



[ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ]

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ
ΕΡΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ ΣΙΔΕΡΗ
2212013123

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΜΑΡΙΑ ΛΕΚΑΚΟΥ

ΧΙΟΣ, 2018

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Λεκάκου Μαρία,
Καθηγήτρια του τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του
Πανεπιστημίου Αιγαίου, για τη διαρκή της καθοδήγηση και τη δυνατότητα που μου
έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.*

ABSTRACT

Maritime navigation is one of the greatest factors of oceanic pollution. According to Lloyd's Register, almost 90% of international trade is carried out through transportation of goods at sea. Ship's ballast waters transport large numbers of organisms, which may become invasive in coastal regions. Invasive aquatic species, which are discharged from ships ballast water, are one of the greatest threats to the world's oceans, and may cause severe environmental, economic and public health impacts.

The purpose of this paper is to be able to understand the concept of marine ballast but also the various technologies and methods used for its processing and management. The aim is to be able to identify the impact of the BWTS on the cost of operating a ship.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ναυτιλία θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους ρυπαντές των ωκεανών. Σύμφωνα με τον Lloyd's Register περίπου το 90% του διεθνούς εμπορίου πραγματοποιείται μέσω των θαλασσίων οδών. Το θαλάσσιο έρμα των πλοίων μεταφέρει ένα μεγάλο αριθμό οργανισμό που είναι δυνητικά εισβολείς στις παράκτιες περιοχές. Οι θαλάσσιοι βιοεισβολείς που απορρίπτονται από τα πλοία αποτελούν απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον και μπορεί να προκαλέσουν αρκετά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα, όπως και θέματα στην ανθρώπινη υγεία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την έννοια του θαλάσσιου έρματος αλλά και τις διάφορες τεχνολογίες και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και διαχείρισης του. Στόχος είναι να μπορέσουμε να εντοπίσουμε τις επιπτώσεις της Σύμβασης Διαχείρισης του Θαλάσσιου Έρματος (BWTS) στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Εισαγωγή.....	1
1.2. Σκοπός & Στόχοι Εργασίας.....	2
1.3. Παρουσίαση Μεθοδολογίας Εργασίας	2
1.4. Διάρθρωση Εργασίας.....	3
2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	6
2.1. Εισαγωγή.....	6
2.2. Παράμετροι για τη Ρύπανση Υδάτων	7
2.3. Χρονική Διάρκεια & Αποικοδόμηση Ρύπανσης.....	9
2.4. Κύριοι Ρύποι & Ρυπαντές του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος	9
2.4.1. Γεωργικά Απόβλητα.....	10
2.4.2. Αποχετεύσεις Αστικών Κέντρων	11
2.4.3. Βαρέα Μέταλλα	12
2.4.4. Σύνθετες Οργανικές Ενώσεις.....	13
2.4.5. Ραδιενέργεια.....	13
2.4.6. Θερμική Μόλυνση των Υδάτων.....	14
2.4.7. Η Ατμόσφαιρα ως Ρυπαντής των Ωκεανών.....	15
3. ΝΑΥΤΙΛΙΑ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ	17
3.1. Η Παγκόσμια & Ελληνική Ναυτιλία	17
3.2. Η Θαλάσσια Ρύπανση	18
3.2.1. Ρύπανση από Πετρελαιοειδή	18
3.2.2. Ναυτικά Ατυχήματα.....	19
3.2.3. Ρύπανση από τις Διαδικασίες Λειτουργίας Πλοίου	20
3.2.4. Ρύπανση από Εκπομπές Αερίων Πλοίων.....	21

3.2.5. Ρύπανση από Διάβρωση και Ναυάγια	23
3.3. Νομικό Πλαίσιο.....	25
3.3.1. Διεθνές Επίπεδο.....	26
3.3.2. Ελληνική Νομοθεσία	27
3.3.3. Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος.....	30
4. Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ	33
4.1. Εισαγωγή.....	33
4.2. Το Πρόβλημα της Μεταφοράς Οργανισμών	33
4.3. Ορισμός Νερού Έρματος	35
4.4. Ο Ρόλος του Έρματος.....	36
4.5. Το Πρόβλημα των Θαλάσσιων Βιοεισβολέων.....	38
4.6. Οι Κυριότεροι Βιοεισβολείς.....	39
4.7. Επιπτώσεις της Βιοεισβολής στο Θαλάσσιο Περιβάλλον	40
5. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ	43
5.1. Εισαγωγή.....	43
5.2. Ανταλλαγή Θαλάσσιου Έρματος	44
5.3. Μηχανικός Διαχωρισμός	46
5.4. Χημική Επεξεργασία Θαλάσσιου Έρματος	47
5.5. Φυσική Επεξεργασία Θαλάσσιου Έρματος	49
5.6. Συνδυασμοί Μεθόδων Επεξεργασίας	51
5.7. Προβλήματα από τα Παράγωγα Επεξεργασίας (DBPs).....	52
5.8. Η Ελληνική Περίπτωση “ERMA FIRST”	54
6. Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ (BWTS).....	56
6.1. Εισαγωγή.....	56
6.2. Η Σύμβαση Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος.....	56
6.3. Η Παγκόσμια Αγορά Συστημάτων Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος.....	59

6.4. Οι Επιπτώσεις της Σύμβασης στο Κόστος Λειτουργίας ενός Πλοίου.....	62
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Εκτιμώμενη τιμή αγοράς συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος	66
Πίνακας 2. Ετήσιο κόστος συντήρησης συστήματος BWTS	67
Πίνακας 3. Κόστος κύκλου ζωής ανά μετρικό τόνο επεξεργασμένου έρματος (Βάσει ενός αναμενόμενου κύκλου ζωής 25 ετών)	68

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης Σύμβασης BWTS στα υφιστάμενα πλοία	61
Γράφημα 2. Εκτίμηση συνολικής αξίας συστημάτων BWT παγκοσμίως (2012-2021)	62
Γράφημα 3. Κόστη ανά m^3 επεξεργασμένου νερού έρματος.....	64
Γράφημα 4. Κόστη ανά m^3 επεξεργασμένου νερού έρματος για διαφορετικό αριθμό ταξιδιών ανά έτος.....	65

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εισαγωγή

Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Εφόσον τα δυο τρίτα του πλανήτη μας καταλαμβάνονται από θάλασσα, εκφράζονται ιδιαίτερες ανησυχίες για τη θαλάσσια ρύπανση, η οποία όπως ορίσθηκε από μια ομάδα ειδικών του ΟΗΕ (GESAMP) είναι:

*«η εισαγωγή από τον άνθρωπο στο θαλάσσιο περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένων και των εκβολών των ποταμών) ουσιών η ενέργειας, άμεσα η έμμεσα με αποτέλεσμα δηλητηριώδεις συνέπειες, όπως βλάβες σε έμβιους οργανισμούς, κίνδυνους για την ανθρώπινη υγεία, παρεμπόδιση θαλάσσιων δραστηριοτήτων συμπεριλαμβανομένης της αλιείας, μείωση της ποιότητας για τη χρήση του θαλασσινού νερού και ελάττωση της θελκτικότητας των υδάτων»
(Ικαρος, 2009)*

Εκτιμάται ότι το 60% στην Ευρώπη (Europan.eu, 2010) και το 90% παγκοσμίως της μεταφοράς φορτίων γίνεται μέσω των πλοίων. Από το 1880 τα πλοία κάνουν χρήση νερού έρματος και εκτιμάται ότι σήμερα 3-10 δισεκατομμύρια τόνοι θαλάσσιου νερού έρματος μεταφέρονται παγκοσμίως κάθε χρόνο, από τα οποία 5.5 εκατομμύρια λίτρα την ώρα ρίχνονται πίσω στη θάλασσα και καθημερινά, κάπου 7000 είδη ζωντανών οργανισμών μεταφέρονται με το νερό έρματος (International Chamber of Shipping, 2010).

Η εξάπλωση αυτών των εισβολέων αναγνωρίζεται σήμερα ως μία από τις μεγαλύτερες απειλές για την οικολογική και οικονομική ευημερία του πλανήτη. Έρευνες έδειξαν πως ο θαλάσσιος σκώληκας το 1993 στη Βαλτική Θάλασσα έχει προκαλέσει οικονομική ζημιά εκτιμωμένης αξίας € 25.000.000, ενώ τα κινέζικα καβούρια mitten στα Γερμανικά ύδατα εκτιμάται ότι προκάλεσαν ζημιά ύψους € 85.000.000. Εκτιμάται ότι το συνολικό κόστος στην Ευρώπη ανέρχεται στα 11 δισεκατομμύρια ευρώ. Από οικολογικής άποψης έχει αποδειχθεί ότι τα είδη αυτά

προκαλούν τεράστιες ζημιές στη βιοποικιλότητα και τον πολύτιμο φυσικό πλούτο της γης, από τα οποία εμείς εξαρτόμαστε με αποτέλεσμα να αποτελούν μία από τις τέσσερις μεγαλύτερες απειλές για τους ωκεανούς του πλανήτη. Σε αντίθεση με άλλες μορφές θαλάσσιας ρύπανσης, όπως πετρελαιοκηλίδες, όπου βελτιωτική δράση μπορεί να αναληφθεί και από την οποία το περιβάλλον θα ανακάμψει τελικά, οι επιπτώσεις των θαλάσσιων χωροκατακτητικών ειδών είναι πιο συχνά μη αναστρέψιμες.

Για την αποτροπή διεύρυνσης αυτού του προβλήματος γίνονται συνεχείς προσπάθειες ανάπτυξης σύγχρονων μεθόδων και συστημάτων διαχείρισης νερού έρματος, με σκοπό την απομάκρυνση η/και απενεργοποίηση των μικροοργανισμών που εισέρχονται στις δεξαμενές νερού έρματος.

1.2. Σκοπός & Στόχοι Εργασίας

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση των μεταφορών που πραγματοποιούνται μέσω της ποντοπόρου ναυτιλίας έχει παίξει σημαντικό ρόλο στη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Το έρμα ως κύριος παράγοντας ευστάθειας των πλοίων συμβάλει στη διατάραξη της ισορροπίας της θαλάσσιας οικολογίας και αποτελεί το ένα από τα βασικά ζητήματα μελέτης στην παρούσα εργασία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την έννοια του θαλάσσιου έρματος αλλά και τις διάφορες τεχνολογίες και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και διαχείρισης του. Στόχος είναι να μπορέσουμε να εντοπίσουμε τις επιπτώσεις της Σύμβασης Διαχείρισης του Θαλάσσιου Έρματος (BWTS) στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου.

1.3. Παρουσίαση Μεθοδολογίας Εργασίας

Για να επιτευχθούν οι σκοποί της παρούσας εργασίας, αρχικά γίνεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση για όλα τα σχετικά θέματα. Αναλύεται το θαλάσσιο έρμα ως έννοια και οι προεκτάσεις του σχετικά με τις τεχνολογίες που συνοδεύουν

την επεξεργασία και τη διαχείριση του από τα πλοία και άλλα συναφή ζητήματα. Επιπλέον, εξετάζεται η Σύμβαση Διαχείρισης του Θαλάσσιου Έρματος (BWTS).

Η δομή που ακολουθείται περιλαμβάνει την ανάλυση δεδομένων που αφορούν τη μεταφορά μη ιθαγενών οργανισμών, τα ζητήματα που δημιουργούνται, σημαντικές περιπτώσεις βιοεισβολής που έχουν σημειωθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και τους σημαντικότερους τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος, ώστε να αμβλυνθούν οι αρνητικές περιπτώσεις που προκύπτουν από την απόρριψή του.

1.4. Διάρθρωση Εργασίας

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να κατανοήσουμε την έννοια του θαλάσσιου έρματος αλλά και τις διάφορες τεχνολογίες και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και διαχείριση του και να μπορέσουμε να εντοπίσουμε τις επιπτώσεις της Σύμβασης Διαχείρισης του Θαλάσσιου Έρματος (BWTS) στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου. Η προσέγγιση αυτή πραγματοποιείται με βιβλιογραφική έρευνα.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί το εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας, στο οποίο βρισκόμαστε. Παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, καθώς και η μέθοδος ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το ζήτημα της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Αρχικά, λοιπόν, αναλύονται οι παράμετροι για τη ρύπανση των υδάτων και η χρονική διάρκεια και αποδόμηση της ρύπανσης. Εν συνεχεία, αναλύονται οι κυριότεροι ρύποι και ρυπαντές του θαλάσσιου περιβάλλοντος και συγκεκριμένα, τα γεωργικά απόβλητα, τις αποχετεύσεις των αστικών κέντρων, τα βαρέα μέταλλα, τις σύνθετες οργανικές ενώσεις, τη ραδιενέργεια, τη θερμική μόλυνση των υδάτων και την ατμόσφαιρα ως ρυπαντή των ωκεανών.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ναυτιλία και η θαλάσσια ρύπανση, αλλά και το νομικό πλαίσιο. Αναλυτικότερα, σε πρώτη φάση παρουσιάζεται η

παγκόσμια και ελληνική ναυτιλία και ακολούθως, η θαλάσσια ρύπανση και συγκεκριμένα η ρύπανση από τα πετρελαιοειδή, τα ναυτικά ατυχήματα, η ρύπανση από τις διαδικασίες λειτουργίας των πλοίων, η ρύπανση από εκπομπές των αερίων των πλοίων και τέλος, η ρύπανση από τη διάβρωση και τα ναυάγια. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται και αναλύεται το νομικό πλαίσιο για τη προστασία από τη θαλάσσια ρύπανση, τόσο σε διεθνές, όσο και σε τοπικό επίπεδο. Τέλος, αναλύεται το νομοθετικό πλαίσιο που περικλείει τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεταφορά του θαλάσσιου έρματος. Συγκεκριμένα, αρχικά παρουσιάζεται το πρόβλημα της μεταφοράς οργανισμών και ορίζεται το νερό έρματος. Εν συνεχεία, αναλύεται ο ρόλος του νερού έρματος στα πλοία, το πρόβλημα των θαλάσσιων βιοεισβολέων, περιγράφοντας τους κυριότερους από αυτούς, αλλά και οι επιπτώσεις της βιοεισβολής στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαχείριση του θαλάσσιου έρματος από τα πλοία. Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται η ανταλλαγή του θαλάσσιου έρματος, ο μηχανικός διαχωρισμός, η χημική και φυσική επεξεργασία του θαλάσσιου έρματος αλλά και ο συνδυασμός διαφόρων μεθόδων. Ακολούθως, αναφέρονται και αναλύονται τα διάφορα προβλήματα από τα παράγωγα της επεξεργασίας (DBPs).

