

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : FRESH WATER GENERATORS – ΒΡΑΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΟΣΗ- ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΑ
ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΝΤΟΜΙΧΗΣ ΜΑΡΙΟΣ – ΗΛΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

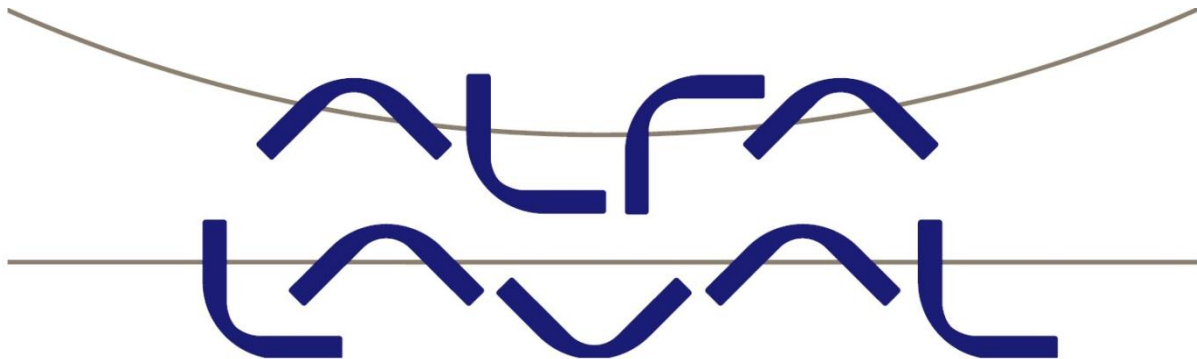
2016

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΘΕΜΑ : FRESH WATER GENERATORS – ΒΡΑΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΟΣΗ- ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΑ
ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΟΝΤΟΜΙΧΗΣ ΜΑΡΙΟΣ – ΗΛΙΑΣ

ΑΜ : 4203

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :19/04/2016

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο Καθηγητής

Περίληψη

Σκοπός της εν λόγω πτυχιακής εργασίας είναι να εξηγήσουμε και να κατανοήσουμε το τρόπο λειτουργίας των μηχανήματων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού που έχουμε στην διάθεση μας στα ποντοπόρα πλοία. Δηλαδή πως μπορούμε να απαλλαγούμε από το αλάτι που βρίσκεται στο θαλασσινό νερό και πως εμείς το κάνουμε πόσιμο. Πώς θα καλύψουμε τις ανάγκες του μηχανοστασίου αλλά και του πλοίου γενικότερα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο εξοπλισμό αναλόγως τις ανάγκες κάθε πλοίου και μπορεί να διαφέρει, δηλαδή οι ανάγκες για πόσιμο νερό σε ένα δεξαμενόπλοιο είναι πολύ μικρότερες από ένα κρουαζιερόπλοιο. Στην πρώτη περίπτωση θα χρειαστούμε βραστήρα ή αποστακτήρα όπως ονομάζεται με τον οποίο θα επιτύχουμε την εναλλαγή θαλασσινού νερού σε πόσιμο με εναλλακτικές θερμότητας όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω. Με αυτό τον τρόπο καλύπτουμε την ανάγκη ενός δεξαμενοπλοίου με άνεση αλλά όχι ενός πλοίου που χρειάζεται μεγάλες παροχές ποσίου νερού όπως ένα κρουαζιερόπλοιο. Συνεπώς στην δεύτερη περίπτωση θα εξετάσουμε την διαδικασία παραγωγής ποσίου νερού με αντιστροφή ώσμωση. Το φαινόμενο της αντιστροφής ώσμωσης βρίσκει εφαρμογή στην αφαλάτωση του θαλασσινού νερού για την αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας. Και στις δυο περιπτώσεις γίνεται αφαλάτωση του θαλασσινού νερού συνεπώς θα εξετάσουμε τις κατασκευαστικές διαφορές και τον τρόπο λειτουργίας ξεχωριστά σε κάθε περίπτωση από την στιγμή οπου το νερό βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση, δηλαδή θαλασσινό νερό, μέχρι την στιγμή που θα το αποθηκεύσουμε στις δεξαμενές μας.

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is to explain and understand the function of the the sea water desalination machines that we have in our disposal in our seagoing ships. Basically it's the way of getting rid of the salt content in the sea water, how we make it drinkable and how to cover the needs of the engine room but of the ship in general as well. This is achieved with the appropriate equipment depending on the specific needs of each ship and can differ, meaning that the needs of drinking water in a tanker ship are a lot smaller in comparison to those of a cruise ship. In the first case we will need a boiler or a distiller, as it's called, with which we will achieve the alternation of sea water into drinking water with temperature exchangers that we will explain further below. In this way we can comfortably cover the needs of a tanker but not those of a ship which needs a large capacity of drinking water such as a cruise ship. Therefore in the second case we will examine the production procedure of drinking water with reverse osmosis. The phenomenon of reverse osmosis is applied in the desalination of the sea water to deal with the problem of drought. In both cases desalination of the sea water happens and thusly we will examine the constructional differences and the separate operating way in each case from the moment the water is in its original state, meaning seawater, up to the moment we store it in our tanks.

Πρόλογος

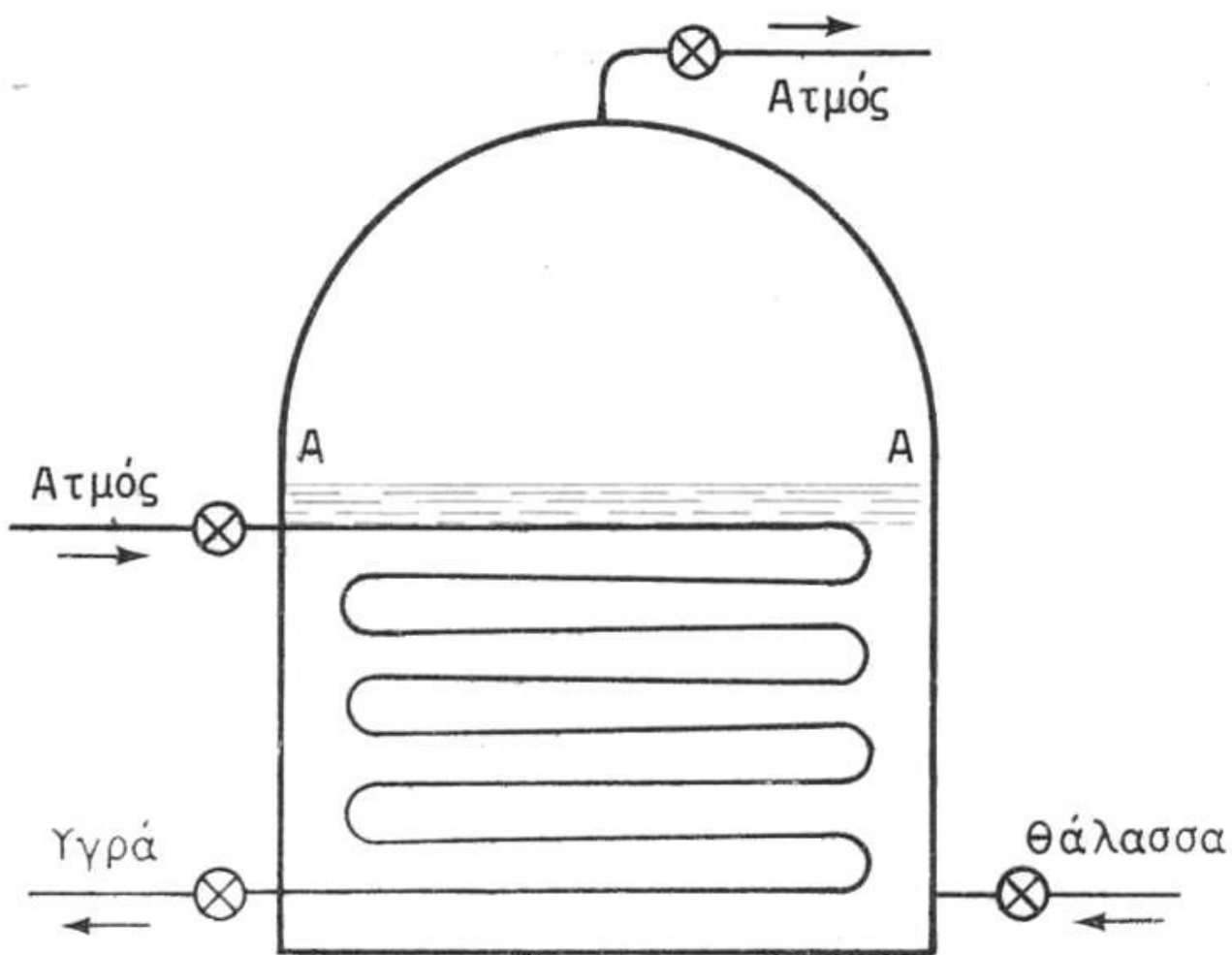
Η ανάγκη για πόσιμο νερό με τα χρόνια γίνεται ολοένα και περισσότερη αφού τα αποθέματα νερού στον πλανήτη λιγοστεύουν πολύ γρηγορά, με αποτέλεσμα την εύρεση διάφορων τροπών παραγωγής νερού από διάφορες πηγές κυρίως όμως το θαλασσινό νερό. Εφευρέτες και μηχανικοί ανά τα χρόνια επινοούν έξυπνους τρόπους παραγωγής νερού για να καλύψουν τις βασικότερες ανάγκες του ανθρώπου όπως η λειψυδρία ή η χρήση του νερού για θέματα υγιεινής και σίτισης. Όμως δεν σταματάμε εκεί. Μέχρι και πριν λίγα χρόνια χρησιμοποιούσαμε θαλασσινό νερό για τις ανάγκες του μηχανοστασίου π.χ. ψύξη των μηχανήματων κ.λπ. όμως στα τέλη του 20^{ου} αιώνα η χρήση του γλυκού νερού άρχισε να παίρνει μέρος στην ναυτιλιακή βιομηχανία και πολύ γρήγορα μάλιστα, λόγω των πολλών προβλημάτων που αντιμετωπίζαμε την διάβρωση που προκαλούσε το θαλασσινό νερό. Έτσι λοιπόν η ανάγκη για γλυκό νερό υπερδιπλασιάστηκε μέσα σε λίγους μήνες.

Ποιο συγκεκριμένα λοιπόν ο βραστήρας αποτελείτε κατασκευαστικά από δυο εναλλακτικές θερμότητας. Ο ένας είναι ο εξατμιστής και ο δεύτερος ο συμπυκνωτής. Η αρχή λειτουργίας τους είναι απλή. Ο εξατμιστής εξατμίζει το θαλασσινό νερό που του παρέχουμε εμείς και στην συνέχεια περνάει στο συμπυκνωτή όπου μετατρέπεται πάλι σε νερό αλλά χωρίς πλέον τα πρόσθετα όπως το αλάτι και οργανικές ουσίες. Το νερό πρέπει να είναι διαυγές, άοσμο και να περιέχει ορισμένη ποσότητα διαλυμένου αέρα και ανόργανων αλάτων. Με την απόσταξη όμως δεν αφαιρούνται τα μικρόβια ή βακτήρια που περιέχονται σε αυτό συνεπώς και σταματάμε την λειτουργία του βραστήρα όταν βρισκόμαστε σε λίμνες ποταμιά κ παράλιες περιοχές.

Διαφορετική λειτουργία έχουμε στην ωσμωτική πίεση όπως θα αναλύσουμε στην δεύτερη περίπτωση. Αφαλάτωση του νερού σε αυτή την περίπτωση έχουμε όταν το φαινόμενο της διέλευσης περισσότερων μορίων διαλύτη, μέσω ημιπερατής μεμβράνης από το διαλύτη στο διάλυμα ή από το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης (αραιότερο) προς το διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης (πυκνότερο). Ημιπερατή είναι η μεμβράνη που επιτρέπει να περνούν μέσα από τους πόρους της τα μόρια του διαλύτη αλλά δεν επιτρέπει να περνούν τα μόρια της διαλυμένης ουσίας.

Η πρώτη αναφορά για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με πλήρη περιγραφή των επιτευγμάτων της εποχής του και ιδιαίτερα για την παραγωγή γλυκού νερού από θάλασσα σε ποντοπόρα πλοία, δόθηκε από τον Γάλλο ναύαρχο, A.F.B Deslanes το 1724. Αργότερα, το 1739 ο μεγάλος φυσιολόγος Stephan Hales εξέδωσε ένα βιβλίο, φημισμένο στην εποχή του, το οποίο περιείχε λεπτομερή περιγραφή όλων των προβλημάτων σχετικά με την αφαλάτωση.

ΚΑΙΦΑΛΛΙΟ 1



ΒΡΑΣΤΗΡΕΣ

Σχήμα: Εξατμιστήρας

1.1 Γενικά

Βραστήρας ή αποστακτήρας ονομάζεται ένα συγκρότημα συσκευών και μηχανήματων, το οποίο επιτυγχάνει την διάσπαση του θαλασσινού νερού από το αλάτι και τις ξένες ουσίες μετατρέποντας το σε πόσιμο, άοσμο και διαυγές νερό με την βοήθεια της θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών μας πάνω στο πλοίο.

