

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΛΗΡΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ**

Σπυρίδων Ιμέρ

Επιβλέπων καθηγητής: Αλέξανδρος Καλαράκης

Ευχαριστίες

Πρώτα απ'όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Κύκλος Τεχνική Ενεργειακή ΟΕ για την εμπιστοσύνη που μου έχουν δώσει τον τελευταίο ενάμιση χρόνο, τις συνεχείς γνώσεις που μου παρέχουν καθημερινά.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στο τμήμα Μελετών και επίβλεψης έργων της Δημοτικής επιχείρησης ύδρευσης και αποχέτευσης Κέρκυρας, όπου και έκανα την πρακτική μου, για τις γνώσεις που μου παρείχαν στον τομέα της αφαλάτωσης και γενικά στο τρόπο με τον οποίο λαμβάνουν χώρα τα μεγάλα έργα.

Τέλος ευχαριστώ τον κ. Αλέξανδρο Καλαράκη για την βοήθεια και την κατανόηση που μου παρείχε.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής

Σπυρίδων Ιμέρ

.....

(Υπογραφή)

Περίληψη

Στην εργασία αυτή θα γίνει μελέτη για των μεθόδων αφαλάτωσης στην Ελλάδα και στην Κέρκυρα καθώς και ο πλήρης σχεδιασμός μιας μονάδας αφαλάτωσης νερού δικτύου ύδρευσης (με μεγάλη σκληρότητα).

Το νησί της Κέρκυρας παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα στην ύδρευση και κυρίως στο πόσιμο νερό. Μεγάλες και μικρές μονάδες αφαλάτωσης είναι απαραίτητες για τις ανάγκες του πληθυσμού της αλλά και για την οικονομική ανάπτυξη του νησιού αφού τα κύρια έσοδα του είναι από τον τουρισμό.

Η μονάδα αφαλάτωσης που θα σχεδιαστεί είναι μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης. Σκοπός είναι η επιλογή κατάλληλων εξαρτημάτων και τμημάτων και η εξέταση των ενεργειακών απαιτήσεων αυτής της μονάδας συναρτήσει της ποιότητας του νερού τροφοδοσίας, το είδος και των αριθμό των μεμβρανών και μεμβρανοθηκών καθώς και η παραγωγικότητα της.

Η μονάδα αυτή θα αξιολογηθεί οικονομικά ανάλογα με το συνολικό κόστος σε αναλογία με το παραγόμενο νερό και περιβαλλοντολογικά σύμφωνα με τις επιπτώσεις της εγκατάστασης ως προς το περιβάλλον.

Abstract

This assignment discusses the methods of desalination in Greece and Corfu as well as the complete design of a desalination plant within a water supply network of increased water hardness.

There are significant problems regarding the water supply network and especially drinking water on the island of Corfu.

Desalination plants are necessary not only for the residents needs but also for the island's economic development whilst its main income depends on tourism. The desalination plant to be designed is an interwater plant.

Its aim is to choose the appropriate accessories and departments in addition to examining its energy demands on the quality of the water supply, the type and number of membrane filters and water tanks as well as its productivity.

This unit will be assessed financially in relation to the total cost of the produced water. In addition, the installation should comply with the environmental rules.

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Ετήσια ζήτηση νερού σε m ³ στην Ελλάδα ανά χρήση και υδατικό διαμέρισμα.....	5
Εικόνα 2: Ζώνη υφαλμύρωσης στην Ελλάδα	6
Εικόνα 3: Παγκόσμια εγκατεστημένη χωρητικότητα για διάφορες διαδικασίες αφαλάτωσης,	9
Εικόνα 4: Κατανομή του κόστους της θερμικής αφαλάτωσης	10
Εικόνα 5: Σχηματικό διάγραμμα από πολυσταδιακή απόσταξη flash.....	11
Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση της απόσταξης πολλαπλών αποτελεσμάτων	13
Εικόνα 7: Αφαλάτωση συμπίεσης ατμού φάσης.....	14
Εικόνα 8: LTE αφαλάτωση χρησιμοποιώντας απώλεια θερμότητας.....	15
Εικόνα 9: Διάγραμμα συστήματος ηλιακής αφαλάτωσης.....	17
Εικόνα 10: Λειτουργία ακαριαίας απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων	18
Εικόνα 11: 1 Εγκατάσταση MSF στη Σαουδική Αραβία	19
Εικόνα 12: Η διαδικασία της όσμωσης	20
Εικόνα 13: Η διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης	21
Εικόνα 14: Διάταξη αντίστροφης όσμωσης χωρίς σύστημα ανάκτησης πίεσης αλμόλουπου	22
Εικόνα 15: Εγκατάσταση αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης	22
Εικόνα 16: Αρχή λειτουργίας ενός εναλλάκτη πίεσης	24
Εικόνα 17: Λειτουργία συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με εναλλάκτη πίεσης	25
Εικόνα 18: Ο εναλλάκτης πίεσης Clark Pump της Spectra Watermakers.....	25
Εικόνα 19: Λειτουργία συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης στροβίλου Pelton	26
Εικόνα 20: Σύστημα αφαλάτωσης (αντίστροφης όσμωσης) αντλίας-στροβίλου.....	27
Εικόνα 21: Ύδρευση Κέρκυρας από το 8 ^ο αιώνα π.Χ. έως το 1832.....	29
Εικόνα 22: Ύδρευση Κέρκυρας από το 1840. έως το 1966	30
Εικόνα 23: Ύδρευση Κέρκυρας από το 1966. έως το 2016	30
Εικόνα 24: Δυναμικότητα μονάδων αφαλάτωσης (1966 – 2007)	33
Εικόνα 25: Παγκόσμια παραγωγή μονάδων αφαλάτωσης έως το 2013.....	33
Εικόνα 26: Όσμωση.....	41
Εικόνα 27: Αντίστροφη όσμωση	41
Εικόνα 28: Κυλινδρική μεταλλική νερού με σάκο στεγανοποίησης.....	44
Εικόνα 29: Στοιχείο μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης	47
Εικόνα 30: Σύστημα ανάκτησης ενέργειας	48
Εικόνα 31: SIMATIC HMI TP1200 Comfort	50
Εικόνα 32: Τεχνικά χαρακτηριστικά δοσομετρικής αντλίας	52
Εικόνα 33: Σαλκόφιλτρα Eaton Polyline.....	53
Εικόνα 34: Καμπύλες απόδοσης αντλίας υψηλής πίεσης	53
Εικόνα 35: Στοιχεία μεμβρανών Filmtec SW30HRLE-440i	54
Εικόνα 36: Παράμετροι θαλασσινού νερού.....	55
Εικόνα 37: Επιλογή μεμβρανών	56
Εικόνα 38 : Κάτοψη μονάδας RO (A1).....	58
Εικόνα 39: Πλάγια δεξιά όψη (A2)	59

Εικόνα 40: Πλάγια αριστερή όψη (A3).....	59
Εικόνα 41: Βόριο δυτική ισομετρική άποψη (A4).....	60
Εικόνα 42: Νότιο ανατολική ισομετρική άποψη (A5).....	61
Εικόνα 43: 3d Απεικόνιση μονάδας RO (A6).....	61
Εικόνα 44: Διαδρομή νερού (A7)	62
Εικόνα 45: Διάγραμμα Ροής συστήματος Α.Ω	71
Εικόνα 46: Περιοχή εγκατάστασης μονάδας RO.....	72
Εικόνα 47: Νήσος Κέρκυρα	73
Εικόνα 48: Σωλήνας εκροής	76

Περιεχόμενο Πινάκων

Πίνακας 1: Τεχνολογίες θερμικής αφαλάτωσης που μπορούν να χρησιμοποιούν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (Isaka, 2012)	10
Πίνακας 2: Οι μεγαλύτερες μονάδες αφαλάτωσης σε δυναμικότητα	35
Πίνακας 3: Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου αφαλάτωσης.....	42
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά ακατέργαστου νερού	43
Πίνακας 5: Πληροφορίες σχεδίου (A7)	63
Πίνακας 6:Κόστος Εγκατάστασης.....	64
Πίνακας 7: Ισχύς λειτουργίας.....	65
Πίνακας 8: Κόστος συντήρησης	66
Πίνακας 9: Συνολικά κόστη	66

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Χρήση νερού	1
1.1. Περιορισμός των υδάτινων πόρων	1
1.2. Συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης	2
1.3. Περιορισμοί των συμβατικών τεχνολογιών αφαλάτωσης	3
1.4 Το πρόβλημα στον Ελλαδικό χώρο	4
Κεφάλαιο 2 Μέθοδοι και συστήματα αφαλάτωσης.....	9
2.1 Διαδικασίες θερμικής αφαλάτωσης	9
2.1.1 Πολυσταδιακή απόσταξη flash (MSF-ΓΧΣ)	11
2.1.2 Πολλαπλή επίδραση απόσταξης (MED).....	12
2.1.3 Απόσταξη συμπίεσης ατμών (VCD).....	13
2.1.4 Αφαλάτωση LTE με χρήση θερμότητας αποβλήτων.....	14
2.1.5 Ηλιακή Αφαλάτωση.....	16
2.1.6 Ακαριαία απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων.....	17
2.2 Διεργασίες μεμβρανών	19
2.2.1 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis-RO).....	19
2.3 Συστήματα ανάκτησης ενέργειας στην αντίστροφη όσμωση	23
2.4 Κατάσταση και προβλήματα ύδρευσης στην Κέρκυρα (γιατί χρειάζονται μονάδες αφαλάτωσης και καταγραφή υπαρχοντών)	27
2.4.1 Σύντομο Ιστορικό της Ύδρευσης στην Κέρκυρα.....	27
2.4.2 Υδρευτικό πρόβλημα: επιπλέον 20.000 κ.μ. νερού σε Κέρκυρα, Λευκίμμη και δύο νέα υδραγωγεία.....	31
2.5 Μονάδες αφαλάτωσης ανά τον κόσμο και την Ελλάδα	32
2.5.1 Η παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης.....	32
2.5.2 Οι υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης στον πλανήτη και την Ελλάδα	34
2.6 Θεσμικό πλαίσιο για την διαχείριση υδάτων	36
2.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	36
2.6.2 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο.....	36
2.6.3 Η Οδηγία πλαίσιο περί υδάτων (2000/60/ΕΚ).....	37
2.7 Εθνικό πλαίσιο	38
2.7.1 Ο νόμος 3199/2003	38
2.7.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007	39
Κεφάλαιο 3 Πλήρης σχεδιασμός μονάδας Αντίστροφης ώσμωσης.....	41
3.1 Αντίστροφη Όσμωση.....	41

3.2 Γενική περιγραφή Μονάδας Αφαλάτωσης.....	43
3.2.1 Υδροληψία θαλασσινού νερού	44
3.2.2 Τμήμα αποθήκευσης και προ εξεργασίας	44
3.2.3 Κύρια επεξεργασία.....	46
3.2.4 Μετεπεξεργασία	48
3.2.5 Τμήμα αποθήκευσης.....	49
3.2.6 Σύστημα χημικών καθαρισμών των μεμβρανών	49
3.2.7 Πιεστικά πόσιμου νερού	49
3.2.8 Τμήματα αυτοματισμών ελέγχου και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων	50
3.3 Υπολογισμοί	51
3.4 Σχεδίαση μονάδας.....	57
3.5 Κόστος Μονάδας Αφαλάτωσης	63
3.6 Ανάλυση απόσβεσης κόστους του έργου, σε χρονικό διάστημα 20 ετών	66
3.6.1 Ανάλυση απόσβεσης έργου, με μείωση 33% στην τιμή του m ³ για τον καταναλωτή	68
3.6.2 Συμπεράσματα ανάλυσης.....	70
Κεφάλαιο 4 Περιβάλλον και επιπτώσεις	72
4.1 Περιγραφή περιβάλλοντος	72
4.1.1 Γεωλογία της περιοχής.....	72
4.1.2 Υδρολογικές συνθήκες	73
4.1.3 Χλωρίδα – Πανίδα	74
4.2 Επιπτώσεις.....	74
4.2.1 Επιπτώσεις στην φάση κατασκευής.....	74
4.2.2 Επιπτώσεις στην φάση λειτουργίας.....	75
4.2.3 Αξιολόγηση των επιπτώσεων.....	77
4.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων	77
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα	78
Βιβλιογραφία	81

Κεφάλαιο 1 Χρήση νερού

Οι αναπτυξιακοί στόχοι της χιλιετίας που έθεσαν τα Ηνωμένα Έθνη υπογραμμίζουν την κρίσιμη ανάγκη επίτευξης αυτοσυντήρησής στον τομέα της παροχής πόσιμου νερού. Τα συστήματα αφαλάτωσης είναι απαραίτητα για τη λύση αυτού του προβλήματος. Ωστόσο, οι συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης είναι συνήθως μεγάλης κλίμακας, τεχνολογικά εντατικά συστήματα που είναι τα πλέον κατάλληλα για τις πλούσιες σε ενέργεια και οικονομικά προχωρημένες περιοχές του κόσμου. Επίσης, προκαλούν περιβαλλοντικούς κινδύνους, επειδή οδηγούν στην παραγωγή ορυκτών καυσίμων και επίσης λόγω του προβλήματος της διάθεσης της άλμης.

1.1. Περιορισμός των υδάτινων πόρων

Τρία βασικά προϊόντα για την ανθρώπινη ζωή είναι η κατοικία, τα είδη ένδυσης και τα τρόφιμα. Από τα τρία βασικά προϊόντα, το τρίτο καταναλώνεται από τους ανθρώπους. Έτσι, πρωταρχική σημασία δίνεται στον καθαρό και μη μολυσματικό χαρακτήρα του. Το νερό είναι ένα από τα πολύ σημαντικά στοιχεία, στη καθημερινή ζωή, που δεν χρησιμοποιείται μόνο για το φαγητό αλλά και για πόση και καθαρισμό. Σύμφωνα με μία από τις έρευνες του Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ, [69]), το 97,5% του νερού στη γη είναι αλμυρό και το υπόλοιπο 2,5% είναι γλυκό νερό. Επίσης, το 70% του γλυκού νερού βρίσκεται στους πόλους και το άλλο 30% υφίσταται είτε ως υγρασία εδάφους είτε σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Αυτό οδηγεί σε μια εκτίμηση ότι λιγότερο από το 1% του γλυκού νερού του πλανήτη (ή περίπου το 0,007% του συνόλου του νερού στη γη) είναι εύκολα προσβάσιμο για άμεση ανθρώπινη χρήση. Φυσικά, η έλλειψη νερού δεν αποτελεί νέο πρόβλημα.

Το μολυσμένο πόσιμο νερό είναι επικίνδυνο για την υγεία. Μια πρόσφατη μελέτη της Lorna του ΠΟΥ δείχνει ότι κάθε οκτώ δευτερόλεπτα ένα παιδί πεθαίνει από ασθένεια που σχετίζεται με το νερό και ότι κάθε χρόνο περισσότερα από 5 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες που συνδέονται με το μη ασφαλές πόσιμο νερό ή την ανεπαρκή αποχέτευση. Οι οικιακοί καθαριστές νερού δεν μπορούν να απομακρύνουν όλα τα παράσιτα, τους ιούς, τα βακτήρια και τα βαρέα μέταλλα.

Αυτοί οι παράγοντες υποδηλώνουν την ανάγκη ανάπτυξης ή αναγνώρισης κατάλληλων τεχνικών κατάλληλων για περιοχές με λειψυδρία, χαμηλή βροχόπτωση ή εξαντλημένους ή υφάλμυρους υδροφόρους ορίζοντες, όπως και τα περισσότερα μικρά νησιά

του αιγαίου αλλά και παγκόσμια σε απομακρυσμένα χωριά και περιοχές, με στόχο: 1) την παραγωγή καθαρού πόσιμου νερού και 2) τη διατήρηση του ύδατος και της ενέργειας [1].

1.2. Συμβατικές τεχνολογίες αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού ή του υφάλμυρου νερού διεξάγεται γενικά με οποιαδήποτε από τις δύο βασικές διαδικασίες: με εξάτμιση υδρατμών ή με τη χρήση ημιδιαπερατής μεμβράνης για το διαχωρισμό του γλυκού νερού από ένα συμπύκνωμα. Στις διεργασίες αλλαγής φάσης ή θερμικές διεργασίες, η απόσταξη θαλασσινού νερού επιτυγχάνεται με τη χρήση πηγής θερμότητας. Η πηγή θερμότητας μπορεί να ληφθεί από συμβατικό ορυκτό καύσιμο, από πυρηνική ενέργεια ή από μη συμβατική πηγή όπως η ηλιακή ενέργεια ή η γεωθερμική ενέργεια. Στις διεργασίες της μεμβράνης, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται είτε για την οδήγηση αντλιών υψηλής πίεσης, είτε για την εγκατάσταση ηλεκτρικών περιοχών για τον διαχωρισμό των ιόντων.

Οι πιο σημαντικές εμπορικές διεργασίες αφαλάτωσης [2,3] που βασίζονται στη θερμική ενέργεια είναι η απόσταξη πολλών σταδίων (MSF), η απόσταξη πολλαπλών αποτελεσμάτων (MED) και η συμπίεση ατμών (VC), όπου η συμπίεση μπορεί να επιτευχθεί θερμικά (TVC) ή μηχανικά (MVC).

Οι διαδικασίες MSF και MED συνίστανται από πολλά σειριακά στάδια με τη σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Η διαδικασία των βασίζεται στην παραγωγή ατμών από θαλασσινό νερό λόγω μιας αιφνίδιας μείωσης της πίεσης (flashing) όταν το θαλάσσιο νερό εισέρχεται σε ένα θάλαμο εκκένωσης.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σταδιακά με σταδιακή μείωση των πιέσεων. Η συμπύκνωση ατμού επιτυγχάνεται με την αναγεννητική θέρμανση του τροφοδοτικού ύδατος. Αυτή η διαδικασία απαιτεί εξωτερική παροχή ατμού, συνήθως σε θερμοκρασία περίπου 100 °C. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας περιορίζεται από το σχηματισμό κλίμακας και έτσι η θερμοδυναμική απόδοση της διαδικασίας είναι επίσης περιορισμένη.

Για το σύστημα MED, παράγεται υδρατμός με θέρμανση του θαλάσσιου ύδατος σε δεδομένη πίεση σε καθεμία από μια σειρά κλιμακωτών θαλάμων. Ο ατμός που παράγεται σε ένα στάδιο, χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της άλμης στο επόμενο στάδιο, το οποίο είναι σε χαμηλότερη πίεση.

Η θερμική απόδοση αυτών των συστημάτων είναι ανάλογη με τον αριθμό των σταδίων, με το κόστος κεφαλαίου να περιορίζει τον αριθμό των σταδίων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Στα συστήματα TVC και MVC, αφού παράγεται ατμός από το αλατούχο διάλυμα, συμπιέζεται θερμικά ή μηχανικά και στη συνέχεια συμπυκνώνεται για να παράγει πόσιμο νερό.

Η δεύτερη σημαντική κατηγορία βιομηχανικών διεργασιών αφαλάτωσης χρησιμοποιεί τεχνολογίες μεμβράνης. Αυτά είναι κυρίως η αντίστροφη όσμωση (RO) και η ηλεκτροδιάλυση (ED). Ο πρώτος απαιτεί ενέργεια για να οδηγήσει μια αντλία που αυξάνει

την πίεση του νερού τροφοδοσίας στην επιθυμητή τιμή. Η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται από τη συγκέντρωση άλατος της τροφής. Οι αντλίες είναι συνήθως ηλεκτρικά κινούμενες [3].

Η επεξεργασία ED απαιτεί επίσης ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή της μετανάστευσης ιόντων μέσω κατάλληλων μεμβρανών ανταλλαγής ιόντων. Και τα RO και ED είναι χρήσιμα για την αφαλάτωση των υφάλμυρων υδάτων. Ωστόσο, η RO είναι επίσης ανταγωνιστική στις διαδικασίες απόσταξης για αφαλάτωση θαλασσινού νερού μεγάλης κλίμακας.

Η διαδικασία αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% των διεργασιών θερμικής αφαλάτωσης, ενώ η διαδικασία RO αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 80% των μεθόδων μεμβράνης για την παραγωγή νερού. Τα εργοστάσια αφαλάτωσης έχουν συνήθως χωρητικότητες που κυμαίνονται από 100.000 έως σχεδόν 1.000.000 m³ / ημέρα [2,4]. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο RO που λειτουργεί σήμερα είναι το εργοστάσιο Ashkelon, στα 330.000 m³ / ημέρα [2,4].

Άλλες προσεγγίσεις για αφαλάτωση περιλαμβάνουν διεργασίες όπως η διαδικασία ανταλλαγής ιόντων, η εκχύλιση υγρού-υγρού και η διαδικασία ενυδατωμένου αερίου. Οι περισσότερες από αυτές τις προσεγγίσεις δεν χρησιμοποιούνται γενικά εκτός εάν υπάρχει απαίτηση να παράγεται νερό υψηλής καθαρότητας για εξειδικευμένες εφαρμογές.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα διαδικασία που έχει συγκεντρώσει πρόσφατα μεγάλη προσοχή είναι η διαδικασία προώθησης οσμής [2]. Σε αυτή τη διαδικασία, ένα διάλυμα φορέα χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει μια υψηλότερη οσμωτική πίεση από αυτή του θαλασσινού νερού. Ως αποτέλεσμα, το νερό στο θαλασσινό νερό ρέει μέσω της μεμβράνης στο διάλυμα φορέα με όσμωση. Αυτό το νερό στη συνέχεια διαχωρίζεται από το αραιωμένο διάλυμα φορέα για να παράγει καθαρό νερό και ένα συμπυκνωμένο διάλυμα που αποστέλλεται πίσω στη διάταξη ώσμωσης. Αυτή η τεχνολογία δεν έχει ακόμη διατεθεί εμπορικά.

1.3. Περιορισμοί των συμβατικών τεχνολογιών αφαλάτωσης

Οι συμβατικές διαδικασίες όπως απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας με τη μορφή θερμικής ενέργειας ή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερες μονάδες αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες οδηγούνται από ορυκτά καύσιμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα για την εγκατάσταση αφαλάτωσης και ευαισθησία στην τιμή και τη διαθεσιμότητα πετρελαίου. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα ζητήματα, οι τεχνολογίες αφαλάτωσης με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ιδιαίτερα επιθυμητές. Η ηλιακή ενέργεια είναι ο πιο άφθονος ενεργειακός πόρος στη γη.

Τα συστήματα αφαλάτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα άμεσα και έμμεσα συστήματα. Όπως υποδηλώνει και το όνομά τους, τα άμεσα συστήματα χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για να παράγουν άμεσα το απόσταγμα χρησιμοποιώντας τον ηλιακό συλλέκτη, ενώ σε έμμεσα συστήματα χρησιμοποιούνται δύο υποσυστήματα (ένα για παραγωγή ηλιακής ενέργειας και ένα για αφαλάτωση). Διάφορες εγκαταστάσεις ηλιακής αφαλάτωσης σε πιλοτικά και εμπορικά στάδια εξέλιξης εξετάστηκαν από πολλούς συγγραφείς [2,3].

Στην ιδέα, τα συστήματα MSF και MED που βασίζονται στην ηλιακή ενέργεια είναι παρόμοια με τα συμβατικά συστήματα θερμικής αφαλάτωσης. Η κύρια διαφορά είναι ότι στις πρώτες χρησιμοποιούνται συσκευές συλλογής ηλιακής ενέργειας. Ορισμένες προτάσεις χρησιμοποιούν συγκεντρωτική ηλιακή ενέργεια με υψηλή θερμοκρασία δέκτη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και νερού σε ένα τυπικό σχήμα συμπαραγωγής μεγάλης κλίμακας [3]. Αυτοί οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί εμπορικά.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας, οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν υψηλότερη αποτελεσματικότητα συλλογής, λόγω μειωμένων απωλειών, και επίσης, μπορούν να σχεδιαστούν για να χρησιμοποιούν λιγότερο δαπανηρά υλικά. Επιπλέον, εξαιτίας της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα, οι συμβατικές τεχνικές αφαλάτωσης είναι λιγότερο εφαρμόσιμες για την αποκεντρωμένη παραγωγή νερού.

Η αποκεντρωμένη παραγωγή ύδατος είναι σημαντική για περιφέρειες που δεν διαθέτουν ούτε την υποδομή ούτε τους οικονομικούς πόρους για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και οι οποίες είναι αρκετά απομακρυσμένες από τις εγκαταστάσεις παραγωγής μεγάλης κλίμακας και η διανομή μέσω αγωγών είναι απαγορευτική.

Η σημασία της αποκέντρωσης της ύδρευσης τονίστηκε από τους Shanmugam et.al. [1]. Για εφαρμογές μικρής κλίμακας (από 5 έως 100 m³ / ημέρα παραγωγή νερού), το κόστος των συστημάτων παραγωγής νερού είναι πολύ υψηλότερο από ό, τι για τα συστήματα μεγάλης κλίμακας. Για τα συστήματα RO, τα οποία είναι σήμερα τα πιο οικονομικά συστήματα αφαλάτωσης, το κόστος της παραγωγής νερού μπορεί να φθάσει τα US \$ 3 / m³ [1] για εργοστάσια μικρότερης χωρητικότητας. Επίσης, οι εγκαταστάσεις RO απαιτούν εργασία εμπειρογνομόνων για σκοπούς λειτουργίας και συντήρησης. Αυτό είναι ένα σαφές μειονέκτημα για εφαρμογές μικρής κλίμακας.

Η θερμοκρασία της δροσιάς μειώνεται στα 10 1C αν η τιμή RH είναι μόνο 25%. Στα περισσότερα υποστρώματα, η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα υπό τη μορφή σταγονιδίων, που αντιπροσωπεύουν μερική διαβροχή του υποστρώματος με υγρό νερό.

Καθώς επεκτείνονται, τα σταγονίδια αγγίζουν και συγχωνεύονται και η ανάπτυξη τους γίνεται παρόμοια με την πάροδο του χρόνου. Το εκπληκτικό αποτέλεσμα είναι ότι με αυτή την ανάπτυξη, ένα σημαντικό ποσοστό του μέσου παραμένει ξηρό (ιδανικά 45%). Πώς μπορεί να ληφθεί νερό από τον αέρα; Πρώτον, υπάρχουν μέθοδοι που επιτρέπουν τη συγκομιδή των εμφανών εκδηλώσεων: ομίχλη και δροσιά.

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, [69]) 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 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	Ύδρευση	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
	Σύνολο χώρας	6859,5	106,8	956,6	161,4	100	8184,3

Εικόνα 1: Ετήσια ζήτηση νερού σε m^3 στην Ελλάδα ανά χρήση και υδατικό διαμέρισμα
(ΠΗΓΗ: Κλαδική Μελέτη Αφαλάτωσης Νερού – Διαγκαλίδης Αθανάσιος, Τράπεζα Πειραιώς)

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 2: 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. Το φαινόμενο της απότομης αύξησης των αλγών σε φυσικά νερά λόγω της μεγάλης προσφοράς θρεπτικών συστατικών ονομάζεται «ευτροφισμός» και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών, με έκλυση δυσοσμίας, δημιουργίας τοξικών ενώσεων και νέκρωση της υδατικής βιοκοινωνίας.

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.

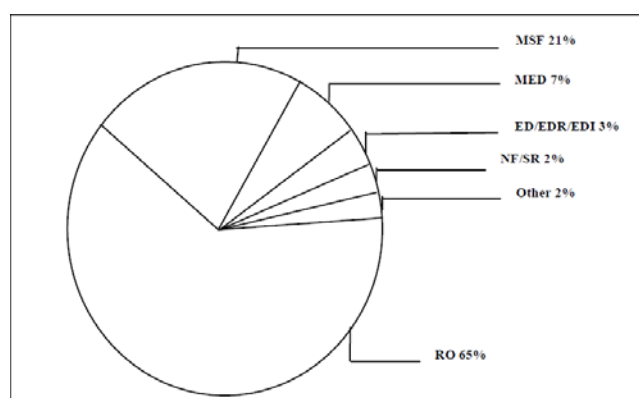
Κεφάλαιο 2 Μέθοδοι και συστήματα αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση καθαρού νερού από αλατούχο νερό χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους ενέργειας. Είναι επίσης μια διαδικασία απομάκρυνσης των αλάτων από το νερό.

Το αλατούχο νερό έχει ταξινομηθεί ως θαλασσινό νερό ή υφάλμυρο νερό ανάλογα με την αλατότητα και τις πηγές νερού. Υπάρχουν δύο τα κύρια ρεύματα νερού που παράγει η αφαλάτωση, το γλυκό νερό και το α πιο συγκεντρωμένο ρεύμα (άλμη).

Οι δύο κύριες εμπορικές αφαλάτωση τεχνολογίες είναι αυτές που βασίζονται σε θερμικές και μεμβρανικές διεργασίες. Με η ταχεία βελτίωση της τεχνολογίας, οι διαδικασίες αφαλάτωσης γίνονται ανταγωνιστική από πλευράς κόστους με άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χρησιμοποιήσιμου νερού για ανθρώπινη κατανάλωση και ανάπτυξη.

Η Εικόνα 3 εμφανίζεται σε όλο τον κόσμο χωρητικότητας για διαφορετικές διεργασίες αφαλάτωσης.



Εικόνα 3: Παγκόσμια εγκατεστημένη χωρητικότητα για διάφορες διαδικασίες αφαλάτωσης, (IDA 2014).

2.1 Διαδικασίες θερμικής αφαλάτωσης

Η θερμική αφαλάτωση είναι μια διαδικασία όπου το αλατούχο νερό θερμαίνεται για να παράγει υδρατμούς και με τη σειρά τους τη συλλογή των ατμών συμπυκνώματος (απόσταγμα) για την παραγωγή καθαρού νερού. Η θερμική αφαλάτωση δεν χρησιμοποιείται συχνά για υφάλμυρους αφαλάτωση του νερού. Ο λόγος είναι ότι συνεπάγεται υψηλό κόστος

Ωστόσο, έχουν χρησιμοποιηθεί διαδικασίες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Θερμικός η διαδικασία αφαλάτωσης περιλαμβάνει, αφαλάτωση φλας πολλαπλών σταδίων (MSF), απόσταξη πολλαπλών αποτελεσμάτων (MED), συμπίεση ατμών (VC) και χαμηλή (LTE).

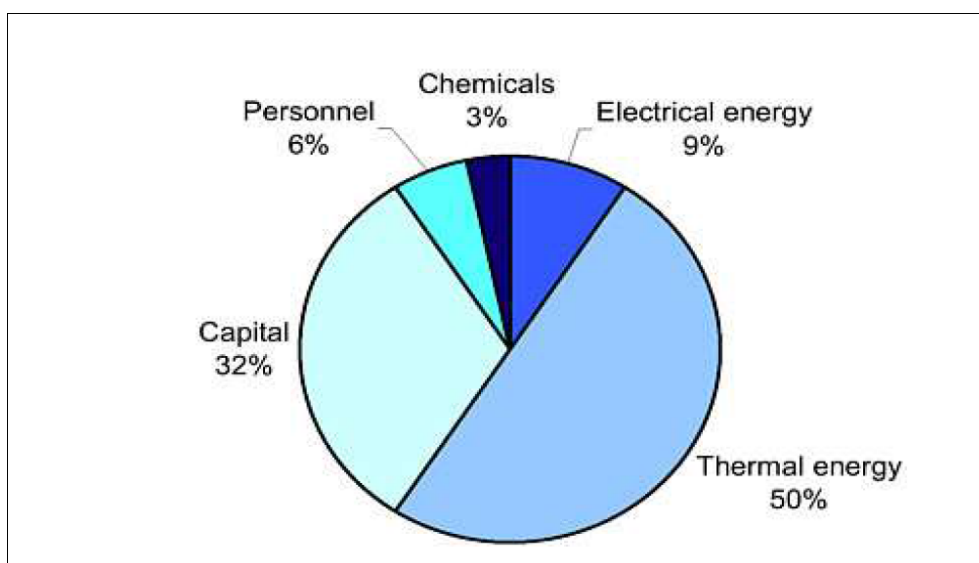
Σε αυτές τις διεργασίες είναι συμπυκνωμένος ατμός που χρησιμοποιείται για την παροχή λανθάνουσας θερμότητας που απαιτείται για την εξάτμιση του νερού.

