντίστροφης ώσμωσης, έναντι της χρήσεως των διαδικασιών εξάτμισης.



Με τη χρησιμοποίηση έξυπνου σχεδιασμού και κατάλληλων τεχνολογιών, είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν οι δυσμενείς επιδράσεις των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στο περιβάλλον. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των σχεδιαστών, των υπεύθυνων λήψης αποφάσεων και του κοινού κατά τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού και της κατασκευής, θα επιτρέψει την κατασκευή φιλικών προς το περιβάλλον μονάδων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **6. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ, ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Αν και τα προηγούμενα χρόνια δεν υπήρχε κάποιο ξεκάθαρο θεσμικό πλαίσιο και συγκεκριμένες διαδικασίες όσον αφορά την τεχνολογία αφαλάτωσης υφάλμυρου ή θαλασσινού νερού και όλες οι διαδικασίες ήταν πολύπλοκες και χρονοβόρες, στις μέρες μας γίνονται προσπάθειες για να απλοποιηθούν όλο και περισσότερο αυτές οι διαδικασίες.

➤ Η σωστή χωροθέτηση μιας μονάδας αφαλάτωσης μειώνει το κόστος της επένδυσης, καθώς αξιοποιεί τις υπάρχουσες υποδομές, μειώνει τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως είναι η οπτική όχληση, η ηχορύπανση, οι επιπτώσεις από την υδροληψία του νερού και τη διάθεση της άλμης και συγχρόνως μειώνει το κόστος παραγωγής νερού. (Στυλιανή – Αικατερίνη Τζανάκη, Θεσσαλονίκη 2010)

Τα σημαντικότερα κριτήρια χωροθέτησης προκύπτουν από την ανάγκη για την προστασία το περιβάλλοντος στο μέγιστο δυνατό βαθμό καθώς και την ανάγκη για μη αρνητική επίδραση στη κοινωνική και οικονομική ζωή του τόπου που θα τοποθετηθούν οι μονάδες. Μεντής Δημήτριος, Αθήνα 2011)

#### **6.1 Κριτήρια χωροθέτησης μονάδων αφαλάτωσης**

✚ Τα κριτήρια χωροθέτησης μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι:

1. **Θέση οικοπέδου:** Η έκταση του οικοπέδου πρέπει να επαρκεί για την εγκατάσταση της αφαλάτωσης και εξετάζεται το καθεστώς ιδιοκτησίας του, αν ανήκει στην τοπική αυτοδιοίκηση ή σε ιδιώτη.
2. **Υδροληψία εγκατάστασης:** Εξετάζονται στοιχεία που έχουν σχέση με τον τρόπο που λαμβάνεται το νερό που θα τροφοδοτήσει την εγκατάσταση, όπως:
  - Η απόσταση της ακτής από την εγκατάσταση αφαλάτωσης, αν το νερό τροφοδοσίας είναι θαλασσινό, τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο σημείο υδροληψίας, η ύπαρξη ρευμάτων και η δυνατότητα ανανέωσης του νερού.
  - Η ποιότητα του θαλασσινού νερού και η θερμοκρασία του κατά τους θερινούς μήνες.
  - Η βυθομετρία της περιοχής και το είδος του βυθού, εάν είναι αμμώδης, πετρώδης κλπ.
  - Η ύπαρξη ή μη κατάλληλης γεώτρησης (εάν η τροφοδοσία της εγκατάστασης γίνει με αυτό τον τρόπο), η απόσταση της γεώτρησης από την εγκατάσταση αφαλάτωσης, το βάθος της, η παροχή νερού (m<sup>3</sup> /d) και η ποιότητά του.
  - Η ύπαρξη αντλιοστασίου στη γεώτρηση.
3. **Δεξαμενές αποθήκευσης καθαρού νερού:** Εξετάζεται η ύπαρξη δεξαμενών νερού, η θέση τους, ο όγκος τους και το υψόμετρό τους.
4. **Δίκτυο ύδρευσης:** Εξετάζεται η ύπαρξη αντλιοστασίων και δικτύου ύδρευσης και ειδικότερα:
  - Η ύπαρξη δικτύου ύδρευσης στην περιοχή της εγκατάστασης και η απόστασή του από τη δεξαμενή καθαρού νερού, η διάμετρος του αγωγού, η απόσταση της εγκατάστασης αφαλάτωσης από τον αγωγό νερού και η απόσταση από τις βάνες ελέγχου .
  - Η ύπαρξη αντλιοστασίου προσαγωγής καθαρού νερού, η θέση του και η επάρκειά του να δεχθεί τις παροχές της μονάδας αφαλάτωσης.

