

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΡΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΟ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ ΖΑΦΕΙΡΙΟΥ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2017

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ :ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΡΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΠΛΟΙΟ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ ΖΑΦΕΙΡΙΟΥ

ΑΜ : 4986

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Οι επιπτώσεις του κύκλου ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων στα οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη δραστηριότητα αποτελεί μια περιβαλλοντική πρόκληση. Η θέσπιση και επικύρωση των διεθνών συμβάσεων και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος, αποτελούν την απάντηση σε αυτό το σύγχρονο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Είναι απαραίτητο για την σύγχρονη παγκόσμια ναυτιλία να προστατεύει το περιβάλλον μέσω της σωστής διαχείρισης των ερμάτων των πλοίων για την βιώσιμη ανάπτυξη της. Το 1988 ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας IMO του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, ανέλαβε ηγετικό ρόλο για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, και τα τελευταία πενήντα χρόνια προσπαθεί να θεσπίσει κανόνες σε διεθνές επίπεδο. Μετά από αριθμό συναντήσεων, εγκρίθηκε ομόφωνα στις 13 Φεβρουαρίου 2004 η Διεθνής Σύμβαση για τον Έλεγχο και Διαχείριση Θαλασσέρματος και Ιζημάτων του προέρχονται από πλοία (BWMC 2004), και καθορίστηκε σαν τελική ημερομηνία εφαρμογής των κανονισμών το έτος 2016.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναγκαιότητα του θαλάσσιου έρματος στην πλεύση των πλοίων η διάταξη των δεξαμενών ερματισμού πάνω στο πλοίο, στη συνέχεια αναλύονται όλες οι επιπτώσεις του φαινομένου της βίο-εισβολής στα οικοσυστήματα την διάδοση δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών και την ανθρώπινη δραστηριότητα. Στο τελευταίο μέρος αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι διεθνείς συνθήκες του Παγκόσμιου Οργανισμού Ναυτιλίας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με το ζήτημα της διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται αρχικά όλες οι βασικές μέθοδοι διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος : η ανταλλαγή και η επεξεργασία. Όσο αφορά την επεξεργασία γίνεται εκτενής αναφορά στις βασικές φυσικές και χημικές μεθόδους διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος μεταξύ αυτών με θέρμανση , με ακτινοβολία UV με υπέρηχους . Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των συστημάτων τριών μεγάλων εταιριών : 1) της Wärtsilä με την σειρά των συστημάτων Aquarius 2) της AlfaLaval σύστημα διαχείρισης θαλάσσιου έρματος με την επωνυμία PureBallast 3.0 και 3) της NK με το σύστημα επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος με την επωνυμία NK-03 BlueBallast.

Abstract

The impact of the cycle of ballasting and decommissioning ships on ecosystems and on human activity is an environmental challenge. The introduction and validation of international conventions and the development of new marine ballast management technologies are the answer to this modern environmental problem. It is essential for modern global shipping to protect the environment through proper ship management for sustainable development . In 1988, the United Nations International Maritime Organization's IMO has taken the lead in addressing this problem and has been trying to adopt rules at international level for the past fifty years. Following a number of meetings, the International Convention on the Control and Management of Ships and Sediments (BWMC 2004) was adopted unanimously on 13 February 2004 and was set as the final date of application of the regulations in 2016.

In the first chapter we present the necessity of the sea ballast to navigate the ships, the layout of ballast tanks on the ship, then analyze all the effects of the phenomenon of bio-invasion on ecosystems the spread of potentially pathogenic microorganisms and human activity. In the final part of this chapter we present the international conventions of the World Maritime Organization and the European Union on the issue of maritime ballast management. In the second chapter we first analyze all the basic methods of sea ballast management: exchange and processing. As far as processing is concerned, extensive reference is made to the basic physical and chemical methods of management of ballast water between them with heating, with ultraviolet radiation. Following the presentation of the systems of three large companies: 1) Wärtsilä in the order of Aquarius systems 2) Alfa Laval marine ballast management system with the name PureBallast 3.0 and 3) of NK with the ballast water treatment system NK- 03 BlueBallast.

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη βιβλιογραφική έρευνα σε ελληνικά και ξένα άρθρα και βιβλία σε σχέση με τις μεθόδους διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος σχετικά με τη διαχείριση του έρματος των πλοίων και των αντίστοιχων μεθόδων επεξεργασίας .

Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Εφόσον τα $\frac{3}{4}$ του πλανήτη καταλαμβάνονται από θάλασσα, εκφράζονται ιδιαίτερες ανησυχίες για τη θαλάσσια ρύπανση. Μια από τις κυριότερες αιτίες θαλάσσιας ρύπανσης είναι η ρύπανση λόγω του ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων και την επιρροή του στα θαλάσσια οικοσυστήματα .

Με τον όρο έρμα, (ballast), κοινώς «σαβούρα», χαρακτηρίζεται το σύνολο των βαρών που τοποθετούνται στα πλοία προκειμένου να αυξηθεί η ευστάθεια αυτών. Αποτελεί το μέσον που μπορεί να εξασφαλίσει την ικανοποιητική ευστάθεια (striffening ballast) των πλοίων. Υπάρχουν δύο ειδών έρματα: το μόνιμο (permanent ballast) που συνήθως αποτελείται από μεταλλικά βάρη με τσιμέντο και που τοποθετούνται στον πυθμένα συνήθως μικρών σκαφών και το προσωρινό ή κινητό (mobile ballast), που συνήθως αποτελείται από θαλασσινό νερό (water ballast).

Παρακάτω θα αναλύσουμε την επεξεργασία του προσωρινού θαλάσσιου έρματος και τις μεθόδους καθαρισμού του και διαχείρισης του και ειδικότερα τα συστήματα τριών διαφορετικών εταιρειών που κατασκευάζουν συστημένα επεξεργασίας και φιλτραρίσματος πλοίων



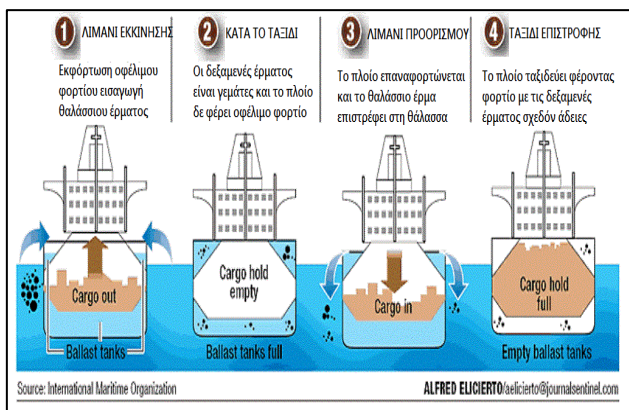
Κεφάλαιο 1

(1.1) Η αναγκαιότητα ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων

Αρχικά, ως ερματισμός ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία θαλάσσιο νερό εισέρχεται στο εσωτερικό του πλοίου σε ειδικές δεξαμενές με στόχο την επίτευξη επαρκούς ευστάθειας του. Η διαδικασία με την οποία γεμίζονται οι δεξαμενές είναι πολύπλοκη και εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς : την διατήρηση της ισορροπίας του πλοίου, την μείωση της καταπόνησης του πυθμένα, την αύξηση της δυνατότητας ελιγμού και την εξισορρόπηση του βάρους που μειώνεται λόγω κατανάλωσης καυσίμου και νερού κατά την πλεύση. Οι δεξαμενές έρματος ανάλογα με τη θέση τους διακρίνονται σε δεξαμενές στα διπύθμενα (double bottoms), στις δεξαμενές ζυγοστάθμισης ("for peak" στη πλώρη και το "after peak" στη πρύμνη).

Μια χαρακτηριστική διαδικασία ερματισμού είναι αυτή που ακολουθούν τα πετρελαιοφόρα πλοία, τα οποία μεταφέρουν πετρέλαιο από περιοχές που παράγουν προς περιοχές που καταναλώνουν. Έτσι εκτελούν ένα ταξίδι έχοντας φορτίο το πετρέλαιο και ένα ταξίδι έχοντας σαν φορτίο θαλάσσιο έρμα. Για να μπορέσουν να ξαναφορτώσουν πετρέλαιο εφαρμόζουν τον αφερματισμό, την εναπόθεση δηλαδή του θαλάσσιου έρματος στη θάλασσα.

Για να μην υπάρχει διαρροή υπολειμάτων πετρελαίου στη θάλασσα κατά τον αφερματισμό, χρησιμοποιούνται χωριστές δεξαμενές έρματος οι οποίες όταν γεμίζουν με νερό του προσφέρουν την κατάλληλη βύθιση ώστε να πλέει με ασφάλεια. Η διαδικασία ερματισμού και αφερματισμού περιγράφεται στο παρακάτω γράφημα της εικόνας 1 (Τσολάκη, 2008).



(1.2) Επιπτώσεις των θαλάσσιων ερμάτων

α) Γενικά στοιχεία για τις επιπτώσεις

Με τη χρήση μεθόδων ανάλυσης της σύστασης του νερού έχει διαπιστωθεί ότι 4500 υδρόβιοι οργανισμοί όπως φυτά, ζώα και βακτήρια μεταφέρονται καθημερινά μέσω των θαλάσσιων ερμάτων. Μέσα σε αυτούς τους οργανισμούς συχνά περιλαμβάνονται εξωτικά είδη, τα οποία μεταφέρονται σε περιοχές που δεν ανήκουν και δημιουργούν σοβαρές οικολογικές και οικονομικές επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα. Υπολογίζεται ότι σε παγκόσμιο επίπεδο, ένα νέο είδος εισβάλλει σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, μια φορά ανά εννέα εβδομάδες. Πέρα από τους κινδύνους που προκύπτουν με την μετακίνηση της υδρόβιας ζωής, δημιουργούνται προβλήματα και λόγω της υπερεκμετάλευσης των έμβιων πόρων και της φυσικής αλλοίωσης του οικοσυστήματος. Έχουν καταγραφεί πολλές περιπτώσεις όπου η εισβολή ξένων ειδών οδήγησε σε απώλεια της βιολογικής ποικιλότητας πολλών οικοσυστημάτων. Οι επιπτώσεις εξαρτώνται από η προέλευση των οργανισμών και η θέση του σημείου της αφερματισμού.

β) Βιολογική εισβολή σε οικοσυστήματα

Αρχικά για την βιολογική εισβολή προτείνεται ο εξής ορισμός : « Όταν ένα είδος εποικεί και διατηρείται σε μια περιοχή που δεν κατοικούσε προηγούμενα, εμφανίζεται εισβολή» (Vermeij, 1996 Shigesada & Kawasaki, 1997). Οι βιολογικοί εισβολείς μπορούν να διαχωριστούν σε αυτούς που έχουν φυσική και σε αυτούς που έχουν ανθρωπογενή προέλευση. Ο κύκλος ερμάτωσης αφερμάτωσης είναι ένας από τους βασικούς τρόπους βιο-εισβολής λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι η πλειονότητα των έμβιων θαλάσσιων οργανισμών οι οποίοι περιέχονται στα θαλάσσια έρματα, δεν επιβιώνουν κατά την διαδικασία ερματισμού και αφερματισμού ή πεθαίνουν κατά την διάρκεια του ταξιδιού λόγω των δύσκολων συνθηκών οι οποίες επικρατούν μέσα στις δεξαμενές των πλοίων. Ορισμένα είδη δεν επιβιώνουν στο νέο περιβάλλον στο οποίο μεταφέρονται ή πεθαίνουν λόγω του ανταγωνισμού ή της θήρευσης τους από τα ντόπια είδη. Ωστόσο, υπάρχει μια σειρά από καταγεγραμμένες περιπτώσεις ειδών τα οποία εγκαταστάθηκαν και αναπαράχθηκαν στο νέο περιβάλλον δημιουργώντας προβλήματα στα ντόπια είδη και διαταράξαν γενικά το οικοσύστημα στο οποίο κατέληξαν. Συνοπτικά οι επιπτώσεις της εισβολής οργανισμών στο οικοσύστημα μιας περιοχής μπορεί να είναι οι εξής :

1. Μπορούν να ανταγωνιστούν τους είδη υπάρχοντες οργανισμούς του οικοσυστήματος για φαγητό και χώρο.
2. Μπορούν να λειτουργήσουν σαν θηρευτές απέναντι στους είδη υπάρχοντες οργανισμούς του οικοσυστήματος.
3. Μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στον τοπικό βιότοπο λόγω των απεκκρίσεων τους.
4. Μπορούν να μεταβάλλουν την τροφική αλυσίδα και να μεταβάλλουν την φυσική βιοποικιλότητα και προκαλώντας ακόμη και εξαφανίσεις τοπικών ειδών.