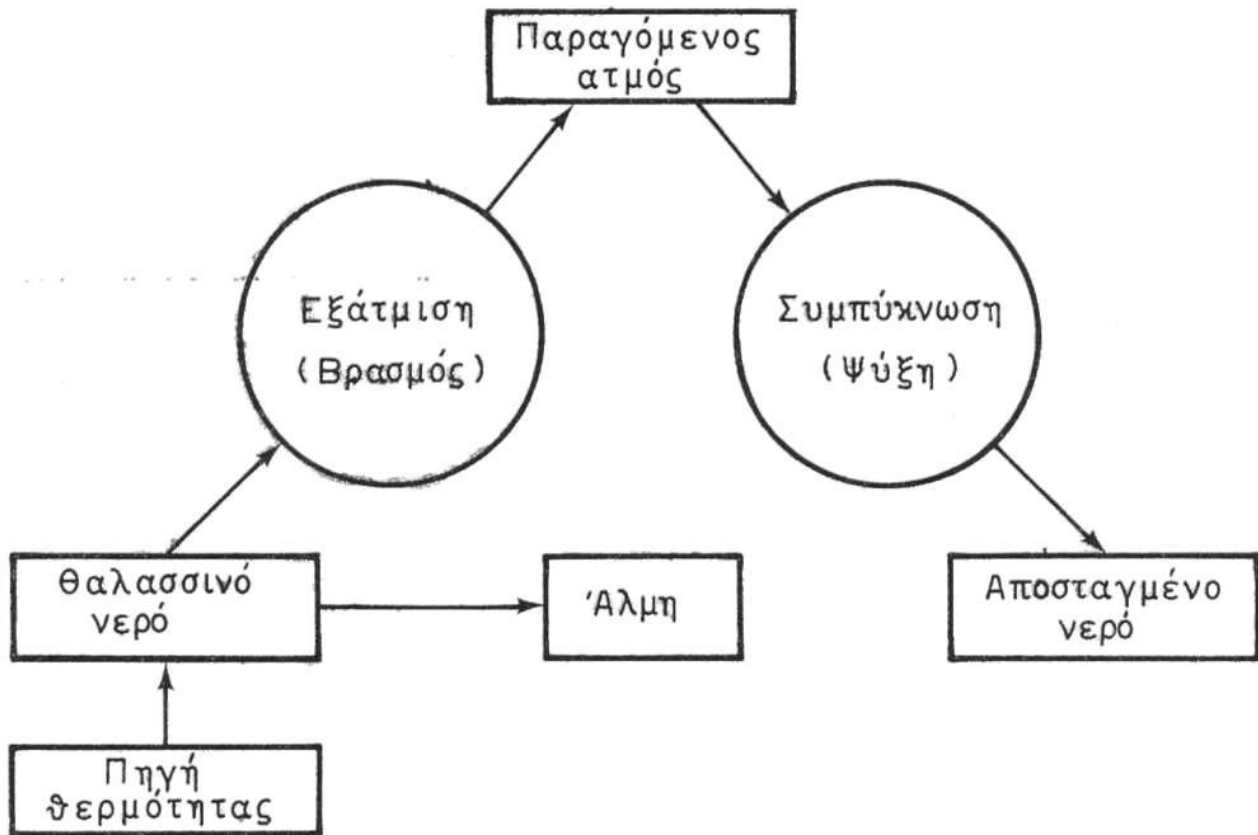
Η διαδικασία της μετατροπής πραγματοποιείται με δυο εναλλακτικές θερμότητας όπου ο ένας ονομάζεται εξατμιστής και ο άλλος συμπυκνωτής. Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι η εγκατάσταση λειτουργεί υπό κενό, δηλαδή με αρνητική πίεση και αυτό γιατί το σημείο βρασμού αλλάζει. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να ατμοποιήσουμε το νερό σε χαμηλότερη θερμοκρασία συνεπώς θα έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα με μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Στον εξατμιστή εισέρχεται το νερό και στην συνέχεια βράζει και εξατμίζεται. Στον συμπυκνωτή ή ψυγείο εισέρχεται ο παραγόμενος ατμός όπου και ψήχεται με θαλασσινό νερό και συμπυκνώνεται σε αποταγμένο νερό. Μέσα στο βραστήρα το ατμοποιημένο θαλασσινό νερό αποχωρίζεται από άλατα και άλλες ξένες ουσίες οι οποίες μένουν μέσα στον υδροθάλαμο του βραστήρα.

Με την απόσταξη δεν είναι δυνατόν να αποχωρισθούν από το θαλασσινό νερό υγρά ή αέρια, τα οποία έχουν σημείο βρασμού μεγαλύτερο από το νερό. Έτσι, ίχνη αμμωνίας π.χ. από μολυσμένα νερά λιμνών ή ποταμών μπορεί να παρουσιασθούν στο αποταγμένο νερό. Επίσης δεν αφαιρούνται όλα τα μικρόβια ή βακτήρια που μπορεί να περιέχονται σε αυτό. Συνεπώς για να αποφύγουμε αυτή την εστία μόλυνσης σταματάμε την λειτουργία του βραστήρα όταν το καράβι βρίσκεται κοντά σε ποταμούς, λίμνες αλλά και σε όλα τα λιμάνια πριν την είσοδο μας διότι σε αυτές τις περιοχές υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μόλυνσης.

Το παραγόμενο νερό όμως ή αλλιώς αποσταγμένο νερό δεν χρησιμοποιείτε μόνο για λόγους ενδιαιτήσης, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του χρησιμοποιείται κυρίως για την τροφοδότηση των λεβήτων καθώς και για την κυκλοφορία στο κλειστό σύστημα ψύξεως των Μ.Ε.Κ.(Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως).

Η καλή λειτουργία του βραστήρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, κάθε ένας από τους οποίους ασκεί και ανάλογη επίδραση. Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ρευστού που παρέχει την θερμότητα και εκείνου που την παραλαμβάνει, η φύση και η καθαρότητα της επιφάνειας μετάδοσης και ο συντελεστής της θερμοπερατότητας της, η ταχύτητα των δυο ρευστών κλπ. Συνιστούν σοβαρά θερμοδυναμικά προβλήματα.

Η ποιότητα του παραγόμενου νερού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ομαλή λειτουργία του βραστήρα. Μια σοβαρή όσο και πιθανή λειτουργική ανωμαλία τους είναι η λεγόμενη ανάδραση



και προβολή του βραστήρα. (Ναυτικοί Ατμολέβητες τόμος Β, εκδόσεως Ιδρύματος Ευγενίδου).

Σχήμα: Σκαριφιματική απεικόνιση διαδικασίας απόσταξης

Με τον όρο ανάβραση εννοούμε το βίαιο βρασμό του νερού του υδροθάλαμο του εξατμιστή. Αυτός προκαλεί την αναταραχή της μάζας του νερού το οποίο εισχωρεί έτσι μέσα στη μάζα του παραγόμενου ατμού. Ως προβολή εξάλλου ορίζουμε την αναγκαστική μεταφορά των παραπάνω ποσοτήτων νερού από τον παραγόμενο ατμό προς τον συμπυκνωτή. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η σοβαρή μόλυνση με άλατα του παραγόμενου αποστάγματος και γενικότερα του όλου δικτύου τροφοδοτικού νερού.

Η ανάβραση βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την θερμοκρασιακή διαφορά του ρευστού που θερμαίνεται, καθώς και με την πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου του βραστήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά αυτή και μεγαλύτερη η πυκνότητα του εξατμιζόμενου νερού, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αναβράσεως και προβολής.

Ανάλογα προβλήματα δημιουργούν τα άλατα που περιέχονται στο νερό, από τα οποία ορισμένα παρουσιάζουν αρνητική διαλυτότητα, είναι δηλαδή λιγότερο διαλυτά στο θερμό νερό παρά στο ψυχρό. Έτσι σε πολύ ζεστό νερό τα άλατα κατακρημνίζονται και επικάθονται στις θερμαινόμενες επιφάνειες ως καθαλατώσεις. Οι καθαλατώσεις προκαλούν μεγάλη δυσχέρεια στη λειτουργία των αποστακτήρων γιατί προκαλούν πτώση της ατμοπαραγωγικής ικανότητας του εξατμιστήρα και απώλεια θερμότητας. Αυτό συμβαίνει, γιατί παρεμποδίζουν τη διάβαση της θερμότητας από τον ατμό ή νερό που θερμαίνει προς το υπό εξάτμιση νερό λόγω θερμικών αντιστάσεων. Αυτές παρεμβάλλονται κατά τη διάβαση της θερμότητας από την επικάθηση των καθαλατώσεων στις θερμαινόμενες επιφάνειες των στοιχείων του εξατμιστήρα.

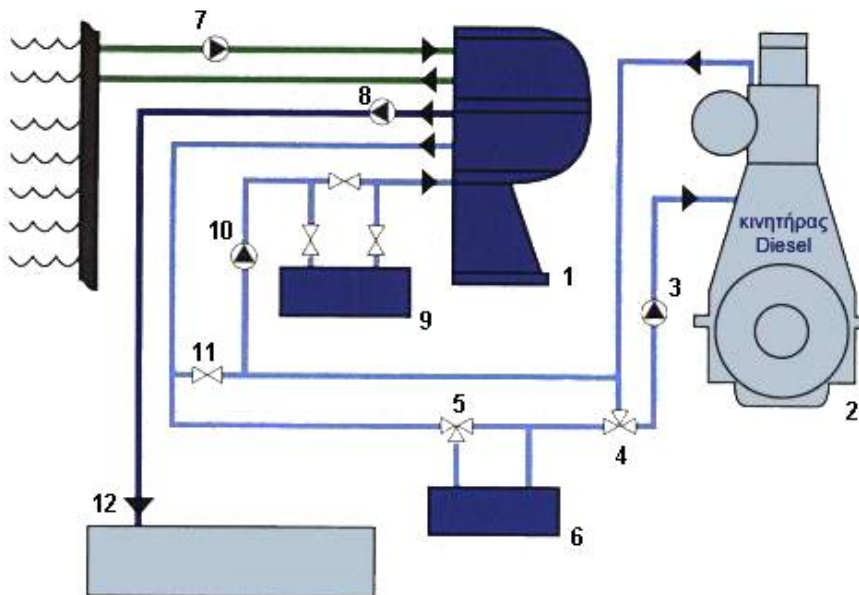
Το μαγειρικό αλάτι, το οποίο περιέχει το θαλασσίνο νερό, χημικά γνωστό ως χλωριούχο νάτριο, δεν δημιουργεί καθαλατώσεις στους αποστακτήρες, γιατί παραμένει διαλυμένο στο νερό και σε πολύ μεγάλες αναλογίες, μέχρι και 7/32 του αγγλικού αλατόμετρου. Το θαλασσίνο νερό όμως περιέχει και πολλές ενώσεις, από τις οποίες κυριότερες είναι: το ανθρακικό ασβέστιο, το θεικό ασβέστιο και σε μικρή αναλογία το πυρίτιο.

Παρόλο ότι το χλωριούχο νάτριο παραμένει σε διάλυση και δεν κατακρημνίζεται μέσα στον αποστακτήρα, ο τακτικός έλεγχος της πυκνότητας του νερού είναι αναγκαίος. Αυτό γιατί, όταν η πυκνότητα αυτή είναι υψηλή, λόγω του χλωριούχου νατρίου, δημιουργούνται τάσεις στην επιφάνεια του νερού και οι φουσκάλες του παραγόμενου ατμού καθώς διασπώνται με ορμή προκαλούν αφρισμό και προβολές. Έχει αποδειχθεί ότι η πυκνότητα του νερού είναι $1^{1/2}$ φορά μεγαλύτερη από την πυκνότητα της θάλασσας δεν δημιουργεί εξαιρετικό κίνδυνο προβολής και ότι η απολυόμενη θερμότητα δεν είναι υπερβολική. Ο έλεγχος της πυκνότητας του υδροθαλάμου του εξατμιστήρα επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ποσότητας του καταθλιβόμενου νερού έξω από το πλοίο από την αντλία καθαλατώσεων. Μεγαλύτερη δηλαδή εξαγωγή νερού του υδροθαλάμου συντελεί στη διατήρηση μικρότερης πυκνότητας μέσα σε αυτόν και αντίστροφα.

Η ικανότητα παραγωγής γλυκού νερού επί πλοίου μπορεί να θεωρηθεί υποχρεωτική για ποντοπόρα πλοία. Η επιλογή του τύπου και ο σχεδιασμός της εγκατάστασης παραγωγής γλυκού νερού και των σχετικών συστημάτων αποθήκευσης και διανομής, επηρεάζεται από την απαιτούμενη παροχή και ποιότητα του παραγόμενου γλυκού νερού, τον τύπο και τον τρόπο λειτουργίας του πλοίου, τη διαθεσιμότητα πηγών θερμότητας επί πλοίου, την αξιοπιστία της εγκατάστασης και τα κόστη κτήσεως και λειτουργίας. Για πολλά πλοία με ολιγάριθμο πλήρωμα και μικρές απαιτήσεις γλυκού νερού, η εγκατάσταση μπορεί να σχεδιασθεί με γνώμονα τη διαθέσιμη θερμότητα παρά τις πραγματικές ανάγκες. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μονάδες παραγωγής γλυκού νερού είναι οι αποστακτήρες υποθλίψεως και οι αποστακτήρες εμβαπτισμένης επιφάνειας

χαμηλής πίεσης. Οι μονάδες αυτές γενικά λειτουργούν με θερμότητα από το νερό ψύξης των χιτωνίων και απαντώνται σε διατάξεις μίας, δύο ή τριών βαθμίδων. Οι μονοβάθμιες μονάδες συνήθως εγκαθίστανται σε πλοία στα οποία κύρια μηχανή αποτελεί κινητήρας Diesel, λόγω του μικρότερου κόστους κτήσεως, όγκου και βάρους και λόγω του ότι το νερό ψύξης των χιτωνίων διατίθεται ως πηγή θερμότητας, ενώ οι απαιτήσεις ως προς την ποιότητα του παραγόμενου νερού μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα αυστηρές (τυπική εγκατάσταση αποστακτήρα υποθλίψεως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1). Πολυβάθμιοι αποστακτήρες επιτρέπουν μεγαλύτερη παραγωγή γλυκού νερού από δεδομένη παροχή θερμότητας και υψηλότερη ποιότητα αποστάγματος, είναι όμως ακριβότεροι, μεγαλύτερου όγκου, βάρους και πολυπλοκότητας. Γενικά οι αποστακτήρες που λειτουργούν με θερμότητα από το νερό ψύξης των χιτωνίων θερμαίνονται με ατμό από εφεδρική

πηγή κατά τη διάρκεια παραμονής στο λιμάνι ή σε αγκυροβόλιο.