5. **Δίκτυο αποχέτευσης και δίκτυο αποχέτευσης όμβριων:** Εξετάζεται η ύπαρξη δικτύου αποχέτευσης όμβριων και δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων στην περιοχή και η απόστασή του από την εγκατάσταση.
6. **Οδικό δίκτυο:** Εάν υπάρχει οδική πρόσβαση στο οικόπεδο, η κατάσταση της οδού πρόσβασης και αν ο δρόμος είναι ασφαλτοστρωμένος.
7. **Δίκτυο ΔΕΗ:** Εξετάζεται η επάρκεια του υφιστάμενου δικτύου ΔΕΗ ως προς την ισχύ που απαιτεί η εγκατάσταση αφαλάτωσης, η σταθερότητά του, οι διακοπές ρεύματος, το δίκτυο μέσης τάσης και η απόστασή του από το οικόπεδο και η ανάγκη για εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z).
8. **Διάθεση άλμης:** Εξετάζεται η απόσταση του σημείου απόρριψης της άλμης από το σημείο υδροληψίας, τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο σημείο απόρριψης, η ύπαρξη ρευμάτων και η δυνατότητα αραίωσης του νερού, η απόρριψη σε γεώτρηση, καθώς και η ανάγκη για αντλιοστάσιο απόρριψης άλμης.
9. **Ύπαρξη άλλης μονάδας αφαλάτωσης εντός του οικοπέδου:** Η θέση της και η δυναμικότητα της εγκατάστασης και η τροφοδοσία της εγκατάστασης από γεώτρηση ή από τη θάλασσα.
10. **Φυσικό περιβάλλον:** Η μορφολογία του οικοπέδου, η κλίση του και η βλάστηση μέσα και γύρω από το οικόπεδο.
11. **Προστατευόμενες περιοχές:** Εξετάζεται αν το οικόπεδο βρίσκεται κοντά σε προστατευόμενη περιοχή, το καθεστώς προστασίας της και η απόσταση των ορίων της από το οικόπεδο.
12. **Ανθρωπογενές περιβάλλον:** Εξετάζεται η απόσταση του οικοπέδου από κατοικημένη περιοχή, τον πλησιέστερο οικισμό ή μεμονωμένη κατοικία καθώς και η ύπαρξη άλλης δραστηριότητας σε απόσταση 1 km.
13. **Χρήσεις γης:** Εξετάζονται οι θεσμοθετημένες χρήσεις γης στη περιοχή του οικοπέδου, καθώς και το ιδιαίτερο πολεοδομικό και χωροταξικό καθεστώς.
14. **Πολιτιστικοί & αρχαιολογικοί χώροι:** Ερευνάται η ύπαρξη αρχαιολογικού χώρου και η απόστασή του από το οικόπεδο. (Στυλιανή – Αικατερίνη Τζανάκη, Θεσσαλονίκη 2010)

● *Εάν η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας γίνει από ΑΠΕ, πρέπει να εξεταστούν επιπλέον παράγοντες όπως:*

- ✚ Το διαθέσιμο αιολικό ή ηλιακό δυναμικό.
- ✚ Γεωμορφολογία του εδάφους.
- ✚ Ανοιχτός ορίζοντας: στις κύριες διευθύνσεις του ανέμου (αιολικά πάρκα) / από ανατολή προς δύση (φωτοβολταϊκά πάρκα).
- ✚ Προσανατολισμός της κορυφογραμμής: σε σχέση με τις διευθύνσεις του ανέμου (αιολικά πάρκα) /προς το νότο (φωτοβολταϊκά πάρκα).
- ✚ Προσβασιμότητα και κατάσταση υφιστάμενης οδού (αν υπάρχει).
- ✚ Απόσταση από δίκτυο ΔΕΗ.
- ✚ Φυσικά ή ανθρωπογενή εμπόδια για την ροή του ανέμου (πολύ σύνθετη τοπογραφία, κεραιές κλπ)
- ✚ Ιδιοκτησιακό καθεστώς
- ✚ Επιφάνεια οικοπέδου
- ✚ Απόσταση από προστατευμένες περιοχές, αρχαιολογικούς χώρους, μνημεία, κατοικημένες περιοχές, τουριστικές περιοχές, από άλλα αιολικά ή φωτοβολταϊκά πάρκα
- ✚ Συμβατότητα με υφιστάμενα χωροταξικά σχέδια της περιοχής
- ✚ Έλεγχος αν ανήκει το οικόπεδο σε γη υψηλής παραγωγικότητας.  
(Μεντής Δημήτριος, Αθήνα 2011)