Εξαιτίας λόγω των εξαιρετικών υψηλών ενεργειακών τους αναγκών, αυτή η διαδικασία βασικά χρησιμοποιείται της διαδικασίας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού και είναι σε θέση να παράγουν υψηλή καθαρότητα νερό κατάλληλο για εφαρμογές βιομηχανικών διεργασιών.

Μονάδες θερμικής επεξεργασίας μονάδων είναι υψηλότερες σε σύγκριση με τη διαδικασία μεμβράνης και επίσης αντιπροσωπεύουν 55% της συνολικής παραγωγής. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις τεχνολογίες θερμικής αφαλάτωσης που μπορούν να χρησιμοποιήσουν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Η εικόνα 4 δείχνει την κατανομή του κόστους της θερμικής αφαλάτωσης.

Thermal Technologies	MSF	MED	VC	RO	ED
Renewable energy	✓	✓	✓	✓	✓
Solar thermal			✓	✓	✓
Solar PV			✓	✓	✓
Wind	✓	✓	✓	✓	✓
Geothermal	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 1: Τεχνολογίες θερμικής αφαλάτωσης που μπορούν να χρησιμοποιούν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (Isaka, 2012)



Εικόνα 4: Κατανομή του κόστους της θερμικής αφαλάτωσης

(Πηγή: <https://slideplayer.gr>)

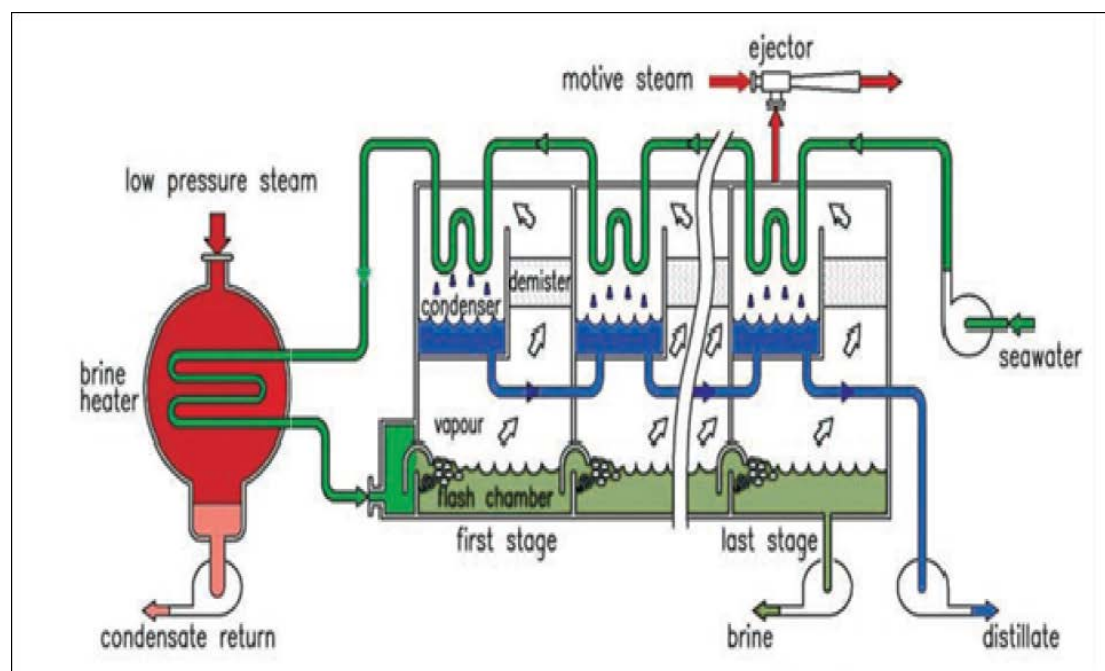
2.1.1 Πολυσταδιακή απόσταξη flash (MSF-ΓΧΣ)

Σε διεργασία απόσταξης φλας πολλαπλών σταδίων, βασική αρχή είναι η θέρμανση του αλατούχου (θαλάσσιο ή υφάλμυρο) νερό σε θερμοκρασία περίπου 90-120 °C χρησιμοποιώντας τη θερμότητα συμπύκνωσης του παραγόμενου ατμού. Στη συνέχεια, το ζεστό νερό εξατμίζεται. Κατόπιν το καθαρό νερό λαμβάνεται από τους συμπυκνωμένους ατμούς που παράγονται.

Συγκεκριμένα, αρχικά το υγρό συμπιέζεται και θερμαίνεται και στη συνέχεια διέρχεται μέσα σε άλλο θάλαμο. Λόγω της μεγάλης πτώσης πίεσης, ένα μέρος του υγρού ατμοποιείται. Το υγρό ρεύμα συλλέγεται από τον πυθμένα ενώ ο ατμός απομακρύνεται και συμπυκνώνεται σε καθαρό νερό χρησιμοποιώντας το κρύο θαλασσινό νερό το οποίο τροφοδοτεί το πρώτο θερμαντικό στάδιο.

Το συμπυκνωμένο αλατόνερο στη συνέχεια διοχετεύεται στον δεύτερο θάλαμο το οποίο έχει χαμηλότερη πίεση με το πρώτο στάδιο και περισσότερο νερό να εξατμίζεται και ο ατμός συμπυκνώνεται όπως προηγουμένως. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέσω μιας σειράς των θαλάμων μέχρις ότου επιτευχθεί ατμοσφαιρική πίεση.

Φλας πολλαπλών σταδίων (ΓΧΣ) δέχεται υψηλότερα επίπεδα ρύπων (βαρέα μέταλλα, πετρέλαιο, ανασταλεί στερεά, COD, BOD κ.λπ.) στο νερό της θάλασσας τροφοδοσίας. Έχει επίσης την ικανότητα παραγωγής αποσταγμένο ποιοτικό προϊόν νερού καλό για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, βιομηχανικό διαδικασίες και πολλές άλλες εφαρμογές υψηλής καθαρότητας. Το σχήμα 23 δείχνει το σχηματικό διάγραμμα της διεργασίας φλας (flash) πολλαπλών σταδίων.



Εικόνα 5: Σχηματικό διάγραμμα από πολυσταδιακή απόσταξη flash

ηγή : (<https://el.wikipedia.org>)

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΓΧΣ περιλαμβάνουν τα εξής:

- ✓ Απλός χειρισμός.
- ✓ Δημιουργεί νερό υψηλής ποιότητας.
- ✓ Το οριακό κόστος μειώνεται σημαντικά σε μεγαλύτερες ικανότητες.
- ✓ Μικρές απαιτήσεις προ επεξεργασίας.
- ✓ Δεν δημιουργεί απόβλητα από την πλύση φίλτρων προ επεξεργασίας.

Τα κύρια μειονεκτήματα των ΓΧΣ περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

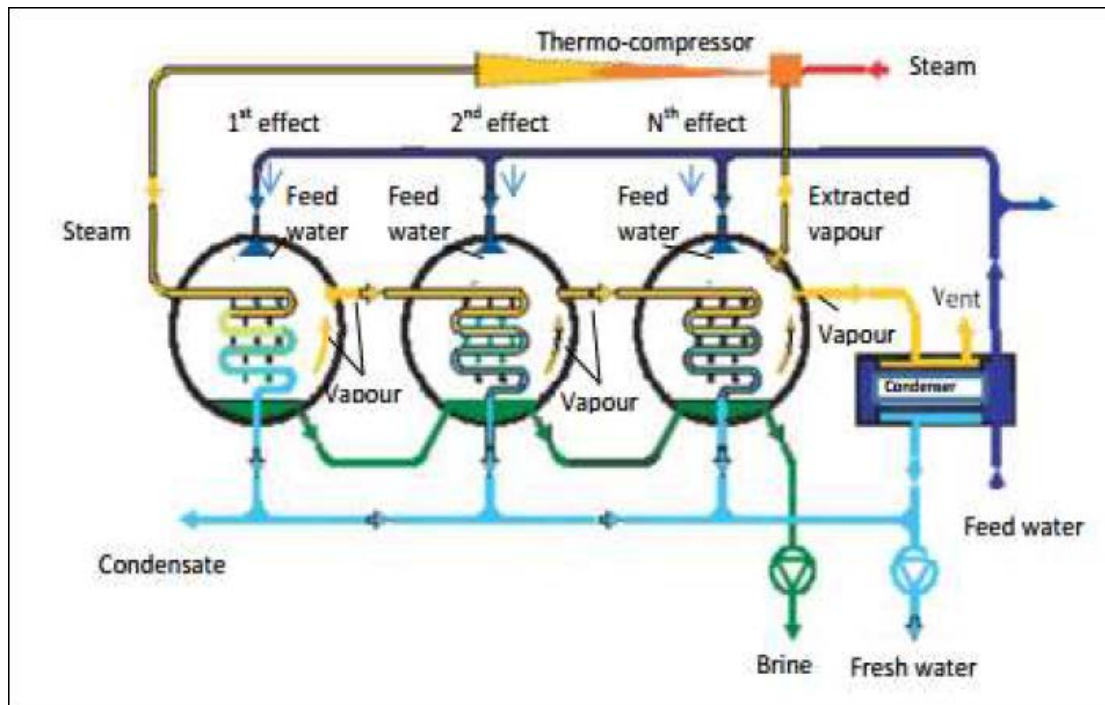
- Υψηλή κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με την RO.
- Δημιουργεί μεγάλη ατμοσφαιρική ρύπανση (κατανάλωση ενέργειας).
- Αργή ανταπόκριση στις διακυμάνσεις της ζήτησης νερού.
- Υψηλό ποσοστό κλιμάκωσης στους σωλήνες.

2.1.2 Πολλαπλή επίδραση απόσταξης (MED)

Κατά τη διαδικασία αυτού του είδους απόσταξης που διεθνώς αποδίδεται ως MED (Multiple Effect Distillation), το αλμυρό νερό τροφοδοσίας θερμαίνεται μέχρι το σημείο βρασμού του στην πρώτη βαθμίδα της διάταξης της μονάδας αφαλάτωσης.

Αρχικά το νερό ψεκάζεται στην επιφάνεια των σωληνών εξάτμισης σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα γύρω τους. Με αυτή τη μέθοδο επιδιώκεται ο γρήγορος βρασμός κι η εξάτμιση ενός μέρους του νερού. Οι ατμοί που παράγονται χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του υπόλοιπου υδατικού διαλύματος κατά τη μετάβαση του στον επόμενο θάλαμο, μέσω σωληνών, στους οποίους οι υδρατμοί ψύχονται με αποτέλεσμα την παραγωγή αφαλατωμένου νερού.

Οι σωλήνες εξάτμισης θερμαίνονται μέσω ατμού που προέρχεται από λέβητα ή από άλλες πηγές θερμότητας (Ασημακόπουλος, 2001). Μόνο για τη θέρμανση του νερού τροφοδοσίας απαιτείται εξωτερική πηγή θερμότητας, καθώς ο ατμός που έχει προέλθει από το βρασμό του διαλύματος σε μία βαθμίδα χρησιμοποιείται για τη θέρμανσή του στην επόμενη, αφού το σημείο βρασμού του νερού μειώνεται όσο μειώνεται κι η πίεση.



Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση της απόσταξης πολλαπλών αποτελεσμάτων

Πηγή: (<https://dias.library.tuc.gr/>)

Τα κύρια πλεονεκτήματα του MED περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- ✓ Ευρεία επιλογή τροφοδοσίας.
- ✓ Υψηλή ποιότητα του προϊόντος με υψηλή αξιοπιστία.
- ✓ Λιγότερη κατανάλωση ενέργειας από τους ΓΧΣ.
- ✓ Απαιτεί λειτουργία χαμηλότερης θερμοκρασίας (μειώνει την κλίμακα και την ενέργεια και τα κατασκευαστικά έξοδα).

Τα κύρια μειονεκτήματα του MED περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

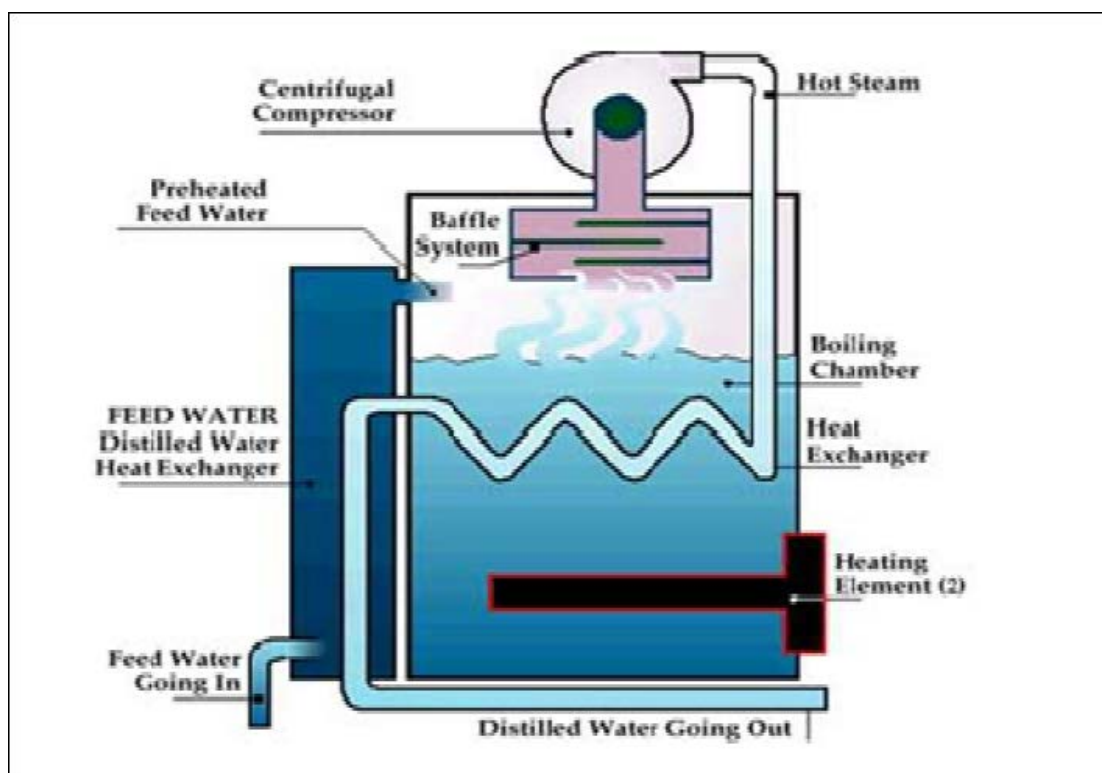
- ✓ Υψηλότερες απαιτήσεις ενέργειας από την RO.
- ✓ Αργή ανταπόκριση στις διακυμάνσεις της ζήτησης νερού.
- ✓ Χαμηλότερη ικανότητα από τους ΓΧΣ.

2.1.3 Απόσταξη συμπίεσης ατμών (VCD)

Το διάλυμα άλατος, το οποίο χρησιμοποιείται κατά την απόσταξη με συμπίεση ατμών, θερμαίνεται από τον ψεκασμό του σε μια σειρά σωλήνων τους οποίους διαπερνά ατμός και στη συνέχεια εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση (Ενεργειακό Γραφείο του Αιγαίου ,2011).

Η θερμότητα για την εξάτμιση του νερού προέρχεται από τη συμπίεση του ατμού κι όχι από την άμεση ανταλλαγή θερμότητας της παραγωγής ατμού σε ένα λέβητα. Οι υδρατμοί που παράγονται από την εξάτμιση του νερού συμπυκνώνονται κι έτσι παράγεται το αφαλατωμένο νερό. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διεκπεραιωθεί είτε μέσω μηχανικού συμπιεστή (Mechanical vapor compression), είτε μέσω διάταξης εκτίναξης ατμού μέσω ακροφυσίου (Thermal vapor compression).

Γενικά, τα συστήματα μηχανικής απόσταξης (MVC) διαθέτουν μόνο μια βαθμίδα, ενώ τα συστήματα θερμικής απόσταξης (TVC) διαθέτουν περισσότερες από μία βαθμίδες. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα συστήματα MVC διατηρούν την ίδια κατανάλωση ενέργειας (ενέργεια ανά μονάδα παραγόμενου νερού), ανεξαρτήτως του αριθμού των σταδίων που ακολουθούν (Miller, 2003), ενώ τα συστήματα TVC, αυξάνουν τη θερμική τους απόδοση με την προσθήκη σταδίων επεξεργασίας.



Εικόνα 7: Αφαλάτωση συμπίεσης ατμού φάσης

Πηγή: (<http://digilib.teiimt.gr>)

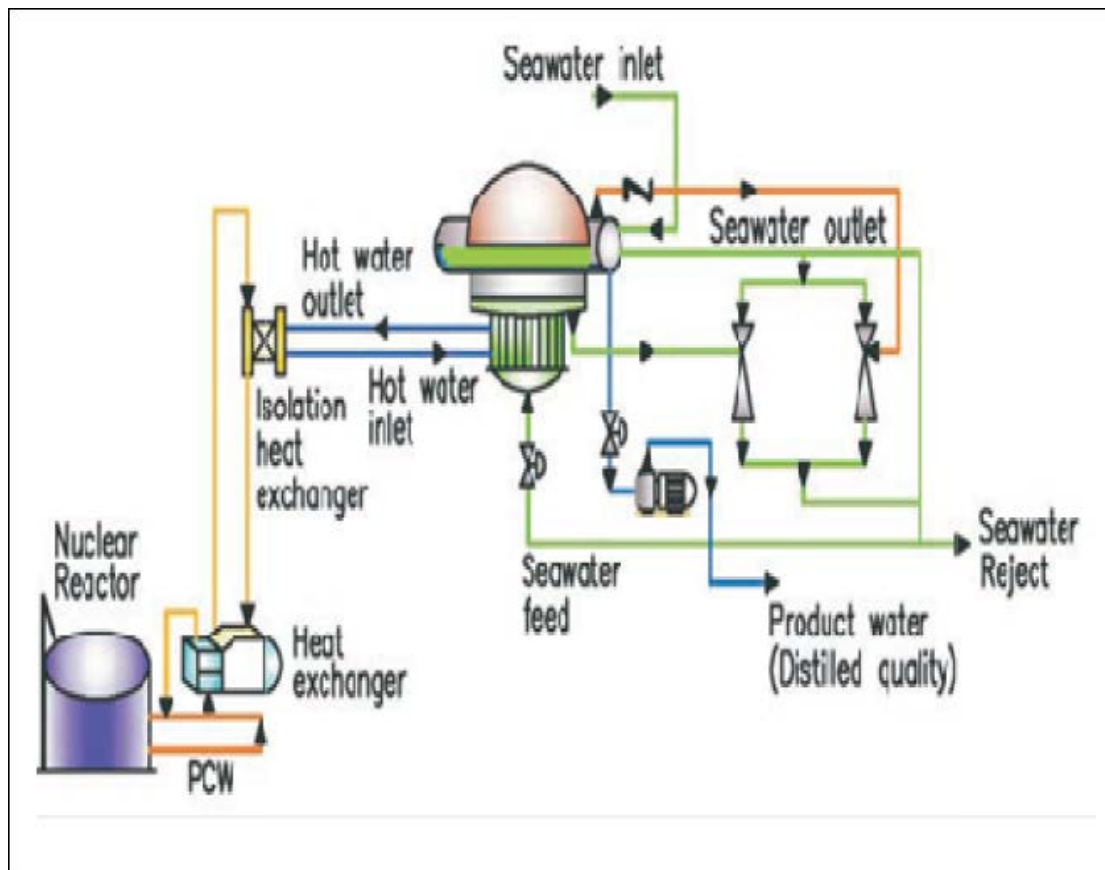
2.1.4 Αφαλάτωση LTE με χρήση θερμότητας αποβλήτων

Η μονάδα αφαλάτωσης χαμηλής θερμοκρασίας εξάτμισης βασικά αποτελείται από τρία μέρη, δηλαδή θερμαντήρα, διαχωριστή και συμπυκνωτή.

Η τροφοδοσία θαλασσινού νερού εισέρχεται στη μονάδα στο κάτω μέρος των σωλήνων και εν μέρει εξατμίζεται από τη στιγμή που βγαίνει από την κορυφή.

Καθώς η συνιστώσα του κόστους ενέργειας αποτελεί μείζον τμήμα του κόστους αφαλατωμένου νερού, η αξιοποίηση της απόβλητης θερμότητας ως εισροής ενέργειας για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού είναι μια ελκυστική επιλογή. Είναι ένας από τους φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους παραγωγής αφαλατωμένου νερού, καθώς δεν απαιτεί χημική προεπεξεργασία της χρήσης θαλασσινού νερού. Η θερμική ενέργεια του ωκεανού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αφαλάτωση του θαλάσσιου νερού.

Η μονάδα αφαλάτωσης αποτελείται ουσιαστικά από τρία τμήματα, δηλ. Θερμαντήρα, διαχωριστή και συμπυκνωτή. Στο κέλυφος θερμαντήρα χρησιμοποιούνται κάθετοι σωλήνες. Το νερό της θάλασσας τροφοδοσίας εισέρχεται στη μονάδα στο κάτω μέρος των σωλήνων και εν μέρει εξατμίζεται από τη στιγμή που βγαίνει από την κορυφή. Αφού βρεθούν τα υγρά και τα υγρά ατμού από τους σωλήνες, ο ατμός ανεβαίνει μέσω του κάθετου κελύφους, εισέρχεται στην οριζόντια δέσμη σωλήνων που διατηρείται στην κορυφή του το κατακόρυφο κέλυφος και συμπυκνώνεται γύρω από τους σωλήνες (που ψύχονται από το θαλασσινό νερό που ρέει στο εσωτερικό τους) και παράγουν αφαλατωμένο νερό. Το νερό του προϊόντος αντλείται.



Εικόνα 8: LTE αφαλάτωση χρησιμοποιώντας απώλεια θερμότητας

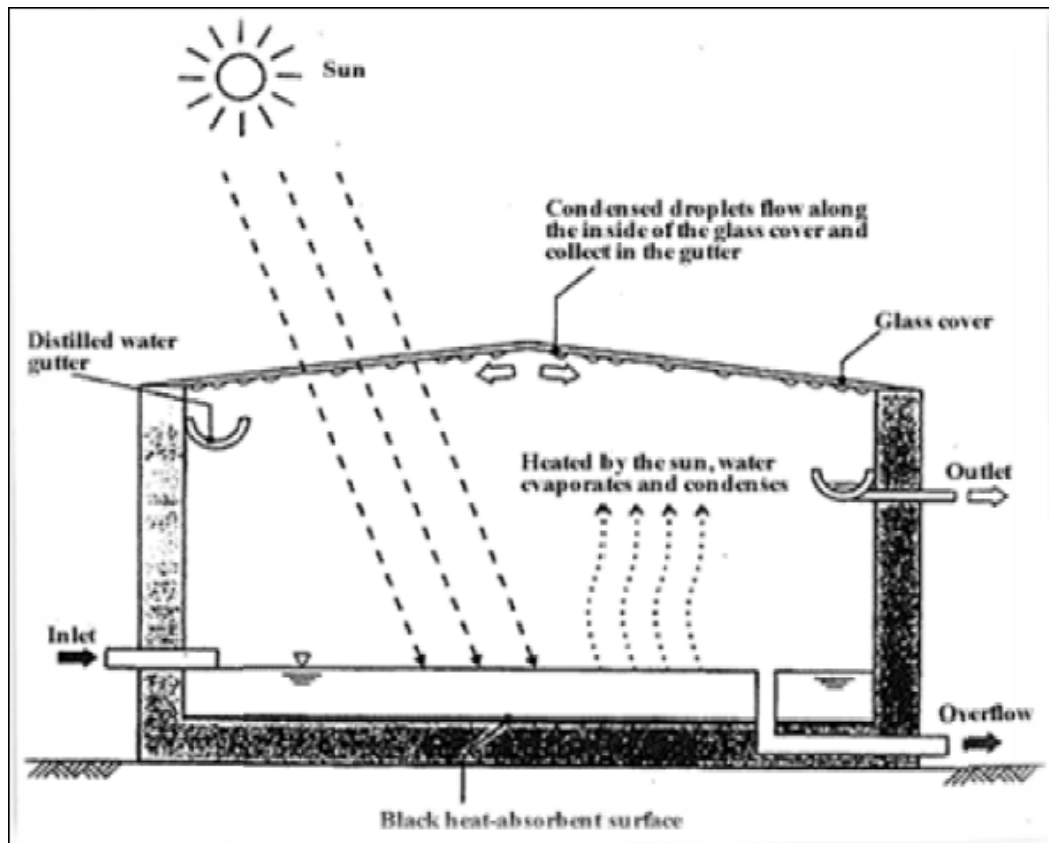
Πηγή: (<https://en.wikipedia.org>)

2.1.5 Ηλιακή Αφαλάτωση

Η αφαλάτωση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια απλή μέθοδος τεχνολογίας κατάλληλη για μικρά σε κοινοτικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική βιωσιμότητα. Η θερμότητα που αναδύεται από τον ήλιο από την πηγή ηλιακής ενέργειας θερμαίνει το θαλασσινό νερό σε μια γυάλινη δεξαμενή που προκαλεί την εξάτμιση ορισμένων. Ο ατμός συμπυκνώνεται σε ένα γυάλινο κάλυμμα και συλλέγεται το προκύπτον γλυκό νερό.

Αυτό το τεχνολογικό σύστημα αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση για απομακρυσμένες και αγροτικές περιοχές όπου δεν υπάρχει παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Αυτή η πηγή ηλιακής ενέργειας είναι απεριόριστη και ελεύθερη. Όχι δεν εκπέμπονται επιβλαβή αέρια όπως ο υδράργυρος, το βόειο άζωτο ή διοξείδιο του θείου.

Αυτή η μέθοδος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού είναι φθηνή αλλά δεν είναι κατάλληλη για παραγωγή νερού μεγάλης κλίμακας. Η διαδικασία απαιτεί σωστή συντήρηση λόγω της ανάπτυξης φυκών στην κάτω πλευρά του γυάλινου καλύμματος και επίσης καλή σφράγιση για την αποφυγή ατμών και θερμότητας για τη μείωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος. Η εικόνα 9 δείχνει το διάγραμμα του ηλιακού συστήματος αφαλάτωσης.



Εικόνα 9: Διάγραμμα συστήματος ηλιακής αφαλάτωσης

Πηγή: (<http://docplayer.gr>)

2.1.6 Ακαριαία απόσταξη πολλαπλών βαθμίδων

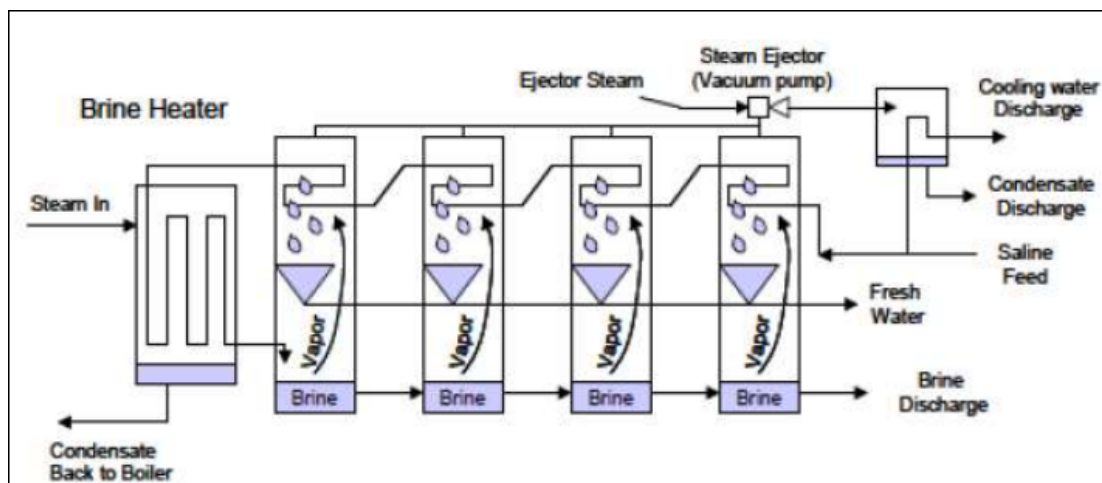
Στην κατηγορία αυτή το αλμυρό νερό συσσωρεύεται στο θερμαντή άλμης μέσω τοποθετημένων εναλλακτών θερμότητας σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη από αυτή του σημείου βρασμού του και υπό ορισμένη πίεση.

Με τον τρόπο αυτό προκαλείται ο ακαριαίος βρασμός του εν λόγω διαλύματος. Ο ακαριαίος ή εκρηκτικός όπως χαρακτηρίζεται βρασμός προξενεί σχηματισμό ατμών με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας στο διάλυμα.

Η διαδικασία έπειτα αποσυμπίεσης - ακαριαίου βρασμού - συμπύκνωσης ατμών επαναλαμβάνεται σε διαδοχικούς θαλάμους όπου η πίεση μειώνεται διαρκώς ακολουθώντας την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας του υδατικού διαλύματος έως τη στιγμή που θα απορριφθεί το υπόλειμμα άλατος και συλλέγεται το καθαρό νερό.

Μια τέτοια εγκατάσταση MSF (Multi Stage Flashing) μπορεί να αποτελείται από τέσσερις μέχρι δέκα βαθμίδες.

Στην εικόνα 10 παρακάτω απεικονίζεται η αρχή λειτουργίας της ακαριαίας απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων.



Εικόνα 10: Λειτουργία ακαριαίας απόσταξης πολλαπλών βαθμίδων

Πηγή: (<http://docplayer.gr>)

Οι ατμοί που παράγονται κατά τις διάφορες βαθμίδες οδηγούνται σε ένα εναλλάκτη θερμότητας όπου ψύχονται και υγροποιούνται, μεταδίδοντας μέρος της θερμότητάς τους στο αλμυρό νερό τροφοδοσίας ώστε να προθερμανθεί.

Με αυτό τον τρόπο μεγάλο μέρος της θερμότητας ανακυκλώνεται, αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης της διάταξης. Ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας παραγόμενου αφαλατωμένου νερού προς τη μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε.

Μια τυπική τιμή του βαθμού αυτού για τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι περίπου 8 ενώ μία μονάδα είκοσι βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/kg προϊόντος.

Σε πολλές εγκαταστάσεις το υπόλειμμα της συνολικής διαδικασίας ανακυκλώνεται και προστίθεται στο νερό τροφοδοσίας, βελτιώνοντας ακόμη περισσότερο το βαθμό απόδοσης (Ασημακόπουλος, 2001). Ένας τρόπος για την αρχική θέρμανση του τροφοδοτούμενου νερού μας παρέχεται από την ενέργεια που απορρίπτεται από ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, όπως για παράδειγμα οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί.