Στην δεύτερη διάσκεψη για την βιώσιμη ανάπτυξη το 2002 το πρόγραμμα περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών αναγνώρισε τους βιο-εισβολείς σαν την δεύτερη μεγαλύτερη απειλή για την βιοποικιλότητα μετά την εξαφάνιση των βιοτόπων. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των οικολογικών επιπτώσεων των βιο-εισβολέων είναι ότι είναι σχεδόν πάντα μη αναστρέψιμες και γενικά αυξάνουν σε σοβαρότητα με την πάροδο του χρόνου. Συγκριτικά με τις επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων και την μόλυνση που προκαλούν τα λήμματα των πλοίων, οι επιπτώσεις των βιο-εισβολέων μπορεί να είναι πολύ σοβαρότερες. Μετά από μια διαρροή ή καταστροφή είναι εμφανής και στη συνέχεια πραγματοποιούνται διαδικασίες αποκατάστασης και καθαρισμού του περιβάλλοντος, έτσι ώστε το πρόβλημα με την πάροδο του χρόνου να περιορίζεται. Αντίθετα, στην περίπτωση των βιο-εισβολέων οι αρχικές επιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν, όσο όμως ο πληθυσμός του αυξάνεται το πρόβλημα γίνεται εντονότερο και μη αναστρέψιμο. Ακόμη, στην περίπτωση των πετρελαιοκηλίδων έχουν αναπτυχθεί μια σειρά μέτρων αποκατάστασης του περιβάλλοντος, ενώ η απομάκρυνση των βιο-εισβολέων είναι αδύνατη σχεδόν για το σύνολο των περιπτώσεων. Δεν υπάρχει καμία καταγεγραμμένη περίπτωση αποκατάστασης οικοσυστήματος στην ανοιχτή θάλασσα παρά μόνο μερικές περιπτώσεις χρήσης βιοκτόνων σε μικρούς κόλπους ή μαρίνες.

Από οικονομικής απόψεως οι βιο-εισβολείς μπορούν να προκαλέσουν οικονομικές επιπτώσεις και στην ανθρώπινη δραστηριότητα με τους εξής τρόπους :

1. Μπορούν να επιφέρουν επιπτώσεις στην αλιεία (έως και κατάρρευση της) λόγω του ανταγωνισμού των βιο-εισβολέων με τα ντόπια ψάρια ή της θήρευσης τους σε συνδυασμό με τον εκτοπισμό των πληθυσμών των ντόπιων ψαριών και των γενικών επιπτώσεων που πολλές φορές παρατηρείται στα οικοσυστήματα. Ακόμα, υπάρχουν επιπτώσεις και στην υδατοκαλλιέργεια (έως και κλείσιμο ιχθυοτροφείων) από τα επιβλαβή φύκια τα οποία εισάγονται στα οικοσυστήματα.
2. Μπορούν να επιφέρουν επιπτώσεις στις τουριστικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις οι οποίες λειτουργούν παράκτια. Για παράδειγμα χωροκατακτητικά είδη όπως ορισμένα φύκη μπορούν

μετά την εγκατάσταση και εξάπλωση τους να έχουν επιπτώσεις στη τοπική οικονομία λόγω των οσμών τους.

γ) Διάδοση δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών

Μια ειδική περίπτωση βιο-εισβολής είναι αυτή των παθογόνων μικροοργανισμών. Ως παθογόνοι ορίζονται εκείνοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι μπορούν να βλάψουν τον ξενιστή τους π.χ., με το να ανταγωνίζονται μαζί τους για τους μεταβολικούς πόρους του, να καταστρέφει τα κύτταρα τους ή τους ιστούς του ή να εκκρίνει τοξίνες. Πολλοί μικροοργανισμοί έχουν τέτοια χαρακτηριστικά που τους καθιστούν πολύ ικανούς βιο-εισβολείς: έχουν μικρό μέγεθος γεγονός που διευκολύνει την διασπορά τους, έχουν πολύ απλές απαιτήσεις για την επιβίωση τους (πράγμα που αποδεικνύεται από την παρουσία τους σε όλη την βιόσφαιρα ακόμη και σε περιοχές με ακραίες συνθήκες) , αναπαράγονται με μίτωση και ορισμένοι μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε λανθάνουσα κατάσταση (πχ βακτήρια σε μορφή σπορίων).

Η βιο-εισβολή μικροοργανισμών που προέρχεται από τον κύκλο ερμάτωσης και αφερμάτωσης των πλοίων οφείλεται στα ελλιπή μέτρα επεξεργασίας των ερμάτων . Συνδέεται με την διάδοση ιών, βακτηρίων, μικροφυκίων, τα οποία υπάρχουν σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα και μπορούν υπό συνθήκες να έχουν τοξικές ή παθολογικές επιδράσεις στους οργανισμούς και στον άνθρωπο. Τα έρματα αφού καταλήξουν στην θάλασσα μπορούν να επηρεάσουν παράκτιες περιοχές και λιμάνια βάζοντας την ανθρώπινη δραστηριότητα και υγεία σε κίνδυνο. Η σημασία αυτής της βιο-εισβολής άρχισε να μελετάται και να γίνεται παγκόσμια γνωστή το 1992όταν η αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) και τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (CDC) ανίχνευσαν το βακτήριο *Vibrio cholerae* στα οστρακόδερμα που συλλέχθηκαν από τις δεξαμενές έρματος πολλών πλοίων που είχαν έρθει από τη Νότια Αμερική. (Κοτρίκλα, 2015)

(1.3) Διεθνείς συμβάσεις και κανονισμοί σε σχέση με τη διαχείριση των θαλάσσιων ερμάτων

α) Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization, IMO)

Αρχικά, η προσπάθεια να αποτραπεί η βιο-εισβολή μέσω του κύκλου ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων αφορά την συνεργασία μεταξύ κυβερνήσεων, παραγωγικών φορέων και κη κυβερνητικών οργανώσεων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σύμβαση του δίκαιου των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσα (άρθρο 196), παρέχει το γενικό νομικό πλαίσιο απαιτώντας από κράτη μέλη να συνεργαστούν για την πρόληψη, μείωση και έλεγχο της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος περιλαμβανομένης και της βιο-εισβολής η οποία μπορεί να προκαλέσει σημαντικές και επιζήμιες αλλαγές σ' αυτό. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization, IMO) έχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην αποτροπή της βιο-εισβολής μέσω της ναυτιλίας. Το 1991 η ειδική επιτροπή για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee, MEPC) του IMO όρισε τις διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές για την πρόληψη της εισαγωγής των ανεπιθύμητων υδρόβιων οργανισμών (παθογόνων και μη) από το νερό έρματος των πλοίων (Ψήφισμα MEPC.50 (31)). Ενώ η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992, αναγνώρισε για πρώτη φορά την βαρύτητα του θέματος.

Στη συνέχεια ξεκινούν οι διαδικασίες στον IMO για την δημιουργία μιας δεσμευτικής διεθνούς συνθήκης, την οποία θα υπέγραφαν τα κράτη μέλη του. Τον Νοέμβριο του 1993 η Γενική Συνέλευση του οργανισμού ενέκρινε το ψήφισμα A.774 (18) για την αναθεώρηση των κατευθυντήριων γραμμών από μεριάς της MEPC και τέσσερα χρόνια (Νοέμβριος του 1997) οι κατευθυντήριες γραμμές για το ζήτημα των βιο-εισβολών εκδόθηκαν και ο οργανισμός κάλεσε τα κράτη μέλη του να τις επικυρώσουν. Οι κατευθυντήριες γραμμές οι οποίες διατυπώθηκαν ανέφεραν οδηγίες για τον κύκλο ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων, όπως την αποφυγή για ερματισμό των ρηχών νερών των θαλασσών όπου ζουν θαλάσσια είδη διαφορετικά από αυτά των ωκεανών, τον συστηματικό καθαρισμό των δεξαμενών των πλοίων για την εξόντωση των επιβλαβών οργανισμών και την απόρριψη του έρματος σε ειδικούς υποδοχείς στην ξηρά.

Μια από τις βασικότερες διεθνείς συμβάσεις σε σχέση με την βιο-εισβολή ήταν αυτή που υπογράφηκε το 2004 για τον Έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος και των ιζημάτων πλοίων (Σύμβαση BWM Παράρτημα II), αυτή η σύμβαση ήταν το αποτέλεσμα διαπραγματεύσεων μεταξύ των κρατών μελών του IMO για περισσότερα από 14 χρόνια. Τα σημαντικότερα άρθρα αυτής της σύμβασης είναι τα ακόλουθα:

Άρθρο 2 : Προβλέπει την υποχρέωση των κρατών μελών να παίρνουν μέτρα για την διαχείριση του θαλάσσιου έρματος και του ιζήματος των πλοίων για να συμβάλλουν στην πρόληψη κατά της εξάπλωσης βλαβερών οργανισμών, ώστε τελικά να επέλθει μείωση και εξαφάνιση τους.

Άρθρο 5 : Προβλέπει την υποχρέωση των κρατών μελών να έχουν λιμάνια με δυνατότητα υποδοχής ιζήματος και θαλάσσιου έρματος σε περιπτώσεις επισκευής ή συντήρησης των δεξαμενών των πλοίων.

Άρθρο 6 : Προτρέπει τα κράτη μέλη να διεξάγουν επιστημονική και τεχνική έρευνα (διεξαγωγή μετρήσεων, εισαγωγή νέων τεχνολογιών) για την διαχείριση του θαλάσσιου έρματος.

Άρθρα 7-9: Προβλέπει για το κάθε πλοίο να υπάρχει ειδικό βιβλίο αναφορών σε σχέση με το θαλάσσιο έρμα, να περνά από περιοδική επιθεώρηση και πιστοποίηση αλλά και από ελέγχους των ειδικών λιμενική αρχών.

Κανονισμός B-1: Προβλέπει την εφαρμογή ειδικού σχεδίου διαχείρισης θαλάσσιου έρματος, μοναδικό για το κάθε πλοίο, που θα προβλέπει όλες τις απαραίτητες ενέργειες.

Κανονισμός B-2: Αναφέρεται στον τρόπο τήρησης του βιβλίου θαλάσσιου έρματος (ερμάτωση αφερμάτωση).