## 6.2 Νομοθεσία για αδειοδότηση και εγκατάσταση μονάδας αφαλάτωσης

**✦ Οι μονάδες αφαλάτωσης εντάσσονται στην κατηγορία των  
«Βιομηχανικών δραστηριοτήτων και συναφών εγκαταστάσεων» .**

Η ίδρυση και η Λειτουργία τους βασίζεται στο **Νόμο 3982/17-6-2011**  
«Απλοποίηση της αδειοδότησης τεχνικών επαγγελματικών και μεταποιητικών  
δραστηριοτήτων και επιχειρηματικών πάρκων και άλλες διατάξεις».

**✦ Για την ανάπτυξη μιας μονάδας αφαλάτωσης απαιτούνται:**

**■ Δικαιολογητικά για προσδιορισμό της κατηγορίας της  
εγκατάστασης**

- Αίτηση
- Ερωτηματολόγιο -Παράρτημα Ι της  
ΥΑ οικ. 483/35/Φ.15/2012 -ΦΕΚ 158 Β.

### **ΓΕΝΙΚΑ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ**

- Συμμόρφωση με τις Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις,  
όπως προβλέπονται στην ΚΥΑ Αριθ. Φ.15/4187/266./2011 -ΦΕΚ  
1275 Β για τη δραστηριότητα

(καθορίζονται από την Υπηρεσία σύμφωνα με τα δηλωθέντα στο ερωτηματολόγιο) και δήλωση της τήρησης τους στην αρχική τους αίτηση ή

- Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), εφόσον δεν υπάρχουν Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για την συγκεκριμένη δραστηριότητα
- Βεβαίωση Χρήσης Γης (Πολεοδομικές Υπηρεσίες).
- Μελέτη εγκατάστασης, σύμφωνα με το Β.Δ. της 15/21.10.1922 (ΦΕΚ 208 Α'), στην περίπτωση κατά την οποία η εγκατεστημένη παραγωγική ισχύς είναι μεγαλύτερη των 22 KW (κινητήρια) ή των 50 KW (θερμική).
- Παράβολα και αντίγραφα αποδείξεων καταβολής των νόμιμων αμοιβών μηχανικού και των κρατήσεων που προκύπτουν από αυτές.

### **ΕΙΔΙΚΑ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ** ( κατά περίπτωση)

#### **➤ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.**

Σύμφωνα με την **Υπουργική Απόφαση** με θέμα «**Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/2011 (Φ.Ε.Κ.Α΄209/2011)**», έχουμε:

Πίνακας 1: Ομάδα 9 <sup>η</sup> – Βιομηχανικές δραστηριότητες και συναφείς εγκαταστάσεις					
α/α	Είδος έργου	Υποκατηγορία Α1	Υποκατηγορία Α2	Κατηγορία Β	Παρατηρήσεις
<b>Συλλογή, καθαρισμός και διανομή νερού</b>					
200.	Υπηρεσίες αφαλάτωσης νερού		> 4.000 m <sup>3</sup> /ημέρα ή > 2.000 m <sup>3</sup> & > 90 μόρια ή ≤ 2.000 m <sup>3</sup> & > 150 μόρια	Οι δραστηριότητες που δεν υπάγονται στην κατηγορία Α	Τα όρια αναφέρονται στη δυναμικότητα προς εγκατάστασης ως προς την παραγόμενη ποσότητα νερού

Εικόνα 76 : Κατηγοριοποίηση Μονάδων Αφαλάτωσης

## **▲ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ**

**ΝΟΜΟΣ ΥΠ’ ΑΡΙΘ. 4014/ 21-9-2011** «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος».

Σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 1 του ν.4014/2011, τα έργα και οι δραστηριότητες του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, των οποίων η κατασκευή ή λειτουργία δύναται να έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες (Α και Β) ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.