Η απορριπτόμενη ενέργεια του εργοστασίου διοχετεύεται στη διάταξη της αφαλάτωσης και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η ψύξη του φορέα παραγωγής ενέργειας, χωρίς να αποβάλλονται στο περιβάλλον οι ποσότητες θερμότητας με ενδεχόμενες καταστροφικές επιπτώσεις. Κάτι τέτοιο βελτιώνει τα οικονομικά δεδομένα σε μια εγκατάσταση αφαλάτωσης καθώς μειώνονται οι απαιτήσεις της για ενέργεια μέχρι και κατά 50%.

Οι εγκαταστάσεις τύπου MSF χρησιμοποιούνται από τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η δυναμικότητα τους έχει εύρος από τέσσερα έως τριάντα εκατομμύρια λίτρα ανά ημέρα, λειτουργώντας με θερμοκρασίες από 900 ως 120 0 C. Σε περιπτώσεις που αυτό το όριο θερμοκρασίας ξεπεραστεί μπορεί να ενισχύεται ο βαθμός απόδοσης, παράλληλα όμως αυξάνεται η φθορά της εγκατάστασης, λόγω των στρωμάτων επικάλυψης που σχηματίζονται και διαβρώνουν τις επιφάνειες.



Εικόνα 11: 1 Εγκατάσταση MSF στη Σαουδική Αραβία

Πηγή: (dspace.aua.gr)

2.2 Διεργασίες μεμβρανών

Οι διεργασίες μεμβρανών υπερτερούν των θερμικών, κυρίως για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού. Για την αφαλάτωση μέσω των διεργασιών αυτών χρησιμοποιούνται ειδικές μεμβράνες οι οποίες επιτρέπουν τη διέλευση του νερού αλλά όχι των αλάτων.

Επίσης απαιτείται η κατανάλωση ηλεκτρισμού είτε για τη συμπίεση του προς αφαλάτωση νερού (Αντίστροφη όσμωση), είτε για τον ιονισμό των αλάτων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό (Ηλεκτροδιάλυση). Μια τυπική τιμή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης, είναι περίπου 7 kWh για την παραγωγή 5000 lt νερού, ενώ η διάρκεια ζωής των μεμβρανών έγκειται στα 2 χρόνια

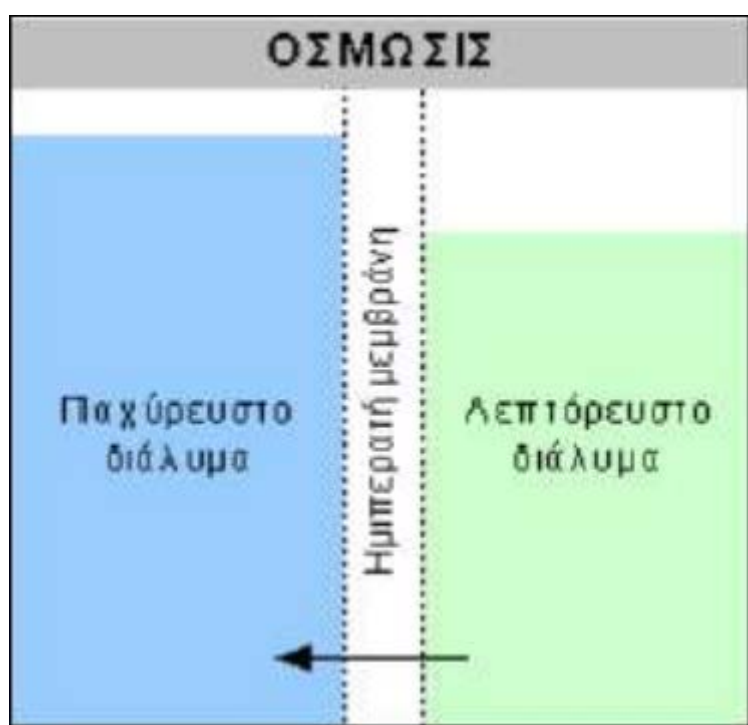
2.2.1 Αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis-RO)

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης είναι σχετικά νέα και εμπορικά επιτυχημένη από τις αρχές της δεκαετίας του '70 και αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο τρόπο αφαλάτωσης νερού, καθώς μπορεί να παράγει νερό ύδρευσης υψηλής ποιότητας. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται στην αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της όσμωσης.

Για να γίνει κατανοητή η όσμωση θα ξεκινήσουμε αναφέροντας πως όταν δύο υγρά διαλύματα με διαφορετική πυκνότητα έρθουν σε επαφή, τότε το υγρό με τη μικρότερη πυκνότητα μετατοπίζεται προς το υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα, μέχρι το μίγμα να ισορροπήσει, δηλαδή να αποκτήσει την ίδια πυκνότητα.

Αυτή η διαδικασία ονομάζεται διάχυση. Αν μεταξύ των δύο υγρών διαλυμάτων παρεμβληθεί μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε εμποδίζεται η διέλευση των αλάτων, αλλά επιτρέπεται η διέλευση του νερού, το οποίο είναι ο διαλυτής. Έτσι το νερό διέρχεται ελεύθερα από τη μεμβράνη προς τα αλατούχα διαλύματα.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μία ροή μορίων νερού από το αραιότερο προς το πυκνότερο διάλυμα, έως ότου επιτευχθεί μία κατάσταση ισορροπίας, στην οποία η υψηλότερη στάθμη διακρίνει το διάλυμα που αρχικά είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται όσμωση. Η διαφορά στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση. Η οσμωτική είναι η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ασκηθεί εξωτερικά στο διάλυμα, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της όσμωσης, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος.



Εικόνα 12: Η διαδικασία της όσμωσης

Πηγή: (<http://ir.lib.uth.gr/>)

Στην περίπτωση που ασκηθεί πίεση στο αλατούχο διάλυμα υψηλότερη της οσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται κι έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το διάλυμα με την υψηλότερη συγκέντρωση προς αυτό με τη χαμηλότερη. Αυτό ονομάζεται αντίστροφη όσμωση.



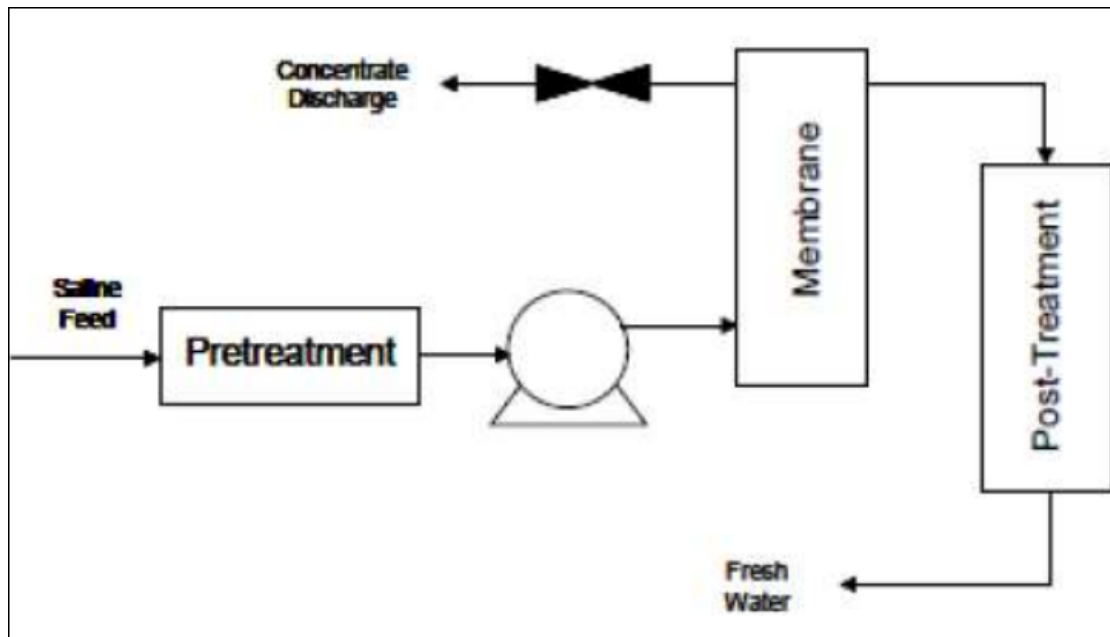
Εικόνα 13: Η διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης

Πηγή:(<http://ir.lib.uth.gr/>)

Κατά τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης, το προς αφαλάτωση υδατικό διάλυμα εξαναγκάζεται με την άσκηση πίεσης να διέλθει μέσα από μία ημιπερατή μεμβράνη. Για να γίνει εφικτή η κίνηση του διαλύματος διαμέσου της μεμβράνης, η πίεση αυτή πρέπει να ξεπερνά σε μέγεθος την οσμωτική πίεση του υδατικού διαλύματος. Κάποιες τυπικές τιμές αυτής της πίεσης είναι από 17 έως 27 bar (250 ως 400 psi) για υφάλμυρο νερό και μεταξύ 54 και 80 bar (800 και 1180 psi) για το θαλασσινό νερό.

Με τη διέλευση του διαλύματος από τη μεμβράνη κατακρατείται το μεγαλύτερο ποσοστό των διαλυμένων στερεών. Οι μεμβράνες λειτουργούν ως φράγμα όχι μόνο για τις ανόργανες ουσίες, αλλά και για οργανικές ουσίες με μοριακό βάρος μεγαλύτερο του 100.

Το υπόλειμμα της διαδικασίας αυτής, εξέρχεται από τη διάταξη σε υψηλή πίεση, ενώ ένα μεγάλο ποσοστό αυτής μπορεί να ανακτηθεί μέσω ενός εναλλάκτη πίεσης. Στο επόμενο διάγραμμα παρατηρούμε μια διάταξη αντίστροφης όσμωσης, χωρίς σύστημα ανάκτησης της πίεσης του αλμολοιπού.



Εικόνα 14: Διάταξη αντίστροφης όσμωσης χωρίς σύστημα ανάκτησης πίεσης αλμολοίτου

Πηγή: (www.temak.gr)

Για τη λειτουργία μιας εγκατάστασης αντίστροφης όσμωσης, απαραίτητες είναι η προεπεξεργασία κι η μετεπεξεργασία του νερού.



Εικόνα 15: Εγκατάσταση αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης

Πηγή: (www.temak.gr)

Η προεπεξεργασία του νερού τροφοδοσίας είναι αρκετά σημαντική, καθώς κατά τη διάρκεια της αφαιρούνται και κατακρατούνται τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια του νερού, οπότε αποφεύγεται η καθίζηση των αλάτων αλλά και η υπολειτουργία ή και καταστροφή των μεμβρανών, οι οποίες είναι εύθραυστες. Τέλος, η μετεπεξεργασία συνίσταται στη σταθεροποίηση του αφαλατωμένου νερού, ώστε να είναι πόσιμο. Η επεξεργασία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει και την αφαίρεση αερίων, όπως τα σουλφίδια του υδρογόνου και την ορθή ρύθμιση του pH.

2.3 Συστήματα ανάκτησης ενέργειας στην αντίστροφη όσμωση

Τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας (Energy recovery Systems-ER) χρησιμοποιούνται συχνά με την αντίστροφη όσμωση και με σκοπό την αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας του ρεύματος της απορριπτόμενης άλμης, ώστε να καλύπτεται ένα μέρος της απαιτούμενης ενέργειας της αντλίας.

Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις της αντλίας, για την αύξηση της πίεσης του τροφοδοτούμενου νερού, ελαττώνοντας τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας αφαλάτωσης. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται στις εξής δύο βασικές κατηγορίες:

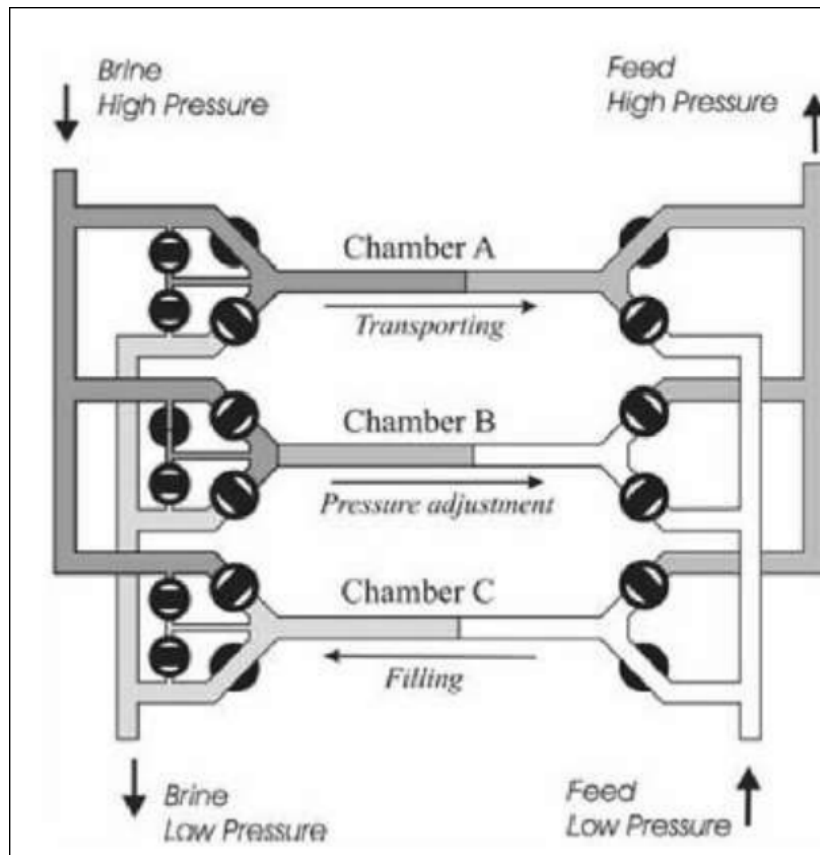
1)Εναλλάκτες πίεσης (Pressure exchangers):

Στα συστήματα αυτά μεταφέρεται άμεσα η πίεση της άλμης σε ένα μέρος του τροφοδοτούμενου ρεύματος νερού.

2)Στρόβιλοι (Turbine systems):

Σε αυτά τα συστήματα η ενέργεια της άλμης μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, την οποία στη συνέχεια διοχετεύουν είτε στην αντλία αντίστροφης όσμωσης σαν συμπλήρωμα ενέργειας, είτε απευθείας στο ρεύμα του νερού τροφοδοσίας.

Οι εναλλάκτες πίεσης λειτουργούν μεταφέροντας την πίεση της άλμης στο νερό τροφοδοσίας με βαθμό απόδοσης από 96% ως 98%.

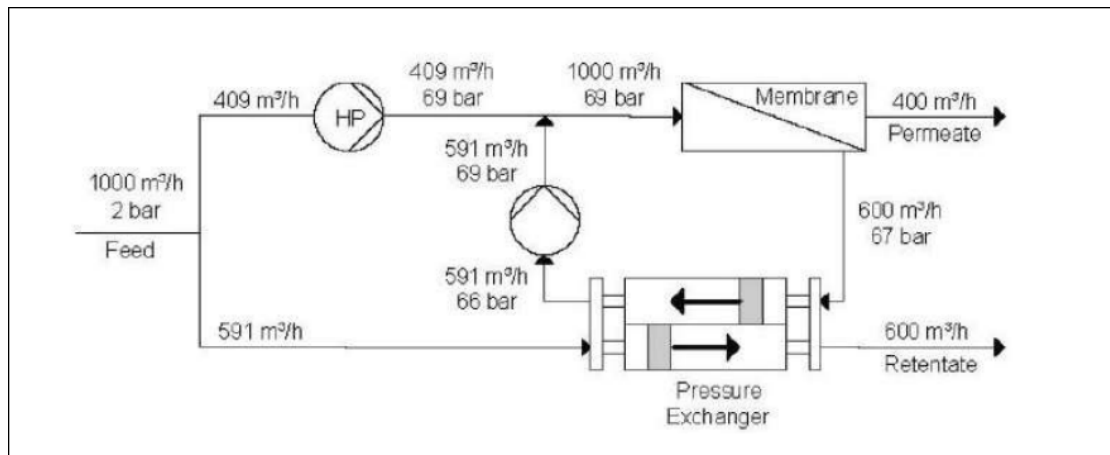


Εικόνα 16: Αρχή λειτουργίας ενός εναλλάκτη πίεσης

Πηγή: (www.temak.gr)

Το νερό τροφοδοσίας οδηγείται σε έναν αγωγό, ο οποίος κλείνει μέσω βάνας. Μια άλλη βάνα ανοίγει, ώστε το ρεύμα της άλμης που βρίσκεται σε υψηλή πίεση να εισέλθει στον αγωγό, αυξάνοντας έτσι την πίεση του τροφοδοτούμενου υγρού. Στη συνέχεια το ρεύμα τροφοδοσίας με την αυξημένη πίεση αναμειγνύεται με το ρεύμα τροφοδοσίας από την αντλία του συστήματος και μαζί συνεχίζουν προς τις μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης.

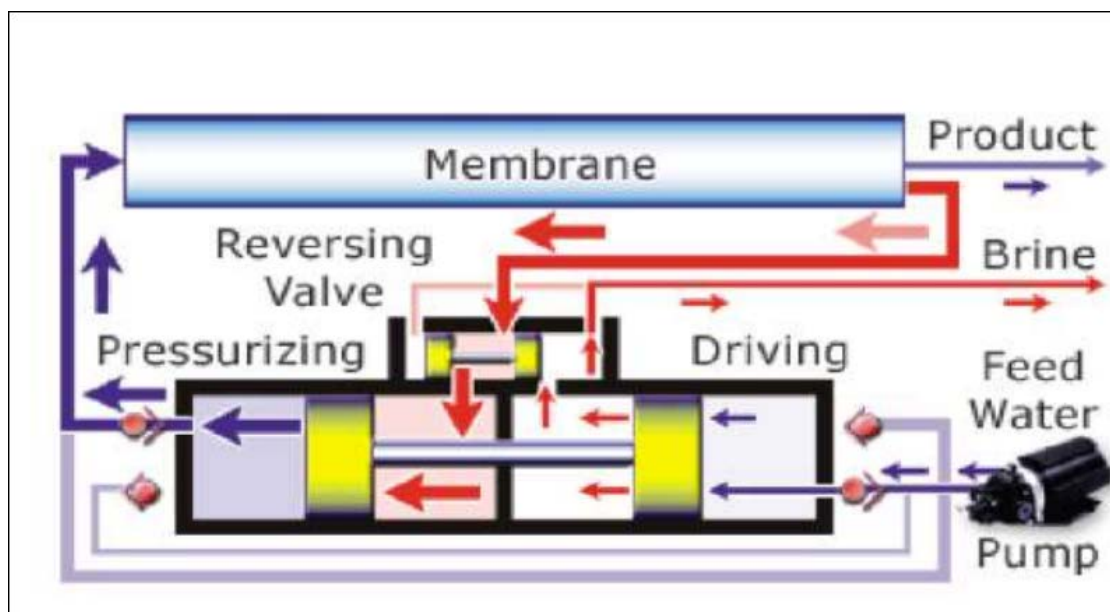
Ένας εναλλάκτης πίεσης αποτελείται συνήθως από ένα μεγάλο αριθμό βανών, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα. Με τη χρήση εναλλακτών πίεσης, μόνο ένα μικρό μέρος του ρεύματος τροφοδοσίας χρειάζεται συμπίεση μέσω της αντλίας του συστήματος, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Η γραφική αναπαράσταση ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης με εναλλάκτη πίεσης φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Εικόνα 17: Λειτουργία συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης με εναλλάκτη πίεσης
 Πηγή: (www.temak.gr)

Ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος εναλλάκτης πίεσης είναι ο Clark Pump της εταιρείας Spectra Watermakers. Τα τελευταία χρόνια, ο συγκεκριμένος εναλλάκτης βρίσκεται σε εφαρμογή σε ένα μεγάλο μέρος των συστημάτων αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση, συμβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

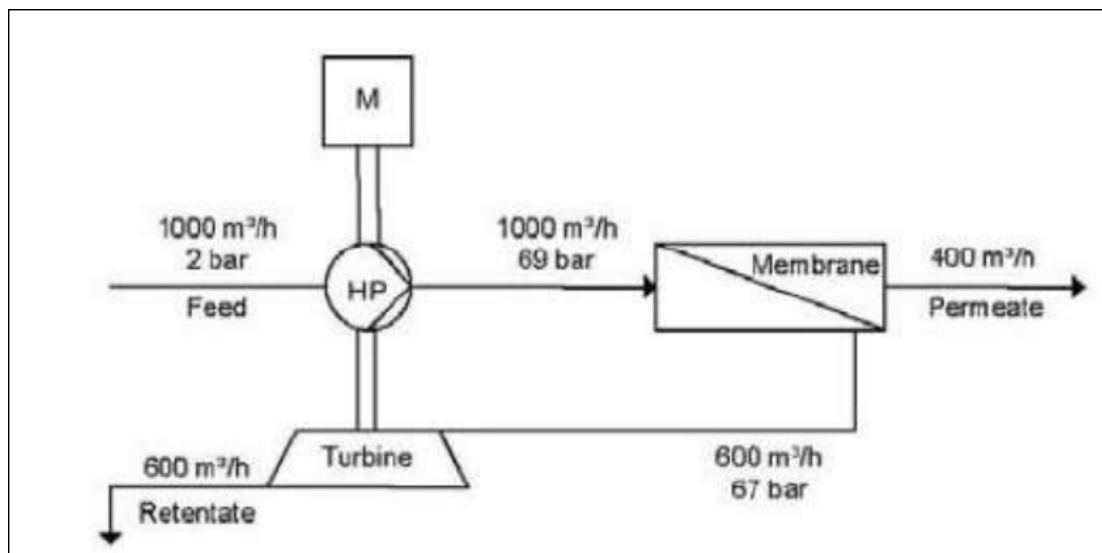
Κατά τη λειτουργία του, χρησιμοποιεί δύο αντίθετα τοποθετημένους κυλίνδρους και έμβολα που ενώνονται με μία ράβδο. Η πίεση του νερού τροφοδοσίας ασκείται στον ένα κύλινδρο εξαναγκάζοντας τον άλλον να κινήσει το νερό προς τη μεμβράνη. Όταν το έμβολο ενός κυλίνδρου ακουμπά στη βάση, η διαδικασία αντιστρέφεται.



Εικόνα 18: Ο εναλλάκτης πίεσης Clark Pump της Spectra Watermakers

Πηγή: (www.temak.gr)

Τα συστήματα στροβίλου αποτελούνται από τα συστήματα τύπου Pelton και το σύστημα αντλίας-στροβίλου (turbochanger). Το απορριπτόμενο ρεύμα άλμης υψηλής πίεσης εισέρχεται στο στρόβιλο μέσω ενός ακροφυσίου και η πίεση του ρεύματος μεταφέρεται στο ρότορα του στροβίλου, που με τη σειρά του μεταφέρει ισχύ στην αντλία υψηλής πίεσης μέσω της κοινής τους ατράκτου. Η άλμη απορρίπτεται σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική.



Εικόνα 19: Λειτουργία συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης στροβίλου Pelton

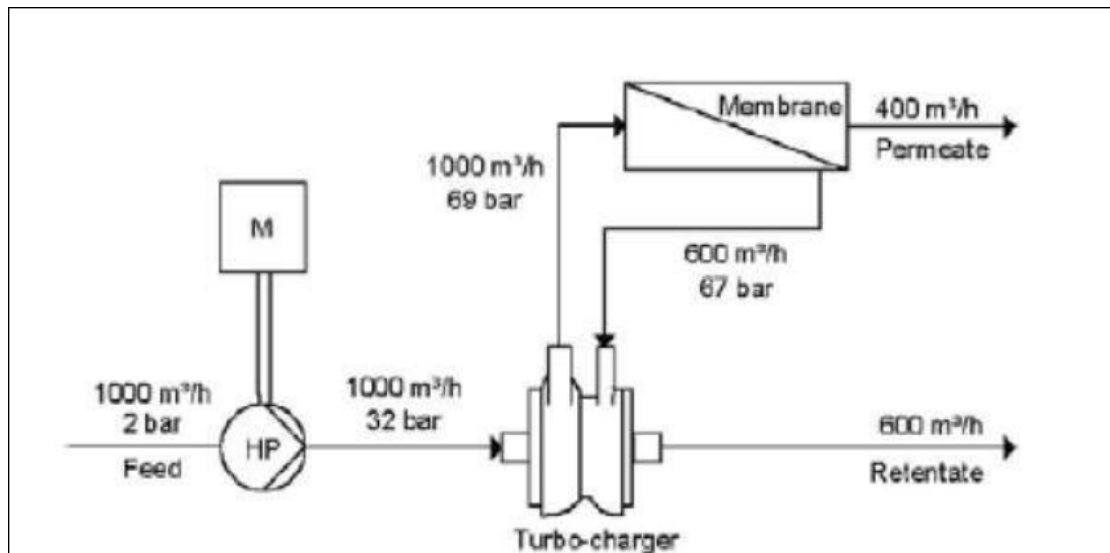
Πηγή: (www.temak.gr)

Τα συστήματα αντλίας-στροβίλου (turbochanger) αποτελούνται από μια αντλία και ένα στρόβιλο συνδεδεμένα σε ένα κιβώτιο. Τόσο η αντλία όσο και ο στρόβιλος περιέχουν μία απλή βαθμίδα ρότορα.

Η υδραυλική ενέργεια του ρεύματος της άλμης μετατρέπεται σε μηχανική από το ρότορα του στροβίλου και στη συνέχεια, η αντλία μετατρέπει την ενέργεια αυτή σε πίεση με την οποία τροφοδοτεί το ρεύμα του θαλασσινού νερού.

Η διεργασία παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα, όπου παρατηρείται ότι η αντλία υψηλής πίεσης αυξάνει την πίεση της τροφοδοσίας έως τα 32 bar και έπειτα αυξάνεται περισσότερο από το σύστημα του στροβίλου έως τα 69 bar.

Συμπερασματικά, τα συστήματα αντλίας-στροβίλου (turbochangers) αποτελούν την επικρατούσα τεχνολογία στο χώρο των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας, παρόλο που οι εναλλάκτες πίεσης έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σχετικά με την απόδοση της μονάδας.



Εικόνα 20: Σύστημα αφαλάτωσης (αντίστροφης όσμωσης) αντλίας-στροβίλου

Πηγή: (www.temak.gr)

Οι εναλλάκτες πίεσης διατηρούν το βαθμό απόδοσης τους ανεξάρτητα από αλλαγές που μπορούν να συμβούν λόγω των χρόνων λειτουργίας ή της συντήρησης της μονάδας, σε αντίθεση με τους στροβίλους, όπου σε αντίστοιχη περίπτωση λειτουργούν με μειωμένη απόδοση (εκτός του κανονικού σημείου λειτουργίας).

Οι εναλλάκτες πίεσης βέβαια απαιτούν επιπρόσθετο εξοπλισμό, όπως τους κυκλοφορητές, αυξάνοντας έτσι τα κόστη εξοπλισμού και συντήρησης. Επίσης, ο τρόπος λειτουργίας τους αυξάνει την αλατότητα του ρεύματος με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη οσμωτική πίεση.

Γενικότερα πρέπει να επισημανθεί πως με την εφαρμογή των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας μειώνεται η ειδική ενεργειακή κατανάλωση της μονάδας αφαλάτωσης με αντίστροφη όσμωση.

2.4 Κατάσταση και προβλήματα ύδρευσης στην Κέρκυρα (γιατί χρειάζονται μονάδες αφαλάτωσης και καταγραφή υπάρχοντων)

2.4.1 Σύντομο Ιστορικό της Ύδρευσης στην Κέρκυρα

1. Η ύδρευση της Κέρκυρας αποτέλεσε πεδίο τεράστιου προβληματισμού ήδη από τους αρχαίους χρόνους. Οι ιστορικοί αναφέρουν ότι κατά τον 8ο αιώνα προ Χριστού οι κάτοικοι της αρχαίας Κέρκυρας χρησιμοποιούσαν για την εξεύρεση νερού, πηγάδια που δημιουργούσαν στις αυλές των σπιτιών τους. Το αρχαίο ρωμαϊκό υδραγωγείο της Κέρκυρας που κατασκευάστηκε μεταξύ 1ου και 2ου αιώνα μ.Χ. από τους

Ρωμαίους και που δεν είναι ιδιαίτερα γνωστό βρισκόταν στην περιοχή της Αγίας Γουργής Καναλιών.

2. Η σύγχρονη πόλη της Κέρκυρας υδρεύτηκε κατ'αρχήν το έτος 1832 από τα νερά της πηγής Καρτερίου Μπενιτσών μετά από σχετική απόφαση της τότε Αγγλικής Αρμοστείας. Η πηγή Καρτέρι αν και τροφοδοτείται από ασβεστόλιθους παρουσιάζει θειικά ιόντα στο επίπεδο των 440 mg/lit. Το 1840 προστέθηκαν στα νερά της πηγής του Καρτερίου και νερά της πηγής του Αγίου Νικολάου Μπενιτσών με περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα 240 mg/lit. Ο σημαντικότερος παράγοντας των προβλημάτων της ύδρευσης είναι ο γεωλογικός και συγκεκριμένα η ποιοτική επιβάρυνση των σημαντικότερων πηγών του νησιού με θειικά ιόντα λόγω της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων γύψου στο έδαφος του νησιού.
3. Οι ποσότητες του νερού των πηγών Καρτερίου και Αγίου Νικολάου ήταν σχετικά μικρές και με την πάροδο των ετών και την αύξηση της κατανάλωσης τα προβλήματα ύδρευσης της πόλης της Κέρκυρας έγιναν ανυπέβλητα. Έτσι το 1966 με τη σύμφωνη γνώμη του νομιάτρου κ. Δ. Αβραμίδη και μετά από ειδική σύσκεψη εκπροσώπων του ιατρικού κόσμου της Κέρκυρας εισήχθη νερό από την πηγή της Χρυσήιδας η οποία παρουσιάζει επίπεδο θεικών της τάξης των 1.200 mg/lit.
4. Έκτοτε η Κέρκυρα υδρεύεται με νερό αυξημένης σκληρότητας και επίπεδο θεικών 1.200 mg/lit περίπου (80 γερμανικών βαθμών).

Αντίστοιχα με την πόλη στην πλειοψηφία τους οι περιοχές του νησιού υδρεύονται με νερό πολύ σκληρό.