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Σύμβαση Διαχείρισης του Θαλάσσιου Έρματος (BWTS). Σε πρώτη φάση, πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή μέχρι της στιγμή της υπογραφής της Σύμβασης και ακολούθως περιγράφεται η ίδια. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η παγκόσμια αγορά συστημάτων διαχείρισης θαλάσσιου έρματος από τις ναυτιλιακές εταιρείες και τέλος, αναλύονται οι επιπτώσεις της Σύμβασης στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου.

2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.1. Εισαγωγή

Η ρύπανση του θαλάσσιου ορίζοντα είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που, ειδικότερα τις τελευταίες δεκαετίες, έχει λάβει σημαντικές διαστάσεις. Η θάλασσα, είτε με τη μορφή ωκεανών είτε με τη μορφή κλειστών θαλασσών, αποτελεί ένα θεμελιώδες κομμάτι της ζωής στον πλανήτη.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο ΟΗΕ η θαλάσσια ρύπανση είναι: «η εισαγωγή από τον άνθρωπο στο θαλάσσιο περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένων και των εκβολών των ποταμών) ουσιών ή ενέργειας, με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία δηλητηριωδών συνεπειών όπως βλάβες σε έμβιους οργανισμούς, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, παρεμπόδιση θαλάσσιων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας, μείωση της ποιότητας για τη χρήση του θαλάσσιου νερού και ελάττωση της θελκτικότητας των υδάτων». Είναι χαρακτηριστικό ότι στον ορισμό του ΟΗΕ γίνεται σαφής αναφορά του ανθρώπινου παράγοντα στη ρύπανση εξαιρώντας έτσι τις αλλοιώσεις του θαλάσσιου περιβάλλοντος από άλλες εισροές, όπως π.χ. φυσικές εισροές που προκύπτουν από ηφαίστεια, κτλ. Να σημειωθεί επίσης ότι ο διαχωρισμός της ρύπανσης (pollution) με τη μόλυνση (contamination) έγκειται στην απουσία δυσμενών επιπτώσεων μετά από απόρριψη κάποιας ουσίας στο θαλάσσιο περιβάλλον από τον άνθρωπο όπως συμβαίνει στη δεύτερη περίπτωση (Sano et al., 2005).

Όπως είναι φυσικό, αφού η ρύπανση προκαλείται από την παρουσία ανθρώπινου παράγοντα, τα κυριότερα προβλήματα παρουσιάζονται κατά μήκος των ακτογραμμών, κοντά στα αστικά κέντρα και σε περιοχές που εμφανίζουν έντονη βιομηχανική δραστηριότητα όπως και σε εκβολές ποταμών, ιδιαίτερα σε καλλιεργήσιμες περιοχές (Sano et al., 2005).

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού προσομοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με τις ιδιότητες του γλυκού νερού αλλά και με αρκετές και σημαντικές διαφορές. Η θερμοκρασία των υδάτων της θάλασσας εμφανίζει έντονες

διακυμάνσεις κάτι που σε ένα βαθμό αποδίδεται στην υψηλή θερμοχωρητικότητα του αλλά και στη γεωγραφία και τη γεωμορφολογία της κάθε περιοχής. Όσον αφορά τις χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού είναι μεταβαλλόμενες σε βραχυχρόνιο επίπεδο (λόγω βιολογικών διεργασιών, εισροή ξένων ουσιών, αλλαγές στη θερμοκρασία) αλλά και σε μακροχρόνιο (αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, αλλαγές στη μορφολογία λόγω φυσικών φαινομένων). Η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου, που αποτελεί βασικό συστατικό για την επιβίωση των αερόβιων θαλάσσιων οργανισμών, ποικίλει ανάλογα με το βάθος και τη γεωγραφική περιοχή (Sano et al., 2005).

Πηγή του οξυγόνου είναι το φυτοπλαγκτόν (μέσω της φωτοσύνθεσης) και ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το διοξείδιο του άνθρακα συναντάται στο θαλάσσιο περιβάλλον σε συγκεντρώσεις πολλαπλάσιες σε σχέση με την ατμόσφαιρα, κυρίως με τη μορφή όξινων ανθρακικών ιόντων και αποτελεί κομβικό στοιχείο για την παραγωγή οξυγόνου από το φυτοπλαγκτόν. Το PH του θαλασσινού νερού σε σχέση με του γλυκού νερού, είναι αυξημένο και κυμαίνεται από 7,5 - 8,5. Με τον όρο αλατότητα (salinity) θαλασσινού νερού εννοείται η συνολική ποσότητα στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε ένα κιλό θαλασσινού νερού όταν όλα τα ανθρακικά ιόντα έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα και τα ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί με χλωριούχα και τα οργανικά έχουν οξειδωθεί, ενώ χλωρότητα (chlorinity) είναι η συνολική ποσότητα αλογόνων σε γραμμάρια ανά κιλό θαλασσινού νερού. Όπως και για τις προηγούμενες χημικές ιδιότητες που αναφέρθηκαν, η ποσότητά τους εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, τη γεωμορφολογία του πυθμένα και το βάθος. Ενδεικτικά αναφέρονται ποσότητες ορισμένων στοιχείων, όπως: ιόντα χλωρίου 20gr/kg, ιόντα νατρίου 10gr/kg, θειικά ιόντα 2,6gr/kg (Sano et al., 2005).

2.2. Παράμετροι για τη Ρύπανση Υδάτων

Οι βασικότεροι παράμετροι για την περιγραφή των ρύπων είναι το BOD, το COD και το TOC (Sano et al., 2005).

- Το BOD είναι το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο και η συνήθης χρησιμοποιούμενη παράμετρος για την μέτρηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων και των ρυπασμένων υδάτινων σωμάτων. Το ολικό BOD (ή BOD_u) μιας ποσότητας νερού ορίζεται ως η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχομένων οργανικών υλών. Ως μέτρο χρησιμοποιείται συνήθως το BOD₅ που είναι το BOD που χρειάζεται τις πρώτες πέντε μέρες σε σταθερή θερμοκρασία 20°C. Η ταχύτητα της βιολογικής οξείδωσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και από το είδος των οργανικών υλών του νερού και των λυμάτων. Το BOD αποτελεί μια αξιόπιστη μέθοδο μέτρησης αφού μετρά άμεσα το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης δηλαδή την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί.
- Το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (ή COD) είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η χρήση του COD πολλές φορές προτιμάται σε σχέση με το BOD λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας που προσφέρει για την αναγωγή αποτελεσμάτων (2-3 ώρες αντί για 5 μέρες). Επειδή το COD μετρά τόσο τη βιοδιασπάσιμη όσο και τη μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη αποτελεί λιγότερο αντιπροσωπευτικό μέτρο των αποξυγονωτικών διαδικασιών σε σχέση με το BOD.
- Ο ολικός οργανικός άνθρακας (ή TOC) είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται, κυρίως για την ανίχνευση μικρών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης και ειδικότερα για την μέτρηση της καταλληλότητας του πόσιμου νερού και όχι τόσο για την ποιότητα του νερού της θάλασσας.

Μία τελευταία παράμετρος που είναι χρήσιμη για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού είναι η ύπαρξη (και ο βαθμός) διαλυμένου οξυγόνου. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) μετράται είτε σε ppm είτε σε mg/l και είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία των υδάτων (αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό). Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζεται επίσης από την αλατότητα του

υδάτινου αποδέκτη κάτι που έχει ως συνέπεια τα θαλάσσια νερά να εμφανίζουν αρκετά μικρότερες συγκεντρώσεις κορεσμού σε σχέση με τα γλυκά στην ίδια θερμοκρασία (Sano et al., 2005).

Η συγκέντρωση κορεσμού είναι η μέγιστη δυνατή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου που δύναται να έχει ο υδάτινος αποδέκτης και στην περίπτωση που η παρατηρούμενη συγκέντρωση είναι μικρότερη, εμφανίζεται το φαινόμενο της οξυγόνωσης (οξυγόνο από την ατμόσφαιρα διαλύεται στο νερό). Στο θαλασσινό νερό θεωρείται ότι υπάρχει σημαντική οικολογική διαταραχή όταν το διαλυμένο οξυγόνο είναι κατά 5 - 10% χαμηλότερο από την καθορισμένη τιμή κορεσμού (Sano et al., 2005).

2.3. Χρονική Διάρκεια & Βιο-διάπαση Ρύπανσης

Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την βιο-διάπαση του ρύπου εξαρτάται από τον τύπο του ρύπου και κατά συνέπεια από τον τρόπο που αποικοδομείται. Οι τρόποι είναι η εξάτμιση του ρύπου, η αραίωση - διάχυση, η γαλακτοματοποίηση, η οξείδωση, η βιοαποικοδόμηση, η προσρόφηση σε σωματίδια, η αποδόμηση από το ζωοπλαγκτόν και η ιζηματοποίηση.

Όσον αφορά την έκταση της ρύπανσης αυτή εξαρτάται τόσο από τον ρύπο και την πηγή όσο και από τις επικρατούσες στην περιοχή συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα παίζει ρόλο το είδος και η ποσότητα του ρύπου, η ταχύτητα και η διάρκεια εκροής, η κατεύθυνση και η ένταση των ανέμων, των κυμάτων και των ρευμάτων, η συγκέντρωση του ρύπου, το θαλάσσιο επίπεδο στο οποίο πραγματοποιείται η εκροή (βάθος απόρριψης) και η τοπογραφία και μορφολογία του πυθμένα.

2.4. Κύριοι Ρύποι & Ρυπαντές του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος

Στην ενότητα που ακολουθεί θα αναλυθούν διεξοδικά οι κυριότεροι ρυπαντές και ρύποι που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον πλην του τομέα της

ναυτιλίας και των πετρελαιοειδών. Σε γενικές γραμμές η θαλάσσια ρύπανση χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στη ρύπανση της ανοικτής θάλασσας (για την οποία όπως είναι φυσικό ευθύνονται κυρίως οι θαλάσσιες μεταφορές) και στη ρύπανση των παράκτιων υδάτων και της υφαλοκρηπίδας που αποδίδεται ευθέως στην ολοένα αυξανόμενη συγκέντρωση ανθρώπινων πληθυσμών στις παραθαλάσσιες περιοχές ως αποτέλεσμα της γενικής αύξησης του πληθυσμού στον πλανήτη (Zhang et al., 2003).

Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα σοβαρό ποσοστό των πυκνοκατοικημένων αστικών κέντρων - μητροπόλεων βρίσκεται κατά μήκος των ακτών (Νέα Υόρκη, Τόκιο, Σαγκάη, Βομβάη, Αλεξάνδρεια κ.α.) κάτι που επιβαρύνει τα παράκτια οικοσυστήματα συνέπεια της έντονη παραγωγικής και βιομηχανικής δραστηριότητας που επικρατεί σε αυτές. Πέρα από τις προφανείς εστίες ρύπανσης που εντοπίζονται στα αστικά κέντρα και πέριξ αυτών δημιουργούνται και δευτερογενή προβλήματα όπως εγγειοβελτιωτικές κατασκευές (φράγματα που εμποδίζουν το γλυκό νερό να κατευθυνθεί στη θάλασσα με αποτέλεσμα τη μείωση της αλατότητας) και αγροτικές δραστηριότητες (ρυζοκαλλιέργειες που τροποποιούν τη ροή θρεπτικών στοιχείων στη θάλασσα) (Zhang et al., 2003).

Σε κάθε περίπτωση τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν στο θαλάσσιο περιβάλλον από την ανθρώπινη δραστηριότητα εντοπίζονται στους τομείς των υδρογονανθράκων πετρελαίου, στα βαρέα μέταλλα, στις αποχετεύσεις, στα αγροτικά υπολείμματα, στις οργανικές ενώσεις και στις ραδιενεργές ουσίες (Zhang et al., 2003).

2.4.1. Γεωργικά Απόβλητα

Η εκτεταμένη χρήση γεωργικών λιπασμάτων σε περιοχές που παρατηρούνται έντονες αγροτικές εκμεταλλεύσεις έχει ως αποτέλεσμα της αναπόφευκτη διαρροή σημαντικών ποσοτήτων στη θάλασσα, είτε μέσω των ποταμών είτε μέσω του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ιδίως σε περιοχές που βρίσκονται πλησίον της ακτογραμμής. Τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα (βασικά συστατικά των γεωργικών λιπασμάτων) έχουν την ίδια επίδραση στο θαλάσσιο

περιβάλλον όπως και στην ξηρά. Συνέπεια αυτού είναι η ανάπτυξη της θαλάσσιας χλωρίδας λόγω της περίσσειας των θρεπτικών ουσιών και η ανεξέλεγκτη παραγωγή φυκιών που σαφώς και διαταράσσει την υπάρχουσα ισορροπία των θαλάσσιων κοινοτήτων (Zhang et al., 2003).

