

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**



«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΜΑΤΟΣ»

Διπλωματική Εργασία

ΒΑΡΕΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ – ΜΑΡΙΟΣ

Επίβλεψη: Κωνσταντίνα Κόλλια, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αικατερίνη Ιωάννα Χαραλάμπους, Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΕΜΠ – 2021

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Αικατερίνη Ιωάννα Χαραλάμπους, Καθηγήτρια ΕΜΠ για το ενδιαφέρον προτεινόμενο θέμα αυτής της διπλωματικής καθώς και την επιβλέπουσα Καθηγήτρια ΕΜΠ κυρία Κωνσταντίνα Κόλλια. Παρά τις αντιξοότητες που συνάντησε η συνεργασία μας, η κυρία Κόλλια στάθηκε δίπλα μου με υπομονή, δείχνοντας ενδιαφέρον για την πρόοδό μου και την ευχαριστώ θερμά γι' αυτό.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κύριο Λάμπρο Καϊκτσή, Καθηγητή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ για τη συμμετοχή του στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και τις πολύ εύστοχες και εποικοδομητικές παρατηρήσεις του στο κείμενο της παρούσας εργασίας.

Στο πλαίσιο της φοίτησής μου έκανα πολύ σημαντικές φιλίες. Θέλω να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου Πέτρο και Δημήτρη για τη βοήθειά τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Ακόμη, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην κοπέλα μου Σεργίνα που πάντα πίστευε σε μένα και στις δυνατότητές μου ακόμα κι όταν εγώ απογοητευόμουν.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τη μητέρα μου Ευτυχία και τη γιαγιά μου Ελένη. Η υποστήριξη και η υπομονή που μου έδειξαν αποτέλεσε καταλυτικό παράγοντα για τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας κι ελπίζω να τις κάνω πάντα περήφανες.

Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, στο οποίο έχει στρέψει τα τελευταία χρόνια την προσοχή της η παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα είναι αυτό των θαλάσσιων μεταφορών και της επιρροής τους στο περιβάλλον και στην οικονομία. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι σε παγκόσμια κλίμακα μεταφέρονται καθημερινά 3.000 με 7.000 διαφορετικά είδη οργανισμών κι έχει αποδειχθεί ότι τα πλοία και το νερό έρματος συνιστούν τους κύριους παράγοντες αυτού του φαινομένου. Η μεταφορά αλλόχθονων οργανισμών προκαλεί μια σειρά από προβλήματα, όπως η επιβολή νέων ειδών στην εκάστοτε τοπική βιοποικιλότητα και η πιθανή εξαφάνιση των ήδη υπαρχόντων ειδών.

Οι οργανισμοί αυτοί ονομάζονται χωροκατακτητικοί οργανισμοί ή AIS (Alien Invasive Species) και αν καταφέρουν να επιβιώσουν από τις δυσμενείς συνθήκες που επιφέρει γι'αυτούς η δεξαμενή έρματος, τότε μπορούν κατά την άφιξή τους σε νέο περιβάλλον να προκαλέσουν πληθώρα επιπτώσεων. Οι οργανισμοί μπορεί να είναι διάφορα είδη ζωοπλαγκτόν, μικροφύκια ή μικρόβια και βακτήρια.

Ως προς την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την εξάπλωση των διεισδυτικών οργανισμών, ο διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός (IMO) το 2004 εφάρμοσε τη Σύμβαση γνωστή ως «Ballast Water Management and Sediments Convention». Αναλυτικότερα, στη Σύμβαση αυτή εμπεριέχονται οδηγίες για την ασφαλή διαχείριση του έρματος στη θάλασσα, καθώς και οδηγίες δημιουργίας και εγκατάστασης συστημάτων επεξεργασίας έρματος πάνω στο πλοίο. Η Σύμβαση τέθηκε σε διεθνή ισχύ το 2017, γεγονός που άλλαξε ριζικά τον τρόπο που συμπεριφέρονται νομοθετικά τα πλοία, όπως επίσης προσέθεσε νέα υποχρεωτικά μέτρα, που πρέπει να τηρούνται στο νέο ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Τα μέτρα αφορούν κυρίως τους τρόπους με τους οποίους επεξεργάζεται ένα πλοίο το έρμα που φέρει.

Το κύριο αντικείμενο της Σύμβασης και της παρούσας εργασίας αφορά στα συστήματα επεξεργασίας έρματος ή αλλιώς BWMS (Ballast Water Management System). Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να λειτουργεί ένα τέτοιο σύστημα είναι είτε με μηχανικές μεθόδους είτε με φυσικές μεθόδους είτε με χημικές μεθόδους. Κάθε μέθοδος ή σύστημα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα καθώς και ξεχωριστή εξειδίκευση. Ένα σύστημα μπορεί να είναι αποτελεσματικό ενάντια σε ζωοπλαγκτόν και φυτοπλαγκτόν, αλλά όχι σε βακτήρια.

Στη διπλωματική εργασία αναλύονται λεπτομερώς οι διάφορες μέθοδοι διαχείρισης έρματος, με στόχο όχι μόνον την σύγκρισή τους αλλά και το να γίνει διακριτό ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τελικά την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος επεξεργασίας. Επιπρόσθετα, υπάρχουν τομείς των οποίων η διερεύνηση βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη και χρήζουν περαιτέρω έρευνας, όπως η δειγματοληψία και η ανάλυση του έρματος.

Abstract

One of the most important problems that the global shipping community has turned its attention to in recent years is that of maritime transport and their impact on the environment and the economy. More specifically, it is estimated that 3,000 to 7,000 different species of organisms are transported worldwide every day and it has been proven that ships and ballast water are the main causes of this phenomenon. The transfer of non-native organisms causes a number of problems, such as the imposition of new species on local biodiversity and the possible extinction of existing species.

These organisms are called Alien Invasive Species or AIS and if they manage to survive the adverse conditions within the ballast tank, they can cause a variety of effects when they arrive in a new environment. The organisms can take the form of various species of zooplankton, microalgae or germs and bacteria.

In order to address the problems arising from the spread of AIS, the International Maritime Organization (IMO) in 2004 implemented the Convention known as the "Ballast Water Management and Sediments Convention". More specifically, this Convention contains instructions for the safe management of ballast at sea, as well as instructions for the establishment and installation of ballast treatment systems on board. The Convention entered into force internationally in 2017, which radically changed the way ships behave legally, as well as added new mandatory measures, which must be obeyed in this new legal framework. The measures mainly concern the ways in which a ship handles the ballast it carries.

The main object of the Convention and the present diploma thesis concerns to the ballast water treatment systems, known as BWMS. The ways in which such a system can operate are either by mechanical methods or by physical methods or by chemical methods. Each method or system has advantages and disadvantages as well as a separate specialization. A system may be effective against zooplankton and phytoplankton, but not against bacteria.

In this thesis the various methods of ballast management will be analyzed in detail, with the aim not only of comparing them but also to distinguish which factors ultimately influence the choice of the most appropriate treatment system. In addition, there are areas where knowledge is still limited and need further research, such as ballast sampling and analysis.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2: Χωροκατακτητικά είδη (AIS).....	5
2.1 Lionfish (<i>Pterois volitans</i>).....	7
2.2 Green Crab (<i>Carcinus maenas</i>)	8
2.3 Northern Pacific Seastar (<i>Asterias amurensis</i>).....	9
2.4 <i>Mnemiopsis leidyi</i>	10
2.5 <i>Vibrio cholerae</i>	11
2.6 Zebra mussel <i>Dreissena polymorpha</i>	12
2.7 Chinese mitten crab (<i>Eriocheir sinensis</i>)	13
2.8 Cladoceran water flea (<i>Cercopagis pengoi</i>)	14
2.9 Round Goby (<i>Neogobius melanostomus</i>)	15
2.10 Toxic algae.....	16
Κεφάλαιο 3: Νομοθετικό Πλαίσιο.....	17
3.1 Τι πρέπει να διαθέτει ένα πλοίο σήμερα σύμφωνα με τη Σύμβαση	20
3.1.1 Ballast Water Management Plan	20
3.1.2 Ballast Water Record Book	20
3.1.3 International Ballast Water Management Certificate	20
3.1.4 Port State Control	21
3.2 D1 – Πρότυπο Ανταλλαγής Νερού Έρματος (Ballast Water Exchange).....	21
3.3 D2 – Πρότυπο Απόδοσης Νερού Έρματος (Ballast Water Performance Standard)	22
3.4 GESAMP	23
3.5 Πρότυπο D-3	24
3.6 Διαδικασία έγκρισης συστημάτων BWMS	25
3.7 USCG	27
Κεφάλαιο 4: Μέθοδοι διαχείρισης έρματος.....	29
4.1 Διαχείριση έρματος στο λιμάνι–στη ξηρά (Port Based Treatment).....	29
4.2 Ανταλλαγή Έρματος (Ballast Water Exchange).....	30
4.3 Μηχανικός διαχωρισμός.....	35
4.3.1. Διήθηση (Filtration)	35
4.3.2. Διαχωρισμός μέσω υδροκυκλώνων (Hydrocyclone separation).....	36
4.4. Φυσικός διαχωρισμός.....	39
4.4.1 Σπηλαίωση (Hydrodynamic cavitation)	39
4.4.2. Διαχωρισμός μέσω υπερήχων (Ultrasound).....	40

4.4.3 Διαχωρισμός με χρήση μικροκυμάτων (Micro wave)	41
4.4.4 Διαχωρισμός μέσω ηλεκτρικών παλμών (Electric pulse)	41
4.4.5. Θερμική επεξεργασία (Heat treatment).....	42
4.4.6. Επεξεργασία με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (Ultra violet radiation)	42
4.4.7 Διαχωρισμός μέσω μαγνητικού ηλεκτρο–ιονισμού (Electro–ionization magnetic separation)	45
4.5. Χημικός διαχωρισμός	45
4.5.1. Χλωρίωση.....	45
4.5.2. Διοξείδιο του χλωρίου	45
4.5.3. Υποχλωριώδες βιοκτόνο	46
4.5.4. Ηλεκτρόλυση (Electrolytic chlorine generation).....	46
4.5.5. Βιοκτόνο Peraclean	48
4.5.6. Βιοκτόνο Sea Kleen	48
4.5.7. Acrolein	49
4.5.8. Όζον (Ozonation).....	49
4.5.9. Αποξυγόνωση (De-oxygenation).....	50
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα-Συμπεράσματα	52
5.1 Αξιολόγηση μεθόδων.....	52
5.2 Επιπτώσεις των AIS	58
5.3 Horizons Scanning	60
5.4 Δειγματοληψία	61
5.5 Βακτήρια	63
Βιβλιογραφία	66
Παραρτήματα.....	70
Παράρτημα 1 : Αντίγραφο της φόρμας του πιστοποιητικού IBWMC.....	70
Παράρτημα 2 : Εγκεκριμένα συστήματα από IMO, καταστάσεις εγκρίσεων	75
Παράρτημα 3 : Ευρήματα μελέτης Ευρωπαϊκών υδάτων του προγράμματος Horizon Scanning...	95

Κατάλογος εικόνων

Κεφάλαιο 1

Εικόνα 1.1: Διαδικασία ερματισμού / αφερματισμού

Εικόνα 1.2: Φαινόμενο Fouling

Εικόνα 1.3: *Teredo Navalis*

Κεφάλαιο 2

Εικόνα 2.1: Αναγνώριση των 10 πιο χωροκατακτητικών οργανισμών

Εικόνα 2.2: *Pterois volitans*

Εικόνα 2.3: *Carcinus maenas*

Εικόνα 2.4: *Asterias amurensis*

Εικόνα 2.5: *Mnemiopsis leidyi*

Εικόνα 2.6: *Vibrio cholerae*

Εικόνα 2.7: *Dreissena polymorpha*

Εικόνα 2.8: *Eriocheir sinensis*

Εικόνα 2.9: *Cercopagis pengoi*

Εικόνα 2.10: *Neogobius melanostomus*

Εικόνα 2.11: HAB από κυανοβακτήρια

Εικόνα 2.12: Φαινόμενο «κόκκινη παλίρροιας»

Κεφάλαιο 3

Εικόνα 3.1: Kitack Lim, Γενικός Γραμματέας IMO

Εικόνα 3.2: Διαδικασία έγκρισης συστημάτων BWMS

Εικόνα 3.3: Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης

Κεφάλαιο 4

Εικόνα 4.1: Αποτύπωση εγκατάστασης Port Based Treatment

Εικόνα 4.2: Αποβολή έρματος κατά την ανταλλαγή

Εικόνα 4.3: Κατηγοριοποίηση μεθόδων επεξεργασίας ανάλογα με το είδος απολύμανσης

Εικόνα 4.4: Ενδεικτική αποτύπωση συστήματος διήθησης

Εικόνα 4.5: Σύστημα επεξεργασίας Hyde Guardian

Εικόνα 4.6: Ενδεικτική αποτύπωση υδροκυκλώνων και ονοματολογία μερών

Εικόνα 4.7: Μονάδες επεξεργασίας υδροκυκλώνων

Εικόνα 4.8: Σύστημα επεξεργασίας ERMA-FIRST

Εικόνα 4.9: Ενδεικτική διάταξη συστήματος σπηλαίωσης

Εικόνα 4.10: Μονάδες παραγωγής υπερήχων

Εικόνα 4.11: Ενδεικτική αποτύπωση μονάδας παραγωγής UV και ονοματολογία μερών

Εικόνα 4.12: Σύστημα επεξεργασίας Glo en Patrol

Εικόνα 4.13: Σύστημα επεξεργασίας Alfa laval

Εικόνα 4.14: Ενδεικτική αποτύπωση συστήματος EIMS

Εικόνα 4.15: Ηλεκτρολυτικό κελί

Εικόνα 4.16: Διαδικασία ηλεκτρόλυσης

Εικόνα 4.17: Μονάδα Sea Kleen

Εικόνα 4.18: Μηχανισμός Παραγωγής Όζοντος

Εικόνα 4.19: Ενδεικτική αποτύπωση λειτουργίας αποξυγόνωσης

Κεφάλαιο 5

Εικόνα 5.1: Αποτελέσματα έρευνας αξιολόγησης μεθόδων

Κατάλογος πινάκων

Κεφάλαιο 3

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Πρότυπα απόδοσης D-2 IMO και USCG

Συντομογραφίες και όροι

AIS/IAS	Alien Invasive Species	Χωροκατακτητικά είδη / διδυτικά είδη
B-3	Regulation about Ballast Water Management for Ships	Κανονισμός περί διαχείρισης έρματος για τα πλοία
G8	Guidelines for the approval of ballast water management systems	Οδηγίες για την έγκριση συστημάτων επεξεργασίας έρματος
G9	Procedure for approval of ballast water management systems that make use of Active Substances	Οδηγίες για την έγκριση των συστημάτων επεξεργασίας έρματος που κάνουν χρήση χημικών ουσιών
D-1	Ballast Water Exchange Standard	Πρότυπο ανταλλαγής νερού έρματος
D-2	Ballast Water Performance Standard	Πρότυπο απόδοσης νερού έρματος
BWM	Ballast Water Management	Διαχείριση νερού έρματος
BWMS	Ballast Water Management System	Συστήματα διαχείρισης νερού έρματος
BWMP	Ballast Water Management Plan	Σχέδιο διαχείρισης έρματος
BWRB	Ballast Water Record Book	Βιβλίο καταγραφής έρματος
GESAMP- BWWG	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – Ballast Water Working Group	Εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό πάνω σε επιστημονικά θέματα για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος
IMO	International Maritime Organization	Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας
ISO	International Organization for Standardization	Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης
MEPC	Marine Environment Protection Committee	Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος
USCG	United States Coast Guard	Αρχή προστασίας των Ακτών της Αμερικής

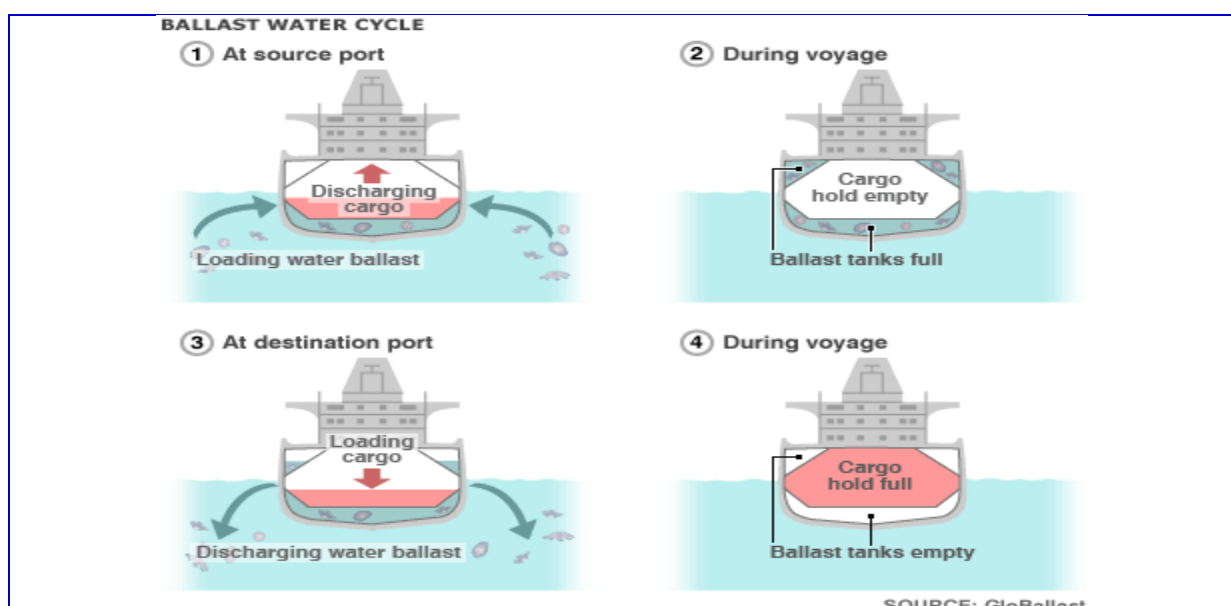
PPM	Stands for Parts Per Million, it is a chemical term used to represent a very low concentration of a solution. Milliliter and Liter are units to represent volume of liquids. 1 milliliter is equal to 1000 liters. 1 ppm = 0.001 mL/L and hence 1 mL/L = 1000 ppm	Χημική μονάδα μέτρησης που υποδεικνύει πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε ένα διάλυμα
UV	Ultraviolet	Υπεριώδης
Basic Approval Certificate	Πιστοποιητικό Αρχικής Έγκρισης	
Final Approval Certificate	Πιστοποιητικό Τελικής Έγκρισης	
Type Approval Certificate	Πιστοποιητικό Αποδοχής	

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Από τα αρχαία χρόνια η ανάγκη για ταξίδια στο θαλάσσιο περιβάλλον καθώς και μεταφορές σε αυτό ήταν μεγάλη. Συνεπώς, η κατασκευή του πλοίου ήταν φυσικό επακόλουθο αυτής της ανάγκης. Έρευνες δείχνουν, μάλιστα, ότι πιθανότατα το πρώτο πλοίο που δημιουργήθηκε ήταν στην Αίγυπτο το 2.600 π.Χ. Σύντομα παρατηρήθηκε ότι ένα πλοίο ανταποκρίνεται και συμπεριφέρεται διαφορετικά όταν έχει φορτίο κι όταν είναι στην άφορτη κατάσταση. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το έρμα.

Το έρμα ορίζεται ως οποιοδήποτε υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ισορροπία και την ευστάθεια ενός πλοίου στην άφορτη κατάστασή του. Το υλικό μπορεί να είναι είτε στερεό είτε υγρό. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ως έρμα πέτρες ή βράχια, ακόμα και μέταλλα. Στη σημερινή εποχή χρησιμοποιείται το θαλασσινό νερό κι έτσι συναντάται συχνά η ορολογία θαλάσσιο έρμα. Συνήθως, τοποθετείται περιφερειακά του πλοίου, δηλαδή στον χώρο του διπύθμενου και στις πλαϊνές δεξαμενές. Η πρακτική αυτή μειώνει την πίεση στο κύτος, παρέχει εγκάρσια σταθερότητα, βελτιώνει την πρόωση και την ευελιξία, και αντισταθμίζει το βάρος που χάνεται λόγω της κατανάλωσης των αναλώσιμων του πλοίου.^[1]

Η διαδικασία του ερματισμού όπως περιγράφεται σχηματικά στην Εικόνα 1.1 συμβαίνει ως εξής: Το πλοίο κατά το πέρας του ταξιδιού του, δηλαδή όταν φτάνει στο λιμάνι του προορισμού του, ξεφορτώνει το φορτίο του και μέσω αντλιών πληρώνει τις ειδικές δεξαμενές του με θαλάσσιο έρμα. Κατά την επιστροφή του ή κατά την επίσκεψή του σε επόμενο λιμάνι, συμβαίνει η διαδικασία του αφερματισμού. Αποβάλλεται, δηλαδή, το θαλάσσιο έρμα από το προαναφερθέν λιμάνι, ώστε το πλοίο να φορτώσει νέο φορτίο και να ξεκινήσει νέο ταξίδι. Εδώ έγκειται το πρόβλημα της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 1.1: Διαδικασία ερματισμού / αφερματισμού

Πηγή: <https://www.pinterest.com/pin/417427459185878808/>

Στο θαλασσινό νερό που μεταφέρεται, μεταφέρεται παράλληλα μεγάλο μέρος ζωντανών οργανισμών, ο οποίος μπορεί να θεωρηθεί εχθρικός σε διαφορετικά νερά. Φυσικά, οι συνθήκες κατά τη μεταφορά αυτών των οργανισμών δεν ευνοούν τις πιθανότητες επιβίωσής τους, ωστόσο, ένα νούμερο αυτών επιβιώνει. Η βιοποικιλότητα των οργανισμών αυτών περιλαμβάνει ιούς, βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, παθογόνα, φυτοπλαγκτόν, ασπόνδυλα και ψάρια.

Συνήθως, η εισαγωγή αλλόθρονων οργανισμών δεν προκαλεί αισθητή διαφορά στο νέο τους περιβάλλον. Κάποιες φορές όμως, όταν ένα είδος δεν μπορεί να υποκύψει στους κανόνες ενός νέου συστήματος έχει ως απόρροια τον πολλαπλασιασμό και τη ραγδαία εξάπλωσή του μέχρι το σημείο που θα θεωρείται το κυρίαρχο είδος (τοπικά τουλάχιστον) διακινδυνεύοντας έτσι την τοπική βιοποικιλότητα καθώς και τον ανθρώπινο παράγοντα.^[2]

Στο θαλάσσιο περιβάλλον υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους ένα είδος μπορεί να μεταφερθεί. Συγκεκριμένα, από 7 βασικές κατηγορίες (Pathways) μεταφοράς ειδών προκύπτουν περισσότεροι από 50 τρόποι (Vectors) και με κυρίαρχο όλων τη μεταφορά μέσω πλοίων. Μέσω του πλοίου οι θαλάσσιοι οργανισμοί μεταφέρονται όχι μόνο μέσα στο νερό έρματος, αλλά και στα ιζήματα που υπάρχουν στο κάτω μέρος της δεξαμενής καθώς και στα τοιχώματα των δεξαμενών έρματος.

Hull fouling

Να αναφερθεί βέβαια ότι η μεταφορά οργανισμών που συμβαίνει λόγω πλοίων δεν συμβαίνει μόνο στο έρμα. Ο όρος «Hull fouling ή Hull biofouling» αποτελεί έναν ακόμη τρόπο (vector) με τον οποίο τα πλοία συμβάλλουν στο φαινόμενο των AIS. Ουσιαστικά, πρόκειται για τους θαλάσσιους οργανισμούς που προσκολλώνται στο εξωτερικό περίβλημα της γάστρας. Οι οργανισμοί αυτοί αυξάνουν την αντίσταση του νερού που συναντά το πλοίο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμων και η εκπομπή επιβλαβών αερίων εντείνοντας έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου.^[3]



Εικόνα 1.2: Φαινόμενο Fouling

Πηγή: <https://www.hullshield.net/>

Υπολογίζεται ότι ημερησίως μεταφέρονται 7.000 οργανισμοί μέσω των πλοίων σε παγκόσμιο επίπεδο χωρίς να συμπεριλαμβάνονται μικροοργανισμοί όπως βακτήρια και παθογόνα. Με την πάροδο του χρόνου και την αύξηση των πλοίων αυτό το νούμερο είναι λογικό ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται. Μάλιστα, έχει γίνει η συσχέτιση, ότι κάθε πλοίο ισοδυναμεί με την εισαγωγή ενός είδους σε αλλόχθονο περιβάλλον. ^[4, 5]

Οι οργανισμοί που εισέρχονται σε ένα νέο περιβάλλον (όχι απαραίτητα θαλάσσιο), το οποίο απειλούν με τη κατακτητική τους συμπεριφορά συναντώνται στη βιβλιογραφία με τον όρο AIS ή IAS, δηλαδή Alien Invasive Species (αλλόχθονα διεισδυτικά είδη). Τα AIS εισάγονται σε νέους χώρους μετά από ανθρώπινη παρέμβαση και μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και στη λειτουργία του οικοσυστήματος. Ανταγωνίζονται τα τοπικά είδη και κάποιες φορές τα αντικαθιστούν πλήρως. Η δυνατότητα κυριαρχίας σε διαφορετικά περιβάλλοντα, η γρήγορη ανάπτυξη, η αντίστοιχη αναπαραγωγή και η ενδεχόμενη απουσία φυσικών κυνηγών αποτελούν παράγοντες που αιτιολογούν τον επιτυχή σχηματισμό αποικίας σε νέα οικοσυστήματα των AIS. ^[6]

Σε γενικότερα πλαίσια, τα είδη που εισέρχονται σε ένα οικοσύστημα πέρα από το ιστορικό εύρος τους, συμπεριλαμβάνοντας οργανισμούς που έχουν μεταφερθεί από μία χώρα σε άλλη ονομάζονται μη αυτόχθονα είδη ή NIS (non-indigenous species). ^[6]

Η πρώτη φορά που αναγνωρίστηκε επισήμως η ύπαρξη και το φαινόμενο των AIS ήταν το 1903 με μαζική εμφάνιση των ασιατικών φυκιών φυτοπλαγκτού *Odontella* (*Biddulphia*) *sinensis* στη Βόρεια Θάλασσα. Δυστυχώς, πέρασαν 70 χρόνια μέχρι να γίνει ο πρώτος αναλυτικός έλεγχος στη σύσταση του έρματος και να δοθεί η δέουσα προσοχή στο θέμα. ^[7]

Φυσικά, όπως προαναφέρθηκε οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν έρμα στα πλοία από πολύ νωρίτερα. Επομένως, είναι λογικό αυτή τη στιγμή να υπάρχουν θαλάσσια είδη που να θεωρούνται κυρίαρχα στα ύδατά τους, αλλά να μην ήταν γνησίως εγγενή σε αυτά. Δίχως ακριβή καταγραφή ή παλαιότερες μελέτες δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτα σίγουροι για το ποια είδη προϋπήρχαν, μετανάστευσαν φυσικά ή προκλήθηκαν από ανθρώπινο παράγοντα.

Ένα τέτοιο παράδειγμα μπορεί να θεωρηθεί το *Teredo Navalis* ή όπως είναι γνωστό "shipworm", δηλαδή σκουλήκι των πλοίων. Στην πραγματικότητα, δεν είναι σκουλήκι αλλά μαλάκιο, ωστόσο, λόγω της εμφάνισής του και της συμπεριφοράς του υιοθέτησε αυτό το όνομα. Εισχωρώντας μέσα σε ξύλινα υλικά και πιο συγκεκριμένα στις παλαιότερες γάστρες πλοίων, δομημένες κυρίως με ξύλο το *Teredo Navalis* έχει εξαπλωθεί τόσο που ο αρχικός τύπος καταγωγής του είναι πλέον ασαφής.

Εντοπίστηκε πρώτα στην Ολλανδία το 1731, όπου προκάλεσε μεγάλες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες λόγω φαγωμένων δοκαριών), αλλά έχει προταθεί ότι είναι και ο υπαίτιος της καταστροφής της Ισπανικής αρμάδας το 1588. Αυτό που στηρίζει τη συγκεκριμένη θεωρία είναι η αποδυναμωμένη ευστάθεια των πλοίων λόγω της δράσης των σκουληκιών στα Ισπανικά πλοία, στο διάστημα που περίμεναν σε Γαλλικά και Πορτογαλικά λιμάνια την Αγγλική εισβολή. Η επικρατέστερη άποψη σήμερα είναι ότι λόγω της αντοχής του σε χαμηλές θερμοκρασίες η πιο πιθανή του αφετηρία ήταν στον Ατλαντικό. ^[3]



Εικόνα 1.3: Teredo Navalis

Πηγή: <https://alchetron.com/Teredo-navalis>

Κεφάλαιο 2: Χωροκατακτητικά είδη (AIS)

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ένας πολύ μεγάλος αριθμός θαλάσσιων οργανισμών μεταφέρεται μέσω του έρματος των πλοίων. Ωστόσο, δεν αρκεί μόνο η μεταφορά, ώστε ένα είδος να καταφέρει να αποικίσει σε ξένο περιβάλλον και να θεωρείται εισβολέας σε αυτό. Πρέπει πρώτα να περάσει μια σειρά δοκιμασιών και να επιβιώσει αυτών, ώστε να έχει την ευκαιρία εισαχθεί σε νέο χώρο και να αναπαραχθεί.^[2]

Η δεξαμενή έρματος παρά το μεγάλο νούμερο μικροοργανισμών που μπορεί δυνητικά να στεγάσει δεν μπορεί ποτέ να θεωρηθεί ως φιλόξενο περιβάλλον γι' αυτούς. Η πλειονότητα των μικροοργανισμών αποβιώνει τις πρώτες 3–5 ημέρες εξαιτίας πληθώρας λόγων.

Αρχικά, ένα ταξίδι μπορεί να διαρκέσει αρκετές μέρες και η έλλειψη τροφής στη δεξαμενή αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την επιβίωση σε αυτή. Επίσης, η απουσία φωτός παίζει συχνά ρόλο όπως για παράδειγμα για το φυτοπλαγκτόν, όπου ο μεταβολισμός του εξαρτάται από το φως. Επιπρόσθετα, η έλλειψη οξυγόνου, φυσικής στέγης, καθώς και η θερμοκρασία που διαρκώς μεταβάλλεται, επηρεάζουν το ποσοστό επιβίωσης. Πολλοί οργανισμοί απαιτούν συγκεκριμένα εύρη θερμοκρασίας, ωστόσο η θερμοκρασία των δεξαμενών ενός πλοίου τείνει να έχει την τιμή της θερμοκρασίας που έχει η θάλασσα στην οποία πλέει το πλοίο.

Εν συνεχεία, οι εναπομείναντες οργανισμοί πρέπει να επιβιώσουν και από τη διαδικασία αφερματισμού, από την οποία αρκετοί ακόμα πεθαίνουν λόγω της κρούσης. Κατά την άφιξη στο νέο περιβάλλον η τελική δοκιμασία είναι το αν οι οργανισμοί μπορούν να ανταποκριθούν στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και αν φυσικά το εκάστοτε είδος έχει τους επαρκείς αριθμούς, ώστε να αναπαραχθεί. Λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι οι μικροοργανισμοί ενδέχεται να μην καταλήξουν στο ίδιο σημείο προορισμού λόγω του ότι η διαδικασία αφερματισμού μπορεί να «σκορπίσει» το νερό σε πολλαπλά σημεία, ο τελικός αριθμός μειώνεται περαιτέρω. Επιπρόσθετα, η επιβίωση του είδους εξαρτάται από την αναπαραγωγή του. Πρέπει το κλίμα του περιβάλλοντος να είναι παραπλήσιο με τις τροπικές προτιμήσεις του εκάστοτε οργανισμού, ώστε να μπορέσει σχηματίσει αποικία.^[8]

Κι ενώ πολλοί οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν από αυτές τις αντίξοες συνθήκες υπάρχουν άλλοι που είναι αρκετά ανθεκτικοί και κάποιες φορές επιβιώνουν κι αυτοί που δεν είναι. Κάποιοι οργανισμοί καταφέρνουν να επιβιώσουν από 3 μέχρι και 5 μήνες στη δεξαμενή. Ένα τέχνασμα που εφαρμόζουν ορισμένοι οργανισμοί είναι ο σχηματισμός κύστεων αδράνειας (resting cysts). Έτσι, επιβιώνουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα προσκολλημένοι στο ίζημα της δεξαμενής, (μπορεί και για πολλαπλά ταξίδια) και εν τέλει αποβάλλονται σε ανεπιθύμητα μέρη είτε λόγω αφερματισμού είτε λόγω καθαρισμού της δεξαμενής.^[3]

2.1 Lionfish (*Pterois volitans*)



Εικόνα 2.2: *Pterois volitans*

Πηγή: <https://www.akvarijumart.com/product/pterois-volitans-volitan-lionfish/>

Το ψάρι *P.volitans* ή «Zebrafish» αρχικά εγγενές στον Ινδο–Ειρηνικό ωκεανό υιοθέτησε τον ρόλο του AIS στα νερά της Καραϊβικής, του Ατλαντικού και στο Μεξικό. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι ανθεκτικοί σε παράγοντες όπως θερμοκρασία και βάθος νερού, αναπαράγονται γρήγορα και σε μεγάλους αριθμούς και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν υπάρχει άλλο είδος που να τρέφεται αποκλειστικά από αυτό το *P.volitans* κυριαρχεί στα νερά που ζει. Σαν μηχανισμό άμυνας, ο οποίος είναι περιττός τις περισσότερες φορές, διαθέτει δηλητηριώδη αγκάθια γύρω από το σώμα του.

Χρησιμοποιώντας τις εξαιρετικές ικανότητες που διαθέτει στην κολύμβηση καταναλώνει ψάρια πάσης φύσεως και οποιουδήποτε μεγέθους. Πυκνοί πληθυσμοί αυτών μπορούν να καταναλώσουν έως και 460.000 ψάρια υφάλου ανά στρέμμα ετησίως. Δίχως να υπάρχει σίγουρος τρόπος αντιμετώπισης κι ελέγχου, δύτες αυτών των νερών έχουν αναλάβει το έργο της αφαίρεσής τους. Το πλεονέκτημα, βέβαια, για τον άνθρωπο είναι ότι ο συγκεκριμένος ιχθύς είναι αρκετά νόστιμος. Έτσι, ιδιοκτήτες εστιατορίων συμβάλλουν στο συγκεκριμένο πρόβλημα με την προσθήκη των ψαριών αυτών στους καταλόγους τους.^[6]

2.2 Green Crab (*Carcinus maenas*)



Εικόνα 2.3: *Carcinus maenas*

Πηγή: <https://www.scienceimage.csiro.au/tag/crustaceans/i/864/carcinus-maenas-european-green-crab/>

Αυτός ο κάβουρας ο οποίος, επίσης, ανήκει στη λίστα με τα πιο επικίνδυνα αλλόχθονα είδη συναντάται στη Βαλτική θάλασσα και κυρίως στις ακτές της Ευρώπης και γι' αυτό το λόγο έχει λάβει και το όνομα «European crab» (κάβουρας της Ευρώπης). Μπορεί να θεωρηθεί αρκετά ανθεκτικός, καθώς μπορεί να ζήσει σε νερά μεγάλου εύρους περιεκτικότητας σε αλάτι (4–52%) καθώς και σε εξίσου μεγάλο εύρος θερμοκρασίας (0–30 °C). Μεταφέρθηκε σαν εμπόρευμα, και κυρίως από το έρμα πλοίων στις ακτές της ανατολικής Αμερικής κατά τον 18^ο αιώνα και λόγω της κατακτητικής συμπεριφοράς του, σήμερα συναντάται και στις δύο ακτές της Αμερικής, στον Καναδά, στην Ασία, στην Αυστραλία, στην Ιαπωνία και αλλού.