Κανονισμός B-3: Αναλύει τις απαιτήσεις διαχείρισης του θαλάσσιου έρματος και διακρίνει τα πλοία σε κατηγορίες :Πλοία κατασκευής πριν το 2009, χωρητικότητας θαλάσσιου έρματος κάτω από 1500 κ.μ. ή άνω των 5000 κ.μ. υποχρεούνται να συντηρούν σύστημα διαχείρισης έρματος έως ότου να είναι αναγκαστική η αλλαγή του έρματος εκτός εάν το σύστημα έχει ικανοποιητική απόδοση μέχρι το έτος 2016. Πλοία κατασκευής μεταξύ το 2009 και 2012, με χωρητικότητα έρματος από 5000 κ.μ. προτού φτάσουν σε κατάσταση αλλαγή έρματος θα πρέπει να εφαρμόσουν τους κανονισμούς D1 και D2 μέχρι το έτος 2016 εξασφαλίζοντας ικανοποιητική απόδοση του συστήματος διαχείρισης που απεικονίζεται στον πίνακα 1:

Ballast Capacity (m ³)	Construction Date	First Intermediate or Renewal Survey , which ever occurs first after anniversary date of delivery in the year indicated below									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
<1500	<2009	D1 or D2								D2	
	≥2009	D2									
≥ 1500 ≤ 5000	<2009	D1 or D2						D2			
	≥2009	D2									
> 5000	<2012	D1 or D2								D2	
	≥2012	D2									

Πίνακας 1 Περιγραφή χαρακτηριστικών δεξαμενής έρματος και κανονισμών (D1, D2) που θα πρέπει να πληροί.(IMO, 2014)

Ο **Κανονισμός D-1** προβλέπει την διαδικασία ανταλλαγής έρματος στο πλοίο: Το άδειασμα το δεξαμενών μπορεί να γίνει: με αποβολή του ακάθαρτου έρματος (σε ποσοστό 95%) και ξαναγέμισμα του, με την μέθοδο της υπερχειλίσης της δεξαμενής ή της διάλυσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι και αυτοί οι μέθοδοι εφαρμόζονται περιοχές οι οποίες θα πρέπει να βρίσκονται 200 nm από την πλησιέστερη ακτή σε βάθος πάνω από 200 m, εάν αυτό δεν είναι εφικτό η απόσταση από την ξηρά θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 50 nm και το βάθος άνω των 200 m. Σε περίπτωση που τίποτα από τα παραπάνω δεν είναι εφικτό λόγω των χαρακτηριστικών της περιοχής, προβλέπεται να καθορίσει ειδικές ζώνες αποβολής θαλάσσιου έρματος των πλοίων. Η διαδικασία της ανταλλαγής έρματος θα πρέπει γίνεται εφόσον τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας για το πλοίο, χωρίς να καθυστερεί ή να μεταβάλλεται το δρομολόγιο του.

Ο **Κανονισμός D-2** ορίζει τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει το θαλάσσιο έρμα ώστε να μπορεί να γίνει με ασφάλεια αφερμάτωση ενός πλοίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι προβλέπεται το έρμα να μην αποβάλλεται ποτέ χωρίς να έχει προηγηθεί ειδική επεξεργασία του, καθώς θα πρέπει να πληροί ορισμένα όρια των συγκεντρώσεων πλαγκτονικών οργανισμών και μικροοργανισμών όπως : *Vibrio cholerae*, *Escherichiacoli* και *intestinalenterococci*. Οι τιμές των συγκεντρώσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

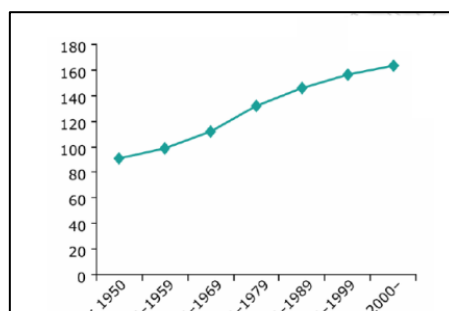
Κατηγορία οργανισμού	Όριο
Πλαγκτόν ≥ 50 μm ελάχιστες διαστάσεις	<10 κύτταρα/m ³
Πλαγκτόν. 10-50 μm	<10 κύτταρα/ml
Τοξικογόνο <i>Vibrio cholerae</i> (O1 και O139)	< 1 colony forming unit cfu*/100 ml ή <1 cfu/g (υγρό βάρος)
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu/100 ml
<i>Intestinal enterococci</i>	< 100 cfu/100 ml

Πίνακας 2 Επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις πλαγκτονικών οργανισμών και παθογόνων μικροοργανισμών στα θαλάσσια έρματα ώστε να θεωρείται αποδοτική η επεξεργασία. Η μονάδα cfu αναφέρεται στην δυνατότητα σχηματισμού αποικίας από τους μικροοργανισμούς. (IMO, 2014)

Η διεθνής σύμβαση του IMO για την διαχείριση των θαλάσσιων ερμάτων και θα τεθεί σε ισχύ στις 8 Σεπτεμβρίου του 2017, μετά την επικύρωση της και από την Φιλανδία τον Σεπτέμβριο του 2016. Η υπογραφή της από την Φιλανδία αποτελεί μια πολύ σημαντική εξέλιξη καθώς η συνθήκη βρίσκονταν πολύ κοντά στο απαραίτητο όριο (35% του παγκόσμιου στόλου) τα τελευταία χρόνια. Η εφαρμογή των συστημάτων για την διαχείριση του θαλάσσιου έρματος θα επηρεάσει τόσο τους ιδιοκτήτες πλοίων όσο και τους κατασκευαστές θαλάσσιου εξοπλισμού παγκόσμια.

β) Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και συμβούλιο της ευρωπαϊκής ένωσης

Η ΕΕ ήδη από το 1992 αναγνώρισε την αναγκαιότητα λήψης μέτρων κατά της εξάπλωσης των βιο-εισβολέων, για αυτόν τον λόγο ξεκίνησε την χρηματοδότηση σχεδίων διαχείρισης και αποκατάστασης για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρόλο που το πρόβλημα δεν φαίνεται προς το παρόν να αντιμετωπίζεται, την δεκαετία 1992 -2002 η ΕΕ έχει δαπανήσει 40 εκατομμύρια ευρώ για την έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα. Είναι απαραίτητο να δαπανώνται επίσης πόροι ώστε να γίνουν γνωστοί οι οδοί εισαγωγής των διαφόρων ειδών και να συστηματοποιηθεί η παρακολούθηση των περιοχών που πλήττονται. Όπως αναφέρεται και στον κανονισμό LIFE (2013) το πρόβλημα της βιο-εισβολής εντείνεται λόγω της παγκοσμιοποίησης (π.χ. εμπόριο) αλλά και λόγω του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής που οδηγεί πολλά είδη στην μετανάστευση από το φυσικό τους περιβάλλον. Με αυτήν την έννοια είναι απαραίτητο να υπάρξει μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση σε επίπεδο άσκησης πολιτικής και λειτουργίας φορέων, αλλά και στο κοινό σχετικά με το θέμα. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει και αριθμητικά την αυξητική πορεία του φαινομένου.



Εικόνα 1: Αριθμός διαφορετικών ειδών που έχουν εισβάλλει σε ευρωπαϊκά υδάτινα οικοσυστήματα μεταξύ 1950 -2010

Παρόλο που δεν υπάρχει ειδικός νόμος της ΕΕ σχετικά με την διαχείριση του θαλάσσιου έρματος, ο κανονισμός Νο 1143/2014 αναγνωρίζει την επικινδυνότητα της εισβολής και διάδοσης μη αυτοχθόνων ειδών και θεωρεί την διεθνή σύμβαση του IMO (Ballast Water Management Convention, BMW Convention) σαν ένα τρόπο αντιμετώπισης της. Το επίπεδο

διάδοσης μη αυτοχθόνων ειδών και οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον αποτελεί έναν δείκτη, στον δρόμο προς την επίτευξη ενός καλού περιβαλλοντικού ευρωπαϊκού επιπέδου σύμφωνα με την οδηγία-πλαίσιο για την θαλάσσια στρατηγική.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την ασφάλεια στην ναυσιπλοΐα **EMSA (European Marine Safety Agency)**, δημιούργησε ένα πρόγραμμα δράσης με 14 σημεία για να βοηθήσει τα μέλη της ΕΕ να ενεργήσουν για την υλοποίηση της διεθνούς σύμβασης BWMC και να συνεισφέρει στις αναβαθμισμένες ενέργειες οι οποίες είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν σχετικά με το ζήτημα, στο κάθε κράτος μέλος της ΕΕ, παράλληλα παρέχει πληροφορίες στην ευρωπαϊκή Κομισιόν σχετικά με το ζήτημα. Ακόμη η EMSA παρακολουθεί τις διεθνείς και ευρωπαϊκές εξελίξεις σε σχέση με το ζήτημα προκειμένου τα κράτη μέλη της ΕΕ να προσδιορίζουν την δράση τους ώστε να: 1) Προωθήσουν την αποτελεσματική διαχείριση των θαλάσσιων ερμάτων εντός των θαλασσών της ΕΕ, 2) Να εξασφαλιστεί μια συνεκτική προσέγγιση στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών περιφερειών.

Τον Νοέμβριο του 2008, ο EMSA οργάνωσε μια ημερίδα (European workshop) με σκοπό να προσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο τα κράτη μέλη της ΕΕ μπορούν να εργαστούν μαζί για να καταλήξουν σε μια συνεκτική προσέγγιση για την υλοποίηση των στρατηγικών διαχείρισης του υδάτινου έρματος και να επικυρώσουν τη Σύμβαση Διαχείρισης Υδάτων έρματος BWMC. Το συνέδριο αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός προγράμματος δράσης ενδιάμεσων στρατηγικών μέχρι την επικύρωση της BWMC. Τον Φεβρουάριο του 2010, ο EMSA πραγματοποίησε ημερίδα σχετικά με τον τρόπο διεξαγωγής της δειγματοληψίας για την μελέτη των θαλάσσιων ερμάτων. Σε συνεργασία με τον IMO παρουσίασε τα ευρήματα των δειγματοληπτικών ελέγχων σε αντίστοιχη ημερίδα τον Ιανουάριο του 2011. Τέλος, οργάνωσε σε συνεργασία με τον IMO τον τρόπο εφαρμογής των κανονισμών της BWMC στον ευρωπαϊκό χώρο. (Behrens, 2004)

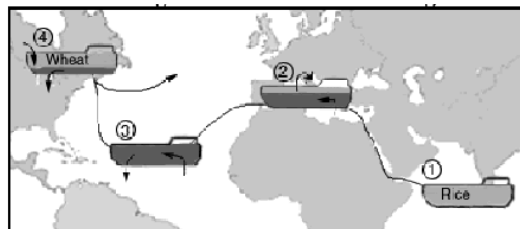
Κεφάλαιο 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ

(2.1) Μέθοδοι ανταλλαγής έρματος

α) Γενική περιγραφή της μεθόδου ανταλλαγής έρματος

Αρχικά η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίζεται στο γεγονός ότι στην ανοιχτή θάλασσα λόγω της ύπαρξης μεγάλων ρευμάτων και της μικρότερης ανθρώπινης δραστηριότητας, απαντώνται λιγότεροι οργανισμοί ανά μονάδα όγκου του νερού, σε σχέση με τα λιμάνια και τις παράκτιες περιοχές. Έτσι σε συγκεκριμένα στάδια του ταξιδιού εφαρμόζεται περιοδικά η αντικατάσταση του θαλάσσιου έρματος από το λιμάνι με έρμα από την ανοιχτή θάλασσα. Ένα παράδειγμα της μεθόδου παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3) όπου στο πρώτο στάδιο το πλοίο φορτώνεται με το πρώτο φορτίο (ρύζι), κατά την εκφόρτωση το έρμα αποβάλλεται. Στο δεύτερο στάδιο το πλοίο ολοκληρώνει το ταξίδι του, κατά την εκφόρτωση πραγματοποιείται ερματισμός. Στη συνέχεια στο τρίτο στάδιο πραγματοποιείται ανταλλαγή έρματος προτού φτάσει στον τελικό προορισμό του (στάδιο 4) και επαναφορτωθεί (σιτάρι).