Η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. το 1991 προχώρησε σε εκπόνηση προκαταρκτικής μελέτης για τη λύση του προβλήματος. Η μελέτη εκείνη υπέδειξε την κατασκευή φράγματος στη θέση Ρεκίни στη Βόρεια Κέρκυρα. Μη έχοντας τη δυνατότητα εκτέλεσης τέτοιου έργου η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. προχώρησε στην παραχώρηση της σχετικής μελέτης στο ΥΠΕΧΩΔΕ και συγκεκριμένα στη μονάδα Δ6 για τη συνέχιση της μελέτης με σκοπό την αντιμετώπιση του προβλήματος των θεικών όλου του νησιού

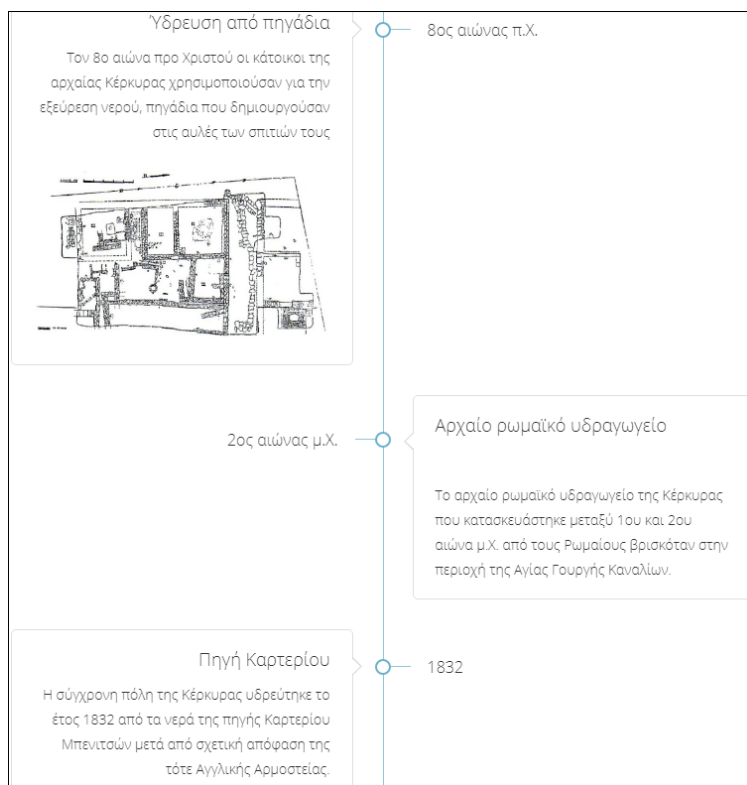
5. Προέκυψε έτσι μια πρόταση η οποία προέβλεπε την κατασκευή 3 φραγμάτων, 2 μονάδων αφαλάτωσης και ένα πλήθος αγωγών διασύνδεσης οικονομικού ύψους της τάξης των 250.000.000 ευρώ για τη λύση του υδρευτικού προβλήματος του νησιού. Η πρόταση αυτή έχει συζητηθεί επί σειρά ετών τόσο στην Κέρκυρα όσο και στις Κεντρικές Υπηρεσίες της Αθήνας χωρίς όμως μέχρι σήμερα απτά αποτελέσματα. Έτσι το πρόβλημα της υψηλής σκληρότητας του νερού δεν έχει τύχει λύσης.

Επί 25 χρόνια το νησί της Κέρκυρας είναι δέσμιο του σχεδιασμού αυτού, που συνοδεύεται με ευχολόγια και υποσχέσεις, έχουν ξοδευτεί σημαντικά ποσά σε μελέτες και απαλλοτριώσεις και πραγματικό αποτέλεσμα δεν υπάρχει.

6. Το 2016 η Δ.Ε.Υ.Α.Κ ξεκίνησε μία συνεργασία με την Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης ΕΠ. ΥΜΕΠΕΡΑΑ με σκοπό να καταστεί δυνατή η τμηματική εκτέλεση του έργου και μετά από σύνταξη σχετικής μελέτης προτάθηκε η άμεση προώθηση τμήματος του έργου προϋπολογισμού 49.000.000 ευρώ που θα μπορούσε να εξασφαλίσει νερό καλής ποιότητας στην πόλη και την περιοχή της Νότιας Κέρκυρας που αποτελούν τα πληθυσμιακά κέντρα του νησιού, στη λογική βεβαίως της συνέχισης του υπολοίπου έργου σε επόμενες προγραμματικές περιόδους.

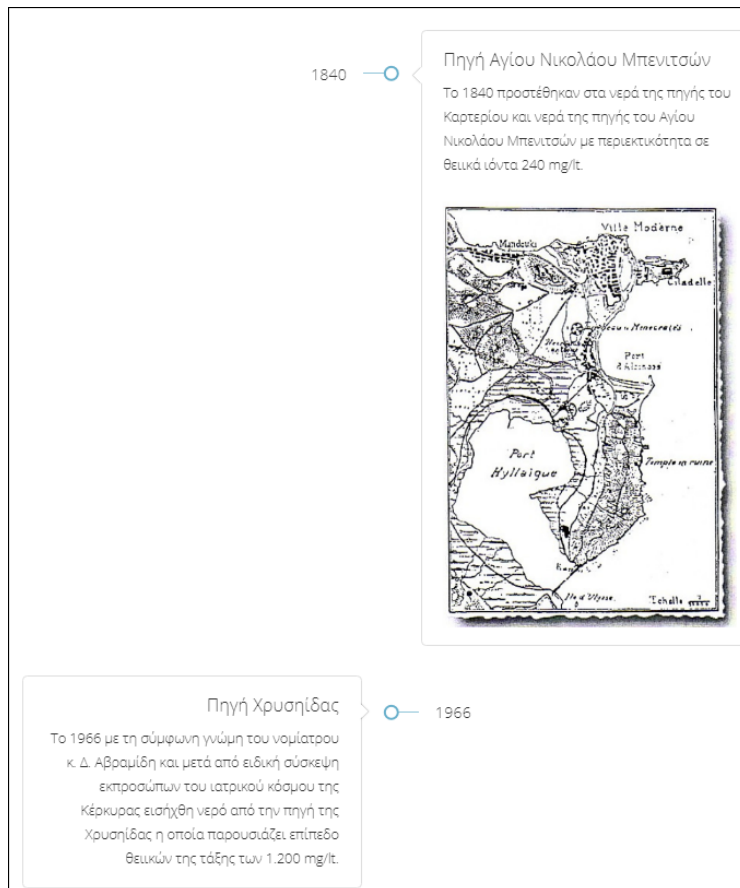
Ελπίζουμε ότι πλέον έχει ωριμάσει ο καιρός για την προώθηση του σχεδίου αυτού που θα φέρει για πρώτη φορά στο νησί νερό υψηλής ποιότητας.

Στις παρακάτω εικόνες 21, 22 και 23 φαίνεται η ιστορική ανάδρομή στην ύδρευση της Κέρκυρας.



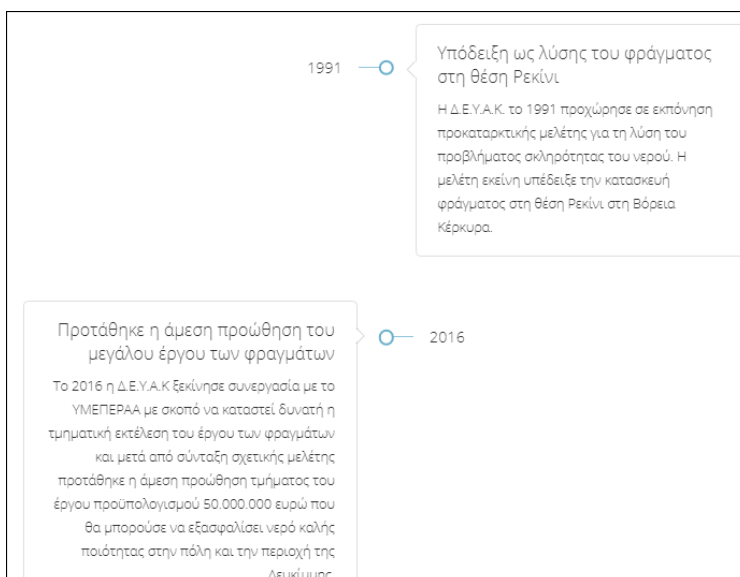
Εικόνα 21: Ύδρευση Κέρκυρας από το 8^ο αιώνα π.Χ. έως το 1832

Πηγή: (<https://www.deya-ker.gr/profil/istoriko.html>)



Εικόνα 22: Υδρευση Κέρκυρας από το 1840. έως το 1966

Πηγή: (<https://www.deya-ker.gr/profil/istoriko.html>)



Εικόνα 23: Υδρευση Κέρκυρας από το 1966. έως το 2016

Πηγή: (<https://www.deya-ker.gr/profil/istoriko.html>)

2.4.2 Υδρευτικό πρόβλημα: επιπλέον 20.000 κ.μ. νερού σε Κέρκυρα, Λευκίμμη και δύο νέα υδραγωγεία

Τι περιλαμβάνει ο σχεδιασμός για Δ.Δ. Κερκυραίων και Φαιάκων

Ο σχεδιασμός για την πόλη της Κέρκυρας περιλαμβάνει νέες γεωτρήσεις στις περιοχές Ραρκτούρος, Ζούγγρα, Μέρλιν και Κακότραφος, αγωγούς σύνδεσης με το κεντρικό υδραγωγείο, νέα δεξαμενή νερού στον Ποταμό όγκου 10.000 και αγωγός σύνδεσής της με το εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης της Κέρκυρας (στην περιοχή του νέου νοσοκομείου) καθώς και τα τμήματα του κεντρικού υδραγωγείου με τους αναγκαίους κλάδους τους. Συγκεκριμένα:

- Δημιουργείται νέα Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού (EAN) στην περιοχή της Χρυσίδας, εκεί που βρίσκονται οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις της ΔΕΥΑΚ, με δυναμικότητα πόσιμου νερού 15.000 κυβικά μέτρα ανά ημέρα.
- Το νερό από τις υφιστάμενες γεωτρήσεις στη Χρυσίδα και τις πηγές Ραρκτούρου και Ζούγγρα θα οδηγείται στη νέα EAN στη Χρυσίδα.
- Από την EAN Χρυσίδας, μέσω του υφιστάμενου αγωγού μεταφοράς, θα τροφοδοτείται η υφιστάμενη δεξαμενή νερού στην Ανάληψη χωρητικότητας 3.000 κ.μ. και από εκεί (λόγω ύψους και φυσικής ροής) στο δίκτυο της πόλης της Κέρκυρας.
- Δημιουργείται μία ακόμα, νέα Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού (EAN) στη θέση Κακότραφος δυναμικότητας πόσιμου νερού 8 έως 10.000 κ.μ./ημέρα.
- Κατασκευάζονται νέες γεωτρήσεις στις περιοχές Μέρλιν και Κακότραφος
- Για την κάλυψη της αυξημένης ζήτησης την καλοκαιρινή περίοδο, η πόλη της Κέρκυρας θα τροφοδοτείται παράλληλα από την νέα μονάδα στον Κακότραφο στην οποία θα καταλήγει νερό από τις νέες γεωτρήσεις, αλλά και από τις ήδη ενεργές στις θέσεις Παλαιοχώραφα, Γαζάτικα και Πουλάδες.
- Από εκεί, το νερό θα οδηγείται μέσω των αγωγών σύνδεσης στο κεντρικό υδραγωγείο και στη συνέχεια θα επεξεργάζεται στη νέα EAN Κακοτράφου
- Δημιουργείται νέα δεξαμενή στον Ποταμό δυναμικότητας 10.000 κ.μ. και εκεί θα καταλήγει το επεξεργασμένο νερό από την EAN Κακοτράφου. Από εκεί, θα τροφοδοτείται η πόλη της Κέρκυρας και το ΔΔ Φαιάκων.

Τι περιλαμβάνει ο σχεδιασμός για Δ.Δ. Λευκίμμης

Ο σχεδιασμός για τη Λευκίμμη και το νότιο συγκρότημα της Κέρκυρας περιλαμβάνει νέες γεωτρήσεις στη περιοχή Γαρδικίου, αγωγό σύνδεσης με το κεντρικό υδραγωγείο, αγωγός προσαγωγής μέχρι τη μονάδα επεξεργασίας Νεοχωρακίου, αντλιοστάσιο και καταθλιπτικό αγωγό, νέες δεξαμενές σε Νεοχωράκι και Άη Νικόλα και τμήματα του κεντρικού υδραγωγείου προς τις δεξαμενές.

Συγκεκριμένα:

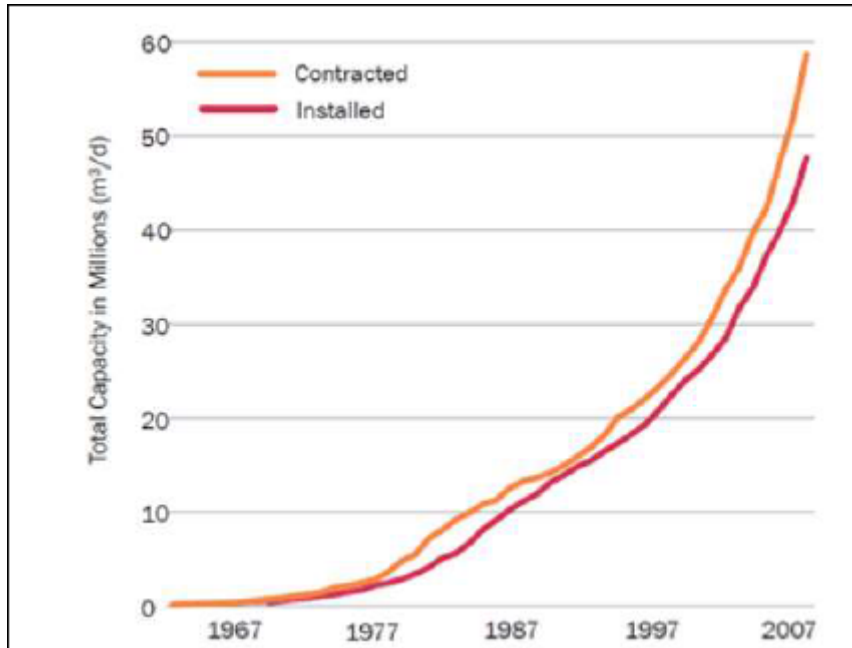
- Κατασκευάζεται **νέα γεώτρηση στο Γαρδίκι** του Αγίου Μαθαίου.
- Κατασκευάζεται **νέα Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού (EAN) στην περιοχή του Νεοχωρακίου**, δυναμικότητας πόσιμου νερού 8.000 κυβικών μέτρων ανά ημέρα.
- Η μονάδα αυτή θα επεξεργάζεται το νερό από τις υφιστάμενες γεωτρήσεις Νεοχωρακίου και τη νέα γεώτρηση Γαρδικίου.
- Κατασκευάζονται **δύο νέες δεξαμενές διανομής στις θέσεις Αγίου Νικολάου και Νεοχωρακίου**, χωρητικότητας 1000 κ.μ. με παράλληλη δημιουργία αγωγών σύνδεσής τους με την EAN Νεοχωρακίου.

2.5 Μονάδες αφαλάτωσης ανά τον κόσμο και την Ελλάδα

Αν και οι τεχνολογίες αφαλάτωσης είναι σχετικά νέες στο μεγαλύτερο φάσμα τους, υπάρχουν πολλά παραδείγματα της επιτυχημένης λειτουργίας τους ανά τον κόσμο, σε μέρη όπου αυτό κρίνεται ζωτικό για τις ανάγκες ενός πληθυσμού ή γενικότερα απαραίτητο για την κάλυψη αναγκών με την παραγωγή καθαρού νερού.

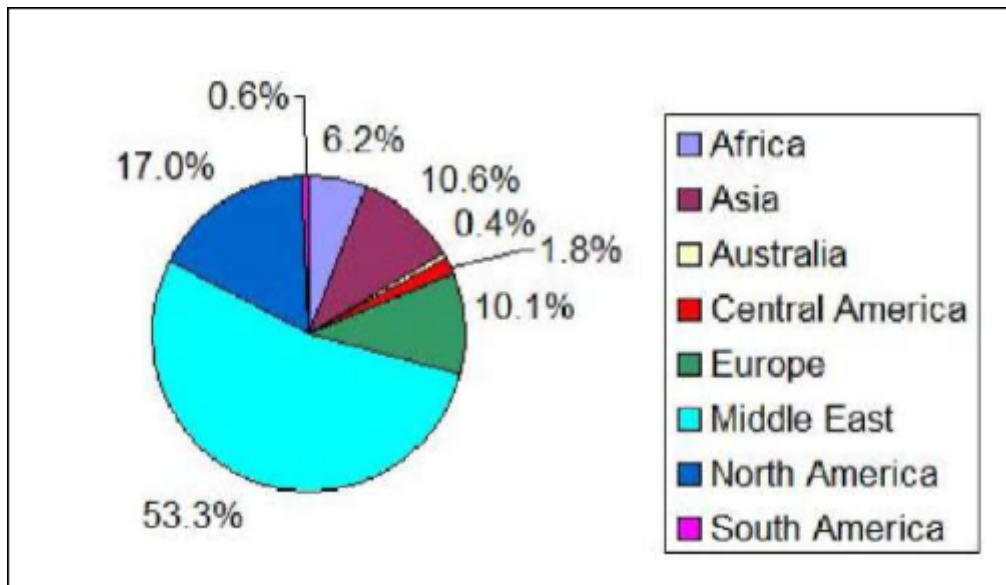
2.5.1 Η παγκόσμια δυναμικότητα αφαλάτωσης

Κατά το έτος 2000, η απεριθμημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται σε $22 * 10^6 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ (seawater desalination using renewable energy sources). Η διαχρονική ανάπτυξη των συστημάτων αφαλάτωσης παγκοσμίως ακολουθεί την πορεία που αποτυπώνεται στο επόμενο γράφημα, από το 1966 έως και το 2007.



Εικόνα 24: Δυναμικότητα μονάδων αφαλάτωσης (1966 – 2007)

Πηγή: (<https://docplayer.gr>)



Εικόνα 25: Παγκόσμια παραγωγή μονάδων αφαλάτωσης έως το 2013

Πηγή: (<https://docplayer.gr>)

Μέχρι σήμερα, υπολογίζεται πως συνολικά στον κόσμο λειτουργούν 16.000 μονάδες αφαλάτωσης. Από αυτές το 60% χρησιμοποιεί την τεχνολογία της

Αντίστροφης όσμωσης, ενώ το 34% των υπολοίπων αξιοποιούν τις Θερμικές διεργασίες. Μικρότερο ποσοστό από αυτές τις μονάδες, της τάξης του 4% και 2%, εξυπηρετούνται από την Ηλεκτροδιάλυση και από λοιπές διεργασίες αντίστοιχα.

Η περιοχή με τις περισσότερες μονάδες αφαλάτωσης είναι η Μέση Ανατολή (Περιοχή του Κόλπου-Gulf Region), όπου η χαμηλή τιμή των ορυκτών καυσίμων επιτρέπει την κατά κόρον χρήση μονάδων αφαλάτωσης, οι οποίες είναι αρκετά ενεργοβόρες. Ακολουθούν οι περιοχές της Μεσογείου, της Αμερικής και της Ασίας (Fritzmahn.2007).

Πιο συγκεκριμένα, το 53,3% της παγκόσμιας παραγωγής νερού από συστήματα αφαλάτωσης εντοπίζεται στη Μέση Ανατολή, το 17,6% στη Βόρεια Αμερική, το 10,6% στην Ασία και το 10,1% στην Ευρώπη. Αρκετά μικρότερα είναι τα ποσοστά που καταγράφονται στην Αφρική, την Αυστραλία, τη Νότια και την κεντρική Αμερική.

2.5.2 Οι υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης στον πλανήτη και την Ελλάδα

Η πλειοψηφία των μεγάλων, υπό λειτουργία ή υπό κατασκευή μονάδων αφαλάτωσης χρησιμοποιούν ως νερό τροφοδοσίας το θαλασσινό κι εντοπίζονται όπως προαναφέρθηκε στη Μέση Ανατολή. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η μονάδα Jebel Ali που εδρεύει στο Ντουμπάι, με δυνατότητα παραγωγής 600.000 m³/ημέρα. Τη μεγαλύτερη παραγωγή αφαλατωμένου νερού από μία αυτόνομη μονάδα επιτυγχάνει η εγκατάσταση MSF Shuaiba 3, στις ανατολικές ακτές της Σαουδικής Αραβίας, η οποία τροφοδοτεί με 880.000 m³ νερό ανά ημέρα τις πόλεις Jeddah, Makkah και Taif.

Από το 2003 μέχρι και πρόσφατα, έχουν τοποθετηθεί μονάδες αφαλάτωσης τεράστιας δυναμικότητας πέρα από την Περιοχή του Κόλπου, σε πόλεις των ΗΠΑ, της Ινδίας και γενικότερα στην ευρύτερη Ασία, όπου υπάρχουν και μεγάλοι πληθυσμοί με αυξημένο προσανατολισμό στην παραγωγή αφαλατωμένου νερού για την κάλυψη αναγκών ύδρευσης κι άρδευσης.

Στον επόμενο πίνακα 2 παρατίθενται εκτενέστερα στοιχεία περί των τόπων που έχουν εγκατασταθεί οι πλέον ογκώδεις και μεγάλης παραγωγής μονάδες αφαλάτωσης, με τις ανά περίπτωση δυναμικότητές τους.

Είναι απαραίτητο να αναφερθεί πως η τεχνολογία της Αντίστροφης όσμωσης είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρύτερα, με μεγάλες προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας και παραγωγής νερού σε ικανοποιητικές τιμές κόστους.

Για το λόγο αυτό αναφέρονται και στοιχεία για τις υπό κατασκευή μονάδες αφαλάτωσης ανά τον κόσμο που θα στηρίζονται στην Αντίστροφη όσμωση και πρόκειται να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν τα προσεχή έτη, σε αρκετές περιοχές όπως η Ισπανία και το Ισραήλ.

Στην Ελλάδα, μέχρι σήμερα λειτουργούν περίπου 40 μονάδες αφαλάτωσης, όπως και αρκετές ιδιωτικές. Κυριότερα παραδείγματα αποτελούν οι μονάδες στη Σαντορίνη, την Πάρο, τη Χίο, την Τήνο, τη Μήλο, τη Μύκονο και τη Σίφνο. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις μικρής δυναμικότητας χρησιμοποιείται κυρίως το ρεύμα του τοπικού δικτύου ως ενεργειακή πηγή.

Εντούτοις, μελετάται η τροποποίηση τους ώστε να τροφοδοτούνται μελλοντικά και από ανεμογεννήτριες ή φωτοβολταϊκά, όπως συμβαίνει στα νησιά της Σύρου και της Ηρακλείας που θα αναφερθούν και παρακάτω. Στον ακόλουθο πίνακα 2 αναγράφονται οι μεγαλύτερες υπάρχουσες μονάδες αφαλάτωσης ανά τον πλανήτη

Χώρα- Τοποθεσία	Δυναμικότητα (m³/day)	Νερό τροφοδοσίας	Προγραμματι- σμένο έτος λειτουργίας
Saudi Arabia,Shuaiba	880.000	seawater	2007
Saudi Arabia,Ras Al Zour	800.000	seawater	2007
UAE,Jebel Ali	600.000	seawater	2011
UAE,Fujairah	455.000	seawater	2007
USA,San Fransisco	455.000	seawater	2008
Israel,Ashkelon	395.000	seawater	2004
USA,TX Pt.Comfort	340.000	seawater	2006
Kuwait,Sulaibya	300.000	waste-water	2003
India,Minjur Chennai	300.000	seawater	2006
UAE,Taweelah	295.000	seawater	2008

Πίνακας 2: Οι μεγαλύτερες μονάδες αφαλάτωσης σε δυναμικότητα

Πηγή: (<https://docplayer.gr>)

2.6 Θεσμικό πλαίσιο για την διαχείριση υδάτων

2.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεν υπάρχει κάποιο ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για την αφαλάτωση αλλά εφαρμόζεται η νομοθεσία για την διαχείριση υδάτινων πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στην παράγραφο αυτό θα γίνει αναφορά στο κοινοτικό και εθνικό θεσμικό πλαίσιο και στην εναρμόνιση της Οδηγίας Πλαίσιο (2000/60) για τα νερά στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι για την εγκατάσταση μιας μονάδας αφαλάτωσης ισχύει η νομοθεσία για την αδειοδότηση των δημόσιων και ιδιωτικών έργων.

2.6.2 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο

Παρόλο που η Ευρώπη δεν αντιμετωπίζει προβλήματα λειψυδρίας, η ποιότητα του νερού της δεν χαρακτηρίζεται ικανοποιητική. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 65% του συνολικού πόσιμου νερού της Ευρώπης προέρχεται από υπόγεια ύδατα και το 60% των ευρωπαϊκών πόλεων υπερεκμεταλεύονται τα υπόγεια νερά τους. Ακόμη το 20% των επιφανειακών υδάτων απειλείται σοβαρά από ρύπανση και το 50% των υγροτόπων βρίσκονται σε δεινή περιβαλλοντική κατάσταση. Τέλος η αρδευόμενη έκταση στην νότια Ευρώπη έχει αυξηθεί κατά 20% τα τελευταία 30 χρόνια με αποτέλεσμα την αλματώδη αύξηση της ζήτησης νερού (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση στις 2 Φεβρουαρίου 1996 με σκοπό την διαμόρφωση ενιαίας πολιτικής στο θέμα της διατήρησης και προστασίας των υδάτινων πόρων. Κύρια σημεία της πολιτικής αυτής, είναι η εξασφάλιση πόσιμου νερού, η προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ο περιορισμός των φυσικών καταστροφών.

Η Επιτροπή εξέδωσε μια ακόμη ανακοίνωση για την κοστολόγηση και τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Σύμφωνα με αυτή κάθε φορέας του οποίου η δραστηριότητα προκάλεσε ή πρόκειται να προκαλέσει περιβαλλοντική ζημιά, είναι ο οικονομικά υπεύθυνος για τη λήψη των απαραίτητων μέτρων αποκατάστασης ή πρόληψης της περιβαλλοντικής ζημιάς.

Για την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση η Επιτροπή ανακοίνωσε την Οδηγία 98/93/ΕΚ στις 3 Νοεμβρίου 1998. Με την Οδηγία αυτή, καθορίζονται τα κριτήρια υγιεινής και καθαριότητας που πρέπει να πληρούν τα νερά της Κοινότητας ώστε να μην θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία.

Τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να λαμβάνουν όλα τα μέτρα που είναι απαραίτητα για καθαρό πόσιμο νερό, να καθορίζουν παραμετρικές τιμές αντίστοιχες με αυτές της Οδηγίας, να πραγματοποιούν ελέγχους για την ποιότητα των νερών ανά τακτά χρονικά διαστήματα, να ενημερώνουν τακτικά τους πολίτες και να δημοσιεύουν εκθέσεις σχετικά με την ποιότητα του νερού.

Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση ανακοίνωσε το 2001 κατευθύνσεις με τίτλο «Προς μια αειφόρο διαχείριση των υδάτινων πόρων: Μία στρατηγική προσέγγιση». Σκοπός των κατευθύνσεων αυτών είναι η σωστή διαχείριση και αξιοποίηση των υδάτινων πόρων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2005).

2.6.3 Η Οδηγία πλαίσιο περί υδάτων (2000/60/ΕΚ)

Με την Οδηγία-Πλαίσιο περί υδάτων η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει πλαίσιο για την προστασία:

- α) των εσωτερικών και επιφανειακών υδάτων
- β) των υπόγειων υδάτων,
- γ) των μεταβατικών υδάτων,
- δ) παράκτιων υδάτων,

Κύριες κατευθύνσεις της παρούσας Οδηγίας είναι η πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης, η προώθηση μίας βιώσιμης χρήσης του νερού, η προστασία του περιβάλλοντος, η βελτίωση της κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων των πλημμυρών και της ξηρασίας.

Στόχος της είναι να επιτύχει «καλή κατάσταση» από οικολογικής και χημικής άποψης σε όλα τα κοινοτικά ύδατα μέχρι το 2015. Τα κράτη μέλη καλούνται να καταγράψουν τις υδρογραφικές λεκάνες στην επικράτεια τους και να τις συνδέσουν με υδρογραφικές περιοχές. Οι υδρογραφικές λεκάνες που εκτείνονται στις επικράτειες περισσότερων τους ενός κράτους μέλους, θεωρείται ότι αποτελούν μέρος διεθνούς περιοχής λεκάνης απορροής. Μέχρι το 2004 το κάθε κράτος μέλος έπρεπε να έχει καταγράψει:

- α) τα χαρακτηριστικά της κάθε υδρογραφικής περιοχής τους,
- β) τις επιπτώσεις που προκαλεί η ανθρώπινη δραστηριότητα στα ύδατα,
- γ) την οικονομική ανάλυση της αξιοποίησης των υδάτων τους,
- δ) τις περιοχές που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας,
- ε) τα υδατικά οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται για υδροληψία με σκοπό ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν ποσότητες άνω των 10 m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα.

Η καταγραφή αυτή θα επαναληφθεί το 2013 και ύστερα θα επαναλαμβάνεται ανά 10 έτη. Η Οδηγία-Πλαίσιο ενθαρρύνει όλους τους πολίτες να συμμετέχουν ενεργά στην προστασία και στη διαχείριση των υδάτων αφού σε τελική ανάλυση η νομοθεσία θεσπίζεται για τους ίδιους, με στόχο την καλή ποιότητα και επαρκή ποσότητα υδάτων. Επίσης σκοπός της Οδηγίας είναι η μείωση και εξουδετέρωση κάθε μορφής ρύπανσης των υδάτων.

Για τον έλεγχο της ρύπανσης έχει εκπονηθεί ένας κατάλογος ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις ρυπογόνες ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν κινδύνους στο υδάτινο περιβάλλον.

Τέλος, η Οδηγία υιοθετεί την αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει» σύμφωνα με την οποία ο καθένας είναι υπεύθυνος για τις ζημιές που πρόκειται να προκαλέσει στο περιβάλλον και υποχρεώνεται να τις αποκαταστήσει οικονομικά (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2000).

2.7 Εθνικό πλαίσιο

Από το 1900 μέχρι το 1985, η θέσπιση νομοθετικού πλαισίου στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από πλειάδα νόμων, διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Το 1986 γίνεται η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για τη θέσπιση ενός κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου με στόχο την προστασία και σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Συγκεκριμένα θεσπίζεται ο Ν. 1650/86 ο οποίος αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας του. Έναν χρόνο αργότερα, με τον Ν. 1739/87, εκσυγχρονίζεται η τότε υπάρχουσα νομοθεσία και θεσμοθετούνται διαδικασίες και όργανα για την διαχείριση των υδάτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Επίσης καθορίζεται ο ρόλος των εμπλεκόμενων φορέων, με το Υπουργείο Ανάπτυξης να έχει ως αρμοδιότητα την διαχείριση των υδάτινων πόρων σε κεντρικό επίπεδο. Ακόμη καθορίζονται οι αρμόδιοι φορείς για την έρευνα και τον έλεγχο των υδάτινων πόρων καθώς και οι αρμοδιότητες των φορέων διανομής νερού. Τέλος, καθορίζονται τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα ως εξής:

- 1) Δυτικής Πελοποννήσου
- 2) Βόρειας Πελοποννήσου
- 3) Ανατολικής Πελοποννήσου
- 4) Δυτικής Στερεάς Ελλάδας
- 5) Ηπείρου
- 6) Αττικής
- 7) Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας
- 8) Θεσσαλίας
- 9) Δυτικής Μακεδονίας
- 10) Ανατολικής Μακεδονίας
- 11) Θράκης
- 12) Κρήτης
- 13) Νήσων Αιγαίου

Τα Υδατικά Διαμερίσματα αποτελούν το χώρο εφαρμογής της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε περιφερειακό επίπεδο (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001).

2.7.1 Ο νόμος 3199/2003

Παρόλο που με τον Ν.1739/87 εκσυγχρονίστηκε η τότε υπάρχουσα νομοθεσία για την διαχείριση των υδάτινων πόρων, η πολυπλοκότητα των διοικητικών σχημάτων, οι αδυναμίες του δημόσιου τομέα και το πρόβλημα κατανομής αρμοδιοτήτων είχε ως αποτέλεσμα μια επιφανειακή αντιμετώπιση του προβλήματος. Μετά από αρκετές καθυστερήσεις και διαβουλεύσεις η Οδηγία 2000/60/ΕΚ ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο το 2003 με τον Ν. 3199/2003.