Αυτό το φαινόμενο στη βιβλιογραφία είναι γνωστό ως ευτροφισμός και γίνεται πιο εμφανές σε σχετικά κλειστούς κόλπους όπου η ανταλλαγή υδάτων με την ανοικτή θάλασσα γίνεται σε περιορισμένο βαθμό. Τέτοια φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί κατά το παρελθόν στις βόρειες σκανδιναβικές χώρες ενώ επίσης απειλείται η λεκάνη της Μεσογείου, η Αδριατική και χώρες της Ασίας όπως η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα (Zhang et al., 2003).

2.4.2. Αποχετεύσεις Αστικών Κέντρων

Οι αποχετεύσεις μεγάλων αστικών κέντρων που βρίσκονται κατά μήκος της ακτογραμμής μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση στο θαλάσσιο περιβάλλον εφόσον οι εκροές διατεθούν χωρίς να έχει προηγηθεί η προβλεπόμενη επεξεργασία. Η θαλάσσια ισορροπία διαταράσσεται εξ αιτίας της σύστασης των εκροών αυτών που αποτελείται από νερό, αιωρούμενα σωματίδια, μικροοργανισμούς και σε ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση οργανικές ουσίες και θρεπτικά συστατικά. Οι επιπτώσεις που ακολουθούν είναι η μόλυνση των ακτών (υποβάθμιση τουριστικών περιοχών), η μόλυνση των θαλάσσιων οργανισμών και εντέλει η υγεία του πληθυσμού (Zhang et al., 2003).

Η υψηλή περιεκτικότητα των εκροών των αποχετεύσεων σε οργανική ουσία είναι επίσης δυνατό να οδηγήσει σε φαινόμενα ευτροφισμού όπως στην περίπτωση της διαρροής γεωργικών λιπασμάτων. Για την αποφυγή των παραπάνω δυσάρεστων συνεπειών επιβάλλεται οι αποχετεύσεις να μην καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον χωρίς να έχει προηγηθεί η επεξεργασία των λυμάτων που οδηγεί στην αφαίρεση παθογόνων και μικροοργανισμών (Zhang et al., 2003).

Η μέθοδος που (κατά κανόνα) ακολουθείται είναι η βιολογική επεξεργασία με τρόπους όπως το φιλτράρισμα, η καθίζηση και η χλωρίωση των λυμάτων. Για την απόρριψη των εκροών των αποχετεύσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον υπάρχουν

θεσμικά πλαίσια που καθορίζουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται με βάση κρίσιμες τιμές. Η Ελλάδα ακολουθεί τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο συγκεκριμένο ζήτημα και οφείλει να εναρμονίζεται με αυτήν (Zhang et al., 2003).

2.4.3. Βαρέα Μέταλλα

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες φέρουν σε κάποιο βαθμό ευθύνη για την κατάληξη ποσοτήτων βαρέων μετάλλων στο θαλάσσιο ορίζοντα αν και η βασικότερη πηγή εισροής του εν λόγω ρυπαντή είναι φυσική. Πιο συγκεκριμένα υψηλή περιεκτικότητα βαρέων μετάλλων παρατηρείται σε περιοχές που πλήττονται από έντονες ηφαιστειακές αναταράξεις ή ακόμα από διαβρώσεις βράχων που περιέχουν βαρέα μέταλλα στη σύστασή τους. Σε περιοχές που πραγματοποιείται επεξεργασία κοιτασμάτων ορυκτού θείου υδραργύρου έχουν εντοπισθεί υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης υδραργύρου ενώ στις θάλασσες της Βόρειας Ευρώπης έχει ανιχνευτεί υψηλή συγκέντρωση καδμίου (Zhang et al., 2003).

Τα βαρέα μέταλλα μακροπρόθεσμα έχουν τοξική επίδραση στους υδρόβιους οργανισμούς, ορισμένα θεωρούνται ύποπτα για καρκινογενέσεις (κυρίως το κάδμιο) ενώ ένα από τα σημαντικότερα οικολογικά ζητήματα που προκύπτουν είναι η βιοσυσσώρευση. Η βιοσυσσώρευση είναι αποτέλεσμα της κατακράτησης των ρύπων που έχουν εισέλθει στους ιστούς των ζωικών οργανισμών μέσω της αναπνοής και της διατροφής τους. Πολλά είδη της θαλάσσιας πανίδας έχουν την ιδιότητα να κατακρατούν και να βιοσυσσωρεύουν τους ρύπους κατά εκατοντάδες φορές με αποτέλεσμα να γίνονται επικίνδυνα για την υγεία των θηρευτών τους, στους οποίους συγκαταλέγεται και ο άνθρωπος. Με τα βαρέα μέταλλα συνδέεται το φαινόμενο της βιομεταφοράς (διαδοχικής μεταφοράς του ρύπου μέσω της τροφικής αλυσίδας) και της βιομεγέθυνσης (αύξησης συγκέντρωσης του ρύπου από κατώτερο τροφικό επίπεδο σε ανώτερο) (Zhang et al., 2003).

2.4.4. Σύνθετες Οργανικές Ενώσεις

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από ρύπους που εντάσσονται στις σύνθετες οργανικές ενώσεις αποδίδεται αποκλειστικά σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και έρχεται ως συνέπεια της ικανότητας της χημικής βιομηχανίας να δημιουργεί καινούργιες ενώσεις που εξυπηρετούν τη βιομηχανία κατά κύριο λόγο και έχουν εμπορικές χρήσεις. Ορισμένες από τις σύνθετες οργανικές ενώσεις είναι τοξικές και δύσκολα βιοδιασπώμενες με αποτέλεσμα να μένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα στο περιβάλλον. Στην ως άνω κατηγορία ανήκουν ουσίες χημικού καθαρισμού (τετραχλωράνθρακας), διαλυτικά (χλωροφόρμιο), παρασιτοκτόνα και πολλά άλλα (Zhang et al., 2003).

Οι δυσμενείς συνέπειες που προκαλούνται στο περιβάλλον από τη χρήση των Σ.Ο.Α. έχουν οδηγήσει στον περιορισμό και την απόσυρση από την αγορά πολλών από αυτά (π.χ. DDT) αν και το χαμηλό κόστος τους τα καθιστά ελκυστικά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε τρίτες χώρες όπου, για μια σειρά από λόγους, το νομικό πλαίσιο παραμένει χαλαρό. Οι επιπτώσεις από την απόρριψη των Σ.Ο.Ε. στο θαλάσσιο περιβάλλον ακολουθούν αυτές των βαρέων μετάλλων αφού επίσης έχουν την ιδιότητα να βιοσυσσωρεύονται στους θαλάσσιους οργανισμούς. Οι Σ.Ο.Ε. έχουν επίσης άμεση και έμμεση τοξική επίδραση ενώ θεωρούνται ύποπτες για καρκινογενέσεις και τερατογενέσεις (Zhang et al., 2003).

2.4.5. Ραδιενέργεια

Για τις φυσικές εισροές ραδιενέργειας είναι υπεύθυνη κυρίως η κοσμική ακτινοβολία και ο φλοιός της Γης. Για την κατακόρυφη αύξηση όμως, υπεύθυνος είναι ο άνθρωπος μέσω των υποθαλάσσιων και ατμοσφαιρικών δοκιμών και μέσω ατυχημάτων πυρηνοκίνητων υποβρυχίων και πλοίων κυρίως κατά την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου. Τα γνωστά ατυχήματα σε πυρηνικά εργοστάσια που έχουν καταγραφεί (με πιο πρόσφατο αυτό της Φουκουσίμα της Ιαπωνίας) έχουν

απελευθερώσει μεγάλες ποσότητες ραδιενέργειας στο περιβάλλον αν και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η ποσότητα που έχει καταλήξει στη θάλασσα (Τσολάκη και συν., 2008).

Πρέπει, επίσης, να αναφερθεί ότι κατά το παρελθόν η εναπόθεση ραδιενεργών αποβλήτων στα βάθη του Ειρηνικού και του Ατλαντικού Ωκεανού, ήταν μια συνήθης και απολύτως νόμιμη διαδικασία. Στις μέρες μας η σπουδαιότερη πηγή εισροής ραδιενεργών υλικών στη θάλασσα είναι από την χρήση πυρηνικών αντιδραστήρων και εργοστασίων επανεπεξεργασίας ραδιενεργών υλικών. Τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στην ανθρωπότητα αλλά και στη βιολογική ισορροπία του πλανήτη τον τελευταίο μισό αιώνα λόγω της αλόγιστης χρήσης ραδιενέργειας, είναι γνωστά σε όλους με αποτέλεσμα να έχουν τεθεί υπό ενδελεχή έλεγχο όλες οι διαδικασίες που σχετίζονται με την παραγωγή, τη χρήση και την απόρριψη των αποβλήτων της (Τσολάκη και συν., 2008).

2.4.6. Θερμική Μόλυνση των Υδάτων

Με τον όρο θερμική μόλυνση των υδάτων ορίζεται ως η μεταβολή της φυσιολογικής θερμοκρασίας των υδάτων μιας θαλάσσιας περιοχής από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αυτό συμβαίνει κυρίως μέσω των απορρίψεων στο περιβάλλον μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας με τη μορφή θερμικών αποβλήτων. Είναι χαρακτηριστικό πως για την παραγωγή ισχύος 1MW ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται περίπου ισόποση ισχύς για την ψύξη της εγκατάστασης σε ένα συμβατικό θερμικό εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής. Αντίστοιχες ποσότητες νερού χρησιμοποιούνται για ψύξη των εγκαταστάσεων στις περισσότερες βιομηχανικές μονάδες. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται (και αφού έχει φορτιστεί θερμικά) επιστρέφει στο φυσικό περιβάλλον δημιουργώντας το φαινόμενο της θερμικής μόλυνσης (Τσολάκη και συν., 2008).

Οι συνέπειες αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας είναι σημαντικές και αφορούν τη μείωση της ποσότητας του διαθέσιμου οξυγόνου, τη μείωση του ιξώδους του νερού με αποτέλεσμα την αύξηση της κατακάθισης των διαλυμένων στερεών, την αύξηση του ρυθμού εξάτμισης (με αποτέλεσμα και την κατά τόπους

μεταβολή της αλατότητας) και τη γενικότερη αλλαγή του ρυθμού του μεταβολισμού στο σύνολο της υδρόβιας ζωής. Δευτερογενώς η αύξηση της θαλάσσιας θερμοκρασίας περιορίζει την ικανότητα απορρόπησης της θάλασσας, αφού εμποδίζεται η διάχυση της ρύπανσης (λόγω της μη ανάμειξης διαφορετικών στρωμάτων νερού), περιορίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών που βιοαποικοδομούν τους ρύπους λόγω έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου ενώ και τα οργανικά απόβλητα που βρίσκονται στα κατώτερα στρώματα μεταφέρονται δυσκολότερα στα ανώτερα (Τσολάκη και συν., 2008).

Σε γενικές γραμμές οι συνέπειες της θερμικής μόλυνσης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στις εξωτερικές και στις εσωτερικές. Ως εξωτερικές συνέπειες νοούνται οι αλλαγές που προκαλούνται στο βιολογικό περιβάλλον όπου διαβιώνουν οι οργανισμοί, περιλαμβάνοντας τις φυσικές, χημικές, βιοχημικές και φυσικοχημικές μεταβολές που συντελούνται, ενώ ως εσωτερικές συνέπειες ορίζονται οι αλλαγές που προκαλούνται στο βιολογικό κύκλο ζωής (αναπαραγωγή, ανάπτυξη, αυξομείωση Πληθυσμού, κλπ.). Εκτιμάται ότι ο ρυθμός του μεταβολισμού διπλασιάζεται για αύξηση της θερμοκρασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος κατά 100 C, επιφέροντας μια σειρά από αλυσιδωτές αντιδράσεις με εντέλει αρνητικό πρόσημο για την υφιστάμενη χλωρίδα και πανίδα. Η ικανότητα των οργανισμών να αντιστέκονται στις ασθένειες και στους τοξικούς ρύπους μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ σημαντικές βιολογικές λειτουργίες (όπως ο απαιτούμενος χρόνος για την επώαση των αυγών) μεταβάλλονται (Τσολάκη και συν., 2008).

Στην κατεύθυνση της ανάσχεσης του φαινομένου της θερμικής μόλυνσης έχει υπάρξει σχετική νομοθεσία τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Η.Π.Α., όπου μεταξύ άλλων τίθενται ανώτατα επιτρεπτά όρια για τη θερμοκρασία του νερού για κάθε εποχή του χρόνου (Τσολάκη και συν., 2008).