🔹 **ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α** : Περιλαμβάνει τα έργα και τις δραστηριότητες τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και για τα οποία απαιτείται η διεξαγωγή Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) προκειμένου να επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος σχετικά με το συγκεκριμένο έργο ή δραστηριότητα.

**Τα έργα και οι δραστηριότητες της κατηγορίας Α κατατάσσονται:**

α) σε αυτά που ενδέχεται να προκαλέσουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και αποτελούν την υποκατηγορία Α1 και

β) σε αυτά που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και αποτελούν την υποκατηγορία Α2.

🔹 **ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β** : Περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες τα οποία χαρακτηρίζονται από τοπικές και μη σημαντικές μόνο επιπτώσεις στο περιβάλλον και υπόκεινται σε γενικές προδιαγραφές, όρους και περιορισμούς που τίθενται για την προστασία του περιβάλλοντος.

#### 🔹 **Αντιστοίχιση των κατηγοριών με τους βαθμούς όχλησης**

**Αριθ. οικ. 3137/191/Φ.15**, «Αντιστοίχιση των κατηγοριών των βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων και των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στα πολεοδομικά διατάγματα.»

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ Ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΟΧΛΗΣΗΣ			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			ΥΨΗΛΗ	ΜΕΣΗ	ΧΑΜΗΛΗ	
265	Υπηρεσίες επεξεργασίας και διανομής νερού μέσω αγωγών	36.00.2		>2.000 κ.μ./ημέρα	≤2.000 κ.μ./ημέρα	Αναφέρεται σε ποσότητα καθαρού παραγόμενου νερού ανά ημέρα
266	Υπηρεσίες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού	36.00.20.01		> 2.000 κ.μ./ημέρα	≤ 2.000 κ.μ./ημέρα	Οι ποσότητες αναφέρονται στην δυναμικότητα της εγκατάστασης ως προς το παραγόμενο προϊόν (όγκος νερού)

*Εικόνα 77 : Αντιστοιχία βαθμών όχλησης*

### **Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία:**

- ❖ **Νόμος 3982/2011 (ΦΕΚ 143 Α)** «Απλοποίηση της αδειοδότησης τεχνικών επαγγελματικών και μεταποιητικών δραστηριοτήτων και επιχειρηματικών πάρκων και άλλες διατάξεις».
- ❖ **Υ.Α αριθμ. οικ 483/35/Φ.15/2012 (ΦΕΚ 158 Β)** «Καθορισμός τύπου, δικαιολογητικών και διαδικασίας για την εγκατάσταση και τη λειτουργία των μεταποιητικών δραστηριοτήτων του Ν 3982/2011 (ΦΕΚ 143 Α), την τροποποίηση και την ανανέωση των αδειών και την προθεσμία για μεταφορά ή τεχνική ανασυγκρότηση».
- ❖ **ΚΥΑ αριθμ. Φ.15/4187/266/2011 (ΦΕΚ 1275 Β)** «Καθορισμός Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων (ΠΠΔ), κατά κλάδο δραστηριότητας, στην Άδεια Εγκατάστασης – Λειτουργίας, για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Ν.3982/11 και κατατάσσονται στην Β Κατηγορία του Άρθρου 1 του Ν.4014/11».

**➤ Για την ανάπτυξη μιας μονάδας αφαλάτωσης απαιτούνται:**

**▣ Άδεια λειτουργίας**

*Για την έκδοση άδειας λειτουργίας απαιτούνται:*

**ΓΕΝΙΚΑ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ**

- Αίτηση για έκδοση άδειας λειτουργίας
- Υπεύθυνες Δηλώσεις για την: τήρηση της μελέτης κατασκευής, τον αριθμό και την ειδικότητα των τεχνικών που θα εργασθούν και του υπεύθυνου της λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού.