- ΥΠΟΜΝΗΜΑ**
1. Αποστακτήρας
 2. Κινητήρας Diesel
 3. Αντλία κυκλοφορίας νερού ψύξης χιτωνίων
 4. Θερμοστατική βαλβίδα
 5. Θερμοστατική βαλβίδα
 6. Ψυγείο νερού ψύξης χιτωνίων
 7. Αντλία τροφοδοτικού θαλασσινού νερού (Ejector pump)
 8. Αντλία γλυκού νερού
 9. Θερμαντήρας (εφεδρικός)
 10. Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού
 11. Βαλβίδα bypass

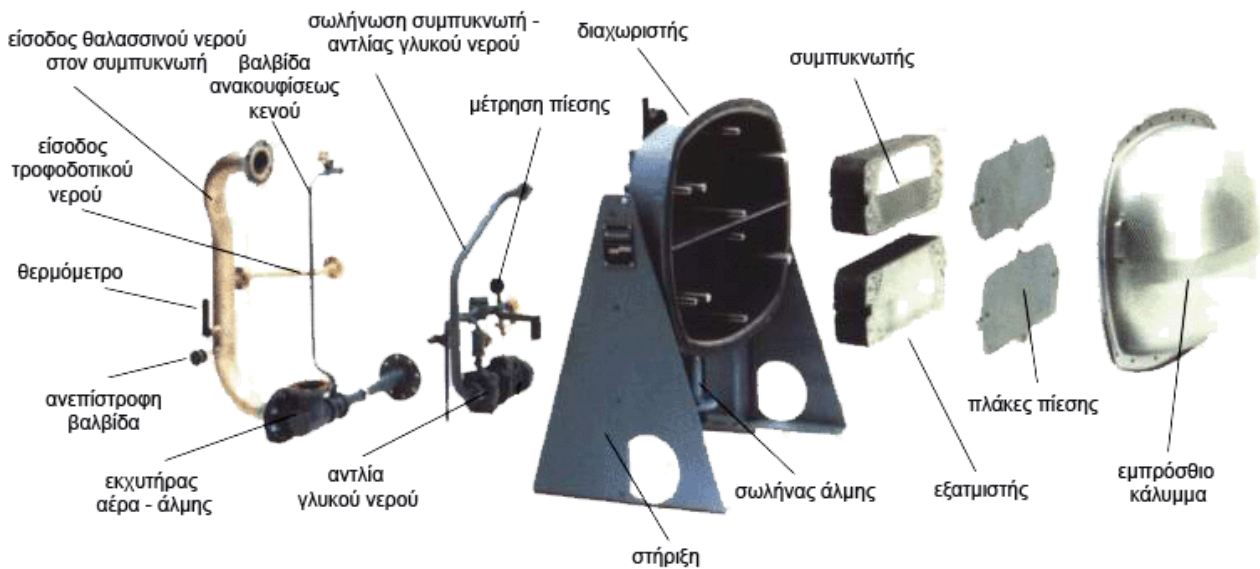
12. Δεξαμενή γλυκού νερού

Σχήμα 1. Εγκατάσταση αποστακτήρα υποθλίψεως

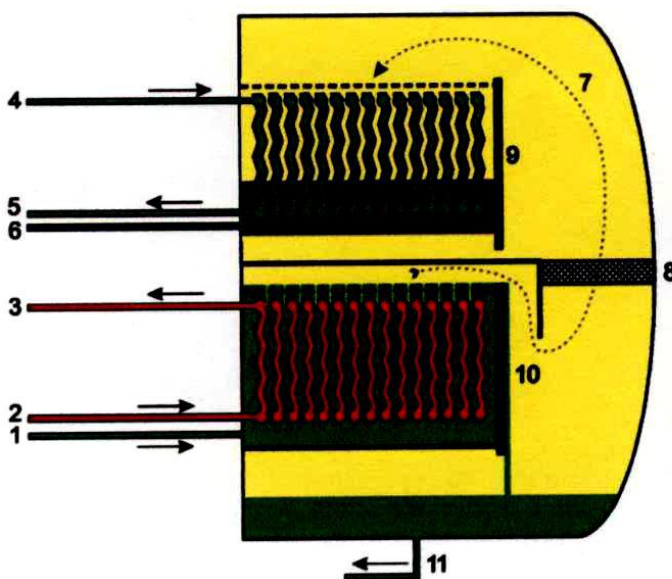
Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποστακτήρες υποθλίψεως δεν θερμαίνουν αρκετά το νερό ώστε να σκοτωθούν τα βακτήρια, επομένως το παραγόμενο αποσταγμένο νερό απαιτεί χλωρίωση ή άλλου είδους επεξεργασία ώστε να καταστεί πόσιμο.

1.2 Βασικά Μέρη - Αρχή λειτουργίας

Ένας τυπικός αποστακτήρας υποθλίψεως αποτελείται βασικά από έναν κυλινδρικό θάλαμο ο οποίος περιέχει δύο εναλλάκτες θερμότητας επιπέδων πλακών (πλακοειδείς εναλλάκτες), ο ένας εκ των οποίων λειτουργεί ως εξατμιστής και ο άλλος ως συμπυκνωτής. Η θερμότητα για την ατμοποίηση προσδίδεται από το νερό ψύξης των χιτωνίων της κύριας μηχανής πρόωσης του σκάφους (αν αυτή είναι κινητήρας Diesel) ή από ένα κλειστό κύκλωμα γλυκού νερού που θερμαίνεται από λέβητα καυσαερίων του πλοίου. Η ατμοποίηση του θαλασσινού νερού γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία ως αποτέλεσμα των συνθηκών κενού που επικρατούν στον θάλαμο του αποστακτήρα. Ως ψυκτικό μέσο για τη συμπύκνωση του παραχθέντος ατμού χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό. Τα βασικά μέρη ενός αποστακτήρα υποθλίψεως παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Βασικά μέρη τυπικού αποστακτήρα υποθλίψεως.

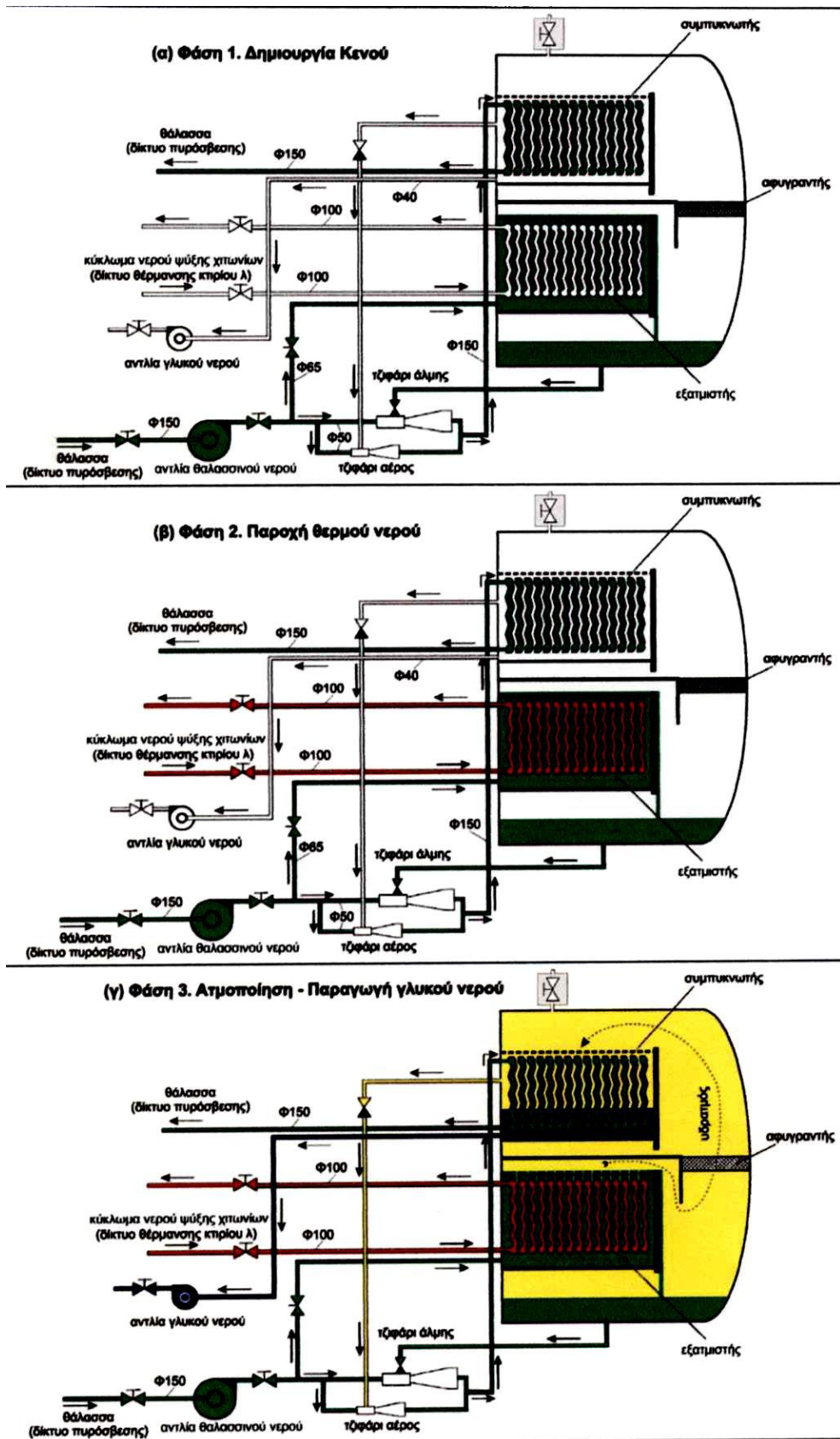


ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
1.	Τροφοδοσία θαλασσινού νερού
2.	Εισαγωγή θερμαντικού ρευστού
3.	Εξαγωγή θερμαντικού ρευστού
4.	Εισαγωγή θαλασσινού νερού ψύξης
5.	Εξαγωγή θαλασσινού νερού ψύξης
6.	Έξοδος γλυκού νερού (αποστάγματος)
7.	Υδρατμός
8.	Αφυγρατής
9.	Συμπυκνωτής
10.	Εξατμιστής
11.	Εξαγωγή άλμης

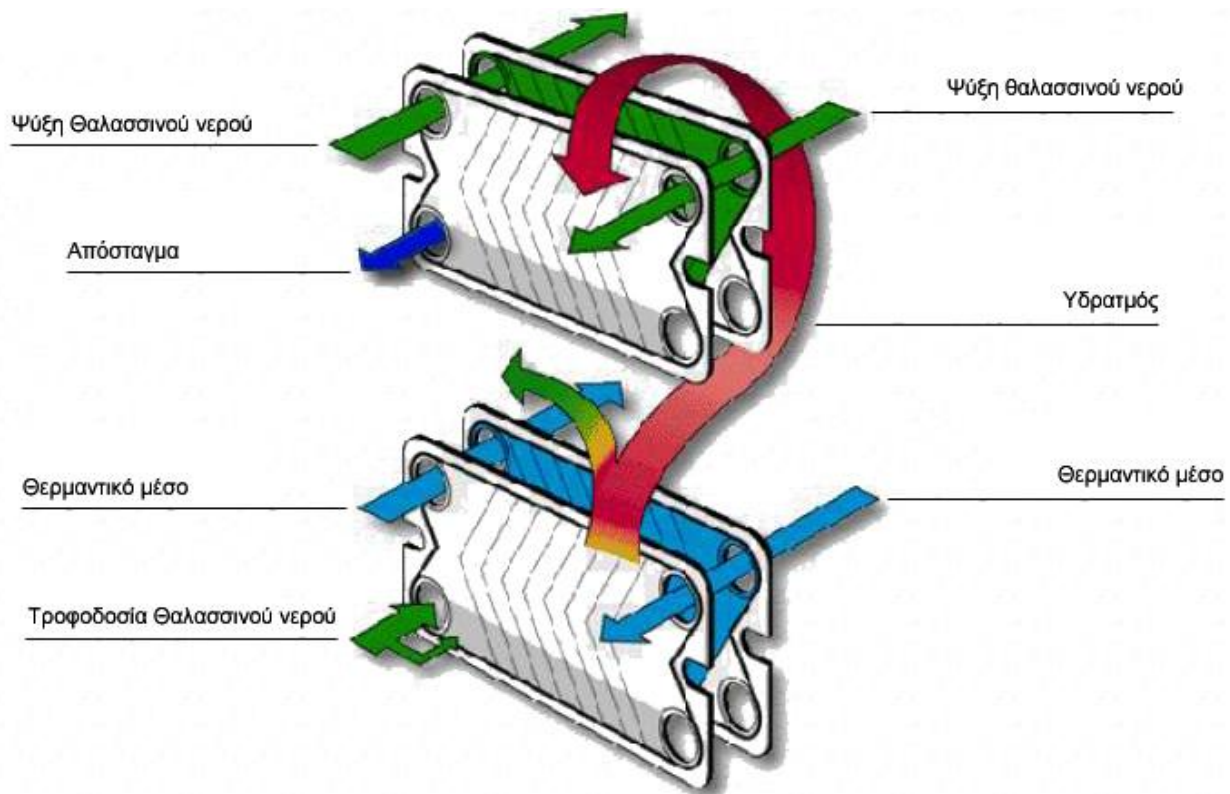
Σχήμα 3. Αρχή λειτουργίας αποστακτήρα υποθλίψεως.