Επικεφαλής τίθεται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων η οποία έχει την τελική ευθύνη για την διαχείριση των υδάτων. Επίσης, ορίζεται

α) το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων το οποίο υποβάλει κάθε χρόνο μια έκθεση σχετικά με την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος της χώρας,

β) η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων η οποία έχει συντονιστικό χαρακτήρα και γ) οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων, οι οποίες ελέγχονται από την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, και φέρουν την ευθύνη υλοποίησης των μέτρων προστασίας και αναβάθμισης των νερών. Τα νέα αυτά όργανα συστάθηκαν το 2005 αλλά η πορεία τους δεν ήταν η αναμενόμενη, είτε λόγω έλλειψης πόρων, είτε λόγω αδυναμίας στελέχωσής τους με ειδικευμένο προσωπικό με αποτέλεσμα η Οδηγία να μην εφαρμόζεται και η Ελλάδα να παραπεμφθεί στο Δικαστήριο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων δύο φορές για ατελή ενσωμάτωση της Οδηγίας (Παυλοπούλου, 2007).

Τα βασικά στοιχεία του Ν. 3199/2003 είναι:

- ✓ η ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων,
- ✓ η υιοθέτηση της αρχής ο «ρυπαίνων πληρώνει»,
- ✓ η κατάρτιση μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων για κάθε περιφέρεια,
- ✓ η ικανοποίηση της ζήτησης νερού γίνεται με βάση τα όρια των υδατικών αποθεμάτων,
- ✓ η παροχή νερού, η χρήση νερού και η εκτέλεση οποιονδήποτε έργου αξιοποίησης των υδατικών πόρων απαιτεί άδεια η οποία εκδίδεται από την εκάστοτε Περιφέρεια,
- ✓ σε οποιοδήποτε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που προκαλεί ρύπανση ή οποιαδήποτε υποβάθμιση των υδάτων επιβάλλεται χρηματικό πρόστιμο και μόνιμη ή οριστική παύση των δραστηριοτήτων τους,

Τέλος, εκτός από τις παραπάνω διοικητικές κυρώσεις, προβλέπονται και ποινικές κυρώσεις.

2.7.2 Προεδρικό διάταγμα 51/2007

Το συγκεκριμένο προεδρικό διάταγμα έχει ως στόχο την εφαρμογή των διατάξεων κάποιων άρθρων και διατάξεων του νόμου 3199/2003 που δεν εφαρμοζόταν μέχρι το 2007 καθώς και την συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ ώστε να επιτευχθεί η σωστή διαχείριση των υδάτων.

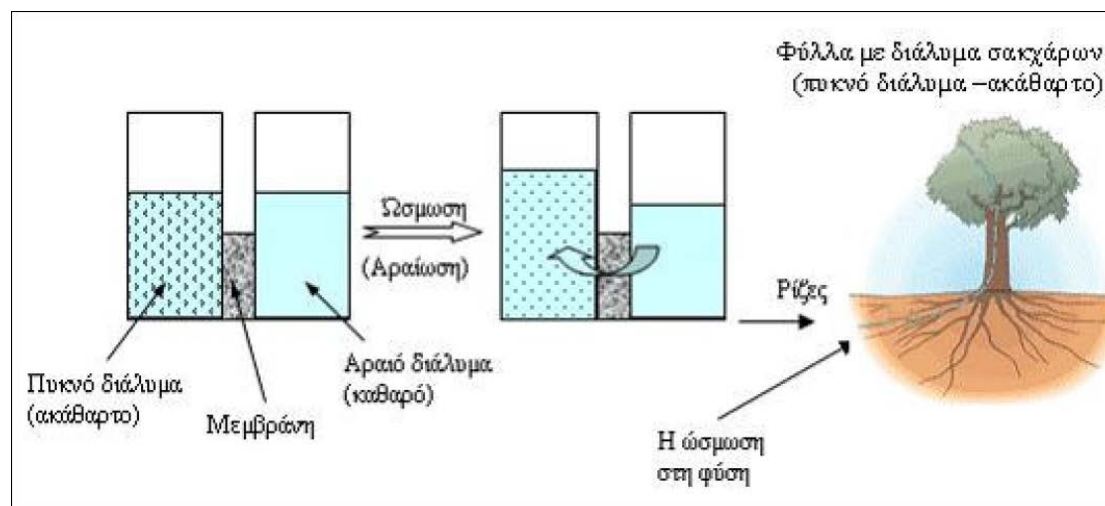
Τα κύρια χαρακτηριστικά της σωστής διαχείρισης συνοψίζονται:

- ✓ στην αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης υδάτινων οικοσυστημάτων,

- ✓ στην προώθηση της βιώσιμης χρήσης νερού,
- ✓ στην προοδευτική μείωση επικίνδυνων ουσιών και εκπομπών στο χερσαίο και υδάτινο οικοσύστημα,
- ✓ στην προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών,
- ✓ στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

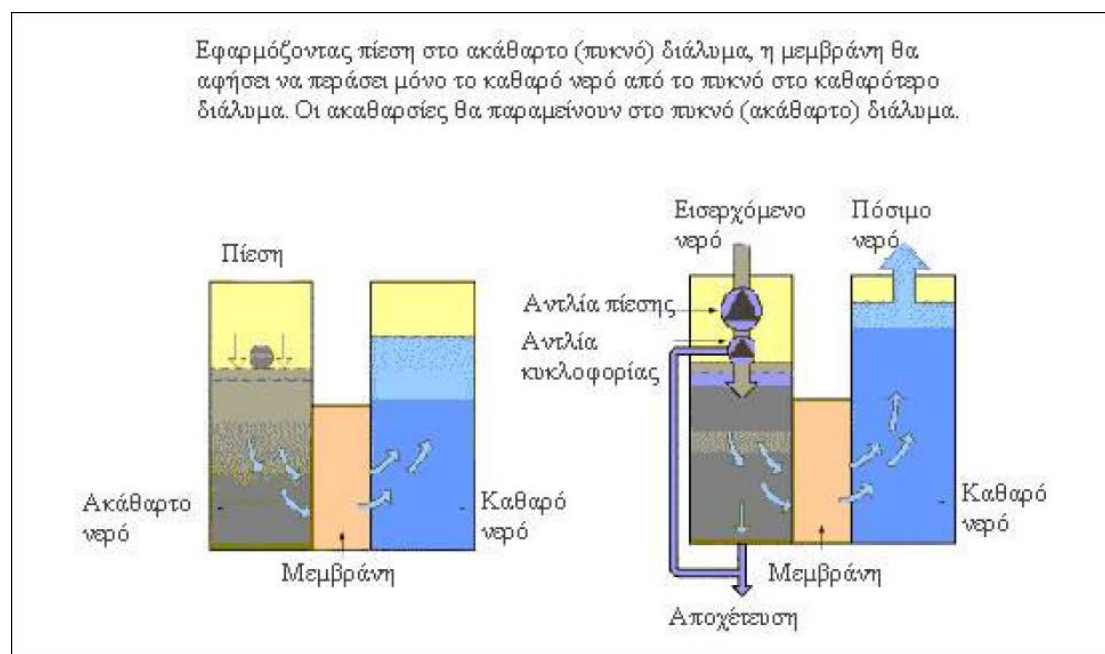
Κεφάλαιο 3 Πλήρης σχεδιασμός μονάδας Αντίστροφης ώσμωσης

3.1 Αντίστροφη Όσμωση



Εικόνα 26: Όσμωση

Πηγή : (<https://www.chem-net.gr>)





Εικόνα 27: Αντίστροφη όσμωση

Πηγή : (<https://www.chem-net.gr>)

Μελετώντας την κάθε τεχνολογία αφαλάτωσης σύμφωνα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους επιλέχθηκε η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 3 συγκρίνονται οι προδιαγραφές της προτεινόμενης μονάδας αφαλάτωσης σε σχέση με τις προδιαγραφές που μπορεί να προσφέρει η κάθε μέθοδος ξεχωριστά. Εύκολα γίνεται αντιληπτό, ότι η καταλληλότερη μέθοδος είναι αυτή της αντίστροφης ώσμωσης.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ	ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΕΚΤΟΝΩΣΗ	ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΞΕΑΤΜΙΣΗ	ΞΕΑΤΜΙΣΗ ΜΕ ΕΠΑΝΑΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ	ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΛΥΣΗ
ΝΕΡΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ)	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ	ΥΦΑΛΜΥΡΟ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (100 - 500 ppm TDS)	10 ppm TDS	10 ppm TDS	10 ppm TDS	250 - 500 ppm TDS	300 - 500 ppm TDS
ΜΕΓΕΘΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (50 m ³ /ημέρα)	1.000 - 60.000 m ³ / ημέρα	500 - 20.000 m ³ / ημέρα	25 - 2.500 m ³ / ημέρα	0,4 - 128.000 m ³ / ημέρα	15 - 50.000 m ³ / ημέρα
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΛΜΗΣ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (0,5 KWh / m ³)	4 - 6 KWh / m ³	4 - 6 KWh / m ³	8 - 15 KWh / m ³	0.5 - 3 KWh / m ³	1.5 - 4 KWh / m ³

 Ικανοποιεί τις προδιαγραφές
 Δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές

Πίνακας 3: Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου αφαλάτωσης

Πηγή: (<https://docplayer.gr>)

Επίσης εκτός από τις παραπάνω παραμέτρους, στην επιλογή της αντίστροφης ώσμωσης, καθοριστικοί παράγοντες ήταν:

- ✓ Η τεχνογνωσία της μεθόδου λόγω της μεγάλης ανάπτυξής της τα τελευταία χρόνια.
- ✓ Η αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε πολλές περιοχές και νησιά της Ελλάδας. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία που υπάρχει για την εφαρμογή της μεθόδου της αφαλάτωσης στον ελληνικό χώρο, η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης είναι αυτή η οποία έχει κυριαρχήσει. Σε όλα τα νησιά (Σύρος, Σχοινούσα, Μύκονος, Πάρος, Τήνος, Τήνος, Μήλος, Σίφνος, Χίος, Νίσυρος, Παξοί, Ίος, Πόρος, Οινούσσες) οι μονάδες αφαλάτωσης που λειτουργούν βασίζονται στην μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης.

3.2 Γενική περιγραφή Μονάδας Αφαλάτωσης

Το νησί της Κέρκυρας αντιμετωπίζει τεράστιο πρόβλημα ύδρευσης, κυρίως την θερινή περίοδο λόγο αύξησης του πληθυσμού, για αυτό είναι απαραίτητη η δημιουργία μικρών μονάδων αντίστροφης ώσμωσης ή μονάδων αφαλάτωσης. Η προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης θα μας παρέχει ελάχιστη εγγυημένη παραγωγή 1000 m³ ανά ημέρα και θα κατασκευαστεί σε οικόπεδο που ανήκει στον Δήμο Κερκύρας στην περιοχή Ανάληψη. Το οποίο απέχει 500 m από την υφιστάμενη δεξαμενή της Ανάληψης χωρητικότητας 3000 κυβικών ανά ημέρα που τροφοδοτεί το δίκτυο της πόλης της Κέρκυρας. Για το σχεδιασμό της μονάδας, ως νερό τροφοδοσίας έχει χρησιμοποιηθεί θαλασσινό νερό του Ιονίου. Η τιμή TDS (Total Dissolved solids) είναι 42.500 mg/l με και ο βαθμός pH είναι 8.25. Για το παραγόμενο νερό όσον αφορά τη συγκέντρωση αλάτων είναι TDS: max 400mg/l με ρυθμιζόμενο pH: 7.5-8.5.

Παράμετροι σχεδιασμού Μονάδας

Παράμετρος	Μονάδες μέτρησης	Αποτέλεσμα
Θερμοκρασία	°C	21
Ασβέστιο	mg/l	560
Νάτριο	mg/l	13.200
Θειικά	mg/l	2.700
Κάλιο	mg/l	415
Χλωριούχα	mg/l	23.920
Μαγνήσιο	mg/l	1.480
Στρόντιο	mg/l	8
Βάριο	mg/l	0.01
Νιτρικά	mg/l	2.1
Φθοριούχα	mg/l	0.5
Ανθρακικά	mg/l	30
Διοξείδιο του πυριτίου	mg/l	3
Διοξείδιο του άνθρακα	mg/l	0.5
Βόριο	mg/l	4.5
pH	-	8.25
TDS	mg/l	42.500

*Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά ακατέργαστου νερού
(Τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν ληφθεί από το χημείο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ)*

Τα κύρια μέρη της μονάδας είναι τα ακόλουθα:

1. Τμήμα υδροληψίας θαλασσινού νερού
2. Τμήμα αποθήκευσης και προ επεξεργασίας του ανεπεξέργαστου νερού
3. Τμήμα παραγωγής αφαλατωμένου νερού
4. Τμήμα μετεπεξεργασίας αφαλατωμένου νερού
5. Τμήμα αποθήκευσης πόσιμου νερού
6. Σύστημα χημικών καθαρισμών των μεμβρανών
7. Τμήματα ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και αυτοματισμών ελέγχου

3.2.1 Υδροληψία θαλασσινού νερού

Η μονάδα αφαλάτωσης θα λειτουργεί με άντληση νερού από δύο γεωτρήσεις με αλατότητα στο επίπεδο του θαλασσινού νερού και βάθους περίπου 75m εκάστη, έτσι ώστε η άντληση του θαλασσινού νερού να πραγματοποιείται κάτω από το απόλυτο υψόμετρο – 10.00 . Οι γεωτρήσεις είναι εντός του χώρου όπου θα κατασκευαστεί η μονάδα. Κάθε γεώτρηση θα έχει αντλία νερού, παροχής 77 κυβικών ανά ώρα, οι οποίες θα λειτουργούν παράλληλα και θα καταθλίπτουν το θαλασσινό νερό προς την δεξαμενή αποθήκευσης.

3.2.2 Τμήμα αποθήκευσης και προ εξεργασίας

Η δεξαμενή αποθήκευσης του θαλασσινού νερού θα είναι κυλινδρική μεταλλική διαμέτρου 4.80m και ύψους 3.80m. Κατασκευασμένη από συναρμολογούμενα ελάσματα και σάκο στεγανοποίησης, απαλλαγμένη από κάθε μορφής ηλεκτροσυγκολλήσεις. Η παρούσα προτεινόμενη δεξαμενή θεωρείται από τις πιο σύγχρονες τεχνολογικά και παρέχει απόλυτη και εγγυημένη στεγανοποίηση, υγιεινή προστασία του περιεχομένου, πλήρη προστασία από διαβρώσεις και μακροχρόνιες εγγυήσεις ασφαλούς λειτουργίας .



Εικόνα 28: Κυλινδρική μεταλλική νερού με σάκο στεγανοποίησης

Πηγή: (<http://www.aquastar.gr/prospectus.html>)

Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει.

Προ χλωρίωση

Αντλία τροφοδοσίας παροχής $100\text{m}^3/\text{h}$ τροφοδοτεί θαλασσινό νερό από την δεξαμενή προς την κατεργασία της μονάδας. Το νερό στην συνέχεια χλωριώνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου 14%. Η διάταξη της χλωρίωσης αποτελείται από τη δοσομετρητή αντλία δυναμικότητας $100\text{ml}-6000\text{ml}/\text{h}$ και το δοσομετρικό δοχείο 500 l όπου αναρροφάται το διάλυμα. Όλα τα τμήματα της αντλίας που έρχονται σε επαφή με το χημικό διάλυμα είναι κατασκευασμένα από υλικό ανθεκτικό στο υποχλωριώδες νάτριο, καθώς και ο κινητήρας είναι προστατευμένος από τις διαβρωτικές ιδιότητες του χημικού υλικού.

Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου

Το νερό κατόπιν οδεύει προς τα φίλτρα κατακράτησης θολότητας όπου κατακρατούνται διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, η θολότητα, σίδηρος, η αμμωνία και ουσίες βλαπτικές για την επεξεργασία, έτσι ώστε ο δείκτης S.D.I να είναι μικρότερος του 5. Χρησιμοποιούνται τρία φίλτρα διαμέτρου 1.600mm και για την φίλτραση χρησιμοποιούνται διαφορετικής κοκκομετρίας χαλαζιακό χαλίκι, γρανίτης και πυρίτη άμμος τα οποία διαστρώνονται διαδοχικά μέσα στα φίλτρα.

Το νερό θα εισέρχεται από το πάνω μέρος των φίλτρων και αφού διαπεράσει όλα τα στρώματα θα εξέρχεται από το κάτω μέρος. Τα παραπάνω υλικά έχουν πολύ καλές ιδιότητες κατακράτησης των ουσιών, διαθέτουν μεγάλη αντοχή στις τριβές και δεν προσδίδουν στο νερό οσμή, χρώμα ή βλαβερές ουσίες. Τα φίλτρα εξασφαλίζουν ταχύτητα διέλευσης $16.8\text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ και καθαρίζονται αυτόματα με αντιστροφή της ροής εντός του φίλτρου, παρασύροντας τις επικαθίσεις.

Αποχλωρίωση

Κατά την έξοδο του νερού από τα Πολυστρωματικά φίλτρα, γίνεται η αποχλωρίωση του νερού με έγχυση όξινου θειώδους νατρίου NaHSO_3 35%. Η αποχλωρίωση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία, δυναμικότητας $100\text{ml}-6000\text{ml}/\text{h}$ και μέγιστη πίεση κατάθλιψης 10 bar. Επιπλέον το σύστημα δοσομέτρησης αποτελείται από δοσομετρικό δοχείο 500 l, όπου θα αναρροφάται το διάλυμα. Με την έγχυση κατάλληλης δόσης όξινου θειώδους νατρίου γίνεται ακαριαία αντίδραση με το χλώριο (εξουδετέρωση χλωρίου). Σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες των μεμβρανών αφαλάτωσης Dow Filmtec ([70]), ύστερα από επτά μέρες το διάλυμα όξινου θειώδους νατρίου με 10% περιεκτικότητα χάνει την δραστηριότητα του, ενώ το διάλυμα περιεκτικότητας 35% διαρκεί έως και 6 μήνες.

Διόρθωση pH

Για την προστασία των μεμβρανών από την καθαλάτωση, η διάταξη δοσομέτρησης για την ρύθμιση του pH, θα δοσομετρεί αντικαθαλατωτικό χημικό με το ίδιο σύστημα αντί γιαθειικό οξύ. Το αντικαθαλατωτικό χημικό παρέχει πληρέστερη προστασία για τις μεμβράνες, απαιτεί μικρότερη δοσομέτρηση και είναι ασφαλέστερο στην χρήση του σε σχέση με το πυκνό χημικό οξύ. Το σύστημα δοσομέτρησης αποτελείται από δοσομετρική αντλία και δοσομετρικό δοχείο που αναρροφάται το διάλυμα, ίδια με τα προαναφερόμενα. Επίσης η μείωση του pH του θαλασσινού νερού με H₂SO₄ έχει σημαντικό μειονέκτημα σε σχέση με το αντικαθαλατωτικό χημικό καθώς, μειώνει την ικανότητα των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης να απορρίπτουν το βόριο που υπάρχει στο θαλασσινό νερό αλλά είναι ανεπιθύμητο στο πόσιμο.

Φίλτραση σε επίπεδο 1 μικρών

Η επίτευξη της μικροδιήθησης και φίλτρασης στο επίπεδο του 1μm, γίνεται με την χρησιμοποίηση φίλτρων σάκου υψηλής απόδοσης, κατάλληλα για χρήση σε πόσιμο νερό, τα οποία συνδέονται παράλληλα. Είναι η τελική φίλτραση στο στάδιο της προ επεξεργασίας, με σκοπό την κατακράτηση όλων των σωματιδίων μεγέθους μεγαλύτερου του ενός μικρόμετρου, που τυχόν διέφυγαν από τα προηγούμενα στάδια φίλτρασης ή κατά την έκχυση των χημικών διαλυμάτων.

Αντλία υψηλής πίεσης

Για την επίτευξη της υψηλής πίεσης, η οποία είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση της αντίστροφης ώσμωσης θα χρησιμοποιηθεί κατάλληλου τύπου αντλία, κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα. Η αντλία υψηλής πίεσης συνδυάζεται με ένα σύστημα ανάκτησης ενέργειας.

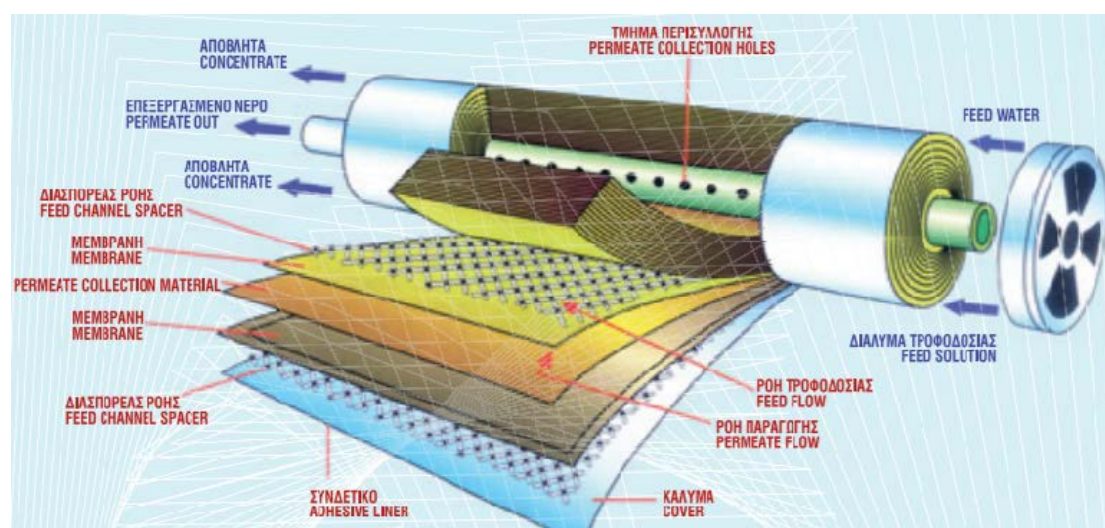
3.2.3 Κύρια επεξεργασία

Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης

Αφού τελειώσει το στάδιο προ επεξεργασίας, το αλμυρό νερό εισέρχεται σε στοιχεία μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης με πίεση, που εφαρμόζεται μέσω αντλιών, μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του αλμυρού νερού. Όταν η πίεση του αλμυρού νερού ξεπερνά τη φυσική ωσμωτική πίεση, το φρέσκο νερό περνάει διαμέσου της ημιπερατής μεμβράνης και συλλέγεται από τον διάτρητο κεντρικό σωλήνα, γύρω από τον οποίο περιτυλίγεται η μεμβράνη, που διέρχεται από τον άξονα του κυλινδρικού στοιχείου μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης, οι οποίες επιτυγχάνουν πολύ υψηλή απόρριψη όλων των βλαβερών ουσιών, μικροοργανισμών. Χρησιμοποιούνται μεμβρανοθήκες από ενισχυμένο πολυεστέρα και

υψηλής πίεσης λειτουργίας, όπου κάθε μεμβρανοθήκη θα περιέχει μεμβράνες με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Εύκολη κατασκευή, χαμηλό κόστος, ικανοποιητική διάρκεια ζωής, ικανοποιητική μηχανική αντοχή κατά τη συναρμολόγηση της, χημική, φυσική και θερμική σταθερότητα στο θαλασσινό νερό αλλά και στο υφάλμυρο, μεγάλη περατότητα στο νερό και συγχρόνως η μεγαλύτερη δυνατή απόρριψη αλάτων. το μικρότερο δυνατό πάχος

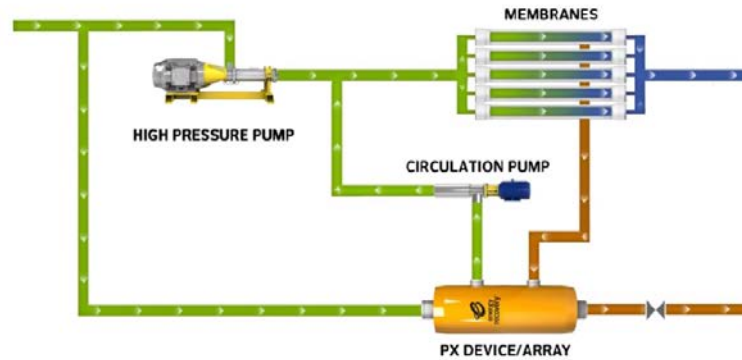


Εικόνα 29: Στοιχείο μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης

Πηγή: (<https://www.osmo.gr/>)

Σύστημα ανάκτησης ενέργειας – Εναλλάκτης πίεσης

Σε περιπτώσεις όπου η εναλλαγή πίεσης υπερβαίνει το 95% και φτάνει ως το 98% η μονάδα θα χρειαστεί εναλλάκτη πίεσης. Ο εναλλάκτης πίεσης συμπιέζει ένα ρεύμα χαμηλής πίεσης χρησιμοποιώντας ένα ρεύμα υψηλής πίεσης εφαρμόζοντας την αρχή της θετικής εκτοπίσεως. Πρόκειται για μία συσκευή μεταφοράς μηχανικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών, συνδεδεμένη με μια αντλία κυκλοφορίας. Το σύστημα ανάκτησης ενέργειας σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία επιτυγχάνει κατανάλωση ρεύματος ανά κυβικό παραγόμενου νερού μικρότερη από 3.5kWh ([71]). Η παραπάνω κατανάλωση αφορά το σύνολο του έργου της αφαλάτωσης, εξαιρουμένων των αντλήσεων από τις γεωτρήσεις και των αντλήσεων από την δεξαμενή πόσιμου νερού της μονάδας προς τις δεξαμενές Ανάληψης. Η συσκευή PX-Q300 προσφέρει ένα μοναδικό δομοστοιχειωτό σχεδιασμό που μπορεί να τοποθετηθεί γρήγορα, αποδοτικά και οικονομικά. Σε αντίθεση με τις ανταγωνιστικές λύσεις οι συσκευές PX είναι τυποποιημένα μοντέλα που δεν απαιτούν προσαρμογή και μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε προσανατολισμό. Αυτό το σύστημα plug-and-play είναι ιδανικό για νέες κατασκευές και για μετασκευή ή επέκταση υφιστάμενων εγκαταστάσεων .



Εικόνα 30: Σύστημα ανάκτησης ενέργειας

Πηγή: (<http://www.energyrecovery.com/water/px-pressure-exchanger/>)

3.2.4 Μετεπεξεργασία

Δοσομέτρηση θειικού οξέος

Για την αποτελεσματικότερη διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου του νερού, αλλά και ως μέσο διόρθωσης του pH για λόγους ασφαλείας, γίνεται έγχυση θειικού οξέος περιεκτικότητας 40%. Η έγχυση γίνεται με δοσομετρική αντλία με εύρος παροχής 100ml-6000ml/h, και ομαλή-συνεχή δοσομέτρηση. Επιπλέον το σύστημα δοσομέτρησης αποτελείται από δοσομετρικό δοχείο 500 l απ' όπου αναρροφάται το διάλυμα.

Φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου

Για την αύξηση της σκληρότητας του αφαλατωμένου νερού, αφού πρώτα έχει γίνει προσθήκη θειικού οξέος είναι απαραίτητη η διαδικασία της φίλτρανσης. Το σύστημα αποτελείται από φίλτρο διαμέτρου 1.8000mm, με μέγιστη πίεση λειτουργίας 2.5 bar. Είναι υψηλής αντοχής σε διάβρωση και χημικές ουσίες το οποίο περιέχει χαλαζιακή άμμο ως υπόστρωμα φίλτρανσης, καθώς και ανθρακικό ασβέστιο. Με σκοπό τον εμπλουτισμό του νερού με ασβέστιο και αύξηση της αλκαλικότητας.

Μετά-χλωρίωση

Στο τέλος επεξεργασίας και του νερού γίνεται η μεταχλωρίωση του, το νερό χλωριώνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου 14%. Η χλωρίωση επιτυγχάνεται με δοσομετρική αντλία ίδιου τύπου με τις προαναφερόμενες και δοσομετρικό δοχείο χωρητικότητας 500 l που θα αναρροφά το διάλυμα. Σκοπός της μεταχλωρίωσης είναι ο τελικός καθαρισμός του νερού από οποιοδήποτε μικροοργανισμό.

3.2.5 Τμήμα αποθήκευσης

Δεξαμενή πόσιμου νερού

Η δεξαμενή του πόσιμου νερού θα είναι μεταλλική κυλινδρική χωρητικότητάς 80 m³ διαμέτρου 4.78m και ύψους 3.80m, ίδια με την δεξαμενή αποθήκευσης θαλασσινού νερού. Με σάκο στεγανοποίησης που παρέχει πλήρη προστασία στην διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, αλλά και υγιεινή προστασία του περιεχομένου. Ο σάκος στεγανοποίησης αποτελείται από μεμβράνη πάχους 1mm και είναι ενισχυμένος με ίνες πολυεστέρα για μεγιστοποίηση της αντοχής.

Δεξαμενή άλμης

Αφού το νερό απόρριψης από την αφαλάτωση έχει περάσει από τον εναλλάκτη πίεσης, θα οδηγείται σε δεξαμενή κατασκευασμένη από πολυαιθυλένιο, η οποία παρουσιάζει εκτός από αντοχή σε διάβρωση λόγω του θαλασσινού νερού, μεγάλη αντοχή σε καταπονήσεις. Λόγο της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ της μονάδας και του επιπέδου της θάλασσας που απέχει 60 m, η απόρριψη της άλμης θα γίνεται με φυσική ροή.

3.2.6 Σύστημα χημικών καθαρισμών των μεμβρανών

Ένας συνδυασμός όξινων και βασικών χημικών χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης, ο καθαρισμός της μεμβράνης βοηθά στην αποκατάσταση της διαπερνούσας ροής και ως εκ τούτου στη μείωση περάσματος άλατος. Σε αυτήν την μονάδα θα χρησιμοποιηθεί ενσωματωμένο σύστημα χημικού καθαρισμού, με δοχείο από πολυαιθυλένιο και πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία. Το σύστημα αυτό διασφαλίζει γρήγορο χημικό καθαρισμό της μονάδας με λειτουργικό τρόπο, χορηγώντας μιας ποσότητας υγρού βιοκτόνου στις μεμβράνες όσμωσης κατά τη διάρκεια της έκπλυσης και χωρίς την απαίτηση χρήσης επιπρόσθετου εξοπλισμού.

3.2.7 Πιεστικά πόσιμου νερού

Η προώθηση του πόσιμου νερού από την δεξαμενή καθαρού νερού στην κατανάλωση γίνεται, από πιεστικό συγκρότημα που αποτελείται από δύο αντλίες τύπου CR 32-10 μέγιστης παροχής λειτουργίας 30.2 m³/h, ισχύς 18.5 kW και πίεσης λειτουργίας 153mΣΥ. Στην συνέχεια το νερό θα οδηγείται μέσω αγωγών στις δεξαμενές Ανάληψης.

3.2.8 Τμήματα αυτοματισμών ελέγχου και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων

Όλα τα όργανα μέτρησης θα παρέχουν αυτόματα ενδείξεις στον πίνακα ελέγχου και θα είναι ψηφιακά. Σε περίπτωση υπέρβασης των καθορισμένων ορίων ή κάποιου προβλήματος θα διακόπτεται αυτόματα η λειτουργία της μονάδας.

Κεντρικός Πίνακας Ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου αποτελείται από σύστημα Simatic HMI TP1200 comfort. Πρόκειται για μία οθόνη αφής υψηλής ανάλυσης που παρέχει, πλήρης παρακολούθηση της μονάδας (κατάσταση λειτουργίας, τιμές αγωγιμότητας, τιμές των πιέσεων, ροών και του pH). Επίσης παρέχει ασφάλεια δεδομένων σε περίπτωση διακοπής ρεύματος και διευκόλυνση του χειρίστη στον έλεγχο της κατάστασης της μονάδας. μέσω γραφικών παραστάσεων και πινάκων κατάστασης του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού αλλά και τυχόν σφαλμάτων.