Στο διατροφολόγιό του ανήκουν σκουλήκια, στρείδια, μύδια και άλλα μαλάκια μικρότερα ή ίδια με το μέγεθός τους, το οποίο δεν είναι ενθαρρυντικό στοιχείο, καθώς έχει αποδειχθεί ότι ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο ζει ο *C.maenas* μεγαλώνει σε μέγεθος. Είναι ο κύριος ύποπτος για την εξάλειψη των μυδιών στο Μέιν (Maine, USA), τερματίζοντας έτσι την ευρέως εμπορική χρήση τους. Τα μέτρα αντιμετώπισης που έχουν ληφθεί είναι η χρήση χημικών και η προσπάθεια απομάκρυνσής τους. Υπάρχουν μάλιστα νέες μελέτες, οι οποίες υποστηρίζουν το γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χαβιάρι. ^[6]

2.3 Northern Pacific Seastar (*Asterias amurensis*)



Εικόνα 2.4: *Asterias amurensis*

Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CSIRO_ScienceImage_956_Asterias_amurensis_Northern_Pacific_Seastar.jpg

Ο αστερίας *A.amurensis* ήταν αρχικά εγγενής στον Βόρειο Ειρηνικό και κυρίως στις ακτές της Κίνας, της Βόρειας και Νότιας Κορέας, της Ρωσίας και της Ιαπωνίας. Ζει κυρίως σε θερμοκρασίες 7–10 °C και δεν συναντάται σε υφάλους ή σε νερά με έντονους κυματισμούς. Ωστόσο, δεν συνάντησε δυσκολία στα ζεστά νερά της Αυστραλίας (20–23 °C) κατά την εισαγωγή του εκεί ως AIS με πιο πιθανό μέσο μεταφοράς το έρμα, που ενδεχομένως να μεταφέρθηκε κατά το στάδιο της προνύμφης. Σήμερα συναντάται επίσης στην Αμερική και Ευρώπη.

Στις διατροφικές του συνήθειες βρίσκονται κυρίως μαλάκια, και είναι υπαίτιος για ζημιά του ενός δισεκατομμυρίου δολαρίων στη βιομηχανία οστρακοειδών στην Τασμανία και όμοιες επιπτώσεις προκάλεσε και στην Ιαπωνία. Η απομάκρυνσή του είναι δύσκολη και οι άνθρωποι προσπαθούν να ελέγξουν τον πληθυσμό τους με τεχνητές μεθόδους και χρήση παγίδων.^[6]

2.4 *Mnemiopsis leidyi*



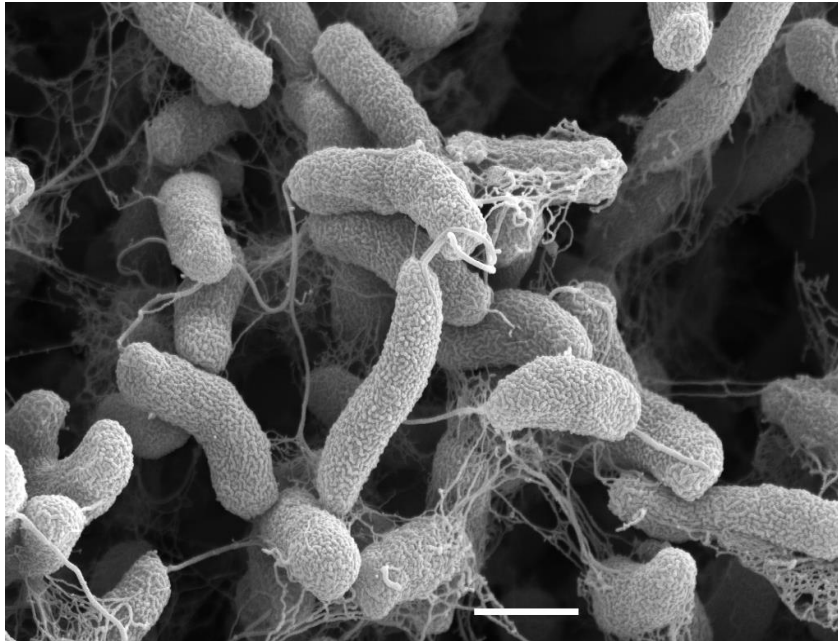
Εικόνα 2.5: *Mnemiopsis leidyi*

Πηγή: <https://blueocean.net/top-5-marine-invasive-species-national-invasive-species-week/>

Mnemiopsis leidyi ή αλλιώς το «θαλάσσιο καρύδι» ανήκει δικαιωματικά στη λίστα με τα εκατό πιο επικίνδυνα αλλόχθονα είδη. Το όνομα υιοθετήθηκε από το σχήμα και την αργή κίνησή του. Αρχικά κάτοικος των παράκτιων νερών του Ατλαντικού, η ζελατινοειδής μέδουσα, η οποία όλως παραδόξως δεν θεωρείται μέδουσα κι ούτε ανήκει στην κατηγορία των μεδουσών, βρέθηκε μέσω του έρματος των πλοίων στη Μαύρη Θάλασσα κατά τη δεκαετία του 1980. Ανήκοντας στην κατηγορία των ερμαφρόδιτων ειδών σε συνδυασμό με την απουσία για αυτή απειλών δεν συνάντησε ιδιαίτερη δυσκολία στο να αναπαραχθεί.

Στην τροφή της συγκαταλέγονται το ζωοπλαγκτόν, το οποίο είναι τροφή για τα δημοφιλή στο τοπικό εμπόριο ψάρια, καθώς και τα αυγά και οι προνύμφες των ίδιων ψαριών. Σύντομα εφαρμόστηκε ο κανόνας της τροφικής αλυσίδας και ο αριθμός ζώων όπως τα δελφίνια που τρέφονταν από αυτά τα ψάρια μειώθηκε. Ως τα μέσα της δεκαετίας του 1990 ήταν υπεύθυνες για την εξάλειψη του 90% της βιομάζας της Μαύρης Θάλασσας. Αργότερα εντοπίστηκε στη Βαλτική θάλασσα και τη θάλασσα του Αζόφ προκαλώντας όμοια αποτελέσματα. Τελικά, αναγκαστική λύση ήταν η εισαγωγή της μέδουσας *Beroe ovata*, που είναι φυσικός κυνηγός της *M.leidyi* και σήμερα το οικοσύστημα της Μαύρης Θάλασσας δείχνει σημάδια ανάκαμψης. Υπολογίζεται ότι προκάλεσε ετήσια ζημιά μεγέθους των 240 εκατομμυρίων δολαρίων.^[6]

2.5 Vibrio cholerae



Εικόνα 2.6: *Vibrio cholerae*

Πηγή:

https://www.rki.de/EN/Content/infections/Diagnostics/NatRefCentresConsultantLab/CONSULAB/EM-images/EM_Tab_Vibrio_cholerae_en.html?nn=2371422

Όπως προαναφέρθηκε, δεν είναι όλα τα είδη των AIS ιχθείς και μικροοργανισμοί. Το μικρόβιο της χολέρας είχε, παρατηρηθεί μόνο κατά τη δεκαετία του 1960 στο Μπαγκλαντές. Μεταφέρθηκε στο τέλος της δεκαετίας του 1980 στην Κεντρική και στη Νότια Αμερική κάνοντας εκρηκτικό ξέσπασμα το 1991 σε τρία διαφορετικά λιμάνια του Περού ταυτόχρονα. Η γρήγορη διάδοσή του και η επιθετική του συμπεριφορά έγινε λόγος για περισσότερο από ένα εκατομμύριο θανάτους. Σε ελέγχους που έγιναν στο έρμα των πλοίων το 1992 βρέθηκαν δείγματα του *V.cholerae* εξακριβώνοντας έτσι το μέσο μετάδοσής του, δηλαδή το έρμα των πλοίων, και συνέχισε τη διασπορά του μέχρι και το 1998. Το έτος αυτό ο οργανισμός WHO (World Health Organization) κατέγραψε 293.121 περιστατικά χολέρας από 74 χώρες. Μαζί με τα περιστατικά που δεν καταγράφηκαν αυτό το νούμερο πιθανότατα να είναι αρκετά μεγαλύτερο στην πραγματικότητα.

Το *V.cholera* εμφανίζεται συνήθως σε περιοχές, όπου το νερό είναι μολυσμένο και γενικά το επίπεδο υγιεινής είναι σχετικά χαμηλό. Προσκολλώντας στις επιφάνειες οργανισμών όπως σε οστρακόδερμα, άλλα είδη ζωοπλακτόν ή φύκια, μεταφέρθηκε μέσω του έρματος σε νέες περιοχές. Τα είδη O1 και O139 των βακτηρίων προκαλούν χολέρα στον άνθρωπο.

2.6 Zebra mussel *Dreissena polymorpha*



Εικόνα 2.7: *Dreissena polymorpha*

Πηγή: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1299199>

Το μύδι *D. polymorpha* αρχικά εγγενές στην Μαύρη Θάλασσα μεταφέρθηκε προς τα δυτικά κάνοντας εμφανίσεις στη Βόρεια Ευρώπη και στις ακτές της Βόρειας Αμερικής. Ως προς το μέγεθός του κυμαίνεται στο εύρος των 3–5 cm και είναι αρκετά ανθεκτικό στον παράγοντα της θερμοκρασίας (–20~40 °C). Αντίθετα, σε απότομες αλλαγές της αλατότητας τα μύδια παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία. Εκτός νερού μπορούν να επιβιώσουν μέχρι και μερικές εβδομάδες αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές κι ένα θηλυκό μύδι μπορεί να παράξει μέχρι και ένα εκατομμύριο αυγά ετησίως. Μεταφέρονται είτε μέσα στο έρμα είτε προσκολλημένα στη γάστρα των πλοίων (fouling).

Χαρακτηριστικό τους είναι ότι εμποδίζουν ψυκτικούς αγωγούς βιομηχανιών και γενικότερα σωληνώσεις, ενώ μπορούν να μειώσουν την ποσότητα των ντόπιων ψαριών και άλλων οργανισμών. Προκάλεσαν μεγάλη ζημιά στην Αμερική καλύπτοντας το 40% των υδάτων της, στις Μεγάλες Λίμνες της Αμερικής, καθώς και στον Καναδά. Συγκεκριμένα, αυτό αποτέλεσε το περιστατικό που προκάλεσε την αντίδραση του Καναδά, που με τη σειρά του οδήγησε στην περαιτέρω ευαισθητοποίηση ως προς το πρόβλημα των AIS από τον IMO. Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2000 είχε προκαλέσει ζημιά που ξεπερνούσε το 1 δισεκατομμύριο δολάρια.^[6]

2.7 Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)



Εικόνα 2.8: *Eriocheir sinensis*

Πηγή: <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photos-chinese-mitten-crab-eriocheir-sinensis-burrows-banks-river-thames-london-invading-species-image32863908>

Ο κάβουρας «mitten crab» που εύκολα ξεχωρίζεται από άλλους λόγω του πιο τετράγωνου σχήματος που διαθέτει το καβούκι του, ζούσε αρχικά στις ακτές της Κίνας και στην Κορέα αλλά σήμερα κάνει αισθητή την παρουσία του στη Βόρεια Αμερική και στην Ευρώπη. Η εμφάνιση αυτή οφείλεται σε ανθρώπινο παράγοντα και πιο συγκεκριμένα στο έρμα των πλοίων που εκτελούσαν το δρομολόγιο από Κίνα προς Αμερική ή αντίστροφα, μέσω Ειρηνικού.

Έχουν μέγεθος από 5 μέχρι 7 cm, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι σε ολοκληρωμένη ενήλικη φάση φτάνουν και τα 10 cm. Τα θηλυκά του είδους μπορούν να μεταφέρουν από 250.000 μέχρι και 1 εκατομμύριο αυγά, που εκκολάπτονται σε προνύμφες. Περισσότερο αισθητή είναι η ζημιά που έχουν προκαλέσει στη Γερμανία, όπου καταστρέφει αλιευτικά δίχτυα, καταναλώνουν ορισμένα είδη ψαριών, θέτουν σε κίνδυνο τοπικά φράγματα προκαλώντας έτσι ζημιά μεγέθους μέχρι και 80 εκατομμυρίων ευρώ. Αντίθετα, η παρουσία τους στην Ασία και ιδιαίτερα στην Κίνα είναι γενικά ευπρόσδεκτη, καθώς εκεί θεωρούνται τοπικές «λιχουδιές». ^[6]

2.8 Cladoceran water flea (*Cercopagis pengoi*)



Εικόνα 2.9: *Cercopagis pengoi*

Πηγή: https://lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=cladocera&lang=1

Χαρακτηριστικό του *C. pengoi* είναι η ξεχωριστή ανατομία του. Θυμίζοντας ακκίστρι λόγω των αγκαθωτών κεραιών του και της ουράς που σχηματίζει βρόγχο συναντάται συχνά με την ορολογία «fish-hook water flea». Παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα σε παράγοντες όπως η αλατότητα και η θερμοκρασία. Αυτό το ασπόνδυλο διαθέτει έναν ξεχωριστό τρόπο με τον οποίο βρίσκεται στη λίστα με τα πιο διεισδυτικά είδη.

Αρχικά εγγενές στη Νότιο-Ανατολική Ευρώπη το *C. pengoi* μεταφέρθηκε με το έρμα των πλοίων σε πρώτη φάση στην Ανατολική Ευρώπη και στη Βαλτική Θάλασσα κι έπειτα εμφανίστηκε στις Μεγάλες Λίμνες της Αμερικής, στις οποίες αποτελεί πλέον μόνιμο είδος. Τα θηλυκά του είδους μπορούν να γεννούν αυγά, τα οποία δεν εκκολάπτονται πάρα μόνο όταν θεωρηθεί από τα ίδια ότι το περιβάλλον διαθέτει για αυτά ευνοϊκές συνθήκες. Έτσι, μπορούν να μείνουν αδρανή στις σκληρές συνθήκες της δεξαμενής έρματος και να εκκολαφθούν κατ' επιλογή τους. Ο θαλάσσιος ψύλος συναγωνίζεται τον ντόπιο θαλάσσιο πληθυσμό καταναλώνοντας ζωοπλαγκτόν και προνύμφες ψαριών σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι η ύπαρξή του δημιουργεί προβλήματα στην αλιεία.^[6]

2.9 Round Goby (*Neogobius melanostomus*)



Εικόνα 2.10: *Neogobius melanostomus*

Πηγή: https://www.hlasek.com/neogobius_melanostomus1en.html

Άλλο ένα είδος που συναντάμε στη λίστα με τα πιο διεισδυτικά είδη είναι το ψάρι *N.melanostomus*. Ξεχωρίζει έχοντας μια χαρακτηριστική μαύρη κηλίδα στο πρώτο ραχιαίο πτερύγιο κι από τα μεγάλα σε σχέση με το κορμί του μάτια. Σε μέγεθος κυμαίνονται από 10–25 cm, το βάρος τους αυξάνεται ανάλογα με την ηλικία τους και μπορούν να ζήσουν και σε βρώμικα νερά. Το ψάρι είναι εγγενές στη Μαύρη, στην Κασπία και στην Αζοφική Θάλασσα αλλά μετέπειτα μεταφέρθηκε και στη Βαλτική και στις Μεγάλες Λίμνες της Αμερικής.

Πρόκειται για πολύ επιθετικά ψάρια με μεγάλη γκάμα διατροφολογίου που συμπεριλαμβάνει διάφορα μαλάκια, σκουλήκια, οστρακοειδή, μύδια, μικρά ψάρια, αυγά ψαριών και προνύμφες. Έχει παρατηρηθεί ότι στα θύματά τους συγκαταλέγονται και ψάρια του ίδιου είδους νεαρής ηλικίας. Ένα θηλυκό μπορεί να γεννήσει έξι φορές ετησίως μέχρι και 5000 αυγά, τα οποία προστατεύονται από τα αρσενικά.^[6]

2.10 Toxic algae

Όπως αναφέρθηκε στη δεξαμενή έρματος πέρα από μικροοργανισμούς, βακτήρια και ιούς μεταφέρονται και φυτοπλαγκτόν. Επομένως, φύκια έχουν μεταφερθεί από ανθρώπινο παράγοντα σε διάφορα μέρη σε μεγάλους αριθμούς. Τα φύκια παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο από οικολογικής άποψης στο θαλάσσιο περιβάλλον καθώς αποτελούν τροφή για την πλειονότητα των θαλάσσιων οργανισμών και κυρίως γιατί παράγουν οξυγόνο λόγω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Όταν σε ένα περιβάλλον συνυπάρχουν περισσότερα φύκια απ' όσο θα έπρεπε ή απ' όσο έχει φροντίσει η φύση να υπάρχουν (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι φυσικό φαινόμενο), δημιουργούν το φαινόμενο της συσσώρευσης που ονομάζεται algal bloom. Δεν είναι όλες αυτές οι συσσωρεύσεις επικίνδυνες, ωστόσο, πολλές από αυτές μπορούν να είναι επιβλαβείς όχι μόνο στον άνθρωπο αλλά και στο περιβάλλον και ονομάζονται HABs (Harmful Algal Bloom). Τα HABs περιέχουν βακτήρια που τρώνε το οξυγόνο δημιουργώντας μία «νεκρή ζώνη». Έτσι, απελευθερώνονται τοξίνες και βλέννες που σε συνδυασμό με την έλλειψη οξυγόνου προκαλούν τον θάνατο στην τοπική θαλάσσια βιοποικιλότητα. Οι τοξίνες είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο προκαλώντας αρκετά προβλήματα, με ορισμένα από αυτά να είναι η παράλυση ή ακόμα και ο θάνατος.

Τα HABs αποτελούνται κυρίως από τρεις κατηγορίες: τα κυανοβακτήρια, τα δινομαστιγωτά και τα διατόματα. Η ύπαρξη κυανοβακτηρίων είναι διακριτή με ένα μπλε-πράσινο χρώμα, ενώ τα δινομαστιγωτά και τα διατόματα είναι εμφανή με κόκκινο χρώμα που συναντάται ως φαινόμενο με το όνομα «κόκκινη παλίρροια».



Εικόνα 2.11: HAB από κυανοβακτήρια



Εικόνα 2.12: Φαινόμενο «κόκκινης παλίρροιας»

Πηγή: <https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/treatment/harmful-algal-blooms-cyanobacteria-and-safe-drinking-water/>

<http://www.lovethepics.com/2013/03/red-tide-phenomenon-in-rainbow-of-algal-bloom-colors-38-pics/>

Κεφάλαιο 3: Νομοθετικό Πλαίσιο

Κάθε χώρα παγκοσμίως επηρεάζεται από το φαινόμενο της εισαγωγής αλλόχθονων ειδών και οργανισμών που προκαλεί η αποβολή έρματος. Ο Καναδάς και η Αυστραλία υπήρξαν από τις πρώτες χώρες που βίωσαν αισθητά προβλήματα. Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος της κατάστασης και των συνεπειών του φαινομένου ο ΙΜΟ, ήδη από το 1980, μέσω της επιτροπής Marine Environment Protection Committee (MEPC), ανέπτυξε νέες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη διαχείριση του έρματος το 1991. Το 2004 ο ΙΜΟ ανέπτυξε τη Σύμβαση Διαχείρισης Νερού Έρματος (Ballast Water Management Convention).^[4]

Η Σύμβαση ΒΜW τέθηκε σε διεθνή ισχύ στις 8 Σεπτεμβρίου το 2017. Αποτελείται από 22 άρθρα και σε παράρτημα που περιλαμβάνει τεχνικά πρότυπα και απαιτήσεις. Από τον Σεπτέμβριο του 2020, η Σύμβαση απαρτίζεται από 79 χώρες.

«Αυτό είναι ένα καθοριστικό βήμα προς τη διακοπή της εξάπλωσης των αλλόχθονων υδρόβιων ειδών, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στα τοπικά οικοσυστήματα, να επηρεάσουν τη βιοποικιλότητα και να οδηγήσουν σε σημαντική οικονομική απώλεια», δήλωσε ο Kitack Lim, Γενικός Γραμματέας του ΙΜΟ.



Εικόνα 3.1: Kitack Lim, Γενικός Γραμματέας ΙΜΟ

Πηγή: <https://www.marinelink.com/news/corporate-contests430643>

Η Σύμβαση απευθύνεται σε όλα τα σκάφη που λειτουργούν σε νερά που ανήκουν σε παραπάνω από ένα μέλος της Σύμβασης κι εφαρμόζεται σε σκάφη ανεξαρτήτως μεγέθους ή χωρητικότητας και που φέρουν τη σημαία ενός μέλους της Σύμβασης.

Εξαιρούνται τα ακόλουθα:

- Πλοία τα οποία δεν δημιουργήθηκαν/σχεδιάστηκαν, ώστε να φέρουν έρμα.
- Πλοία που λειτουργούν σε νερά που ανήκουν αποκλειστικά σε ένα μεμονωμένο μέλος της Σύμβασης.
- Πλοία που λειτουργούν σε νερά ενός μεμονωμένου μέλους και στην Ανοιχτή Θάλασσα.
- Πολεμικά πλοία, πλοία του ναυτικού ή πλοία που ανήκουν στο κράτος, λειτουργούν από το κράτος, και χρησιμοποιούνται μόνο σε μη-εμπορικές υπηρεσίες.
- Πλοία που φέρουν έρμα σε μόνιμα σφραγισμένες δεξαμενές και δεν πρόκειται να αφερματίσουν.

Η Σύμβαση ορίζει το πλοίο ως σκάφος οποιουδήποτε τύπου που λειτουργεί στο θαλάσσιο περιβάλλον, και συμπεριλαμβάνει υποβρύχια, πλωτά σκάφη, πλωτές κατασκευές, καθώς και πλωτές μονάδες αποθήκευσης (FSU's and FPSO's). Ο όρος «πλωτή κατασκευή» ενσωματώνει μεγάλο εύρος σκαφών που λειτουργούν στο θαλάσσιο περιβάλλον χρησιμοποιώντας έρμα και περιλαμβάνει διάφορα αλιευτικά, σκάφη αναψυχής, κ.ά.

Για τη διευκόλυνση και σωστή διεκπεραίωση του πλάνου, ο IMO με τα μέλη του ανέπτυξαν, στο διάστημα από τον Ιούλιο του 2005 μέχρι τον Οκτώβριο του 2008, 14 τομείς κατευθυντήριων οδηγιών (**Guidelines**). Εξαιτίας της πολυπλοκότητας που παρουσιάζουν τα AIS τόσο στην κατανόηση της φύσης τους, αλλά και στην κατάλληλη αντιμετώπιση που απαιτούν, οι οδηγίες εξετάζονται από την MEPC σε συστηματική βάση και ανανεώνονται σύμφωνα με τις συνεχώς εξελισσόμενες τεχνολογίες, καθώς και τις καινούργιες πληροφορίες που μέχρι σήμερα λαμβάνονται.

Η MEPC σε κάθε σύσκεψη/σύμβαση (**session**) αναπτύσσει και ορίζει ψηφίσματα (**resolutions**) που μπορεί να φαίνονται και ως παράρτημα στην τελική έκθεση. Επομένως, όταν για παράδειγμα συναντάται ο όρος MEPC.200(60), εννοούμε το 200^ο ψήφισμα που επικυρώθηκε στην 60^η σύμβαση.

Η πιο ανανεωμένη εκδοχή των οδηγιών, οι οποίες αναπτύχθηκαν και βελτιώνονται από τη MEPC (53) και βελτιώνεται έκτοτε είναι η εξής ^{[7], [9]}:

- Guidelines for sediment reception facilities (G1) [resolution MEPC.152(55)]
G1: Κατευθυντήριες οδηγίες για εγκαταστάσεις υποδοχής ιζημάτων
- Guidelines for ballast water sampling (G2) [resolution MEPC.173(58)]
G2: Οδηγίες για δειγματοληψία νερού έρματος
- Guidelines for ballast water management equivalent compliance (G3) [resolution MEPC.123(53)]
G3: Οδηγίες για ισοδύναμη συμμόρφωση
- Guidelines for ballast water management and development of ballast water management plans (G4) [resolution MEPC.127(53)]
G4: Οδηγίες ανάπτυξης πλάνου διαχείρισης έρματος
- Guidelines for ballast water reception facilities [G5] [resolution MEPC.153(55)]
G5: Οδηγίες για εγκαταστάσεις υποδοχής έρματος

- 2017 Guidelines for ballast water exchange (G6) [resolution MEPC.288(71)]
G6: Οδηγίες ανταλλαγής έρματος
- 2017 Guidelines for risk assessment under regulation A-4 of the BWM Convention (G7) [resolution MEPC.289(71)]
G7: Οδηγίες εκτίμησης ρίσκου σύμφωνα με τον κανονισμό A-4 της Σύμβασης
- 2016 Guidelines for approval of ballast water management systems (G8) [resolution MEPC.279(70)]
G8: Οδηγίες έγκρισης συστημάτων διαχείρισης έρματος
- Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances (G9) [resolution MEPC.169(57)]
G9: Διαδικασία έγκρισης συστήματος διαχείρισης έρματος που κάνει χρήση χημικών ουσιών
- Guidelines for approval and oversight of prototype ballast water treatment technology programmes (G10) [resolution MEPC.140(54)]
G10: Οδηγίες έγκρισης και επίβλεψης πρωτότυπων τεχνολογιών διαχείρισης έρματος
- Guidelines for ballast water exchange design and construction standards (G11) [resolution MEPC.149(55)]
G11: Οδηγίες σχεδίασης και κατασκευής συστημάτων ανταλλαγής έρματος
- 2012 Guidelines on design and construction to facilitate sediment control on ships (G12) [resolution MEPC.161(56)]
G12: Οδηγίες σχεδίασης και κατασκευής για ορθή διαχείριση ιζημάτων του πλοίου
- Guidelines for additional measures regarding ballast water management including emergency situations (G13) [resolution MEPC.161(56)]
G13: Οδηγίες για πρόσθετα μέτρα διαχείρισης έρματος, περιλαμβάνοντας έκτακτες καταστάσεις
- Guidelines on designation of areas for ballast water exchange (G14) [resolution MEPC.151(55)]
G14: Οδηγίες κατάλληλων περιοχών ως προς ανταλλαγή έρματος.

Οι οδηγίες δεν έχουν μόνο στόχο την πρόληψη μεταφοράς αλλόχθονων οργανισμών, αλλά θεσπίστηκαν και με σεβασμό προς την ανθρώπινη ασφάλεια, την εμπορική και ναυτιλιακή λειτουργία. Μαζί με τις 14 οδηγίες η MEPC δημοσίευσε μερικούς ακόμα σχετικούς κανονισμούς και ανάλογα καθοδηγητικά έγγραφα για να εξασφαλιστεί ομαλότερα η συμμόρφωση στη Σύμβαση. Σε αυτά περιγράφονται κυρίως η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης έρματος, καθώς και τα πιστοποιητικά ή έγγραφα που πρέπει να φέρει.

3.1 Τι πρέπει να διαθέτει ένα πλοίο σήμερα σύμφωνα με τη Σύμβαση

3.1.1 Ballast Water Management Plan

Κάθε πλοίο απαιτείται να φέρει και να εφαρμόζει το λεγόμενο «Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος» (Ballast Water Management Plan, κανονισμός B1), το οποίο έχει εγκριθεί από την Αρχή. Το σχέδιο πρέπει να περιγράφει λεπτομερώς τις διαδικασίες ασφαλείας του πληρώματος αλλά και του πλοίου, και να παρέχει ακριβή περιγραφή των ενεργειών που λαμβάνουν χώρα, ώστε να εφαρμοστούν οι απαιτήσεις για τη διαχείριση του έρματος. Επίσης, θα περιλαμβάνει θέματα σχετικά με τη Σύμβαση, συμπεριλαμβάνοντας τη συμμόρφωση στους κανονισμούς D1, D2 ή την αποχή και εξαίρεση αυτών. Περαιτέρω πληροφορίες παρέχονται στον κανονισμό G4 του IMO.

3.1.2 Ballast Water Record Book

Όμοια, κάθε πλοίο πρέπει να φέρει ένα βιβλίο εγγραφών έρματος (Ballast Water Record Book-BWRB, κανονισμός B2), στο οποίο θα καταγράφεται κάθε ενέργεια που γίνεται στο έρμα.

Η μορφή του βιβλίου θα πρέπει να είναι όμοια με αυτή που υποδεικνύει το Προσάρτημα 2 της Σύμβασης και μπορεί να είναι είτε ηλεκτρονική είτε χειρόγραφη ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα εγγραφής. Το βιβλίο θα καταγράφει επίσης περιστατικά κατά τα οποία έγινε αποβολή έρματος είτε ατυχώς είτε κατ'ανάγκη, καθώς και τις συνθήκες δικαιολόγησης αυτών.

3.1.3 International Ballast Water Management Certificate

Πρόκειται για πιστοποιητικό που εκδίδεται από το κράτος ή εκ μέρους αυτού σε πλοία ολικής χωρητικότητας 400 τόνων και άνω και πιστοποιεί ότι το πλοίο διαχειρίζεται το έρμα που φέρει σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζει η Σύμβαση. Επίσης, διευκρινίζει σύμφωνα με ποια πρότυπα συμμορφώνεται το πλοίο, την ημερομηνία λήξης του Πιστοποιητικού και τις επιθεωρήσεις που πρέπει να γίνονται.

Συγκεκριμένα, μία αρχική επιθεώρηση γίνεται πριν το πλοίο τεθεί σε λειτουργία ή πριν εκδοθεί το Πιστοποιητικό για πρώτη φορά. Μία ενδιάμεση επιθεώρηση πραγματοποιείται σε διάστημα τριών μηνών είτε πριν είτε μετά τη δεύτερη Επέτειο (δηλαδή 2 χρόνια μετά την έκδοση του Πιστοποιητικού για πρώτη φορά) ή στο ίδιο χρονικό διάστημα κατά την τρίτη Επέτειο. Τέλος, θα γίνεται επιθεώρηση είτε γενική είτε μερική έπειτα από οποιαδήποτε αλλαγή, επισκευή, αντικατάσταση ενός εξοπλισμού, συστήματος, διάταξης ή υλικού, ώστε να επιτευχθεί πλήρης συμμόρφωση με τη Σύμβαση.

Παρατίθεται ως παράρτημα ακριβές αντίγραφο της φόρμας που διαθέτει το πιστοποιητικό IBWMC.

3.1.4 Port State Control

Κάθε πλοίο μπορεί να υπόκειται σε ελέγχους κατά την άφιξή του σε λιμάνι. Συνεπώς, θα καλείται να επιδείξει τη συμμόρφωση στους κανονισμούς της Σύμβασης σε έλεγχο που αποτελείται από τέσσερα στάδια.

- 1) Αρχικά εξετάζονται τα πιστοποιητικά που πρέπει να φέρει το πλοίο. Συμπεριλαμβάνονται το Βιβλίο Εγγραφών Έρματος (BWRB) και το Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος (BWMP).
- 2) Έπειτα, ελέγχεται η εξοικείωση του πληρώματος με το σύστημα επεξεργασίας έρματος που χρησιμοποιεί το πλοίο.
- 3) Σε επόμενο στάδιο εξετάζεται ο εξοπλισμός του συστήματος διαχείρισης έρματος και η σύσταση του έρματος με δειγματοληψία σύμφωνα με την οδηγία G2. Ο έλεγχος αυτός αποτελεί πρώτη εκτίμηση και γίνεται επί του πλοίου.
- 4) Τέλος, πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση του νερού έρματος σε ειδικό εργαστήριο στη ξηρά.

Να σημειωθεί, ωστόσο, ότι αν και είναι δυνατή η διαδικασία του ελέγχου αυτό δεν αποτελεί δικαιολογία και αίτιο καθυστέρησης της λειτουργίας, της κίνησης ή της αναχώρησης του πλοίου. Επιπλέον, η Σύμβαση παροτρύνει τον έλεγχο στο λιμάνι καθώς από αυτόν ενδέχεται να προκύψουν χρήσιμες πληροφορίες για την περαιτέρω κατανόηση του προβλήματος και κατ' επέκταση την εξάλειψή του.

3.2 D1 – Πρότυπο Ανταλλαγής Νερού Έρματος (Ballast Water Exchange)

Το πρότυπο που ορίζει η Σύμβαση ισχυρίζεται ότι πλοία που πραγματοποιούν ανταλλαγή νερού έρματος θα πρέπει να το κάνουν με απόδοση τουλάχιστον 95% της ογκομετρικής ποσότητας του έρματος.

Για πλοία που πραγματοποιούν ανταλλαγή έρματος με τη μέθοδο της άντλησης (Pumping-through method ή flow-through method), θα πρέπει να γίνει η άντληση τρεις φορές του όγκου κάθε δεξαμενής έρματος, προκειμένου να ικανοποιούνται οι συνθήκες που ορίζει το πρότυπο.

Επιπλέον, πλοία που εκτελούν ανταλλαγή έρματος πρέπει να διεξάγουν τις ενέργειες αυτές σε απόσταση τουλάχιστον 200 ναυτικών μιλίων από τη πλησιέστερη στεριά και σε νερά τουλάχιστον 200 μέτρων βάθους. Σε περιπτώσεις όπου ένα πλοίο δεν μπορεί να πραγματοποιήσει ανταλλαγή έρματος σε συμφωνία με τα προαναφερθέντα, τότε οι διαδικασίες πρέπει να εκτελούνται όσο το δυνατόν πιο μακριά από την κοντινότερη ακτή και σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον 50 ναυτικά μίλια από την πλησιέστερη στεριά και σε τουλάχιστον 200 μέτρα βάθους νερά.

Σε περιοχές όπου δε δύναται να ικανοποιηθούν οι συνθήκες απόστασης από τη στεριά και το βάθος νερού, τότε τα Μέλη της Σύμβασης έχουν τη δυνατότητα, εντός των υδάτινων συνόρων τους, να ορίζουν συγκεκριμένες περιοχές όπου θα μπορεί να διεξάγεται η ανταλλαγή έρματος.