2.4.7. Η Ατμόσφαιρα ως Ρυπαντής των Ωκεανών

Ένας σημαντικός «δρόμος» για την είσοδο ρυπαντικού φορτίου στις θάλασσες είναι η ατμόσφαιρα, κυρίως λόγω της αχανούς έκτασης και της τεράστιας

επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι ωκεανοί. Σε πολλές περιπτώσεις ρύπων μάλιστα η ατμόσφαιρα είναι η κύρια πύλη εισόδου όπως για παράδειγμα οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις (HCH, HCB, PCB), οι ατμοσφαιρικές αποθέσεις των οποίων φτάνουν σε ποσοστό 99% των συνολικών αποθέσεων. Μία συνέπεια, από την ατμόσφαιρα ως ρυπαντή, είναι η διασυνοριακή μεταφορά των ρύπων αφού έχουν καταγραφεί υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών σε θαλάσσιες περιοχές που δε σχετίζονται συνοριακά (Τσολάκη και συν., 2008).

Η ακριβής μέτρηση των ατμοσφαιρικών εισροών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι αρκετά πολύπλοκη, λόγω κυρίως της δυσκολίας των μετρήσεων, παρά τη σημαντικότητά τους στη μεταφορά ρύπων (Τσολάκη και συν., 2008).

3. ΝΑΥΤΙΛΙΑ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

3.1. Η Παγκόσμια & Ελληνική Ναυτιλία

Η ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών ή αλλιώς η ναυτιλιακή οικονομία αποτελεί τον καλύτερο και αποδοτικότερο τρόπο μεταφορών. Η οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη μιας χώρας ή ακόμα και κάποιας Ηπείρου, ορίζεται από τις συναλλαγές διεθνούς εμπορίου στις οποίες συμμετέχει. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν τις θαλάσσιες μεταφορές είναι ο διεθνής χαρακτήρας της ναυτιλιακής βιομηχανίας αφού διέπεται από σειρά κανονισμών, συμβάσεων και αποφάσεων που λαμβάνονται σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ επηρεάζεται από γεγονότα που μπορεί να συμβούν σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη και χρηματοδοτείται από κεφάλαια που αντλούνται από τη διεθνή χρηματαγορά. Η οικουμενικότητα αυτής της βιομηχανίας πηγάζει αφενός από τη σχεδόν αποκλειστικά διασυνοριακή δράσης της και αφετέρου συνδέεται άμεσα με την απουσία συνόρων στις ανοικτές θάλασσες.

Αν και η εμπορική ναυτιλία στη λεκάνη της Μεσογείου ήταν διαδεδομένη χιλιάδες χρόνια πριν, η ουσιαστική γέννηση του κλάδου με τη σημερινή μορφή εντοπίζεται στις αρχές της δεκαετίας του '50, κυρίως στη Γαλλία και δευτερευόντως στην Αγγλία. Σε αυτή την περίοδο η μεγάλη άνοδος του διεθνούς εμπορίου θέτει νέα δεδομένα στον κλάδο ενώ ξεκινάει και η διάκριση μεταξύ πλοίων υγρού και ξηρού φορτίου ενώ γίνεται και η εισαγωγή στην παγκοσμιοποιημένη κοινωνία της βιομηχανίας των μεταφορών. Στα τέλη του προηγούμενου αιώνα οι ναυλαγορές βρισκότουσαν σε κατάσταση ευφορίας αν και είχαν προηγηθεί αρκετές βραχύβιες και άλλες πιο εκτεταμένες περιόδους κρίσης.

Οι περίοδοι κρίσης ή ευμάρειας στη ναυτιλία είναι αποτέλεσμα των παγκόσμιων οικονομικών κύκλων, αφού η συγκεκριμένη βιομηχανία καλύπτει παράγωγο ζήτηση. Η ανάγκη για αγαθά και μεταφορά αυτών είναι ουσιαστικά η κινητήριος δύναμη της ναυτιλιακής δραστηριότητας. Σε γενικές γραμμές οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ναυτιλία είναι η παγκόσμια οικονομία, οι

διαδρομές του θαλάσσιου εμπορίου φορτίων, η μέση διανυόμενη απόσταση των θαλασσιών διαδρομών, πολιτικά γεγονότα και εξωγενείς παράγοντες και το κόστος μεταφοράς.

Σύμφωνα με στοιχεία της UNCTD ο παγκόσμιος στόλος ακολούθησε αυξητική πορεία το 2016 τόσο από την πλευρά του αριθμού εμπορικών πλοίων όσο και στο συνολικό tonnage. Πιο συγκεκριμένα ο παγκόσμιος στόλος αριθμεί περίπου 110.000 πλοία όλων των τύπων τα οποία διαθέτουν 1.806 εκατομμύρια dwt.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του παγκόσμιου στόλου το καταλαμβάνουν τα Bulk carrier (φορτηγά πλοία που μεταφέρουν χύμα φορτία) και ακολουθούν τα Oil Tankers (πετρελαιοφόρα). Η σημαντικότητα της βιομηχανίας των θαλασσιών μεταφορών, αποτυπώνεται στο εκκωφαντικό νούμερο του όγκου των αγαθών που διακινήθηκε δια θαλάσσης το 2016 και που σύμφωνα με στοιχεία της UNCTD ξεπέρασε τα 9.000 εκατ. DWT.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο τομέας της ναυτιλίας αποτελεί ένα σημαντικό οικονομικό κέντρο της παγκόσμιας οικονομίας.

3.2. Η Θαλάσσια Ρύπανση

3.2.1. Ρύπανση από Πετρελαιοειδή

Περιστατικό πετρελαϊκής ρύπανσης θεωρείται ένα συμβάν ή ακολουθία συμβάντων που μπορεί να οδηγήσει σε εκροή ποσοτήτων πετρελαίου στη θάλασσα και είναι δυνατό να αποτελέσει απειλή για το περιβάλλον και τις ακτές. Ανάλογα με την αιτία εκροής πετρελαίου στη θάλασσα η ρύπανση χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τη λειτουργική και την ατυχηματική. Όπως είναι εύκολα κατανοητό η λειτουργική ρύπανση είναι εσκεμμένη και προκύπτει από τις διαδικασίες λειτουργίας ενός πλοίου στο θαλάσσιο περιβάλλον κατά το σύνολο της ζωής του (κατασκευή, συντήρηση, φορτοεκφορτώσεις, κλπ.), ενώ η ατυχηματική προκύπτει από τα ναυτικά ατυχήματα και είναι πολύ πιο έντονη (Τσολάκη κ.α., 2008).

Το πετρέλαιο είναι σύνθετο μείγμα υδρογονανθράκων που περιέχει ποσοστό οργανικών ενώσεων θείου και σε μικρότερο βαθμό ενώσεις αζώτου και

οξυγόνου. Οι τρεις βασικές κατηγορίες στις οποίες εντάσσεται το πετρέλαιο είναι τα παραφινικά πετρέλαια, τα ασφαλτικά πετρέλαια και τα ασφαλτοπαραφινικά πετρέλαια (Τσολάκη κ.α., 2008).

Το μεγαλύτερο ποσοστό του όγκου του πετρελαίου που συναντάται στους ωκεανούς προέρχεται από την ανάβλυση από τον πυθμένα. Όμως και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι επίσης υπεύθυνες για ένα σημαντικό ποσοστό (περίπου 40%). Η διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα γίνεται η αφετηρία για μια σειρά από φυσικοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα αμέσως μετά και των οποίων η ένταση και η διάρκεια ποικίλει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές (κυρίως καιρικές) συνθήκες που επικρατούν, το είδος του πετρελαίου και το ρυθμό και την ποσότητα εκροής. Το πρώτο στάδιο είναι αυτό της εξάπλωσης όπου το διαρρέον πετρέλαιο διασκορπίζεται οριζοντίως στην επιφάνεια της θάλασσας μέχρι δημιουργίας στρώματος πάχους 0,3 mm. Τη διαρροή και την εξάπλωση ακολουθεί η εξάτμιση στην ατμόσφαιρα των πτητικών κλασμάτων με ρυθμό ανάλογο των καιρικών συνθηκών και του είδους του πετρελαίου. Η διάλυση έπεται αν και στην περίπτωση του πετρελαίου το ποσοστό που μπορεί να διαλυθεί είναι ελάχιστο, ιδιαίτερος σε θάλασσες με υψηλή αλατότητα. Η βιοαποδόμηση και η φωτοοξειδωση είναι δύο διαδικασίες που σχετίζονται με την ύπαρξη οξυγόνου και αποτελούν μέρη της φυσικής απορρύπανσης. Τέλος η βύθιση του Πετρελαίου είναι αποτέλεσμα της αύξησης της πυκνότητάς του εξ αιτίας της εξάτμισης και προκαλείται από την προσκόλληση άμμου και ιζημάτων. Η επιφανειακή κίνηση του πετρελαίου ακολουθεί την κατεύθυνση του ανέμου και εμπειρικά έχει βρεθεί ότι φτάνει το 3% της ταχύτητάς του (Τσολάκη κ.α., 2008).

3.2.2. Ναυτικά Ατυχήματα

Οι κατηγορίες στις οποίες υπάγονται τα ναυτικά ατυχήματα είναι η βύθιση του πλοίου (κυρίως στην ανοικτή θάλασσα λόγω δυσμενών συνθηκών), η δυναμική προσάραξη (κυρίως σε παράκτιες περιοχές λόγω αδυναμίας ελιγμών), η πυρκαγιά και η έκρηξη του πλοίου (σε περιπτώσεις εύφλεκτων υλών), η φθορά του πλοίου (απόρροια ελλιπούς συντήρησης), σύγκρουση του πλοίου (σε περιοχές με αυξημένη

κυκλοφορία και εξαιτίας ανθρώπινου λάθους) και τέλος με περιστατικά που συνδέονται με πολεμικές εχθροπραξίες (Τσολάκη κ.α., 2008).

Σημαντικά ατυχήματα έχουν γίνει σε όλα τα μήκη και τα πλάτη των ωκεανών, όπως στην Ν. Αφρική το 1983 (Τάνκερ Castillo de Bellver, 78,5 εκ. gal.), στον Καναδά το 1988 (Τάνκερ Odyssey, 43,1 εκ. gal.), στον Περσικό (Τάνκερ NOVA, 21,4 εκ. gal.). Η μεγαλύτερη μέχρι σήμερα διαρροή πετρελαίου συνέβη το 1991 στο Κουβέιτ όταν μετά από ατύχημα σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις 240 εκ. gal. πετρελαίου κατέληξαν στη θάλασσα του Περσικού Κόλπου. Στον ελληνικό χώρο, επίσης, έχουν συμβεί ατυχήματα με αποτέλεσμα την επιβάρυνση των ελληνικών θαλασσών από πετρελαιοειδή. Στην Πύλο δύο φορές (1980 και 1993) διέρρευσε πετρέλαιο από δεξαμενόπλοια ελληνικών συμφερόντων κατόπιν ατυχημάτων που οφείλονταν σε πρόσκρουση υφάλου στο ίδιο σημείο (Ανατολικά της νήσου Σφακτηρίας) με αποτέλεσμα την οικολογική καταστροφή και την οικονομική υποβάθμιση της περιοχής (αλιεία και τουρισμός επλήγησαν σοβαρά για μεγάλο χρονικό διάστημα). Στους Καλούς Λιμένες του Νομού Ηρακλείου νοτίως της Κρήτης είχε επίσης διαρρεύσει μεγάλη ποσότητα πετρελαίου (16.000 tn σε διάστημα οκτώ ωρών) λόγω πρόσκρουσης πλοίου στη νησίδα Άγιος Παύλος (Τσολάκη κ.α., 2008).

3.2.3. Ρύπανση από τις Διαδικασίες Λειτουργίας Πλοίου

Στις λειτουργικές διαδικασίες του πλοίου υπάγεται η ναυπήγηση, η τακτική και έκτακτη συντήρηση, η διάλυση των πλοίων και οι διαδικασίες αφερματισμού και φορτοεκφόρτωσης (Rigby et al., 2004).

Κατά το στάδιο της ναυπήγησης του πλοίου υπάρχει μιας γενικής μορφής ρύπανση, όχι ιδιαίτερα εκτεταμένη. Αυτή αφορά υπολείμματα από χρώματα (πλούσια όμως σε βαρέα μέταλλα), από γράσα, λάδια, βαλβολίνες, κ.α. που έρχονται σε άμεση επαφή με το θαλάσσιο περιβάλλον. Φυσικό επακόλουθο είναι οι παράκτιες περιοχές που φιλοξενούν ναυπηγοεπισκευαστικές εγκαταστάσεις να είναι ιδιαίτερος επιβαρυμένες από αυτή τη μορφή της λειτουργικής ρύπανσης. Παρόμοια είναι και η ρύπανση που προκαλείται από την τακτική συντήρηση των πλοίων ενώ κατά τη διάλυση τα προβλήματα είναι πιο σημαντικά αφού τα

υπολειμματικά υλικά χαμηλής αξίας που περισσεύουν καταλήγουν στο βυθό της θάλασσας χωρίς την απαραίτητη πρόνοια (Rigby et al., 2004).

Κατά τη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης είναι πιθανό να προκληθεί ρύπανση (αναλόγως με το είδος του υγρού) λόγω πιθανών διαρροών από οποιοδήποτε σημείο των σωληνώσεων. Οι θάλασσες των λιμένων γίνονται αποδέκτες αυτών των διαρροών με αποτέλεσμα την περαιτέρω υποβάθμισή τους. Επίσης κατά τη διαδικασία του ερματισμού αφερματισμού είναι δυνατό να συμπαρασυρθούν κατάλοιπα από τις δεξαμενές στη θάλασσα, ειδικότερα λόγω των «χαλαρών» πρακτικών που ακολουθούνταν στη διαδικασία τα προηγούμενα χρόνια (Rigby et al., 2004), αλλά σε αυτό το ζήτημα θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο.