Η αρχή λειτουργίας τυπικού μονοβάθμιου αποστακτήρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Συνοπτικά, η διαδικασία δημιουργίας κενού, ατμοποίησης και συμπύκνωσης του θαλασσινού νερού που οδηγεί στην παραγωγή γλυκού νερού είναι η ακόλουθη:

- Το κύκλωμα τροφοδοσίας θαλασσινού νερού περιλαμβάνει διάταξη εγχυτήρων (τζιφαριών) άλμης και αέρος οι οποίοι, λόγω της κυκλοφορίας του θαλασσινού νερού (δημιουργώντας κατάλληλη υποπίεση) αναρροφούν συνεχώς αέρα, ατμό, θαλασσινό νερό και άλμη από το εσωτερικό του αποστακτήρα δημιουργώντας συνθήκες κενού της τάξεως του 90-95% στο εσωτερικό αυτού. Η διαδικασία δημιουργίας κενού στον αποστακτήρα παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 4(α).
- Μέρος του τροφοδοτικού θαλασσινού νερού εισέρχεται στον εξατμιστή (Σχήμα 3: Σημείο 1) και εξατμίζεται σε θερμοκρασία 40° - 50° C (λόγω του υπάρχοντος κενού) καθώς περνά από εναλλάκτη πλακών θερμαινόμενων από το μέσο θέρμανσης (Σχήμα 3: είσοδος θερμού νερού - Σημείο 2, έξοδος θερμού νερού - Σημείο 3). Η διαδικασία παροχής θερμού νερού στον αποστακτήρα παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 4(β). Η αρχή λειτουργίας του εναλλάκτη ατμοποίησης παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.
- Οι παραγόμενοι ατμοί από τον βρασμό του θαλασσινού νερού ανεβαίνουν με φυσική ροή προς τον συμπυκνωτή και περνούν δια μέσου του αφυγραντή (Σχήμα 3: Σημείο 8), όπου κατακρατούνται σταγονίδια και άλατα που παρασύρει ο ατμός. Η συμπύκνωση των υδρατμών πραγματοποιείται σε εναλλάκτη πλακών ψυχόμενο από το θαλασσινό νερό ψύξης (Σχήμα 3: είσοδος θαλασσινού νερού ψύξης - Σημείο 4, έξοδος θαλασσινού νερού ψύξης - Σημείο 5). Το παραχθέν γλυκό νερό (απόσταγμα) παραλαμβάνεται (Σχήμα 3: Σημείο 6) και οδηγείται σε δεξαμενή γλυκού νερού του πλοίου. Η ποιότητα του αποστάγματος ελέγχεται με σαλινόμετρο το οποίο μετρά συνεχώς την περιεκτικότητά του σε άλατα. Εάν η αλατότητα υπερβαίνει την επιτρεπόμενη τιμή, ενεργοποιείται ο συναγερμός και με άνοιγμα ηλεκτρομαγνητικής βάνας το γλυκό νερό απορρίπτεται στο κύκλωμα θαλασσινού νερού ή στις σεντίνες του πλοίου. Η διαδικασία ατμοποίησης - παραγωγής γλυκού νερού στον αποστακτήρα παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 4(γ). Η αρχή λειτουργίας του εναλλάκτη συμπύκνωσης παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.



Σχήμα 4. Αποστακτήρας υποθλίψεως: (α) Δημιουργία κενού, (β) Παροχή θερμού νερού, (γ) Ατμοποίηση - Παραγωγή γλυκού νερού.



Σχήμα 5. Αποστακτήρας υποθλίψεως: Αρχή λειτουργίας εναλλακτών εξατμιστή και συμπυκνωτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Στην συνέχεια θα περιγράψουμε μερικούς ακόμα τύπους βραστήρων που επικρατούν κατά μεγαλύτερο ποσοστό στην ναυτιλία.

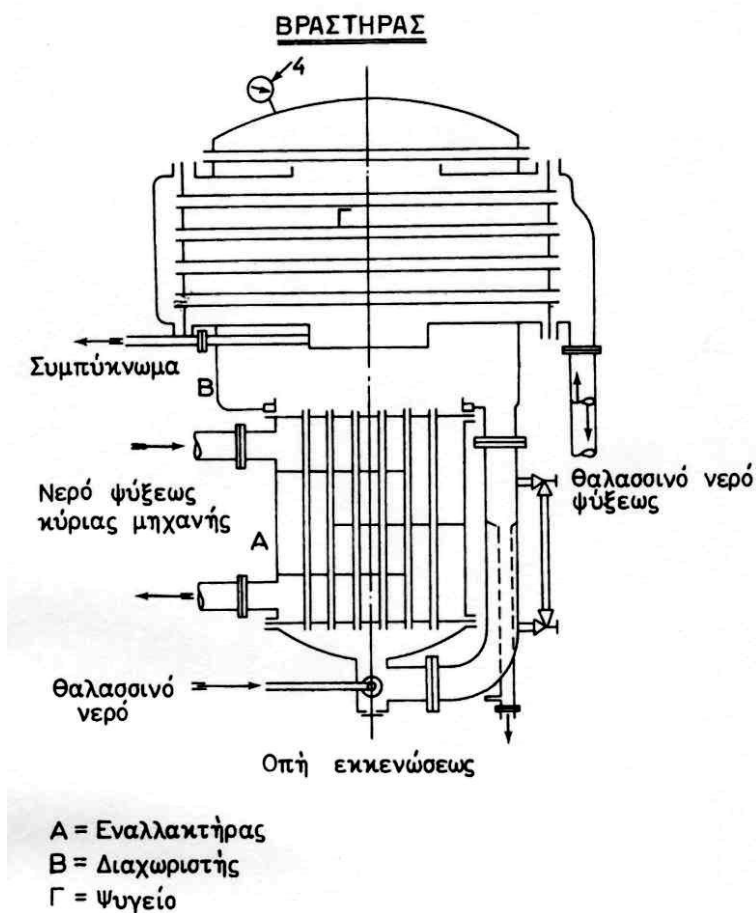
2.1 Βραστήρας ATLAS τύπου A.F.G.

2.1.1 Περιγραφή

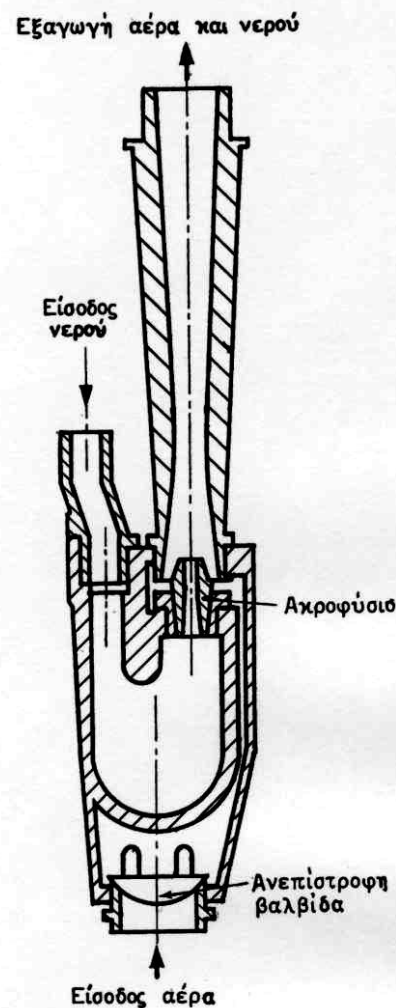
Ο Βραστήρας αυτός αποτελείται από εναλλακτήρα θερμότητας A, διαχωριστήρα B, (σχ. 6), εγχυτήρα, αντλία εγχυτήρα και δυο αντλίες εξαγωγής συμπυκνώματος.

2.1.2 Γενική αρχή

Ο βραστήρας λειτουργεί χωρίς κατανάλωση καυσίμου, γιατί η θερμότητα για την εξάτμιση του θαλασσινού νερού, λαμβάνεται από το νερό ψύξεως της κύριας μηχανής.



Σχήμα 6: Βραστήρας τύπου ATLAS τύπου A.F.G



Σχήμα 7: Εγχυτήρας

Αν συμβεί ζημιά στο ψυγείο του γλυκού νερού σε πολλές περιπτώσεις θα είναι δυνατόν να λειτουργήσει η Μ.Ε.Κ. με τον βραστήρα μόνο ως ψυγείο, ώσπου να επισκευαστεί το ψυγείο του γλυκού νερού.

Μέρος του νερού ψύξεως της μηχανής, που κανονικά έχει θερμοκρασία $60^{\circ} - 65^{\circ} \text{C}$ ($140^{\circ} - 159^{\circ} \text{F}$) στην εξαγωγή από την κινητήρια μηχανή, οδηγείται στον εναλλακτήρα θερμότητας του βραστήρα. Εκεί κυκλοφορεί στην εξωτερική πλευρά των αυλών αποδίδοντας θερμότητα στο θαλασσινό νερό, το οποίο διέρχεται από του αυλούς. Το θαλασσινό αυτό νερό εξατμίζεται, μιας και το σημείο βρασμού του είναι περίπου στους 30°C (100°F) λόγω του κενού που δημιουργείται στο βραστήρα από τον εγχυτήρα (περίπου 93%). Σε πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες του θαλασσινού νερού, η θερμοκρασία βρασμού θα είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη από τους 38°C αντίστοιχά.

Ο παραγόμενος ατμός στον εναλλακτήρα θερμότητας διέρχεται μέσω του διαχωριστήρα και οδηγείται προς το ψυγείο, όπου ψύχεται από το θαλασσινό νερό, που κυκλοφορεί δια μέσου αυλών του ψυγείου εσωτερικά.

Ο εγχυτήρας (σχ. 7) δημιουργεί κενό στον βραστήρα (περίπου 93%) και σε αυτό οφείλεται η χαμηλή θερμοκρασία εξατμίσεως (περίπου 38° C) του θαλασσινού νερού. Η αντλία του εγχυτήρα είναι κοινή κεντρόφυγη αντλία, που στέλνει θαλασσινό νερό προς τον εγχυτήρα. Οι αντλίες εξαγωγής συμπυκνώματος είναι κανονικές κεντρόφυγες.

Η αντλία αναρροφήσεως έχει σκοπό να διατηρεί κατάλληλη χαμηλή συμπύκνωση άλατος στο θαλασσινό νερό εσωτερικά του εναλλακτήρα θερμότητας, με την συνεχή αναρρόφηση θαλασσινού νερού από τον εναλλακτήρα θερμότητας, ενώ ταυτόχρονα νέο θαλασσινό νερό προστίθεται δια μέσου της ρυθμιστικής βαλβίδας, ώστε να ελαττώνεται ο κίνδυνος σχηματισμού καθυαλώσεων στον εναλλακτήρα. Κανονικά πρέπει να τροφοδοτείται ο εναλλακτήρας κατά προσέγγιση 3-4 φορές περισσότερο με θαλασσινό νερό, από το ποσό που θα εξατμισθεί. Στην περίπτωση π.χ. βραστήρα που πρέπει να παράγει 1000 λίτρα γλυκού νερού την ώρα, η αντλία πρέπει να αναρροφά τουλάχιστον 2000-3000 λίτρα θαλασσινού νερού ανά ώρα. Η αντλία αναρροφήσεως συμπυκνώματος αναρροφά το παραγόμενο γλυκό νερό από το ψυγείο του βραστήρα και το καταθλίβει στις δεξαμενές γλυκού νερού του πλοίου.

2.2 Βραστήρας A.C.B

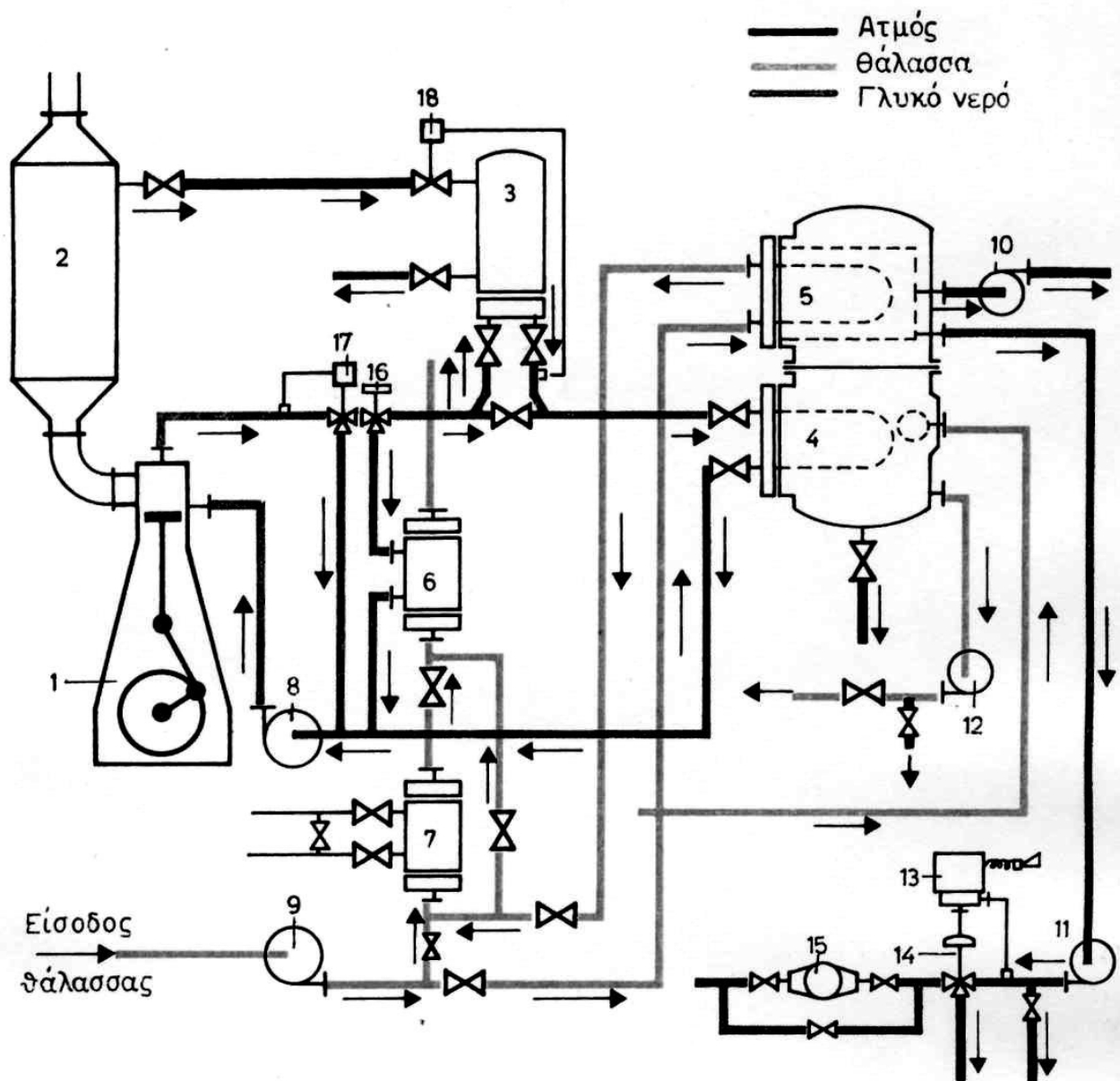
Ο βραστήρας αυτός είναι κατακόρυφου τύπου και κατασκευάζεται από τα εργοστάσια A.C.B (Ateliers et Chantiers de Bretagne) και αποτελεί επιτυχή συνδυασμό επωφελούς χρησιμοποίησεως των θερμίδων των καυσαερίων της κύριας μηχανής Diesel.