Ωστόσο, να σημειωθεί ότι ορίζεται από τη Σύμβαση πως ένα πλοίο δεν υποχρεούται να αλλάξει πορεία από τον προορισμό του ή να καθυστερήσει το ταξίδι του, ώστε να υπάρξει συμμόρφωση στους κανόνες. Εναπόκειται στην κρίση του πλοιοκτήτη να μην διεξάγει ανταλλαγή έρματος σε περίπτωση που:

- Επικρατούν ακραίες καιρικές συνθήκες.
- Η ασφάλεια του πλοίου ή η ευστάθειά του διακινδυνεύεται.
- Για κάποιο λόγο δεν είναι εφικτή αυτή η λειτουργία.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει αναφορά στο αντίστοιχο βιβλίο (BWRB), όπου θα εξηγηθεί τους λόγους, για τους οποίους δεν έγινε η ανταλλαγή. Επίσης, πρέπει να ενημερωθεί το αρμόδιο λιμάνι καθώς οι περιοχές στις οποίες συμβαίνει ανταλλαγή έρματος δύναται να αλλάξουν.

3.3 D2 – Πρότυπο Απόδοσης Νερού Έρματος (Ballast Water Performance Standard)

Ο κανονισμός αυτός ορίζει τα αποδεκτά επίπεδα οργανισμών που μπορούν να βρεθούν εντός του αποβαλλόμενου έρματος. Το πρότυπο τονίζει ότι επεξεργασμένο έρμα που αποβάλλεται πρέπει να:

- Έχει λιγότερο από δέκα βιώσιμους οργανισμούς μεγαλύτερους ή ίσους των 50 μm (μικρόμετρα) σε ελάχιστη διάσταση ανά κυβικό μέτρο.
- Έχει λιγότερο από δέκα βιώσιμους οργανισμούς μικρότερους ή ίσους των 50 μm σε ελάχιστη διάσταση και μεγαλύτερους ή ίσους των 10 μm σε ελάχιστη διάσταση ανά χιλιοστόλιτρο.

Σε πρακτικό επίπεδο, η πρώτη απαίτηση αντιστοιχεί σε ζωοπλαγκτόν και η δεύτερη σε φυτοπλαγκτόν.

Επιπρόσθετα, το έρμα που αποβάλλεται όσον αφορά στους μικροβιακούς δείκτες, σε υγειονομικό επίπεδο, θα πρέπει να μην υπερβαίνει τις κάτωθι συγκεντρώσεις:

- *Toxicogenic Vibrio cholerae* (O1 and O139), με λιγότερο από μία μονάδα σχηματισμού αποικίας ή αλλιώς cfu (colony forming unit) ανά 100 mL, ή λιγότερο από 1 cfu ανά γραμμάριο δειγμάτων ζωοπλαγκτού.
- *Escherichia coli*, λιγότερο από 250 cfu ανά 100 mL.
- *Intestinal Enterococci*, λιγότερο από 100 cfu ανά 100 mL.

Όταν ένα πλοίο είναι σε συμμόρφωση με το πρότυπο D2 πρέπει να φέρει:

- Το Πιστοποιητικό (IBWMC), που εξακριβώνει αυτή τη συμμόρφωση.
- Σύστημα Διαχείρισης Έρματος (BWMS), που έχει εγκριθεί.
- Πιστοποιητικό Έγκρισης από τον IMO.

- Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος (Ballast Water Management Plan).
- Εγχειρίδιο λειτουργίας και ασφάλειας για το Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος.
- Γραπτή αναφορά επιθεώρησης όσον αφορά στην εγκατάσταση, για την επιβεβαίωση συμμόρφωσης.

Η συμμόρφωση σε D1 μπορεί να ελεγχθεί με αλατόμετρο και είναι εύκολη διαδικασία που εξετάζει σε ποιο μέρος έλαβε χώρα η ανταλλαγή νερού. Για τη συμμόρφωση σε D2 η διαδικασία είναι πιο δύσκολη στην πραγματικότητα. Απαιτούνται ακριβείς και πολύπλοκοι έλεγχοι, ώστε να εκτιμηθούν επαρκώς οι πολλαπλοί οργανισμοί που υπάρχουν στο έρμα. ^[4]

Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες G2 ο έλεγχος της ποιότητας του νερού έρματος είναι διαδικασία δύο τμημάτων. Μία αρχική ανάλυση του έρματος θα εξετάζει την ενδεχόμενη συμμόρφωση του πλοίου σε μία πρώτη εκτίμηση. Όταν εξετάζεται η καθολική συμμόρφωση θα πρέπει η αρχική ανάλυση που έγινε να καταλήξει ως αντιπροσωπευτική της συνολικής εικόνας του έρματος από οποιαδήποτε δεξαμενή ή οποιοδήποτε συνδυασμό δεξαμενών έρματος. Επίσης, σημειώνεται ότι η δειγματοληψία πρέπει να είναι απλή, να μην θέτει σε κίνδυνο το πλήρωμα ή το πλοίο και να λαμβάνεται από την γραμμή εκφόρτωσης του έρματος με την ίδια ταχύτητα ροής που θα είχε το έρμα κατά την απόρριψή του.

Η δειγματοληψία και η ανάλυση του έρματος μεταβάλλονται διαρκώς και επικρατεί αρκετή αβεβαιότητα γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα. Επιπρόσθετα, ορισμένα κράτη-μέλη και πλοιοκτήτες ισχυρίζονται ότι εφόσον το πλοίο είναι εξοπλισμένο με εγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης έρματος (BWMS), καθώς κι ότι συντηρείται και λειτουργεί σωστά, τότε δεν υπάρχει η ανάγκη για δοκιμή κι έλεγχο της ποιότητας του έρματος. Επομένως, υπάρχουν ακόμα τεχνικές δυσκολίες στην ανάλυση του έρματος που καθιστούν τη δειγματοληψία εξελισσόμενο τομέα όσον αφορά στην εφαρμογή της Σύμβασης. ^[10, 11]

Ο εξοπλισμός, που αφορά στη διαχείριση έρματος, δημιουργείται και παίρνει την έγκριση, δεδομένου ότι η δυνατότητα αυτού του εξοπλισμού στην επεξεργασία του έρματος βρίσκεται στα επιθυμητά επίπεδα που ορίζουν οι D1, D2.

Άλλες μέθοδοι μπορούν να είναι δεκτές ως εναλλακτικές είτε για το πρότυπο D1 είτε για το D2, εφόσον όμως αυτές οι μέθοδοι εξασφαλίζουν το ίδιο επίπεδο ασφαλείας στο περιβάλλον, στην ανθρώπινη υγεία, στην ιδιοκτησία ή στους πόρους κι εφόσον έχουν εγκριθεί από τον IMO.

3.4 GESAMP

Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί η ύπαρξη της ομάδας **GESAMP** (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), η οποία είναι ομάδα ειδικών που συμβουλευεί τα Ηνωμένα Έθνη από το 1969 πάνω σε θέματα που αφορούν την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Αυτή τη στιγμή επιδοτείται από 10 οργανισμούς των Ηνωμένων Εθνών, οι οποίοι ασχολούνται κι έχουν ευθύνη σε θαλάσσια περιβαλλοντικά θέματα (IMO, FAO, UNESCO-IOC, WMO, IAEA, UN, UN Environment, UNIDO, UNDP,

ISA). Η ομάδα εργάζεται με πρώτο στόχο τη διατομεακή και επιστημονική προσέγγιση στους θαλάσσιους τομείς κι έπειτα φροντίζει για την επίτευξη συντονισμού και συνεργασίας ανάμεσα στους υπόλοιπους οργανισμούς σε πρακτικό επίπεδο.

Ο IMO έχει οριστεί για την εκπροσώπηση της ομάδας κι αυτή τη στιγμή είναι υπεύθυνος για τέσσερις υποομάδες (Working groups) της GESAMP. Αυτές είναι οι:

- WG 1: EHS Working Group
- WG 34: Ballast Water Working Group
- WG 41: Marine Geoengineering
- WG 42: Impacts of wastes and other matter in the marine environment from mining operations, including marine mineral mining

Η σχετική υποομάδα με το θέμα της διπλωματικής εργασίας είναι η WG 34: Ballast Water Working Group. Στο πλαίσιο αυτής εξετάζεται η χρήση χημικών και δραστικών ουσιών στα συστήματα επεξεργασίας έρματος επί των πλοίων.

3.5 Πρότυπο D-3

Το πρότυπο D3 είναι αρμόδιο για τις οδηγίες σχετικά με τα συστήματα επεξεργασίας έρματος, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που κάνουν χρήση χημικών και δραστικών ουσιών. Πιο συγκεκριμένα, το D-3 προϋποθέτει ότι τα συστήματα επεξεργασίας έρματος πρέπει να εγκριθούν από την Αρχή του Κράτους (flag State Administration), όπου εδράζεται η εταιρεία η οποία το κατασκευάζει, ενώ για τα συστήματα που κάνουν χρήση δραστικών ουσιών θα πρέπει να εγκριθούν επιπροσθέτως και από τον IMO. Η κατευθυντήρια οδηγία G9 (Διαδικασία έγκρισης συστήματος διαχείρισης έρματος που κάνει χρήση χημικών ουσιών) αποτελεί βασικό στοιχείο για την έγκριση τέτοιων συστημάτων. Αν το σύστημα επεξεργασίας δεν κάνει χρήση τέτοιων ουσιών, τότε η έγκριση καθορίζεται από την οδηγία G8. Από το 2016 κι έπειτα η οδηγία **G8** μετονομάστηκε σε «**mandatory code for approval of ballast water management systems**», δηλαδή δεν αποτελεί πλέον κατευθυντήρια οδηγία αλλά βασικό κανόνα γύρω από τον οποίο δημιουργείται ένα σύστημα επεξεργασίας.

Σύμφωνα με την οδηγία G9 η διαδικασία έγκρισης αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο εξετάζει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου ή της τεχνολογίας, λαμβάνοντας υπόψη το είδος των χημικών που χρησιμοποιούνται. Το δεύτερο περιλαμβάνει τη διαδικασία της έγκρισης, δηλαδή τη γραπτή επιβεβαίωση πως το εξεταζόμενο σύστημα επεξεργασίας απομακρύνει στο επιθυμητό επίπεδο τους ζωντανούς οργανισμούς, χωρίς να φέρνει σε κίνδυνο τον άνθρωπο, το περιβάλλον ή άλλους θαλάσσιους οργανισμούς.

3.6 Διαδικασία έγκρισης συστημάτων BWMS

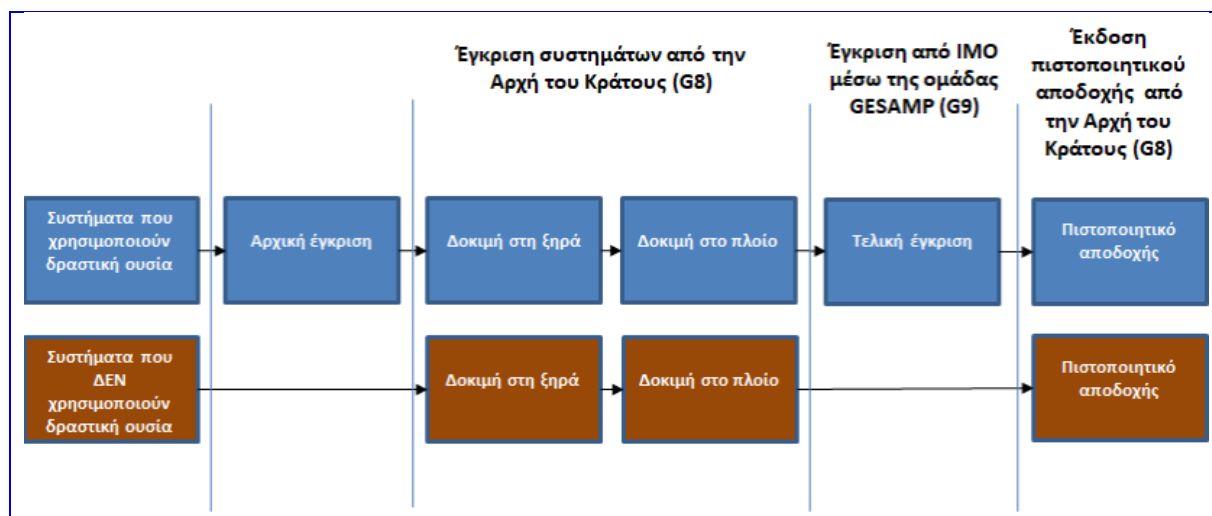
Οι απαιτούμενες ενέργειες απόκτησης πιστοποιητικού έγκρισης του εκάστοτε συστήματος επεξεργασίας έρματος μπορεί να φανεί κάποιες φορές πολύπλοκη, καθώς και χρονοβόρα διαδικασία. Ενδέχεται να απαιτηθούν από ένα μέχρι τρία χρόνια μέχρι να δοθεί το τελικό πιστοποιητικό έγκρισης. Όπως προαναφέρθηκε τα συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες όταν αναφερόμαστε στην έγκρισή τους. Η πρώτη είναι η χρήση χημικών και δραστικών ουσιών και η δεύτερη η μη χρήση αυτών.

Τα συστήματα που δεν κάνουν χρήση τέτοιων ουσιών πρέπει να περάσουν δύο δοκιμασίες. Η μία γίνεται σε εργαστήριο στη στεριά και η άλλη στο πλοίο (on board testing). Αν η συμμόρφωση σε D-2 βρεθεί και στις δύο δοκιμασίες τότε εκδίδεται το πιστοποιητικό από την κρατική αρχή.

Αν υπάρχει η χρήση δραστικών ουσιών πρέπει να συμβουλευθεί ο προαναφερθείς κανονισμός D-3 σε συνδυασμό με την κατευθυντήρια οδηγία G9. Για τα πρακτικά της έγκρισης το πρώτο στάδιο που προτείνει η G9 ονομάζεται «Basic Approval Certificate», ενώ το δεύτερο και οριστικό ονομάζεται «Final Approval Certificate».

Να σημειωθεί ότι ένα σύστημα που κάνει χρήση χημικών ή δραστικών ουσιών οφείλει σε αντίθεση με αυτά που δεν κάνουν, να πάρει πιστοποιημένη έγκριση από δύο φορείς. Αυτή της G9 αλλά και της G8. Επιπρόσθετα, η κύρια αντίθεση ανάμεσα στις δύο αυτές διαφοροποιήσεις των συστημάτων είναι ότι αν εμπλέκεται η G9, τότε το αντίστοιχο πιστοποιητικό δεν θα δοθεί από την κρατική αρχή αλλά από τον IMO.

Τέλος, μετά τις δοκιμές απαιτείται ένας πρώτος έλεγχος από την αρχή του κράτους, όπου εξετάζεται η λειτουργία και η ποιότητα του συστήματος. Η επιτυχία αυτού του ελέγχου οδηγεί στην έκδοση του Πιστοποιητικού Αποδοχής ή το λεγόμενου TAC (Type Approval Certificate). Ακολουθεί, έπειτα, ο έλεγχος της ομαλής και ασφαλούς εγκατάστασης του συστήματος του πλοίου, όπως προτείνεται στο TAC, όπου μετά από αυτόν θα εκδοθεί επισήμως το Πιστοποιητικό Διαχείρισης Έρματος (BWM Certificate), που ορίζει η Σύμβαση.



Εικόνα 3.2: Διαδικασία έγκρισης συστημάτων BWMS

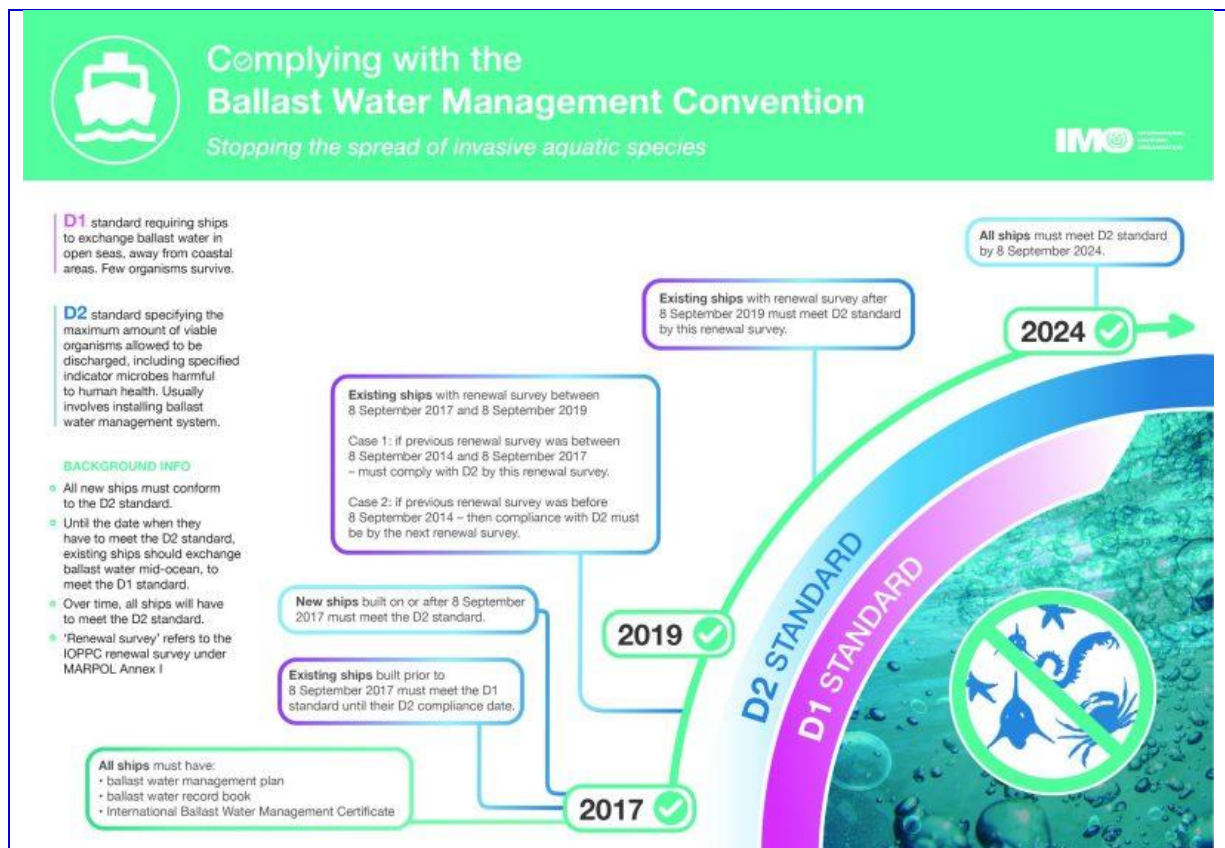
Η πιο ανανεωμένη έκδοση της λίστας με τα συστήματα που έχουν πάρει έγκριση από τον IMO παρατίθεται ως Παράρτημα.

Συνοπτικά, όλα τα πλοία είναι αναγκαίο να φέρουν τα κατάλληλα πιστοποιητικά που προαναφέρθηκαν (Certificate, BWRB, BWMP). Επιπλέον, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα του IMO, ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής και επιθεώρησης όλα τα πλοία πρέπει να επιτύχουν συμμόρφωση και στα δύο πρότυπα D1, D2.

Συγκεκριμένα, τα πλοία που κατασκευάστηκαν πριν τις 8 Σεπτεμβρίου 2017 πρέπει να έχουν συμμόρφωση σε D1 μέχρι την ημερομηνία επικύρωσης της συμμόρφωσης D2. Έπειτα, πλοία με προηγούμενη ημερομηνία επιθεώρησης-συντήρησης πριν το 2014 απαιτείται να επιτύχουν συμμόρφωση σε D2 στην επόμενη ημερομηνία μετά το 2019 και αν η προηγούμενη ημερομηνία ήταν μετά το 2014 τότε η συμμόρφωση είναι απαραίτητο να έχει επιτευχθεί μέχρι την επόμενη επιθεώρησή τους.

Να σημειωθεί ότι η χρονολογία 2019 δεν είναι τυχαία επιλογή. Όταν η σύμβαση τέθηκε σε διεθνή ισχύ, ο ICS (International Chamber of Shipping) παρότρυνε τον IMO για την προσωρινή καθυστέρηση της επιβολής των κανονισμών σχετικά με την εγκατάσταση συστημάτων BWMS. Αυτό συνέβη, διότι θεωρήθηκε ότι η τεχνογνωσία πάνω στο θέμα δεν είχε φτάσει στην κατάλληλη ωριμότητα και σε συνδυασμό με τον παράγοντα του κόστους εγκατάστασης ενός BWMS, που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 2 εκατομμύρια δολάρια (ή ανάλογη τιμή σε ευρώ), ο IMO συμφώνησε κι έδωσε αυτό το διετές περιθώριο.

Τέλος, το κυριότερο είναι ότι όλα τα πλοία οφείλουν μέχρι τις 8 Σεπτεμβρίου του 2024 να έχουν συμμόρφωση σε D2.



Εικόνα 3.3: Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης

Πηγή: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Implementing-the-BWM-Convention.aspx>

3.7 USCG

Η Αμερική δεν ανήκει στις χώρες-κράτη του IMO και υπακούει σε ξεχωριστό σύστημα, σε αυτό που ορίζει το USCG (United States Coast Guard). Ως παρακλάδι του στρατιωτικού δυναμικού της Αμερικής, ο οργανισμός USCG λειτουργεί με μέριμνα την τήρηση των νόμων και την προστασία και ασφάλεια του αμερικανικού λαού σχετικά με θέματα που ανήκουν στα αμερικάνικα ύδατα.^[12]

Σχετικά με τη διαχείριση έρματος το USCG έχει ορίσει τους κανονισμούς που πρέπει να τηρούνται, και περιγράφονται στον λεγόμενο «Κώδικα Ομοσπονδιακών Κανονισμών» (Code of Federal Regulations, CFR) και πιο συγκεκριμένα, στο τμήμα «final rule» που εκδόθηκε το 2012. Αυτοί οι κανονισμοί δεν έχουν μεταβληθεί μετά τη διεθνή ισχύ της Σύμβασης του IMO κι έχουν ορισμένα κοινά στοιχεία με αυτά που ορίζει η Σύμβαση.

Αρχικά, διευκρινίζεται ότι το σύστημα διαχείρισης έρματος ενός πλοίου που εισέρχεται σε αμερικάνικα ύδατα πρέπει να έχει την έγκριση από τους κανονισμούς του USCG. Έπειτα, απαγορεύεται η άκριτη αποβολή έρματος, πάρα μόνο σε κατάλληλα μέρη που έχει ορίσει ο οργανισμός. Αυτά τα μέρη είτε είναι αρμόδιες εγκαταστάσεις εν ξηρά είτε σε ειδικό σκάφος σχεδιασμένο για διαχείριση έρματος.

Επίσης, οι κανονισμοί περιέχουν επιπρόσθετες απαιτήσεις σχετικά με τη λειτουργία των πλοίων. Όμοια με τη Σύμβαση, κάθε πλοίο πρέπει να φέρει BWMP (Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος), το οποίο πρέπει να είναι σωστά δομημένο, ώστε να καλύπτει τις σχετικές απαιτήσεις, αλλά σε αντίθεση με τη Σύμβαση δεν απαιτείται η πιστοποίησή του. Στο BWMP ή στο BWRB (Βιβλίο Εγγραφών) απαιτείται να φαίνονται τα σχέδια διαχείρισης βιοκαυσίμων και ιζημάτων του πλοίου.

Συμπερασματικά, και οι δύο οργανισμοί έχουν αρκετά κοινά στοιχεία στις απαιτήσεις της διαχείρισης έρματος και διαφορές που εμπίπτουν κυρίως στις συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις της Αμερικής. Στις ομοιότητες συγκαταλέγονται τα πρότυπα σχετικά με την ανταλλαγή έρματος, οι μέθοδοι με τις οποίες εγκρίνεται ένα BWMS (Σύστημα Διαχείρισης Έρματος), η απαίτηση ύπαρξης BWMP επί του πλοίου, κι επίσης, η συμμόρφωση ως προς τις καταλληλότερες πρακτικές διαχείρισης έρματος.

Κάθε πλοίο εντός των υδάτων της Αμερικής οφείλει να κάνει λειτουργικούς ελέγχους μηνιαία κι έπειτα πρέπει να γίνονται έλεγχοι σχετικά με τη βιολογική αποτελεσματικότητα, καθώς και έλεγχοι βιο-υπολειμμάτων αν το πλοίο κάνει χρήση δραστικών ουσιών. Ακόμη, πλοία που πρόκειται να λειτουργήσουν εντός των Μεγάλων Λιμνών (Great Lakes: Lake Superior, Lake Michigan, Lake Huron, Lake Erie, Lake Ontario), πρέπει πρώτα να έχουν διεξαγάγει διαδικασία επεξεργασία/εκκαθάρισης έρματος (BW treatment).

Τέλος, το USCG, σχετικά με τη σύσταση και περιεκτικότητα του νερού σε μικροοργανισμούς, βακτήρια και άλλα, ακολουθεί σε πρώτη φάση το ίδιο πρότυπο που παρουσιάζεται στον κανονισμό D-2 του IMO. Έχει προταθεί όμως ότι με την πάροδο των χρόνων το USCG θα ακολουθεί σε δεύτερο στάδιο (Stage 2) ένα πιο αυστηρό σχέδιο, το οποίο ωστόσο δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα λόγω παραγόντων όπως οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, τεχνικές προδιαγραφές κ.ά.

ΠΙΝΑΚΑΣ: 3.1: Πρότυπα απόδοσης D-2 IMO και USCG

Active object	IMO D-2	USCG-Stage 1	California standard	USCG-Stage 2
$\geq 50 \mu\text{m}$	< 10 per 1 ton	< 10 per 1 ton	Inactive organism	< 1 per 1 ton
$\geq 10 \mu\text{m} < 50 \mu\text{m}$	< 10 per 1 ml	< 10 per 1 ml	< 0.01 per 1 ml	< 1 per 1 ml
Vibrio cholerae	< 1 cfu per 100 ml	< 1 cfu per 100 ml	< 1 cfu per 100 ml	< 1 cfu per 100 ml
Escherichia coli	< 250 cfu 100 ml	< 250 cfu 100 ml	< 126 cfu 100 ml	< 126 cfu 100 ml
Intestinal coccus	< 100 cfu 100 ml	< 100 cfu 100 ml	< 33 cfu 100 ml	< 33 cfu 100 ml

Κεφάλαιο 4: Μέθοδοι διαχείρισης έρματος

4.1 Διαχείριση έρματος στο λιμάνι–στη ξηρά (Port Based Treatment)

Η συγκεκριμένη μέθοδος αναφέρεται κυρίως σε πλοία που δεν διαθέτουν ένα επαρκές ή πιστοποιημένο σύστημα διαχείρισης, ή που δεν διαθέτουν καθόλου. Τα πλοία αυτά θα μπορούν επομένως να εξυπηρετηθούν από αρμόδιες εγκαταστάσεις στη ξηρά ή από φορτηγίδες στο νερό.

Αυτή η μέθοδος απαιτεί το έρμα να μεταφερθεί σε εγκαταστάσεις διαχείρισης έρματος στη ξηρά. Σε ορισμένα λιμάνια, ο διαθέσιμος χώρος για αυτές τις εγκαταστάσεις είναι αρκετά μεγάλος, ώστε να καθιστά τη διαχείριση έρματος σε αυτές τις εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας. Το μέγεθος της εγκατάστασης εξαρτάται από τον αριθμό, το χρόνο και τον τύπο των πλοίων που είτε καταφθάνουν στο λιμάνι είτε φεύγουν από αυτό.

Το σύστημα των σωληνώσεων θα πρέπει να είναι κατάλληλο για να διατηρεί και να επαρκεί για τη μεταφορά ύδατος μεταξύ ξηράς και πλοίου. Ανάλογα με το ζητούμενο νερό έρματος της διαχείρισης που πρέπει να γίνει, οι εγκαταστάσεις αυτές επίσης αποθηκεύουν καθαρό νερό που έχει περάσει από διαδικασία διαχείρισης, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως έρμα για ένα επισκεπτόμενο πλοίο επιτρέποντας, δηλαδή, την ανταλλαγή ενός μη επεξεργασμένου έρματος με επεξεργασμένο. Το μη επεξεργασμένο νερό περνά από διαδικασία διαχείρισης καθαρισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά όταν έχουν απομακρυνθεί εξ ολοκλήρου θαλάσσιοι οργανισμοί, παράσιτα και ιζήματα.

Στην πράξη η μέθοδος δείχνει να μην έχει ιδιαίτερο αντίκτυπο, καθώς το κατάλληλο σύστημα σωληνώσεων και η ζεύξη αυτών στα περισσότερα λιμάνια παγκοσμίως δεν υπάρχει, και επίσης, τα αυξημένα έξοδα λειτουργίας των εγκαταστάσεων αυτών καθιστούν την διαδικασία μη προσιτή. Σημειώνεται επιπρόσθετα, πως η κατασκευή και σχεδίαση τέτοιων εγκαταστάσεων πρέπει να είναι ξεχωριστή ανά λιμάνι, δεδομένου ότι οι θαλάσσιοι οργανισμοί διαφέρουν όσο διαφέρουν και τα θαλάσσια περιβάλλοντα.^[13]

Να σημειωθεί ωστόσο, ότι ενώ όλα τα πλοία οφείλουν να διαθέτουν ένα σύστημα BWMS, υπάρχουν όπως προαναφέρθηκε εξαιρέσεις. Ακόμη, ενδέχεται να προκύψει βλάβη σε κάποιο σύστημα BWMS ενός πλοίου. Έτσι, η διαχείριση στο λιμάνι αποτελεί μία λύση για την προστασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια έχουν κατασκευαστεί από διάφορες εταιρείες και υπάρχουν αυτή τη στιγμή τέτοια συστήματα σε λιμάνια.



Εικόνα 4.1: Αποτύπωση εγκατάστασης Port Based Treatment

Πηγή: <https://shipmanagementinternational.com/ballast-water-port-solution-successfully-completes-tests/>

4.2 Ανταλλαγή Έρματος (Ballast Water Exchange)



Εικόνα 4.2: Αποβολή έρματος κατά την ανταλλαγή

Πηγή: <https://amarineblog.com/2017/08/03/bwebwtbwm-2017-imo-upgrade/>
<http://shipsbusiness.com/energy-efficiency-measures-ballast-water-management.html>

Είναι μέθοδος που χρησιμοποιείται από πολλές χώρες αυτή τη στιγμή και βασίζεται στην αρχή ότι οι περισσότεροι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν στην ανοιχτή θάλασσα. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκε στην κατευθυντήρια οδηγία D-1, ότι η ανταλλαγή πρέπει να γίνει σε απόσταση 200 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή και σε βάθος τουλάχιστον 200 μέτρων. Σοβαρά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η αποτελεσματικότητά της (δηλαδή συμμόρφωση σε D-2) και η ασφάλεια του πλοίου που διακυβεύεται. Έχει σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της πλήρωσης των δεξαμενών οι αλλαγές στα επίπεδα φόρτωσης είναι αρκετά μεγάλες, ώστε να μπορούν να επηρεάσουν την ευστάθεια, την αντοχή και τη διαγωγή του πλοίου. Επομένως, το σχέδιο διαχείρισης (BWMP) πρέπει να είναι ακριβές και να λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η κατάσταση της θάλασσας ή τα καιρικά φαινόμενα που θα εντείνουν περαιτέρω τον κίνδυνο της ασφάλειας. Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου στο να εξαλείφει τους αλλόχθονες οργανισμούς, η μέθοδος δεν κρίνεται τόσο αποτελεσματική καθώς στο κάτω μέρος των δεξαμενών παραμένουν οργανισμοί και ιζήματα που δεν απομακρύνονται από τη διαδικασία. ^[14]

Υπάρχουν τρεις διαφοροποιήσεις της μεθόδου της ανταλλαγής έρματος:

i. Μέθοδος σειριακής ανταλλαγής (sequential)

Στη μέθοδο αυτή οι δεξαμενές έρματος αδειάζουν πλήρως και ξαναπληρώνονται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η διαδικασία συνήθως επιτυγχάνεται κάνοντας χρήση του ήδη υπάρχοντος συστήματος σωληνώσεων αναρρόφησης νερού και των αντλιών έρματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται και για τη διαδικασία της εκκένωσης νερού. Οι οδηγίες του IMO συνιστούν την απόρριψη του έρματος έως ότου η αναρρόφηση στις δεξαμενές να τελειώσει. Επίσης, όπως έχει προαναφερθεί στις κατευθυντήριες οδηγίες του IMO πρέπει να επιτευχθεί το 95% της ογκομετρικής ανταλλαγής του νερού. Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει ότι οι ανταλλαγές που κυμαίνονται στα πλαίσια των 70-90% είναι πιο ρεαλιστικές. ^[7]

ii. Μέθοδος ανταλλαγής έρματος μέσω υπερχειλίσης (flow through ή continuous flushing)

Σε αυτή τη μέθοδο το έρμα μέσα στις δεξαμενές ωθείται προς τα έξω μέσω συνεχούς άντλησης νερού του ωκεανού. Το νερό αντλείται με πίεση από τον πυθμένα αναγκάζοντας το ήδη υπάρχον νερό να οδηγηθεί σε εκροή μέσω στομιών (η εκροή μπορεί να συμβεί μέσω ανεμιστήρων και φρεατίων) κι έτσι να υπερχειλίσει. Σε αντίθεση με τη μέθοδο της σειριακής ανταλλαγής, η υπερχειλίση συμβαίνει με ξεχωριστό σύστημα σωληνώσεων πρόσληψης, εκροής νερού και γίνεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Ο IMO υποδεικνύει ότι η άντληση που πρέπει να γίνει χρειάζεται να είναι τουλάχιστον τρεις φορές ο όγκος της δεξαμενής για να έχουμε ικανοποιητική ανταλλαγή νερού. Θεωρητικά, το 95% του νερού της δεξαμενής έρματος πρέπει να αντικατασταθεί, εφόσον ισχύουν οι ισοδυναμίες στον αρχικό όγκο σε σχέση με την άντληση τρεις φορές αυτού στη δεξαμενή. ^[7, 15]

iii. Μέθοδος ανταλλαγής έρματος μέσω αραίωσης (dilution)

Σε αυτή τη μέθοδο το έρμα που θα αντικαταστήσει το ήδη υπάρχον στη δεξαμενή, αφήνεται από το πάνω μέρος της δεξαμενής και στην ίδια φάση συμβαίνει ταυτόχρονη εκκένωση στο

κάτω μέρος της δεξαμενής. Οι διαδικασίες πρόσληψης και εκκένωσης γίνονται με τον ίδιο ρυθμό διατηρώντας έτσι ένα σταθερό επίπεδο νερού καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας. Επίσης, επιτυγχάνεται καλύτερη αφαίρεση των ιζημάτων. (Οι μέθοδοι της υπερχειλίσης και της αραίωσης δουλεύουν και οι δύο με την αρχή της άντλησης, pump-through).