Εικόνα 2 Παρουσίαση παραδείγματος ανταλλαγής έρματος. Πηγή: (Κοτρίκλα, 2015)

Ο παγκόσμιος οργανισμός IMO προβλέπει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να γίνεται η ανταλλαγή έρματος. Συγκεκριμένα, θεωρεί την ανταλλαγή έρματος μια αρκετά καλή μέθοδο περιορισμού της βιο-εισβολής ενώ ταυτόχρονα αναγνωρίζει τους κινδύνους που προκύπτουν για το πλοίο κατά την εφαρμογή της. Οι κατευθυντήριες γραμμές του προβλέπουν την εφαρμογή της ανταλλαγής σε απόσταση 200 nm από την ακτή και σε βάθος 200 m και θεωρούν ότι οι οργανισμοί που ζουν στην ανοιχτή θάλασσα δεν θα επιβιώσουν κοντά στις ακτές αλλά και το αντίστροφο.

Όσο αφορά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου οι περισσότερες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η απομάκρυνση οργανισμών από το θαλάσσιο έρμα επιτυγχάνεται σε ποσοστό από 48 – 100%. Μια από τις πιο ολοκληρωμένες μελέτες που πραγματοποιήθηκε το 1996 – 1997 και αφορούσε πλοία τα οποία μετέφεραν εμπορεύματα ανάμεσα στο Hong Kong και την Yokohama στην Ιαπωνία και την Oakland της Καλιφόρνιας στο Kobe κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ανταλλαγή έρματος κατά την διάρκεια του ταξιδιού, μειώνει σε ποσοστό 87% τον πληθυσμό των οργανισμών που απορρίπτονται στη θάλασσα. Οι περισσότερες έρευνες κατέληξαν σε αντίστοιχα συμπεράσματα. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες που υποστηρίζουν ότι η ανταλλαγή έρματος μπορεί να συμβάλει στην διασπορά ορισμένων ειδών.

Η ανταλλαγή έρματος:

1. Μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν το πλοίο βρεθεί στην ανοιχτή θάλασσα, αδειάζοντας και ξαναγεμίζοντας μια τις δεξαμενές έρματος. Ωστόσο, κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, σε όσο μικρό χρόνο και αν πραγματοποιηθεί, το πλοίο χάνει την ευστάθεια του και καταπονούνται τα μηχανικά του μέρη.
2. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω υπερχειλίσης των δεξαμενών έρματος και αντικατάστασης του με νέο (flow through), όπου η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου το νέο έρμα να αποκτήσει τριπλάσιο όγκο από το ήδη υπάρχον. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει κίνδυνος αστάθειας του πλοίου, ωστόσο αυξάνεται ο χρόνος του κύκλου ερματισμού και αφερματισμού.
3. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση δύο δεξαμενών, όπου το περιεχόμενο της κάτω δεξαμενής εκκενώνεται ενώ ταυτόχρονα πληρώνεται η άνω δεξαμενή. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται διάλυση (dilution) και θεωρείται αρκετά ασφαλής όσο αφορά την καταπόνηση του πλοίου. (Κοτρίκλα, 2015)

β) Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου ανταλλαγής έρματος

1. Δεν αποτελεί μια σίγουρη μέθοδο για την αποφυγή των φαινομένων της βιο-εισβολής, γενικά φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερη αν η ανταλλαγή έρματος γίνεται ανάμεσα σε ύδατα με παρόμοια χαρακτηριστικά
2. Κατά την εφαρμογή της οι δεξαμενές αποθήκευσης θαλάσσιου έρματος δεν καθαρίζονται πλήρως και συχνά μένει σε αυτές ιζήματα.
3. Η μέθοδος αυτή επειδή πολλές φορές σχετίζεται με την καταπόνηση των μηχανικών τμημάτων του πλοίου μπορεί να φανεί επικίνδυνη (για παράδειγμα σε περίπτωση που οι καιρικές συνθήκες δεν είναι καλές).

(2.2) Συστήματα επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος

α) Γενικά χαρακτηριστικά των συστημάτων κατεργασίας έρματος

Μετά το πρότυπο του κανονισμού D2 του IMO αναπτύχθηκαν πολλές διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος, εκ' των οποίων ορισμένες βασίζουν την λειτουργία τους σε ήδη χρησιμοποιούμενες μεθόδους καθαρισμού του νερού (χρήση ειδικών φίλτρων, χρήση χημικών ουσιών όπως χλώριο ή όζον) ενώ άλλες αναπτύχθηκαν ειδικά για τα θαλάσσια έρματα (πχ μέθοδος αποξυγόνωσης). Οι μέθοδοι επεξεργασίας μπορούν να διακριθούν σε ορισμένες βασικές κατηγορίες:

1. Μηχανικές μέθοδοι, στις οποίες χρησιμοποιούνται ειδικά φίλτρα ή άλλες μέθοδοι διαχωρισμού των φάσεων του έρματος (π.χ. φυγοκέντρωση)
2. Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας, στις οποίες χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες με βιοκτόνο δράση εγχέονται εντός του θαλάσσιου έρματος.
3. Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας, στις οποίες χρησιμοποιείται για αποστείρωση το όζον, το ηλεκτρικό ρεύμα και η αύξηση της θερμοκρασίας του έρματος.
4. Συνδυαστικές μέθοδοι που συνδυάζουν τις προηγούμενες τρεις.

β) Μέθοδοι μηχανικού διαχωρισμού

Ο στόχος του μηχανικού διαχωρισμού είναι να απομακρύνει μικροοργανισμούς, ιζήματα και σωματίδια τα οποία βρίσκονται σε στερεή φάση εντός της υγρής φάσης του θαλάσσιου έρματος. Αυτό επιτυγχάνεται είτε χρησιμοποιώντας ειδικά φίλτρα (μεμβράνες), είτε χρησιμοποιώντας την φυγόκεντρο δύναμη και τη χρήση υδροκυκλώνων κατά την αναρρόφηση του έρματος από τη θάλασσα και είσοδο του στην δεξαμενή έρματος.

Τα φίλτρα διήθησης έχουν ειδικούς πόρους που δεν αφήνουν τα σωματίδια με διάμετρο 40-50 μm να περάσουν στο εσωτερικό της δεξαμενής έρματος. Με αυτόν τον τρόπο το φίλτρο διαχωρίζει το στερεό τμήμα το ακαθαρσιών το οποίο και συγκεντρώνει. Η φυγοκέντρωση (κυκλωνικός διαχωρισμός) εκμεταλλεύεται την διαφορετική πυκνότητα που έχουν οι στερεές ακαθαρσίες οι οποίες κατά την εφαρμογή της κολλούν στα τοιχώματα της διάταξης φυγοκέντρωσης από όπου μέσω υδατοφραγμάτων εμποδίζεται η είσοδος τους στο εσωτερικό της δεξαμενής έρματος. Η μέθοδος αυτή αποδίδει για σωματίδια από 50 μέχρι 100 μm..

Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με επιπλέον χημικές ουσίες οι οποίες θα περιέχονται στο τελικό προϊόν το οποίο αποβάλλεται στη θάλασσα. Ταυτόχρονα οι συγκεντρωμένες στερεές ακαθαρσίες μπορούν να απορριφθούν με ασφάλεια

κατά τον ερματισμό χωρίς να υπάρχει κίνδυνος διαρροής τους. Όσο αφορά τα μειονεκτήματα της μεθόδου αναφέρεται ότι η εγκατάσταση και λειτουργία των παραπάνω διατάξεων συχνά είναι ακριβή, ότι τα φίλτρα συχνά στομώνουν από την μεγάλη περιεκτικότητα του έρματος σε στερεές ουσίες και η προαναφερθείσα αδυναμία να εμποδίσουν μικροσκοπικούς οργανισμούς όπως οι ιοί. (Κοτρίκλα, 2015)

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3) παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι μηχανικού διαχωρισμού

Διεργασία	Περιγραφή	Οφέλη	Σχόλια
Διαχωρισμός στερεού - υγρού			
Διήθηση	Αυτοκαθαριζόμενα με αναρροή φίλτρα 40-50 μm που χρησιμοποιούνται κατά τον ερματισμό.	Το ρεύμα καθαρισμού απορρίπτεται στο λιμάνι ερματισμού. Δεν παράγονται παραπροϊόντα.	Απομακρύνονται τα μεγαλύτερου μεγέθους αιωρούμενα σωματίδια και οργανισμοί (π.χ. ζωοπλαγκτόν). Εάν έχει προηγηθεί κροκιδώση και συσσωμάτωση, αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της διήθησης.
Κυκλωνικός διαχωρισμός	Φυγοκεντρική περιστροφή υψηλής ταχύτητας του νερού με σκοπό τον διαχωρισμό και την απομάκρυνση των σωματιδίων σε υδροκυκλώνες.	Εναλλακτική της διήθησης και υπό συνθήκες αποτελεσματικότερη μέθοδος.	Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από την πυκνότητα των σωματιδίων σε σχέση με την πυκνότητα του νερού, το μέγεθος των σωματιδίων, την ταχύτητα περιστροφής και τον χρόνο. Η κροκιδώση τη βελτιώνει.

Πίνακας 3 Συνοπτική παρουσίαση των μηχανικών μεθόδων επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος, (Κοτρίκλα, 2015)

γ) Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας

Οι χημικές μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν την χρήση χημικών τα οποία μπορούν να έχουν βιοκτόνο δράση εντός του θαλάσσιου έρματος. Επειδή μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα η επιλογή και χρήση τους θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Η χρήση τους μπορεί να γίνει κατά τον ερματισμό ή τον αφερματισμό του πλοίου, στο οποίο αποθηκεύονται συνήθως σε στερεή ή συμπυκνωμένη μορφή. Διακρίνονται στα οξειδωτικά και μη οξειδωτικά.

Στην κατηγορία των οξειδωτικών βιοκτόνων ουσιών ανήκουν το χλώριο το βρώμιο, το ιώδιο, το όζον κ.α. η δράση τους βασίζεται στην διάλυση των κυτταρικών μεμβρανών των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα το θάνατο τους. Το χλώριο είναι γνωστό για την απολυμαντική του δράση, καθώς θεωρείται ότι δεν έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και χρησιμοποιείται σαν μέσο καθαρισμού του νερού στα αστικά κέντρα. Ένα βασικό του μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να αντιδράσει με άλλες

ουσίες που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό σχηματίζοντας επικίνδυνες ουσίες όπως το χλωροφόρμιο, αν και οι συγκεντρώσεις αυτών των ουσιών φαίνεται να είναι χαμηλές στο τελικό προϊόν είναι πολύ προβληματικό μια μέθοδος αντιμετώπισης ενός περιβαλλοντικού προβλήματος να γεννάει ένα άλλο. Όσο αφορά το όζον είναι ένα αέριο που εγχέεται μέσα στο θαλάσσιο έρμα και έχει βιοκτόνο δράση είτε άμεσα είτε έμμεσα αντιδρώντας με άλλες χημικές

ουσίες. Τα βασικά του μειονεκτήματα είναι οι μεγάλες εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την λειτουργία του και η αναποτελεσματικότητα του απέναντι σε μεγάλους οργανισμούς που υπάρχουν μέσα στο θαλάσσιο έρμα. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4) παρουσιάζονται συνοπτικά τα οξειδωτικά χημικά βιοκτόνα.