Ο βραστήρας A.C.B παρίσταται σε τομή στο σχήμα 8, ενώ η όλη εγκατάσταση παρίσταται στο διάγραμμα 7. Το όλο σύστημα λειτουργεί ως εξής:

Το θαλασσινό νερό μέσω της αντλίας κυκλοφορίας (9) εισέρχεται στον εξατμιστήρα (4) όπου και εξατμίζεται, ενώ από τον πυθμένα του υδροθαλάμου μέσω της αντλίας (12) γίνεται η εξαγωγή των καθυαλώσεων, όπου μετρείται και η πυκνότητά τους. Άλλη διακλάδωση του θαλασσινού νερού το οδηγεί στον συμπυκνωτή του παραγόμενου αερίου (5), από όπου αυτό εξέρχεται και ενώνεται με την κατάθλιψη της αντλίας (9). Τρίτη διακλάδωση με βαλβίδες βραχυκυκλώσεως του ψυγείου λαδιού της μηχανής (7), ψύχει το λάδι της μηχανής και στην συνέχεια το γλυκό νερό ψύξεως της στο ψυγείο (6) και εξέρχεται στη θάλασσα. Ο λέβητας (2) με

τα καυσαέρια της κύριας μηχανής παράγει ατμό, που θερμαίνει το αποσταγμένο νερό, μέσα στον αναθερμαντήρα (3). Η ποσότητα του ατμού που εισέρχεται στον αναθερμαντήρα, ελέγχεται από τον θερμοστάτη (18). Ο ατμός μετά την συμπύκνωση του στον αναθερμαντήρα (3) οδεύει προς την δεξαμενή υγρών.

Ως μέσο θερμάνσεως του βραστήρα χρησιμοποιείται το νερό κυκλοφορίας της μηχανής, το οποίο εισέρχεται από αυτή στον αναθερμαντήρα (3), όπου υψώνεται η θερμοκρασία του. Κατόπιν εισέρχεται στον εξατμιστήρα (4), εξατμίζει το θαλασσινό νερό και επιστρέφει μέσω της αντλίας γλυκού νερού πίσω στη μηχανή.

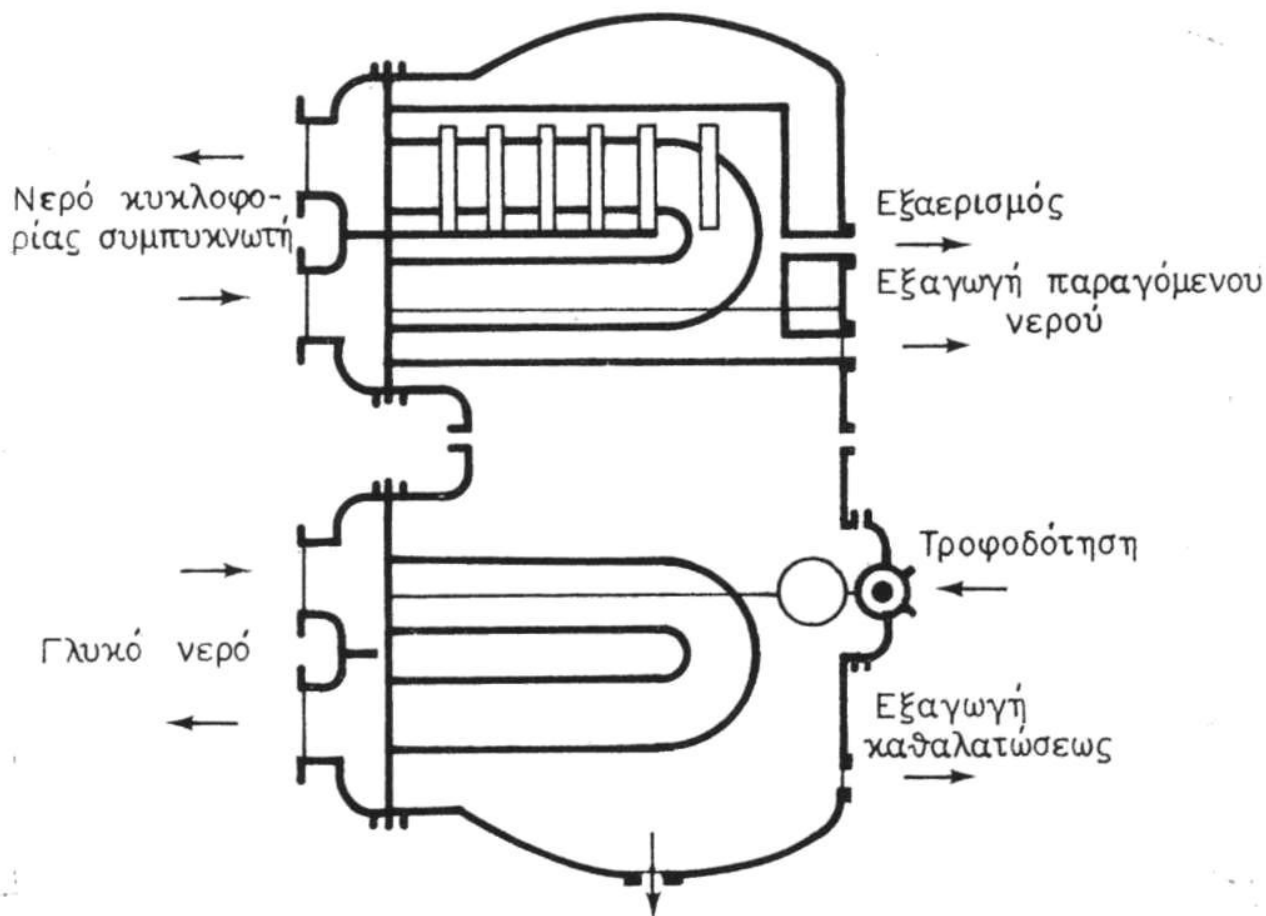


Σχήμα 7: Εγκατάσταση βραστήρα A.C.B.

- 1)Κινητήρας Diesel. 2)Λέβητας καυσαερίων. 3)Αναθερμαντήρας γλυκού νερού με ατμό. 4)Δέσμη αυλών εξατμιστή. 5)Δέσμη αυλών συμπυκνωτή. 6)Ψυγείο γλυκού νερού. 7)Ψυγείο λαδιού. 8)Αντλία ψύξεως της μηχανής. 9)Αντλία θαλασσινού νερού. 10)Αεραντλία 11)Αντλία

αποστάγματος. 12) Αντλία εξαγωγής άλμης. 13) Σαλινόμετρο. 14) Ηλεκτρονική βαλβίδα. 15) Υδρομετρητής αποσταγμένου νερού. 16) Τρίστομος κρουνοί. 17) Θερμοστατική βαλβίδα γλυκού νερού. 18) Θερμοστατική βαλβίδα ατμού.

Δηλαδή πραγματοποιεί έτσι ένα κλειστό κύκλωμα. Στο κύκλωμα προβλέπεται διακλάδωση του νερού προς το ψυγείο γλυκού νερού (6) από τον κρουνοί (16) και παρακαμπτήριο της από την θερμοστατική βαλβίδα (17). Επίσης προβλέπεται παρακαμπτήριο σωλήνωση του αναθερμαντήρα (3), όταν αυτός παύει να λειτουργεί.



Σχήμα 8: Βραστήρας A.C.B. σε τομή

Η εγκατάσταση παρέχει τρεις διαφορετικές δυνατότητες λειτουργίας αναλόγως και τον χειρισμό των κατάλληλων διακοπών.

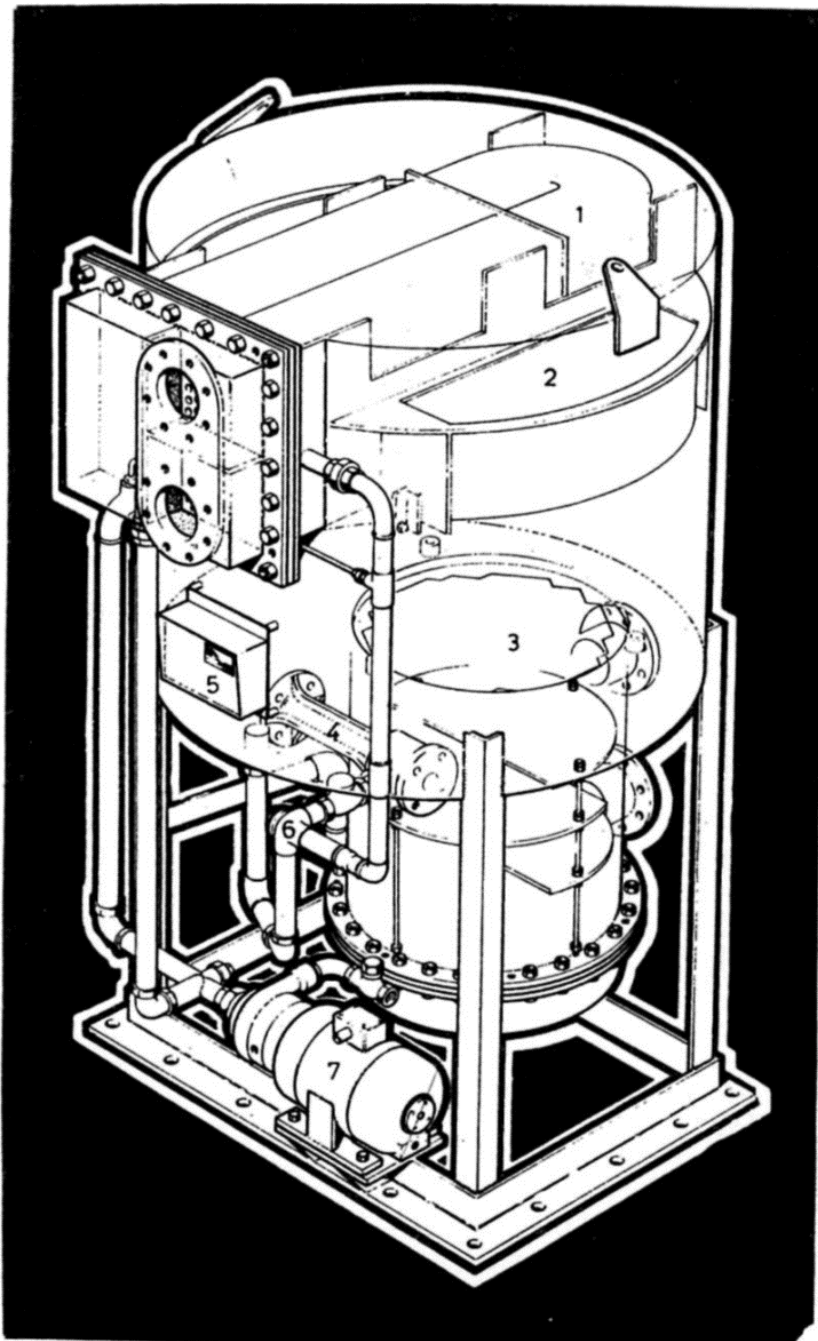
A) Βραστήρας εκτός λειτουργίας.

B) Βραστήρας σε λειτουργία με θέρμανση του από το νερό ψύξης της μηχανής.

Γ) Βραστήρας σε λειτουργία με θέρμανση του από το νερό κυκλοφορίας, το οποίο αναθερμαίνεται στον αναθερμαντήρα.

2.3 Σύγχρονοι τύποι βραστήρων Weir.

Αυτού του τύπου οι βραστήρες είναι κατά κανόνα απλού κελύφους χαμηλής πίεσεως μίας φάσεως με ορισμένες διαφορές σε σύγκριση με τον βασικό τύπο MX, οι οποίες θα αναφερθούν



στην συνέχεια. Το σχήμα 9 παριστάνει το βραστήρα τύπου MX με τα κύρια μέρη του.