Αρκετές μελέτες διενεργήθηκαν σχετικά με την ανταλλαγή ύδατος και οι περισσότερες έδειξαν θετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, ήταν πολύ λίγες αυτές που έδειξαν στοιχειώδη συμμόρφωση σε D-2 και αυτό οφείλεται κυρίως στα ιζήματα που συσσωρεύονται στις δεξαμενές έρματος. Η εκκένωση έρματος που συμβαίνει λόγω της μεθόδου βάζει σε κίνδυνο ορισμένα νησιά αρχιπελάγων, τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τη διαδρομή που εκτελεί το εκάστοτε πλοίο. Η μέθοδος είναι αρκετά χρονοβόρα και μάλιστα η σχέση του απαιτούμενου χρόνου ολοκλήρωσης της ανταλλαγής με το μέγεθος του πλοίου είναι γραμμική. Επίσης, απαιτεί μεγάλο μέγεθος του πλωρήματος και εξοπλισμού και τα λειτουργικά κόστη από ενεργειακής άποψης είναι υψηλά.

Συμπερασματικά, οι παράγοντες που πρέπει να επιβλέπονται σε συνεχή ρυθμό κατά τη διαδικασία της ανταλλαγής έρματος είναι οι εξής:

- Συνεχής διατήρηση επαρκούς ευστάθειας
- Παρακολούθηση και έλεγχος των τάσεων σε σχέση με τη κατάσταση της θάλασσας
- Έλεγχος δυναμικών φορτίων λόγω μετακίνησης του νερού (φαινόμενο sloshing)
- Έλεγχος ταλαντώσεων λόγω κυματισμών
- Παρακολούθηση πρωραίων–πρυμναίων βυθισμάτων και διαγωγής.

Έτσι, λαμβάνοντας όλους τους παράγοντες υπ' όψη ήταν προφανές πως έπρεπε να υιοθετηθούν εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης έρματος.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του έρματος και τον καθαρισμό αυτού από αθέμιτες ουσίες, οργανισμούς ή παθογόνα προέρχονται από αστικές και βιομηχανικές πρακτικές. Ωστόσο, η χρήση τους περιορίζεται από παράγοντες όπως ο χώρος, το κόστος και η αποτελεσματικότητα, όσον αφορά στα πρότυπα περί αποβολής έρματος που ορίζει ο IMO.

Υπάρχουν 2 γενικές κατηγορίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του έρματος:

- Διαχωρισμός στερεού–υγρού
- Απολύμανση

Ο διαχωρισμός στερεού-υγρού αναφέρεται στο διαχωρισμό αιωρούμενων στερεών υλικών, συμπεριλαμβάνοντας τους μεγαλύτερου μεγέθους αιωρούμενους μικροοργανισμούς από το έρμα, είτε με καθίζηση (επιτρέποντας στα στερεά να κάνουν χρήση του βάρους τους), είτε με επιφανειακή καθίζηση (οι πόροι του φιλτραρισμένου υλικού είναι μικρότεροι του μεγέθους του εκάστοτε σωματιδίου ή οργανισμού).

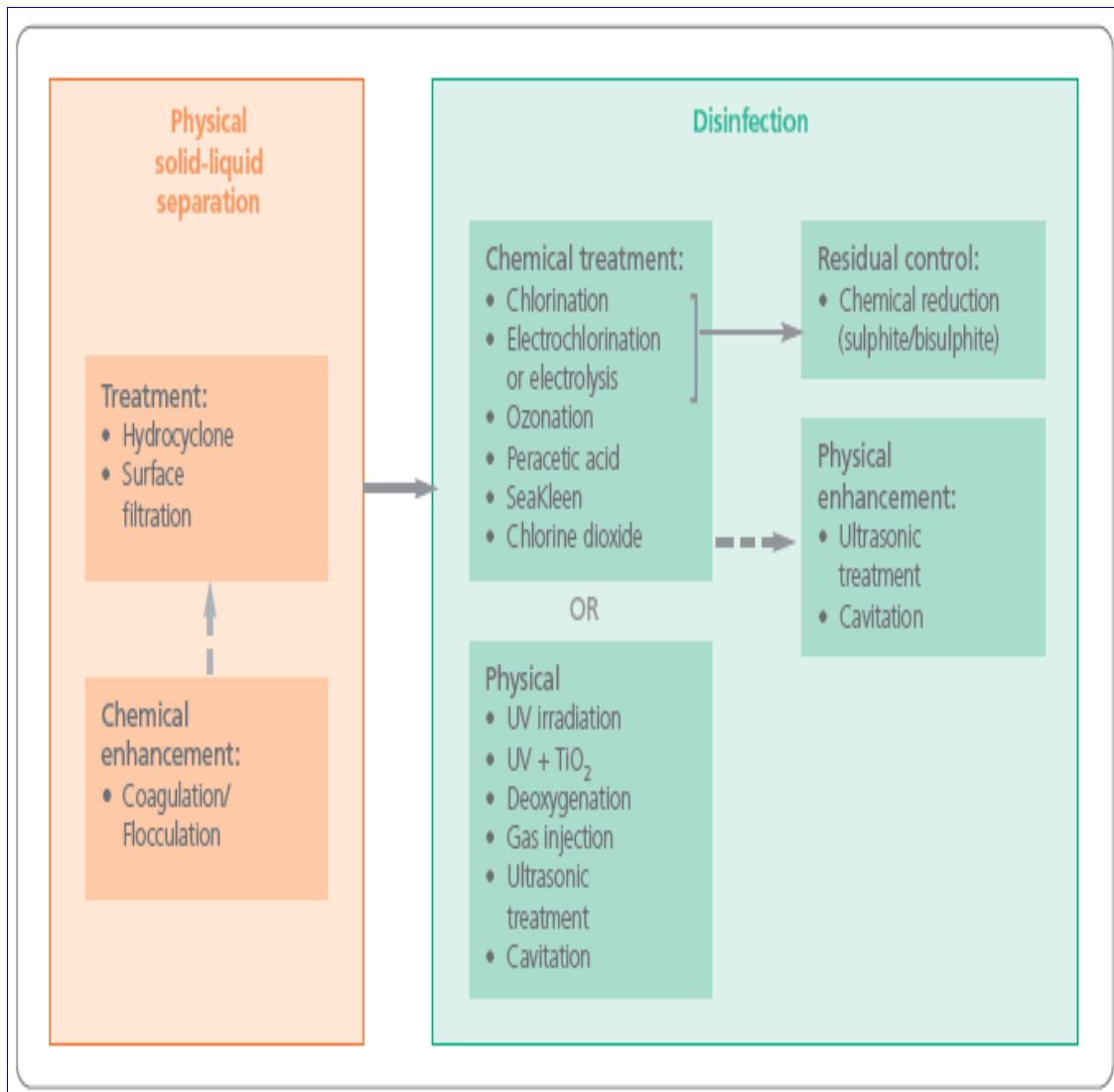
Όλες οι διαδικασίες διαχωρισμού στερεού–υγρού παράγουν απόβλητα, στα οποία βρίσκονται τα αιωρούμενα στερεά. Απαιτείται κατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων. Κατά τη

διαδικασία του ερματισμού μπορούν να αποβληθούν στο σημείο ανάληψής τους. Στη διάρκεια του αφερματισμού, η διαδικασία διαχωρισμού στερεού–υγρού μπορεί να παραληφθεί.^[16]

Η απολύμανση απομακρύνει και/ή αδρανοποιεί μικροοργανισμούς με χρήση ενός ή παραπάνω από τους ακόλουθους τρόπους:

- Χημική μέθοδος
Χημική αδρανοποίηση μικροοργανισμών μέσω:
 - Οξειδωτικών βιοκτόνων (απολυμαντικά που καταστρέφουν κυτταρικές μεμβράνες ή νουκλεϊκά οξέα)
 - Μη οξειδωτικών βιοκτόνων (παρεμβαίνουν στις αναπαραγωγικές, νευρωνικές ή μεταβολικές λειτουργίες των οργανισμών).
- Φυσική μέθοδος
Φυσικοχημική αδρανοποίηση των μικροοργανισμών μέσω διαδικασιών όπως υπεριώδη ακτινοβολία (UltraViolet, UV), καύση, σπηλαίωση ή ασφυξία των μικροοργανισμών μέσω αποξυγόνωσης.
- Μηχανική μέθοδος
Με χρήση υδροκυκλώνων, φίλτρου, κ.ά.

Όλες οι μέθοδοι εφαρμόζονται στη διαχείριση και απολύμανση του έρματος με διαφορετικούς τρόπους, συνδυασμούς και όργανα. Τα πιο εμπορικά συστήματα είναι απόρροια δύο ή περισσότερων τμηματικών διαδικασιών απολύμανσης με ένα διαχωρισμό στερεού–υγρού που προηγείται της απολύμανσης.^[16]



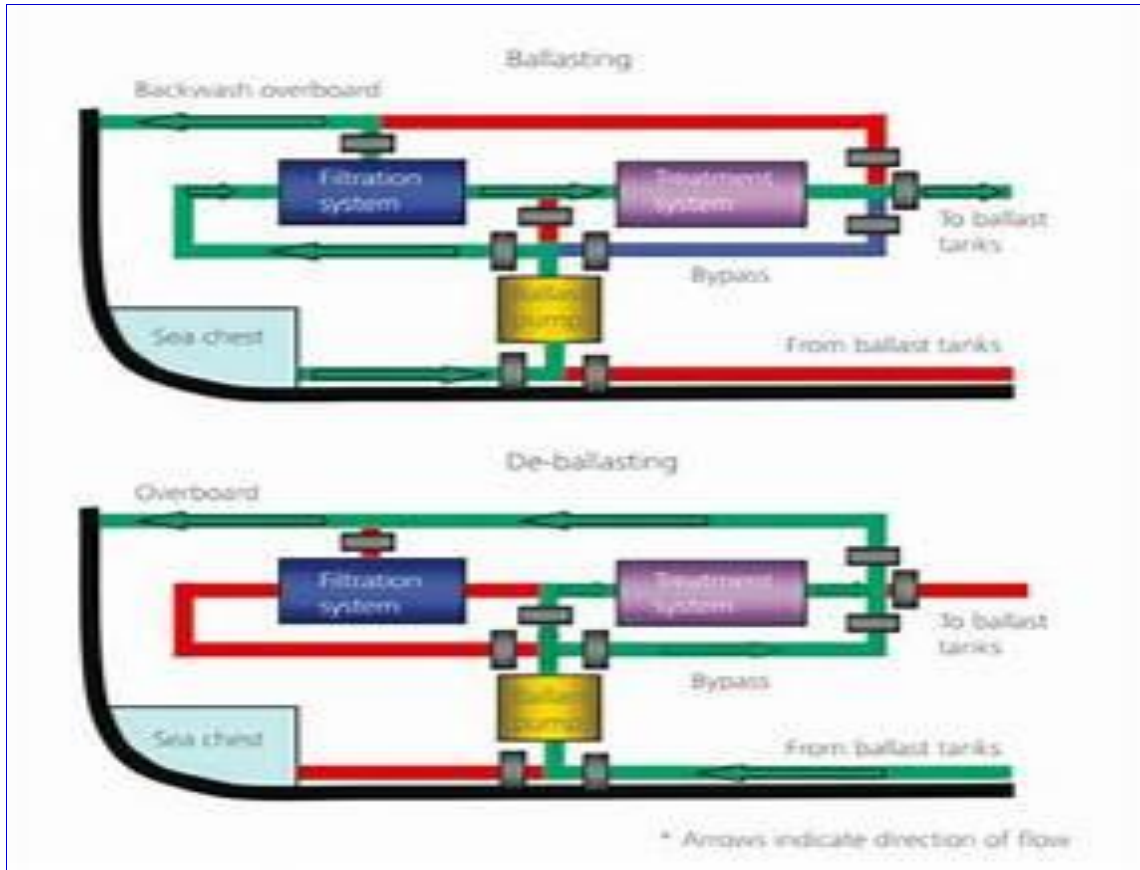
Εικόνα 4.3: Κατηγοριοποίηση μεθόδων επεξεργασίας ανάλογα με το είδος απολύμανσης

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [16]

Στα δεδομένα των μεθόδων και συστημάτων επεξεργασίας έρματος οι κύριες κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι διαχωρισμοί είναι δύο. Ο πρωτεύων διαχωρισμός και ο δευτερεύων. Ο πρωτεύων αποτελείται από τις μηχανικές μεθόδους της διήθησης και της χρήσης υδροκυκλώνων. Ο δευτερεύων διαχωρισμός αποτελείται από πλήθωρα μεθόδων που συγκαταλέγονται στις χημικές και φυσικές μεθόδους. Οι διαχωρισμοί ονομάζονται κατ' αυτόν τον τρόπο, διότι έχει αποδειχθεί, ότι τα πιο αποτελεσματικά συστήματα λειτουργούν με συνδυασμό μεθόδων και πιο συγκεκριμένα το νερό που εισέρχεται από τις αντλίες να περνάει αρχικά από μία πρώτη επεξεργασία (δηλαδή τον πρωτεύοντα) και έπειτα να συνεχίζει την επεξεργασία με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο ή περαιτέρω συνδυασμό αυτών.

4.3 Μηχανικός διαχωρισμός

4.3.1. Διήθηση (Filtration)



Εικόνα 4.4: Ενδεικτική αποτύπωση συστήματος διήθησης

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [16]

Η διήθηση ή αλλιώς το φιλτράρισμα είναι ένας αρκετά αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας έρματος και ίσως και ο πιο συνήθης. Συστήματα επεξεργασίας τέτοιου τύπου χρησιμοποιούν φίλτρο για την απομάκρυνση μεγαλύτερων μεγέθους οργανισμών (της τάξης $\geq 50 \mu\text{m}$), καθώς και ιζήματα από τη δεξαμενή έρματος. Το πλέγμα φίλτρου εισάγεται στις αντλίες έρματος κι επηρεάζεται από την αλατότητα, τη θερμοκρασία, τη δόνηση κι άλλους παράγοντες.

Έχει παρατηρηθεί, ότι ο συνδυασμός μεθόδων που περιέχουν τη μέθοδο της διήθησης είναι πιο αποτελεσματικός. Αυτό, διότι η διήθηση όπως προαναφέρθηκε απευθύνεται και είναι κατάλληλη για μεγαλύτερους οργανισμούς, κι επομένως, η συμμόρφωση σε D-2 δεν θα είναι εφικτή. Χρησιμοποιούνται συνήθως φίλτρα τύπου «backwash», τα οποία μπορούν να χρησιμοποιούν σύστημα αυτο-καθαρισμού και παλινδρόμησης, δηλαδή να ωθεί τους οργανισμούς που δεν περνούν από το φίλτρο προς την αντίθετη κατεύθυνση. Τα φίλτρα έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης εγκατάστασης και συντήρησης.^[16]

Τυπικά γνωστά παραδείγματα τέτοιων συνδυασμών είναι το σύστημα της εταιρείας Alfa Laval που χρησιμοποιεί συνδυασμό υπερϊόδους ακτινοβολίας και διήθησης και όμοιο συνδυασμό χρησιμοποιεί και το σύστημα HYDE Guardian της εταιρείας HYDE Marine.



Εικόνα 4.5: Σύστημα επεξεργασίας Hyde Guardian

Πηγή:<https://www.ship-technology.com/products/hyde-guardian-gold-ballast-water-treatment-system/>

4.3.2. Διαχωρισμός μέσω υδροκυκλώνων (Hydrocyclone separation)

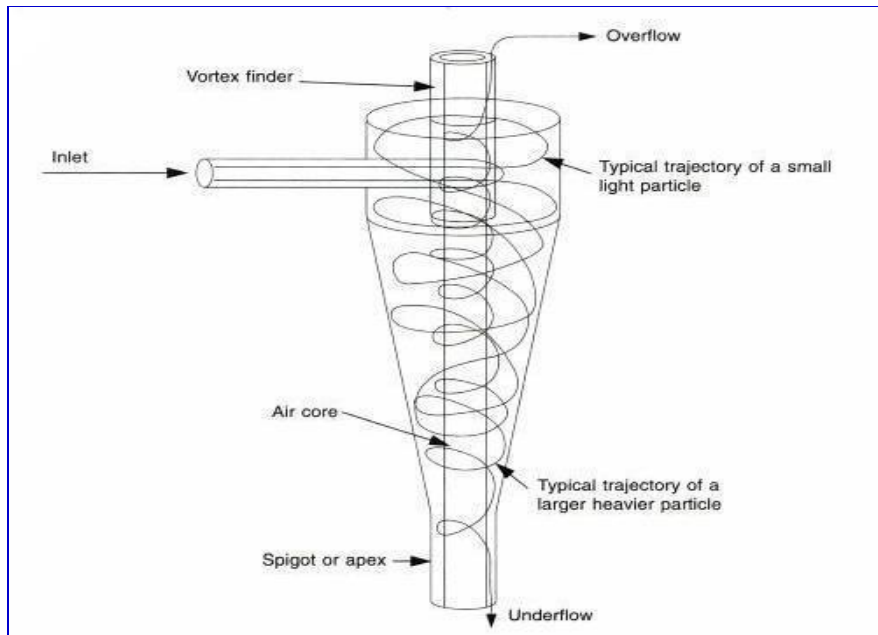
Ο διαχωρισμός μέσω υδροκυκλώνων συγκρίνεται συχνά με τη διήθηση και μάλιστα ως και οικονομικά πιο αποδοτική εναλλακτική του. Επίσης, προτιμάται έναντι των φίλτρων, διότι μπορεί να λειτουργεί σε συνθήκες υψηλής ροής (έως και 3000 m³/h). Ωστόσο, έρευνες δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητά του σε σχέση με τη διήθηση είναι δυσμενέστερη.

Βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας των οργανισμών και του υγρού που τα περιβάλλει, γεγονός που καθιστά την απομάκρυνση μικρότερου μεγέθους οργανισμών πιο δύσκολη. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου έγκειται στη δημιουργία μιας δίνης που χρησιμοποιώντας τη φυγοκεντρική δύναμη αναγκάζει τα πιο βαριά σωματίδια να οδηγηθούν εκτός της δίνης, όπου συναντούν ειδικά φράγματα, παγιδεύονται σε αυτά και στη συνέχεια αποβάλλονται. Παράγοντες που επηρεάζουν την τεχνολογία, επομένως, είναι η διαφορά έντασης των σωματιδίων και του περιβάλλοντος υγρού, το μέγεθος των σωματιδίων, η ταχύτητα περιστροφής και ο χρόνος παραμονής.

Μειονεκτήματα της τεχνολογίας είναι μεταξύ άλλων το εύρος σωματιδίων για τα οποία είναι κατάλληλη. Συγκεκριμένα, όμοια με τη διήθηση απευθύνεται κυρίως σε σωματίδια με εύρος που κυμαίνεται περίπου στα 50 μm κι έτσι οργανισμοί μικρότεροι των 20 μm, όπως ιοί, πρωτόζωα, βακτήρια κ.ά. δεν μπορούν να αφαιρεθούν με τη μέθοδο των υδροκυκλώνων.

Έπειτα, αρκετοί μικροοργανισμοί έχουν παραπλήσια πυκνότητα με αυτή του θαλασσινού νερού και συνεπώς δεν απομακρύνονται. ^[17]

Στα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το κόστος συντήρησης καθώς και το environment-friendly στοιχείο που τη διέπει. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι οργανισμοί που απομακρύνονται δεν πεθαίνουν αλλά επιστρέφουν στο φυσικό τους περιβάλλον. Αρκετά σύνηθες είναι πριν το στάδιο των υδροκυκλώνων να προηγείται μια διαδικασία πήξης, η οποία θα συγκεντρώνει τα σωματίδια αυξάνοντας έτσι το βάρος και την πυκνότητά τους, καθιστώντας τη μέθοδο πιο αποτελεσματική. ^[18]



Εικόνα 4.6: Ενδεικτική αποτύπωση υδροκυκλώνων και ονοματολογία μερών

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [16]



Εικόνα 4.7: Μονάδες επεξεργασίας υδροκυκλώνων

Πηγή: <https://www.pinterest.com/pin/427701295850134829/>

Τυπικό παράδειγμα συστήματος επεξεργασίας έρματος που χρησιμοποιεί υδροκυκλώνες είναι το σύστημα που χρησιμοποιεί η ελληνική εταιρεία ERMA-FIRST κάνοντας συνδυαστική χρήση υδροκυκλώνων και τεχνολογίας ηλεκτρόλυσης.



Εικόνα 4.8: Σύστημα επεξεργασίας ERMA-FIRST

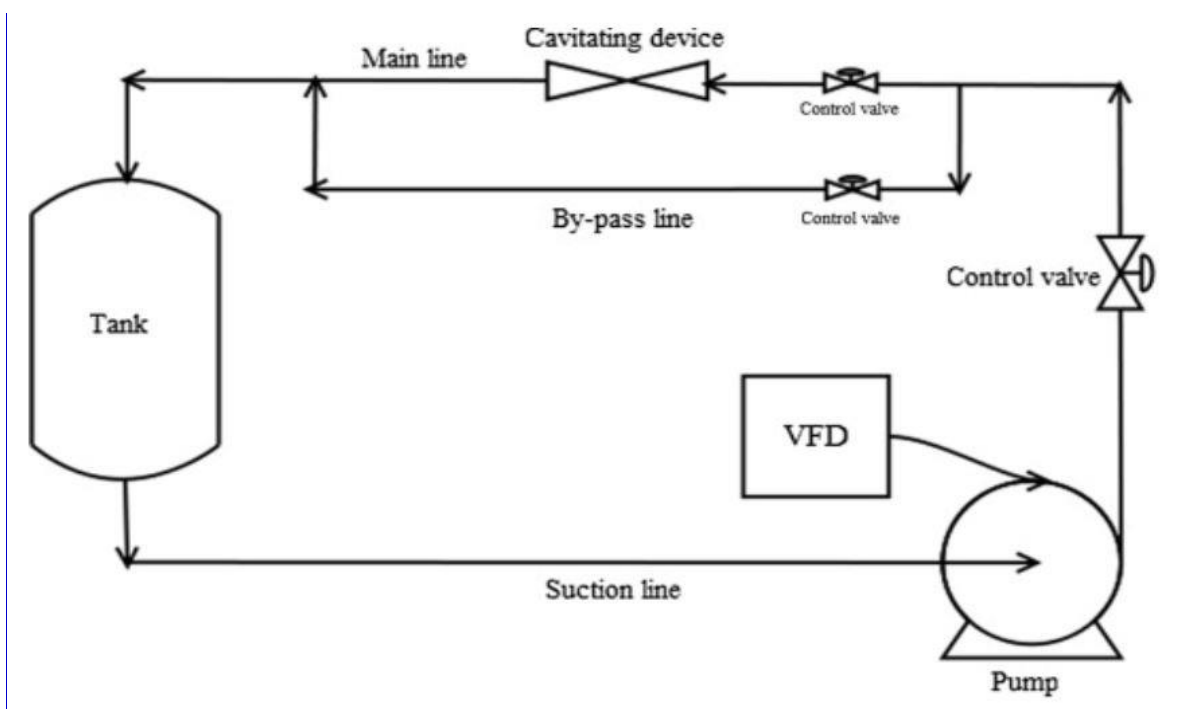
Πηγή: <https://hansbuch.dk/marine/ballast-water/ballast-water-treatment-system>

4.4. Φυσικός διαχωρισμός

4.4.1 Σπηλαιώση (Hydrodynamic cavitation)

Η σπηλαιώση είναι φυσική μέθοδος που αναπτύχθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας της Ινδίας και είναι αποτελεσματική στην καταστροφή μικροοργανισμών, ακίνδυνη για το περιβάλλον και εύκολη στη χρήση. Παρά το γεγονός ότι η μέθοδος της σπηλαιώσης έχει βρει μεγαλύτερη απόκριση σε άλλους χώρους επιστημών και μηχανικής ή ακόμα και στη βιοϊατρική και χημεία η σπηλαιώση είναι ακόμα προς διερεύνηση στον κλάδο της επεξεργασίας έρματος. Η σπηλαιώση δεν απαιτεί ακριβά ανταλλακτικά, αποθήκευση χημικών, είναι ενεργειακά αποδοτική και δεν έχει υψηλές απαιτήσεις στη συντήρηση. Έχει αποδειχθεί ότι η σπηλαιώση είναι αποτελεσματική ενάντια σε ζωοπλαγκτόν, όχι όμως ενάντια σε βακτήρια και μικροφύκη. ^[18]

Το φαινόμενο της σπηλαιώσης σχετίζεται άμεσα με το σχηματισμό, την ανάπτυξη και την κατάρρευση φυσαλίδων, που με τη σειρά τους οδηγούν στη δημιουργία πολύ υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών τοπικά (έως και 2.000 atm και 5.000 K). Η έκθεση σε σπηλαιώση μπορεί να προκαλέσει ζημιά στους μικροοργανισμούς σε μοριακό επίπεδο και τους καθιστά τελικά μη βιώσιμους. Μία τυπική διάταξη ενός συστήματος επεξεργασίας που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της σπηλαιώσης φαίνεται στην Εικόνα 4.9:



Εικόνα 4.9: Ενδεικτική διάταξη συστήματος σπηλαιώσης

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [19]

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι, αρχικά, οι λειτουργικές απαιτήσεις. Το κόστος λειτουργίας είναι γενικά υψηλό και έρευνες δείχνουν ότι σε ρυθμούς άντλησης άνω των 5.000 m³/h η τεχνολογία δημιουργεί προβλήματα.

Σε γενικότερες γραμμές η σπηλαιώση με κατάλληλη επιλογή λειτουργικών παραμέτρων και σε συνδυασμό με άλλη μέθοδο επεξεργασίας είναι ενδεχομένως μια βιώσιμη μεθοδολογία διαχείρισης έρματος.^[8]

4.4.2. Διαχωρισμός μέσω υπερήχων (Ultrasound)

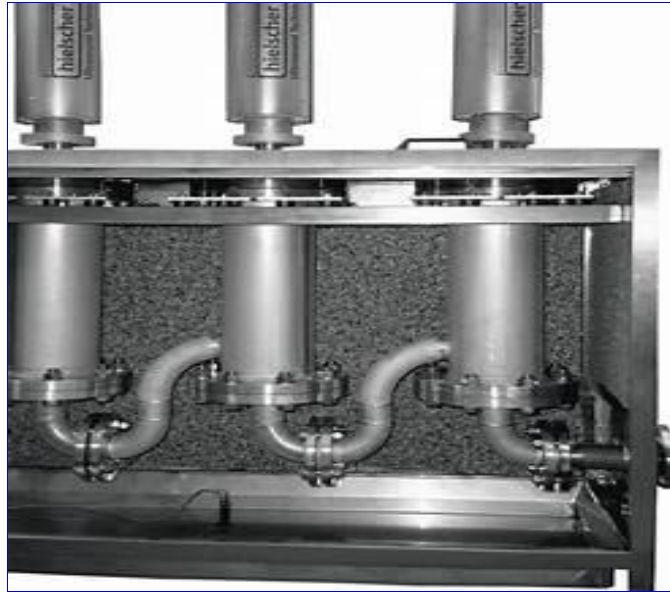
Η τεχνολογία υπερήχων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυσική μέθοδος δευτεροβάθμιας θεραπείας. Στοχεύει στην καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης των μικροοργανισμών μέσω έγχυσης αερίων ή ακτινοβολίας. Αρκετές μελέτες και έρευνες έχουν γίνει σχετικά με την αποτελεσματικότητά της, την αποδοτικότητά της σε σχέση με την αρχή λειτουργίας της και τους πιο κατάλληλους στόχους ως προς τη χρήση της.

Αρχικά, έχει δειχθεί πως τα πράσινα φύκια («*Dunaliella tertiolecta*»), οι γαρίδες *Artemia salina* και διάφορα βακτήρια μπορούν επιτυχώς να αφαιρεθούν με χρήση τεχνολογίας υπερήχων. Έρευνες που διεξήχθησαν πάνω στην *Artemia salina* έδειξαν ότι σε διάφορες φάσεις της ανάπτυξής της, η μέθοδος είχε διαφορετικά αποτελέσματα. Σε χρόνο παραμονής/έκθεσης 20 s διαπιστώθηκε ότι στο στάδιο προνυμφών, το επίπεδο αδρανοποίησης του οργανισμού ήταν το υψηλότερο (100%), στην ενήλικη φάση 85% και σε κύστες 60%.^[8]

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στη δημιουργία φυσαλίδων μέσω της παραγωγής κυμάτων υπερήχων που προκαλούν σπηλαιώση, με τελικό αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα πίεσης και έντονες δυνάμεις διάτμησης. Τα υπερηχητικά κύματα υψηλής έντασης δημιουργούν φυσαλίδες κενού ή κενά στο υγρό. Όταν οι φυσαλίδες φτάνουν σε όγκο όπου δεν μπορούν πλέον να απορροφήσουν ενέργεια, η σύστασή τους καταρρέει βίαια, σχηματίζοντας δηλαδή το φαινόμενο της σπηλαιώσης. Η κατάρρευση ή έκρηξη των φυσαλίδων μπορεί να προκαλέσει την εκτόξευση υγρών με ταχύτητα της τάξεως των 280 m/s, καθώς και υδροδυναμικές δυνάμεις διάτμησης και ταλαντώσεις με υπερήχους, οι οποίες σπάνε και διαταράσσουν τα κυτταρικά τοιχώματα των οργανισμών.

Όταν εξετάστηκε ως προς τον τρόπο λειτουργίας βρέθηκε πως σε ρυθμό ροής και με μέγιστο πλάτος μετατροπέα ήταν της τάξης 200 L/h και 50% αντίστοιχα, το ποσοστό θνησιμότητας για διάφορους οργανισμούς ήταν λίγο πιο χαμηλό από 40%. Στο ίδιο πείραμα για διπλάσιες τιμές των παραμέτρων, δηλαδή 400 L/h και 100% βρέθηκε ότι τα επίπεδα χλωροφύλλης έπεσαν κατά 71%. Επίσης, έχει προταθεί πως στο εύρος λειτουργίας των 19–20 KHz η τεχνολογία ήταν πιο αποτελεσματική ενάντια σε μεγαλύτερους οργανισμούς. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αποδείξεις που να συνδέουν το μέγεθος ενός οργανισμού με το ποσοστό επιβίωσής του.^{[16], [20]}

Άλλα συμπεράσματα από τις έρευνες που έγιναν δείχνουν πως δεν υπάρχει διαφορά στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου είτε με συνεχή λειτουργία είτε με παλμική. Βέβαια, προτείνεται η παλμική έναντι της συνεχούς, διότι δαπανά λιγότερη ενέργεια, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των συσκευών παραγωγής υπερήχων.



Εικόνα 4.10: Μονάδες παραγωγής υπερήχων

Πηγή: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-ballast-water-disinfection.htm>

4.4.3 Διαχωρισμός με χρήση μικροκυμάτων (Micro wave)

Η τεχνολογία επεξεργασίας έρματος με θέρμανση αποτελεί ακόμη ένα αποτελεσματικό όπλο ενάντια στους αλλόχθονες οργανισμούς. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε μετρήσε την αποτελεσματικότητα της μεθόδου μέσω ενός συστήματος θέρμανσης με συνεχή λειτουργία. Λειτουργικές παράμετροι ήταν ο ρυθμός ροής με εύρος 1–2 L/min, η ισχύς εύρους 2,5–4,5 KW και η θερμοκρασία εύρους 11,8–64,9 °C. Η αδρανοποίηση μικροφυκών και ζωοπλαγκτόν σε δύο διαφορετικά στάδια ανάπτυξής τους ήταν βέλτιστη στους 55 °C σε χρόνο έκθεσης 200 s. Άλλα πειράματα με παρόμοιες παραμετρικές τιμές έδειξαν μέχρι και 100% αδρανοποίηση των οργανισμών.^[21]

4.4.4 Διαχωρισμός μέσω ηλεκτρικών παλμών (Electric pulse)

Η χρήση ηλεκτρικών παλμών ή παραγωγή ηλεκτρικών πεδίων είναι εξελισσόμενος κλάδος για τη διαχείριση έρματος. Έρευνες στο παρελθόν έδειξαν ότι με δόση των 100 V AC για χρόνο έκθεσης των 5 s η βλάστηση δινοφλαγαρικών κύστεων αναστάληκε. Μία άλλη έρευνα παρουσίασε πως κύστες είδους *A.catenella* εύκολα σκοτώθηκαν σε μία έκθεση διάρκειας 5 s και εκτάσεως 4 cm². Αντίθετα, άλλα είδη όπως οι κύστες *G.catenatum* εμφάνισαν πιο ανθεκτική φύση επιτυγχάνοντας μόνον το 7% εξουδετέρωσής τους σε έκθεση των 7,5 V για 5 s.^[8]

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η ηλεκτροπληξία παράγει χλώριο και θερμότητα, όπου και τα δύο λειτουργούν από μόνα τους ως αποτελεσματικά βιοκτόνα ενάντια σε τέτοιους οργανισμούς. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να γίνει ώστε να αναγνωριστεί αν η

ηλεκτροπληξία ή η παραγωγή θερμότητας και χλωρίου είναι πιο αποτελεσματική στην απενεργοποίηση των οργανισμών.

Αρκετά άλλα πειράματα σχετικά με τη μέθοδο οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση ηλεκτρικών παλμών είναι αρκετά ενεργοβόρα διαδικασία κι επομένως υπάρχει μεγάλη απαίτηση ισχύος και ρεύματος στη λειτουργία της.^[22]

4.4.5. Θερμική επεξεργασία (Heat treatment)

Η παραγωγή θερμότητας επί του πλοίου για την επεξεργασία έρματος μπορεί αποδοτικά να συλλεχθεί από τα απορρίμματα θερμότητας της κύριας μηχανής του πλοίου, καθώς και από τη θερμότητα που παράγεται από τα εγκατεστημένα εφεδρικά συστήματα λέβητα.