3.2.4. Ρύπανση από Εκπομπές Αερίων Πλοίων

Ο κλάδος της ναυτιλίας θεωρείται ένας από τους πιο ρυπογόνους τομείς που συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη. Κατά τη λειτουργία των κινητήρων των ποντοπόρων πλοίων εκπέμπονται υψηλές ποσότητες ρύπων, αερίων του θερμοκηπίου και ουσιών που είναι υπεύθυνες για την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν οι κινητήρες των πλοίων είναι το μαζούτ, υπόλειμμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου. πρόκειται για ένα μείγμα υδρογονανθράκων που περιέχει 20 με 50 άτομα άνθρακα στο άτομό τους όπως επίσης θείο, άζωτο, οξυγόνο και ίχνη βαρέων μετάλλων (νικέλιο). Οι σημαντικότερες εκπομπές των κινητήρων των πλοίων είναι τα οξειδία του θείου (SO_x), τα οξειδία του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστοι υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μικροσωματίδια και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) (Parsons, 2003).

Οι επιπτώσεις των παραπάνω ρύπων είναι σοβαρές τόσο στο επίπεδο της οικολογικής ισορροπίας όσο και σε αυτό της ανθρώπινης υγείας. Τα οξειδία του θείου με την παρουσία υγρασίας οξειδώνονται σε θειικό οξύ που στο επίπεδο της ατμόσφαιρας έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του φαινομένου της όξινης βροχής. Τα οξειδία του αζώτου ευθύνονται για καρκινογενέσεις, για την όξυνση της

ατμόσφαιρας και προκαλούν το φαινόμενο της φωτοχημικής ρύπανσης (Parsons, 2003).

Επίσης, η ικανότητά τους να διεισδύουν στο αναπνευστικό σύστημα μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο και σε περιπτώσεις που η συγκέντρωσή τους είναι αυξημένη (πάνω από 150 ppm) οδηγούν σε πνευμονική ίνωση. Το μονοξείδιο του άνθρακα (προϊόν ατελούς καύσης υδρογονανθράκων ή άνθρακα) είναι τοξικό για τον άνθρωπο όταν συναντάται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες προκαλούν τη δημιουργία νέφους ενώ είναι επίσης ύποπτοι για καρκινογενέσεις. Το διοξείδιο του άνθρακα προκύπτει ως υποπροϊόν της καύσης των ορυκτών καυσίμων και η εκπομπή του επιφέρει μείωση του PH των ωκεανών και θεωρείται ένα από τα βασικά αέρια που είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όσον αφορά τα εκπεμπόμενα μικροσωματίδια, οι επιπτώσεις τους ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος και τη χημική τους σύσταση (Parsons, 2003).

Οι εκπεμπόμενοι από τα πλοία ατμοσφαιρικοί ρύποι φαίνεται να ακολουθούν την αντίθετη πορεία από τους χερσαίους που έχουν πτωτική τάση και δείχνουν με το χρόνο να αυξάνονται. Σύμφωνα με στοιχεία της I.M.O τα πλοία που πραγματοποιούν υπερπόντια ταξίδια εκτιμάται ότι εκπέμπουν 2,3 εκ. tn διοξειδίου του θείου, 3,3 εκ. tn, οξειδίων του αζώτου και 2.500 tn μικροσωματιδίων ετησίως. Είναι χαρακτηριστικό ότι με βάση τους ισχύοντες ρυθμούς οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται από την εμπορική ναυτιλία αναμένεται να ξεπεράσουν το σύνολο των χερσαίων εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 27 κρατών, χωρίς σε αυτούς να συμπεριλαμβάνονται οι ρύποι που προκύπτουν από τις εσωτερικές πλωτές οδούς (Parsons, 2003).

Οι σκανδιναβικές χώρες πρωτίστως και άλλες ευρωπαϊκές δευτερευόντως, φαίνεται να έχουν το μεγαλύτερο πρόβλημα από τις εναποθέσεις ρύπων που οφείλονται στη ναυτιλία, κάτι που αποδίδεται στην έντονη εμπορική τους δραστηριότητα και στα κομβικής σημασίας λιμάνια που διαθέτουν. Η διεθνής συμφωνία (πρωτόκολλο MARPOL) που έγινε την τελευταία δεκαετία σε συνδυασμό με τις δράσεις του IMO έχουν ως στόχο την ανάσχεση της ανοδικής τάσης που έχουν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από τη ναυτιλία (Parsons, 2003).

3.2.5. Ρύπανση από Διάβρωση και Ναυάγια

Ένα σημαντικό μέρος της ρύπανσης που προέρχεται από τη ναυτιλία αποδίδεται στη διάβρωση των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των πλοίων και στα ναυάγια που προκαλούνται στον ωκεανό, ο αριθμός των οποίων δεν είναι αμελητέος (Τσολάκη κ.α., 2008).

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στη ναυπηγική έχουν υποστεί επεξεργασία που τα έχουν οδηγήσει σε ενεργειακή αναβάθμιση σε σχέση με τις πρώτες ύλες από τις οποίες προέρχονται. Το βασικό αίτιο της διάβρωσης είναι η προδιάθεση των μετάλλων αυτών να επανέρθουν στην πρωταρχική τους κατάσταση, σύμφωνα με τον δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Ο ορισμός της διάβρωσης είναι « η εκβιασμένη ή αυθόρμητη χημικής, ηλεκτροχημικής, φυσική ή βιολογικής φύσης αλλοίωση της επιφάνειας των μετάλλων και των κραμάτων που οδηγεί σε απώλεια υλικού». Η ταχύτητα διάβρωσης ενός μετάλλου ή κράματος εξαρτάται από το είδος του διαβρωτικού μέσου, το pH που επικρατεί, τις υφιστάμενες μηχανικές καταπονήσεις, την αγωγιμότητα, του περιβάλλοντος και την επαφή με άλλα μέταλλα (Τσολάκη κ.α., 2008).

Τα κυριότερα είδη διαβρώσεων είναι η γαλβανική, η ομοιόμορφη, η εντοπισμένη, η βιολογική, η θερμογαλβανική, η ατμοσφαιρική και η διάβρωση χαραγής. Η διαφοροποίηση των παραπάνω διαβρώσεων έγκειται στα αίτια που τις προκαλούν (χημική, ηλεκτροχημική, βιολογική), στις επικρατούσες συνθήκες και στο διαβρωτικό υλικό. Πιο συγκεκριμένα το θαλασσινό νερό και γενικότερα το θαλασσινό περιβάλλον είναι εξαιρετικά διαβρωτικό. Το υψηλής αλατότητας νερό σε συνδυασμό με τους ανέμους (επίσης με περιεκτικότητα σε άλατα), τη βροχή, την αυξημένη υγρασία και τις κατά περιόδους υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την διάβρωση των μετάλλων. Οι επιφάνειες των πλοίων είναι σχεδόν μόνιμα καλυμμένες με αλάτι ενώ τα μέρη του πλοίου που έρχονται σε συνεχή επαφή με το νερό είναι αυτά που υφίστανται τις περισσότερες επιπτώσεις της διάβρωσης (Τσολάκη κ.α., 2008).

Για την καταπολέμηση της διάβρωσης χρησιμοποιείται η μέθοδος της επιμετάλλωσης κατά την οποία η επιφάνεια του μετάλλου καλύπτεται με άλλο ευγενέστερο μέταλλο και η βαφή των μετάλλων με ελαιοχρώματα (ειδικές βαφές

που περιέχουν πιγμέντα, ξηραντές και άλλα υλικά, όπως κασσίτερο) προκειμένου να απομονωθεί ο χάλυβας του πλοίου από άλλα διαβρωτικά μέσα (Τσολάκη κ.α., 2008).

Η απώλεια των υλικών που διαβρώνονται καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον και πρόκειται κυρίως για μέρη μετάλλου και βαρέα μέταλλα που αποτελούν τις πρώτες ύλες των βαφών. Επιπροσθέτως η εκτεταμένη διάβρωση οδηγεί και στην πλήρη καταστροφή του πλοίου κάτι που έχει σημαντικό αρνητικό πρόσημο για το περιβάλλον (Τσολάκη κ.α., 2008).

Όσον αφορά τα ναυάγια αποτελούν και αυτά ένα σημαντικό παράγοντα ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ο αριθμός τους από την απαρχή της ναυτιλίας υπολογίζεται πάνω από 3 εκατομμύρια εκ των οποίων τα περισσότερα είναι βυθισμένα στο ωκεανό. Τα προβλήματα που προκύπτουν από την απόρριψη πετρελαίου και από τη διάβρωση του κουφαριού του πλοίου, έχουν ήδη αναφερθεί, αλλά υπάρχει και το ζήτημα της απόρριψης φορτίου ή dumping που συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις. Κατά τη διαδικασία βύθισης του πλοίου πλήθος αντικειμένων που εξυπηρετούν τις λειτουργίες του και τις ανάγκες του πληρώματος και των επιβατών, απορρίπτονται άμεσα στη θάλασσα. Πέρα από τις τοξικές ουσίες που περιέχονται σε αυτά (π.χ. τα βαρέα μέταλλα των ηλεκτρικών συσκευών) και τον βραδύ ρυθμό διάσπασής τους, συμβάλλουν και στη δημιουργία του φαινομένου Gar bag e Patches δηλαδή μεγάλου όγκου πλεούμενων σκουπιδιών στην ανοικτή θάλασσα (Τσολάκη κ.α., 2008).

Οι βασικότερες αιτίες πρόκλησης ναυαγίων είναι οι άσχημες καιρικές συνθήκες, η υπερφόρτωση των πλοίων, η κακή συντήρηση, το ανθρώπινο λάθος και πιθανές πολεμικές συρράξεις. Υπάρχουν βεβαίως περιστατικά εσκεμμένης βύθισης πλοίων από τις εταιρείες ώστε να ωφεληθούν από ασφαλιστικές αποζημιώσεις. Από ναυτικά ατυχήματα που έχουν συμβεί τον τελευταίο μισό αιώνα, παραπάνω από 5 εκατ. τόνοι πετρελαίου έχουν απορριφθεί στη θάλασσα, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δραματικές συνέπειες για το περιβάλλον (Τσολάκη κ.α., 2008).

3.3. Νομικό Πλαίσιο

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών συστημάτων θαλάσσιας προστασίας στα οποία υπάγονται και οι διαδικασίες διαχείρισης θαλασσίου έρματος, θα καταγραφούν μερικές βασικοί παράμετροι που καθορίζουν το δίκαιο της θάλασσας.

Η εξέλιξη του δικαίου της θάλασσας τις τελευταίες δεκαετίες μπορεί να χωριστεί σε τρεις ευδιάκριτες φάσεις εξέλιξης. Η πρώτη φάση, που έχει εθιμικό χαρακτήρα, τοποθετείται μέχρι τη λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου και χαρακτηρίζεται κυρίως από την αρχή της ελευθερίας της ανοιχτής θάλασσας για το σύνολο των κρατών, την πλήρη κυριαρχία των κρατών στη χωρική τους θάλασσα (μια λωρίδα ορισμένη κατά το μήκος των ακτών) και την αρχή της αβλαβούς διέλευσης δια της χωρικής θάλασσας.

Η δεύτερη φάση όπου το δίκαιο της θάλασσας αποκτά γραπτή υπόσταση, εκτείνεται από το πέρας του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου μέχρι το 1958 και στηρίζεται στις τέσσερις συμβάσεις της Γενεύης, δηλαδή τη σύμβαση για την ανοιχτή θάλασσα, την καθιέρωση της υφαλοκρηπίδας, της συνορεύουσας ζώνης και τη σημαντική σύμβαση για την αλιεία και την προστασία των βιολογικών πόρων στην ανοιχτή θάλασσα.

Στην τρίτη φάση η οποία εκτείνεται μέχρι σήμερα, θεσπίστηκε η υιοθέτηση της αιγιαλίτιδας ζώνης στα 12 ναυτικά μίλια, ενισχύθηκε το καθεστώς των στενών, ενώ για τα δικαιώματα έρευνας, εκμετάλλευσης και διατήρησης των φυσικών πόρων των υπερκείμενων υδάτων, δημιουργήθηκε ο όρος της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης (ΑΟΖ).

Σε αυτόν τον κυκεώνα αλλαγών παρεμβλήθηκαν και ορισμένες διεθνείς συμβάσεις από οργανισμούς όπως ο ΙΜΟ. και τα Ηνωμένα Έθνη που είχαν ως γνώμονα την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, απόρροια σημαντικών θαλάσσιων ατυχημάτων που είχαν προηγηθεί και των σοβαρών επιπτώσεων που είχαν προκαλέσει. Σε χρονολογική σειρά η Διεθνής Σύμβαση για την αποφυγή της θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή, προηγήθηκε όλων (1954) και έγινε γνωστή ως OILPOL. Ο ΙΜΟ πρωτοστάτησε και για τη σύμβαση των Βρυξελλών το 1969

για την επέμβαση στην ανοικτή θάλασσα σε περίπτωση ατυχημάτων (mineenv.gr, Διεθνείς Συμβάσεις).

Η σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία του 1973 που μετασηματίστηκε στο Πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78) αποτελεί τομή στο δίκαιο της θάλασσας και της συσχέτισής του με το περιβάλλον και επικυρώθηκε από το νομικό σύστημα της Ελλάδας το 1982 με το Ν. 1269/1982 αντικαθιστώντας την προγενέστερη OILPOL.