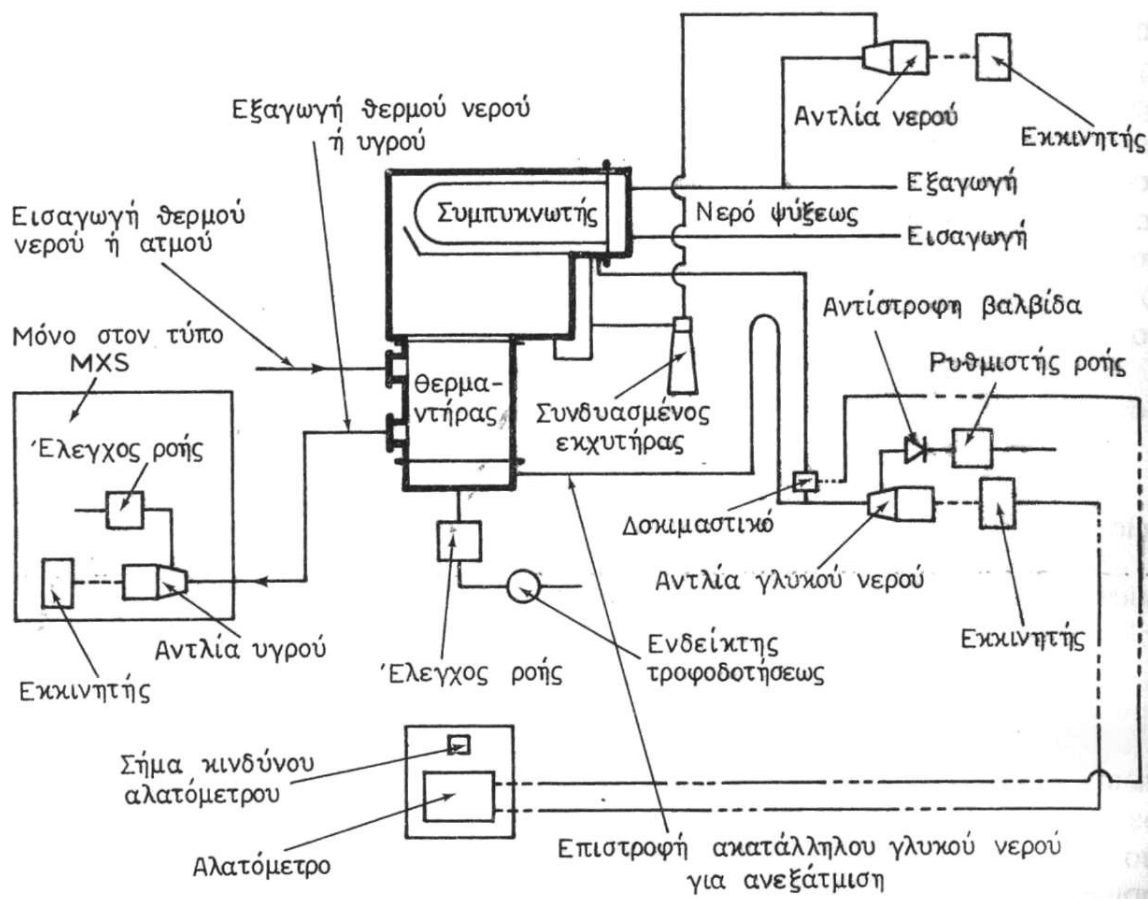
Σχήμα 9: Βραστήρας τύπου MX

1) Δέσμη αυλών ψυγείου αποσταγμένου νερού. 2) Αφυγραντήρας παραγόμενου ατμού. 3) Δέσμη αυλών θερμάνσεως. 4) Εγχυτήρας άλμης και αέρα. 5) Σαλινόμετρο. 6) Ρυθμιστής τροφοδοτήσεως. 7) Αντλία αποσταγμένου νερού.

Ο βραστήρας φαίνεται ως ενσωματωμένη επάνω σε σιδερένια βάση μονάδα και είναι σχεδιασμένος για να λειτουργεί σε ατμοκίνητα ή ντιζελοκίνητα πλοία. Τα θερμαντικά στοιχεία τοποθετημένα κατακόρυφα αποτελούνται από ορειχάλκινους αυλούς εκτονωμένους σε αντίστοιχες πλάκες. Οι αυλοί του ψυγείου αποσταγμένου νερού είναι τοποθετημένοι οριζόντια και έχουν ίδια κατασκευή, όπως οι αυλοί των θερμαντικών στοιχείων, ενώ ο αποχωριστής υγρασίας (αφυγραντήρας) είναι κατασκευασμένος με πυκνής πλέξεως σύρμα από κράμα (monel metal). Το σαλινόμετρο ελέγχει την κίνηση της αντλίας γλυκού νερού.

Η βασική μονάδα τύπου MX χρησιμοποιεί ως θερμαντικό μέσο το νερό ψύξεως της μηχανής και έτσι παράγει αποσταγμένο νερό με χαμηλό κόστος.

Η μονάδα είναι εγκατεστημένη για χειροκίνητη εκκίνηση και όταν εκκινήσει δεν απαιτεί



περαιτέρω παρακολούθηση, γιατί λειτουργεί αυτόματα μέχρι κρατήσεως.

Σχήμα 10: Διαγραμματική λειτουργία των μονάδων MX και MXS

Ο τύπος MXS έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για τη χρήση σε εγκαταστάσεις ατμού. Χρησιμοποιεί ως θερμαντικό μέσο ατμό χαμηλής πίεσεως και είναι όμοιος με τον τύπο MX, με τη

διαφορά ότι είναι εφοδιασμένος με μια αντλία υγρών του θερμαντήρα για ευκολία διακινήσεως και διαθέσεως του συμπυκνώματος.

ΚΑΙΦΑΛΛΙΟ 3

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αντίστροφη όσμωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφαλάτωσης και στηρίζεται στη χρήση μεμβρανών. Ποσοστιαία αποτελεί το 62% των μεθόδων αφαλάτωσης και το 88% των μεθόδων που χρησιμοποιούν μεμβράνες. Άρχισε να εφαρμόζεται γύρω στο 1960 για τη παραγωγή πόσιμου νερού από υφάλμυρα ύδατα και το 1970, έπειτα από τη βελτίωση των ημιπερατών μεμβρανών, άρχισε η εφαρμογή της στη βιομηχανία για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Όσον αφορά την ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεθόδους αφαλάτωσης ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών και συστημάτων αντίστροφης όσμωσης είναι ο πιο διαδεδομένος αφού αποτελεί το 43% όλων των συνδυασμών Α.Π.Ε και μεθόδων αφαλάτωσης.

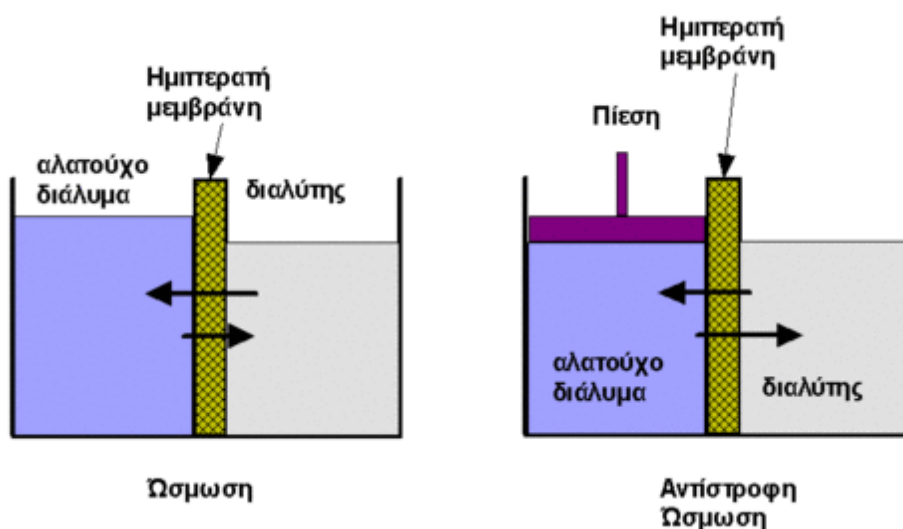
Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την αρχή λειτουργίας της αντίστροφης όσμωσης και θα παρουσιάσουμε τα υποσυστήματα που χρησιμοποιούνται σε μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών όπως η θερμοκρασία, η πίεση λειτουργίας, η συγκέντρωση αλάτων του νερού τροφοδοσίας, η ανάκτηση του αφαλατωμένου νερού και ο βαθμός pH. Τέλος θα αναφερθούμε στις ενεργειακές απαιτήσεις μονάδων Α.Ω μικρής και μεγάλης κλίμακας.

3.2 Αρχή λειτουργίας αντίστροφης όσμωσης.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου στηρίζεται σε αντιστροφή του φυσικού φαινομένου της όσμωσης. Φυσιολογικά ,όταν δυο υγρά με διαφορετική πυκνότητα (περιεκτικότητα σε άλατα) έρθουν σε επαφή, τότε το υγρό με την μικρότερη πυκνότητα, μετατοπίζεται προς το υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα, μέχρι να υπάρξει ισορροπία (το όλο μείγμα να αποκτήσει την ίδια

πυκνότητα). Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται διάχυση. Όταν όμως μεταξύ των δυο υγρών παρεμβληθεί μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε εμποδίζεται η διέλευση των αλάτων, αλλά όχι και του νερού(διαλύτης) που διέρχεται ελεύθερα στο αλατούχο διάλυμα. Η οσμωτική ροή από το αραιότερο προς το πυκνότερο υγρό συνεχίζεται, μέχρι να επιτευχθεί μια κατάσταση ισορροπίας, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του αλατούχου διαλύματος (η διαφορά της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση). Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται όσμωση.

Αν όμως ασκηθεί πίεση στο αλατούχο διάλυμα, υψηλότερη της οσμωτικής, τότε η ροή αντιστρέφεται και έχουμε έξοδο καθαρού νερού από το αλατούχο διάλυμα προς το διαλύτη. Αυτό



ονομάζεται Αντίστροφη Όσμωση.

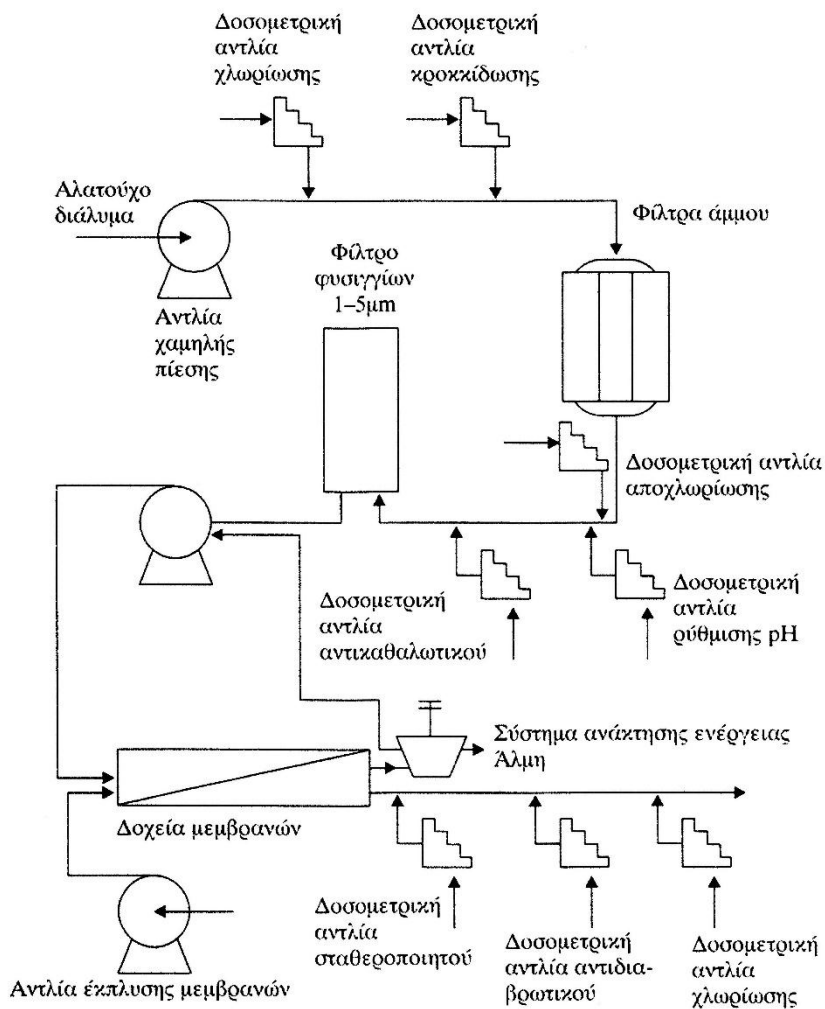
Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση όσμωσης και αντίστροφης όσμωσης

Στις σύγχρονες εφαρμογές αφαλάτωσης η διαδικασία της Αντίστροφης Όσμωσης είναι αυτοματοποιημένη με μία αντλία υψηλής πίεσης να διοχετεύει συνεχώς θαλασσινό νερό σε μεμβράνες που βρίσκονται μέσα σε ένα δοχείο υψηλής πίεσης (high pressure vessel). Το διάλυμα τροφοδοσίας (feed water) διαχωρίζεται στο διήθημα(καθαρό νερό, 30 - 40% του νερού εισόδου) που διέρχεται από τις μεμβράνες (permeate water) και στο απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, την άλμη ή αλμόλοιπο (brine). Το απορριπτόμενο διάλυμα είναι το 60-70% του νερού τροφοδοσίας και εκεί παραμένει το 99,8 % των αλάτων του διηθήματος. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις.

3.2.1 Υποσυστήματα αντίστροφης όσμωσης

Μία μονάδα αντίστροφης όσμωσης αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα:

- Το σύστημα προ-επεξεργασίας
- Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης
- Το σύστημα μετ-επεξεργασίας



Εικόνα 2: Διάγραμμα μονάδας διεργασίας αντίστροφης όσμωσης

3.2.2 Σύστημα προ-επεξεργασίας

Η προ-επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η αποδοτικότητα και η διάρκεια ζωής ενός συστήματος αντίστροφης όσμωσης. Η σωστή προεπεξεργασία βοηθάει στη σωστή λειτουργία των μεμβρανών διότι μειώνει τη μόλυνση και την αποικοδόμηση τους καθώς και τις επικαθίσεις αλάτων. Έτσι μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα του συστήματος.