Έρευνες έδειξαν πως τα περισσότερα είδη φυτοπλαγκτόν μπορούσαν εύκολα να εξουδετερωθούν στους 35 °C σε χρόνο έκθεσης/παραμονής 30 min μέχρι μερικές ώρες. Υψηλότερα επίπεδα θνησιμότητας επήλθαν σε μακρύτερους χρόνους έκθεσης σε παραπλήσιες θερμοκρασίες με ολική εξουδετέρωση να σημειώνεται σε θερμοκρασία 38 °C και χρόνο έκθεσης 4,5 h. Σε αντίθεση με τα περισσότερα των ειδών τους, τα πράσινα φύκια *Dunaliella tertiolecta* και *Nannochloropsis oculata* απαίτησαν για την αδρανοποίησή τους θερμοκρασία 42,5 °C σε χρόνο αρκετά μεγαλύτερο, έως και 24 h. Όταν οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν σε εύρος 55-80 °C παρατηρήθηκε σε μικρά χρονικά πλαίσια 95% μείωση σε ζωοπλαγκτόν και 90% μείωση σε φυτοπλαγκτόν. Τα επίπεδα των βακτηρίων, επίσης, μειώθηκαν κατά 95%, χωρίς να σημειωθεί κάποια αισθητή διαφορά όταν η θερμοκρασία αυξήθηκε από τους 55 στους 80 °C.^[8]

Έχει παρατηρηθεί, ωστόσο, ότι σε γενικότερα πλαίσια η θερμοκρασία που καθιστά τη μέθοδο αποτελεσματική είναι τουλάχιστον 40 °C. Φυτικά βακτήρια, μύκητες και ιοί αδρανοποιούνται γενικά σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 100 °C. Η θερμική επεξεργασία δεν μπορεί να εξουδετερώσει όλους τους μικροοργανισμούς αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο εύρος αυτών και πιο συγκεκριμένα αυτών που είναι μεγαλύτερου μεγέθους. Είναι μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον που δεν αφήνει χημικά ή τοξικά υποπροϊόντα και είναι οικονομικά συμφέρουσα.^[22]

Παρόμοια και παράλληλα ως προς την αρχή λειτουργίας του συστήματος υπάρχει και η μέθοδος της **παστερίωσης**. Αποδεδειγμένα σήμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύρια μέθοδος επεξεργασίας έρματος χωρίς την ύπαρξη και βοήθεια άλλων μεθόδων. Απολυμαίνει το νερό έρματος, θερμαίνοντάς το στους 70 °C κατά την πάροδο ενός απαιτούμενου χρονικού διαστήματος δράσης. Απαιτεί θερμότητα, η οποία παρέχεται-αξιοποιείται από τη θερμότητα της κύριας μηχανής του πλοίου.^[23]

4.4.6. Επεξεργασία με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (Ultra violet radiation)

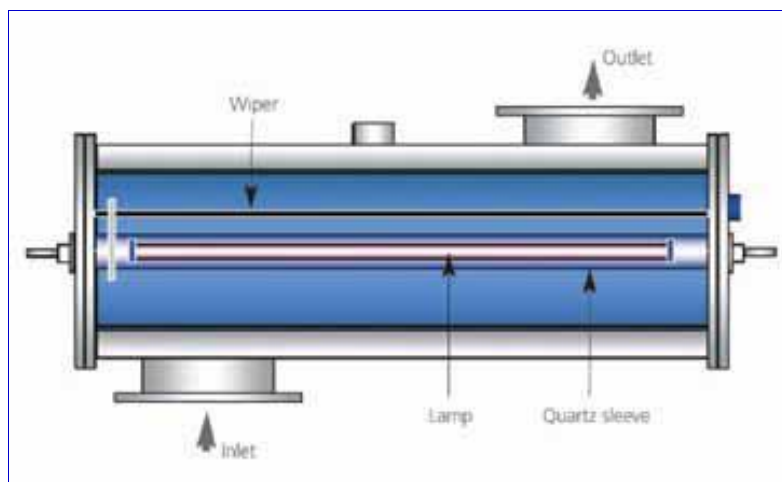
Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας έχει βρει μεγάλη απήχηση στην έρευνα για αποτελεσματικούς τρόπους επεξεργασίας έρματος για αρκετούς λόγους. Αρχικά, είναι αποδεδειγμένο πως η υπεριώδης ακτινοβολία με κατάλληλη λειτουργία δρα ως

βακτηριοκτόνο και ιοκτόνο. Περαιτέρω πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η εξοικονόμηση χώρου, ισχύος, το λειτουργικό της κόστος, η δυνατότητα αυτοματισμού και κυρίως το γεγονός ότι δεν αφήνει επιβλαβή κατάλοιπα. [22]

Το φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας χωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με το μήκος κύματος. Υπάρχει η ακτινοβολία UV-A με μήκος κύματος που κυμαίνεται από 315–400 nm, η UV-B με εύρος μήκους κύματος 280–315 nm, η UV-C με εύρος 240–280 nm και η UV-Vac με εύρος 10–200 nm. Το είδος της ακτινοβολίας που έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο αποτελεσματικό στην αδρανοποίηση των μικροοργανισμών είναι το UV-C και πιο συγκεκριμένα στο εύρος μήκους κύματος 240–280 nm και με κορυφή στα 265 nm. [23]

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στην παραγωγή φωτοχημικών αντιδράσεων με νουκλειικά οξέα και στην πρωτεΐνη των οργανισμών, και συχνά συναντάται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, όπως διήθηση και υδροκυκλώνες. Έρευνες έδειξαν πως το ζωοπλαγκτόν *Artemia salina* υπέστη 78% μείωση όταν εκτέθηκε με ρυθμό ροής 200L/h σε δόση υπεριώδους ακτίνας 563 mJ/cm². Όταν εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της μεθόδου ως προς τους θαλάσσιους οργανισμούς βρέθηκε ότι ύστερα από έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία τα διάφορα είδη φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν έδειξαν 40–99% ποσοστό θνησιμότητας και τα βακτήρια 70%. [24]

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά της επηρεάζεται από το μέγεθος και τη μορφολογία των οργανισμών, και η ταχύτητα δράσης της είναι πιο αργή από άλλες μεθόδους. Μία σχετικά υψηλή δόση υπεριώδους ακτίνας απαιτεί σχεδόν μία ολόκληρη μέρα. Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το ενδεικτικό φυτοπλαγκτόν που χρησιμοποιείται για σχετικά πειράματα μπορεί να επιβιώσει από την επεξεργασία της μεθόδου και μάλιστα όταν μετρήθηκε ο ελάχιστος αριθμός οργανισμών ανά mL του επεξεργασμένου έρματος βρέθηκε πιθανότητα αναπαραγωγής των οργανισμών. Επομένως περαιτέρω έρευνα χρειάζεται να γίνει για να αναγνωριστεί το ποσοστό θνησιμότητας και αναγέννησης των φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν. Επίσης, ενώ γενικά είναι μία ασφαλής μέθοδος ως προς το περιβάλλον, στην περίπτωση που σπάσει κάποιος λαμπτήρας ενδέχεται να μολυνθεί το νερό έρματος. Τέλος, η παραγωγή υπεριώδους ακτίνας απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας. [22], [25]



Εικόνα 4.11: Ενδεικτική αποτύπωση μονάδας παραγωγής UV και ονοματολογία μερών

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [16]

Εγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας έρματος που κάνει χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας σε συνδυασμό βέβαια με διήθηση είναι το σύστημα της «Glo en Patrol», καθώς και της «Alfa Laval».



Εικόνα 4.12: Σύστημα επεξεργασίας Glo en Patrol

Πηγή: <https://www.nafsgreen.gr/sea-tech/ballast/3339-gloen-patrol-all-the-developments-of-the-ballast-water-management-system-of-panasia.html>



Εικόνα 4.13: Σύστημα επεξεργασίας Alfa laval

Πηγή: <https://www.marinelink.com/news/pureballast-introduces430278>

4.4.7 Διαχωρισμός μέσω μαγνητικού ηλεκτρο-ιονισμού (Electro-ionization magnetic separation)

Στη μέθοδο αυτή προστίθενται πηκτικές ουσίες και μαγνητική σκόνη και με διαδικασία ανάδευσης του νερού οι οργανισμοί ή ουσίες που παγιδεύονται στερεοποιούνται σε μαγνητικές μάζες (magnetic flocs) μεγέθους περίπου 1 mm. Στη συνέχεια, οι μάζες μπορούν να συλλεχθούν από μαγνητικούς δίσκους (magnetic discs) σε συσκευή μαγνητικού διαχωριστή (magnetic separator).^[9]

Ένα σύστημα επεξεργασίας που αναπτύχθηκε, το οποίο είχε σαν αρχή λειτουργίας μαγνητικό ηλεκτρο-ιονισμό χρησιμοποιούσε υπεραγωγίμο μαγνήτη, ώστε να καθαρίζει το έρμα. Το σύστημα ήταν σε θέση να διαχειρίζεται 100 m³/ημέρα και βρέθηκε ότι μπορούσε να αφαιρέσει περισσότερο από 92% φυτοπλαγκτόν.^{[22], [26]}

4.5. Χημικός διαχωρισμός

4.5.1. Χλωρίωση

Το χλώριο είναι ένας αρκετά οξειδωτικός παράγοντας. Τα κύρια απολυμαντικά είδη με βάση το χλώριο είναι το υποχλωριώδες οξύ και οι χλωραμίνες. Η αποτελεσματικότητά του ως απολυμαντικό εξαρτάται από την αλατότητα του νερού, την οξύτητα, τη θερμοκρασία, τα υπολείμματα χλωρίου, τον χρόνο αντίδρασης και από τους ίδιους τους οργανισμούς.^[22]

Το χλώριο μπορεί να διαδοθεί μέσω χλωριωτή, ο οποίος μπορεί εύκολα να εγκατασταθεί στη δεξαμενή έρματος. Υπολείμματα χλωρίου μπορούν να αφαιρεθούν/αντιμετωπιστούν χρησιμοποιώντας διοξείδιο του θείου (SO₂), με το οποίο παράγει αντίδραση και σχηματίζει ιόντα χλωρίου. Αυτό αναφέρεται, διότι, δε συνίστανται οι μεγάλες συγκεντρώσεις χλωρίου, καθώς ενδέχεται να παραχθεί μεθάνιο. Επομένως, προτείνεται η χρήση χλωρίου σε μικρές συγκεντρώσεις και μάλιστα μόνο 20 mg/L αρκούν για να εξουδετερώσουν σχεδόν όλα τα βακτήρια στο θαλασσινό νερό.^{[8],[20]}

Οι συγκεντρώσεις που απαιτούνται για φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν εξαρτώνται από το είδος και κυμαίνονται στο εύρος 5–100 mg/L. Έρευνα που διεξήχθη για την αποτελεσματικότητα του χλωρίου σημείωσε ποσοστό θνησιμότητας σε φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν 76,4%.^[4]

4.5.2. Διοξείδιο του χλωρίου

Το διοξείδιο του χλωρίου είναι ισχυρό απολυμαντικό που μπορεί να παραχθεί στο πλοίο. Η αρχή λειτουργίας του είναι όμοια με αυτή της χλωρίωσης, δηλαδή διαλύεται μέσα στο νερό κι εξαλείφει βακτήρια και μικροοργανισμούς. Σε αντίθεση όμως με τη χλωρίωση δεν απαιτεί προσθήκη άλλων χημικών ουσιών για την εξάλειψη υπολειμμάτων, καθώς σε διάστημα 24 ωρών αυτοεξουδετερώνεται.

Τα αποτελέσματα των ερευνών που έγιναν πάνω στο διοξείδιο του χλωρίου με στόχο τις κύστες των ειδών *Alexandrium catenella* και *Gymnodinium catenatum* έδειξαν ποσοστό θνησιμότητας 97% και για τους δύο μικροοργανισμούς. ^[20]

Σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το κόστος χρήσης του και κυρίως το γεγονός ότι παράγει τοξικά υποπροϊόντα, αρκετά επιβλαβή για το περιβάλλον. ^[16]

4.5.3. Υποχλωριώδες βιοκτόνο

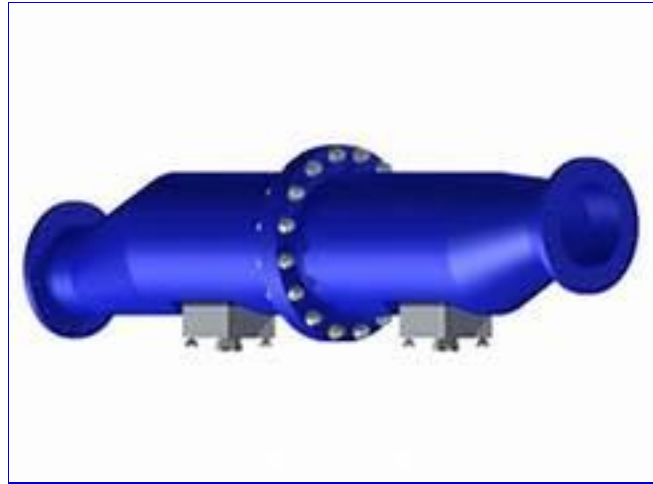
Ο έλεγχος τοξικότητας του βιοκτόνου διεξήχθη με ποικιλία οργανισμών, οι οποίοι ήταν παρόντες σε ίζημα δεξαμενής έρματος. Παρατηρήθηκε πως η εξουδετέρωση των περισσότερων μικροοργανισμών και ενήλικων οργανισμών επήλθε με συνολικά υπολείμματα χλωρίου (total residual chlorine, TRC) της τάξης των 10 ppm. ^[27]

Εξετάστηκε, επίσης, η αποτελεσματικότητα του υποχλωριώδους νατρίου και βρέθηκε ότι τα βακτήρια και φυτοπλαγκτόν μπορούσαν αξιόπιστα να εξαλειφθούν. Το ζωοπλαγκτόν *Artemia salina* αδρανοποιήθηκε με δοσολογία των 2 mg/L υποχλωριώδους νατρίου. Άλλες δοκιμές πάνω σε φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν έδειξαν ότι στο τέλος του ταξιδιού ενός πλοίου μεταφοράς χύδην, η θνησιμότητα κυμαινόταν σε εύρος 96–99% και 75–100% αντίστοιχα για το κάθε είδος. ^[28]

4.5.4. Ηλεκτρόλυση (Electrolytic chlorine generation)

Η μέθοδος της ηλεκτρόλυσης χρησιμοποιείται σε νερά στα οποία υπάρχουν ιόντα χλωρίου, και επομένως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για θαλασσινό νερό. Για περισσότερο από 25 χρόνια η παραγωγή υποχλωριώδους νατρίου επιτυγχάνεται μέσω της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος στο διάλυμα. Το ηλεκτρολυτικό κελί περιλαμβάνει άνοδο και κάθοδο από σωλήνα τιτανίου χωρίς ραφή. Η επιφάνεια του ανοδίου επικαλύπτεται με ρουθίνιο, ιρίδιο και πιο πρόσφατα άρχισε να χρησιμοποιείται και το διαμάντι. Η μέθοδος εξαρτάται άμεσα από την αλατότητα του νερού. Αν το νερό είναι γλυκό η αντίδραση με το υποχλωριώδες νάτριο δεν μπορεί να επιτευχθεί. Επιπλέον, μετά την επεξεργασία το όξινο νερό πρέπει να αναμειχθεί με αδρανοποιητικό παράγοντα για να επανέλθει το pH του στα φυσιολογικά και θεμιτά επίπεδα. ^[22]

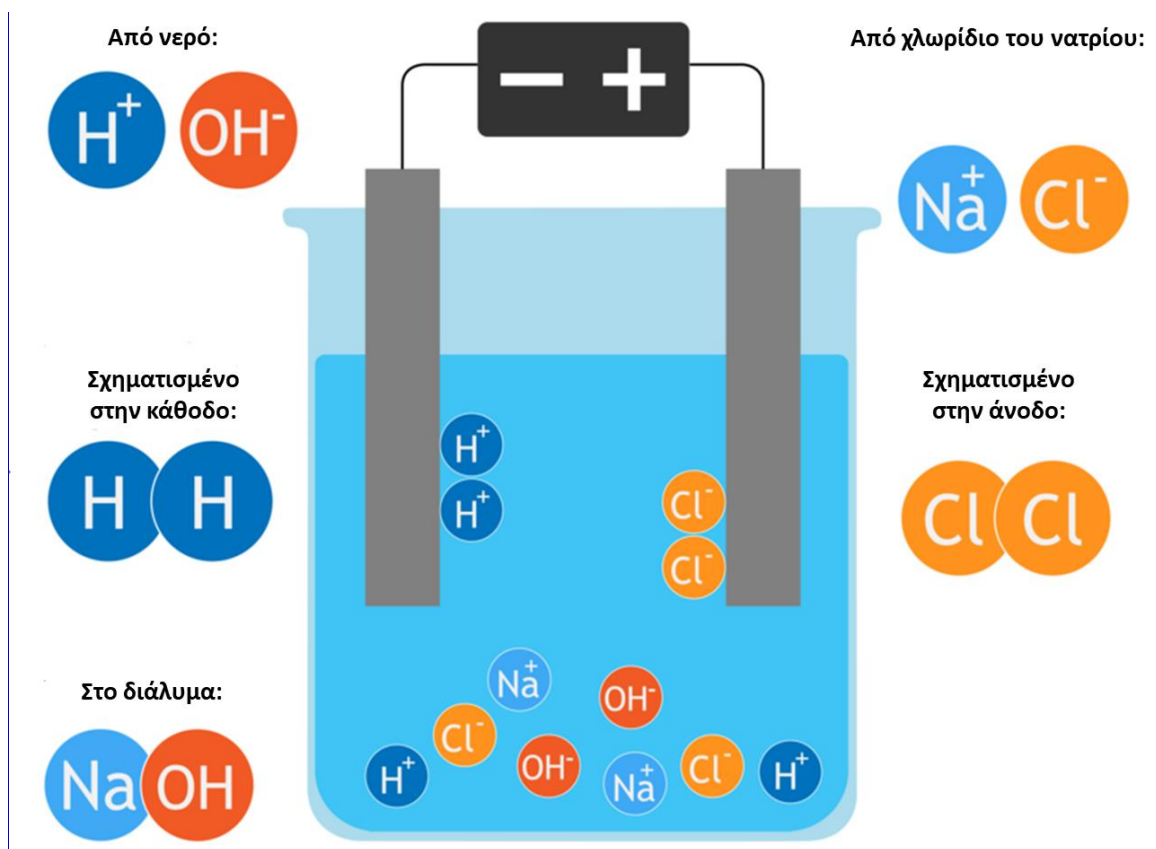
Το ηλεκτρολυτικό κελί όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.5. έχει την ακόλουθη μορφή:



Εικόνα 4.15: Ηλεκτρολυτικό κελί

Πηγή: <https://hansbuch.dk/marine/ballast-water/ballast-water-treatment-system>

Μελέτες που έγιναν χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια είτε από διαμάντι είτε από τιτάνιο έδειξαν ποσοστά θνησιμότητας για σχεδόν όλους τους μικροοργανισμούς περίπου 99%. Το ζωοπλαγκτόν *Artemia salina* σε δοκιμές πειράματος, όταν εκτέθηκε σε ηλεκτρόλυση εμφάνισε 95% ποσοστό θνησιμότητας.^[29]



Εικόνα 4.16: Διαδικασία ηλεκτρόλυσης

4.5.5. Βιοκτόνο Peraclean

Το Peraclean ή Peraclean Ocean αποτελεί διάλυμα βιοκτόνου και χρησιμοποιείται για απολύμανση. Το βασικό συστατικό του προϊόντος Peraclean είναι το υπεροξυοξικό οξύ (peroxyacetic acid), με δευτερεύον δραστικό συστατικό το υπεροξείδιο του υδρογόνου (hydrogen peroxide) του οποίου η δράση δεν θεωρείται ως ισχυρή βιοκτόνα.

Μπορεί να βρει χρήση και εφαρμογή σε διαφόρων ειδών περιοχές και επιφάνειες με σκοπό τον περιορισμό ή/και αδρανοποίηση βακτηρίων όπως τα *E.coli*, *Staphylococcus*, *Aureus* (MRSA), *Salmonella entetica*, *Listeria* and *Cholera*. Λόγω της ταχείας δράσης του μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική επιλογή έναντι του χλωρίου, του διοξειδίου του χλωρίου, του όζοντος και της τεχνολογίας υπεριώδους ακτινοβολίας. Δεν προκαλεί διάβρωση στον ανοξείδωτο χάλυβα και δεν παράγει «παραμένοντα» υποπροϊόντα, καθώς είναι βιοδιασπώμενα σε χρονικό διάστημα των 2–6 εβδομάδων. ^{[22], [30]}

Μελέτες έδειξαν πλήρη αφανισμό μικροοργανισμών με τη δοσολογία των 400 ppm του Peraclean Ocean. Σε συνθήκες ταξιδιού σχετικά πειράματα που έλαβαν χώρα σε πλοίο παρουσίασαν 99–100% επιτυχία στην απομάκρυνση φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν και βακτηρίων με 200 ppm. ^[31]

Γενικότερα, όταν εξετάστηκε η αποτελεσματικότητά του στο ενδεικτικό ζωοπλαγκτόν *artemia* (*Artemia* Testing standard) βρέθηκε ότι η προσθήκη των 50–350 ppm σε χρόνο έκθεσης 2–72 h μπορούσε να επιτύχει μέχρι και 100% ποσοστό θνησιμότητας. Επιπρόσθετα σε δοσολογία των 100 ppm βλαστικά δινομαστιγωτά μπορούσαν να εξουδετερωθούν. ^{[22], [30]}

4.5.6. Βιοκτόνο Sea Kleen



Εικόνα 4.17: Μονάδα Sea Kleen

Πηγή: <https://www.architectureanddesign.com.au/suppliers/ozzi-kleen/ocean-kleen-marine-waste-water-systems-from-ozzi-k>

Το βιοκτόνο Sea Kleen αποτελεί μείγμα ναφθοκινόνης, μεναδιόνης (βιταμίνη K3) και θειικού άλατος. Όταν μελετήθηκε βρέθηκε πως ήταν εξαιρετικά αποτελεσματικό έναντι οργανισμών φρέσκου νερού. Με δόση 2 ppm εξουδετέρωσε φυτικά μικροφύκη και με δόση 6 ppm και

10 ppm μπορούσε να ελέγξει τις κύστες των *dinoflagellates* *Gymnodinium catenatum* και *Protoceratium reticulatum* αντίστοιχα σε χρόνο έκθεσης 2 εβδομάδων. Ωστόσο, δεν ήταν δυνατόν να αδρανοποιήσει τις κύστες των *Alexandrium catenella*. Οι μελέτες τελικά έφτασαν στο συμπέρασμα ότι το βιοκτόνο μπορούσε να είναι αποτελεσματικό σε μικρές δόσεις, χωρίς συνδυασμό άλλης μεθόδου επεξεργασίας.^[31, 32]

4.5.7. Acrolein

Έχει αποδειχθεί, ότι η τεχνολογία Acrolein συνιστά αποτελεσματικό βιοκτόνο ενάντια σε βακτήρια, φύκια κι άλλους μικροοργανισμούς. Μελετήθηκε η αποτελεσματικότητά του για διάφορους θαλάσσιους μικροοργανισμούς στη δοσολογία 1–3 ppm κι έδωσε θετικά αποτελέσματα. Όταν χορηγήθηκε δοσολογία των 9 ppm για 2 ημέρες η απενεργοποίηση των οργανισμών βρέθηκε 99,9% και όταν αυξήθηκε στα 15 ppm τα επίπεδα αδρανοποίησης διατηρήθηκαν στο 99,9% για 3 ημέρες. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι όταν διατηρήθηκαν τα υπολείματα Acrolein σε συγκέντρωση ≥ 2 ppm, ο ρυθμός ανάπτυξης των οργανισμών ελαχιστοποιούνταν. Η τεχνολογία Acrolein μπορεί με ασφάλεια να διοχετευθεί στο περιβάλλον και επιπροσθέτως αποτελεί οικονομική λύση.^[33]

4.5.8. Οζον (Ozonation)

Το όζον είναι ασταθής αλλά ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας έχοντας την ικανότητα να εξουδετερώνει τους περισσότερους οργανισμούς όταν αναφερόμαστε στη διαχείριση και στον καθαρισμό νερού. Παρατηρήθηκε ότι σε χρόνο έκθεσης 5–10 h σε όζον το φυτοπλαγκτόν, το ζωοπλαγκτόν και τα βακτήρια συνάντησαν 71–99% ποσοστό θνησιμότητας. Το όζον, επίσης, αφήνει υπολείματα, τα οποία όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις των 2–5 mg/L μπορούν σε συνδυασμό με την αρχική διαδικασία επεξεργασίας με όζον να απομακρύνουν σχεδόν κάθε είδους θαλάσσιου οργανισμού.^{[22], [34]}

Η χρήση όζοντος είναι αδιαμφισβήτητα αποτελεσματική, παρουσιάζει ευκολία στην εγκατάσταση και στη διαχείρισή της, δεν είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και δεν προκαλεί πτώση της πίεσης.^[23]

Όταν συγκρίθηκε με άλλες μεθόδους βρέθηκε ότι ήταν τόσο αποδοτική όσο και η ανταλλαγή νερού. Ωστόσο, η δράση του όζοντος σε γλυκό νερό δεν είναι ίδια με τη δράση του σε θαλασσινό. Το όζον δεν εξαρτάται από την αλατότητα, αλλά επηρεάζεται από την ύπαρξη βρωμιδίου και ιόντων χλωρίου στο θαλασσινό νερό με τα οποία αντιδρά και σχηματίζει διαβρωτικές ουσίες, οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά τους σωλήνες και τη δεξαμενή έρματος. Έπειτα, σε συνδυασμό με το φαινόμενο της διάβρωσης αν υπάρξει ατυχές συμβάν διαρροής ελλοχεύουν σοβαροί κίνδυνοι ασφάλειας, καθώς το όζον είναι τοξικό προς τους ανθρώπους. Τέλος, η διαχείριση με χρήση όζοντος είναι δαπανηρή και το σύστημα λειτουργίας της καταναλώνει πολύ χώρο. Οι παράγοντες αυτοί καθιστούν τη μέθοδο αυτή μη θεμιτή για διαχείριση, τουλάχιστον όχι μόνη της.^[34]

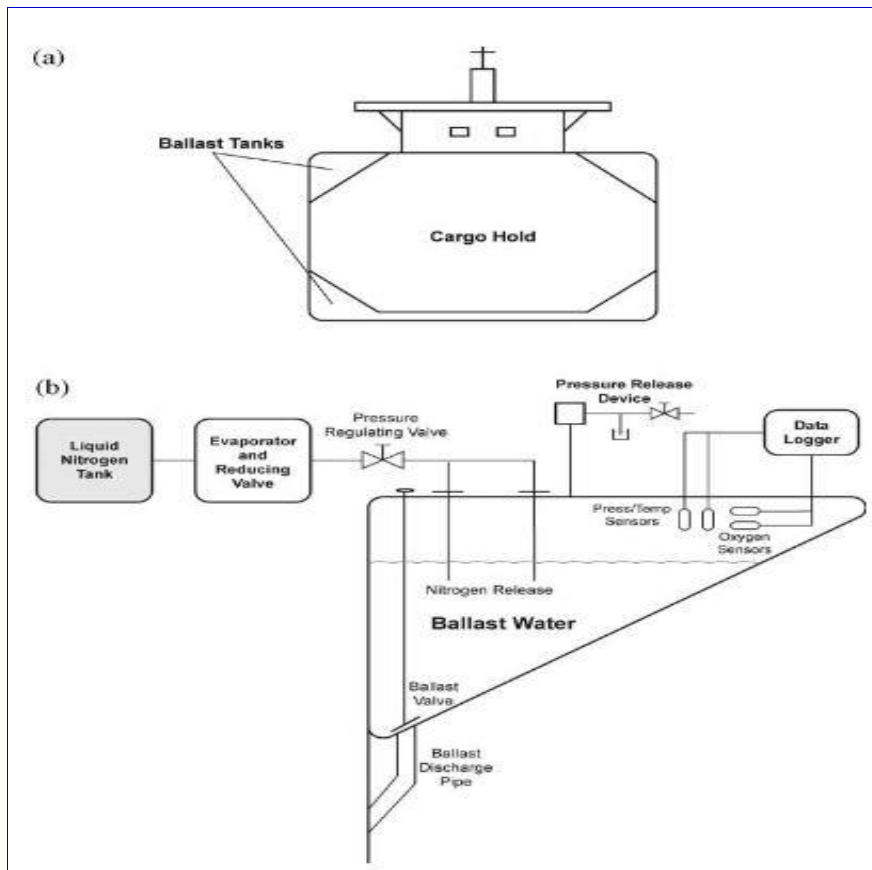


Εικόνα 4.18: Μηχανισμός παραγωγής όζοντος

Πηγή: <https://www.slideserve.com/Mercy/optimarin-as>

4.5.9. Αποξυγόνωση (De-oxygenation)

Η διαδικασία αποξυγόνωσης λειτουργεί με διοχέτευση αζώτου και άλλων αδρανών αερίων, ώστε να μειωθεί το οξυγόνο. Η εισαγωγή χημικών ή αναγωγικών παραγόντων με τη χρήση θαλάμου δημιουργίας κενού μπορεί, επίσης, να προκαλέσει αποξυγόνωση. Τα χημικά ενδέχεται να προτιμώνται, καθώς μπορούν να επηρεάσουν τη θερμοκρασία και το pH του νερού στα δικά μας επιθυμητά επίπεδα. Η έλλειψη οξυγόνου προκαλεί το θάνατο ψαριών, προνυμφών και αερόβιων βακτηρίων. Κατά συνέπεια, οργανισμοί που δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για την επιβίωσή τους είναι δυνατόν να καταλήξουν ανθεκτικοί στη μέθοδο. ^[16]



Εικόνα 4.19: Ενδεικτική αποτύπωση λειτουργίας αποξυγόνωσης

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320701001446>

Μελέτες έδειξαν ότι τα ποσοστά θνησιμότητας ζωοπλαγκτόν και φυτοπλαγκτόν με χρήση της μεθόδου ήταν 99% και 90%, αντίστοιχα και ότι ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αφαίρεση δινοπλαγγικών και κύστεων. Εκτός των οργανισμών, οξυγόνο χρειάζεται και το φαινόμενο της διάβρωσης και εφόσον η δεξαμενή έρματος που έχει υποστεί αποξυγόνωση μένει σφραγισμένη λειτουργεί σαν προστασία ενάντια αυτού του φαινομένου. [35]

Η αποξυγόνωση έχει παρατηρηθεί ότι δεν είναι αποτελεσματική έναντι αναερόβιων βακτηρίων. Η ύπαρξη αυτών σε συνδυασμό με την κατάσταση του νερού λόγω της μεθόδου προκαλούν την παραγωγή αερίων όπως μεθάνιο και υδρόθειο, δημιουργώντας έτσι τοξικό περιβάλλον. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας αλλά και απαιτούμενου χρόνου. Ενδέχεται να χρειαστεί η πάροδος μέχρι και 4 ημερών για ολική ή τουλάχιστον ικανοποιητική αδρανοποίηση των οργανισμών, επομένως προτείνεται πρωτίστως σε πλοία που εκτελούν μακροπρόθεσμα ταξίδια. [4], [16]

Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

5.1 Αξιολόγηση μεθόδων

Αρχικά χρειάζεται να γίνει η εξής παρατήρηση, η οποία θα αποτελέσει σημείο αναφοράς για οποιοδήποτε συμπέρασμα προκύψει: Δεν υπάρχει τέλεια μέθοδος ή τέλειο σύστημα επεξεργασίας νερού έρματος.

Αναμφισβήτητα, υπάρχουν μέθοδοι και συστήματα που έχουν πιο επιθυμητά αποτελέσματα έναντι άλλων. Όπως αναφέρθηκε, μία μέθοδος μπορεί να απευθύνεται κατάλληλα σε βακτήρια, αλλά όχι τόσο σε ζωοπλακτόν ή άλλη που να ειδικεύεται στην απομάκρυνση του φυτοπλακτόν αλλά να μην είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για μικροοργανισμούς συσσωρευμένους στο ίζημα της δεξαμενής κ.λπ.

Γι' αυτόν το λόγο χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον συνδυασμοί μεθόδων που εκμεταλλεύονται η μία τις δυνατότητες και τις αδυναμίες της άλλης. Τα περισσότερα πλοία σήμερα δουλεύουν με τέτοια συστήματα. Ο μηχανικός διαχωρισμός είναι αρκετά σημαντικός (δηλαδή διήθηση και χρήση υδροκυκλώνων), διότι επιτυγχάνει να αφαιρέσει αποτελεσματικά τους μεγαλύτερου μεγέθους οργανισμούς, ώστε να επιτρέψει στη δευτερεύουσα διαδικασία επεξεργασίας να ολοκληρώσει την εξουδετέρωση ή την αφαίρεση των μικροοργανισμών. ^[36]

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο συνδυασμός της διήθησης και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η υπεριώδης ακτινοβολία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των οργανισμών, δηλαδή όσο πιο μεγάλος, τόσο πιο δύσκολα θα εξουδετερωθεί-αδρανοποιηθεί. Αν όμως έχει προηγηθεί η λειτουργία της διήθησης που συμβάλλει στην συγκεκριμένη αδυναμία, τότε η απόδοση μεγιστοποιείται ή τουλάχιστον αυξάνεται και το αποτέλεσμα είναι αισθητά καλύτερο.

Ορισμένα παραδείγματα συνδυασμού μεθόδων που έχουν βρεθεί είτε από πειραματικές έρευνες, είτε αποτελούν αυτή τη στιγμή εγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας έρματος είναι τα εξής: ^{[30], [32], [37]}

- a) UV + οξειδωτικοί παράγοντες
Διήθηση και UV αποτελεί ήδη αποδεδειγμένα αποτελεσματικό συνδυασμό. Η προσθήκη οξειδωτικών παραγόντων όπως π.χ. όζον βελτιώνει την απόδοση της διαχείρισης.
- b) Διήθηση + μαγνητικός διαχωρισμός
Ο συνδυασμός μπορεί να απομακρύνει παραπάνω από το 90 % των σωματιδίων εντός του διαχειριζόμενου νερού εντός πέντε λεπτών. Πιο συγκεκριμένη έρευνα πάνω σε μικροοργανισμούς αυτή τη φορά απομάκρυνε το 96% αυτών.

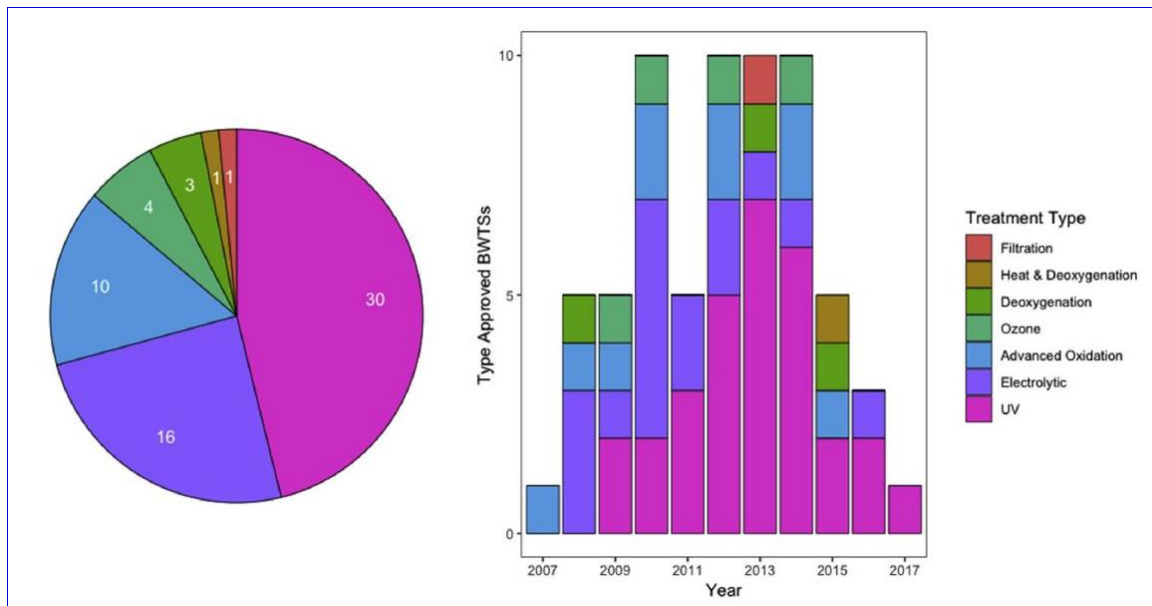
- c) Διήθηση + βαρυτικός διαχωρισμός + Peraclean Ocean
Η αποτελεσματικότητα στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών που βρέθηκε με δόση 150 ppm του Peraclean αποδείχθηκε ότι ήταν παραπάνω από 98%.
- d) Υπέρηχοι + ηλεκτροχημική μέθοδος + όζον
Παρουσιάστηκε σε έρευνες ότι έχουν ποσοστό θνησιμότητας 95–98% του *A.salina* και 100% σε βακτήρια.
- e) Διήθηση + μέθοδος σπηλαιώσης + υπέρηχοι
Ο συνδυασμός της σπηλαιώσης με υπέρηχους σε συχνότητες των 500–1000 KHz μπορεί να πετύχει πλήρη αδρανοποίηση.