Εικόνα 31: SIMATIC HMI TP1200 Comfort

Πηγή: (<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/266052?pdtd=td&dl=en&lc=en-AU>)

Όργανα μέτρησης

- Μανόμετρα Wika στην αναρρόφηση και κατάθλιψη κάθε αντλίας, στην είσοδο και έξοδο των φίλτρων και πριν την είσοδο των μεμβρανών.
- Μεταδότες πίεσης Judo Midas C18 από τιτάνιο κατασκευασμένοι για θαλασσινό νερό, με κλίμακα μέτρησης 0 ως 100 bar. Οι μεταδότες θα χρησιμοποιηθούν, πριν τα φίλτρα θολότητας και μετά τα σαλκόφιλτρα, στην είσοδο και στην απόρριψη των μεμβρανών.
- Αγωγιμόμετρα Jumo ecoline στην είσοδο του νερού και στο παραγόμενο νερό με ενσωματωμένο θερμόμετρο.
- Ph μέτρα Jumo tecline στην τροφοδοσία του θαλασσινού νερού και στο παραγόμενο νερό.
- Παροχόμετρα Jumo dlowTrans Mag S01, για το παραγόμενο νερό, το απορριπτόμενο νερό και το θαλασσινό νερό.
- Μεταδότης πίεσης Wika Model s-11 για την διάταξη στάθμης των δεξαμενών.

Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις

Η ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις θα κατασκευαστούν με υλικά άριστης ποιότητας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ και τις προδιαγραφές της Δ.Ε.Η. Οι πίνακες διανομής θα είναι μεταλλικοί με κατάλληλη αντιδιαβρωτική προστασία και στεγανοποίηση. Όλα τα καλώδια θα είναι εύκαμπτα πολύκλινα, κατάλληλα για τις κλιματολογικές συνθήκες και την θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Λόγο του υψόμετρου του οικοπέδου όπου θα κατασκευαστεί η μονάδα απαραίτητη είναι η αντικεραυνική προστασία, για την προστασία θα τοποθετηθεί αλεξικέραυνο ιονισμού σε μεταλλικό στύλο ύψους τουλάχιστον 4m πάνω από την μονάδα.

3.3 Υπολογισμοί

Αντλίες υδρογεωτρήσεων

Οι δύο αντλίες τροφοδοσίας νερού από τις γεωτρήσεις στην δεξαμενή αποθήκευσης θαλασσινού νερού, είναι τύπου Grundfos SP77-4. Κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα, με επιλεγμένο σημείο λειτουργίας $77\text{m}^3/\text{h}$, 43m μανομετρικό ύψος και ισχύ που απαιτείται 15 kW. Η παροχή επαρκεί για την ποσότητα που απαιτείται.

Αντλία τροφοδοσίας θαλασσινού νερού

Η αντλία είναι τύπου EBARA 3L-160/15, είναι οριζόντια, μονοβάθμια φυγοκεντρική, κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι με εξαιρετική αντοχή στην διάβρωση AISI 316L. Το επιλεγμένο σημείο λειτουργίας της όπως επιβεβαιώνεται από τον κατασκευαστή είναι $100\text{m}^3/\text{h}$, 36 mΣΥ στα 3,6 bar και απαιτούμενη ισχύς 15 kW. Λαμβάνοντας υπόψιν τις απώλειες των σταδίων φίλτρανσης που είναι μικρότερες του 1 bar, η παροχή της αντλίας είναι επαρκής.

Δοσομετρικές αντλίες και δοσομετρικά δοχεία

Σε κάθε ένα από τα στάδια, (προ χλωρίωση, αποχλωρίωση, διόρθωσης του pH, δοσομέτρηση θεικού οξέως, μετά χλωρίωση), θα χρησιμοποιηθεί δοσομετρική αντλία και δοσομετρικό δοχείο αναρρόφησης. Η δοσομετρικές αντλίες θα είναι τύπου Grundfos SMART Digital DDE 6-10 PR-PVC με δυναμικότητα 100ml – 6000 ml και με μέγιστη πίεση λειτουργίας 10bar. Λειτουργούν σε πλήρες μήκος διαδρομής για να εξασφαλίσουν τη βέλτιστη ακρίβεια, στην εκκίνηση και στην αναρρόφηση, Η διάρκεια κάθε διαδρομής εκφόρτισης ποικίλλει ανάλογα με το σύνολο χωρητικότητας, με αποτέλεσμα τη βέλτιστη ομαλή και συνεχή ροή εκκένωσης.

3.1 Technical data

Data		6-10	15-4
Mechanical data	Turndown ratio (setting range)	[1:X]	1000
		[l/h]	6.0
	Max. dosing capacity	[gph]	1.5
		[l/h]	0.006
	Min. dosing capacity	[gph]	0.0015
		[l/h]	0.0040
	Max. operating pressure	[bar]	10
		[psi]	150
	Max. stroke frequency	[strokes/min]	140
	Stroke volume	[ml]	0.81
Accuracy of repeatability	[%]	± 5	
Max. suction lift during operation ¹⁾	[m]	6	
Max. suction lift when priming with wet valves ¹⁾	[m]	2	3
Min. pressure difference between suction and discharge side	[bar]	1	

Data		6-10	15-4	
Mechanical data	Max. inlet pressure, suction side	[bar]	2	
	Max. viscosity with spring-loaded valves ²⁾	[mPas] (= cP)	600	500
	Max. viscosity without spring-loaded valves ²⁾	[mPas] (= cP)	50	
	Min. internal hose/pipe diameter suction/discharge side ^{1), 3)}	[mm]	4	6
	Min. internal hose/pipe diameter suction/discharge side (high viscosity) ³⁾	[mm]	9	
	Min./Max. liquid temperature	[°C]	-10/45	
	Min./Max. ambient temperature	[°C]	0/45	
	Min./Max. storage temperature	[°C]	-20/70	
	Max. relative humidity (non-condensing)	[%]	96	
	Max. altitude above sea level	[m]	2000	

Εικόνα 32: Τεχνικά χαρακτηριστικά δοσομετρικής αντλίας

Πηγή: (<https://product-selection.grundfos.com/>)

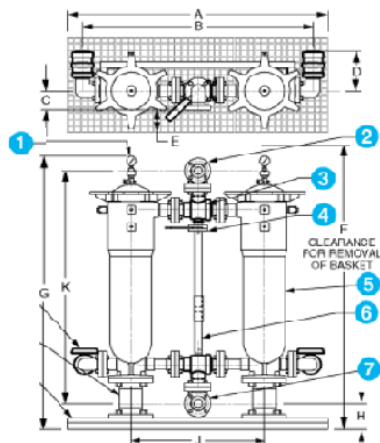
Δοσομετρικά δοχεία τύπου DT500 χωρητικότητας 500 λίτρων είναι κατασκευασμένα από σταθεροποιημένο πολυαιθυλένιο MDPE (Medium Density PolyEthylene), και φέρει δείκτη στάθμης και σύστημα υπερχειλίσσης και εκκένωσης.

Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου

Χρησιμοποιούνται φίλτρα άμμου της εταιρείας Poltank κατασκευασμένα από πολυεστέρα ενισχυμένο με γυαλί GRP και μέγιστη πίεση 8bar. Τα οριζόντια φίλτρα πολυεστέρα που έχουν πληγεί από πηνία παρέχουν μια μεγαλύτερη περιοχή διήθησης, ο σχεδιασμός και η κατασκευή των φίλτρων προσαρμόζεται σε κάθε εφαρμογή. Διαθέτουν τα απαραίτητα ανοίγματα για τη φόρτωση των μέσων και την πρόσβαση στο εσωτερικό, την εξαέρωση αέρα και τις συνδέσεις αποστράγγισης με χειροκίνητη βαλβίδα 3/4", και δακτυλίους ανύψωσης για καλύτερο χειρισμό.

Φίλτρα Σάκκου

Η συνολική παροχή του ακατέργαστου νερού είναι 100 m³/h ή 2400 m³/ημέρα, για την επίτευξη της μικροδιήθησης και φίλτρασης σε 1μm χρησιμοποιούνται δέκα φίλτρα τύπου PBF-0120-p010-050D, μέγιστης πίεσης 10,3bar, συνδεδεμένα παράλληλα μεταξύ τους. Είναι κατασκευασμένα από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο PR-P, με μέγιστη δυνατότητα φίλτρασης 23 m³/h το καθένα, άρα μέγιστη παροχή φίλτρασης νερού 230 m³/h που υπερκαλύπτει της ανάγκες του έργου. Στην περίπτωση της μονάδας χρειαζόμαστε παροχή 10 m³/h ανά φίλτρο.



POLYLINE Simplex Parts List

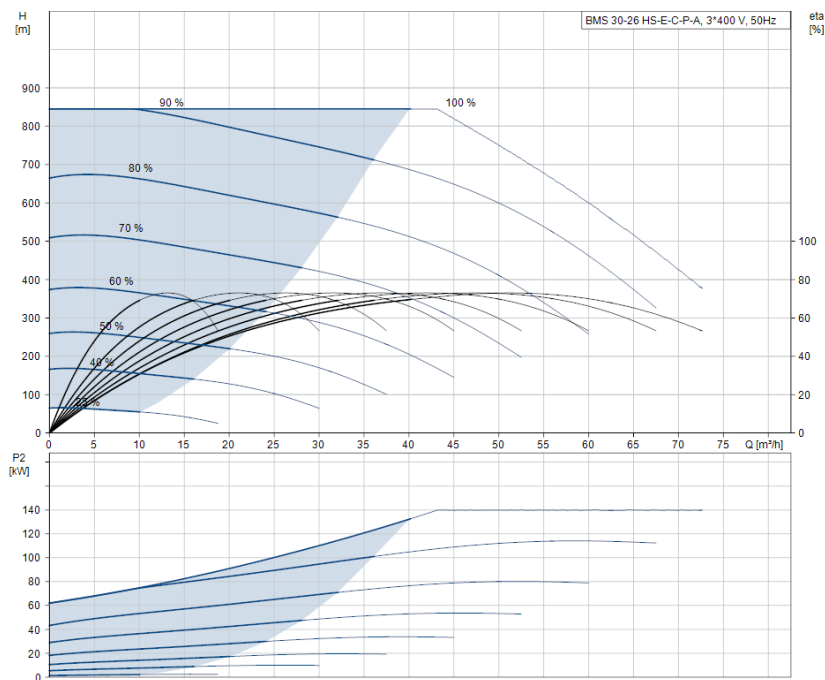
1. Vent valve with optional gauge
2. Cover
3. Body (polypropylene, single & double length PVC/F)
4. Basket
5. Vitor® O-ring
6. Bag retainer
7. Vitor® O-ring

Εικόνα 33: Σαλκόφιλτρα Eaton Polyline

Πηγή: (<https://www.eaton.com/>)

Αντλία υψηλής πίεσης

Για την ανύψωση της πίεσης χρησιμοποιείται αντλία τύπου Grundfos BMS 30 -26hs, παροχής 40 m³/h 878mΣΥ με ισχύς 140kW και ελάχιστη πίεση εισόδου 1 bar και 82,7 bar μέγιστη πίεση εξόδου. Κατασκευασμένη από AISI 904 L ανοξείδωτο χάλυβα και κινητήρα μόνιμου μαγνήτη ενεργειακής κλάσης IE3.



Εικόνα 34: Καμπύλες απόδοσης αντλίας υψηλής πίεσης

Πηγή: (<https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?custid=GMA&productnumber=98467182&qcid=702009390>)

Μεμβρανοθήκες- Μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

Θα χρησιμοποιηθούν δέκα μεμβρανοθήκες τύπου Protec Bekaert Pressure Vessels Pro 8 - 1200 MSP, με δυνατότητα τοποθέτησης επτά μεμβρανών σε κάθε μεμβρανοθήκη. Οι μεμβρανοθήκες διαμέτρου 8 inch (20.32cm) είναι κατασκευασμένες από ενισχυμένο πολυεστέρα με μέγιστη πίεση λειτουργίας 83 bar, μέγιστη αντοχή θερμοκρασίας 48°C και εύρος pH από 3 έως 11([72]).

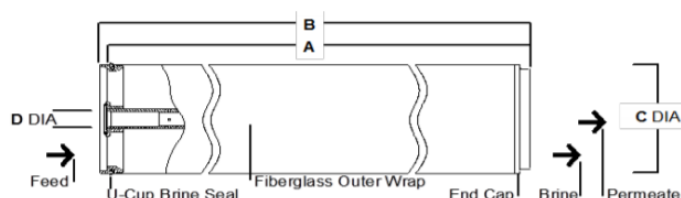
1. Οι μεμβράνες που θα χρησιμοποιηθούν είναι τύπου Filmtec SW30HRLE-440i, υψηλής απόρριψης αλάτων, διαμέτρου 8 inch και χαμηλής ενέργειας. Κάθε μεμβράνη έχει ενεργό επιφάνεια 440ft² (41 m²), πίεση αντοχής 83 bar, αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία 45 °C και μέγιστη τιμή SDI το 5. Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία για την σωστή λειτουργία και συνεχή ροή της μονάδας κάθε μεμβρανοθήκη έχει συνιστώμενη παροχή από 6.0 έως 10.2 m³/h σε πίεση από 1.5 έως 4.0 bar. ([73]).

Typical Properties

FILMTEC™ Element	Active Area		Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flow Rate		Stabilized Boron Rejection (%)	Stabilized Salt Rejection (%)
	(ft ²)	(m ²)		(GPD)	(m ³ /d)		
SW30HRLE-440i	440	41	28	8,000	30.2	92	99.80

1. The above values are normalized to the following conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Permeate flows for individual elements may vary ± 15%.
3. Minimum Salt Rejection is 99.65%.
4. Stabilized salt rejection is generally achieved within 24 – 48 hours of continuous use; depending upon feedwater characteristics and operating conditions.
5. Product specifications may vary slightly as improvements are implemented.
6. Active area guaranteed ± 5%. Active area as stated by DuPont Water Solutions is not comparable to the nominal membrane area figure often stated by some element suppliers. Measurement method described in Form No. 609-00434.

Element Dimensions



FILMTEC™ Element	A		B		C		D	
	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)
SW30HRLE-440i	40.0	1,016	40.5	1,029	7.9	201	1.125 ID	29 ID

Εικόνα 35: Στοιχεία μεμβρανών Filmtec SW30HRLE-440i

Πηγή: (<https://www.dupont.com/>)

Για την σωστή επιλογή μεμβρανών και μεμβρανοθηκών, θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό σχεδιασμού και προσομοίωσης μεμβρανών IMS Design.

Τα απαραίτητα δεδομένα που χρειαζόμαστε είναι:

- Ολικά εν διαλύσει στερεά ακατέργαστου νερού 42.500 mg/l
- Θερμοκρασία εισόδου 21°C
- Χαρακτηριστικά παραγόμενου νερού TDS: max 400 mg/l

- Απόρριψη του άλατος SR (salt rejection)

$$SR = \left(1 - \frac{X_p}{X_f}\right) \times 100\%$$

Όπου X_f η συγκέντρωση του νερού τροφοδοσίας (feed), X_p η συγκέντρωση του προϊόντος (permeate). Για παράδειγμα, αν το νερό τροφοδοσίας είναι θαλασσινό συγκέντρωσης 42.500 ppm και το προϊόν έχει αλατότητα 400 ppm, η απόρριψη του άλατος θα είναι:

$$SR = \left(1 - \frac{400}{42500}\right) \times 100\% = 99\%$$

- Ανάγκες σε αφαλατωμένο νερό 1000 m³/day
- Αναλυτικά χαρακτηριστικά νερού τροφοδοσίας
- Silt Density Index: SDI <5

Στο πρώτο φύλλο εισόδου δεδομένων εισάγουμε τα στοιχεία του νερού τροφοδοσίας τα οποία μας παρέιχε η Δημοτική επιχείρηση Ύδρευσης και αποχέτευση Κερκύρας μετά από ανάλυση του θαλασσινού νερού στο χημείο της.

The screenshot shows the IMSDesign software interface with the following data:

Project: spiros Calculated by: lmar Temperature: 21.0 °C Water Type: Sea Well Conventional Date: 12/11/2019

Key parameters:

- pH: 8.25
- CO3: 0.015 mg/l
- CO2: 0.000 mg/l
- NH3: 0.00 mg/l
- F Conductivity: 66329.0 µs/cm

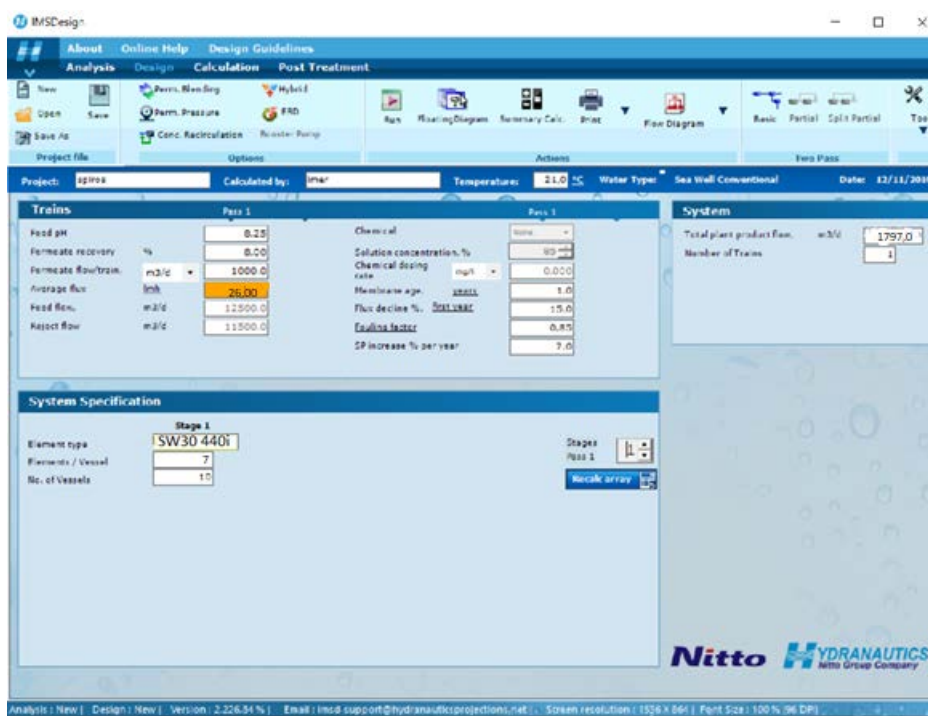
Cations			Anions		
	mg/l	mg/l CaCO3		mg/l	mg/l CaCO3
Ca	560.00	1400.00	HCO3	0.10	0.08
Mg	1480.00	5065.57	SO4	1000.00	1041.67
Na	13200.00	20695.65	Cl	25776.30	26255.86
K	415.00	530.72	F	0.05	0.13
NH4	0.00	0.00	NO3	2.10	1.69
Ba	0.010	0.01	PO4	0.00	0.00
Sr	0.000	0.13	SiO2	3.00	
Co	0.500	0.85	B	4.50	
	0.000	0.00	S	50.000	156.25
	0.000	0.00		0.000	0.00
Total	mg/l	734.04	Total	mg/l	751.11

Saturations					
Calculated TDS	42500	mg/l	CaSO4	9.6	%
Osmotic pressure	31.8	bar	BaSO4	12.8	%
Ca3(PO4)2 SI	0.00		SrSO4	0.5	%
CCPP	0.06	mg/l	CaF2	0.1	%
			Silica	2.1	%

Analysis: New | Design: New | Version: 2.226.84 % | Email: imsd-support@hydranauticsprojections.net | Screen resolution: 1536 x 864 | Font Size: 100 % (96 DPI)

Εικόνα 36: Παράμετροι θαλασσινού νερού

Στο δεύτερο φύλλο αφού εισάγουμε τα χαρακτηριστικά της μονάδας, μας δίνεται μία λίστα με μεμβράνες που υπάρχουν στο εμπόριο ώστε εμείς να επιλέξουμε αυτή που ταιριάζει όσο το δυνατόν καλύτερα στο σχεδιασμό που θέλουμε να κάνουμε. Στη συνέχεια επιλέγουμε τον αριθμό των μεμβρανών, τον αριθμό των μεμβρανοθηκών.



Εικόνα 37: Επιλογή μεμβρανών

Τα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα

- κάθε μεμβράνη έχει ρυθμό ροής διαπερατότητας 25.68 m³/d ή 1.07 m³/h
- Η μονάδα RO θα έχει 10 μεμβρανοθήκες όπου σε κάθε μεμβρανοθήκη περιέχονται 7 μεμβράνες SW30HRLE 440i
- Παροχή σε κάθε μια μεμβρανοθήκη:

$$7 \times 1.07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 7.49 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Συνιστώμενη παροχή μεμβρανοθήκης από 6.0 έως 10.2 m³/h
- Μέγιστη παροχή :

$$10 \times 7.49 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 74.9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Σύστημα ανάκτησης πίεσης

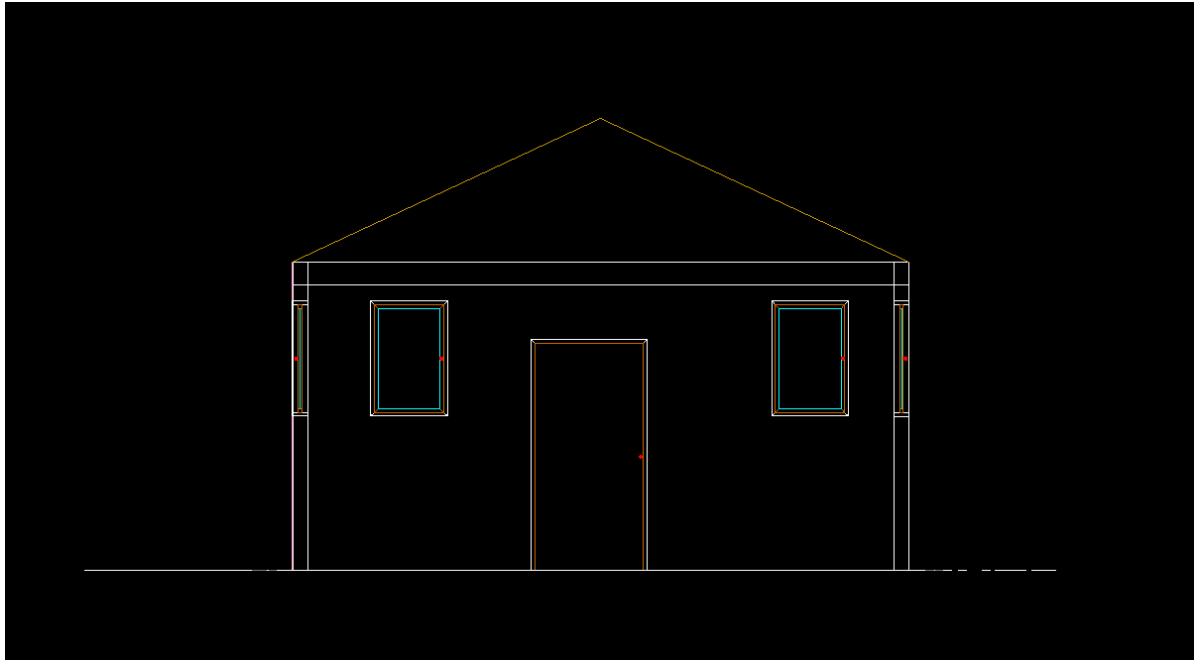
Λόγω υψηλής εναλλαγής πίεσης, το σύστημα αποτελείται από Energy Recovery PX-Q300 [71] με ελάχιστη εγγυημένη δραστηριότητα 98% και εύρος ροής άλμης 25.0 m³/h έως 68.1 m³/h, συνδεδεμένο σε σειρά με μια αντλία προώθησης-κυκλοφορίας τύπου Grundfos BMS 60-17HS. Η αντλία είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα, με μέγιστη υπολογιζόμενη ροή 70 m³/h, 380 mΣΥ και ισχύς 140 kW. Στο συγκεκριμένο σύστημα ανάκτησης ενέργειας σε συνδυασμό με την αντλία προώθησης-κυκλοφορίας, ένα μέρος της υδραυλικής ενέργειας από το ρεύμα απόρριψης υψηλής πίεσης άλμης μεταφέρεται στο νερό τροφοδοσίας χαμηλής πίεσεως, συγχρόνως το άλλο μέρος μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια διοχετεύοντας απευθείας το ρεύμα του νερού τροφοδοσίας. Η εξοικονόμηση ρεύματος από το σύστημα ανάκτησης ενέργειας σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία Energy Recovery [71] είναι 3.1kWh/m³.

Αντλία χημικού καθαρισμού

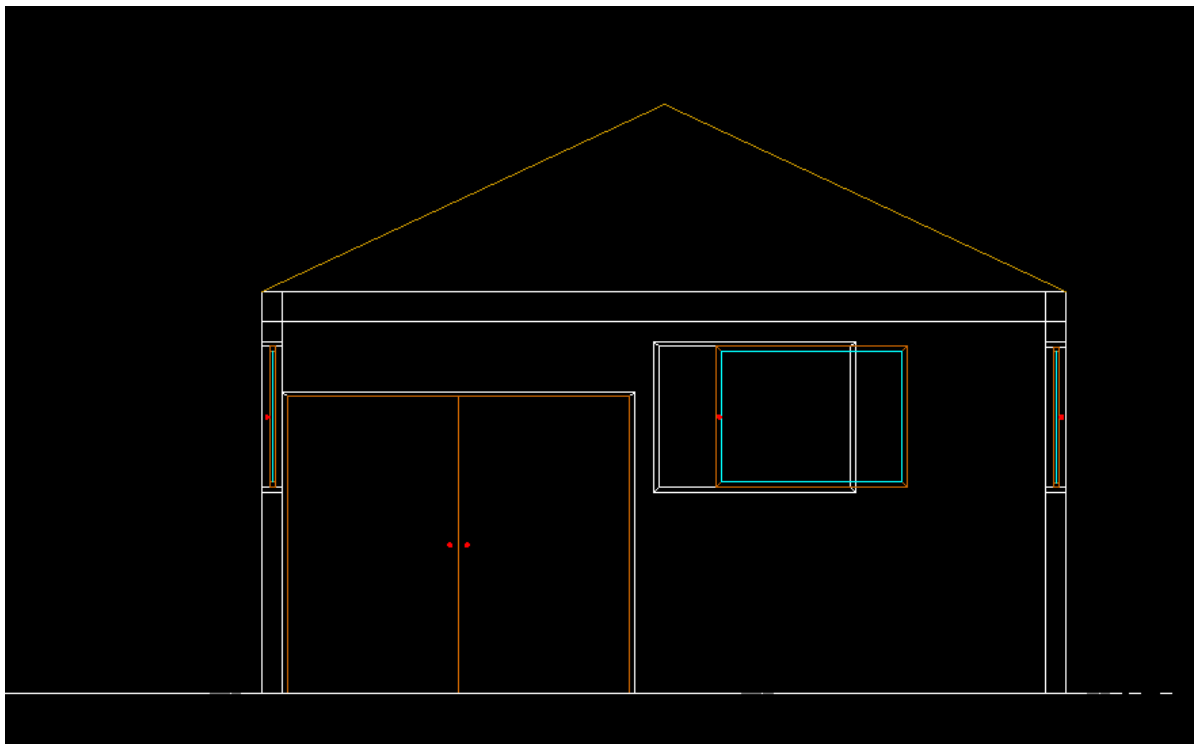
Για τον καθαρισμό των μεμβρανών θα χρησιμοποιηθεί αντλία CR 90-3-2 του οίκου Grundfos με μέγιστη παροχής 105.6 m³/h και μανομετρικό 118.7 mΥΣ. Η συνιστώμενη παρόχη ανά μεμβρανοθήκη είναι 6.0 ως 10.2 m³/h σε πίεση από 1.5 – 4.0 bar. Η αντλία υπερκαλύπτει την μονάδα δεδομένου ότι για 70 μεμβράνες το σύστημα χρειάζεται 74.9 m³/h. Το δοχείο χημικού καθαρισμού είναι από πολυαιθυλένιο χωρητικότητας 2m³.

3.4 Σχεδίαση μονάδας

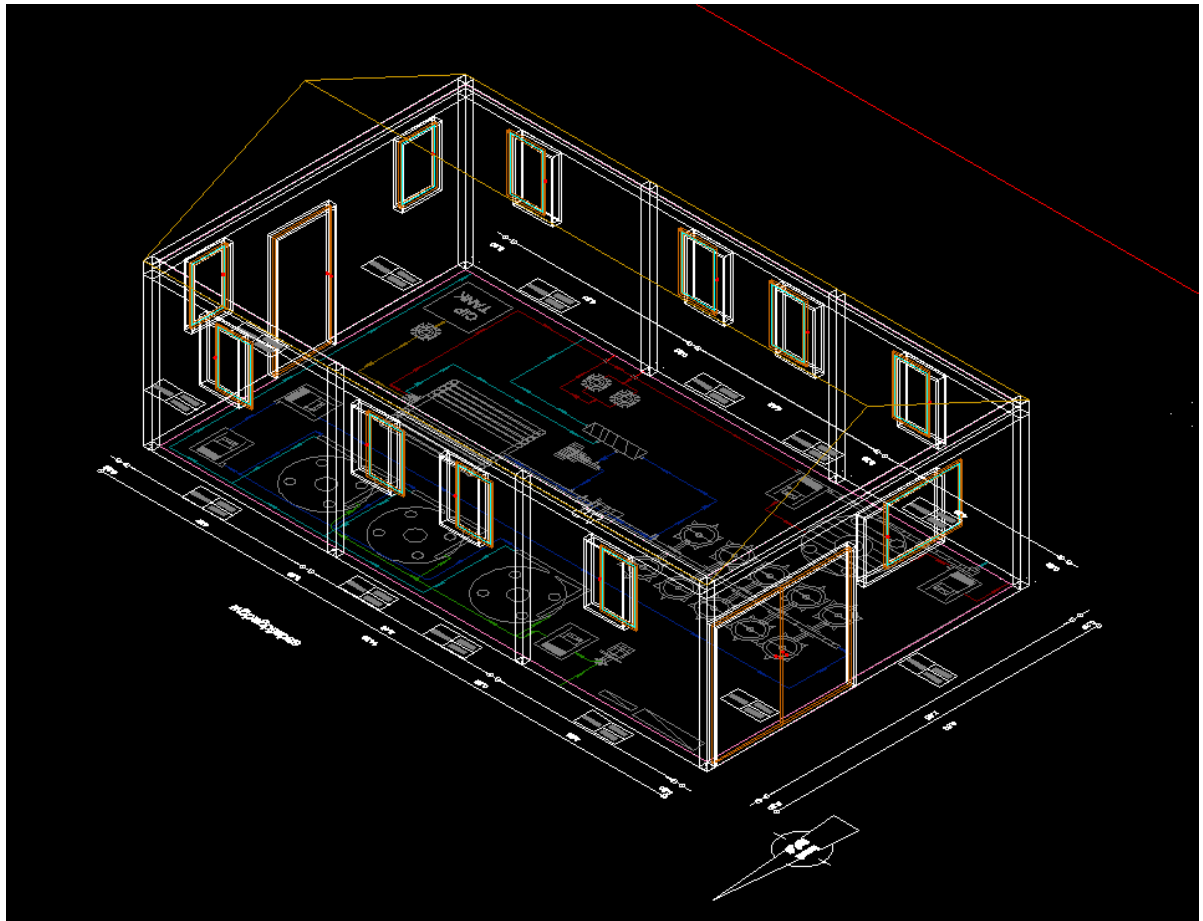
Παρακάτω παρουσιάζονται τα σχέδια της μονάδας αφαλάτωσης, σχέδιο (A1) κάτοψη εγκατάστασης, σχέδια (A2) και (A3) πλάγιες όψεις. Στα σχέδια (A4), (A5), (A6) βλέπουμε από διαφορετικούς προσανατολισμούς την μονάδα RO σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Στο τελικό σχέδιο (A7) παρουσιάζεται η διαδρομή του νερού μέσα από όλα τα στάδια αφαλάτωσης. (Τα παρακάτω σχέδια έγιναν με τα σχεδιαστικά προγράμματα AutoCAD 2017 και FINE 14NG.)