Το σύστημα προ-επεξεργασίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Χλωρίωση: Το νερό τροφοδοσίας χλωριώνεται είτε με αέριο χλώριο είτε με υπο-χλωριώδες νάτριο (συχνότερα) είτε με υπο-χλωριώδες ασβέστιο (λιγότερο συχνά). Η χλωρίωση γίνεται με δοσομετρικές αντλίες συνεχώς ώστε στο νερό προς αφαλάτωση η συγκέντρωση σε ενεργό χλώριο να είναι μέχρι 10 ppm. Η χλωρίωση είναι απαραίτητη για την πρόληψη δημιουργίας επιστρώματος μόλυνσης, οργανικής κυρίως προέλευσης.

Θρόμβωση-Κροκίδωση: Τα αιωρούμενα στερεά του νερού τροφοδοσίας διέρχονται από δύο είδη φίλτρων. Τα φίλτρα άμμου και τα φίλτρα φυσιγγίων. Τα φίλτρα άμμου περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά διαφορετικού μεγέθους και τα φίλτρα φυσιγγίων συγκρατούν όλα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου των 1-5 μm.

Πολυστρωμικά φίλτρα: Τα πολυστρωμικά φίλτρα περιέχουν αδρανή υλικά σε στρώματα και λειτουργούν σαν φίλτρα επίσης περιλαμβάνουν στρώσεις διαφόρων μεγεθών από το πυθμένα προς τα πάνω, χαλαζιακά μικρά χαλίκια, αδρανή πυρριτική άμμο και ανθρακίτη.

Η πυκνότητα αυτών των υλικών είναι τέτοια έτσι ώστε να διατηρείται η διαστρωμάτωση τους ακόμα και σε ισχυρές αναδεύσεις λόγω της μεγάλης ταχύτητας του διερχόμενου θαλασσινού νερού.

Ο καθαρισμός του νερού επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους, 1) Με τη μη δυνατότητα των αιωρούμενων σωματιδίων να διαπεράσουν το ανώτατο στρώμα λόγω μεγέθους και 2) Με τη καθίζηση τους λόγω βάρους στα κατώτερα στρώματα. Να σημειωθεί πως τα φίλτρα περιλαμβάνουν κατάλληλες σωληνώσεις και βάνες ώστε να είναι δυνατή η έκπλυση τους.

Αποχλωρίωση: Το υπολειπόμενο χλώριο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι καταστροφικό για τις μεμβράνες, έτσι πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος αποχλωρίωσης. Με δοσομετρική αντλία τροφοδοτούμε το νερό με αναγωγικά μέσα κατάλληλης δοσολογίας ώστε να μη παραμείνει χλώριο στο διάλυμα. Η αποχλωρίωση γίνεται με φίλτρα ενεργού άνθρακα τα οποία επίσης συγκρατούν την αιωρούμενη οργανική ύλη και τις χλωραμίνες.

Ρύθμιση pH: Η μείωση του pH είναι απαραίτητη ώστε να αποφευχθεί η επικάθηση αλάτων. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση οξέων (συνήθως το υδροχλωρικό και το θειικό οξύ). Η δοσολογία τους καθορίζεται από τη σύσταση του κατεργαζόμενου νερού.

Προσθήκη αντικαθαλωτικού: Η παρεμπόδιση των επικαθήσεων αλάτων μπορεί να επιτευχθεί και με τη προσθήκη ειδικών αντικαθαλωτικών ουσιών. Η δράση τους οφείλεται στο ότι προσροφούνται

επιφανειακά στο αρχικό στάδιο σχηματισμού των αλατών, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν την ανάπτυξη κρυστάλλων άρα και το σχηματισμό επικαθήσεων αλάτων.

Φίλτρο φυσιγγίων: Για την ολοκλήρωση της προεπεξεργασίας, το νερό τροφοδοσίας διέρχεται από τα φίλτρα φυσιγγίων. Ο αριθμός αλλά και οι διαστάσεις τους εξαρτώνται από τη παροχή της θάλασσας. Γενικά χρησιμοποιούνται φίλτρα από πολυμερές υλικό. Να τονίσουμε πως το δοχείο στο οποίο τοποθετούνται τα φίλτρα πρέπει να είναι από ανοξείδωτο υλικό ή κατάλληλο πολυμερές ή χάλυβα επενδεδυμένο εσωτερικά με κατάλληλη επίστρωση ανθεκτική στη διάβρωση.

3.2.3 Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης

Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

Αντλία υψηλής πίεσης: Πρόκειται για αντλία με τρία ή περισσότερα έμβολα κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα και ειδικό κεραμικό υλικό για μείωση του βάρους της. Το νερό τροφοδοσίας εξερχόμενο από την αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται στα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης που βρίσκονται στα δοχεία πίεσης.

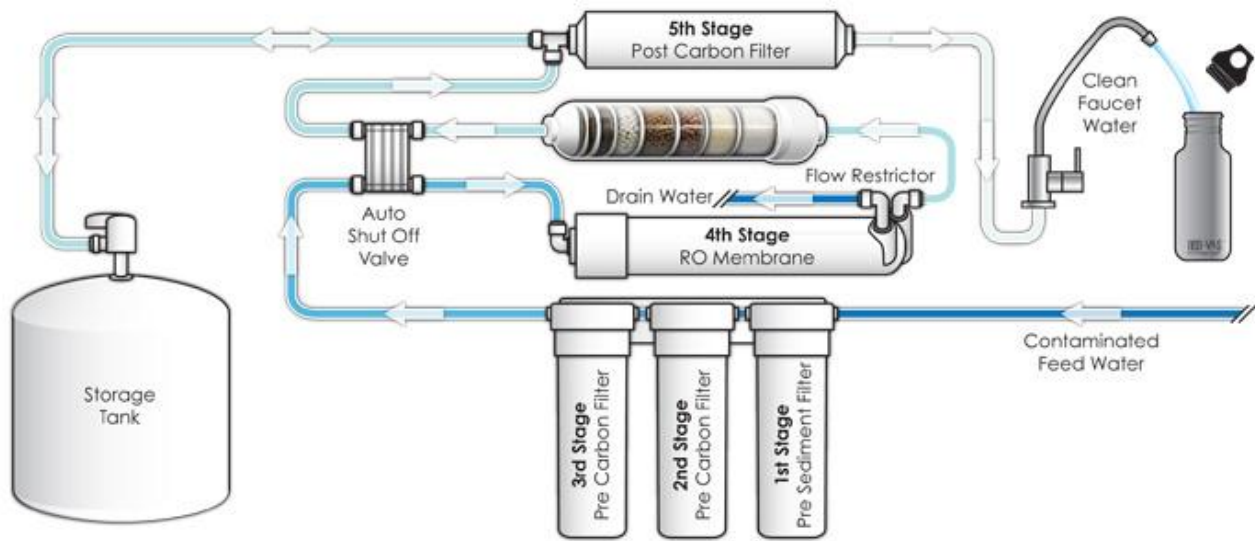
Αντλία χαμηλής πίεσης ή τροφοδοσίας: Η αντλία χαμηλής πίεσης είναι συνήθως φυγόκεντρη ή περιστροφική αντλία κατάλληλης ισχύος που τροφοδοτεί τα φίλτρα και την αντλία υψηλής πίεσης. Συνήθως εγκαθίστανται δύο αντλίες χαμηλής πίεσης, μία σε λειτουργία και μία εφεδρική. Είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικό υλικό στη διάβρωση και λαμβάνει το νερό τροφοδοσίας απευθείας από τη πηγή τροφοδοσίας ή από τη δεξαμενή εξισορρόπησης.

Στοιχεία αντίστροφης όσμωσης: Αποτελούνται από ειδικά δοχεία πίεσης εντός των οποίων τοποθετούνται σε σειρά 1-7 στοιχεία μεμβρανών. Δηλαδή μιλάμε για μεμβρανοθήκη και στοιχεία μεμβρανών. Ο έλεγχος της ποιότητας παραγωγής κάθε μεμβράνης γίνεται με ειδικό σωλήνα που τοποθετείται εσωτερικά των μεμβρανών στο σωλήνα παραγόμενου νερού.

Κάθε σύστημα αφαλάτωσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα στοιχεία αντίστροφης όσμωσης διατεταγμένα παράλληλα σχηματίζοντας μια ή περισσότερες συστοιχίες. Το νερό τροφοδοσίας εισέρχεται σε κάθε στοιχείο αντίστροφης όσμωσης από το ένα άκρο και το παραγόμενο νερό και η άλμη εξέρχονται από το άλλο. Η άλμη μπορεί να ανακυκλώνεται ή να έχουμε δεύτερο πέρασμα σε άλλη συστοιχία μεμβρανών. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να καθορίζεται με ειδική βάνα η οποία τοποθετείται στην έξοδο της γραμμής της άλμης.

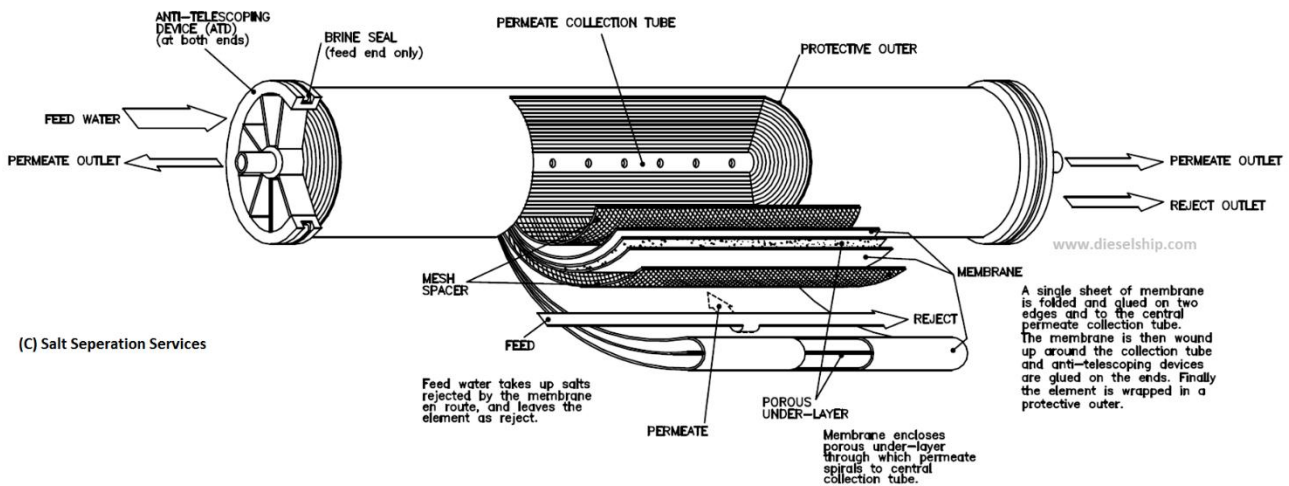
Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης είναι το σημαντικότερο τμήμα μιας μονάδας αφαλάτωσης αυτού του τύπου μιας και εκεί γίνεται η διαδικασία της αφαλάτωσης. Όλα τα άλλα

υποσυστήματα έχουν σαν σκοπό οι μεμβράνες να λειτουργούν σε βέλτιστες συνθήκες πίεσης, αλμυρότητας και ροής.



Εικόνα 3: Σύστημα αφαλάτωσης

Οι μεμβράνες αποτελούνται από δύο διακεκριμένες στοιβάδες, τον υμένα (skin), ο οποίος είναι το δραστικό τμήμα της μεμβράνης για τον διαχωρισμό του νερού από τα διαλυμένα ή αιωρούμενα συστατικά και από ένα λεπτό στρώμα πορώδους υλικού το οποίο είναι περατό τόσο από το νερό όσο και από τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται σε αυτό. Κατασκευάζονται από οργανικές πολυμερείς ενώσεις και είναι τόσο λεπτές και εύθραυστες, ώστε απαιτείται η μορφοποίηση τους(με την βοήθεια διαφόρων στηριγμάτων), σε μονάδες οι οποίες ονομάζονται στοιχεία μεμβρανών (modules). Οι τέσσερις βασικοί τύποι στοιχείων είναι τα στοιχεία μεμβρανών ελικοειδούς περιέλιξης (spiral wound module), τα στοιχεία κοίλων ινών (hollow fiber module), τα σωληνοειδή στοιχεία (tubular module) και τα δισκοειδή στοιχεία (Platte and frame modules) με τους δύο πρώτους τύπους να έχουν ευρύτετη εφαρμογή στην αφαλάτωση. Μεταξύ των μεμβρανών υπάρχει ένα διαχωριστής από πορώδες υλικό(συνήθως πλέγμα Pet-Dacron εμποτισμένο με ρητίνες), το οποίο εμποδίζει την ένωση τους (λόγω της υψηλής πίεσης) και διευκολύνει την ομοιόμορφη ροή του καθαρού νερού μεταξύ των μεμβρανών. Οι δύο άκρες των μεμβρανών του ανοικτού τμήματος προσκολλώνται σε ένα κεντρικό διάτρητο σωλήνα από όπου απομακρύνεται το καθαρό νερό(διήθημα). Όσον αφορά τις μονάδες αντίστροφης ώσμωσης στις βιομηχανικές χρήσεις, στον κεντρικό διάτρητο σωλήνα τυλίγονται σε μορφή κυλίνδρου 26 φάκελοι μεμβρανών με διαχωριστές (σάντουιτς) που χωρίζονται μεταξύ τους από τα πλαστικά πλέγματα διαχωρισμού των καναλιών τροφοδοσίας της άλμης. Τα στοιχεία αυτά των μεμβρανών έχουν συνήθως μήκος 30.5 έως 152 cm με διάμετρο 5.1 έως 30.5 cm. Δύο έως και έξι στοιχεία μεμβρανών τοποθετούνται εν σειρά σε ένα κυλινδρικό σωλήνα πίεσης, από ειδικό πλαστικό ή μέταλλο σχηματίζοντας ένα στοιχείο αντίστροφης ώσμωσης με συνηθέστερο μήκος 6.1 m (240 inch).