Απολύμανση με οξειδωτικά βιοκτόνα			
Χλωρίωση	Με μοριακό χλώριο (Cl ₂), υποχλωριώδες οξύ (HOCl) και υποχλωριώδες ανιόν (OCl ⁻). Καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών των οργανισμών.	Καθιερωμένη μέθοδος, που χρησιμοποιείται στην απολύμανση του πόσιμου νερού και σε βιομηχανικές εφαρμογές	Ουσιαστικά αναποτελεσματική σε κύστες, εκτός και αν χρησιμοποιηθεί συγκέντρωση τουλάχιστον 2 mg/L. Αντιδρά με την οργανική ύλη των νερών και δημιουργεί παραπροϊόντα χλωρίωσης, όπως τα τριαλογονωμένα μεθάνια. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας εξαρτάται από το pH, τη θερμοκρασία του νερού και το είδος του οργανισμού. Είναι υποχρεωτική η αποχλωρίωση για την απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου πριν το νερό απορριφθεί στο περιβάλλον κατά τον αερισμό.
Οζόνωση	Το οζόν είναι μια έντονα οξειδωτική και πολύ δραστική ένωση εναντίον των βακτηρίων και των ιών.	Εξαιρετικά αποτελεσματική μέθοδος για μικροοργανισμούς.	Το θαλασσινό νερό περιέχει βρόμιο (περίπου 65 mgBr/L). Τα βρωμιούχα ιόντα αντιδρούν με το οζόν και δίνουν βρομικά ιόντα, τα οποία είναι υποπτα καρκινογόνες. Μπορεί να απαιτείται η εγκατάσταση γεννητριών οζόντος για τις μεγάλες ποσότητες έρματος, πράγμα ακριβό και απαιτητικό σε χώρο.

Πίνακας 4 Συνοπτική παρουσίαση των χημικών μεθόδων χημικής επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος, με χρήση οξειδωτικών βιοκτόνων. (Κοτρίκλα, 2015)

Στην κατηγορία των μη οξειδωτικών βιοκτόνων ανήκουν ουσίες οι οποίες δεν σκοτώνουν άμεσα τους οργανισμούς αλλά έχουν επιπτώσεις στην φυσιολογική τους λειτουργία (αναπαραγωγή, μεταβολισμός κτλ), σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν ουσίες όπως Acrolein, η γλουταραλδεΰδη και άλλες, οι οποίες δρουν σαν φυτοφάρμακα. Ένα από τα πλεονεκτήματα τους είναι ότι μετά από λίγες μέρες μετατρέπονται σε άλλες μη τοξικές ουσίες. Αυτός είναι και ο λόγος που τις καθιστά ακατάλληλες για μεγάλα ταξίδια. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5) παρουσιάζονται συνοπτικά τα μη οξειδωτικά χημικά βιοκτόνα. (Κοτρίκλα, 2015)

Απολύμανση με μη οξειδωτικά βιοκτόνα			
Μεναδιόνη (SeaKleen) / Βιταμίνη Κ	Η μεναδιόνη είναι τοξική στα ασπόνδυλα και σε διαπαυσιακά αβγά τους (restingeggs). Τα διαπαυσιακά αυγά βρίσκονται σε μια αδρανισμένη κατάσταση λόγω εχθρικών περιβαλλοντικών συνθηκών (απαντώνται σε υπολειμματικό υλικό, όπως το ίζημα στις δεξαμενές έρματος), η οποία όμως μπορεί να αναστραφεί όταν οι συνθήκες το ευνοήσουν.	Ασφαλής στη χρήση	Το επεξεργασμένο νερό με μεναδιόνη χρειάζεται αδραννοποίηση πριν την απόρριψη.

Πίνακας 5 Συνοπτική παρουσίαση των χημικών μεθόδων χημικής επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος, με χρήση οξειδωτικών βιοκτόνων. (Κοτρίκλα, 2015)

δ) Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλοι οι μέθοδοι οι οποίες σκοτώνουν μικροοργανισμούς χωρίς να χρησιμοποιούν μια ενεργό χημική ουσία. Οι βασικότερες είναι: η ακτινοβόληση του έρματος με υπεριώδη ακτινοβολία, η θερμική επεξεργασία και η χρήση υπερήχων.

1. **Η θέρμανση** είναι από τις απλούστερες φυσικές μεθόδους, καθώς το περιεχόμενο της δεξαμενής έρματος θερμαίνεται στους 35-45 °C. Η πιο συνηθισμένη πηγή θερμότητας είναι η περίσσεια θερμότητα της μηχανής του πλοίου. Είναι μια αρκετά αποτελεσματική μέθοδος απέναντι σε οργανισμούς όπως μικρά ψάρια αλλά αναποτελεσματική απέναντι σε μικροοργανισμούς, καθώς για την εξουδετέρωση τους απαιτείται μεγαλύτερη θερμοκρασία και εγκατάσταση επιπλέον και δαπανηρών εγκαταστάσεων.
2. **Η χρήση της UV ακτινοβολίας** σαν απολυμαντικό μέσο γίνεται συνήθως μέσω ενός συστήματος με λάμπες υδραργύρου, οι οποίες ακτινοβολούν το έρμα αφού πρώτα έχει φιλτραριστεί. Πρόκειται για μια μέθοδο που χρησιμοποιείται συχνά και για τον καθαρισμό του πόσιμου νερού, ένα βασικό της πλεονέκτημα είναι ότι δεν παράγει ουσίες που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ωστόσο, έχει μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις και ταυτόχρονα υπάρχει κίνδυνος διαρροής υδραργύρου στο νερό σε περίπτωση που κάποια από τις λάμπες σπάσει.
3. **Οι υπέρηχοι** είναι μηχανικά κύματα τα οποία διαδίδονται εντός της δεξαμενής έρματος (μέθοδος σπηλαίωσης). Χρησιμοποιούνται σαν αποστειρωτικό μέσο γιατί η διάδοση τους μέσα σε ένα ρευστό προκαλεί ανομοιογένεια όσο αφορά την πίεση, δημιουργώντας περιοχές χαμηλής πίεσης όπου το νερό βράζει και άλλες στις οποίες η πίεση είναι υψηλότερη. Λόγω του νερού το οποίο υπάρχει τοπικά και βρίσκεται σε θερμοκρασία βρασμού εξουδετερώνονται μικροοργανισμοί στις περιοχές χαμηλής πίεσης, καθώς η μεγάλη θερμοκρασία καταστρέφει τις κυτταρικές τους μεμβράνες. Η χρήση υπερήχων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος η οποία βασίζεται στην μετατροπή της μηχανικής ενέργειας ή ηλεκτρικής σε ενέργεια στην ενέργεια των παλμών.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 6) παρουσιάζονται συνοπτικά οι φυσικές μέθοδοι διαχωρισμού του θαλάσσιου έρματος.

Διεργασία	Περιγραφή	Οφέλη	Σχόλια
Φυσικές μέθοδοι			
Υπεριώδης ακτινοβολία	Οι λάμπες υδραργύρου, τοποθετημένες σε σωλήνες χαλαζία, εκπέμπουν υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, η οποία αλληλεπιδρά με το DNA των μικροοργανισμών, εμποδίζοντας την αναπαραγωγή τους.	Καθιερωμένη μέθοδος, που χρησιμοποιείται ευρέως στην επεξεργασία νερού (πόσιμου ή για βιομηχανικές χρήσεις). Αποτελεσματική για ευρύ φάσμα μικροοργανισμών.	Απαιτεί καλή διάδοση της ακτινοβολίας UV στο νερό ώστε να είναι αποτελεσματική. Δηλαδή χρειάζεται καθαρό νερό και σωλήνες χαλαζία χωρίς βιορύπανση. Ενισχύεται σε συνδυασμό με όζον, υπεροξείδιο του υδρογόνου, διοξείδιο του τιτανίου.
Αποξυγόνωση	Μείωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου στον χώρο της δεξαμενής πάνω από το έρμα με έγχυση αδρανούς αερίου, με σκοπό τον θάνατο των οργανισμών από ασφυξία. Τυπικά απαιτείται χρόνος 1-4 ημερών.	Επιπλέον μπορεί να μειωθεί η τάση για διάβρωση των λαμαρινών των δεξαμενών, λόγω μείωσης οξυγόνου. Εάν μια διάταξη παραγωγής αδρανούς αερίου υπάρχει ήδη επί του πλοίου, η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί μικρό επιπλέον χώρο.	Το αποξυγνομένο έρμα τοποθετείται σε ειδικά σφραγισμένες δεξαμενές.
Σηπλάωση	Η μείωση της πίεσης του νερού είτε μέσω υπερήχων είτε μέσω έγχυσης αερίου οδηγεί σε δημιουργία φυσαλίδων, οι οποίες καταπονούν τις κυτταρικές μεμβράνες των οργανισμών.	Δεν δημιουργεί επικίνδυνα παραπροϊόντα. Χρήσιμο ως προκατεργασία.	Πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποια άλλη μέθοδο κατεργασίας νερού.

Πίνακας 6 Συνοπτική παρουσίαση των φυσικών μεθόδων επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος (Κοτρίκλα, 2015)

ε) Συνδυαστικές μέθοδοι επεξεργασίας

Πολλές μέθοδοι επεξεργασίας έρματος που χρησιμοποιούνται μπορούν να **συνδυάζουν μια χημική και μια φυσική μέθοδο διαχωρισμού**. Ένα παράδειγμα τέτοιας μεθόδου είναι η εκτόπιση του οξυγόνου από το εσωτερικού του έρματος, γεγονός που θα οδηγήσει στον θάνατο των περιεχόμενων οργανισμών. Η αποξυγόνωση μπορεί να γίνεται συνήθως με την εισαγωγή εντός του έρματος κάποιου αδρανούς αερίου όπως το άζωτο, παράλληλα για να αυξηθεί η αποδοτικότητα της μεθόδου με την τεχνητή μείωση του PH του έρματος. Η ηλεκτρική χλωρίωση συνδυάζει την χημική μέθοδο της χλωρίωσης με την εφαρμογή ρεύματος υψηλής τάσης εντός του έρματος. (Κοτρίκλα, 2015)

(2.3) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρίας Wärtsilä

α) Γενικά χαρακτηριστικά

Η βρετανική εταιρεία Hamworthy Water Systems αναγνωρίζοντας ότι δεν υπάρχει μία λύση η οποία θα είναι κατάλληλη για όλους τους τύπους πλοίων, τα μεγέθη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ανέπτυξε μια σειρά συστημάτων διαχείρισης θαλάσσιου έρματος, τα οποία λειτουργούν σύμφωνα με τον κανονισμό D2 του IMO, με την επωνυμία AQUARIUS®. Η φιλανδική εταιρεία Wärtsilä απέκτησε τη σειρά AQUARIUS® ως μέρος της εξαγοράς της Hamworthy τον Ιανουάριο του 2012. Οι τεχνολογικές επιλογές οι οποίες είναι διαθέσιμες στα πλαίσια της σειράς AQUARIUS® είναι οι εξής δύο :

- AQUARIUS® UV - μια διαδικασία 2 σταδίων που περιλαμβάνει την διήθηση του θαλάσσιου έρματος και την ακτινοβόληση του με ακτινοβολία UV
- AQUARIUS® EK - μια διαδικασία 2 σταδίων που περιλαμβάνει την διήθηση του θαλάσσιου έρματος και την ηλεκτροχλωρίωση του.