Οι τεχνολογίες σχετικά με BWMS αποτελούν ακόμα εξελισσόμενο τομέα. Συνεχώς σχεδιάζονται και προτείνονται νέες ιδέες, όπως η χρήση ηλεκτρικών πεδίων που δίνει υποσχόμενα αποτελέσματα. Άλλες συστάσεις μπορεί να μην γίνονται πάνω σε καινούργια πεδία αλλά σε βελτίωση και τελειοποίηση των ήδη υπαρχόντων. Για παράδειγμα, η μέθοδος της διήθησης, η οποία εξαρτάται από παράγοντες όπως αλατότητα, θερμοκρασία, ροή νερού, κραδασμοί και άλλα. Έχει προταθεί, ότι εφόσον η πλειονότητα των συστημάτων χρησιμοποιεί τουλάχιστον εν μέρει τη μέθοδο της διήθησης, να γίνουν προσπάθειες δημιουργίας τεχνικής, η οποία θα προηγείται της διήθησης (και κατ' επέκταση και οποιονδήποτε άλλων μεθόδων, αφού το φίλτρο ή το πλέγμα φίλτρου είναι το πρώτο που υποδέχεται το νερό προς έρμα από τις αντλίες) και θα αναιρεί ή θα εξομαλύνει αυτούς τους παράγοντες. ^[38]

Να σημειωθεί ακόμη μια φορά, ότι οι εγκρίσεις των συστημάτων γίνονται πάντα με μέριμνα προς το περιβάλλον. Για παράδειγμα, τα χημικά βιοκτόνα σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορούν να προσφέρουν πράγματι μέχρι και 100% αδρανοποίηση των οργανισμών, αλλά παράγοντας παράλληλα πολλά τοξικά κατάλοιπα που θα θέσουν σε κίνδυνο τους θαλάσσιους οργανισμούς κατά τον αφερματισμό. Επομένως, έχει συμφωνηθεί ότι δεν πρέπει να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα με τη γέννηση ενός νέου.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι μόνον ένας παράγοντας, που πρέπει να σκεφτεί ένας πλοιοκτήτης ή οποιοσδήποτε με σχετικά ενδιαφέροντα, που πρόκειται ή σκέφτεται να εγκαταστήσει ένα συστήματος επεξεργασίας.

Πρόσφατη έρευνα που έγινε το 2017 χρησιμοποίησε ως δεδομένα τα συστήματα επεξεργασίας έρματος που έχουν πάρει έγκριση είτε από IMO είτε από την Αρχή του Κράτους, και την εμφάνιση και χρήση αυτών την τελευταία δεκαετία. Τα δεδομένα πιο αναλυτικά ήταν το όνομα του συστήματος, η χρήση ή όχι δραστικών ουσιών, τότε εγκρίθηκε από τον IMO, το όνομα της εταιρείας και της αντίστοιχης χώρας, τη μέθοδο ή τον συνδυασμό μεθόδων που χρησιμοποιεί το σύστημα, τον κατασκευαστή και την κατανάλωση ισχύος. Τα αποτελέσματα της έρευνας παρατίθενται στην Εικόνα 5.1. ^[39]



Εικόνα 5.1: Αποτελέσματα έρευνας αξιολόγησης μεθόδων

Πηγή: Βιβλιογραφική αναφορά [39]

Η έρευνα περιλαμβάνει 65 συστήματα με Πιστοποιητικό Αποδοχής (TAC) και δεν εμπεριέχει αναβαθμίσεις ενός συστήματος, αλλά παρουσιάζει τις νέες εκδόσεις αυτών. Για παράδειγμα, τα συστήματα της Alfa Laval, PureBallast 1.0, PureBallast 2.0, PureBallast 3.0 θεωρούνται όλα ανεξάρτητα μεταξύ τους και παρατίθενται ξεχωριστά, αλλά οι αναβαθμίσεις PureBallast 3.1, PureBallast 3.2 δεν συμπεριλαμβάνονται.

Πιο συγκεκριμένα, το διάγραμμα παρουσιάζει τις τεχνολογίες που αναπτύσσονταν ετησίως από το 2007 μέχρι το 2017 αλλά όχι ποιες ήταν οι προτιμότερες ή αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Από τα 65 εγκεκριμένα συστήματα κατά τη δεκαετία αυτή παρατηρήθηκε ότι τα 30 ήταν με χρήση (εν μέρει) τεχνολογίας υπεριώδους ακτινοβολίας, περιλαμβάνοντας το 46% του συνόλου και έπειτα με ποσοστό 25% την τεχνολογία με ηλεκτρόλυση.

Η ίδια μελέτη επιβεβαίωσε την ενδεχόμενη προτίμηση που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του διαγράμματος με καταγραφή των εισαχθέντων πλοίων στην Αυστραλία και στην Αμερική. Τα πλοία στο διάστημα ενός έτους από το 2016 μέχρι το 2017 που έφταναν στα λιμάνια της Αυστραλίας κι έκαναν χρήση BWMS ήταν στην αρχή του διαστήματος 114 και στο τέλος 200. Αντίστοιχα, στα λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών ήταν 293 το 2016 και 571 το 2017. Τα συστήματα που χρησιμοποιούσαν τα περισσότερα πλοία ήταν πράγματι με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας και ηλεκτρόλυσης.^[39]

Σε γενικότερα πλαίσια, τα πλοία που χρησιμοποιούσαν BWMS σε σχέση με αυτών που δεν είχαν κάποιο σύστημα εγκατεστημένο, μιλώντας πάλι για το ίδιο διάστημα, 2016–2017, ήταν 11–14% για την Αυστραλία και 9,2%–17% για την Αμερική.

Αξιοσημείωτο, επίσης, είναι και το γεγονός της ραγδαίας αύξησης των πλοίων που έκαναν εγκατάσταση BWMS σε αυτό το διάστημα, δείχνοντας έτσι τη συμβολή της Σύμβασης του

IMO σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, οι ποσοστιαίες συγκρίσεις παρουσιάζουν το έργο που απαιτείται να γίνει ακόμα, προκειμένου να φτάσουν οι συνθήκες σε επιθυμητά επίπεδα.

Επίσης, υπολογίζεται ότι σύμφωνα με τους χρονικούς περιορισμούς που έθεσε η Σύμβαση το 2017, σχετικά με την εγκατάσταση ενός BWMS και κυριότερα η εγκατάσταση ενός BWMS ανάλογα με την ημερομηνία επιθεώρησης όπως προαναφέρθηκε, η μεγάλη πλειονότητα των πλοίων –προς το παρόν– δεν έχει εγκαταστήσει ακόμα BWMS. Αυτό αιτιολογείται, διότι όταν τέθηκε σε διεθνή ισχύ η Σύμβαση, το επίπεδο γνώσης πάνω στο θέμα των συστημάτων ήταν ακόμη σε χαμηλά επίπεδα κι επομένως αρκετοί πλοιοκτήτες δεν ήξεραν ποιο σύστημα ήταν καλύτερο ή ποιο συνέφερε περισσότερο. Συνεπώς, επίσπευσαν την ημερομηνία επιθεώρησης πριν τις 8 Σεπτεμβρίου του 2017, διαθέτοντας έτσι ένα διάστημα, των πέντε ετών, για να καταλήξουν σε ποιο σύστημα διαχείρισης έρματος ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα τους. Κατά συνέπεια, μεγάλο κύμα αγορών, παραγγελιών, κατασκευών και εγκαταστάσεων BWMS αναμένεται κατά το έτος 2022.

Το γεγονός ότι η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε στην Αμερική και στην Αυστραλία δεν θα έπρεπε να θεωρηθεί ότι δεν σχετίζεται με τον υπόλοιπο κόσμο ή ότι τα πλοία σε άλλες θάλασσες λειτουργούν με άλλες αρχές. Είναι αλήθεια ότι η Αμερική δεν ανήκει στα Κράτη-Μέλη του IMO αλλά ακολουθεί το σύστημα που ορίζει το USCG, όμως στα δεδομένα διαχείρισης έρματος και πιο συγκεκριμένα στα δεδομένα του D2, οι δύο οργανισμοί λειτουργούν με ίδιες αρχές και όμοιο σεβασμό προς το περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, το USCG ορίζει ότι πλοία εμπορικής φύσης που πρόκειται να πλεύσουν σε Αμερικάνικα ύδατα, με BWMS εγκεκριμένο από άλλες χώρες, πρέπει πρώτα να αιτηθεί για πιστοποιητικό AMS (Alternate Management System), το οποίο θα είναι σε ισχύ για πέντε χρόνια από την περίοδο αίτησης. Ενδιάμεσα, είναι υποχρεωτικό να γίνει αίτηση για TAC από το USCG. Η διαδικασία αυτή απαιτεί γενικά τρία χρόνια. Για BWMS που δεν έχουν εγκριθεί από άλλες χώρες αλλά είναι εγκεκριμένα από USCG, η εγκατάστασή τους επί του πλοίου είναι επιτρεπτή, χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί από το πρότυπο που ορίζει ο κανονισμός D2 του IMO. ^[12]

Σε γενικότερα πλαίσια, οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αυστηρότερα κριτήρια συγκριτικά με τον κανονισμό G8 του IMO, ο οποίος όπως αναφέρθηκε είναι αρμόδιος για την έγκριση συστημάτων διαχείρισης έρματος. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά με τα ευρήματα που παρατέθηκαν, υπάρχει μεγάλη διαφορά στην έγκριση συστημάτων με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας από τους δύο οργανισμούς. Η διαφορά αυτή έγκειται στον τρόπο εξέτασης της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας, αλλά είναι και θέμα οπτικής γωνίας κάθε πλευράς.

Το USCG εξετάζει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου διενεργώντας συγκεκριμένο τεστ που λειτουργεί με βάση τον αριθμό των εναπομεινάντων οργανισμών μετά την επεξεργασία.

Αντίθετα, ο IMO εξετάζει τη μέθοδο βλέποντας αν οι οργανισμοί μετά την επεξεργασία είναι βιώσιμοι ή όχι. Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, η ικανότητα ενός οργανισμού να καταστήσει το είδος του ως AIS εξαρτάται μεταξύ άλλων παραγόντων από την ικανότητά του στο να αναπαραχθεί, πράγμα το οποίο επιτυγχάνει και επιταχύνει η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία. Κάποιοι ισχυρίζονται, μάλιστα, ότι θα μπορούσε να

θεωρηθεί ως εναλλακτικός στόχος της επεξεργασίας των συστημάτων (αντί της αδρανοποίησης– απομάκρυνσης–θανάτου των οργανισμών). Κατά τον IMO επομένως, αν ο οργανισμός δεν είναι σε θέση να αναπαραχθεί, τότε ο οργανισμός δεν αποτελεί απειλή.

Η διαφορά στο θάνατο ενός οργανισμού και την ικανότητα να αναπαραχθεί είναι ότι απαιτείται 2–3 φορές πιο «ισχυρή» έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στην περίπτωση του θανάτου. Η έκθεση και κατά πόσο θεωρείται ισχυρή εξαρτάται από τη δόση της ακτινοβολίας (radiation intensity) και το χρόνο έκθεσης σε αυτήν.

Συμπερασματικά, η μέθοδος της ακτινοβολίας μπορεί να είναι αυτή τη στιγμή η πιο διαδεδομένη, και τα περισσότερα BWMS που έχουν σχεδιαστεί κάνουν χρήση αυτής. Παρά την εκτενή αναφορά σε αυτήν, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα επεξεργασίας. Πράγματι, τα προτερήματα του συνδυασμού της διήθησης και υπεριώδους ακτινοβολίας που μεταξύ άλλων είναι ότι δεν αφήνει κατάλοιπα, ότι μπορεί να λειτουργεί με ρυθμούς άντλησης ακόμα και παραπάνω από 1000 m³/h και ότι δεν εξαρτάται από την αλατότητα και τη θερμοκρασία, αλλά οι λόγοι για την εγκατάσταση ενός συστήματος επεξεργασίας είναι πιο σύνθετοι.^[40]

Μετά από συνεντεύξεις και συζητήσεις με πλοιοκτήτες σχετικά με τους παράγοντες που λαμβάνουν υπόψη για την εγκατάσταση ενός BWMS, οι απαντήσεις ποικίλουν. Σε γενικότερες κατηγορίες η επιλογή γίνεται με βάση το κόστος, το Πιστοποιητικό Αποδοχής, την αρχή λειτουργίας και εγκατάστασης, την τεχνολογία, τον κατασκευαστή και άλλους λόγους. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι οι εξής:^[39]

- Αρχικό κόστος (εξοπλισμός, συμφωνημένη τιμή με τον κατασκευαστή, χρηματοδότηση)
- Λειτουργικά έξοδα (ανταλλακτικά, προμήθειες, ενέργεια, πλήρωμα, συντήρηση)
- Πιστοποιητικό από IMO
- Πιστοποιητικό από USCG
- Επιπρόσθετες απαιτήσεις και δοκιμές ανάλογα με τη χώρα
- Δαπάνες για τη διασφάλιση λειτουργίας που ισοδυναμούν με 1,5–4 φορές της αρχικής τιμής
- Εκτενής προγραμματισμός πλάνου από 8 έως 12 μήνες
- Διαθεσιμότητα του εξοπλισμού από τον κατασκευαστή, χρόνος αναμονής 12–20 εβδομάδες
- Προετοιμασία της αναμενόμενης εργασίας που θα απαιτηθεί
- Προγραμματισμός χώρου, όγκου, βάρους και συμβατότητας με τα υπόλοιπα συστήματα του πλοίου
- Η τοποθεσία του συστήματος, ώστε να είναι κοντά στις αντλίες έρματος
- Επιλογή της ομάδας που θα αναλάβει τη διαδικασία της εγκατάστασης και ό,τι περιλαμβάνει αυτή
- Χρονικός ορίζοντας για την ολοκλήρωση των εργασιών (12–18 ημέρες)
- Έγκριση τριών τμημάτων: σχεδιασμός, έλεγχος εξοπλισμού, τελική έγκριση
- Παράγοντες σχετικοί με τους λειτουργικούς στόχους του πλοίου και του απαιτούμενου όγκου που πρέπει να διαχειριστεί
- Ενδεχόμενη προτίμηση για συγκεκριμένο σύστημα

- Χρήση δραστικών και χημικών ουσιών
- Κατανάλωση ενέργειας
- Τεχνικές προδιαγραφές και περιορισμοί
- Επίπεδο αυτοματισμού, δυνατότητα αυτο-ελέγχου και ειδοποιήσεις- συναγερμοί
- Πολυπλοκότητα συστήματος και αξιοπιστία
- Ελαχιστοποίηση των διαδικασιών επεξεργασίας και αποδοτικότητα
- Ύπαρξη πλάνου έκτακτης ανάγκης
- Ελαχιστοποίηση των επιπέδων του ρίσκου
- Ενδεχόμενη διάβρωση
- Ασφάλεια του συστήματος και αντοχή έναντι εκρήξεων
- Συνεχής αναζήτηση στην αγορά
- Φήμη και όνομα της εταιρείας
- Καλές και μακροχρόνιες σχέσεις με την εταιρεία
- Ευκολία στην εύρεση ανταλλακτικών, προμήθειες και οποιαδήποτε βοήθεια από τρίτα πρόσωπα
- Περίοδοι εγγύησης
- Εκμάθηση της λειτουργίας του συστήματος στο πλήρωμα
- Περιβαλλοντική ασφάλεια
- Απλότητα του συστήματος
- Ευκολία στη χρήση
- Ευκολία στη συντήρηση και στην επισκευή
- Το είδος και η ηλικία του πλοίου
- Σχεδιαστικοί παράγοντες (π.χ. υγρασία στα εσωτερικά συστήματα του πλοίου)
- Ελαττωματική εγκατάσταση (π.χ. σύστημα σωληνώσεων)
- Τυχόν ηλεκτρικές βλάβες και βλάβες αυτοματισμού
- Λανθασμένη ενοποίηση του BWMS με τα λοιπά συστήματα του πλοίου
- Ο αριθμός των υπερβολών που σχετίζονται με την εγκατάσταση
- Ανυπαρξία δοκιμής μετά την εγκατάσταση για την επιβεβαίωση βιολογικής αποδοτικότητας
- Περαιτέρω έξοδα για επαρκή ενοποίηση και αυτοματισμό, που να είναι συμβατός με τα υπόλοιπα συστήματα του πλοίου.

Ο ισχυρισμός που επικρατεί είναι ότι τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες. Ωστόσο, οι προαναφερθέντες παράγοντες δεν συνοδεύονται από βαθμό προσωπικής σημαντικότητας. Μπορεί για κάποιον το σημαντικότερο πρόβλημα να είναι το οικονομικό, αλλά για άλλον να είναι ο τύπος του Πιστοποιητικού ή οποιοδήποτε άλλο σενάριο.

Ενδεικτικά ένα σύστημα 200 m³/h κυμαίνεται από 20.000 \$ μέχρι 630.000 \$, με μέσο κόστος απόκτησης 291.000 \$, ενώ ένα σύστημα 2000 m³/h κυμαίνεται από 50.000 \$ μέχρι 2.000.000 \$ με μέσο κόστος 892.500 \$. Ακόμη, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης εξαρτάται από τις μεθόδους που χρησιμοποιεί το σύστημα για την επεξεργασία του έρματος, τη πολυπλοκότητα εγκατάστασης, το κόστος των ανταλλακτικών καθώς και του κόστους εκπαίδευσης του πληρώματος. Για τα συστήματα που δεν χρησιμοποιούν χημικά το κόστος

κυμαίνεται από 9.000 \$ μέχρι 18.000 \$ ετησίως, ενώ για συστήματα που κάνουν τέτοια χρήση το κόστος κυμαίνεται από 31.000 \$ έως 296.000 \$ ετησίως. ^{[13], [31]}

Αρκετές έρευνες έχουν διεξαχθεί αναφορικά με την καταλληλότερη επιλογή ενός BWMS. Οι περισσότερες χρησιμοποιούν μοντελοποιημένα προγράμματα, των οποίων η αρχή λειτουργίας είναι να δέχονται ως παραμέτρους (inputs) τους παράγοντες που μας ενδιαφέρουν καθώς και το βαθμό στον οποίο μας ενδιαφέρουν και έπειτα από συγκεκριμένη διαδικασία του προγράμματος να παρουσιάζει τη καταλληλότερη μέθοδο. Πρόκειται για πολυκριτηριακές μεθόδους ή αλλιώς MCDA/MCDM (Multi-Criteria Decision Analysis/Multi-Criteria Decision Making), όπως οι: Analytic hierarchy process, best worst method, value analysis, grey relational analysis, κ.ά. που έχουν στόχο την καταλληλότερη επιλογή μιας απόφασης με πολλαπλά κριτήρια. ^[38]

5.2 Επιπτώσεις των AIS

Οι επιπτώσεις που είναι σε θέση να επιφέρουν τα χωροκατακτητικά είδη ποικίλουν ανάλογα με το οικοσύστημα στο οποίο εισβάλλουν, το είδος των AIS ή άλλους παράγοντες. Η απόρροια ενός εξαπλωμένου είδους μπορεί να έχει τις ακόλουθες μορφές:

- Επιδράσεις στη βιοποικιλότητα

Ανταγωνισμός των ντόπιων κοινοτήτων, αλλοίωση της δομής του οικοσυστήματος και αναδιοργάνωση της τροφικής αλυσίδας, εισαγωγή ασθενειών ή παραγόντων που προκαλούν ασθένειες, αλλοιώσεις του γονιδιώματος.

- Οικονομικές επιπτώσεις

Επιπτώσεις στην παραγωγή υδατοκαλλιέργειας, επιρροές στην αλιεία, φαινόμενο fouling σε συστήματα σωληνώσεων, επιπτώσεις στους τοπικούς πόρους.

- Διακινδύνευση του ανθρώπινου παράγοντα

Εισαγωγή ασθενειών, μεταδιδόμενα στελέχη χολέρας, τοξίνες που παράγονται από φύκια (όπως τα HABS), κρούσματα από περιστατικά με μέδουσες που επηρεάζουν την τοπική κολύμβηση και ανάλογα ατυχήματα με τραυματισμούς από κελύφη.

Το φαινόμενο είναι πλέον τόσο αισθητό, ώστε οι οικονομικές επιπτώσεις να φτάνουν εξαιρετικά μεγάλα μεγέθη, σε σημείο που να επηρεάζεται και η παγκόσμια οικονομία. Υπολογίζεται ότι οι ετήσιες δαπάνες μόνο των Ηνωμένων Πολιτειών από την επιρροή των θαλάσσιων δεισδυτικών ειδών βρίσκονται στα 14,2 δισεκατομμύρια δολάρια. Σαν σύνολο των AIS, δηλαδή και των θαλάσσιων και των άλλων κατηγοριών οι οικονομικές απώλειες για την Αμερική υπολογίζονται στα 1,4 τρισεκατομμύρια δολάρια και μάλιστα το 42% των ζώων και ειδών προς εξαφάνιση οφείλονται στην επιρροή των AIS. ^[3]

Πιο πρόσφατα αντίστοιχα ευρήματα που αφορούν την Ευρώπη φτάνουν τα 12 δισεκατομμύρια ευρώ. Ωστόσο, αυτό το νούμερο αφορά την επίπτωση που προκαλούν τα

AIS οποιουδήποτε είδους. Επομένως, υπολογίζεται ότι το πραγματικό νούμερο που οφείλεται λόγω των θαλάσσιων AIS αντιστοιχεί στο 10–15% αυτού. ^[3]

Επιπλέον, η περιβαλλοντική όχληση που προκαλείται από το φαινόμενο εξαντλεί πραγματικά μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού των ψαριών και οστρακοειδών, με μερικά από αυτά μάλιστα να απειλούνται με εξαφάνιση. Έτσι, βιομηχανίες που ασχολούνται και βασίζονται στην παραγωγή, διανομή και πώληση τέτοιων ψαριών παύουν να έχουν διαθέσιμα προϊόντα προς πώληση και όπως είναι λογικό φτάνουν σε σημείο να κάνουν πρωτίστως περικοπές ή ακόμα και να απολύσουν το προσωπικό τους. Αντιστοίχως, παρόμοια αποτελέσματα μικρότερης κλίμακας βέβαια, παρουσιάζουν και επαγγέλματα όπως διάφορα τουριστικά, καταδύσεις, καθώς και το ψάρεμα. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι το φαινόμενο των AIS δημιουργεί και κοινωνικά προβλήματα. ^[41]

Όσον αφορά στην επιρροή του προβλήματος στον πολιτικό τομέα, όταν υπάρχουν κοινωνικές επιπτώσεις είναι λογικό ότι αυτές θα συνοδεύονται και από πολιτικό χαρακτήρα. Οι κυβερνήσεις καλούνται να αντιμετωπίσουν λοιπόν θέματα όχι μόνο ρύπανσης, αλλά και ανεργίας, πείνας, φτώχειας που προκαλούνται από την εξαφάνιση των ψαριών. Τα μέτρα αντιμετώπισης του κράτους θα έπρεπε να έχουν χαρακτήρα πρόληψης καθώς και πρόβλεψης. ^[11]

Σε ευρεία κλίμακα, συνήθως απαιτούνται χρόνια μέχρι να γίνει γνωστή η ύπαρξη ενός AIS σε ξένα γι' αυτό νερά, δηλαδή να σχηματίσει σταθερή αποικία. Επομένως, αυτή τη στιγμή λόγω της άκριτης αποβολής του έρματος στο παρελθόν ενδέχεται να έχει προκληθεί ζημιά που δεν έχει αναγνωριστεί επισήμως, αλλά να είναι ζήτημα χρόνου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι εισαγωγές άλλων ειδών δεν προκαλούν σημαντική ή αισθητή επίπτωση, αλλά από αυτές που προκαλούν, ο χρόνος αναγνώρισης του φαινομένου αναλογεί στο μέγεθος των επιπτώσεων.

Το πρόβλημα οξύνεται αν δεν δοθεί η δέουσα σημασία από αρμόδιους ειδικούς. Στους ειδικούς κατατάσσονται οι *taxonomic experts*, δηλαδή αυτοί που καλούνται να αναγνωρίσουν ένα είδος ζώου ή οργανισμού και να υποδείξουν σε ποια κατηγορία ανήκει το εκάστοτε είδος. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η προαναφερθείσα μέδουσα *Mnemiopsis leidyi*. Πέρασε τουλάχιστον μία δεκαετία μέχρι να αναγνωριστεί ότι η μέδουσα δεν είναι εγγενής στη Μαύρη Θάλασσα και ότι στη πραγματικότητα δεν είναι ούτε μέδουσα, αλλά αλλόχθονας εισβολέας που έμοιαζε με τις τοπικές μέδουσες.

Συνεπώς, άκρως σημαντική κρίνεται η επίβλεψη των υδάτων και ακτών, ωστόσο η συγκεκριμένη επίβλεψη των αποβολών του έρματος σπάνια λαμβάνει χώρα. Προγράμματα επίβλεψης υδάτων υπάρχουν σήμερα, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις δεν διαθέτουν ακριβείς τρόπους, ώστε να εξεταστεί λεπτομερώς ένα δείγμα νερού. Έτσι, η αναγνώριση αλλόχθονων ειδών μπορεί να συμβεί καθυστερημένα και ανάλογα να καθυστερήσει και τις διαδικασίες αντιμετώπισης. ^[42]

5.3 Horizons Scanning

Πρόσφατη έρευνα που διεξήχθη χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Horizon scanning, ένα πρόγραμμα επίβλεψης και παρακολούθησης υδάτων με στόχο την αναγνώριση και κατηγοριοποίηση των AIS ανάλογα με το μέγεθος της απειλής που προκαλούν, παρουσίασε σημαντικά ευρήματα. Στόχος της έρευνας ήταν τα ύδατα της Ευρώπης. Παράλληλα, το πρόγραμμα έχει επιπρόσθετο στόχο την αναγνώριση των ειδών που είναι πιο πιθανόν να εισβάλλουν, όχι μόνο στα νερά της Ευρώπης αλλά και σε γειτονικά ύδατα. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί η σημαντική συνεισφορά των taxonomic experts για τις κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με τα θαλάσσια είδη και τη λειτουργία του προγράμματος. Η Ευρώπη όσον αφορά τα νερά της θεωρείται ίσως η πιο απειλούμενη περιοχή για πληθώρα λόγων, όπως γεωγραφική θέση, άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ κ.ά. ^[42]

Η έρευνα αρχικά έθιξε την αναγκαιότητα των κινήσεων από μεριάς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η πρόσφατη έκδοση των κανονισμών σχετικά με τους αλλόχθονες οργανισμούς περιλαμβάνει μεταξύ άλλων μία λίστα με AIS που πρέπει να αφορούν τα Μέλη της Ένωσης. Με την εξαίρεση του *Plotosus lineatus* που μάλιστα κατάφερε να μπει στη λίστα ακόμη πιο πρόσφατα (2019), δεν αναφέρει κάποιο άλλο θαλάσσιου είδους AIS. Τονίζεται, βέβαια, πως η λίστα έχει δυναμικό χαρακτήρα και ότι με κατάλληλα κριτήρια και αξιολόγηση ρίσκου, περαιτέρω προσθήκες μπορούν να γίνουν.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος ήταν τα εξής:

Από τα 267 διαφορετικά είδη (taxa) που εντοπίστηκαν, 44 από αυτά δεν έχουν αναφερθεί ακόμη από οποιαδήποτε θάλασσα της Ευρώπης, 67 που βρέθηκαν σε Ευρωπαϊκή θάλασσα αλλά όχι ακόμα σε Ευρωπαϊκά ύδατα (π.χ. είδη που βρέθηκαν στις νότιες και ανατολικές ακτές της Μεσογείου) και από τα υπόλοιπα 156, αναφορές έχουν γίνει από Ευρωπαϊκές χώρες.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του προγράμματος επιλέχθηκαν 26 είδη που θεωρήθηκαν ως «top priority».

- Τα 3 από αυτά τα είδη δεν έχουν εισαχθεί ακόμα αλλά είναι αρκετά πιθανόν να εγκατασταθούν (*Caulerpa serrulata*, *Kappaphycus alvarezii*, *Zostera japonica*).
- Τα 15 από αυτά που επιδέχονται διαδικασίες αντιμετώπισης ώστε να ελεγχθεί η επέκτασή τους (*Didemnum perlucidum*, *Hydroides sanctaecrucis*, *Perna viridis*, *Pterois miles*, *Lagocephalus sceleratus*, *Siganus luridus*, *Siganus rivulatus*, *Chama pacifica*, *Xenostrobus securis*, *Matuta victor*, *Hemigrapsus sanguineus*, *Portunus segnis*, *Spirobranchus kraussii*, *Microcosmus exasperates*, *Herdmania momus*).
- Και 8 είδη που κρίνονται πως δεν υπάρχει εφικτή διαχείριση στον περιορισμό τους (*Codium parvulum*, *Halimeda incrassata*, *Erugosquilla massavensis*, *Penaeus Pulchri Caudatus*, *Charybdis (Goniohellenus) longicollis*, *Pseudodiptomus marinus*, *Amphistegina lobifera*, *Rhopilema nomadica*).

Η ακριβής λίστα, η οποία παρατίθεται ως Παράρτημα, πέρα από τον τρόπο διαχείρισης του κάθε είδους και αν είναι εφικτό αυτό, αναφέρει και τις τοποθεσίες αυτών.

Για την Ελλάδα

Από τα 26 συνολικά είδη που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης, στα Ελληνικά ύδατα βρίσκονται τα 13/26.

Από τα 8 χωροκατακτητικά είδη, των οποίων η επέκταση είναι πλέον αμετάβλητη, σε Ελληνικά ύδατα βρίσκονται τα 5/8.

Σύμφωνα με το GISD (Global Invasive Species Database), η Ελλάδα σήμερα έχει 352 καταγεγραμμένα περιστατικά εισαγωγής αλλόχθονων ειδών.

Η Ελλάδα υπολογίζεται ότι είχε τις περισσότερες «επιθέσεις» τα τελευταία 100 χρόνια, μετά δηλαδή από το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ. Τα περιστατικά δείχνουν να αυξάνονται (για λόγους που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τις επιπτώσεις των AIS), καθώς έρευνα το 2005 είχε δείξει ότι η Ελλάδα είχε εκτεθεί συνολικά σε 140 είδη, ενώ 15 χρόνια μετά το νούμερο αυξάνεται στα 352. Σε ευρύτερα πλαίσια μέσω της διώρυγας του Σουέζ η Μεσόγειος θάλασσα σήμερα έχει μετατραπεί όσον αφορά στο φαινόμενο των AIS στο μεγαλύτερο εμπορικό κέντρο στη Γη. Η πλειοψηφία των αλλόχθονων ειδών στη Μεσόγειο έχει βρεθεί ότι προέρχεται από τον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό, γεγονός που επιβεβαιώνει την προηγούμενη πρόταση.^[43]

5.4 Δειγματοληψία

Όπως προαναφέρθηκε η δειγματοληψία του νερού για την εξακρίβωση ύπαρξης οργανισμών και κατ' επέκταση συμμόρφωση στον κανονισμό D2 είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Αρχικά, είναι πολύ σημαντικό να γίνει σωστά και αποτελεσματικά γιατί μπορεί να μας δώσει απαραίτητες πληροφορίες, όπως το είδος ενός μικροοργανισμού και την πιθανή προέλευση αυτού. Συνεπώς, μπορεί να αποτελέσει βασικό κριτήριο για την επιλογή κατάλληλου BWMS για πλοίο, το οποίο εκτελεί συγκεκριμένα δρομολόγια.

Προδιαγραφές ISO

Οι οδηγίες σχετικά με τη δειγματοληψία του νερού έρματος είτε από USCG είτε από IMO περιλαμβάνουν ελάχιστες προδιαγραφές σχετικά με το σχεδιασμό και την εγκατάσταση του συστήματος δειγματοληψίας εντός των σωληνώσεων του έρματος. Σε μία παράλληλη προσπάθεια ο οργανισμός ISO (International Organization for Standardization) ανέπτυξε, εξέδωσε και κατά περιόδους εμπλούτιζε συγκεκριμένες, λεπτομερείς οδηγίες-προδιαγραφές για τη δειγματοληψία έρματος από το 2007.^[44]

Οι οδηγίες του ISO αποτελούν πρότυπο τριών μελών, ωστόσο μόνο το πρώτο κομμάτι είναι διαθέσιμο αυτή τη στιγμή, αφότου τελειοποιήθηκε το 2019 και το οποίο στοχεύει στον

σχεδιασμό και στην εγκατάσταση, ενώ τα υπόλοιπα δύο είναι ακόμα υπό σχεδιασμό. Τα δύο αυτά μέλη έχουν ως αντικείμενο τη διάταξη και την ίδια την ανάλυση.

Συνοπτικά, οι οδηγίες αναφέρουν αρχικά πως η υποδοχή που θα δέχεται το νερό προς δείγμα πρέπει να βρίσκεται σε σημείο όπου κατά τον αφερματισμό η ροή είναι πλήρως αναμειγμένη και αναπτυγμένη. Έπειτα, αν οι υποδοχές είναι σε κατακόρυφες θέσεις, θα πρέπει να βρίσκονται σε σωλήνωση στην οποία το νερό κατευθύνεται προς τα πάνω, έτσι ώστε να επιτραπεί λόγω βαρύτητας και ροής του νερού να γεμίσει πλήρως η υποδοχή. Τέλος, τονίζεται ότι η υποδοχή πρέπει να βρίσκεται όσο πιο κοντά είναι πρακτικά δυνατό στο σημείο που αποβάλλεται το έρμα.