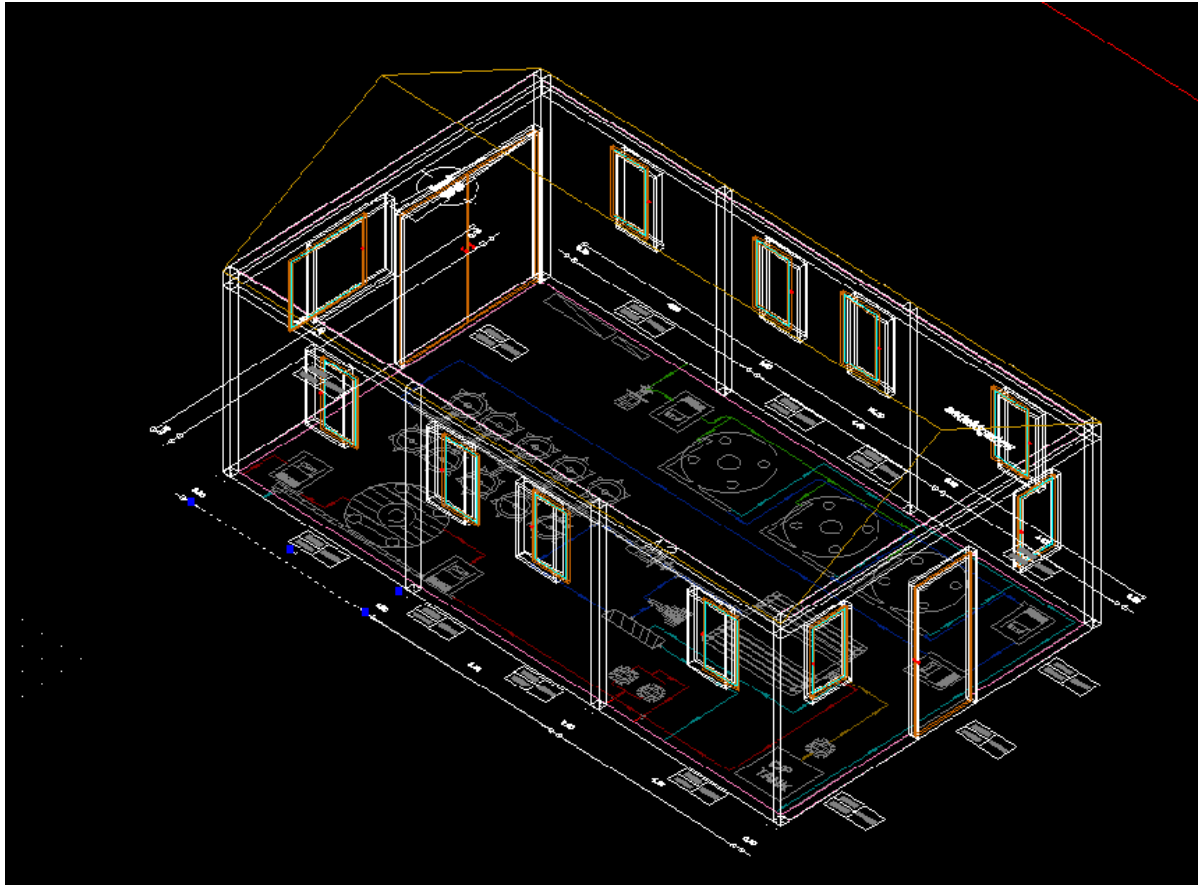
Εικόνα 39: Πλάγια δεξιά όψη (A2)



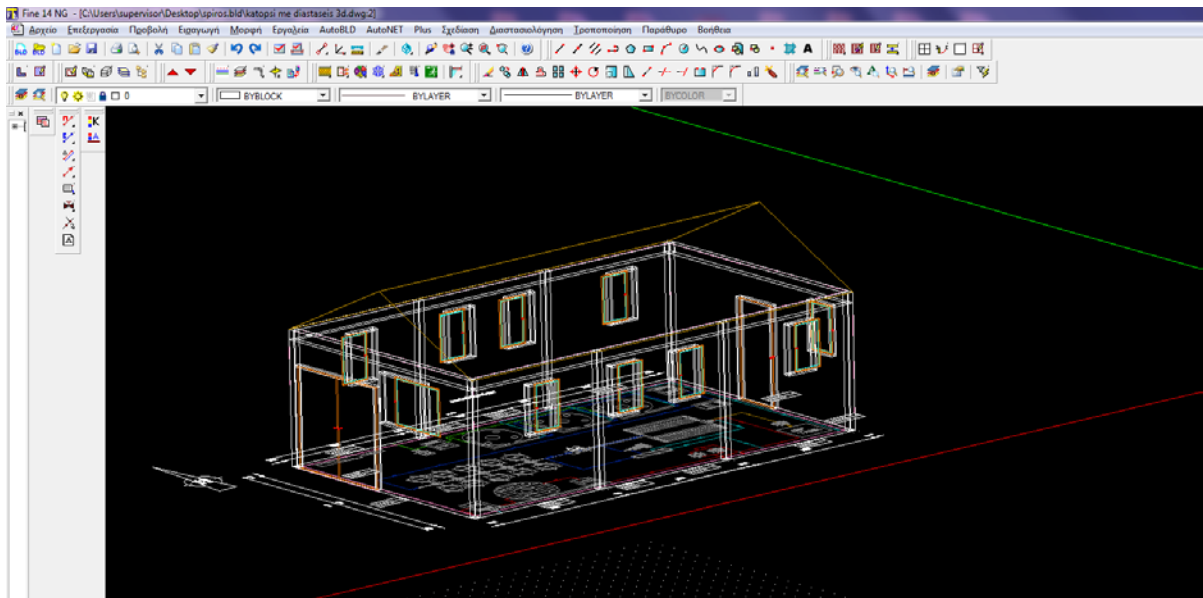
Εικόνα 40: Πλάγια αριστερή όψη (A3)



Εικόνα 41: Βόριο δυτική ισομετρική άποψη (A4)



Εικόνα 42: Νότιο ανατολική ισομετρική άποψη (A5)



Εικόνα 43: 3d Απεικόνιση μονάδας RO (A6)

A/A	Πληροφορίες σχεδίου (A7)
1	Αντλίες υδρογεωτρήσεων
2	Δεξαμενή θαλασσινού νερού
3	Αντλία τροφοδοσίας θαλασσινού νερού
4	Διάταξη χλωρίωσης (δοσομετρική αντλία, δοσομετρικό δοχείο)
5	Πολυστρωματικά φίλτρα άμμου
6	Διάταξη αποχλωρίωσης (δοσομετρική αντλία, δοσομετρικό δοχείο)
7	Διόρθωση pH με αντικαθαλωτικό (δοσομετρική αντλία, δοσομετρικό δοχείο)
8	Σακόφιλτρα (φίλτραυση σε επίπεδο 1 μικρών)
9	Αντλία υψηλής πίεσης
10	Αντλία κυκλοφορίας
11	Συσκευή ανάκτησης ενέργειας
12	Μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης
13	Δοσομετρητής θειικού οξέος (δοσομετρική αντλία, δοσομετρικό δοχείο)
14	Φίλτρο ανθρακικού ασβεστίου
15	Δοσομετρητής υποχλωριώδους νατρίου (δοσομετρική αντλία, δοσομετρικό δοχείο)
16	Δεξαμενή καθαρού νερού
17	Δεξαμενή άλμης
18	Δοχείο χημικών για καθαρισμό μεμβρανών
19	Φυγοκεντρική αντλία
20	Αντλίες προώθησης πόσιμου νερού
21	Πίνακας ελέγχου αφαλάτωσης
22	Πίνακας ρεύματος

Πίνακας 5: Πληροφορίες σχεδίου (A7)

3.5 Κόστος Μονάδας Αφαλάτωσης

Οι δαπάνες αφαλάτωσης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη διαδικασία που θα επιλεγεί, από τις απαιτήσεις ποιότητας του παραγόμενου νερού, όπως και από το κόστος της ενέργειας. Το συνολικό κόστος, είναι δυνατόν να χωρισθεί σε τρεις συνιστώσες. Στο κόστος επένδυσης, στο κόστος λειτουργίας και σε αυτό της συντήρησης.

Το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης για την προτεινόμενη μονάδα αφαλάτωσης, περιλαμβάνει το κόστος για τις ενεργειακές δαπάνες και το κόστος για συντήρηση (αναλώσιμα κ.α.). Η συγκεκριμένη μονάδα αφαλάτωσης θα λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα καθώς το κόστος των άλλων εναλλακτικών (γεννήτρια, φωτοβολταϊκά) κρίθηκε απαγορευτικό. Στη συνέχεια γίνεται μια εκτίμηση του συνολικού κόστους της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος κατασκευής διακρίνεται στις κατηγορίες του ακόλουθου πίνακα:

Το κόστος κατασκευής διακρίνεται στις

A/A	Αντικείμενο	Κόστος (€)
1	Χωματοургικές και δομικές εργασίες	94600.00
2	Ηλεκτρομηχανολογικός και υδραυλικός εξοπλισμός	80950.00
3	Σύστημα αφαλάτωσης με τοποθέτηση και συνδέσεις	426000.00
	Σύνολο	601550.00

Πίνακας 6: Κόστος Εγκατάστασης

Οι παραπάνω τιμές είναι σύμφωνα με τα, Αναλυτικά Τιμολόγια Δημοσίων Έργων (ΑΤΟΕ, ΑΤΗΕ).

Μονάδα αφαλάτωσης δυναμικότητας 1.000 m³/d.
 Προϋπολογισμός: 1 X 426.000 = 426.000 ευρώ.

Το κόστος της μονάδας προέκυψε από έρευνα αγοράς, παράλληλα μελετήθηκαν οι διαθέσιμες επίσημες ανακοινώσεις σχετικά με τις μονάδες αφαλάτωσης προέκυψε ότι σύμφωνα με ανακοίνωση του κ. Αν. Αγγελάκη (συμβούλου της ΕΔΕΥΑ και της ΕΘΙΑΓΕ) στην ημερίδα της ΕΔΕΥΑ που έγινε στην Λάρισα τον Μάιο του 2008 με θέμα "Τεχνολογίες αφαλάτωσης για την παραγωγή πόσιμου νερού" προκύπτει ότι:

- Στον Δήμο Ποσειδωνίας δημοπρατήθηκε το 2005 μονάδα δυναμικότητας 2 X 500 κυβικά με κόστος 574.000 ευρώ.
- Στον Δήμο Τήνου δημοπρατήθηκε το 2005 μονάδα δυναμικότητας 500 κυβικών με κόστος 376.000 ευρώ.
- Στον Δήμο Παξών δημοπρατήθηκε το 2007 μονάδα δυναμικότητας 250 κυβικών με κόστος 211.000 ευρώ.

Ενεργειακές δαπάνες

Οι ενεργειακές δαπάνες που απαιτεί η εγκατάσταση αφαλάτωσης διαμορφώνουν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και αυτό που αφορά το εργατοτεχνικό προσωπικό, των αναλώσιμων και των ανταλλακτικών

Σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια των αντλιών. για την μέση κατανάλωση ρεύματος κατά την κανονική λειτουργία ισχύει:

Τύπος	Ποσότη.	Περιγραφή	Συνολική απορροφούμενη ισχύς (kW)
EBARA 3L 65-160	1	Αντλία θαλασσινού νερού	13.80
Grundfos BMS 30-26	1	Αντλία υψηλής πίεσης	115.00
Grundfos BMS 60-17	1	Αντλία κυκλοφορίας	136.00
Grundfos DDC 6-10	5	Δοσομετρική αντλία	0.12
Σύνολο			264.92

Πίνακας 7: Ισχύς λειτουργίας

Σύμφωνα με τον πίνακα 7 η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς λειτουργίας της μονάδας είναι 264.92 kW. Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας στη μονάδα αφαλάτωσης ανά κυβικό είναι:

$$E = 264.92 \text{ kW} / 1000 \text{ m}^3 / \text{d} = 0.26492 \text{ kWd} / \text{m}^3$$

Θεωρώντας πως η μονάδα λειτουργεί 24 ώρες την ημέρα η κατανάλωση ενέργειας είναι:

$$E = 0.26492 \frac{\text{kWd}}{\text{m}^3} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 6.36 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

Σύμφωνα με υπολογισμούς από την κατασκευάστρια εταιρεία Energy Recovery [71] το σύστημα ανάκτησης εκτιμάται 3.1 kWh/m^3 , άρα η εξοικονόμηση που προκύπτει φθάνει το 49% υπερκαλύπτοντας την πρόβλεψη της αρχικής μελέτης που είχα κάνει με επιθυμητό ποσοστό 40%.

$$\frac{3.1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}}{6.36 \text{ kWh/m}^3} \times 100\% = 49\%$$

Στο συγκεκριμένο σύστημα ανάκτησης ενέργειας σε συνδυασμό με την αντλία προώθησης-κυκλοφορίας η ενέργεια της άλμης μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και διοχετεύεται απευθείας στο ρεύμα του νερού τροφοδοσίας. Άρα η συνολική ημερήσια κατανάλωση θα μειωθεί κατά $3.1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$.

$$6.36 \text{ kWh} / \text{m}^3 - 3.1 \text{ kWh} / \text{m}^3 = 3.26 \text{ kWh} / \text{m}^3$$

Συνολική Ημερήσια Κατανάλωση Ενέργειας

Σύμφωνα με τα παραπάνω η συνολική ημερήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ίση με: 3.26 kWh/m^3 . Λαμβάνοντας μία μέση τιμή κόστους της κιλοβατώρας ίση με $0.09 \text{ €} / \text{kWh}$, τότε το συνολικό κόστος ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό παραγόμενου νερού εκτιμάται ίσο με:

$$3.26 \text{ kWh} / \text{m}^3 \times 0.09 \text{ €} / \text{kWh} = 0.30 \text{ €} / \text{m}^3$$

Κόστος απασχολούμενου προσωπικού

Η μονάδα είναι πλήρως αυτοποιημένη έτσι ώστε να απαιτείται η ελάχιστη δυνατή απασχόληση του προσωπικού, οι κύριες εργασίες θα είναι στην συμπλήρωση χημικών, αλλαγή ανταλλακτικών και στον έλεγχο της λειτουργίας της μονάδας. Κατά μέσο όρο

απαιτούνται 3.5 ώρες εργασίας την βδομάδα ή 180 ώρες ετησίως, με ένα ενδεικτικό κόστος εργατοώρας 12 ευρώ προκύπτει ετησίως κόστος 2160 ευρώ ή 0.0059 ευρώ ανά κυβικό παραγόμενου νερού.

Κόστος αναλώσιμων υλικών

Το κόστος αναλώσιμων υλικών υπολογίζεται από τον χημικό καθαρισμό και στην αντικατάσταση των ανταλλακτικών φίλτρων σάκου. Με την προϋπόθεση του χειρότερου δυνατού σεναρίου ισχύει, τέσσερις χημικοί καθαρισμοί ετησίως των 500 ευρώ ο καθένας και αντικατάσταση των ανταλλακτικών φίλτρων σάκου ανά μήνα κόστους 8 ευρώ, καθώς και κάποια μικρό-συντήρηση των αντλιών και του λοιπού εξοπλισμού 4000 ευρώ ανά έτος.

Το συνολικό κόστος συντήρησης, με βάση 360000 m³/έτος παραγόμενου νερού, διακρίνεται σε:

Συνολικό κόστος συντήρησης	Συχνότητα – τεμάχια	Ετήσιο κόστος €	€/m ³ παραγόμενου νερού
Εργατικά	180 h / έτος	2160	0.005918
Χημικοί καθαρισμοί	4 φορές / έτος	2000	0.005479
Φίλτρα σάκου	120 / έτος	960	0.002630
Συντήρηση εξοπλισμού	Ανά έτος	4000	0.010959
Σύνολο		9120	0.024986

Πίνακας 8: Κόστος συντήρησης

3.6 Ανάλυση απόσβεσης κόστους του έργου, σε χρονικό διάστημα 20 ετών

Κόστος εγκατάστασης	601550.00 €
Ετήσιο κόστος συντήρησης	9120.00 €
Κόστος Ημερήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας	0.30 €/m ³

Πίνακας 9: Συνολικά κόστη

Σύμφωνα με την Δημοτική επιχείρηση ύδρευσης και αποχέτευσης Κερκύρας το τίμημα ανά κυβικό νερού ανέρχεται 1.19 έως 1.52 €/m³.

Μέση τιμή καταναλωμένου νερού ανά κυβικό :

$$\bar{x} = \frac{1.19 + 1.52}{2} = 1.355 \text{ €/m}^3$$

Το συνολικό κόστος ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά κυβικό παραγόμενου νερού εκτιμάται ίσο με: **0.30 €/m³**

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την παραγωγή και την κατανάλωση 1000 m³ ισχύει :

- Ημερήσιο κόστος παραγωγής = $0.30 \times 1000 = 300 \text{ €}$
- Ημερήσιο τρέχον κόστος κατανάλωσης = $1.355 \times 1000 = 1355 \text{ €}$

$$\begin{aligned}\text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος} &= \\ &= \text{Ημερήσιο τρέχον κόστος καταν.} - \text{Ημερήσιο κόστος παραγ.} \\ &= 1355 - 300 = 1055 \text{ €}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ετήσιο καθαρό κέρδος} &= \text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος} \times 365 \text{ ημέρες} = 1055 \times 365 = \\ &= 385075.00 \text{ €}\end{aligned}$$

1. Χρόνος απόσβεση εγκατάστασης:

$$\text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος} = 1055 \text{ €}$$

$$\text{Κόστος εγκατάστασης} = 601550 \text{ €}$$

$$\text{Μέρες απόσβεσης: } X_d = \frac{\text{Κόστος εγκατάστασης}}{\text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος}}$$

$$X_d = \frac{601550.00}{1055.00} = 570.19 \text{ μέρες}$$

- Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω πράξεις συμπεραίνουμε ότι η απόσβεση του κόστους εγκατάστασης θα γίνει σε 570 ημέρες δηλαδή σε 1 χρόνο 6 μήνες και 23 ημέρες.

2. Χρόνος απόσβεσης εξόδων συντήρησης για δύο χρόνια :

Συμπεριλαμβάνοντας συγχρόνως και τα έξοδα συντήρησης 9120 € ανά έτος ισχύει :

Έξοδα συντήρησης για 2 χρόνια 18.240 €

Ημερήσιο κέρδος 1055 €

$$\left. \begin{array}{l} \text{Σε μια ημέρα κέρδος } 1055 \text{ €} \\ \text{Σε } x \text{ ημέρες κέρδος } 18.240 \text{ €} \end{array} \right\} x = \frac{18.240 \times 1}{1055} \left. \right\} x = 17.29 \text{ ημέρες}$$

Για την απόσβεση των εξόδων συντήρησης για περίπου δύο χρόνια, (διάστημα απόσβεσης της εγκατάστασης περίπου 1 χρόνος 7 μήνες) θα χρειαστούν περίπου 18 ημέρες.

Συνολικός χρόνος απόσβεσης κόστους εγκατάστασης μαζί με λειτουργικά έξοδα (συντήρηση).

Χρόνος απόσβεση εγκατάστασης + Χρόνος απόσβεσης εξόδων συντήρησης για δύο χρόνια =

1 χρόνος 6 μήνες και 23 ημέρες + 18 ημέρες =

1 χρόνος 7μήνες και 10 ημέρες

Συνολικές αποδοχές και κέρδος σε διάρκεια 20 ετών

Αποδοχές εικοσαετίας = Ετήσιο κέρδος x 20 χρόνια= 385075.00€ x 20 χρόνια=

= **7701500.00 €**

Καθαρό κέρδος εικοσαετίας =Αποδοχές εικοσαετίας – κόστος εγκατάστασης – έξοδα συντήρησης

= 7701500.00€ – 601550€ – (9120€ x 20 χρόνια) = 7701500.00€ – 601550€ – 182400€=

= **6917550 €**

3.6.1 Ανάλυση απόσβεσης έργου, με μείωση 33% στην τιμή του m³ για τον καταναλωτή

Σκοπός της κατασκευής μιας μονάδας αφαλάτωσης αρχικά είναι, η μη στέρηση φυσικού πόρου επιβίωσης για τον άνθρωπο, η παροχή άριστης ποιότητας πόσιμου νερού, και η διευκόλυνση στην ζωή του. Ένας από τους σημαντικούς ρόλους ως προς την διευκόλυνση είναι ο καθορισμός της τιμής του m³.

Η τιμή κατανάλωσης στην νήσο της Κέρκυρας είναι περίπου ίση με 1.355€ ανά m³ παραγόμενου νερού, η νέα τιμή με μείωση 33% θα είναι:

Μείωση τιμής: $1.355 \text{ €/m}^3 - 33\% = 1.355 \times \frac{33}{100} = 0.447$

- Τιμή κατανάλωσης= $1.355 - 0.447 = 0.908 \text{ €/m}^3$
- Ημερήσιο κόστος παραγωγής νερού (1000m^3) = $0.30 \text{ €/m}^3 \times 1000\text{m}^3 = 300 \text{ €}$
- Ημερήσιο κέρδος = $0.908 \text{ €/m}^3 \times 1000 \text{ m}^3 = 908 \text{ €}$

Καθαρό ημερήσιο κέρδος =

= Ημερήσιο κέρδος καταν. – Ημερήσιο κόστος παραγ.

= $908 - 300 = 608 \text{ €}$

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο καθαρό κέρδος} &= \text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος} \times 365 \text{ ημέρες} = 608 \times 365 = \\ &= 221920.00 \text{ €} \end{aligned}$$

Χρόνος απόσβεση εγκατάστασης:

$$\text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος} = 608\text{€}$$

$$\text{Κόστος εγκατάστασης} = 601550\text{€}$$

$$\text{Μέρες απόσβεσης: } X'_d = \frac{\text{Κόστος εγκατάστασης}}{\text{Καθαρό ημερήσιο κέρδος}}$$

$$X'_d = \frac{601550.00}{608.00} = 989.39 \text{ μέρες}$$

- Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω πράξεις συμπεραίνουμε ότι η απόσβεση του κόστους εγκατάστασης θα γίνει περίπου σε 32 μήνες και 16 μέρες δηλαδή σε 2 χρόνια 8 μήνες και 16 μέρες.

$$\text{Έξοδα συντήρησης για 3 χρόνια (χρόνια απόσβεσης έργου)} = 3 \text{ χρόνια} \times 9120\text{€} = \mathbf{27360.00 \text{ €}}$$

$$\text{Ημερήσιο κέρδος} = 608 \text{ €}$$

Χρόνος απόσβεσης εξόδων συντήρησης

$$\left. \begin{array}{l} \text{Σε μια ημέρα κέρδος } 608\text{€} \\ \text{Σε } x' \text{ ημέρες κέρδος } 27360.00\text{€} \end{array} \right\} x' = \frac{27360.00 \times 1}{608} \left. \right\} x' = 45 \text{ ημέρες}$$

Συνολικός χρόνος απόσβεσης κόστους εγκατάστασης μαζί με λειτουργικά έξοδα (συντήρηση).

$$\begin{aligned} &\text{Χρόνος απόσβεση εγκατάστασης} + \text{χρόνος απόσβεσης εξόδων συντήρησης για τρία χρόνια} = \\ &2 \text{ χρόνια } 8 \text{ μήνες και } 16 \text{ μέρες} + 45 \text{ ημέρες} = \end{aligned}$$

2 χρόνια και 10 μήνες

Συνολικές αποδοχές και κέρδος σε διάρκεια 20 ετών

$$\text{Αποδοχές εικοσαετίας} = \text{Ετήσιο κέρδος} \times 20 \text{ χρόνια} = 221920.00 \text{ €} \times 20 \text{ χρόνια} =$$

$$= \mathbf{4438400.00 \text{ €}}$$

Καθαρό κέρδος εικοσαετίας = Αποδοχές εικοσαετίας – κόστος εγκατάστασης – έξοδα συντήρησης
= 4438400.00€ – 601550.00€ – (9120 € x 20 χρόνια) = 4438400.00 – 601550.00 – 182400.00=
= **3654450.00 €**

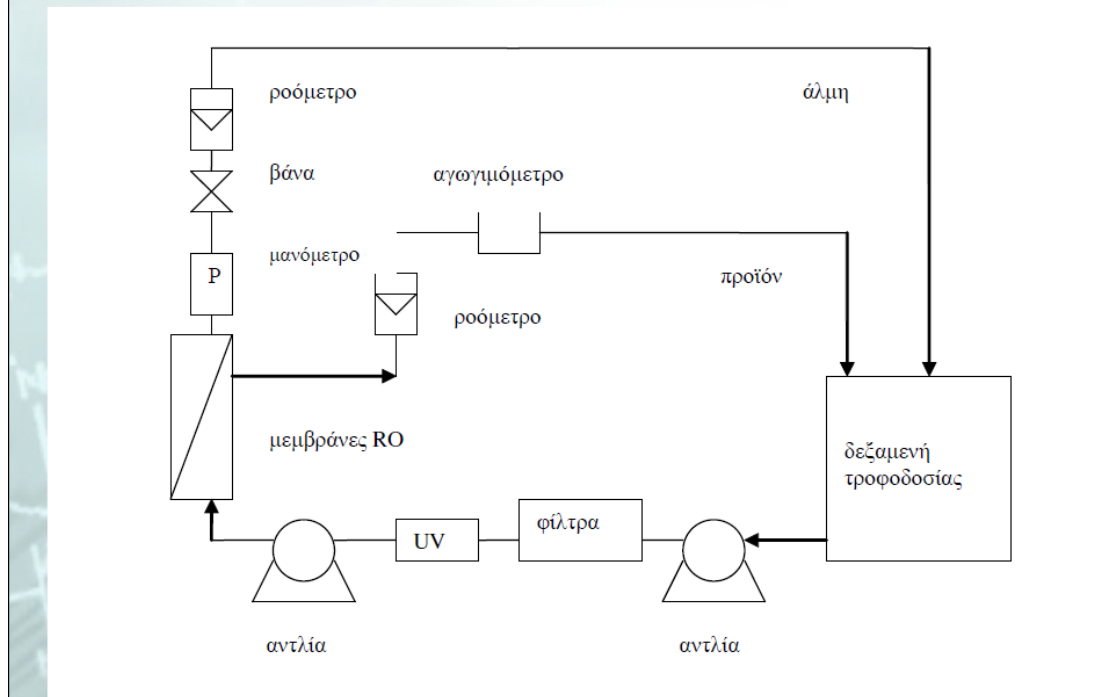
3.6.2 Συμπεράσματα ανάλυσης

Με βάση την παραπάνω ανάλυση του κόστους αλλά και των εσόδων σε διάρκεια εικοσαετίας παρατηρείται, γρήγορη χρονικά απόσβεση κόστους του έργου και το χρηματικό κέρδος σύμφωνα με τους υπολογισμούς είναι πάρα πολύ ικανοποιητικό.

Για την **πρώτη περίπτωση** (τιμή πώλησης νερού 1.355 €/m³) ισχύει, χρόνος απόσβεσης **1 χρόνος 7 μήνες και 10 ημέρες**, τα καθαρά έσοδα εικοσαετίας ανέρχονται στα **6917550 €**.

Για την **δεύτερη περίπτωση**, δηλαδή της μείωσης της τιμής κατά 33% (τιμή πώλησης νερού 0.908 €/m³) παρατηρείται, χρόνος απόσβεσης **2 χρόνια και 10 μήνες** και καθαρά έσοδα εικοσαετίας **3654450.00 €**.

Διάγραμμα ροής συστήματος Α.Ω.



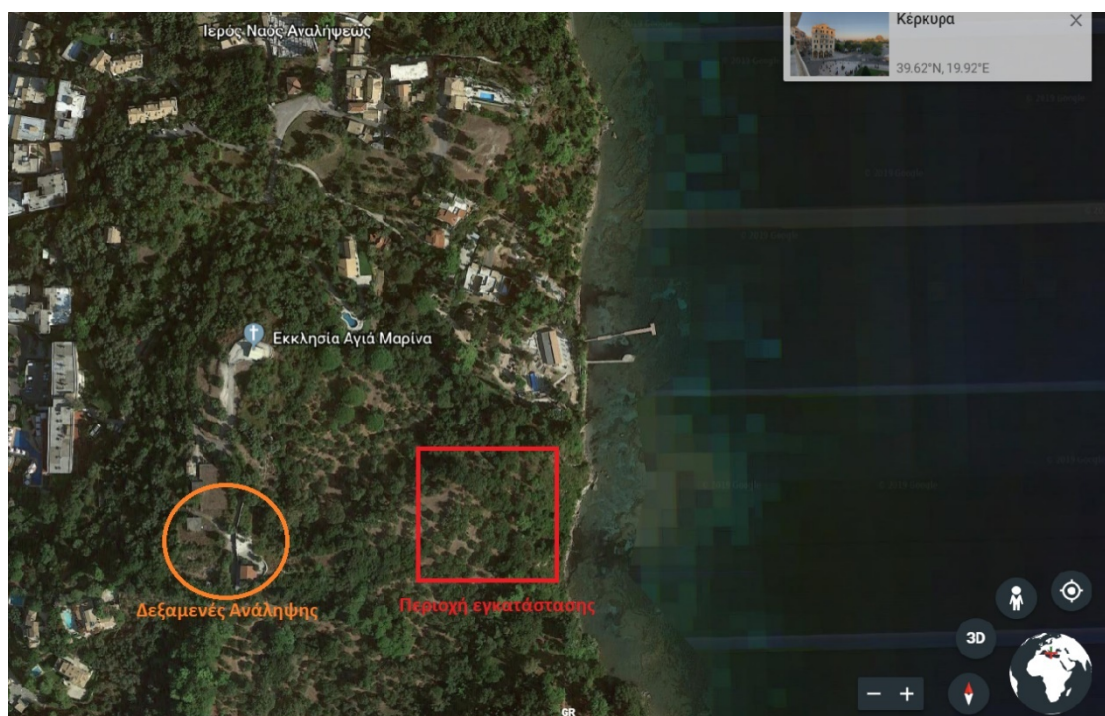
Εικόνα 45: Διάγραμμα Ροής συστήματος Α.Ω

Πηγή : (www.google.gr)

Κεφάλαιο 4 Περιβάλλον και επιπτώσεις

4.1 Περιγραφή περιβάλλοντος

Η περιοχή που θα κατασκευαστεί η μονάδα περιλαμβάνει το θαλάσσιο περιβάλλον την ακτή και έναν μικρό οικισμό. Δεν υπάρχουν εθνικοί δρυμοί, διατηρητέα μνημεία και δεν αποτελεί τμήμα περιοχής η οποία περιλαμβάνεται στο ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000. Η επέμβαση του ανθρώπου στο οικοσύστημα της περιοχής είναι πολύ μικρή, καθώς οι καλλιέργειες αμπελιών, οπωροκηπευτικών και κάποιων ελαιώνων διατηρούνται σε πολύ κατάνη κατάσταση και το θαλάσσιο περιβάλλον δεν εκμεταλλεύεται από κάποιας μορφής δραστηριότητα.