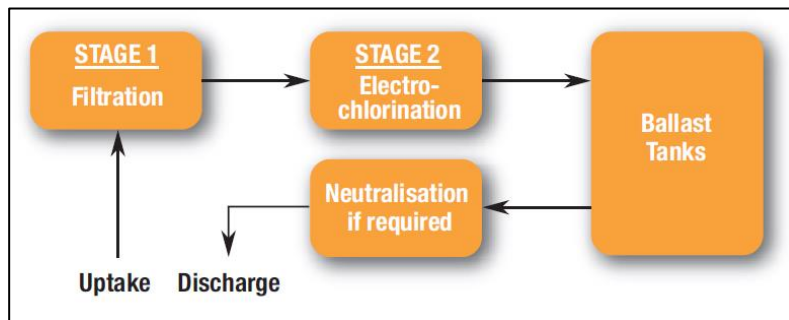
Τα συστήματα AQUARIUS® είναι διαθέσιμα σε ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων για να 6000 m³ / ώρα ή και περισσότερο, έχουν δυνατότητα ενσωμάτωσης σε ένα πλοίο μετά την κατασκευή του καθώς προσφέρουν σπονδυλωτή κατασκευή με δυνατότητες αναβάθμισης για την καλύτερη δυνατή χρήση χώρου και ενέργειας. Το κάθε σύστημα είναι ειδικά σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες που απαντώνται συνήθως από ένα πλοίο που λειτουργεί σε παγκόσμιο επίπεδο, χωρίς να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία νερού ή τα επίπεδα αλατότητας του. Τέλος, τα συστήματα λειτουργούν και υπό τις διαφοροποιημένες συνθήκες βαρύτητας λόγω του αφερματισμού, με την προϋπόθεση ότι ο ρυθμός ροής που προβλέπει ο σχεδιασμός του συστήματος διατηρείται .

Ακολουθείται μια διαδικασία αξιολόγησης από την εταιρεία ώστε να βοηθήσει τους ιδιοκτήτες και τον χειριστή να κάνουν την κατάλληλη επιλογή τεχνολογίας για την διαχείριση των θαλάσσιων ερμάτων. Η διαδικασία επιλογής περιλαμβάνει μια πλήρη αξιολόγηση του πλοίου, την καταγραφή του λειτουργικού του προφίλ, την διάταξη και τα χαρακτηριστικά του, τις απαιτήσεις του κάθε ιδιοκτήτη και τις ειδικές απαιτήσεις του πλοίου. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των συστημάτων: AQUARIUS® UV και AQUARIUS® EK. (Wärtsilä, 2014)

β) AQUARIUS® EC SYSTEM

Η κατεργασία του θαλάσσιου έρματος με ένα σύστημα **AQUARIUS® EC** επιτυγχάνεται μέσω μιας απλής και αποτελεσματικής διαδικασίας δύο σταδίων: Μετά την πρόσληψη του, το θαλασσινό νερό πρώτα διέρχεται μέσω φίλτρου οπισθοπλύσης (filtration,) και στη συνέχεια το φιλτραρισμένο θαλάσσιο νερό περνά μέσω ενός στατικού αναμικτήρα, όπου συμβαίνει η ηλεκτροχλωρίωση (Electro-chlorination). Τέλος, εγχέεταιθειικό νάτριο ως αναγωγικό μέσο, ώστε το τελικό προϊόν να μην επιβαρύνει το θαλάσσιο περιβάλλον (Neutralisation). Η μέθοδος στοχεύει στον διαχωρισμό του στερεού από το υγρό μέρος του έρματος με την χρήση του φίλτρου και στην αποστείρωση του υγρού μέρους του έρματος μέσω της ηλεκτροχλωρίωσης, της μετατροπής δηλαδή του Cl⁻ του θαλασσινού νερού σε υποχλωριώδες ανιόν (OCl⁻). Η τελική επεξεργασία στοχεύει στην εξουδετέρωση της ποσότητας

υποχλωριώδους ανιόντος που είναι το αποστειρωτικό μέσο της διαδικασίας. Η παρακάτω εικόνα περιγράφει συνοπτικά την διαδικασία που περιγράφηκε.



Εικόνα 3 Περιγραφή σταδίων λειτουργίας του AQUARIUS® EC SYSTEM. (Wärtsilä, 2014)

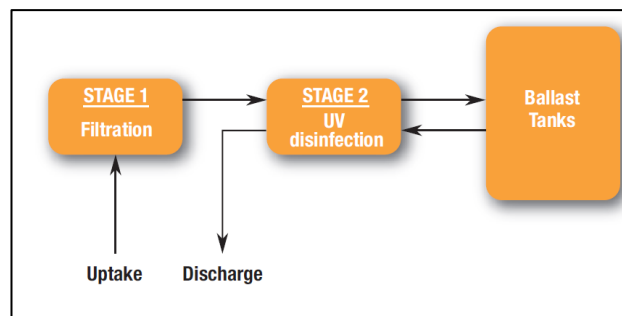
Αφού το νερό διέλθει μέσα από το σύστημα AQUARIUS® EC, εισέρχεται εντός της δεξαμενής έρματος με μια εναπομένουσα ποσότητα απολυμαντικού, το οποίο διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξει εκ νέου ανάπτυξη οργανισμών εντός της δεξαμενής κατά την διάρκεια του ταξιδιού, ώστε να μην παραβιάζονται τα όρια που προβλέπει ο κανονισμός D2 του IMO.

Το σύστημα επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος AQUARIUS® EC ολοκληρώσει όλες τις απαιτούμενες δοκιμές, σε πλήρη κλίμακα, στο εργαστήριο NIOZ στην Ολλανδία το 2011. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του IMO, πληρώντας τον κανονισμό D2. Οι αξιολογήσεις τοξικότητας είχαν αποτελέσματα σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του IMO και ολοκληρώθηκαν παράλληλα με δοκιμές. Το σύστημα εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά σε πλοίο τον Αύγουστο του 2011 και λειτούργησε με επιτυχία.

Το σύστημα AQUARIUS® EC μέσω ηλεκτρόλυσης παράγει το απολυμαντικό μέσο OCI– (δραστική ουσία) που προέρχεται από το αλάτι στο θαλασσινό νερό. Η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης για να εκτελεστεί με πλήρη επιτυχία, πρέπει να πληροί τους περιορισμούς : για την θερμοκρασία του νερού (10 ° C ή υψηλότερη) και της αλατότητας (15PSU ή υψηλότερη). Σε περίπτωση που το πλοίο βρίσκεται σε ύδατα με θερμοκρασία χαμηλότερη από 10 ° C, χρησιμοποιείται μια εναλλακτική πηγή θερμότητας για την εξασφάλιση της σωστής θερμοκρασία του νερού. Σαν πηγή θερμότητας χρησιμοποιείται συνήθως η απορριπτόμενη θερμότητα από κάποιο άλλο σύστημα του σκάφους. Σε περίπτωση που το πλοίο βρίσκεται σε νερά με αλατότητα μικρότερη από 15PSU, το νερό τροφοδοσίας με αλατότητα μεγαλύτερη από 15PSU λαμβάνεται από άλλη πηγή επί του σκάφους πηγή (π.χ. πρυμναίο πρωραία δεξαμενή)(Wärtsilä, 2014).

γ) AQUARIUS® UV SYSTEM

Η αρχή λειτουργίας συστήματος AQUARIUS® UV περιλαμβάνει δύο στάδια. Κατά την πρόσληψη του θαλασσινού νερού πρώτα διέρχεται μέσω ενός φίλτρου οπισθοπλύσης (filtration). Στη συνέχεια το φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό περνά μέσα από ένα θάλαμο υπεριώδους ακτινοβολίας (UV disinfection). Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται με στόχο την απολύμανση του νερού πριν την είσοδο στην δεξαμενή έρματος. Τέλος, το νερό από τις δεξαμενές έρματος πριν την απόρριψη του στο θαλάσσιο περιβάλλον διέρχεται μέσα από τον θάλαμο UV για δεύτερη φορά. Η παρακάτω εικόνα περιγράφει συνοπτικά την διαδικασία που περιγράφηκε.



Εικόνα 4 Περιγραφή σταδίων λειτουργίας του AQUARIUS® UV SYSTEM. (Wärtsilä, 2014)

Το σύστημα λειτουργεί με λάμπες εκκένωσης υδραργύρου οι οποίες εκπέμπουν UV ακτινοβολία. Τα μήκη κύματος στα οποία λειτουργούν καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα ώστε να έχουν μικροβιοκτόνο δράση (υψηλή πίεση), αντίθετα η λειτουργία σε ένα μήκος κύματος (254 nm), δεν είναι τόσο αποτελεσματική. Η αποφυγή της απόρριψης μολυσμένου νερού στο θαλάσσιο περιβάλλον, λόγω της επανάπτυξης οργανισμών στο εσωτερικό της δεξαμενής έρματος κατά την διάρκεια του ταξιδιού, αποφεύγεται με την επαναακτινοβολήση του έρματος. Μετά από δοκιμές διαπιστώθηκε ότι η ακτινοβολήση του έρματος δεν παράγει επικίνδυνα παράγωγα προϊόντα για το περιβάλλον. Συνολικά, η διαδικασία θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον καθώς λειτουργεί αποστειρωτικά χωρίς να υπάρχει κάποια ενεργός χημική ουσία.

Το σύστημα υποβλήθηκε σε δομικές το 2011 στο εργαστήριο NIOZ στην Ολλανδία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα λειτουργεί σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές και τον κανονισμό D2 του IMO. Το σύστημα εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά σε πλοίο τον Ιούλιο του 2011 και λειτούργησε με επιτυχία (Wärtsilä, 2014).

(2.4) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρίας AlfaLaval

α) Γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος PureBallast 3.0

Το σύστημα διαχείρισης θαλάσσιου έρματος με την επωνυμία PureBallast 3.0 είναι ένα εξαιρετικά συμπαγές και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα, λειτουργεί χωρίς χημικές ουσίες, χρησιμοποιεί μια βελτιωμένη μορφή επεξεργασίας με βιοκτόνο UV ακτινοβολία ώστε τελικά να πληρούνται τα όρια που θέτει ο IMO. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε ένα μεγάλο εύρος χωρητικότητας, σε ροές έως και 6000 m³ /h. Μεμονωμένοι αντιδραστήρες PureBallast 3.0 μπορούν να ανταπεξέλθουν από τα 300 m³ /h έως τα 1000 m³ /h, ενώ πάνω από τα 3000 m³ /h απαιτείται παράλληλη σύνδεση. Η διαδικασία αποτελεί έναν συνδυασμό ακτινοβολίας του έρματος με ακτινοβολία UV, η οποία ενισχύεται από μια προηγμένη τεχνολογία οξείδωσης (AOT, advanced oxidation technology). Η υπεριώδης ακτινοβολία εξουδετερώνει οργανισμούς είτε άμεσα είτε μέσω βλάβης στο DNA τους, ενώ η AOT δημιουργεί ελεύθερες ρίζες που προκαλούν μη αναστρέψιμη βλάβη στην κυτταρική μεμβράνη των κύτταρων των οργανισμών.