Όπως είναι φυσικό όταν ένα ευαίσθητο θέμα, όπως είναι η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, εφάπτεται με διεθνείς νόμους δικαίου που μπορεί να χαρακτηριστούν γκρίζες ή αδιαφανείς, δημιουργούνται πολλά περιθώρια για την καταστρατήγησή τους ή ακόμα χειρότερα για την εκμετάλλευσή τους. Η πολυπλοκότητα των νόμων σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες περιπτώσεων, είναι εύλογο να οδηγήσουν σε υστερόβουλες κινήσεις διεκδικήσεων και εκφράσεις αλυτρωτισμού.

Από τα προηγούμενα προκύπτει αβίαστα το συμπέρασμα ότι υπάρχει δυσκολία συνεννόησης μεταξύ δύο συνορευόντων κρατών στην κατεύθυνση της πρόληψης και προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος λόγω και της πολυπλοκότητας του θέματος.

3.3.1. Διεθνές Επίπεδο

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, καταλυτικό ρόλο στην εξέλιξη του δικαίου που ορίζει την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, διαδραμάτισε το κείμενο που διαμορφώθηκε το 1982 (κείμενο για τη σύμβαση της θάλασσας) υπό την αιγίδα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Η συγκεκριμένη σύμβαση αποτελεί ένα ογκώδες κείμενο που σκοπό έχει την πλήρωση των θεσμικών κενών που μέχρι τότε υπήρχαν στο δίκαιο της θάλασσας. Η σημαντικότητά του όμως παρατηρείται λόγω κυρίως της ύπαρξης του έβδομου κεφαλαίου που είναι αποκλειστικά αφιερωμένο στην προστασία και διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Τα έντεκα μέρη και τα 45 άρθρα που το αποτελούν επιχείρησαν να βάλουν σε μια τάξη την προστασία των υδάτων που αντιμετώπιζαν νέα προβλήματα λόγω της βιομηχανικής ανάπτυξης που είχε προηγηθεί και της κατακόρυφης αύξησης της ναυσιπλοΐας. Στη συγκεκριμένη Σύμβαση αποσαφηνίζεται και η αναγκαιότητα συνεργασίας μεταξύ των συνορευόντων κρατών και η υποχρέωση άμεσης ειδοποίησης των παρακείμενων κρατών σε περίπτωση εκτεταμένης θαλάσσιας μόλυνσης (άρθρα 197 - 201, Κεφ. XII, Σύμβαση της θάλασσας). Επίσης σε προηγούμενα άρθρα διευκρινίζεται ότι η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι υποχρέωση των κρατών, πάντα σε αναλογία με τις οικονομικές και τεχνολογικές δυνατότητες που διαθέτουν (Διάκριση των κρατών με βάση τη δύναμή τους, άρθρα 192-194 Κεφ. XII, Σ.τ.Θ.).

Η Σύμβαση διακρίνει τη θαλάσσια ρύπανση, με βάση την προέλευσή της, σε τρεις κατηγορίες. Αρχικά στη ρύπανση που προέρχεται από χερσαίες πηγές, από απορρίψεις και από την ατμόσφαιρα (άρθρα 207, 210, 212), στη ρύπανση που προέρχεται από δραστηριότητες στο βυθό (άρθρα 208 και 209) και στη ρύπανση που προέρχεται από πλοία και τις μεταφορές που αφορά και το θέμα του θαλάσσιου έρματος. Ειδικότερα στο άρθρο 211 διευκρινίζεται η υποχρέωση των κρατών σε λήψη κανονισμών και αντίστοιχων μέτρων στην κατεύθυνση της ελαχιστοποίησης και πρόληψης της ρύπανσης από τα πλοία, καθώς και η υιοθέτηση συγκεκριμένων διαδρομών σύμφωνα με τους κανόνες ασφαλούς ναυσιπλοΐας.

3.3.2. Ελληνική Νομοθεσία

Το βασικό άρθρο του ελληνικού συντάγματος που αποτελεί την αφετηρία για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην Ελλάδα είναι το άρθρο 24 και πιο συγκεκριμένα η πρώτη παράγραφος που αναφέρει ότι: «Η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους και δικαίωμα του καθενός. για τη διαφύλαξή του το κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή ανασταλτικά μέτρα στα πλαίσια της αρχής της αειφορίας». Πρέπει να σημειωθεί ότι στην Εθνική Νομοθεσία περιλαμβάνεται το σύνολο του ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου, που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, και μέρη του

πλαίσιου του ΙΜΟ που έχουν κυρωθεί με Νόμους, Προεδρικά Διατάγματα και Υπουργικές Αποφάσεις. Ακολουθεί η παράθεση μερικών σημαντικών νομοθετικών ρυθμίσεων του ελληνικού κράτους που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και πιο συγκεκριμένα που θαλάσσιου περιβάλλοντος.

- N. 4042/2012

Ο συγκεκριμένος Νόμος αποτελεί προϊόν εναρμόνισης με την κοινοτική οδηγία 2008/98/ΕΚ και αναφέρεται στην ποινική προστασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα ορίζεται τότε μια ουσία συνιστά απόβλητο, τίθεται η υποχρέωση για την τήρηση αρχείων για τη συλλογή, μεταφορά και διαχείριση αποβλήτων, όπως και η υποχρέωση για εκπόνηση προγραμμάτων για την πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων. Ανάμεσα στα υπόλοιπα θέματα που ρυθμίζονται από τον συγκεκριμένο νόμο δίνεται και η δυνατότητα συμμετοχής ενδιαφερομένων αρχών και κοινού στην εκπόνηση Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων και Πρόληψης.

- N. 2252/1994

Αποτελεί ενσωμάτωση της Διεθνούς Σύμβασης για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο που υπογράφηκε στο Λονδίνο το 1990. Στα επί μέρους άρθρα του νόμου αναφέρονται διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται από τα πλοία (σχέδιο έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης ρύπανσης, πρωτόκολλο αναφοράς περιστατικών ρύπανσης, κ.α.), ενώ ενθαρρύνονται και δράσεις πάνω στην έρευνα και την ανάπτυξη τεχνολογιών για την αντιμετώπιση της ρύπανσης και των επιπτώσεων της στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τέλος, στο παράρτημα του συγκεκριμένου νόμου τροποποιούνται οι υποχρεώσεις δεξαμενόπλοιων στους όρους διαχείρισης των πετρελαϊκών αποβλήτων και καταλοίπων (ΠΑΚ).

- N. 1147/1981

Πρόκειται ουσιαστικά για την κύρωση της Διεθνούς Σύμβασης του Λονδίνου που υπογράφηκε το 1972 και αναφέρεται στην πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από απορρίψεις κατάλοιπων και άλλων υλών. Στο άρθρο 4 του

νόμου επισημαίνεται η απαγόρευση απόρριψης κατάλοιπων πλοίων που αφορούν υγρά καύσιμα και έλαια λίπανσης ενώ στα παραρτήματα που υπάρχουν συγκεκριμενοποιούνται οι ύλες αυτές. Ο νόμος αυτός (όπως και η Διεθνής Σύμβασης πάνω στην οποία βασίστηκε) έχει περισσότερο ως στόχο την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από την απόρριψη μεταφερόμενων υλών που περιέχουν ρυπαντές παρά από την απόρριψη πετρελαϊκών και άλλων καταλοίπων που παράγονται από τις επί μέρους λειτουργίες του πλοίου. Το παράδοξο με τον νόμο αυτόν είναι η μη θέσπιση ποσοτικών παραμέτρων όσον αφορά τα επιτρεπτά όρια των ρυπαντών.

- N. 855/1978

Πρόκειται Οθσιαστικά για την εναρμόνιση του Εθνικού Πλαισίου με τη Διεθνή

Σύμβαση της Βαρκελώνης περί καταπολέμησης της ρύπανσης της Μεσογείου Θάλασσας από την απόρριψη καταλοίπων πλοίων και άλλων υλών και κυρίως από παράγωγα πετρελαίου. Στο συγκεκριμένο νόμο θέτονται ορισμένοι βασικοί κανονισμοί για τις διακρατικές σχέσεις (πάντα στο θέμα της θαλάσσιας ρύπανσης), ενώ επιμερίζεται και η ευθύνη ανάμεσα τόσο στον ρυπαντή όσο και στο κράτος στο οποίο ανήκει. Θεσπίζεται επίσης και η έκδοση γενικών και ειδικών αδειών για την απόρριψη αποβλήτων στη θάλασσα μετά από διερεύνηση παραμέτρων που έχουν να κάνουν με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τόπου απόρριψης αλλά κυρίως με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της απορριπτόμενης ύλης. Ο 855/1978 είναι ο Νόμος του Εθνικού Πλαισίου που θέτει στο επίκεντρο τη λεκάνη της Μεσογείου και την προστασία της από έμμεσους και άμεσους ρυπαντές.

- N. 743/1977

Σε αυτόν τον σχετικά πρώιμο νόμο ορίζεται σαφώς η φύση των πετρελαϊκών αποβλήτων και καταλοίπων (ΠΑΚ) ως πετρελαιώδες μείγμα και απαγορεύεται με κατηγορηματικά η με οποιονδήποτε τρόπο απόρριψή τους στη θάλασσα (άρθρο 3). Επίσης υπαγορεύεται η υποχρέωση των πλοίων να παραδίδουν τα ΠΑΚ σε ειδικούς χώρους υποδοχής και θεσπίζονται επί μέρους κανόνες για τη μεταφορά και την επεξεργασία τους. Στο άρθρο 9 του

νόμου προσδιορίζονται βασικές κανονιστικές διατάξεις για τη λειτουργία των χώρων υποδοχής αποβλήτων πλοίων και θεσπίζεται η ίδρυση αντιρρυπαντικών σταθμών στα σημαντικότερα λιμάνια της χώρας (Πειραιάς, Θεσσαλονίκη, Ελευσίνα, Καβάλα, κ.α.).

Υπάρχει και πλήθος άλλων Νόμων, Προεδρικών Διαταγμάτων και Υπουργικών Αποφάσεων που αφορούν την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο βασισμένα σε Διεθνείς και Ευρωπαϊκές Συμβάσεις (όπως το Π.Δ. 27/2007 που ενσωματώνει καθ' ολοκληρία την αναθεώρηση Παραρτημάτων της MARPOL). Οι βασικού φορείς που είναι υπεύθυνοι στην Ελλάδα για την προστασία και επίβλεψη του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ) και το Υπουργείο Ναυτιλίας.

Η ύπαρξη σημαντικών οικονομικών συμφερόντων που έχουν άμεση επίδραση στην ευημερία της χώρας σε συνδυασμό με τομείς που επαφίενται στον παράκτιο χαρακτήρα της γεωγραφίας της (τουρισμός, αλιεία), δημιουργεί ένα συγκρουσιακό μείγμα που αντανακλάται ξεκάθαρα στον τρόπο που νομοθετούνται τα θέματα της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Μη παραγνωρίζοντας τα μεγέθη που ορίζονται από τη δραστηριότητα της ελληνικής ναυτιλίας αλλά και υποχρεωμένη να παρακολουθεί τους διεθνείς και ευρωπαϊκούς κανόνες, η Ελλάδα έχει καταλήξει, σε γενικές γραμμές, σε μια μετριοπαθή πολιτική.

3.3.3. Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος

Το διεθνές κανονιστικό και νομοθετικό περιβάλλον που αναφέρεται στην διαχείριση του έρματος πλοίων και στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από αυτό, έχει οριστεί κυρίως από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ).

Η πρώτη διεθνής αναφορά για τα προβλήματα που προκύπτουν από την εισαγωγή ανεπιθύμητων και πιθανώς παθογόνων οργανισμών μέσω του νερού έρματος αλλά και η θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών για την πρόληψή τους, έγινε το 1991 στη Γενεύη από τον Ι.Μ.Ο. σε συνεργασία με τη Μ.Ε.Ρ.Κ. (Marine

Environment Protection Committee). Το 1992 η Διάσκεψη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον αναγνώρισε το πρόβλημα της διείσδυσης μη ιθαγενών οργανισμών ως μεγάλη διεθνή ανησυχία. Σε συνέχεια των προηγούμενων προβληματισμών, ο Ι.Μ.Ο. το Νοέμβριο του 1993 εγκρίνει ψήφισμα με στόχο την ανάπτυξη δεσμευτικών διατάξεων σε διεθνές επίπεδο. Οι δεκαετείς ζυμώσεις μεταξύ φορέων, κρατών και εμπλεκομένων στην παγκόσμια ναυτιλία, κυοφόρησαν εν τέλει το 2004 τη διεθνή Σύμβαση για τη Διαχείριση Έρματος Πλοίου γνωστή και ως BWM (Ballast Water Management). Για να τεθεί σε ισχύ η σύμβαση BWM θα πρέπει να συνηγορήσουν υπέρ της τουλάχιστον 30 κράτη που θα εκπροσωπούν κατ' ελάχιστο το 35% της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας (σε gt). Η επικύρωση της σύμβασης από τη Φιλανδία το 2016 άνοιξε το δρόμο για την εφαρμογή της αλλά και για την αναθεώρηση ή τροποποίηση ορισμένων βασικών διατάξεων της προκειμένου να καταστεί ομοίως λειτουργική και αποτελεσματική.