Εικόνα 4: Δομή στοιχείου μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης

Τα δοχεία πίεσης αντέχουν σε υψηλές πιέσεις εφόσον το προς αφαλάτωση νερό είναι θαλασσινό και είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να είναι δυνατή η συναρμολόγηση τους χωρίς να υπάρχουν διαρροές θαλασσινού ή παραγόμενου νερού στο περιβάλλον.

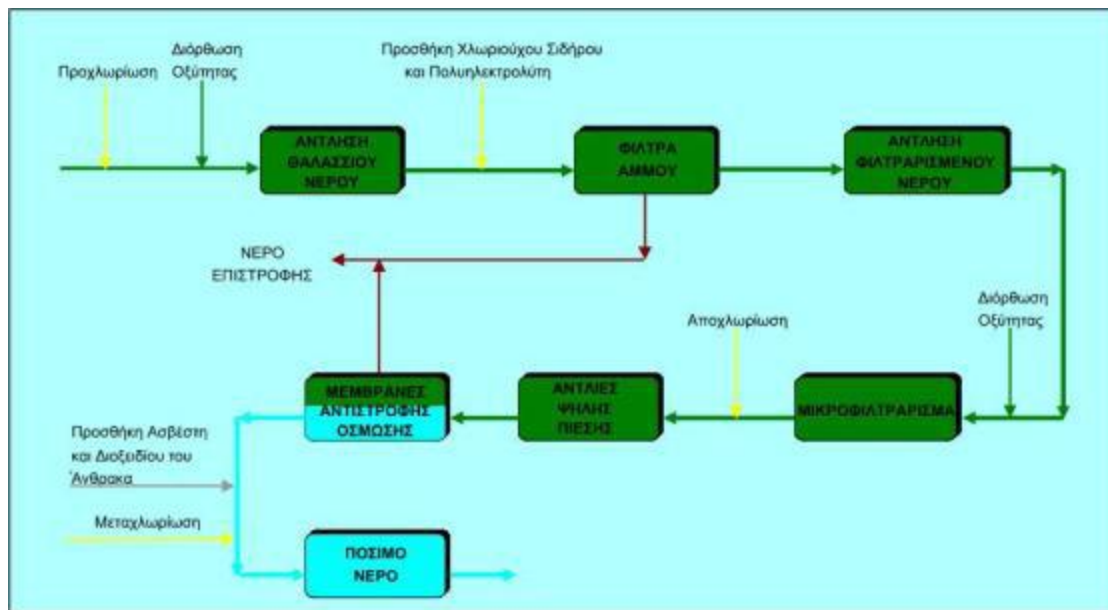
3.2.4 Το σύστημα μετ-επεξεργασίας

Το παραγόμενο νερό από τη διαδικασία της αφαλάτωσης εμφανίζει γενικά μικρή σκληρότητα και χαμηλό pH. Γι αυτό το λόγο η επεξεργασία του αφαλατωμένου νερού, ώστε να είναι κατάλληλο για οικιακή χρήση ή για πόση, είναι απαραίτητη. Πραγματοποιείται λοιπόν βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού (διόρθωση οξύτητας, αύξηση σκληρότητας) με τη χρήση χημικών σε δεξαμενή και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δίκτυο ύδρευσης ή αποθηκεύεται. Αναλυτικότερα σε αυτό το στάδιο λαμβάνουν χώρα οι εξής διαδικασίες:

Ρύθμιση pH: Το pH αυξάνεται είτε με τη προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου είτε με τη προσθήκη όξινου ανθρακικού νατρίου. Η δοσολογία ρυθμίζεται ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού και την επιθυμητή τιμή. Ακόμη προστίθεται αντιδιαβρωτικό, όπως είναι διάφορες πολυφωσφορικές ενώσεις με σκοπό να μειωθούν οι διαβρωτικές ιδιότητες του αφαλατωμένου νερού.

Ρύθμιση σκληρότητας: Η αύξηση της σκληρότητας γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτον με τη προσθήκη, μέσω δοσομετρική αντλίας, CaCl_2 και MgCl_2 και δεύτερον με τη διαβίβαση του νερού μέσα από ειδικές στήλες που περιέχουν άλατα μαγνησίου και ασβεστίου. Ο δεύτερος τρόπος είναι ο πλέον ενδεδειγμένος διότι έτσι δεν αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου.

Χλωρίωση: Η χλωρίωση του νερού γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Το χλώριο στο πόσιμο νερό δε πρέπει να υπερβαίνει τα 0,2 ppm.



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής της αντίστροφης όσμωσης



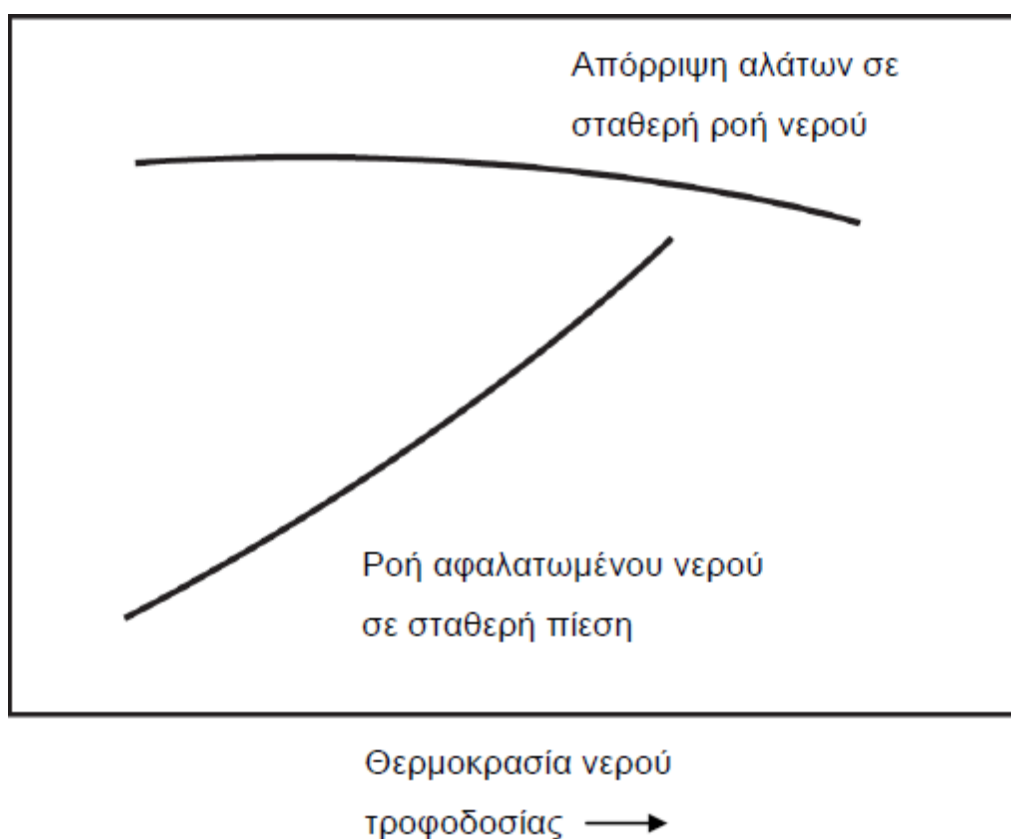
Εικόνα 6: Απεικόνιση μίας μικρής μονάδας αφαλάτωσης

3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών είναι η πίεση λειτουργίας, η θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας, η ανάκτηση αφαλατωμένου νερού και η συγκέντρωση αλατών στο νερό τροφοδοσίας. Παρακάτω θα μελετήσουμε τη κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά και το πως επηρεάζουν τη λειτουργία των μεμβρανών.

3.3.1 Πίεση λειτουργίας

Η πίεση στην είσοδο της μεμβράνης επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού. Με τον όρο πίεση εννοούμε τη δρυσία δύναμη που ασκείται στη μεμβράνη, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της ασκούμενης πίεσης και της οσμωτικής πίεσης. Η επίδραση λοιπόν της εφαρμοζόμενης πίεσης είναι γραμμικά ανάλογη της ροής του νερού. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας του νερού και σε μείωση της οσμωτικής πίεσης. Συνεπώς η συνολική ροή του αφαλατωμένου νερού αυξάνεται. Η επίδραση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας στη ροή του αφαλατωμένου νερού και στην απόρριψη αλάτων φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 7: Η επίδραση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας στη ροή του αφαλατωμένου νερού και στην απόρριψη αλάτων

3.3.2 Επίδραση pH

Οι μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης έχουν μεγάλο εύρος λειτουργίας όσον αφορά το pH. Συγκεκριμένα, οι μεμβράνες οξικής κυτταρίνης έχουν εύρος λειτουργίας pH 4-8 ενώ μπορούν να αντέξουν και για εύρος 3-9. Οι μεμβράνες λεπτού υμένα έχουν εύρος λειτουργίας 2-11, ενώ μπορούν να αντέξουν και για εύρος 1-12. Το pH δεν επηρεάζει τη ροή του αφαλατωμένου νερού, όμως για τιμές pH έξω από τα όρια λειτουργίας ή αντοχής της μεμβράνης μπορεί να έχουμε καταστροφή του πολυμερούς υλικού της.

3.3.3 Επίδραση του βαθμού ανάκτησης του αφαλατωμένου νερού

Η αύξηση της ανάκτησης του αφαλατωμένου νερού σε συνθήκες σταθερής πίεσης αυξάνει την ωσμωτική πίεση του νερού τροφοδοσίας. Αυτή η αύξηση έχει σαν αποτέλεσμα τη πιθανότητα δημιουργίας ανθρακικών επικαθήσεων γεγονός το οποίο εμποδίζει τη διέλευση αφαλατωμένου νερού και μειώνει την απορριπτική ικανότητα της μεμβράνης, αυξάνοντας έτσι τη κατανάλωση ενέργειας από τη μεμβράνη.



Εικόνα 8: Μονάδα αντίστροφης όσμωσης Υφάλμυρου νερού, 400 m³/day, Riyand, K.S.A

Επίλογος

Οι μονάδες Αποστακτών και Αντιστροφής όσμωσης που περιγράψαμε μπορούν να δώσουν λύση στο πρόβλημα έλλειψης ποσίου νερού στα πλοία. Είναι πολύ χρήσιμα μηχανήματα γιατί μας παρέχουν μεγάλες ποσότητες ποσίου νερού όπου και μπορούμε να καλύψουμε κάθε ανάγκη πάνω στο πλοίο, όπως την τροφοδότηση των λεβήτων, το σύστημα ψύξης της κύριας μηχανής κ.α. καθώς και της ανάγκες του ακομοδεσίου.

Οι αποστακτήρες επικρατούν στην ναυτιλία διότι έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής από τα συστήματα αντίστροφης όσμωσης, μικρότερο όγκο και σχετικά λιγότερη και φθηνότερη συντήρηση. Με το σύστημα αντίστροφης όσμωσης όμως έχουμε μεγαλύτερη παραγωγικότητα και μπορούμε να καλύψουμε πολύ μεγαλύτερες ανάγκες. Εγκαθιστάτε κυρίως σε πλοία που έχουν πολύ μεγάλη κατανάλωση ποσίου νερού. Είναι ακριβότερο όμως το κόστος κατασκευής και χρειάζεται περισσότερη συντήρηση.

Η επιλογή του τύπου για κάθε πλοίο γίνεται με βάση την χρήση του. Δηλαδή τι φορτίο θα μεταφέρει καθώς και πόσο μεγάλο σε αριθμό θα είναι το πλήρωμα, τις ανάγκες του μηχανοστασίου αλλά και στην κρίση του πλοιοκτήτη. Και οι δύο περιπτώσεις είναι εξίσου καλές ανεξάρτητα με τις διαφορές τους, καθώς βρίσκουν λύση στο πρόβλημα λειψανδρίας που για χρόνια ήταν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην ναυτιλιακή βιομηχανία.

Βιβλιογραφία

www.alfalaval.com, Marine and Diesel, Deselat JWP 26-C Series, Titanium Plate Type Fresh Water Generator.

www.alfalaval.com, Products and Solutions.

www.wikipedia.org, Evaporator (marine), Evaporator.

www.korean-machinery.com, Fresh Water Generator.

www.temak.gr, Reverse Osmosis, 2011.

www.villagemarine.com, Images.

Βοηθητικά μηχανήματα πλοίων, Γεωργίου Φ Δανιήλ – Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλου, Ευγενίδιο Ίδρυμα.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
1.Βραστήρες.....	6
1.1 Γενικά.....	6
1.2 Βασικά μέρη – Αρχή λειτουργίας.....	10
2. Βραστήρες που χρησιμοποιούνται στην Ναυτιλία.....	14
2.1 Βραστήρας ATLAS τύπου A.F.G.....	14
2.1.1 Περιγραφή.....	14
2.1.2 Γενική Αρχή.....	14
2.2 Βραστήρας A.C.B.....	16
2.3 Σύγχρονοι τύποι Βραστήρων Weir.....	19
3. Αντίστροφη Όσμωση.....	21
3.1 Γενικά.....	21
3.2 Αρχή λειτουργίας αντίστροφης όσμωσης.....	21
3.2.1 Υποσυστήματα αντίστροφης όσμωσης.....	22
3.2.2 Συστήματα προεπεξεργασίας.....	23
3.2.3 Το κυρίως σύστημα αφαλάτωσης.....	25
3.2.4 Το σύστημα μετεπεξεργασίας.....	27
3.3 Παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργία των μεμβρανών.....	29
3.3.1 Πίεση λειτουργίας.....	29

3.3.2 Επίδραση PH.....	30
3.3.3 Επίδραση του βαθμού ανάκτησης του αφαλατωμένου νερού.....	30
Επίλογος.....	31
Βιβλιογραφία.....	32