Ωστόσο, πρόσφατη έρευνα που έγινε σε 72 πλοία έδειξε ότι οι προδιαγραφές που ορίζονται από τον ISO βρίσκονταν στο ποσοστό του 15% των πλοίων.

Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία του δείγματος είναι η μέθοδος με την οποία θα γίνει η συλλογή, ο χρόνος που απαιτείται για τον έλεγχο ποιότητας αλλά και ο χρόνος που χρησιμοποιεί η διαδικασία της συλλογής. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος της διαδικασίας της δειγματοληψίας τόσο πιο αναξιόπιστο θα είναι το αποτέλεσμα. Αυτό εξηγείται, διότι κατά τη διαδικασία αρκετοί οργανισμοί πεθαίνουν δημιουργώντας έτσι μία «υποεκτίμηση» του αρχικού δείγματος. Έπειτα, ο χρόνος που απαιτείται για μία πλήρη αξιολόγηση (full scale analysis) του νερού μπορεί να διαρκέσει μέχρι και μέρες και πρέπει να λάβει χώρα σε ειδικό εργαστήριο. Όπως αναφέρθηκε ένας αρμόδιος του PSC (Port State Control) δεν έχει το δικαίωμα να καθυστερήσει το ταξίδι ενός πλοίου προκειμένου να κάνει λεπτομερή έλεγχο.^[45]

Σε γενικότερο επίπεδο, αν δε γίνει σωστά η δειγματοληψία και η εξέταση του νερού θα προκύψουν μη αληθή αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, αν η μέθοδος με την οποία εξετάζεται η ποιότητα του νερού δεν είναι αξιόπιστη ή ακριβής μπορεί να οδηγήσει σε ψευδή συμπεράσματα, όπως ότι το πρότυπο D2 ικανοποιείται, ενώ στην πραγματικότητα δεν ικανοποιείται.

Όλος παραδόξως μπορεί να συμβεί και το αντίθετο.

Δηλαδή, σε μία δειγματοληψία, όπου βρέθηκε ότι το νερό περιείχε οργανισμούς άνω του επιτρεπόμενου ορίου, μπορεί στην πραγματικότητα να μη σημαίνει ότι το συγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας δεν επιτυγχάνει το πρότυπο D2.

Μελέτες που έγιναν για τη συμπεριφορά των μικροοργανισμών εντός δεξαμενής έρματος έδειξαν ότι οι μικροοργανισμοί συχνά μετακινούνται από μία περιοχή σε άλλη. Για παράδειγμα, φυτοπλαγκτόν μπορεί να βρεθεί στην επιφάνεια του νερού στο πάνω μέρος της δεξαμενής, αλλά μπορεί να βρεθεί επίσης στο ίζημα στο κάτω μέρος της δεξαμενής (που όπως προαναφέρθηκε σχηματίζουν κύστες αναπαύσεως στο ίζημα) και φυσικά σε οποιοδήποτε άλλο ενδιάμεσο μέρος. Η μετακίνηση αυτή των μικροοργανισμών μπορεί να οφείλεται στην αναζήτηση τροφής/στέγης, αλλά έχει προταθεί ότι μπορεί να σχετίζεται με τις σχέσεις κυνηγού-θηράματος.^[46]

Επομένως, ανάλογα τη χρονική στιγμή, μια μεμονωμένη δειγματοληψία μπορεί να οδηγήσει σε «overestimation» λόγω συγκέντρωσης ή σε «underestimation» λόγω μετακίνησης των μικροοργανισμών. Η ομοιογένεια των οργανισμών ή η ανυπαρξία αυτής μπορεί να συμβαίνει

λόγω της συμπεριφοράς των μικροοργανισμών μέσα στη δεξαμενή. Υψηλές ή χαμηλές συγκεντρώσεις μικροοργανισμών μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας ανομοιογενούς ανακατανομής από μικροοργανισμούς που επιβίωσαν στη δεξαμενή μετά τη διαδικασία θεραπείας. Συνεπώς, η κατανόηση αυτής της συμπεριφοράς κρίνεται σημαντική καθώς μπορεί να επηρεάσει άμεσα τα αποτελέσματα σε έλεγχο συμμόρφωσης.

5.5 Βακτήρια

Τα βακτήρια συγκριτικά με μεγαλύτερους οργανισμούς επιδεικνύουν μια μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μεγαλύτερο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών που βασίζεται στα φυσικά χαρακτηριστικά που διαθέτουν (κυρίως αυτά της ταχείας αναπαραγωγής και της αντίστασης που παρουσιάζουν σε πολλαπλούς παράγοντες). Ωστόσο, ο ΙΜΟ αναφέρει συγκεκριμένα μόνο τα βακτήρια των *V.cholerae*, *E.coli* και είδη *enterococci*.

Σήμερα, μέσω προγραμμάτων όπως το NGS (Next Generation Sequencing), το οποίο παράγει εκατομμύρια υποτμήματα DNA και τα επεξεργάζεται ταυτόχρονα υπάρχει η δυνατότητα να εξερευνήσουμε σε βαθύτερο επίπεδο το μικρόκοσμο των βακτηρίων χωρίς να είναι απαραίτητη η καλλιέργεια αυτών.

Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα που έγινε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο 2b-RAD μελετήθηκε, σε μικροβιολογικό επίπεδο, η σύσταση του νερού έρματος από τρία διαφορετικά πλοία. Διαθέτοντας μία μεγάλη τράπεζα δεδομένων που δέχεται έως και 1496 διαφορετικά είδη οργανισμών (αποτελώντας τη μεγαλύτερη τράπεζα δεδομένων μέχρι σήμερα στην ανάλυση έρματος) και σε αντίθεση με άλλες μεθόδους που μπορεί να θεωρηθούν πολύπλοκες και χρονοβόρες για τα δεδομένα της ανάλυσης έρματος που ορίζει η Σύμβαση, η μέθοδος 2b-RAD δείχνει υποσχόμενη.^[47]

Η έρευνα ακολούθησε πιστά τις οδηγίες της δειγματοληψίας που υποδεικνύει η οδηγία G2 της Σύμβασης, η οποία μεταξύ άλλων αναφέρει και τη χρήση πλεγμάτων φίλτρου 50 μm, ώστε να απομακρυνθούν οι μεγαλύτεροι μεγέθους οργανισμοί για να μελετηθούν κυρίως τα βακτήρια. Ένα από τα αποτελέσματα της έρευνας που φέρει το μεγαλύτερο βάρος ανησυχίας είναι ότι βρέθηκαν 13 διαφορετικά παθογόνα, μερικά από τα οποία είναι εξαιρετικά επικίνδυνα. Παθογόνα όπως το *Tenacibaculum holothuriorum* και το *Acinetobacter junii*, που είναι υπεύθυνα για μεγάλο μέγεθος θανάτων ψαριών. Παρόλο που δεν βρέθηκε το μικρόβιο της χολέρας *V.cholera* βρέθηκε συγγενικό αυτού. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι βρέθηκε το μικρόβιο που είναι υπεύθυνο για τη νόσο των λεγεωνάριων, ασθένεια αποδεδειγμένα φονική για τον άνθρωπο.

Ο ΙΜΟ παρουσιάζει τα τρία μικρόβια που ως δείκτες δεν πρέπει να ξεπερνούν συγκεκριμένη τιμή στο πρότυπο D2, με την έννοια δηλαδή ότι αν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές για αυτά τα τρία μικρόβια, δεν θα είναι κατ' επέκταση ευνοϊκές και για άλλα. Ωστόσο, η έρευνα υποστηρίζει ότι εντόπισε και την ύπαρξη πρωτοποριακών παθογόνων, ικανών για σοβαρή καταστροφή του θαλάσσιου οικοσυστήματος και του περιβάλλοντος και παροτρύνουν περαιτέρω διερεύνηση.

Σχολιασμός συμπερασμάτων

Η επιλογή ενός BWMS δεν είναι απλή διαδικασία και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συγχρόνως πολλοί παράγοντες. Υπάρχουν σημαντικά πεδία που χρήζουν περαιτέρω έρευνας, όπως για παράδειγμα ο τρόπος δειγματοληψίας, καθώς και η απομάκρυνση ακόμη και πολύ μικρού μεγέθους μικροοργανισμών, όπως επίσης και η βελτίωση του συστήματος στην ανάλυση του έρματος μέσω προγραμμάτων Next Generation Sequencing.

Η αναγνώριση του προβλήματος αποτελεί το πρώτο βήμα στη διαδικασία επίλυσής του. Ενώ η Σύμβαση είναι το πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση του προβλήματος, υπάρχουν παράγοντες που συχνά αμελούνται και θα μπορούσαν να επιφέρουν σημαντική βελτίωση. Εκτιμάται ότι μέχρι πρόσφατα το 90% της μεταφοράς φορτίων παγκοσμίως και το 60% στην Ευρώπη γίνεται μέσω πλοίων. Επίσης, 10 δισεκατομμύρια τόνοι θαλάσσιου νερού έρματος μεταφέρονται παγκοσμίως κάθε χρόνο, από τα οποία 5,5 εκατομμύρια λίτρα την ώρα απορρίπτονται στη θάλασσα, ενώ καθημερινά μεταφέρονται χιλιάδες ζωντανοί μικροοργανισμοί με το νερό έρματος. Μάλιστα, η τεράστια αυτή ποσότητα των μικροοργανισμών είναι τέτοια ώστε η δεξαμενή έρματος να έχει χαρακτηριστεί στο παρελθόν ως πλωτό ενυδρείο. Συμπεριλαμβανοντας τα ευρήματα πρόσφατων ερευνών που έδειξαν ότι παγκοσμίως τα θαλάσσια AIS ευθύνονται για οικονομική ζημιά της τάξης των 345 δισεκατομμύρια δολάρια, επισημαίνεται η σοβαρότητα του θέματος και οι διαστάσεις που έχει λάβει.

Αρκετά πλοία έχουν αυτή τη στιγμή εγκατεστημένο BWMS, αλλά υπάρχουν εξίσου πολλά που δεν διαθέτουν. Ο λόγος αυτής της ανυπαρξίας οφείλεται στην ημερομηνία επιθεώρησης κάθε πλοίου και στο γεγονός ότι αρκετοί πλοιοκτήτες επιτάχυναν αυτήν την ημερομηνία έτσι ώστε να έχουν τελικά το χρονικό περιθώριο των 5 ετών μέχρι το 2022 για να καταλήξουν στην καλύτερη απόφαση. Στον ναυτιλιακό χώρο η κίνηση αυτή συναντάται με τον όρο «de-harmonize». Επομένως, αναμένεται να υπάρξει ραγδαία αύξηση σε ζήτηση και εγκατάσταση συστημάτων BWMS το έτος 2022, αλλά εξίσου ή ίσως και περισσότερες το 2023, 2024 λόγω retrofitting. Με τον όρο «retrofit» εννοούμε τις επισκευές, τις διορθώσεις σε λανθασμένα εγκατεστημένες μονάδες ή ακόμη και την εκ νέου εγκατάσταση ενός συστήματος.

Σε γενικότερα πλαίσια αν ο παγκόσμιος στόλος αποτελείται από περίπου 95.000 πλοία, τα 65.000 αυτών είναι εμπορικά και οφείλουν να έχουν εγκατεστημένο BWMS μέχρι το έτος 2024. Πιο συγκεκριμένα, απομένουν ακόμα 35.000 πλοία που πρέπει να εγκαταστήσουν σύστημα επεξεργασίας έρματος κι επομένως αυτή τη στιγμή περίπου το 45% των πλοίων δεν έχει BWMS.^[49]

Ενώ η Σύμβαση επιφέρει σημαντική βελτίωση, εντούτοις υπάρχουν βασικές ενέργειες που πρέπει να λάβουν χώρα για την εξάλειψη των επιπτώσεων. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν:

- Την ενημέρωση των εμπλεκομένων σχετικά με το πρόβλημα.
- Την εκπαίδευση του πληρώματος.

Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε πλοίο ορίζεται αξιωματικός που θα επιβλέπει την σωστή διαχείριση του συστήματος ενώ παράλληλα υποχρεούται να εκπαιδεύσει τα υπόλοιπα μέλη

ευθύνης, αλλά και όλο το πλήρωμα. Τα μέλη ευθύνης είναι ο αξιωματικός καταστρώματος, ο μηχανικός και ο αρχιμηχανικός. Για τη βέλτιστη λειτουργία ενός BWMS θα μπορούσαν στο μέλλον να υπάρξουν ειδικά προγράμματα εκπαίδευσης ή υποχρεωτικά σεμινάρια σχετικής φύσης. Μία εταιρεία μπορεί να σχεδιάσει και να εγκαταστήσει ένα εγκεκριμένο BWMS, αλλά τελικά είναι ευθύνη και υποχρέωση του κάθε πληρώματος να δείξει τον απαιτούμενο σεβασμό για την εφαρμογή του.

Συμπερασματικά, σε αρκετούς τομείς, όπως π.χ. στα συστήματα επεξεργασίας, υπάρχει περιθώριο ανάπτυξης και έρευνας.

Κλείνοντας, θα ήθελα να επισημάνω τη βαρύτητα της μεταφοράς των AIS μέσω έρματος, όχι μόνον ως προς τις επιπτώσεις που μπορούν να επιφέρουν και αναλύθηκαν, αλλά και αυτές που δυνητικά θα υπάρξουν. Όπως αναφέρθηκε, ένα από τα πιο διεισδυτικά είδη που περιγράφει ο ΙΜΟ είναι το μικρόβιο της χολέρας και όπως αναλύθηκε προκάλεσε καταστροφή ανυπολόγιστων διαστάσεων κατά τη δεκαετία του 1990. Επίσης, αναφέρθηκε ότι στο έρμα μεταφέρονται και άλλα μικρόβια παθογόνα και ιοί πέρα από αυτά που υποδεικνύει ο ΙΜΟ. Συνεπώς, λογική ερώτηση στην εποχή που ζούμε είναι αν ο ιός του COVID-19 μπορεί να μεταφερθεί μέσω των πλοίων και πιο συγκεκριμένα, στο νερό έρματος ή εναλλακτικά αν ο ιός είναι «waterborne», δηλαδή μεταδιδόμενος μέσω νερού. Μέχρι σήμερα οι έρευνες που έχουν γίνει στο θέμα δεν αποδεικνύουν ότι μπορεί να συμβεί αυτό, αλλά ενδεχομένως να συμβεί στο μέλλον, καθώς υπάρχουν συνεχείς μεταλλάξεις του ιού. Συμπερασματικά, προκύπτουν διαρκώς λόγοι για τους οποίους οφείλουμε να σεβόμαστε το περιβάλλον και την ασφάλεια των οικοσυστημάτων. Μέσω τέτοιων ενεργειών μόνο θετικά αποτελέσματα μπορούν να προκύψουν.

Βιβλιογραφία

- 1) International Maritime Organization. *Ballast Water Management*. Available from: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BallastWaterManagement.aspx>
- 2) Larsen, C., 2018. Hans Buch. *Ballast Water Impacts*. Available from: <https://hansbuch.dk/marine/news/ballast-water-impacts>
- 3) Stephan Gollasch, Dan Minchin, and Matej David 2014. *The Transfer of Harmful aquatic organisms and Pathogens with Ballast Water and Their Impacts*. Global Maritime Transport and Ballast Water Management, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology 8.
- 4) Werschkun, B., Banerji, S., Oihane, C., Matej, Basurko, David, C., Frank Fuhr, F., Gollasch, S., GrummtfT, Haarich, M., Awadhesh, N., Jha Kacan, S., Kehrer, A., Linders, J., Mesbahi, E., Pughiuc, D., Richardson, S.D., Schwarz-Schulz, B., Shah, A., Theobald, N., Von, U., Gunten, Wieck S., Höfer, T., 2014. *Emerging risks from ballast water treatment: the run-up to the international ballast water management convention*. J. Chemosphere 112, 256–266.
- 5) GloBallast, 2010, *Economic Assessment for Ballast Water Management: A Guideline*, Monograph Series 19.
- 6) Global Invasive Species Database-GISD. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/about.php>
- 7) International Maritime Organization [IMO], 2004. *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments*. International Maritime Organization, London.
- 8) Gregg, M., Rigby, G., Hallegraeff, G., 2009a. *Review of two decades of progress in the development of management options for reducing or eradicating phytoplankton, zooplankton and bacteria in ship's ballast water*. J. Aquatic Invasions 4 (3), 521–565, 32.
- 9) ABS, *Ballast Water Treatment Advisory*, 2014. Available from: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_BWT_Advisory14312.pdf/
- 10) Castro, M.C.T., Jason, M.H.S., Cecilia, F.P., Timothy, W.F., 2017. *Ten years of Brazilian ballast water management*. J. Sea Res. 133, 36–42.
- 11) International Maritime Organization (IMO), 2014. *Building Partnerships to Assist Developing Countries to Reduce the Transfer of Harmful Aquatic Organisms in Ships' Ballast Water*. Globallast Partnerships
- 12) United States Coast Guard website. Available. from: <https://www.uscg.mil/>
- 13) King D.M. - Hagan P.T. (2013). “*Economic and Logistical Feasibility of Port-based Ballast Water Treatment: A Case Study at the Port of Baltimore (USA)*”, University of Maryland, Maryland, Publisher: Maritime Environmental Resource Center (MERC) - Center for Environmental Science (UMCES).
- 14) Rahman, S., 2017. *Implementation of ballast water management plan in ships through BallastWater exchange system*. 10th international conference on marine technology, MARTEC 2016. Procedia Eng. 194, 323–329.
- 15) North Sea Ballast Water Opportunity Project. Available from: http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20121005174136_TheBallastWatertimes.pdf
- 16) Lloyd's Register 2019. *Understanding ballast water management. Guidance for shipowners and operators*. Eighth edition.

- 17) California State Lands Commission, *Assessment of the Efficacy, Availability, and Environmental Impacts of Ballast Water Treatment Systems for Use in California Waters*, June 2013 p. 94.
- 18) Pandit, A.B., Mukherjee, A.C., Sangave, P.P., 2014. *Water treatment Using Hydrodynamic cavitation*. Indian J. Geo-MarineSci. 43 (11), 2033–2041.
- 19) Mandar P., BadveMihir N.Bhagat, Aniruddha B.Pandit 2015. *Microbial disinfection of seawater using hydrodynamic cavitation*. Separation and Purification Technology Vol.151
- 20) Balaji R. and Yaakob O., *Emerging ballast water treatment technologies: A review, 2011, Journal of Sustainability Science and Management*, Vol. 6, No. 1, pp: 126-138.
- 21) Balasubramanian, S., Ortego, J., Rusch, K.A., Boldor, D., 2009. *Efficiency of Artemia cysts removal as a model invasive spore using a continuous microwave system with heat recovery*. Environ. Sci. Technol. 42, 9363–9369.
- 22) Tsolaki, E., Diamadopoulos, 2009. *Technologies for ballast water treatment: a review*. Wiley Intersci.J. Chemical Technol. Biotechnol. 85, 19–32.
- 23) Sigvaldsen I., *Market, regulations and technologies update*, Ballast Water Management Convention, DNV, 2013.
- 24) Sassi, J., Viitasalo, S., Rytkönen, J., Leppäkoski, E., 2005. *Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment*. VTT Tied- Val Tekn Tutk 2313, 1–80.
- 25) Stehouwer, P.P., 2016. *Effects of Various Ballast Water Treatment Methods on the Survival of Phytoplankton and Bacteria*. PhD thesis. Ballast Water Research View Project. Department of Biologica Oceanography Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), University of Groningen, The Netherlands.
- 26) Saho, N., Isogami, H., Mizumori, T., Nishijima, N., 2002. *Superconducting magnetic separator for ballast water treatment*. In: IMO Proceedings for 2nd International Ballast Water Treatment R & D Symposium, pp. 125–137.
- 27) Stocks, D., Burns, B., 2002. *Ballast Water Treatment Evaluation Using Copper and Sodium Hypochlorite as Ballast Water Biocides*. Michigan Department of Environment Quality.
- 28) Gray, D.K., Duggan, I.C., Mac Isaac, H.J., 2006. *Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing invertebrate eggs in non-ballasted ships?* Mar. Pollut. Bull. 52, 689–695.
- 29) Dang, K., Yin, P., Sun, P., Song, Y., 2003. *Application study of ballast water treatment by electrolyzing seawater*. In: IMO Proceedings for 2nd International Ballast Water Treatment R & D Symposium, pp. 103–111.
- 30) Fuchs, R., De Wilde, I., 2003. *Paraclean Ocean – a potential treatment option for ballast water*. In: IMO Proceedings of 2nd International Ballast Water Treatment R & D Symposium, pp. 175–181.
- 31) Wright, D., Dawson, R., 2002. *Shipboard Trial of Primary and Secondary Ballast Water Treatment Systems*. University of Maryland. Center for Environmental Science, USA.
- 32) Sano, L., Steven, M., Bartell, S.M., Landrum, P.F., 2005a. *Decay model for biocide treatment of unballasted vessels: application for the Laurentian Great Lakes*. Mar. Pollut. Bull. 50, 1050–1060.
- 33) Penkala, J.E., Law, Melissa, Cowan, J., 2002. *Acrolein as a potential treatment alternative for control of microorganisms in ballast tanks: five day sea trial*. Baker Petrolite Corporation, 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium. IMO, London, 21-23 July 2003. Proceedings. 181–197.

- 34) Herwig, R.P., Cordell, J.R., Perrins, J.C., Dinnel, P.A., Gensemer, R.W., Stubblefield WA, 2006. *Ozone treatment of ballast water on the oil tanker S/T Tonsina: chemistry, biology and toxicity*. Mar. Ecol.: Prog. Ser. 324, 33–55.
- 35) Husain, M., Felbeck, H., Altshuller, D., Quirmbach, C., 2002. *Ballast water treatment by de-oxygenation with elevated CO₂ for a shipboard installation – a potentially affordable solution*. IMO Proc. 2nd Int. Ballast Water Treatment R & D Symp. 48–66
- 36) Berntzen M., White M, *Guidelines for selection of a ship Ballast Water Treatment System*, Autumn 2010, Norwegian University of Science and Technology.
- 37) Maddox, T.L., 2004. *Onboard Ballast Water Treatment/Management with Ozone & Sonics – Phase II*. United States Department of Commerce. National Sea Grant NA03OAR4170008
- 38) Jingzheng Ren 2018. *Technology selection for ballast water treatment by multi stakeholders: A multi-attribute decision analysis approach based on the combined weights and extension theory*. Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong Special Administrative Region, China. *Chemosphere* 191 (2018) 747-760
- 39) William A. Gerharda, Kim Lundgreenb, Guillaume Drilletc, Raphael Baumlerd, Henrik Holbechb, Claudia K. Gunsch 2019. *Installation and use of ballast water treatment systems – Implications for compliance and enforcement*. *Ocean & Coastal Management*. Vol.181, 1 November 2019, 104907
- 40) Zhe Sun, Ernest R. Blatchley III 2017. *Tetraselmis as a challenge organism for validation of ballast water UV systems*. Lyles School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907, USA. Division of Environmental & Ecological Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907, USA. *Water Research* 121 (2017) 311-319
- 41) Barannik V. - Borysova O. - Stolberg F. (2004), “*AMBIO: A Journal of the Human Environment*”, Publisher: Royal Swedish Academy of Sciences.
- 42) Konstantinos Tsiamis, Ernesto Azzurro, Michel Bariche, Melih E. Çınar, Fabio Crocetta, Olivier De Clerck, Bella Galil, Fernando Gómez, Razy Hoffman, Kathe R. Jensen, Lyudmila Kamburska, Joachim Langeneck, Martin R. Langer, Ya'arit Levitt-Barmats, Marco Lezzi, Agnese Marchini, Anna Occhipinti-Ambrogi, Henn Ojaveer, Stefano Piraino, Noa Shenkar, Maria Yankova, Argyro Zenetos, Ante Žuljevic, Ana Cristina Cardoso 2019. *Prioritizing marine invasive alien species in the European Union through horizon scanning*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* published by John Wiley & Sons Ltd.
- 43) M.A. Pancucci-Papadopoulou, A. Zenetos, M. Corsini-Foka and Ch. Politou. 2006. *Update of marine alien species in Hellenic waters*. *Mediterranean Marine Science*. Vol 6/2, 2005, 147-158
- 44) Lisa A. Drake, Sarah A. Bailey, Torben Brydges, Katharine J. Carney, Gregory M. Ruiz, Jason Bayly-Stark, Guillaume Drillet, Richard A. Everett 2021. *Design and installation of ballast water sample ports: Current status and implications for assessing compliance with discharge standards*. *Marine Pollution Bulletin* vol.167, June 2021, 112280
- 45) Stephan Gollasch, Matej David 2017. *Recommendations for representative ballast water sampling*. *Journal of Sea Research* 123 (2017) 1-15
- 46) Rosenzweig, M.L., MacArthur, R.H., 1963. *Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions*. *Am. Nat.* 97 (895), 209-224.
- 47) Zhaozhao Xue, Yangchun Han, Bingli Liu, Yujuan Gu, Wen Tian, Nathan Whiting-Wagner, Hong Zhao, Wei Zhang 2021. *Bacterial diversity in ballast water and*

- sediments revealed by 2b-RAD sequencing. Marine Pollution Bulletin 169 (2021) 112523*
- 48) Aqua NIS online information system on the Non-Indigenous Species. Available from: <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis>
 - 49) International Precious Metals Institute [IPMI]. *35.000 ships still need to install a ballast water treatment system in the next 40 months.* Available from: <https://www.ipmi.org/news/571269/35000-ships-still-need-to-install-a-ballast-water-treatment-system-within-the-next-40-months.htm>

Παράρτημα

Παράρτημα 1 : Αντίγραφο της φόρμας του πιστοποιητικού IBWMC


OMB No. 1625-0041

International Ballast Water Management Certificate
(Statement of Voluntary Compliance)

Issued under the provisions of the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (hereinafter referred to as "the Convention") under the authority of the Government of:

THE UNITED STATES OF AMERICA

By the
United States Coast Guard



Particulars of ship:

Name of Ship _____

Distinctive numbers or letters _____

Port of registry _____

Gross tonnage _____

IMO number ¹ _____

Date of Construction _____

Ballast Water Capacity (in cubic metres) _____

Details of Ballast Water Management Method(s) Used

Method of Ballast Water Management Used _____

Date Installed (if applicable) _____

Name of Manufacturer (if applicable) _____

¹ IMO Ship Identification Number Scheme adopted by the Organization by resolution A.600(15).

An agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number. The Coast Guard estimates that the average burden for each response is 6 minutes. You may submit comments concerning the accuracy of this burden for each estimate or any suggestions for reducing the burden to Commandant (CG-CVC), U.S. Coast Guard Stop 7501, 2703 Martin Luther King Jr. Ave SE, Washington, DC 20593-7501 or Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (1625-0041), Washington, DC 20503.

CG-9191 (05/17) Reset Page 1 of 5

The principal Ballast Water Management method(s) employed on this ship is/are:

In accordance with regulation D-1

In accordance with regulation D-2

(Describe)

The ship is subject to regulation D-4

THIS IS TO CERTIFY:

1. That the ship has been surveyed in accordance with regulation E-1 of the Annex to the Convention; and
2. That the survey shows that Ballast Water Management on the ship complies with the Annex to the Convention.

This certificate is valid until..... subject to surveys in accordance with regulation E-1 of the Annex to the Convention.

Completion date of the survey on which this Certificate is based:

Issued at

(Place of issue of Certificate)

.....
(Date of issue)

.....
(Signature of authorized official issuing the Certificate)



ENDORSEMENT FOR ANNUAL AND INTERMEDIATE SURVEY(S)

THIS IS TO CERTIFY that a survey required by regulation E-1 of the Annex to the Convention the ship was found to comply with the relevant provisions of the Convention:

Annual Survey

Signed _____
(Signature of authorized official)

Place _____

Date _____

_____ ▾

Signed _____
(Signature of authorized official)

Place _____

Date _____

_____ ▾

Signed _____
(Signature of authorized official)

Place _____

Date _____

Annual Survey

Signed _____
(Signature of authorized official)

Place _____

Date _____



**ANNUAL / INTERMEDIATE SURVEY
IN ACCORDANCE WITH REGULATION E-5.8.3**

THIS IS TO CERTIFY that, at an survey in accordance with regulation E.5.8.3 of the Annex to the Convention, the ship was found to comply with the relevant provisions of the Convention:

Signed
(Signature of authorized official)
Place
Date

**ENDORSEMENT TO EXTEND THE CERTIFICATE IF VALID
FOR LESS THAN 5 YEARS WHERE REGULATION E-5.3 APPLIES**

The ship complies with the relevant provisions of the Convention, and this Certificate shall, in accordance with regulation E-5.3 of the Annex to the Convention, be accepted as valid until

Signed
(Signature of authorized official)
Place
Date

**ENDORSEMENT WHERE THE RENEWAL SURVEY HAS BEEN
COMPLETED AND REGULATION E-5.4 APPLIES**

The ship complies with the relevant provisions of the Convention, and this Certificate shall, in accordance with regulation E-5.4 of the Annex to the Convention, be accepted as valid until

Signed
(Signature of authorized official)
Place
Date



**ENDORSEMENT TO EXTEND THE VALIDITY OF THE CERTIFICATE UNTIL REACHING THE
PORT OF SURVEY OR FOR A PERIOD OR GRACE
WHERE REGULATION E-5.5 OR 5.6 APPLIES**

This Certificate shall, in accordance with regulation of the Annex to the Convention, be accepted as valid until

Signed
(Signature of authorized official)

Place

Date

**ENDORSEMENT FOR ADVANCEMENT OF ANNIVERSARY DATE
WHERE REGULATION E-5.8 APPLIES**

In accordance with regulation E-5.8 of the Annex to the Convention the new Anniversary date is

Signed
(Signature of authorized official)

Place

Date

In accordance with regulation E-5.8 of the Annex to the Convention the new Anniversary date is

Signed
(Signature of authorized official)

Place

Date



Παράρτημα 2 : Εγκεκριμένα συστήματα από ΙΜΟ, καταστάσεις εγκρίσεων

Table 1: List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic Approval from IMO¹

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Basic Approval
1	Peraclean® Ocean (subsequently changed to SEDNA® Ballast Water Management System (Using Peraclean® Ocean)), Germany	Degussa GmbH, Germany	24 March 2006 (MEPC 54)
2	Electro-Clean (electrolytic disinfection) system (subsequently changed to Electro-Clean™), Republic of Korea	Techcross Ltd. and Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI)	24 March 2006 (MEPC 54)
3	Special Pipe Ballast Water Management System (combined with Ozone treatment), Japan (subsequently changed to FineBallast OZ (the Special Pipe Hybrid Ballast Water Management System combined with Ozone treatment version))	Japan Association of Marine Safety (JAMS)	13 October 2006 (MEPC 55)
4	EctoSys™ electrochemical system, Sweden (subsequently changed to the RWO ballast water management system)	Permascand AB, Sweden, subsequently acquired by RWO GmbH, Germany	13 October 2006 (MEPC 55)
5	PureBallast System, Sweden	Alfa Laval/Wallenius Water AB	13 July 2007 (MEPC 56)
6	NK Ballast Water Treatment System, Republic of Korea (subsequently changed to NK-O3 BlueBallast System (Ozone))	NK Company Ltd., Republic of Korea	13 July 2007 (MEPC 56)
7	Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Japan	Hitachi, Ltd./Hitachi Plant technologies, Ltd.	4 April 2008 (MEPC 57)
8	Resource Ballast Technologies System, South Africa	Resource Ballast Technologies (Pty) Ltd.	4 April 2008 (MEPC 57)
9	GloEn-Patrol™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Panasia Co., Ltd.	4 April 2008 (MEPC 57)
10	OceanSaver® Ballast Water Management System, Norway	MetaFil AS (subsequently changed to OceanSaver AS)	4 April 2008 (MEPC 57)
11	TG Ballastcleaner and TG Environmentalguard System (subsequently changed to JFE Ballast Water Management System), Japan	The Toagosei Group (TG Corporation, Toagosei Co., Ltd. and Tsurumi Soda Co., Ltd.)	10 October 2008 (MEPC 58)
12	Greenship Sedinox Ballast Water Management System, the Netherlands	Greenship Ltd	10 October 2008 (MEPC 58)
13	Ecochlor® Ballast Water Treatment System, Germany	Ecochlor, Inc, Acton, the United States	10 October 2008 (MEPC 58)
14	Blue Ocean Shield Ballast Water Management System, China	China Ocean Shipping (Group) Company (COSCO)	17 July 2009 (MEPC 59)

¹ More comprehensive information regarding the systems approved until May 2019 is available in document BWM.2/Circ.34/Rev.8.