Το πεδίο εφαρμογής της Διεθνούς Σύμβασης BWM αφορά το σύνολο των τύπων των πλοίων και πλατφορμών με ορισμένες εξαιρέσεις όπως τα πολεμικά πλοία, τα πλοία που δε μεταφέρουν θαλάσσιο έρμα από τη σχεδιάσή τους ή που έχουν μόνιμο έρμα σε σφραγισμένες δεξαμενές και τα πλοία που παραδίδουν το θαλάσσιο έρμα σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις υποδοχής. Οι βασικές απαιτήσεις της σύμβασης αφορούν τον εφοδιασμό των πλοίων με εγκεκριμένο εγχειρίδιο διαχείρισης θαλασσιού έρματος (BWMP) όπως και βιβλίο θαλασσιού έρματος (BWRB). Η επιθεώρηση και πιστοποίηση των πλοίων καθίσταται υποχρεωτική όταν αυτά ξεπερνούν τους 400 gt και έχει πενταετή διάρκεια. Κατά την πενταετία που το πλοίο έχει πιστοποιηθεί θα πραγματοποιούνται και ενδιάμεσες (ετήσιες ή διετείς) επιθεωρήσεις.

Στα επί μέρους ζητήματα για τη διάθεση του έρματος ορίζονται οι βασικές προφυλάξεις κατά τον ερματισμό (βάθος νερού, ώρα της ημέρας, κλπ.), η επιλογή των κατάλληλων σημείων, η υποχρεωτική διαχείριση και επεξεργασία και η ανταλλαγή έρματος ως λύση επιτρεπόμενη κατά το μεταβατικό στάδιο. Το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής της διεθνούς σύμβασης ποικίλει ανάλογα με τη χωρητικότητα του πλοίου σε έρμα αλλά και το έτος κατασκευής του. Όπως είναι φυσιολογικό η Διεθνής Σύμβαση BWM που αναμένεται να τεθεί και επίσημα σε ισχύ τον Σεπτέμβριο του 2017 αναμένεται να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην

παγκόσμια ναυτιλία αφού το κόστος που απαιτείται για την ευθυγράμμιση των συστημάτων των πλοίων με τις απαιτήσεις της φαίνεται πως θα ξεπεράσει τα 100 δις. Δολάρια.

4. Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ

4.1. Εισαγωγή

Η μεταφορά οργανισμών δια μέσου του θαλάσσιου έρματος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα θαλάσσιας ρύπανσης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ανακατανομή θαλασσίων ειδών δια μέσου του νερού των πλοίων είχε διαπιστωθεί για πρώτη φορά στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, αλλά μόλις τις τελευταίες δεκαετίες και λόγω της κατακόρυφης αύξησης των θαλασσίων μεταφορών, έγινε αντιληπτή η πλήρης διάσταση του θέματος και υπήρξε κινητοποίηση για τη δημιουργία νομικού πλαισίου και διεθνών κανονισμών για να ελαχιστοποιηθούν οι συνέπειες. Αν και για πολλά χρόνια ο μόνος, σε ευρεία βάση, εφαρμόσιμος τρόπος για τη διαχείριση έρματος ήταν η ανταλλαγή του στην ανοικτή θάλασσα, τελευταία έχει δοθεί έμφαση στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις του διεθνούς οργανισμού ναυτιλίας, θα είναι εφαρμόσιμες και οικονομικά συμβατές.

4.2. Το Πρόβλημα της Μεταφοράς Οργανισμών

Οι φυσικοί τρόποι μεταφοράς θαλασσίων οργανισμών ανά τους ωκεανούς, είναι η μεταφορά από ρεύματα ή μέσω προσκόλλησής τους σε επιπλέοντα αντικείμενα όπως κομμάτια ξύλου. Οι γεωγραφικοί περιορισμοί και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, απέτρεψαν την αθρόα μεταφορά των οργανισμών καθώς οι συνθήκες ζωής παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα από το βόρειο στο νότιο ημισφαίριο ή στις τροπικές ζώνες γύρω από τον Ισημερινό (Τσολάκη κ.α., 2008).

Η παρουσία του ανθρώπου και δη της ναυτιλίας, άμβλυνε τις δυσκολίες αυτές αφού οι θαλάσσιοι οργανισμοί διαπλέουν τις τροπικές ζώνες και μεταφέρονται με σχετικά μεγάλες ταχύτητες σε νέα οικοσυστήματα μέσω των

ολοένα μεγαλύτερων και ταχύτερων εμπορικών πλοίων. Η απόρριψη του έρματος και των οργανισμών που αυτό φιλοξενεί σε διαφορετικά περιβάλλοντα από εκείνα που λήφθηκε, προκαλεί άμεση διατάραξη του φυσικού οικοσυστήματος και οι νέοι οργανισμοί θεωρούνται πλέον εισβολείς. Η ανάπτυξη του κλάδου της ναυτιλίας και των θαλάσσιων μεταφορών τον τελευταίο μισό αιώνα, έχει μεγεθύνει σημαντικά την έκταση του προβλήματος κάτι που γίνεται φανερό από τα στοιχεία που δημοσιεύει ο Ι.Μ.Ο. σε ετήσια βάση. Σύμφωνα με αυτά, το 80% του παγκόσμιου εμπορίου πραγματοποιείται μέσω των θαλάσσιων οδών το οποίο ισοδυναμεί με 9 εκατ. τόνους ετησίως. Ένα μέσο πλοίο εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας 200.000 dwt όταν κυκλοφορεί χωρίς φορτίο μεταφέρει περίπου 60.000 τόνους έρματος. Χωρίς να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια στα νούμερα, υπολογίζεται ότι το έρμα που διακινείται σε ετήσια βάση εντοπίζεται περίπου στους 10 εκατομμύρια τόνους και μέσω αυτού περίπου 7.000 είδη θαλασσιών οργανισμών διακινείται καθημερινά στους ωκεανούς. Η αυξητική τάση που συνεχίζει να παρουσιάζει η εμπορική ναυτιλία, φανερώνει ότι όλο και μεγαλύτερες ποσότητες έρματος θα μεταφέρονται στους υπάρχοντες αλλά και σε νέους προορισμούς (Τσολάκη κ.α., 2008). Η υπηρεσία περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA) εκτίμησε το κόστος από τη μείωση της οικονομικής δραστηριότητας (αλιεία, τουρισμός), εξαιτίας των βιοεισβολών, στα 138 δις δολάρια για το 2013.

Οι διάφοροι οργανισμοί είναι δυνατό να μεταφερθούν σε νέα περιβάλλοντα με αρκετούς τρόπους πλην του έρματος. Ένας μεταφορέας θαλασσιών ειδών είναι τα οστρακοειδή, αφού είναι δυνατόν να προσκολληθούν μικροοργανισμοί στην τραχιά επιφάνειά τους όπως και στο εσωτερικό τους το οποίο πιθανώς να εμπεριέχει και ιζήματα. Τα θαλάσσια κανάλια και τα ισχυρά ρεύματα είναι επίσης εν δυνάμει μέσα μεταφοράς οργανισμών (σε μικρότερη κλίμακα), όπως και αντικείμενα που ταξιδεύουν στους ωκεανούς και μπορεί να φιλοξενούν κυρίως είδη φυκιών, αλγών, κλπ. Επίσης η αλιεία παίζει σημαντικό ρόλο στο πρόβλημα που εξετάζεται αφού η μεταφορά φυτικών κυρίως οργανισμών μέσω των αλιευμάτων είναι πιθανή όπως και απόρριψη ζωντανών δολωμάτων. Σε γενικές γραμμές οι φυσικοί τρόποι μεταφοράς οργανισμών σε διαφορετικά περιβάλλοντα είναι πολλοί, όμως σε καμία περίπτωση δε μπορούν να αντισταθμιστούν με τη μαζικότητα και τον

όγκο που παρατηρείται στο φαινόμενο από τη ναυτιλία που πλέον αποτελεί το κυρίαρχο μέσο μεταφοράς (Τσολάκη κ.α., 2008).

Πέρα από το νερό που χρησιμοποιείται ως έρμα στα εμπορικά πλοία υπάρχουν και αρκετοί άλλοι τρόποι μεταφοράς μικροοργανισμών, αν και παρατηρούνται σε μικρότερη κλίμακα. Αυτοί είναι μέσω του νερού που χρησιμοποιείται για την ψύξη των μηχανών, μέσω του νερού που χρησιμοποιείται για πυροπροστασία, μέσω του νερού που χρησιμοποιείται για την ψύξη της προπέλας, τα σεντινόνερα του μηχανοστασίου και του νερού που παρακρατείται από τα σχοινιά πρόσδεσης. Από τους εναλλακτικούς του έρματος τρόπους για τη μεταφορά θαλασσίων οργανισμών, ο κυριότερο είναι μέσω της προσκόλλησής τους στα μέρη του πλοίου που βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το νερό όπως είναι η γάστρα του πλοίου, οι εξωτερικές σωληνώσεις, η άγκυρα, οι προπέλες, οι αλυσίδες και τα σκοινιά (Τσολάκη κ.α., 2008).

4.3. Ορισμός Νερού Έρματος

Έρμα είναι κάθε υλικό που χρησιμοποιείται για το βάρος ή / και την ισορροπία ενός αντικειμένου. Ένα παράδειγμα είναι τα σακιά που μεταφέρονται με συμβατικά αερόστατα θεριού αέρα, η οποία μπορεί να απορρίπτεται για να ελαφρύνουν το βάρος το μπαλόνη, το οποίο δύναται να ανέλθει. Νερό έρματος είναι επομένως το νερό που μεταφέρουν τα πλοία για την εξασφάλιση της σταθερότητας, της ισορροπίας και τη δομική ακεραιότητα. Νερό έρματος αντλείται από τη θάλασσα για τη διατήρηση ασφαλών συνθηκών λειτουργίας σε όλο το ταξίδι. Η πρακτική αυτή μειώνει την πίεση στο κύτος, παρέχει εγκάρσια σταθερότητα, βελτιώνει την πρόωση και την ευελιξία, και αντισταθμίζει το βάρος που χάνεται λόγω στην κατανάλωση καυσίμου και νερού εν πλω (HELMERPA Publication, 2011).

Ενώ το νερό έρματος είναι απαραίτητο για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία των σύγχρονων πλοίων, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά οικολογικά, οικονομικά, καθώς και προβλήματα υγείας λόγω της πληθώρας των θαλάσσιων ειδών που μεταφέρονται μέσα σε νερό έρματος των πλοίων. Υπολογίζεται ότι τουλάχιστον 7.000 διαφορετικά είδη μεταφέρονται σε δεξαμενές έρματος των

πλοίων σε ολόκληρο τον κόσμο. Η συντριπτική πλειονότητα των θαλάσσιων ειδών που μεταφέρονται μέσα σε νερό έρματος δεν επιβιώνουν το ταξίδι, καθώς ο κύκλος ερματισμού και αφερματισμού και το περιβάλλον μέσα δεξαμενές έρματος μπορεί να είναι αρκετά εχθρικό ως προς την επιβίωση των οργανισμών. Ακόμη και για αυτούς που επιβιώνουν το ταξίδι και αποβάλλονται, οι πιθανότητες επιβίωσης στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων της θήρευσης και τον ανταγωνισμό από τα τοπικά είδη, μειώνονται ακόμη περισσότερο. Ωστόσο, όταν όλοι οι παράγοντες είναι ευνοϊκοί, τα μεταφερόμενα είδη μπορεί να επιβιώσουν (το 5-10%) και να αναπαραχθούν (περίπου το 10% αυτών) στο περιβάλλον υποδοχής, όπου εγκαθίστανται επεκτατικά, παραμερίζοντας τα αυτόχθονα είδη και αναπτύσσονται σαν επιβλαβείς οργανισμοί κατά μεγάλους αριθμούς (HELMERA Publication, 2011).

4.4. Ο Ρόλος του Έρματος

Το έρμα στον τομέα των μεταφορών είναι το οποιασδήποτε μορφής υλικό που χρησιμοποιείται για να προσδώσει βάρος και να βοηθήσει στην εξισορρόπηση το μέσο. Χρησιμοποιείται, εκτός από τη ναυτιλία, στους σιδηροδρόμους αλλά και στα αερόστατα (σακιά με άμμο που απορρίπτονται για να διευκολυνθεί η απογείωση) (Τσολάκη κ.α., 2008).

Στα πλοία, η χρήση του έρματος γίνεται για να προσδώσει ευστάθεια, ισορροπία και σταθερότητα πλεύσης όταν αυτά είναι κενά φορτίου. Στις απαρχές της σύγχρονης ναυτιλίας χρησιμοποιείτο σταθερό έρμα (πέτρες, άμμος) μέχρι την αντικατάστασή του από το νερό που είναι οικονομικότερο και πολύ πιο εύχρηστο στη διαχείρισή του (φορτοεκφόρτωση). Το πλοίο φορτώνει έρμα όταν είναι χωρίς φορτίο, με σκοπό τη βύθισή του στα επιθυμητά επίπεδα και όταν φτάσει στο λιμάνι προορισμού το εκφορτώνει και η βύθιση επιτυγχάνεται με την είσοδο του φορτίου. Πέρα από τη χρήση έρματος στο εμπορικό ναυτικό, αυτό χρησιμοποιείται και για την αποφυγή προσάραξης κατά την είσοδο ή έξοδο των πλοίων από τα λιμάνια όπου οι ταχύτητες είναι χαμηλές, όπως και για την αντιστάθμιση της απώλειας

βάρους που προκαλείται από την κατανάλωση καυσίμων κατά τη διάρκεια μεγάλων ταξιδιών (Τσολάκη κ.α., 2008).