**ΕΙΔΙΚΑ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ**

- Πιστοποιητικό πυρασφάλειας της αρμόδιας Πυροσβεστικής Υπηρεσίας ή, εφόσον δεν απαιτείται, Υ.Δ. από τον αρμόδιο εκπρόσωπο της εταιρείας ότι τηρούνται οι προβλέψεις της ΚΥΑ Φ15/οικ.1589/104/2006 (ΦΕΚ 90 Β)
- Αντίγραφο Οικοδομικής Αδείας, εφόσον η δραστηριότητα θα λειτουργήσει σε νεοαναγειρόμενο κτήριο (ή βεβαίωση περαίωσης της διαδικασίας υπαγωγής στις διατάξεις του άρθρου 24 του Ν. 4014/2011 που αφορά στην τακτοποίηση αυθαίρετων).
- Άδεια χρήσης νερού (Ν 3199/2003)
- Άδεια κατασκευής λιμενικού έργου και χρήσης αιγιαλού και παραλίας, (Ν 2971/2001)

- Βεβαίωση καταλληλότητας από την αρμόδια υπηρεσία Υγείας - σύμφωνα με την ΚΥΑ οικ. 12710/860/Φ.15/2007 (ΦΕΚ 1026 Β), όπως ισχύει.

## **Ειδικότερα:**

### **➤ Για την άδεια χρήσης νερού**

**Νόμος 3199/2003** «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000», (ΦΕΚ Α΄ 280/9.12.2003).

Για την παροχή νερού, τη χρήση νερού και την εκτέλεση έργου για την αξιοποίηση υδατικών πόρων, καθώς και για κάθε έργο ή δραστηριότητα που αποσκοπεί στην προστασία από τη ρύπανση λόγω απόρριψης υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον, από φυσικό ή νομικό πρόσωπο του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, απαιτείται άδεια.

- **Η άδεια εκδίδεται από την οικεία Περιφέρεια.**
- **Η άδεια χρήσης νερού εκδίδεται κατόπιν της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ).**

### **➤ Κατηγορίες αδειών χρήσης του νερού**

**ΚΥΑ 43504/20-12-2005** «Κατηγορίες Αδειών Χρήσης Υδάτων Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης τους, Διαδικασία έκδοσης, Περιεχόμενο και Διάρκεια Ισχύος Αυτών»

**Τα έργα για τα οποία απαιτείται η έκδοση άδειας χρήσης νερού είναι:**

- ▶ τα έργα υδροληψίας,
- ▶ μεταφοράς νερού,
- ▶ έργα δικτύων,
- ▶ ρύθμισης - αποθήκευσης,
- ▶ επεξεργασίας νερού,
- ▶ τροφοδότησης και έργα προστασίας - συντήρησης.

#### **✦ Άδεια κατασκευής λιμενικού έργου και χρήσης αιγιαλού και παραλίας**

**Νόμος 2971/19-12-2001 «Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις»**

**Λιμενικά έργα** είναι εκείνα, που εκτελούνται ολικώς ή μερικώς στον αιγιαλό, την παραλία ή την παράκτια ζώνη, μέσα στη θάλασσα, στον πυθμένα της θάλασσας και στο υπέδαφος του βυθού, καθώς και εκείνα που επιφέρουν διαμόρφωση ή αλλοίωση των χώρων αυτών ή που προβλέπονται από τις διατάξεις περί Λιμενικών Ταμείων.

Ο καθορισμός ορίων αιγιαλού και παραλίας γίνεται σε επίπεδο Νομού από Επιτροπή που συγκροτείται από την Κτηματική Υπηρεσία, τον αρμόδιο λιμενάρχη, Δ/ση Πολεοδομίας, τον Δ/ντη χωροταξίας και Περιβάλλοντος της ΓΓ. της Περιφέρειας. Η διαδικασία απαιτείται και για τα έργα του Δημοσίου και έχει ως εξής:

- Υποβολή αίτησης προς την αρμόδια **Κτηματική Υπηρεσία** συνοδευόμενη από τεχνικό φάκελο.

Απαιτείται γνωμοδότηση του φακέλου από :

- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**
- **ΓΕΝ**
- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**
- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ**
- **ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (Ν. Ε. ΧΩ. Π.)**
- **ΕΟΤ**
- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, για έργα σε λιμένες και ποταμούς,**
- **ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ οικείου ΟΤΑ**
- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**
- **ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, για τις περιοχές της αρμοδιότητάς του.**

Η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ. Π. Ε.) εγκρίνεται κατόπιν της γνωμοδότησης των παραπάνω φορέων.

Μετά την έγκριση της Μ. Π. Ε. εκδίδεται η απόφαση παραχώρησης από την Κτηματική Υπηρεσία.