Table 1 (continued)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Basic Approval
15	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. (HHI) Ballast Water Management System (EcoBallast), Republic of Korea	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Republic of Korea	17 July 2009 (MEPC 59)
16	AquaTriComb™ Ballast Water Treatment System, Germany	Aquaworx ATC GmbH	17 July 2009 (MEPC 59)
17	SiCURE™ Ballast Water Management System, Germany	Siemens Water Technologies	26 March 2010 (MEPC 60)
18	Sunrui Ballast Water Management System (subsequently changed to BalClor Ballast Water Management System), China	Qingdao Sunrui Corrosion and Fouling Control Company	26 March 2010 (MEPC 60)
19	DESMI Ocean Guard Ballast Water Management System, Denmark	DESMI Ocean Guard A/S	26 March 2010 (MEPC 60)
20	Blue Ocean Guardian (BOG) Ballast Water Management System, (subsequently changed to "ARA Ballast" Ballast Water Management System), Republic of Korea	21st Century Shipbuilding Co., Ltd.	26 March 2010 (MEPC 60)
21	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. (HHI) Ballast Water Management System (HiBallast), Republic of Korea	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Republic of Korea	26 March 2010 (MEPC 60)
22	Kwang San Co., Ltd. (KS) Ballast Water Management System "En-Ballast", Republic of Korea	Kwang San Co., Ltd.	26 March 2010 (MEPC 60)
23	OceanGuard™ Ballast Water Management System, Norway	Qingdao Headway Technology Co., Ltd.	26 March 2010 (MEPC 60)
24	Severn Trent DeNora BalPure® Ballast Water Management System (subsequently changed to BalPure® BP-500), Germany	Severn Trent De Nora (STDN), LLC	26 March 2010 (MEPC 60)
25	Techwin Eco Co., Ltd. (TWECO) Ballast Water Management System (Purimar), Republic of Korea	Techwin Eco Co., Ltd. Purchased by Samsung	1 October 2010 (MEPC 61)
26	AquaStar Ballast Water Management System, Republic of Korea (subsequently changed to AquaStar™ BWMS and MACGREGOR WATER BALLAST TREATMENT SYSTEM)	AQUA Eng. Co., Ltd.	1 October 2010 (MEPC 61)
27	Kuraray Ballast Water Management System, (subsequently changed to MICROFADE™ Ballast Water Management System), Japan	Kuraray Co., Ltd.	1 October 2010 (MEPC 61)
28	ERMA FIRST Ballast Water Management System (subsequently changed to ERMA FIRST BWTS), Greece	ERMA FIRST ESK Engineering Solutions S.A.	15 July 2011 (MEPC 62)
29	BlueSeas Ballast Water Management System, Singapore	Envirotech and Consultancy Pte. Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
30	SKY-SYSTEM® with Peraclean® Ocean Ballast Water Management System, Japan	Katayama Chemical, Inc.	15 July 2011 (MEPC 62)

Table 1 (continued)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Basic Approval
31	JFE BallastAce that makes use of NeoChlor Marine® Ballast Water Management System, Japan	JFE Engineering Corporation	15 July 2011 (MEPC 62)
32	BallastMaster Ballast Water Management System, Germany	GEA Westfalia Separator Systems GmbH	15 July 2011 (MEPC 62)
33	BlueWorld Ballast Water Management System, Singapore	Envirotech and Consultancy Pte. Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
34	Neo-Purimar™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Samsung Heavy Industries Co., Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
35	"Smart Ballast" Ballast Water Management System, Republic of Korea	STX Metal Co., Ltd.	2 March 2012 (MEPC 63)
36	DMU ·OH Ballast Water Management System, China	Dalian Maritime University	2 March 2012 (MEPC 63)
37	EcoGuardian™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Hanla IMS Co., Ltd.	2 March 2012 (MEPC 63)
38	KTM-Ballast Water Management System, Republic of Korea (subsequently changed to MARINOMATE™ Ballast Water Management System)	Korea Top Marine (KT Marine) Co., Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
39	Hamworthy Aquarius™-EC BWMS, the Netherlands (subsequently changed to Aquarius™-EC BWMS)	Hamworthy Water Systems Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
40	OceanDoctor Ballast Water Management System, China	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute	5 October 2012 (MEPC 64)
41	HS-BALLAST Ballast Water Management System, Republic of Korea	HWASEUNG R&A Co., Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
42	GloEn-Saver™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	PANASIA Co., Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
43	Van Oord Ballast Water Management System, the Netherlands	Van Oord B.V.	17 May 2013 (MEPC 65)
44	REDOX AS Ballast Water Management System, Norway	REDOX Maritime Technologies AS	17 May 2013 (MEPC 65)
45	BlueZone™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	SUNBO INDUSTRIES Co., Ltd., DSEC Co., Ltd., and the Korean Institute of Machinery & Material (KIMM)	17 May 2013 (MEPC 65)
46	ECOLCELL BTs Ballast Water Management System, Italy	Azienda Chimica Genovese (ACG)	4 April 2014 (MEPC 66)
47	Ecomarine-EC Ballast Water Management System, Japan	Ecomarine Technology Research Association	4 April 2014 (MEPC 66)
48	ATPS-BLUE _{sys} Ballast Water Management System, Japan	Panasonic Environmental Systems & Engineering Co., Ltd.	4 April 2014 (MEPC 66)
49	KURITA™ Ballast Water Management System, Japan	Kurita Water Industries Ltd.	4 April 2014 (MEPC 66)
50	ElysisGuard ballast water management system, Singapore	KALF Engineering Pte. Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)

Table 1 (continued)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Basic Approval
51	NK-CI BlueBallast System, Republic of Korea	NK Company Ltd.	15 May 2015 (MEPC 68)
52	ECS-HYCHLOR™ System, Republic of Korea	TEHCROSS Inc.	15 May 2015 (MEPC 68)
53	ECS-HYCHEM™ System, Republic of Korea	TEHCROSS Inc.	15 May 2015 (MEPC 68)
54	ECS-HYBRID™ System, Republic of Korea	TEHCROSS Inc.	15 May 2015 (MEPC 68)
55	VARUNA Ballast Water Treatment System, Singapore	Kadalneer Technologies Pte. Ltd.	15 May 2015 (MEPC 68)
56	ClearBal BWMS, Denmark	University of Strathclyde	28 October 2016 (MEPC 70)
57	MICROFADE II BWMS, Netherlands	Kashiwa Co., Ltd. and Kuraray Co., Ltd	7 July 2017 (MEPC 71)
58	Envirocleanse inTank™ BWTS, Norway	Envirocleanse, LLC	7 July 2017 (MEPC 71)
59	BIOBALLAST 1000	Biomarine S.r.l.	26 October 2018 (MEPC 73)
60	CleanBallast® – Ocean Barrier System	Veolia Water Technologies Deutschland GmbH	17 May 2019 (MEPC 74)
61	FlowSafe, Cyprus	Flowwater Technologies Ltd.	17 May 2019 (MEPC 74)

Table 2 (continued)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Final Approval
18	Severn Trent De Nora BalPure® Ballast Water Management System (subsequently changed to BalPure® BP-500), Germany	Severn Trent De Nora (STDN), LLC	1 October 2010 (MEPC 61)
19	HiBallast Ballast Water Management System, Republic of Korea	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62)
20	Purimar Ballast Water Management System, Republic of Korea Final Approval extended for use in fresh water	Samsung Heavy Industries Co., Ltd.	15 July 2011 (MEPC 62) 17 May 2019 (MEPC 74)
21	SiCURE™ Ballast Water Management System, Germany	Siemens Water Technologies	2 March 2012 (MEPC 63)
22	ERMA FIRST Ballast Water Management System (subsequently changed to ERMA FIRST BWTS), Greece	ERMA FIRST E.S.K. Engineering Solutions S.A.	2 March 2012 (MEPC 63)
23	MICROFADE™ Ballast Water Management System, Japan	Kuraray Co., Ltd.	2 March 2012 (MEPC 63)
24	AquaStar™ Ballast Water Management, Republic of Korea (subsequently changed to AquaStar™ BWMS and MACGREGOR WATER BALLAST TREATMENT SYSTEM)	AQUA Eng. Co.	2 March 2012 (MEPC 63)
25	Neo-Purimar™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Samsung Heavy Industries Co., Ltd. (SHI)	2 March 2012 (MEPC 63)
26	DESMI Ocean Guard BWMS, Denmark	DESMI Ocean Guard A/S	5 October 2012 (MEPC 64)
27	JFE BallastAce that makes use of NEO-CHLOR MARINE™, Japan	JFE Engineering Corporation	5 October 2012 (MEPC 64)
28	Smart Ballast BWMS, Republic of Korea	STX Metal Co., Ltd.	5 October 2012 (MEPC 64)
29	AQUARIUS® EC Ballast Water Management System, the Netherlands	Wärtsilä Water Systems Limited	17 May 2013 (MEPC 65)
30	EcoGuardian™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	Hanla IMS Co., Ltd.	17 May 2013 (MEPC 65)
31	OceanDoctor BWMS, China	Jiujiang Precision Measuring Technology Research Institute and Institute of Marine Materials Science and Engineering of Shanghai Maritime University	17 May 2013 (MEPC 65)
32	Ballast Water Management System with PERACLEAN® OCEAN (SKY-SYSTEM), Japan	Nippon Yuka Kogyo Co., and Katayama Chemical, Inc.	4 April 2014 (MEPC 66)
33	Evonik Ballast Water Treatment System with PERACLEAN® OCEAN, Germany	Evonik Industries AG	4 April 2014 (MEPC 66)

Table 2 (continued)

	Name of the system and proposing country	Name of manufacturer	Date of Final Approval
34	MARINOMATE™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	KT Marine Co. Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)
35	BlueZone™ Ballast Water Management System, Republic of Korea	SUNBO Industries Co. Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)
36	KURITA Ballast Water Management System, Japan	Kurita Water Industries Ltd.	17 October 2014 (MEPC 67)
37	Ecomarine-EC Ballast Water Management System, Japan	Ecomarine Technology Research Association	15 May 2015 (MEPC 68)
38	ECS-HYCHLOR™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	22 April 2016 (MEPC 69)
39	NK-CI BlueBallast System, Republic of Korea	NK Company Ltd.	22 April 2016 (MEPC 69)
40	ATPS-BLUEsys Ballast Water Management System, Japan	Panasonic Environmental Systems & Engineering Co., Ltd.	22 April 2016 (MEPC 69)
41	ECS-HYCHEM™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	28 October 2016 (MEPC 70)
42	ECS-HYBRID™ System, Republic of Korea	TECHCROSS Inc.	7 July 2017 (MEPC 71)
43	Envirocleanse inTank™ BWTS (Electrochlorination Variation), Norway	Envirocleanse, LLC.	26 October 2018 (MEPC 73)
44	Envirocleanse inTank™ BWTS (Bulk Chemical Variation), Norway	Envirocleanse, LLC	17 May 2019 (MEPC 74)
45	MICROFADE II, Japan	Kuraray Co., Ltd.	17 May 2019 (MEPC 74)

Table 3: List of type approvals for ballast water management systems that are in accordance with the 2016 Guidelines (G8) or the BWMS Code (resolution MEPC.279(70) or MEPC.300(72))^{*}

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
1	2 February 2018	Norwegian Maritime Authority	PureBallast 3.2 and PureBallast 3.2 Compact Flex ballast water management system	Provided (MEPC 72/INF.19)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Singapore (please refer to MEPC 72/INF.19)	Not applicable
2	21 September 2018	Danish Environmental Protection Agency and Danish Maritime Authority	CompactClean ballast water management system	Provided (MEPC 74/INF.32)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Denmark (please refer to MEPC 74/INF.32)	Not applicable
3	14 December 2018	Norwegian Maritime Authority	OceanGuard® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.9)	Yes, please refer to MEPC 61/2/21, annex 5	Please see MEPC 61/24, paragraph 2.7
4	19 December 2018	Norwegian Maritime Authority	HiBallast™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.8)	Yes, please refer to MEPC 62/2/18, annex 5	MEPC 62/24, paragraph 2.5
5	20 December 2018	Norwegian Maritime Authority	Envirocleanse inTank™ Electro-chlorination Ballast Water Treatment System	Provided (MEPC 74/INF.6)	Yes, please refer to MEPC 73/4/1, annex 5	Please see MEPC 73/19, paragraph 4.4
6	6 April 2018 (revised 20 December 2018)	Norwegian Maritime Authority	BalClor® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.7)	Yes, please refer to MEPC 61/2/15, annex 9	MEPC 61/24, Paragraph 2.7.3

^{*} Table 3 above was compiled based on information provided to IMO by the respective Administrations taking into account resolution MEPC.228(65) on *Information reporting on type approved ballast water management systems*

Table 4: List of type approvals for ballast water management systems that are in accordance with Guidelines (G8) (resolutions MEPC.125(53) and MEPC.174(58))^{*}

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
1	June 2008	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Administration	PureBallast System	Provided (MEPC 61/INF.3)	Yes, please refer to MEPC 56/2/2, annex 5	MEPC 56/23, paragraph 2.8
2	10 June 2008	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	SEDNA® Ballast Water Management System (Using Peraclean® Ocean)	Provided (MEPC 58/INF.17)	Yes, please refer to MEPC 57/2/10, annex 7	MEPC 57/21, paragraph 2.16
3	2 September 2008	Office of the Maritime Administration, Marshall Islands	NEI Treatment System VOS-2500-101	Available at request	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Marshall Islands (Letter of 10 December 2008)	Not applicable
4	31 December 2008	Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	Electro-Cleen™ System	Provided (MEPC 59/INF.6)	Yes, please refer to MEPC 58/2/7, annex 7	MEPC 58/23, paragraph 2.8
5	17 April 2009	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Maritime Directorate	OceanSaver® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 59/INF.17 and MEPC 62/INF.15)	Yes, please refer to MEPC 58/2/8, annex 4	MEPC 58/23, paragraph 2.10
6	29 April 2009	Lloyd's Register, as delegated by the Administration of the United Kingdom	Hyde GUARDIAN™ ballast water management system	Provided (MEPC 59/INF.20)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of United Kingdom (please refer to MEPC 59/INF.20)	Not applicable

^{*} Table 4 above was compiled based on information provided by the respective Administrations taking into account resolution MEPC.228(65) on *Information reporting on type approved ballast water management systems*. Systems listed in this table may have also received type approval based on the 2016 Guidelines (G8) or the BWMS Code (resolution MEPC.279(70) or MEPC.300(72)). Please refer to Table 3 for a list of ballast water management systems that have received type approvals under the 2016 Guidelines (G8) or the BWMS Code.

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
7	12 November 2009	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Maritime Directorate	OptiMarin Ballast System (OBS)	Provided (MEPC 61/INF.4)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 61/INF.4)	Not applicable
8	24 November 2009	Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	NK-O3 BlueBallast System (Ozone)	Provided (MEPC 60/INF.14)	Yes, please refer to MEPC 59/2/16, annex 6	MEPC 59/24, paragraph 2.8.
9	4 December 2009	Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	GloEn-Patrol™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 61/2/19)	Yes, please refer to MEPC 60/2/11, annex 4	MEPC 60/22, paragraph 2.7
10	19 January 2010	Merchant Shipping Directorate of Malta	NEI Treatment System VOS-2500-101	Provided (BWM.2/Circ.25)	Please refer to circular BWM.2/Circ.25	Not applicable
11	5 March 2010	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	Hitachi Ballast Water Management System (ClearBallast)	Provided (MEPC 61/INF.21)	Yes, please refer to MEPC 59/2/19, annex 4	MEPC 59/24, paragraph 2.8
12	26 May 2010 and 25 March 2011	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	JFE BallastAce® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 62/INF.25)	Yes, please refer to MEPC 60/2/12, annex 5	MEPC 60/22, paragraph 2.7
13	1 September 2010	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	CleanBallast® 500-1 ballast water management system (formerly named RWO Ballast Water Management System (CleanBallast))	Provided (MEPC 67/INF.29)	Yes, please refer to MEPC 59/2/16, annex 5	MEPC 59/24, paragraph 2.8
14	28 January 2011	China Maritime Safety Administration	BalClor™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 62/INF.29)	Yes, please refer to MEPC 61/2/15, annex 9	MEPC 61/24, Paragraph 2.7.3

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
15	19 April 2011 Renewal 18 January 2013	The South African Department of Transport The South African Department of Transport	Resource Ballast Technologies System	Provided (MEPC 62/INF.18) Provided (MEPC 65/INF.26)	Yes, please refer to MEPC 60/2/11, annex 7	MEPC 60/22, paragraph 2.7
16	16 February 2011	China Maritime Safety Administration	Blue Ocean Shield Ballast Water Management System	Provided (MEPC 62/INF.28)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 62/INF.28)	Not applicable
17	10 March 2011	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Maritime Directorate	PureBallst 2.0 and PureBallast 2.0 Ex	Provided (MEPC 62/INF.14)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 62/INF.14)	Not applicable
18	16 March 2011	The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	EcoBallast Ballast Water Management System (Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.)	Provided (MEPC 63/INF.5)	Yes, please refer to MEPC 59/2/16, annex 8	MEPC 60/22, paragraph 2.13
19	28 March 2011	China Maritime Safety Administration	BSKY™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 62/INF.30)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 62/INF.30)	Not applicable
20	29 April 2011	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	Ocean Protection System® OPS-250	Provided (MEPC 67/INF.27)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Germany (please refer to MEPC 67/INF.27)	Not applicable
21	6 June 2011	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	FineBallast® OZ (the Special Pipe Hybrid Ballast Water Management System combined with Ozone treatment version)	Provided (MEPC 63/INF.12)	Yes, please refer to MEPC 61/2/15, annex 6	MEPC 61/24, paragraph 2.7

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
22	27 July 2011	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	BalPure® BP-500	Provided (MEPC 64/INF.20)	Yes, please refer to MEPC 61/2/21, annex 7	MEPC 61/24, paragraph 2.7
23	6 August 2011	Office of the Maritime Administrator, Republic of the Marshall Islands	NEI Treatment System VOS-500 to VOS-6000	Available at request	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Marshall Islands (Letter of 9 August 2011)	Not applicable
24	31 October 2011	The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	Purimar™ System	Provided (MEPC 63/INF.6)	Yes, please refer to MEPC 62/2/18, annex 6	MEPC 62/24, paragraph 2.5
25	7 November 2011	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Maritime Directorate	OceanGuard™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 65/INF.2)	Yes, please refer to MEPC 61/2/21, annex 5	MEPC 61/24, paragraph 2.7
26	4 November 2011	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	Ecochlor® Ballast Water Treatment System, Series 75	Provided (MEPC 67/INF.26)	Yes, please refer to MEPC 61/2/21, annex 6	MEPC 61/24, paragraph 2.7
27	11 November 2011	The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	HiBallast™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 63/INF.4)	Yes, please refer to MEPC 62/2/18, annex 5	MEPC 62/24, paragraph 2.5
28	22 December 2011	Det Norske Veritas, on behalf of the Norwegian Maritime Directorate	OceanSaver® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 64/INF.4)	Yes, please refer to MEPC 58/2/8, annex 4	MEPC 58/23, paragraph 2.10

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
29	10 May 2012 Amended (1 st) 15 January 2015 Amended (2 nd) 19 October 2018	Hellenic Republic, Ministry of Development, Competitiveness and Shipping, General Secretariat of Shipping, Merchant Ships Inspection General Directorate, Design and Construction Directorate	ERMA FIRST BWTS ERMA FIRST BWTS	Provided (MEPC 64/INF.26) Amended (MEPC 68/INF.19) Amended (MEPC 74/INF.4)	Yes, please refer to MEPC 63/2/11, annex 5	MEPC 63/23, paragraph 2.7
30	30 May 2012	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	MICROFADE™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 64/INF.17)	Yes, please refer to MEPC 63/2/11, annex 6	MEPC 63/23, paragraph 2.7
31	12 June 2012	China Maritime Safety Administration	Cyeco™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 64/INF.12)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 64/INF.12)	Not applicable
32	15 June 2012	The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	AquaStar™ Ballast Water Management System (subsequently changed to AquaStar™ BWMS and MACGREGOR WATER BALLAST TREATMENT SYSTEM)	Provided (MEPC 64/INF.18)	Yes, please refer to MEPC 63/2/11, annex 7	MEPC 63/23, paragraph 2.7
33	12 July 2012	The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Republic of Korea	ARA PLASMA BWTS Ballast Water Management System	Provided (MEPC 64/INF.33)	Yes, please refer to MEPC 61/2/15, annex 8	MEPC 61/24, paragraph 2.7
34	27 August 2012	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	BallastMaster ultraV 250 ballast water management system (formerly named AquaTriComb BW 250)	Provided (MEPC 67/INF.28)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Germany (please refer to MEPC 67/INF.28)	Not applicable

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
35	20 September 2012	The Norwegian Maritime Authority	CrystalBallast® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 65/INF.13)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 65/INF.13)	Not applicable
36	7 November 2012	The Danish Maritime Authority and the Danish Nature Agency	DESMI Ocean Guard OxyClean Ballast Water Management System	Provided (MEPC 65/INF.5)	Yes, please refer to MEPC 64/2/6, annex 4	MEPC 64/23, paragraph 2.6
37	12 December 2012	The Norwegian Maritime Authority	MMC Ballast Water Management System	Provided (MEPC 66/INF.9)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 66/INF.9)	Not applicable
38	20 December 2012	The Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment	Wärtsilä AQUARIUS® UV ballast water management system	Provided (MEPC 65/INF.11)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of the Netherlands (please refer to MEPC 65/INF.11)	Not applicable
39	5 February 2013	China Maritime Safety Administration	BALWAT Ballast Water Management System	Provided (MEPC 66/INF.15)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 66/INF.15)	Not applicable
40	5 June 2013	French Ministry of Ecology Sustainable Development and Energy	BIO-SEA® Ballast Water Treatment System	Provided (MEPC 66/INF.10)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of France (please refer to MEPC 66/INF.10)	Not applicable
41	26 June 2013	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	JFE BallastAce	Provided (MEPC 66/INF.30)	Yes, please refer to MEPC 64/2/7, annex 5	MEPC 64/23, paragraph 2.6

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
42	22 August 2013	China Maritime Safety Administration	HY™-BWMS	Provided (MEPC 66/INF.14)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 66/INF.14)	Not applicable
43	10 October 2013	China Maritime Safety Administration	NiBallast™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 66/INF.12)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 66/INF.12)	Not applicable
44	4 November 2013	China Maritime Safety Administration	Cyeco™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 66/INF.16)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 66/INF.16)	Not applicable
45	5 November 2013	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	FineBallast MF	Provided (MEPC 66/INF.28)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Japan (please refer to MEPC 66/INF.28)	Not applicable
46	14 November 2013	The Norwegian Maritime Authority	KBAL Ballast Water Management System	Provided (MEPC 65/INF.12)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 65/INF.12)	Not applicable
47	2 December 2013	China Maritime Safety Administration	Seascope Ballast Water Management System	Provided (MEPC 66/INF.13)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 66/INF.13)	Not applicable
48	20 December 2013	The Norwegian Maritime Authority	Trojan Marinex™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 67/INF.6)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 67/INF.6)	Not applicable

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
50	24 February 2014	Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH)	SeaCURE BWMS SC-1500/1	Provided (MEPC 69/INF.13)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Germany (please refer to MEPC 69/INF.13)	MEPC 63/23, paragraph 2.7
51	27 March 2014	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	Miura BWMS ballast water management system	Provided (MEPC 67/INF.20)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Japan (please refer to MEPC 67/INF.20)	Not applicable
52	30 April 2014	Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany	Cathelco Ballast Water Management System – A2	Provided (MEPC 67/INF.30)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Germany (please refer to MEPC 67/INF.30)	Not applicable
53	18 June 2014	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	ECOMARINE ballast water management system	Provided (MEPC 67/INF.21)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Japan (please refer to MEPC 67/INF.21)	Not applicable
54	30 June 2014	The Norwegian Maritime Authority	Alfa Laval PureBallast 3.0 Ballast Water Management System	Provided (MEPC 67/INF.5)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 67/INF.5)	Not applicable
55	11 July 2014	China Maritime Safety Administration	PACT marine™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 68/INF.5)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 68/INF.5)	Not applicable
56	5 September 2014	The Danish Maritime Authority and The Danish Nature Agency	RayClean™ BWTS	Provided (MEPC 68/INF.10)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Denmark (please refer to MEPC 68/INF.10)	Not applicable

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
57	21 October 2014	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	SKY-SYSTEM®	Provided (MEPC 68/INF.28)	Yes, please refer to MEPC 66/2/7, annex 4 and Corr.1	MEPC 66/21, paragraph 2.5
58	17 November 2014	China Maritime Safety Administration	OceanDoctor® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 68/INF.4)	Yes, please refer to MEPC 65/2/19, annex 7	MEPC 65/22 paragraph 2.8
59	5 January 2015	The Danish Maritime Authority and The Danish Nature Agency	Bawat™ BWMS	Provided (MEPC 68/INF.9)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Denmark (please refer to MEPC 68/INF.9)	Not applicable
60	27 January 2015	China Maritime Safety Administration	AHEAD®-BWMS ballast water management system	Provided (MEPC 69/INF.2)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 68/INF.2)	Not applicable
61	6 February 2015	United Kingdom, Maritime & Coastguard Agency	Coldharbour GLD™ Ballast Water Management System, incorporating types SeaGuardian™ IGG500 to IGG6000	Provided (MEPC 68/INF.27)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of the United Kingdom (please refer to MEPC 68/INF.27)	Not applicable
62	28 February 2015	China Maritime Safety Administration	YP-BWMS ballast water management system	Provided (MEPC 69/INF.5)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 69/INF.5)	Not applicable
63	8 May 2015	Ministry of Oceans and Fisheries of Republic of Korea	EcoGuardian™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 69/INF.31)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of the Republic of Korea (please refer to MEPC 69/INF.31)	MEPC 65/22, paragraph 2.8

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
64	8 September 2015	Ministry of Oceans and Fisheries of the Republic of Korea	BlueZone™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 69/INF.32)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of the Republic of Korea (please refer to MEPC 69/INF.32)	MEPC 67/20, paragraph 2.6
65	12 September 2015	China Maritime Safety Administration	NiBallast™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 69/INF.3)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 69/INF.3)	Not applicable
66	19 November 2015	Netherlands Shipping Inspectorate, Ministry of Infrastructure and the Environment	Van Oord Ballast Water Management System	Provided (MEPC 69/INF.15)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Norway (please refer to MEPC 69/INF.15)	Please see MEPC 65/22, paragraph 2.5
67	21 December 2015	China Maritime Safety Administration	Seascape® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 69/INF.4)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 69/INF.4)	Not applicable
68	23 December 2015	French Ministry of Ecology Sustainable Development and Energy	BIO-SEA® Ballast Water Treatment System (BWTS); Models BIO-SEA *30-55, BIO-SEA *30-87, BIO-SEA *60-55, BIO-SEA *60-87 and BIO-SEA *90-87	Provided (MEPC 70/INF.24)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of France (please refer to MEPC 70/INF.24)	Not applicable
69	11 January 2016	China Maritime Safety Administration	LeesGreen® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 70/INF.5)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 70/INF.5)	Not applicable

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
70	15 April 2016	China Maritime Safety Administration	PACT Marine™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 70/INF.4)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of China (please refer to MEPC 70/INF.4)	Not applicable
71	27 July 2016	Singapore	Semb-Eco LUV 500 ballast water management system	Provided (MEPC 70/INF.22)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Singapore (please refer to MEPC 70/INF.22)	Not applicable
72	12 January 2017	Singapore	Semb-Eco LUV 500 & Semb-Eco LUV 1500 ballast water management system	Provided (MEPC 71/INF.12)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Singapore (please refer to MEPC 71/INF.12)	Not applicable
73	13 January 2017	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	KURITA BWMS	Provided (MEPC 71/INF.26)	Yes, please refer to MEPC 67/2/4, annex 6	Please see MEPC 67/20, paragraph 2.6
74	19 March 2017	Netherlands Shipping Inspectorate, Ministry of Infrastructure and the Environment	Damen InvaSave 300	Provided (MEPC 71/INF.4)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of the Netherlands (please refer to MEPC 71/INF.4)	Not applicable
75	30 March 2017	Inspection and Measurement Division, Maritime Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan	ATPS-BLUE _{sys}	Provided (MEPC 71/INF.27)	Yes, please refer to MEPC 69/4/5, annex 6	Please see MEPC 69/21, paragraph 4.6

Table 4 (continued)

	Approval Date	Name of the Administration	Name of the ballast water management system	Copy of Type Approval Certificate	Active Substance employed	MEPC report granting Final Approval
76	13 November 2017	Singapore	Semb-Eco LUV 250, Semb-Eco LUV 500, Semb-Eco LUV 750, Semb-Eco LUV 1000 and Semb-Eco LUV 1500 ballast water management system	Provided (MEPC 72/INF.2)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Singapore (please refer to MEPC 72/INF.2)	Not applicable
77	2 February 2018	Norwegian Maritime Authority	PureBallast 3.2 and PureBallast 3.2 Compact Flex ballast water management system	Provided (MEPC 72/INF.19)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Singapore (please refer to MEPC 72/INF.19)	Not applicable
78	6 April 2018 (revised 20 December 2018)	Norwegian Maritime Authority	BalClor® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.7)	Yes, please refer to MEPC 61/2/15, annex 9	MEPC 61/24, Paragraph 2.7.3
79	12 April 2018	French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy	BIO-SEA® B ballast water management system (BWMS); Models BIO SEA B01-0055 to BIO-SEA B14 2000	Provided (MEPC 73/INF.7)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of France (please refer to MEPC 73/INF.7)	Not applicable
80	21 September 2018	Danish Environmental Protection Agency and Danish Maritime Authority	CompactClean ballast water management system	Provided (MEPC 74/INF.32)	No Active Substances used according to the communication received from the Administration of Denmark (please refer to MEPC 74/INF.32)	Not applicable
81	14 December 2018	Norwegian Maritime Authority	OceanGuard® Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.9)	Yes, please refer to MEPC 61/2/21, annex 5	Please see MEPC 61/24, paragraph 2.7
82	19 December 2018	Norwegian Maritime Authority	HiBallast™ Ballast Water Management System	Provided (MEPC 74/INF.8)	Yes, please refer to MEPC 62/2/18, annex 5	MEPC 62/24, paragraph 2.5

83	20 December 2018	Norwegian Maritime Authority	Envirocleanse inTank™ Electro-chlorination Ballast Water Treatment System	Provided (MEPC 74/INF.6)	Yes, please refer to MEPC 73/4/1, annex 5	Please see MEPC 73/19, paragraph 4.4
----	------------------	------------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------------------

Note: all lists above updated in December 2019.

Παράρτημα 3 : Ευρήματα μελέτης Ευρωπαϊκών υδάτων του προγράμματος Horizon Scanning

Species	Present in EU	Taxonomic group	Native distribution range	Primary pathway(s) into Europe	Secondary pathway(s) within Europe	Feasibility of management
A. HS species already present in Europe that attained the highest scoring						
<i>Codium parvulum</i>	-	Macrophyte	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	No: established in Israel, Lebanon, Syria and Turkey, difficult taxonomy, prevention of dispersal to EU impossible
<i>Halimeda incrassata</i>	ES	Macrophyte	Tropical Atlantic	Hull, aquarium	Natural, hull	No: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible
<i>Engoquilla masarensis</i>	EL, IT, CY	Arthropod	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	No: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	FR, NL, BE, DE, SE, HR	Arthropod	Temperate northern Pacific	Ballast	Natural, ballast	Partially: effective mitigation of established populations difficult but secondary dispersal to other EU countries could be prevented through ballast management and early-warning eradication; risk assessed by IUCN (Galani & Zenetos, 2017)
<i>Penaeus pulchricaudatus</i>	CY, EL	Arthropod	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	No: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible
<i>Portunus segnis</i>	CY, EL, IT, MT	Arthropod	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural, ballast	Partially: secondary dispersal to other EU countries (mostly to non-Mediterranean EU marine waters) could be prevented through ballast management; population control and mitigation of ecological impacts could be attempted through targeted fisheries, and by promoting its consumption
<i>Pterois miles</i>	CY, EL, IT	Fish	Western Indo-Pacific, temperate southern Africa	Suez Canal, aquarium	Natural	Partially: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries is impossible; population control and mitigation of ecological impacts could be attempted through targeted fisheries, engaging recreational divers in removal actions, and by promoting its consumption
<i>Amphistegina labifera</i>	CY, EL, IT, MT	Foraminiferan	Western-Central Indo-Pacific	Ballast, Suez Canal	Natural, ballast	No:

(Continues)

Species	Present in EU	Taxonomic group	Native distribution range	Primary pathway(s) into Europe	Secondary pathway(s) within Europe	Feasibility of management
<i>Xenostrobus securis</i>	IT, ES, FR, SI	Mollusc	Central Indo-Pacific	Hull, aquaculture	Natural	microscopic, effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible Partially: prevention of secondary dispersal to other EU countries is rather impossible; mitigation of established populations could be attempted through targeted collections
<i>Rhopilema nomadica</i>	CY, EL, IT, MT	Cnidarian	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	No: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and control of established populations are impossible; however, potential mitigation of local impacts could be investigated through targeted fisheries and Blue Growth exploitation of jellyfish biomass for nutritional, cosmeceutical and pharmaceutical applications
<i>Lagocephalus sceleratus</i>	CY, EL, HR, IT, MT, ES	Fish	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	Partially: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries is impossible; population control and mitigation of ecological impacts could be attempted through targeted fisheries; risk of tetrodotoxin poisoning can be reduced through public awareness initiatives
<i>Chama pacifica</i>	CY, EL	Mollusc	Western-central-eastern Indo-Pacific, temperate northern Pacific	Suez Canal	Natural, hull	Partially: effective mitigation of established populations impossible but secondary dispersal to other EU countries (mostly to non-Mediterranean EU marine waters) could be prevented through hull management and early-warming eradication
<i>Spirobranchus kraisii</i>	-	Polychaete	Western Indo-Pacific, temperate southern Africa	Suez Canal, hull	Natural, hull	Partially: established in the Levantine Sea, secondary dispersal to the EU might be prevented through hull management and early-warming eradication
<i>Microcosmus exasperatus</i>	CY	Ascidian	Western-central Indo-Pacific	Suez Canal, hull	Natural, hull	Partially: effective mitigation of established populations impossible but secondary dispersal to other EU countries (mostly to non-Mediterranean EU marine waters) could be prevented through hull management and early-warming eradication
<i>Charybdis longicollis</i>	CY, EL	Arthropod	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	No: effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible

(Continues)

Species	Present in EU	Taxonomic group	Native distribution range	Primary pathway(s) into Europe	Secondary pathway(s) within Europe	Feasibility of management
<i>Herminonia monus</i>	CY, EL, MT	Ascidian	Western-central Indo-Pacific	Suez Canal, hull	Natural, hull	Partially: effective mitigation of established populations impossible but secondary dispersal to other EU countries (mostly to non-Mediterranean EU marine waters) could be prevented through hull management and early-warming eradication
<i>Molita victor</i>	EL, CY	Arthropod	Western-central Indo-Pacific	Suez Canal	Natural, ballast	Partially: established in the Levantine Sea, secondary dispersal to the EU (mostly to non-Mediterranean EU marine waters) could be prevented through ballast management and early-warming eradication
<i>Pseudodiptomus marinus</i>	BE, DE, FR, IT, ES, SI, HR	Arthropod	Temperate northern Pacific	Ballast	Natural	No: microscopic, difficult identification, effective prevention of secondary dispersal to other EU countries and mitigation of established populations are impossible
<i>Siganus luridus</i>	CY, EL, HR, IT, FR, MT	Fish	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	Partially: effective prevention of secondary dispersal to other EU is impossible; population control and mitigation of ecological impacts could be attempted through targeted fisheries and promoting consumption
<i>Siganus rivulatus</i>	CY, EL, HR, IT	Fish	Western Indo-Pacific	Suez Canal	Natural	Partially: effective prevention of secondary dispersal to other EU is impossible; population control and mitigation of ecological impacts could be attempted through targeted fisheries and promoting consumption
B. HS species absent from European seas that attained the highest scoring:						
<i>Didemnum perlucidum</i>	-	Ascidian	Unknown	Hull, ballast	Not applicable	Partially: difficult identification, effective prevention could be achieved by managing shipping and applying early-warming eradication
<i>Hydroides sanctaecrucis</i>	-	Polychaete	Tropical Atlantic	Hull	Not applicable	Partially: effective prevention could be achieved by managing shipping and applying early-warming eradication
<i>Zostera japonica</i>	-	Macrophyte	Temperate northern Pacific, central Indo-Pacific	Aquaculture	Not applicable	Yes: effective prevention can be achieved by managing oyster imports into Europe
<i>Caulerpa serrulata</i>	-	Macrophyte	Western-central Indo-Pacific, Tropical Atlantic	Aquarium	Not applicable	Yes: effective prevention can be achieved by managing aquarium trade

(Continues)

Species	Present in EU	Taxonomic group	Native distribution range	Primary pathway(s) into Europe	Secondary pathway(s) within Europe	Feasibility of management
<i>Perna perna</i>	-	Mollusc	Western-central Indo-Pacific	Hull ballast	Not applicable	Partially: effective prevention could be achieved by managing shipping and applying early-warming eradication
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	-	Macrophyte	Temperate northern Pacific, central Indo-Pacific	Other intentional release	Not applicable	Yes: effective prevention can be achieved by managing seaweed species imported for aquaculture cultivation in Europe