β) Πλεονεκτήματα του συστήματος PureBallast 3.0

1. Το σύστημα PureBallast 3.0 πληροί όλες τις βιολογικές απαιτήσεις μεταχείρισης του θαλάσσιου έρματος και λειτουργεί ανεξάρτητα από την αλατότητα του νερού, χωρίς την προσθήκη ή την παραγωγή χημικών ουσιών, χωρίς να ενέχει κινδύνους για το περιβάλλον ή το πλήρωμα και χωρίς να υφίσταται κίνδυνος διάβρωσης του.
2. Η αποφυγή της χρήσης χημικών εξαλείφει την δαπανηρή και χρονοβόρα διοικητική μέριμνα που απαιτείται όπως και την μεγάλη χρήση αναλώσιμων υλικών, τόσο επί του πλοίου και στην ξηρά.
3. Μετά από εκτεταμένη έρευνα και την χρήση υπολογιστικών μοντέλων για την μελέτη συστατικών και του αντιδραστήρα του PureBallast 3.0, πραγματοποιήθηκαν σημαντικές βελτιώσεις. Το σύστημα καταναλώνει σε λειτουργία πλήρους ισχύος μόλις 100 kW ανά 1000 m³ / h, γεγονός που δημιουργεί εξοικονόμηση 30% ενέργειας σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις. Περαιτέρω εξοικονομείται ενέργεια από την λειτουργία διαχείρισης ενέργειας : «dimming function», η οποία μειώνει την κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Με dimming έως 50% στις σωστές συνθήκες, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να είναι έως και 60% σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις. (Alfa Laval, 2015)

γ) Βασικά μέρη του συστήματος PureBallast 3.0

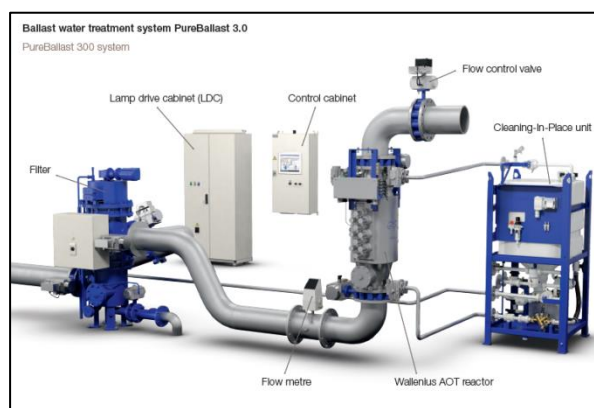
Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του ερματισμού, χρησιμοποιείται ένα **φίλτρο των 50 μm**, για να εμποδίσει την πρόσληψη των μεγαλύτερων οργανισμών και τη μείωση των ίζημάτων στις δεξαμενές έρματος (κατά την αφερμάτιση το φίλτρο παρακάμπτεται.) Το φίλτρο καθαρίζεται μέσω αυτόματου συστήματος απόπλυσης, χρησιμοποιώντας μόνο ένα μικρό μέρος της ροής του συστήματος.

Για την ακτινοβόληση του έρματος με ακτινοβολία UV χρησιμοποιείται **αντιδραστήρας τύπου Wallenius AOT**. Οι αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα στην PureBallast 3,0 καταναλώνουν 30% λιγότερη ενέργεια από τους προκατόχους τους, και μπορούν λειτουργήσουν αποδοτικά σε ροές 300 m³ / h και 1000 m³ / h. Με την χρήση παράλληλης σύνδεσης λειτουργούν μέχρι και σε ροή 3.000 m³ / h.

Η σωστή λειτουργία του συστήματος ακτινοβόλησης εξασφαλίζεται με τη παράλληλη λειτουργία **συστήματος καθαρισμού της λάμπας UV** (Cleaning-In-Place (CIP) unit) Η μονάδα CIP χρησιμοποιεί ένα επαναχρησιμοποιήσιμο, μη-τοξικό και βιοδιασπώμενο διάλυμα καθαρισμού για την απομάκρυνση των χλωριδίων του ασβεστίου και των ιόντων μετάλλων που παράγονται από την λάμπα UV. Τέτοια συσσώρευση μειώνει την διαπερατότητα της UV ακτινοβολίας και δεν μπορεί να αφαιρεθεί πλήρως με μηχανικά συστήματα καθαρισμού, τα οποία είναι αναποτελεσματικά απέναντι στα μεταλλικά ιόντα. Η ήπια δράση του υγρού με χαμηλά pH που εγχέεται είναι επίσης ανώτερο από την χρήση χειροκίνητου καθαρισμού, καθώς συμβαίνει με το πέρας της λειτουργίας του αντιδραστήρα, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος φθοράς της επιφάνειας του.

Η **μονάδα ελέγχου του συστήματος** (Control cabinet) διαθέτει ένα γραφικό περιβάλλον αφήσπου κάνει τα πράγματα ευκολότερα για τα διεθνή πληρώματα. Η λειτουργία ξεκινά και σταματά με το πάτημα ενός κουμπιού. Το σύστημα ελέγχου μπορεί επίσης να ενσωματωθεί σαν μέρος του συστήματος διαχείρισης του πλοίου.

Κάθε αντιδραστήρας Wallenius AOT συνδέεται με ένα **μονάδα διαχείρισης ενέργειας** (Lamp drive cabinet(s)) η οποία τον προμηθεύει με ενέργεια. Η μονάδα διαχείρισης ενέργειας λειτουργεί ξεχωριστά από τον αντιδραστήρα και μπορεί να τοποθετηθεί μέχρι και 150 μέτρα μακριά, γεγονός που εξοικονομεί χώρο και διευκολύνει την λειτουργία του συστήματος. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα λειτουργικά τμήματα του συστήματος **PureBallast 3.0**:



Εικόνα 5 Παρουσίαση των λειτουργικών τμημάτων του συστήματος PureBallast 3.0 (AlfaLaval,2014)

δ) Περιγραφή λειτουργίας του συστήματος PureBallast 3.0

Η διαδικασία του ερματισμού ξεκινά με την διαδικασία εκκίνησης και προετοιμασίας των λαμπών UV των αντιδραστήρων Wallenius AOT. Η ψύξη τους εξασφαλίζεται μέσω της ροής του θαλασσινού νερού. Όταν η ροή έρματος αρχίζει, το εισερχόμενο νερό περνά πρώτα μέσα από ειδικό φίλτρο, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να αφαιρεί οργανισμούς και σωματίδια μεγαλύτερα από 50 μm, στη συνέχεια περνάει στο εσωτερικό των αντιδραστήρων, οι οποίοι το ακτινοβολούν με UV ακτινοβολία, ώστε τελικά να έχει περιεκτικότητα σύμφωνη με τα διεθνή όρια. Μόλις η διαδικασία ερματισμού ολοκληρωθεί, οι αντιδραστήρες καθαρίζονται μέσω του συστήματος καθαρισμού CIP, ο οποίος διαρκεί περίπου 15 λεπτά ανά αντιδραστήρα. Ο κύκλος καθαρισμού μπορεί να ξεκινήσει άμεσα μετά από ερματισμό, και γενικά θα πρέπει να γίνεται εντός 30 ωρών μετά την λειτουργία του ερματισμού ή αφερματισμού. Οι αντιδραστήρες αυτόματα ξεπλένονται με γλυκό νερό πριν από τον κύκλο CIP και αρχίζουν και γεμίζουν με φρέσκο νερό μετά την ολοκλήρωση του.

Η διαδικασία αφερματισμού είναι ουσιαστικά η ίδια με την διαδικασία ερματισμού. Το νερό μετά την έξοδο του από τις δεξαμενές έρματος περνά μέσα από τους αντιδραστήρες Wallenius AOT για την εξάλειψη οργανισμών που πιθανόν να αναγεννήθηκαν κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Κατά την εκτέλεση της το φίλτρο παρακάμπτεται, δεδομένου ότι το νερό έχει ήδη φιλτραριστεί. Εφόσον το προϊόν της διαδικασίας ακολουθεί τα καθορισμένα διεθνή όρια μπορεί να απορριφθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Το μέγεθος του συστήματος του συστήματος PureBallast 3.0 προσδιορίζεται από την χωρητικότητα της δεξαμενής έρματος που χρησιμοποιεί, μια μέθοδος που ακολουθείται

περιλαμβάνει την αντιστοίχιση της χωρητικότητας του αντιδραστήρα και του φίλτρου στη ροή νερού που υπάρχει, αυτός ο συσχετισμός φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3).

Λόγω των σημαντικών βελτιώσεων που έγιναν στο PureBallast 3.0 σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις, κατέστη αναγκαίο να ξεκινήσει η διαδικασία έγκρισης του από τον IMO. Οι Χερσαίες και εν πλω δοκιμές του οδήγησαν στην έγκριση του τον Μάρτιο του 2013.

Flow in m ³ /h	250	300	500	600	750	1000	1500	2000	3000
Number of 300 m ³ /h reactors	1	1	2	2					
Number of 1000 m ³ /h reactors					1	1	2	2	3
Filter capacity in m ³ /h	250	500	500	750	750	1000	1500	2000	3000

Πίνακας 7 Παρουσίαση αντιστοίχισης ροής νερού με την χωρητικότητα φίλτρου και αντιδραστήρα στο σύστημα PureBallast 3.0 (AlfaLaval, 2014)

(2.5) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρίας NK

α) Γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος NK-03 BlueBallast

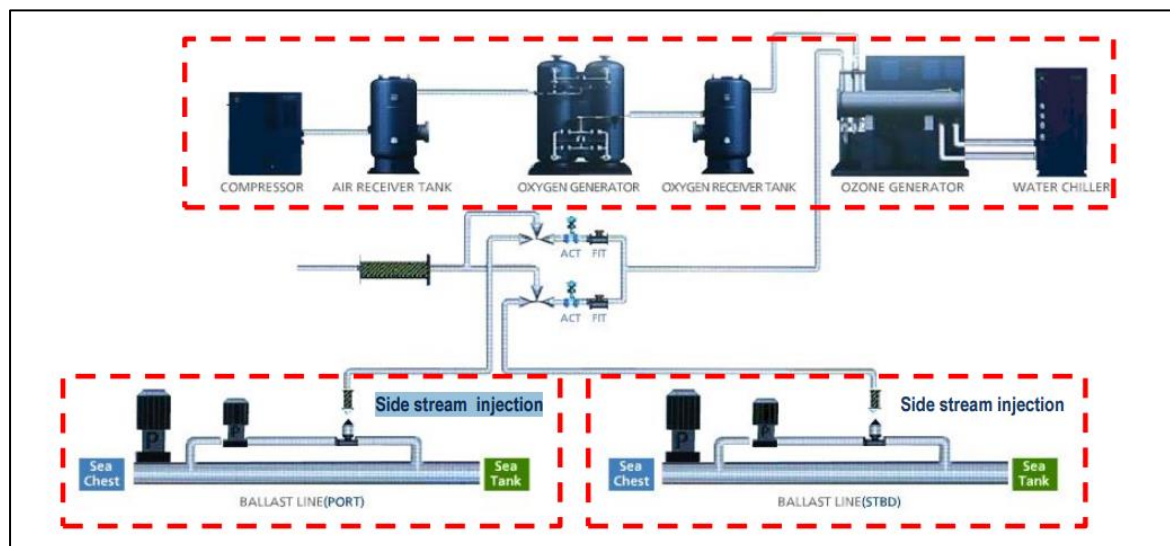
Το σύστημα επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος NK-03 BlueBallast κατασκευάζεται από την νοτιοκορεάτικη εταιρεία NK Co Ltd. Όλα τα συστήματα της NK έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο ειδικού προγράμματος της Νοτίου Κορέας με στόχο την δημιουργία πιο αποτελεσματικών, αξιόπιστων και οικονομικών λύσεων σύμφωνων με τον προσανατολισμό του IMO και των παγκόσμιων νομοθετικών απαιτήσεων.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος βασίζεται στην βιοκτόνο δράση του όζοντος (O₃). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα εγχέει όζον στο νερό έρματος κατά την διάρκεια της πρόσληψης του από το πλοίο, καθώς το αέριο όζον μπορεί να εξοντώσει με την πρώτη επαφή περίπου τον μισό πληθυσμό των βιο-εισβολέων. Επιπλέον, το όζον αλληλεπιδρά με τις χημικές ουσίες που υπάρχουν φυσικά στο θαλασσινό νερό δημιουργώντας διάφορες ενώσεις βρωμίου, που στη συνέχεια θα εξοντώσουν τα υπόλοιπα είδη βιο-εισβολέων που πιθανόν να συνεχίζουν να υπάρχουν στο θαλάσσιο έρμα. Το αέριο όζον δεν είναι αποθηκευμένο σε κάποια δεξαμενή του πλοίου, αλλά παράγεται με τη λήψη του αέρα του περιβάλλοντος, διαχωρισμού του περιεχόμενου οξυγόνου και μεταβίβασης σε αυτό 10kV ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να μετατραπεί σε όζον το 10% της ποσότητας του. Το όζον εγχέεται άμεσα στο σωλήνα εισαγωγής του θαλάσσιου έρματος ταυτόχρονα με πρόσληψη του, μόλις εγχέεται μετατρέπεται σε οξυγόνο