### **✦ Διαδικασία για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων**

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ, ο νέος νόμος ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4014 που αφορά στη *Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, απλοποιεί και επιταχύνει την όλη διαδικασία.*

Όμως προκαλεί έκπληξη η διαπίστωση ότι για τη δημιουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης χρειάζεται ο φορέας υλοποίησης του έργου να καταφύγει και να επικαλεστεί ογδόντα έξι (86) ΦΕΚ και μερικές δεκάδες άλλα δικαιολογητικά και εγκρίσεις μέχρι να κλείσει ο φάκελος και να δηλώσει ετοιμότητα ο ενδιαφερόμενος.

Συγκεκριμένα, με το Νέο Νόμο 4014/2011 και τις Διυπουργικές Αποφάσεις, θεωρητικά απλοποιήθηκαν οι διαδικασίες αδειοδότησης ιδιαίτερα για έργα Β κατηγορίας (έργα που δεν προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον). Παρόλα αυτά απαιτείται πολύς χρόνος και επίπονες διαδικασίες, που πολλές φορές λειτουργούν απαγορευτικά στην υλοποίηση ακόμα και μικρών κοινωφελών έργων, όπως η εγκατάσταση φορητών μονάδων αφαλάτωσης παραγωγής νερού <1.000 m<sup>3</sup>/ημέρα.

➤ *Ενδεικτικά αναφέρονται οι διαδικασίες για μονάδες παραγωγής νερού <1.000 m<sup>3</sup>/ημέρα, για τις οποίες δεν απαιτείται Περιβαλλοντική Αδειοδότηση. Απαιτούνται όμως τα παρακάτω:*

- Εξασφάλιση του χώρου, ο οποίος πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις που απαιτεί η Νομοθεσία.
- Για εκτάσεις αρμοδιότητας της Κτηματικής Υπηρεσίας του Δημοσίου, απαιτείται γνωμοδότηση και παραχώρηση από την αντίστοιχη Υπηρεσία
- Έκδοση βεβαίωσης χρήσης γης από την αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία

- Εκπόνηση Τεχνικής Μελέτης για τη μονάδα και τα Συνοδά Έργα
- Γνωμοδότηση από Υπηρεσίες του Υπουργείου Πολιτισμού, σύμφωνα με το Νόμο 3028/2011, και συγκεκριμένα: ΚΑ' Εφορεία Κλασικών και Προϊστορικών Αρχαιοτήτων, Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων και Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων.  
Η γνωμοδότηση δίνεται πάντα μετά από αυτοψία, η οποία καθυστερεί πολλούς μήνες.
- Για εκτός οικισμού περιοχές και περιοχές εκτός ΖΟΕ (συνήθεις περιπτώσεις) απαιτείται γνωμοδότηση ΠΕΧΩΠ.
- Άδεια εκσκαφών
- Παραχώρηση χρήσης αιγιαλού για τη διέλευση των αγωγών λήψης και απόρριψης νερού. Για την εν λόγω έκδοση παραχώρησης απαιτούνται: α. γνωμοδότηση των Υπηρεσιών Πολιτισμού (όπως αναφέρθηκαν παραπάνω), β. Γνωμοδότηση του Γενικού Επιτελείου Ναυτικού, γ. Γνωμοδότηση Υπουργείου Εμπορικού Ναυτικού. Χρονοβόρα διαδικασία.
- Χορήγηση αδειάς εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων από τη Δ/ση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Αιγαίου
- Άδεια Εγκατάστασης και Άδεια Λειτουργίας από τη Δ/ση Ανάπτυξης
- Εγγραφή της προμήθειας στο Ενιαίο Πρόγραμμα Προμηθειών από το Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων. Σημειώνεται ότι για το έτος 2012 υπήρχε απαλλαγή, αλλά θα ισχύσει ξανά από 01-01-2013. Χρονοβόρα διαδικασία.
- Εξασφάλιση χρηματοδότησης για έργα ΕΣΠΑ απαιτείται:
  - α. Υποβολή Φακέλου για ένταξη στο ΕΣΠΑ και έκδοση απόφασης ένταξης
  - β. Προέγκριση δημοπράτησης από την Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή,
  - γ. Έγκριση υπογραφής σύμβασης από την Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή
- Η διαδικασία διεξαγωγής των διαγωνισμών απαιτεί 3 διακριτά στάδια με αντίστοιχες αποφάσεις της Οικονομικής Επιτροπής. (<http://www.idrasis.gr>)