Εικόνα 46: Περιοχή εγκατάστασης μονάδας RO

Πηγή: (<https://earth.google.com/>)

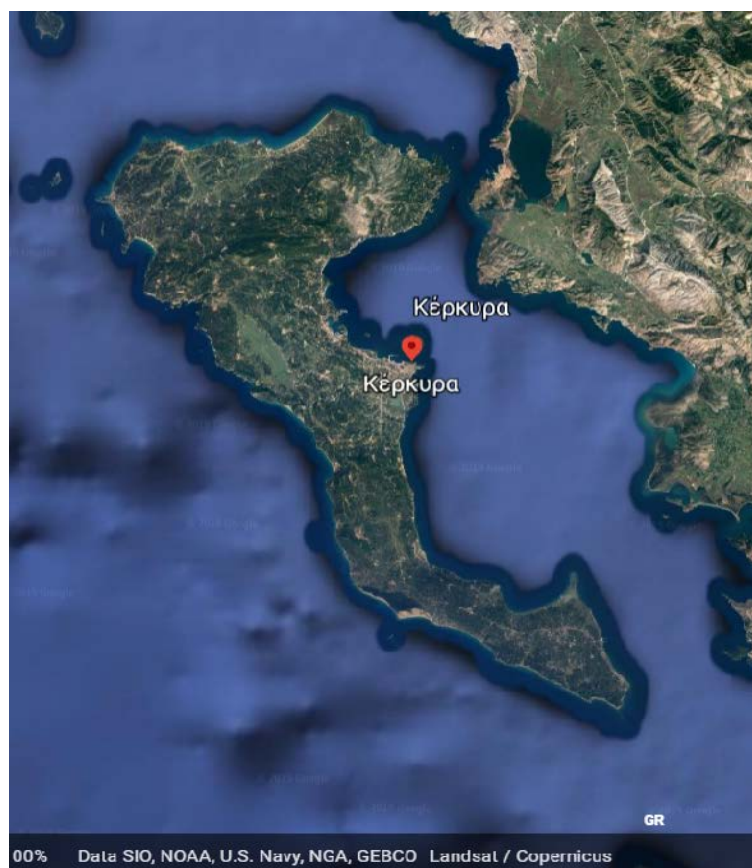
4.1.1 Γεωλογία της περιοχής

Τα πετρώματα και οι ασβεστολιθικές μάζες που συναντώνται στην περιοχή, εμφανίζουν κερματισμένες και με μεγάλες τραχείες επιφάνειες. Μερικοί από τους σχηματισμούς που δομούν την περιοχή είναι:

- Ασβεστόλιθοι (ks-k), λατυποπαγείς με θραύσματα Ρουδιστών, το χρώμα τους είναι υποκίτρινο έως κίτρινο και ο σχηματισμός παρουσιάζει ασαφή στρώση, κα η μάζα τους παρουσιάζει έντονη αποσάθρωση στην επιφάνεια.
- Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις (al), αποτελούν χαλαρές αποθέσεις των ρεμάτων της περιοχής. Πρόκειται για ιλυοαργιλώδη συστατικά με ικανότητα ροής όπου αναπτύσσονται υπό κλίση. Στην μάζα των αποθέσεων συναντάται μεγάλη ποσότητα αδρομερών υλικών ασβεστολιθικής σύστασης.

4.1.2 Υδρολογικές συνθήκες

Η Κέρκυρα αποτελεί περιοχή με υψηλό δείκτη βροχοπτώσεων, τα κλιματολογικά στοιχεία δίνουν έναν μέσο ετήσιο ύψος βροχής 1.128 mm. Η θερμοκρασία της περιοχής παρουσιάζει κατά μέσο όρο ένα ελάχιστο τον μήνα Ιανουάριο 7^ο C και έναν μέγιστο τον Ιούλιο – Αύγουστο 29^ο C. Η σχετική υγρασία του αέρα κατά μέσο όρο 65% και το κλίμα χαρακτηρίζεται σαν υγρό μεσογειακό. Η γεωμορφολογική ανάπτυξη του νομού και οι υψηλές βροχοπτώσεις ευνοούν τις συνθήκες ανάπτυξης ρεμάτων μόνιμης απορροής ή άλλων μη συνεχούς λειτουργίας. Το σύνολο των ρεμάτων πηγάζει από το σύστημα των ασβεστόλιθων και ρέει προς τα χαμηλότερα μορφολογικά σημεία, συναντά άλλους κλάδους μεγαλύτερης και μόνιμης απορροής οι οποίοι εκβάλλουν στην θάλασσα.



Εικόνα 47: Νήσος Κέρκυρα
 Πηγή: (<https://earth.google.com/>)

4.1.3 Χλωρίδα – Πανίδα

Η περιοχή υπάγεται στην Ευ μεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia ilicis*). Η ζώνη αυτή εμφανίζεται ως μία περισσότερο ή λιγότερο συνεχής λωρίδα κατά μήκος των ακτών της δυτικής, νοτιοανατολικής και ανατολικής Ελλάδας, στα νησιά του Ιονίου και Αιγαίου Πελάγους, στο νότιο τμήμα και στις ανατολικές ακτές της Χαλκιδικής. Η παρακάτω ζώνη διακρίνεται σε δύο υποζώνες, η κατώτερη προς τα παράλια υποζώνη και πιο ξηρή, ονομάζεται *Oleo ceratonion* και η ανώτερη ονομάζεται *Quercetum ilicis*. Η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην δεύτερη υποζώνη και από πλευράς καλλιεργούμενων φυτικών ανήκει στην δεύτερη οικολογική ζώνη αυτή των σπυρών του Νότου με χαρακτηριστικά φυτικά είδη την ελιά, συκιά και την λεμονιά. Οι χερσαίοι βιότοποι του νησιού καλύπτονται από πλούσια φυτική βλάστηση η οποία ευνοείται από το υγρό και ήπιο κλίμα που επικρατεί. Η μεγαλύτερη επιφάνεια της περιοχής αποτελείται από διάφορα σκληρόφυλλα αειθαλή, ελαιώνες, θάμνους και κάποια κυπαρίσσια.

Τα τμήματα του νησιού με δενδρώδη βλάστηση είναι αυτά που συντηρούν την πλουσιότερη ποσοτικά και ποιοτικά πανίδα. Αντίθετα τα φρυγανικά συστήματα και τα αγροοικοσυστήματα διατηρούν πανίδα που είναι σημαντική για την ύπαρξη μεμονωμένων πληθυσμών. Τα σπονδυλωτά αντιπροσωπεύονται κυρίως στο νησί από μεγάλη ποικιλία πουλιών, που λόγω των υγροτόπων που υπάρχουν στο νησί το χρησιμοποιούν ως μεταναστευτικό σταθμό. Επίσης υπάρχει και ποικιλία θηλαστικών καθώς και ερπετών.

4.2 Επιπτώσεις

Οι ενδεχόμενες επιπτώσεις μίας μονάδας αφαλάτωσης αφορούν το φυσικό περιβάλλον καθώς και το βιοτικό περιβάλλον. Διακρίνονται σε επιπτώσεις κατά την κατασκευή του έργου και σε επιπτώσεις κατά την λειτουργία του. Ενδεχόμενες επιπτώσεις κατά την διάρκεια κατασκευής μιας μονάδας αφαλάτωσης εντοπίζονται στην αισθητική αλλοίωση του τοπίου, υποβάθμιση των τοπικών ρεμάτων, προβλήματα στην πανίδα και αύξηση των επιπέδων θορύβου στην περιοχή του έργου.

4.2.1 Επιπτώσεις στην φάση κατασκευής

Κατά την φάση κατασκευής του έργου είναι δεδομένη η κίνηση βαρέων οχημάτων για την εκσκαφή των ευρημάτων, μεταφορά αδρανών υλικών αλλά και την επίχωση των αγωγών. Ως αποτέλεσμα είναι να υπάρξει προσωρινή αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων, χωρίς να αναμένεται αλλαγή στην ποιότητα του αέρα. Λόγω της μικρής κλίμακας του έργου δεν θα υπάρξει ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, σύγχρονος δεν αναμένεται η δημιουργία ασταθών καταστάσεων εδάφους όπως, κατολισθήσεις, καθιζήσεις ή αλλαγή στην γεωλογική διάταξη των πετρωμάτων. Κατά την

διάρκεια της κατασκευής θα προκληθεί ηχορύπανση στον περιβάλλοντα χώρο του εργοταξίου, στην αυξημένη στάθμη θορύβου θα εκτεθούν κυρίως τα άτομα τα οποία θα εργάζονται.

4.2.2 Επιπτώσεις στην φάση λειτουργίας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μονάδων αφαλάτωσης εντοπίζονται σε όλα τα στάδια παραγωγής (τροφοδοσίας, προεπεξεργασίας, αντίστροφης όσμωσης, διάθεσης άλμης, καθαρισμού μεμβρανών). Στο στάδιο της τροφοδοσίας (άντληση θαλασσινού νερού) σημειώνεται θνησιμότητα μικρών οργανισμών, όπως μικρά ψάρια, πλαγκτόν, αυγά ψαριών, αλλά και μεγαλύτερων θαλάσσιων ειδών, λόγω απορρόφησης ή πρόσκρουσης τους στον αγωγό εισροής.

Στο στάδιο της προ επεξεργασίας αλλά και της τελικής επεξεργασίας χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά (χλώριο, θειικό οξύ, ασβέστιο, διοξείδιο του άνθρακα, κ.τ.λ.), ενώ η όλη διαδικασία απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας (περίπου 3-5 KWh/m³ για θαλασσινό και 0,5-3 KWh/m³ για το υφάλμυρο).

Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης είναι η λιγότερο ενεργοβόρος και ρυπαίνουσα από τις λοιπές καθιερωμένες μεθόδους. Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι τα απόβλητα άλμης που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία του θαλασσινού ή του υφάλμυρου νερού, τα οποία διοχετεύονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία στη θάλασσα.

Στις μικρές μονάδες αφαλάτωσης και σε περιοχές με θαλάσσια ρεύματα οι επιπτώσεις δεν είναι σημαντικές αλλά σε μεγαλύτερες μονάδες, που λειτουργούν εδώ και χρόνια σε χώρες της Μέσης Ανατολής, παρατηρήθηκε καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδα σε ακτίνα αρκετών χιλιομέτρων από τις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Εκτός από την αλατότητα, προβλήματα δημιουργούνται και από την αύξηση της θερμοκρασίας της άλμης κατά περίπου 3 - 4 °C στην αντίστροφη όσμωση (έναντι 10 - 15 °C στις μεθόδους εξάτμισης).

Παρατηρούνται επίσης συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που δεσμεύονται στα ιζήματα και χημική ρύπανση που οφείλεται στα οξέα, τα απολυμαντικά μέσα και στην πλύση των μεμβρανών. Λόγω των ιδιοτήτων του Ελληνικού νησιωτικού χώρου (υψηλής ποιότητας αλλά οικολογικά ευαίσθητο θαλάσσιο περιβάλλον, περιοχές εξαιρετικού κάλλους, κ.τ.λ.) απαιτείται συστηματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αφαλάτωσης.

Η μελέτη των θαλασσιών ρευμάτων και της διασποράς του αλμόλοιπου στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι απαραίτητη για τη σωστή χωροθέτηση των μονάδων και των αγωγών απόρριψης.



Εικόνα 48: Σωλήνας εκροής

Πηγή: (www.google.gr)

Η τεχνική της αφαλάτωσης θαλασσινού νερού έχει εξελιχθεί σε μια πολύ καλή και αποδοτική λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας ειδικά σε περιοχές όπου το πρόβλημα είναι έντονο (Μέση Ανατολή, νησιά κ.λπ.). Παρόλο όμως τα τεράστια οφέλη για τον άνθρωπο προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Αυτά μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: ηλεκτρική ενέργεια, τροφοδοσία θαλασσινού νερού, επιπτώσεις εξαιτίας της παρουσίας χημικών, προϊόντα διάβρωσης (βαρέα μέταλλα), πρόσθετα κατά της καθίζησης (antiscaling additives), απολυμαντικά πρόσθετα, αλογονούχες οργανικές ενώσεις, αντιαφρώδη πρόσθετα, ουσίες που καταστρέφουν το οξυγόνο (oxygen scavenger), οξέα, θερμότητα, ηχορύπανση, υποβάθμιση χρήσης γης- αισθητική ρύπανση, επίδραση στον υπόγειο υδροφόρα από διαρροές.

Επιπτώσεις από τη διάθεση της άλμης σε παράκτια νερά:

Η παραγόμενη άλμη από τα συστήματα αφαλάτωσης θεωρείται ρυπαντική προς το περιβάλλον για τους εξής λόγους: έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από τη θάλασσα, περιέχει χημικές ουσίες από τη προ-επεξεργασία και τη μετεπεξεργασία του νερού, ενώ συνήθως έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψης της άλμης στη θάλασσα σχετίζονται με απώλειες οικοσυστημάτων και θαλάσσιων ειδών. Η διατιθέμενη άλμη είναι πυκνότερη από το θαλασσινό νερό και μετά την ανύψωσή της εξαιτίας της αρχικής ορμής, τείνει στη συνέχεια προς τον πυθμένα, πάνω στον οποίο κινείται.

Η διάθεση της άλμης στα παράκτια νερά μπορεί να επιφέρει περιβαλλοντικές επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς (θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα). Αυτές μπορεί να οφείλονται στα υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων αλάτων (υψηλές συγκεντρώσεις και διακυμάνσεις αλατότητας) της άλμης, καθώς και στα χημικά συστατικά, που ενδεχομένως περιέχονται στην άλμη από την προεπεξεργασία του θαλασσινού νερού και την πλύση των μεμβρανών.

Επιπτώσεις εξαιτίας της αυξημένης αλατότητας

Το φυσικό εύρος διακύμανσης της αλατότητας του θαλασσινού νερού είναι συνήθως της τάξης του $\pm 10\%$ της μέσης ετήσιας τιμής. Εντός αυτών των ορίων υπάρχει ανοχή των θαλάσσιων οργανισμών σε αυξημένες τιμές [WHO, 2007]. Ο Jenkins αναφέρει την τιμή των 40 ppt ως μέγιστο ανεκτό όριο αλατότητας σε παράκτια νερά όπου η αλατότητα είναι της τάξης των 35 ppt. Σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, επικρατούν οι οργανισμοί με ανοχή στις αυξημένες τιμές αλατότητας και οι λιγότερο ανθεκτικοί οργανισμοί μεταναστεύουν ή πεθαίνουν.

4.2.3 Αξιολόγηση των επιπτώσεων

Η κατασκευή και λειτουργία μιας μονάδας αφαλάτωσης θα εξυπηρετήσει τους μόνιμους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής αλλά και τους θερινούς επισκέπτες, καθώς θα αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής τους. Με την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων προστασίας, σωστή οργάνωση και συντήρηση της μονάδας, οι επιπτώσεις περιορίζονται στο ελάχιστο.

4.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Από τις προηγούμενες παραγράφους συνάγεται το συμπέρασμα ότι, πρόκειται για ένα έργο το οποίο αναμένεται να αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Τα παρακάτω προτεινόμενα μέτρα έχουν ως βασική επιδίωξη την προστασία και την διατήρηση της ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος.

Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης.

- Η έδραση της μονάδας αφαλάτωσης αλλά και των αγωγών που θα μεταφέρουν το νερό θα πρέπει να γίνει επί υγιούς εδάφους, με σκοπό την αποφυγή καθιζήσεων.
- Για την προστασία των υδάτινων πόρων θα πρέπει να γίνεται συστηματικός έλεγχος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς και έλεγχος της ποιότητας των υδάτων.
- Για την μείωση των αέριων αποβλήτων έτσι ώστε να μην επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις, τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν έχουν να κάνουν με την μείωση των εκπομπών καυσαερίων των μηχανημάτων, περιορισμός στην ταχύτητα των οχημάτων για μείωση εκπομπής σκόνης, διαβροχή των δρόμων και των σημείων όπου θα γίνονται εργασίες, και τέλος στην κάλυψη των προϊόντων εκσκαφής στην μεταφορά αλλά και στην φύλαξη.
- Με την τήρηση της νομοθεσίας για τον θόρυβο και την κατάβρεξη της περιοχής των εργασιών θα επιτευχθεί η μείωση της όχλησης της πανίδας της περιοχής.
- Αφού το έργο θα έχει ολοκληρωθεί, στον χώρο της μονάδας καθώς και στους κοντινότερους δρόμους προς αυτήν, θα γίνει καθαρισμός και απομάκρυνση περισσευούμενων υλικών.
- Εμφύτευση δέντρων αν κριθεί απαραίτητο.

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Η χρήση του νερού για την κάλυψη των αναγκών μας είναι πού μεγαλύτερη από το διαθέσιμο νερό που υπάρχει στην φύση. Η λύση για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας ήταν μέχρι σήμερα η συνεχής και όλο και μεγαλύτερη άντληση νερού από τα επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα αποθέματα. Οι επιπτώσεις είναι τεράστιες στα οικοσυστήματα αλλά και στην ποιότητα και στην ποσότητα των εναπομενοντων υδάτων. Στο νησί της Κέρκυρας παρόλο που η ποιότητα του νερού έχει χαρακτηριστεί κατάλληλη ως πόσιμο νερό, το 90% του πληθυσμού έχει στραφεί στην αγορά εμφιαλωμένου νερού ή σε οικιακά συστήματα φίλτρανσης καθώς τα άλατα που περιέχει δίνουν μια όχι και τόσο καλή γεύση και οι επιπτώσεις στα είδη ύδρευσης (βρύσες, θερμοσίφωνες, σωληνώσεις) είναι καταστροφικές. Σύμφωνα με όσα εκτέθηκαν ανωτέρω, η αφαλάτωση είναι πραγματικά μια λύση στο αδιέξοδο του υδατικού προβλήματος. Είναι μια λύση με την οποία αποφεύγονται σημαντικές επιπτώσεις από την έλλειψη του νερού, ο άνθρωπος μπορεί να ζήσει κάτω από συνθήκες υγιεινής, χωρίς να στερείται έναν φυσικό πόρο που έχει καθοριστικό ρόλο στην επιβίωσή του.

Η αφαλάτωση μέσω μεμβρανών RO έχει ταχύτατη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, οι συνεχείς βελτιώσεις των μεμβρανών, σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των μέσων αυτοματισμού. έχουν ως αποτέλεσμα οι μονάδες αντίστροφης ώσμωσης να γίνουν η κύρια επιλογή για νέες εγκαταστάσεις. Στην παρούσα εργασία προτάθηκε και μελετήθηκε η εγκατάσταση μονάδας αντίστροφης ώσμωσης στο νησί της Κέρκυρας με σκοπό να βελτιώσει την ποιότητα του πόσιμου νερού του νησιού καθώς και να μειώσει το κόστος κατανάλωσης για την χρήση του. Η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης που περιγράψαμε έχει ελάχιστη παραγωγικότητα $42\text{m}^3/\text{h}$, δηλαδή $1000\text{ m}^3/\text{d}$ η αλλιώς 1000000 λίτρα νερού τη μέρα με εξοικονόμηση ενέργειας που φθάνει το 49% και ενεργειακό κόστος ανερχόμενο στα 0.30€ ανά m^3 παραγόμενου νερού. Μια καλή προσέγγιση αν υπολογίσουμε ότι στο νησί της Κέρκυρας το τίμημα ανά κυβικό νερού ανέρχεται 1.19 έως 1.52 €/m³, και ξέροντας ότι το κόστος μεταφοράς νερού στα ελληνικά νησιά ξεπερνά πολλές φορές τα 8€/m³. Για την απαιτούμενη ελάχιστη παραγωγικότητα υπολογίσαμε πως ο χρόνος απόσβεσης ανέρχεται στο 1 έτος, 7 μήνες και 10 μέρες. Επιπλέον το καθαρό κέρδος εικοσαετίας ανέρχεται σε 6917550€ ή 576462.5 €/έτος. Το εν λόγω κέρδος δίνει την δυνατότητα στην Δημόσια εταιρία ύδρευσης της Κέρκυρας να προβεί και σε μείωση του τιμολογίου ως μέτρο κοινωνικής παροχής κατά 33%. Σε αυτή την περίπτωση υπολογίστηκε ότι για την απαιτούμενη ελάχιστη παραγωγικότητα, ο χρόνος απόσβεσης ανέρχεται στα 2 έτη και 10 μήνες, μόλις 1 έτος και 3 μήνες περίπου επιπλέον χρόνος. Σε αυτή την περίπτωση το καθαρό κέρδος εικοσαετίας ανέρχεται σε 3654450€ ή 182722.5 €/έτος.

Αν σκεφτούμε πως, στις αναπτυσσόμενες χώρες, η ελάχιστη απαίτηση νερού για κάθε άτομο είναι 20 λίτρα τη μέρα, περίπου 50000 άτομα μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό. Το ενεργειακό κόστος των μονάδων αφαλάτωσης είναι σημαντικότερη

παράμετρος για την οικονομική βιωσιμότητα οποιασδήποτε μονάδας αφαλάτωσης, αφού μπορεί να ανέλθει μέχρι και στο 60% του συνολικού κόστους του αφαλατωμένου νερού.

Από περιβαλλοντολογικής μεριάς οι ενδεχόμενες επιπτώσεις μίας μονάδας αφαλάτωσης αφορούν το φυσικό περιβάλλον καθώς και το βιοτικό περιβάλλον κατά τη φάση κατασκευής και απόρριψης των αλμολοίπων. Οι επιπτώσεις έχουν να κάνουν με το θάνατο ψαριών και με την αναπόφευκτη καταστροφή του ζωικού και φυτικού πλαγκτόν, ωαρίων, γόνου και άλλων μικρών οργανισμών, που εισροφούνται προς τη μονάδα αφαλάτωσης, σε σχέση με τη δυνατότητα φυσικής ανανέωσης των πιο πάνω βιοτικών παραγόντων. Θα πρέπει να μπορέσουμε να αμβλύνουμε τις επιπτώσεις που υπάρχουν από

τις μονάδες αφαλάτωσης με την εκπόνηση μελετών σχετικά με την αναγκαιότητα των μονάδων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη λήψη ειδικών μέτρων και ρυθμίσεων τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά την επεξεργασία των μονάδων.

Για παράδειγμα, θα πρέπει οι μονάδες να κτίζονται σε περιοχές μη κατοικημένες, περιοχές που δεν έχουν χρήση ψυχαγωγίας (θαλάσσιο μπάνιο, ψάρεμα κλπ.). Επίσης θα ήταν σκόπιμο οι μονάδες να βρίσκονται κοντά σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε να αποφεύγεται το οικονομικό αλλά και το περιβαλλοντικό κόστος από την μεταφορά της ενέργειας. Σημαντική παράμετρος επίσης είναι η εύκολη πρόσβαση του σταθμού στο δίκτυο διανομής του νερού για κατανάλωση ώστε να αποφευχθεί το κόστος της μεταφοράς καθώς και το κόστος των εγκαταστάσεων που θα πρέπει να κατασκευαστούν για την μεταφορά του νερού.

Στην περίπτωση της μονάδας αντίστροφης ώσμωσης που περιγράφουμε, λόγο της χαμηλής κλίμακας του έργου οι ενδεχόμενες επιπτώσεις είναι ελάχιστες και αν ληφθούν σωστά, τα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης που προαναφέρονται, οι επιπτώσεις θα είναι μηδαμινές. Επίσης η περιοχή κατασκευής της μονάδας RO είναι σε πλεονεκτική θέση καθώς, δεν είναι πολύ κατοικημένη περιοχή και οι υφιστάμενες δεξαμενές τροφοδοσίας απέχουν μόλις 500m (Εικόνα 46) .

Βιβλιογραφία

1. Ασημακόπουλος, Δ. (2001) «Water, water everywhere...Desalination powered by Renewable Energy Sources»
2. Δαγκαλίδης, Α. (2009) Κλαδική μελέτη, αφαλάτωση νερού. Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών, Τράπεζα Πειραιώς
3. Ενεργειακό γραφείο του Αιγαίου (2009-2010) Αφαλάτωση με ΑΠΕ, Διδακτικό υλικό ακαδημίας ενέργειας
4. Καλογήρου, Σ. (2005) Seawater desalination using renewable energy sources. Progress in energy and Combustion Science
5. Κάραλης Γ. και Ζούλιας Μ. (2009) Πιλοτικό πρόγραμμα με μονάδα αφαλάτωσης και Ενέργεια – Ανακύκλωση – Αστικό περιβάλλον
6. Κορωναίος, Χ. (2006) Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Περιβάλλον και Ανάπτυξη
7. Κουκουτσάκης, Π. (2007) Διπλωματική εργασία με τίτλο «Επίδραση φορτίου αφαλάτωσης σε Νησιωτικό σύστημα ενέργειας»
8. Σαμακίδης, Δ. (2009) Διπλωματική εργασία με τίτλο «Αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ-Διαστασιολόγηση και Στρατηγικές ελέγχου»
9. Fritzmann, C. (2007) State of the art of reverse osmosis Desalination
10. Miller, J.E. (2003) Review of Water Resources and Desalination Technologies
11. Tzen, E. (2010) Successful Desalination RES plants
12. <https://www.deya-ker.gr/profil/istoriko.html>
13. Pathfinder τεχνολογείν, Γιάννης Ριζόπουλος, "Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά;"
14. Ερώτηση προς Υπουργούς ΠΕΧΩΔΕ και Εσωτερικών σχετικά με εργοστάσια αφαλάτωσης στα ελληνικά νησιά, 09/04/2008 από τον Βουλευτή Μ. Παπαγιαννάκη
15. Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση, Ε. Τζέν, "Μια εναλλακτική λύση στην λειψυδρία"
16. ΣΚΑΙ: Τα νησιά "ξεδιψούν" με αφαλάτωση, 01/05/08
17. ΚΑΠΕ, Παρουσίαση: Πλωτή μονάδα Αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ, 2008
18. Αντωνόπουλος Β, «Ποιότητα και ρύπανση υπόγειων νερών», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2001.
19. Γρεβενίτης Π, «Οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων», Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1997.
20. Δαγκαλίδης Α, «Κλαδική μελέτη 12: Αφαλάτωση νερού», Τεχνική Έκθεση, Τράπεζα Πειραιώς, Αθήνα 2009.
21. Δεληγιάννη Ε. και Μπελεσιώτης Β., «Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης», Αθήνα 1995.
22. Γενική Γραμματεία Επικοινωνίας – Ενημέρωσης, «Δελτίο Οικολογικών θεμάτων», Διεύθυνση Αναλύσεων και Τεκμηρίωσης, Τμήμα Οικολογικών και Πολιτιστικών Θεμάτων, Αθήνα 2007.
23. Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, «Ελληνικό σχέδιο δράσης κατά της ερημοποίησης», Αθήνα 2001.
24. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ενημερωτικό φυλλάδιο, «Η Οδηγία – Πλαίσιο περί υδάτων: Αντλήστε από αυτή! », Λουξεμβούργο 2002).
25. Καρκατσούλη Ε, «Χρήση μοντέλων επίλυσης κυκλοφοριακών δικτύων ύδρευσης οικισμών», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 2008.

26. Καραχάλιου Π, «Τεχνολογίες αφαλάτωσης και προοπτικές εφαρμογής στον ελληνικό χώρο», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών
27. Σπουδών: «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Αθήνα 2010.
28. Κασσιός Κ, «Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από έργα και προγράμματα», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2006.
29. Κτενά Π, «Διαχείριση πόσιμου νερού: Η περίπτωση της Λευκάδας», Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας, Αθήνα 2005.
30. Μανασσής Μ, «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2001.
31. Μουτάφης Π, «Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2008.
32. Νικητάκος Ν, «Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Θαλάσσιο Περιβάλλον», Εκδόσεις Σιδέρη, 2008.
33. Παυλοπούλου Β, «Εφαρμογή του κοινοτικού δικαίου περιβάλλοντος στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών σπουδών, Αθήνα 2007.
34. Πέππα Φ, «Ηλιακή αφαλάτωση και μελέτη ηλιακού αποστακτήρα στην περιοχή της Αθήνας», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2007.
35. Σαμακίδης Δ, «Αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ: Διαστασιολόγηση και στρατηγικές ελέγχου», Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Αθήνα 2009.
36. Σαχτούρη Κ, «Μελέτη σκοπιμότητας μονάδας αφαλάτωσης με αιολική ενέργεια», Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Ηράκλειο 2008.
37. Στουρνάρας Γ, «Εφημερίδα καθημερινή», 2009.
38. Τζεν Ε, «Μέθοδοι Αφαλάτωσης – Συγκριτική Αξιολόγηση και Εφαρμογές στα Νησιά του Αιγαίου», ΚΑΠΕ – Τμήμα αιολικής ενέργειας, Αθήνα 2001.
39. Τζεν Ε, «Η νομοθεσία για της μονάδες αφαλάτωσης», ΚΑΠΕ – Τμήμα αιολικής ενέργειας, Αθήνα 2010.
40. Τσακίρης Γ, «Το νερό στον 21ο αιώνα: υπάρχει ελπίς;»
41. I.A.CO Ltd & ENVECO S.A, «Στρατηγική περιβαλλοντική μελέτη από τα σχέδια αφαλατώσεων», Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, Λευκωσία 2010.
42. ΦΕΚ Α/160 – 16/10/1986, «Νόμος υπ’ αριθμ. 1650: Για την προστασία του περιβάλλοντος», Αθήνα 1986.
43. ΦΕΚ Α/201 - 19-20/11/1987, «Νόμος υπ’ αριθμ. 1739: «Διαχείριση των υδατικών πόρων», Αθήνα 1987.
44. ΦΕΚ Β/892 – 11/7/2001, «Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001: Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης”, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998», Αθήνα 2001.
45. ΦΕΚ Β/1022 – 5/8/2002, «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002», Αθήνα 2002.

46. ΦΕΚ Α/280 - 9//1/2003, «Νόμος υπ' αριθμ. 3199: Εναρμόνιση Οδηγίας 2000/60/ΕΚ με το ελληνικό δίκαιο». Αθήνα 2003.
47. ΦΕΚ Α/51 - 8/3/2007, «Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμ. 5: Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ». Αθήνα 2007.
48. Φιλίντας Α, «Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις», Πρακτικά 1ο Πανελληνίου συνέδριου μεγάλων φραγμάτων, Λάρισα 2008.
49. Χονδρογιάννης Α, «Υδραυλικά και θέρμανση στη σύγχρονη κοινωνία», Β' Έκδοση, Αθήνα 1991.
51. Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ), <http://www.statistics.gr/>
52. Υπουργείο Ανάπτυξης, Διαχειριστικά Σχέδια Υδατικών Διαμερισμάτων,
53. <http://www.ypan.gr/>
54. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,
55. <http://www.ypeka.gr>
56. 4. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Προστασία και διαχείριση υδάτων
57. (Οδηγία-Πλαίσιο για τα ύδατα)»,
58. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/l280
59. 02b_el.htm. 2000.
Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Κοστολόγηση και βιώσιμη διαχείριση υδάτων»,
60. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/l281
61. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Σύνοψη νομοθεσίας: Ποιότητα του πόσιμου νερού»,
62. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/l280
63. <https://www.commercial-industrial-supply.com/industrial-filtration/filter-housings/polyline-filter-housings.html>
64. <https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?custid=GMA&productnumber=97720905&qcid=632851588>
65. <https://www.centrifugal-pump-online.com/acatalog/Ebara-Pumps-3M-65-160-15-380.html>
66. <https://www.jumo.de/>
67. Διπλωματική εργασία *ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ ΓΙΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ*
<http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/38432>
68. <https://www.pesede.gr/>
69. <https://www.unric.org/el/>
70. <https://www.dupont.com/brands/filmtec.html>
71. <http://www.energyrecovery.com/>
72. <https://www.protec-arisawa.com/>
73. <https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/products/water-solutions/documents/609-03001.pdf>