μέσα σε πέντε δευτερόλεπτα, πριν την μετατροπή του ωστόσο, μετατρέπει το βρώμιο, το οποίο εμφανίζεται φυσικά στο θαλασσινό νερό σε υποβρωμιώδες οξύ. (American Bureau of Shipping, 2016)

β) Βασικά μέρη του συστήματος NK-03 Blue Ballast

Το σύστημα αποτελείται από δύο βασικά μέρη, όπου το πρώτο παράγει το όζον και το δεύτερο αναμειγνύει το νερό έρματος με αυτό. Όσο αφορά την παραγωγή όζοντος η διαδικασία ξεκινά με την πρόσληψη του περιβάλλοντος αέρα από τον αεροσυμπιεστή (**air compressor**), ο οποίος με μηχανικό τρόπο συγκεντρώνει τον αέρα σε ειδική δεξαμενή (**air receiver tank**) αυξάνοντας την πίεση εντός της. Όταν η τιμή της πίεσης φτάσει στην ανώτερη τιμή, η συγκέντρωση αέρα σταματάει. Στη συνέχεια, ο συγκεντρωμένος αέρας διέρχεται εντός του παραγωγού οξυγόνου (**oxygen generator**) ο οποίος λειτουργεί αφαιρώντας το άζωτο με χρήση ειδικών φίλτρων και αποθηκεύοντας το σε ειδική δεξαμενή (**oxygen receiver tank**). Έπειτα,



το καθαρό οξυγόνο διοχετεύεται εντός του παραγωγού αζώτου (**ozone generator**), αντλείται εντός του και δέχεται μια ισχυρή τάση που μετατρέπει το οξυγόνο (O_2) σε όζον (O_3), ταυτόχρονα το σύστημα ψύχεται από ειδική διάταξη (**chiller**). Η ανάμειξη του έρματος με το όζον γίνεται ταυτόχρονα με την άντληση του από την διάταξη άντλησης θαλασσινού νερού (**side stream injection**). Τα βασικά μέρη του συστήματος φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 6 (American Bureau of Shipping, 2016).

γ) Πλεονεκτήματα του συστήματος NK-03 BlueBallast

Εικόνα 6 Παρουσίαση των λειτουργικών τμημάτων του συστήματος NK-03 BlueBallast ((American Bureau of Shipping, 2016)

1. Δεν απαιτείται δεξαμενή αποθήκευσης για το αέριο οξυγόνο και άζωτο, καθώς το οξυγόνο μετατρέπεται άμεσα σε όζον και στη συνέχεια το όζον εγχέεται εντός του έρματος.
2. Σε περίπτωση διαρροής το σύστημα σταματάει να λειτουργεί, εμπεριέχει ειδική ρύθμιση πραγματοποίησης ελέγχου διαρροής πριν την εκκίνηση του.
3. Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος που εγχέει το όζον O₃ (side stream injection) το αέριο βρίσκεται σε συνθήκες κενού, οπότε σε περίπτωση διαρροής ο ατμοσφαιρικός αέρας θα εμποδίσει την διασπορά του. Σε περίπτωση που οι συνθήκες κενού παραβιαστούν το σύστημα μεταβαίνει σε κατάσταση συναγερμού, το όζον σταματάει να παράγεται και όση ποσότητα έχει παραμείνει εντός των σωληνώσεων εγχέεται εντός του έρματος.
4. Το όζον (O₃) έχει μια σειρά από πλεονεκτικά χαρακτηριστικά: είναι ένας ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας, είναι εύκολα διαλυτό στο νερό και έχει σύντομη διάρκεια ημίσειας ζωής μετά το πέρας της οποίας επανέρχεται στην μορφή του οξυγόνου(O₂). Καθένα μόριο του όζοντος αποσυντίθεται για να σχηματίσει ελεύθερες ρίζες (OR), οι οποίες αντιδρούν γρήγορα για την οξείδωση οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Παράγωγο αυτών των αντιδράσεων είναι του ποβρωμιώδες οξύ (HOBr), το οποίο έχει βιοκτόνο δράση. Έτσι δεν απαιτείται διαδικασία προετοιμασίας πριν την έγχυση του όζοντος, ενώ εξασφαλίζεται η μη αναπαραγωγή των βιοεισβολέων σε όλη την διάρκεια του ταξιδιού.
5. Όσο αφορά την εγκατάσταση το σύστημα έχει μια σειρά από δυνατότητες καθώς μπορεί: να ενσωματωθεί σε υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης έρματος, να προσφέρει εύκολη συντήρηση και χαμηλό κόστος λειτουργίας με συμπαγή σχεδιασμό και ελάχιστη χρήση χώρου. Το σύστημα λειτουργεί χωρίς χρήση χημικών και χωρίς να αποβάλλονται χημικά προϊόντα στο περιβάλλον, με ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης της λειτουργίας του (American Bureau of Shipping, 2016).

(2.6) Μέθοδος επιλογής κατάλληλου συστήματος διαχείρισης θαλάσσιου έρματος

Τα πλοία είναι απαραίτητο για την σωστή τους πλεύση να φέρουν θαλάσσιο έρμα, μετά την επικύρωση της διεθνούς συνθήκης του IMO, θα πρέπει να φέρουν σύστημα διαχείρισης του έρματος. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση, καθώς οι τεχνολογίες δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί ευρέως ώστε να είναι γνωστή η απόδοσή τους. Επίσης, οι ιδιοκτήτες και οι κατασκευαστές πλοίων θα πρέπει να μελετήσουν προσεκτικά τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου χωρίς φυσικά να

παραβλέπουν το οικονομικό και εργονομικό κόστος, ανάλογα με την κατηγορία και τη χωρητικότητα του κάθε πλοίου. Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα βασικά κριτήρια για την επιλογή ενός συστήματος διαχείρισης έρματος. Γενικά, θα πρέπει:

- Να διαπιστωθεί ένα το σύστημα θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις συνθήκες που θα λειτουργεί το πλοίο, θα πρέπει να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά του νερού όσο αφορά την αλατότητα, την ποιότητα, την σύσταση, την θερμοκρασία κ.α.
- Να διαπιστωθεί ένα το σύστημα μπορεί να αποστειρώνει από βιο-εισβολείς αποτελεσματικά το θαλάσσιο έρμα κατά την ροή του εντός των δεξαμενών έρματος.
- Να εξακριβωθεί ένα απαιτείται επιπλέον προσωπικό για την διαχείριση του συστήματος ή κάποια ειδική εκπαίδευση του υπάρχοντος πληρώματος.
- Να σχεδιαστεί ένα πλάνο έκτακτης ανάγκης σχετικά με τις απαραίτητες δράσεις για τις περιπτώσεις ατυχήματος ή διαρροής ουσιών του συστήματος.
- Να διαπιστωθεί η ανθεκτικότητα του συστήματος, ο χώρος που θα καταλάβει και η ενέργεια που θα καταναλώνει σε συνδυασμό με το κόστος του.
- Να διαπιστωθεί ένα το σύστημα είναι αποτελεσματικό στην εξουδετέρωση μικροοργανισμών με βάση τα πρότυπα του κανονισμού D2.
- Να διαπιστωθεί ένα το σύστημα έχει προβλέψει για την διαχείριση των πιθανών παραπροϊόντων της λειτουργίας του. (Lloyd's Register Group,2016)

Επίλογος -Συμπεράσματα

Αρχικά, η πολύ μεγάλη εξάπλωση του φαινομένου της βιο-εισβολής οφείλεται στην αύξηση και διεθνοποίηση του εμπορίου με μεγάλα πλοία εδώ και δεκαετίες. Έχει διαπιστωθεί ότι η βιο-εισβολή έχει επιπτώσεις τόσο στα οικοσυστήματα όσο και στην ανθρώπινη δραστηριότητα καθώς ο παγκόσμιος οργανισμός IMO και ο ευρωπαϊκός EMSA έχουν διεξάγει μια σειρά από ποσοτικές μελέτες, σχετικά με το φαινόμενο. Για αυτόν τον λόγο υπάρχει εδώ και σχεδόν είκοσι χρόνια η προσπάθεια δημιουργίας διεθνών κανονισμών σχετικά την διαχείριση του θαλάσσιου έρματος. Η προσπάθεια αυτή ολοκληρώνεται το 2017 με την έναρξη εφαρμογής της διεθνούς σύμβασης του IMO από τις 8 Σεπτεμβρίου 2017. Σε αυτήν την βάση μια σειρά από εταιρείες κατασκεύασαν συστήματα διαχείρισης έρματος τα οποία βασίζονται στην εξόντωση των μικροοργανισμών και οργανισμών που περιέχονται στο θαλάσσιο έρμα. Αναλύοντας τα συστήματα των Wärtsilä , AlfaLaval και NK προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα συστήματα που χρησιμοποιούν φυσικές μεθόδους όπως η ακτινοβολία με UV ακτινοβολία ή η χρήση όζοντος είναι πιο φιλικές για το περιβάλλον σε σχέση με τις χημικές μεθόδους γιατί δεν παράγουν επικίνδυνα προϊόντα. Τέλος, οι κατασκευάστριες εταιρείες και οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να μελετήσουν προσεκτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος διαχείρισης έρματος σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του πλοίου, ώστε να γίνει η αποδοτικότερη επιλογή στο κατάλληλο κόστος.

Βιβλιογραφία

Ξενογλωσσες πηγές

1. Lloyd's Register Group «Understanding ballast water management, Guidance for shipowners and operators», Λονδίνο, 2016
2. Wärtsilä, «BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEMS Q&A BOOKLET», Ελσίνκι, 2015
3. Alfa Laval, «Alfa Laval PureBallast 3.1 (IMO)» Λούντ, 2015
4. American Bureau of Shipping, «Ballast Water Management - General Overview», Hamburg, 2016
5. IMO Conference on Ballast Water Treatment Systems, «Oceanking Technical and Trading», 2014
6. Hanna Lee Behrens, Sigrid Brynstad, Aage Bjrn Andersen, Rolf Skjong, «Challenges in global ballast water management», 2014
7. :<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures>

Ελληνικές πηγές

1. Άννα Μαρία Κοτρίκλα, «Ναυτιλία και Περιβάλλον», Αθήνα, 2015
2. Τσολάκη Ε., Διαμαντόπουλος Ε., Πήττα Π., «Τεχνολογίες επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος για την απομάκρυνση και την καταστροφή των αλλόχθονων ειδών.», Αθήνα, 2008

Περιεχόμενα

Περίληψη Ελληνικά- Αγγλικάσελ 3 -4

Εισαγωγήσελ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγικές έννοιες

(1.1) Η αναγκαιότητα ερματισμού και αφερματισμού των πλοίων..... σελ 6

(1.2) Επιπτώσεις των θαλάσσιων ερμάτων σελ 7

(1.3) Διεθνείς συμβάσεις και κανονισμοί για την διαχείριση των θαλάσσιων
ερμάτων..... σελ 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Συστήματα διαχείρισης θαλάσσιου έρματος

(2.1) Μέθοδοι ανταλλαγής έρματος..... σελ 15

(2.2) Συστήματα επεξεργασίας έρματος σελ 17

(2.3) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρείας Wartsila.....σελ 21

(2.4) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρείας AlfaLaval.....σελ 25

(2.5) Περιγραφή των συστημάτων της εταιρείας NK.....σελ 28

(2.6) Μέθοδος επιλογής κατάλληλου συστήματος διαχείρισης θαλάσσιου
έρματος..... σελ 30

Συμπεράσματα..... σελ 32

Βιβλιογραφία..... σελ 33