Λόγω της δυσκολίας άντλησης του συνόλου του νερού από τις δεξαμενές έρματος, τα πλοία σχεδόν πάντα ταξιδεύουν χωρίς έρμα. Όπως είναι φυσικό η ποσότητα έρματος που μεταφέρει ένα πλοίο είναι αντιστρόφως ανάλογη ως προς την ποσότητα του φορτίου, ενώ δεν είναι απόλυτη η ύπαρξη ή μη νερού έρματος στις δεξαμενές (ένα πλοίο μισογεμάτο είναι κατά ένα μέρος ερματισμένο). Η ποσότητα του έρματος που χρησιμοποιεί το κάθε πλοίο ποικίλει και εξαρτάται σε γενικές γραμμές από το είδος του και από τον σχεδιασμό του. Σύμφωνα με στοιχεία της Ι.Μ.Ο. στα πετρελαιοφόρα το ένα τρίτο περίπου του καθαρού τους βάρους είναι θαλάσσιο έρμα, ενώ στα πλοία που μεταφέρουν χύδην φορτία το ποσοστό αυτό είναι ελαφρώς μεγαλύτερο (1/2,5). Τα πλοία που δεν είναι σχεδιασμένα για αμιγώς εμπορική χρήση, όπως για παράδειγμα τα πολεμικά πλοία και τα κρουαζιερόπλοια, διαθέτουν επίσης δεξαμενές έρματος μικρότερου μεγέθους κυρίως για να προσδώσουν ευστάθεια όταν απαιτούνται λεπτότεροι χειρισμοί. Στα σύγχρονα πλοία έχει προβλεφθεί η ύπαρξη επί πλέον δεξαμενών έρματος που τίθενται σε λειτουργία κατά τις διαδικασίες συντήρησης και επισκευής των πλοίων ώστε να διευκολύνεται η καθέλκυση και η βύθισή τους (Τσολάκη κ.α., 2008).

Η χρήση μηχανικών μέσων για τον ερματισμό του πλοίου δεν είναι απαραίτητη, αφού οι δεξαμενές βρίσκονται σε χαμηλότερο σημείο από τη στάθμη της θάλασσας. Η πλήρωσή τους γίνεται με φυσικό τρόπο (βαρύτητα) μέχρι το νερό στις δεξαμενές να προσεγγίσει τη στάθμη αυτή. Αντλίες αναρρόφησης υπάρχουν στα μεγάλα εμπορικά πλοία αλλά μπαίνουν σε λειτουργία όσο το δυνατό λιγότερο προκειμένου να μειωθεί το κόστος. Μία μέση αντλία ερματισμού έχει ικανότητα άντλησης περίπου 6.000 τόνων νερού την ώρα, ενώ η συνολική διαδικασία μπορεί να διαρκέσει ακόμα και λίγες μέρες. Για την αποφυγή επιπλέον ρύπανσης, οι αντλίες είναι τοποθετημένες δίπλα από την καρίνα του πλοίου και ουσιαστικά πολύ κοντά στον πυθμένα του πλοίου. Η δυναμικότητα και ο αριθμός των αντλιών συνδέεται με το μέγεθος και τη δομή των δεξαμενών και κατ' επέκταση με τον τύπο του πλοίου (Τσολάκη κ.α., 2008).

Ο ερματισμός του πλοίου ξεκινά με την εκφόρτωση του πλοίου του φορτίου σε λιμάνι όπου ταυτόχρονα γίνεται η αναπλήρωση με εισαγωγή έρματος,

προκειμένου να συνεχίσει το ταξίδι του στο επόμενο σημείο όπου έχει να παραλάβει εμπόρευμα. Για να φορτώσει το επόμενο εμπόρευμα το πλοίο θα πρέπει να αφερματιστεί και έτσι μαζί με το νερό που απορρίπτεται στο νέο λιμάνι, γίνεται και η είσοδος των βιοεισβολέων. Το γεγονός της ύπαρξης ποσότητας έρματος ακόμα και σε πλήρως έμφορτα πλοία, υποδεικνύει ότι κατά τη διάρκεια του ταξιδιού ένα πλοίο είναι δυνατόν να μεταφέρει θαλάσσιους οργανισμούς από πολλά διαφορετικά σημεία. Σε αυτό πρέπει να συνυπολογιστεί ότι ερματισμός μπορεί να γίνει και εν πλω για την προσαρμογή του πλοίου σε ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες ή για την αναπλήρωση καυσίμων που έχουν καταναλωθεί κάνοντας ακόμα πιο σύνθετο το πρόβλημα των βιοεισβολέων (Τσολάκη κ.α., 2008).

Οι περιοχές που αποτελούν θαλάσσιους εμπορικούς κόμβους είναι αυτές που πλήττονται περισσότερο από την εισβολή ξενικών ειδών και ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα το Αιγαίο Πέλαγος το οποίο, σύμφωνα με μελέτες του οργανισμού περιβάλλοντος του Ο.Η.Ε, είναι η θάλασσα που δέχεται το μεγαλύτερο αριθμό βιοεισβολών παγκοσμίως (Τσολάκη κ.α., 2008).

4.5. Το Πρόβλημα των Θαλάσσιων Βιοεισβολέων

Η αφερμάτωση ενός πλοίου σε κάποιο λιμάνι ή ακόμα στη μέση του ωκεανού, συνεπάγεται την απελευθέρωση ανεπιθύμητων θαλάσσιων οργανισμών όπως είναι τα βακτήρια, οι πλαγκτονικοί οργανισμοί, ασπόνδυλα, σπόρια και νύμφες μεγαλύτερων οργανισμών. Επειδή το μέγεθος των περισσότερων θαλάσσιων οργανισμών είναι μικρό κατά τα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής τους, η είσοδός τους στις δεξαμενές έρματος διευκολύνεται και η μεταφορά τους γίνεται ενόσω αυτοί βρίσκονται σε πλαγκτονικό στάδιο (Hewitt, 2003).

Η επιβίωση των εισβολέων στο περιβάλλον που αποτίθενται μετά την αφερμάτωση, επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες. Η διαδικασία μεταφοράς ενός οργανισμού από τη θάλασσα καταγωγής του σε ένα νέο περιβάλλον, περιλαμβάνει μια σειρά από στάδια που δείχνουν ότι η πιθανότητα να συμβεί τελικά η μόλυνση είναι ελάχιστη. Στην πραγματικότητα οι τεράστιες ποσότητες έρματος που διακινούνται καθημερινά στους ωκεανούς υπερβαίνουν τις

αντιξοότητες της μεταφοράς και ως εκ τούτου ένα μικρό ποσοστό οργανισμών θα καταφέρει να επιβιώσει και να αναπτυχθεί στο νέο περιβάλλον (Hewitt, 2003).

Οι προϋποθέσεις για τη μεταφορά ενός θαλάσσιου είδους είναι η παρουσία του στο λιμάνι κατά τη διάρκεια ερματισμού ενός πλοίου, η εισαγωγή του μαζί με το θαλασσινό νερό στις δεξαμενές έρματος και η επιβίωσή του από τη διαδικασία και κατά τη διάρκεια ενός πιθανώς πολύμηνου ταξιδιού μέχρι το σημείο του αφερματισμού και εν τέλει να ανταπεξέλθει στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσει και να αναπαραχθεί μέχρι σημείου που θα μονιμοποιηθεί η παρουσία του στο νέο περιβάλλον (Hewitt, 2003).

Η αλληλουχία των γεγονότων που πρέπει να συμβούν για να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή ενός νέου είδους στο θαλάσσιο περιβάλλον, είναι πολύπλοκη και γίνεται ακόμα δυσκολότερη αν αναλογιστεί κανείς τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στους βυθούς διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών και επηρεάζουν τη θερμοκρασία, τη μορφολογία, την ύπαρξη κατάλληλης τροφής και την πιθανότητα αντιμετώπισης νέων γηγενών οργανισμών ως θηρευτές ή και ως ανταγωνιστές για τα νεοφερμένα είδη. Από τα 7.000 είδη που διακινούνται στις θάλασσες καθημερινά μέσω των διαδικασιών του ερματισμού και αφερματισμού, τελικά κάποια καταφέρνουν να επιβιώσουν δημιουργώντας πολλές φορές σημαντικά προβλήματα αφενός στις θαλάσσιες βιοκοινωνίες και αφετέρου στην υγεία του ανθρώπου και στις οικονομικές δραστηριότητες (Hewitt, 2003).

4.6. Οι Κυριότεροι Βιοεισβολείς

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται πλήθος βιοεισβολέων και περιπτώσεις που η παρουσία τους έχει προκαλέσει ανισορροπία. Είναι χαρακτηριστικό ότι μελέτες αναφέρουν πως στις ευρωπαϊκές θάλασσες έχουν αναγνωριστεί περισσότερα από 1.000 είδη, ενώ άλλες έρευνες ανεβάζουν τον αριθμό σε περισσότερα από 2.000. Ορισμένοι από αυτούς τους οργανισμούς κατορθώνουν να συμβιώνουν αρμονικά με το περιβάλλον αλλά σε αρκετές περιπτώσεις βιοεισβολείς προκάλεσαν σοβαρά προβλήματα στο οικοσύστημα με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην τοπική οικονομία (Rigby et al., 2004).

Στη συνέχεια θα αναφερθούν, συνοπτικά, παραδείγματα βιοεισβολών των οποίων οι επιδράσεις ήταν έντονες σύμφωνα με στοιχεία της Ι.Μ.Ο. (ΙΜΟ, 2004):

- ✚ Το μικρόβιο της χολέρας (*vibriocholerae*)
- ✚ Γωβιός (*Neogobius melanos tomus*)
- ✚ Κτενοφόρος Τσούχτρα, North American Comb Jelly (*Mnemiopsis leidyi*)
- ✚ Τοξικά Φύκη (*Toxic Algae*)
- ✚ Ευρωπαϊκό Μύδι Ζέμπρα (*Zebra Mussel Dreissena polymorpha*)
- ✚ Αστερίας του Βόρειου Ειρηνικού (*Asterias Amurensis*)
- ✚ Ευρωπαϊός Πράσινος Κάβουρας (*Carcinus maenus*)
- ✚ Κινέζικό Καβούρι (*Sinensis Eiocheirensis*)
- ✚ Ασιατικό Μαλάκιο, Asiatic Clam (*Corbicula fluminea*)
- ✚ Άλγη του Ινδικού Ωκεανού (*Halophila Stipulacea*)
- ✚ Ασιατική άλγη, Asian Kelp (*Undaria Pinnatifida*)
- ✚ Ευρωπαϊκό Ψάρι Rudd (*Scardinius erythropthalmus*)

4.7. Επιπτώσεις της Βιοεισβολής στο Θαλάσσιο Περιβάλλον

Αφού αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα εισβολής ξενικών ειδών στις θάλασσες, όπως και οι συνέπειες που προκλήθηκαν στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, θα αναλυθούν οι επιπτώσεις της βιοεισβολής σε ένα πιο ολοκληρωμένο επίπεδο. Το τρίπτυχο των επιπτώσεων που οφείλονται στο πρόβλημα της μεταφοράς οργανισμών μέσω της ναυτιλίας, μπορεί να συνοψιστεί στη διατάραξη των οικοσυστημάτων, στις οικονομικές επιπτώσεις που προκαλεί και στις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Parsons, 2003).

Όπως έγινε αντιληπτό από τα παραδείγματα τη προηγούμενης ενότητας, η διατάραξη των οικοσυστημάτων που επιβαρύνονται με την εισβολή των ξενικών ειδών, είναι άμεση και σχεδόν βεβαία. Αυτό μπορεί να συμβεί επειδή ο εισβολέας

είναι φυσικός εχθρός των γηγενών πληθυσμών και πιθανή αύξηση των ατόμων του επιφέρει μείωση των θηραμάτων του, όπως στην περίπτωση του Κινέζικου Καβουριού που σχεδόν εξαφάνισε τους πληθυσμούς ψαριών και ασπόνδυλων μετά την είσοδό του στις θάλασσες της Δυτικής Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Η διατάραξη του οικοσυστήματος μπορεί να γίνει και με έμμεσους τρόπους όπως είναι η μείωση της τροφής των αυτοχθόνων οργανισμών λόγω ανταγωνισμού σύμφωνα με τα παραδείγματα του μυδιού και της “Zebra Mussel” και την αναστάτωση της τροφικής αλυσίδας που προκάλεσαν εξαιτίας της μείωσης του διαθέσιμου φυτοπλαγκτόν στις θάλασσες των Η.Π.Α. Στις έμμεσες επιδράσεις συγκαταλέγονται και περιπτώσεις κατά τις οποίες ο εισβολέας είναι θηρευτής αυγών γηγενών ειδών (π.χ. το ψάρι Goby) ή περιπτώσεις κατά τις οποίες οι φυσιολογικές λειτουργίες του εισβολέα καθιστούν το περιβάλλον ακατάλληλο για την επιβίωση άλλων θαλάσσιων οργανισμών όπως στην περίπτωση της τοξικής άλγης η οποία με την εξάπλωσή της εξάντλησε το διαλυμένο οξυγόνο θαλασσών της Βαλτικής με αποτέλεσμα να εξαφανίσει σχεδόν τη υπόλοιπη πανίδα (Parsons, 2003).

Οι οικονομικές επιπτώσεις έρχονται ως επακόλουθο της μείωσης της αλιείας μέσω της διατάραξης της τροφικής αλυσίδας, της απαξίωσης των τιμών στις παράκτιες περιοχές λόγω της παρουσίας ανεπιθύμητων οργανισμών, τις επιπτώσεις στον τουρισμό και τις βλάβες που προκαλούνται σε υποθαλάσσιους αγωγούς, όπως προαναφέρθηκε. Ο I.M.O. έχει υπολογίσει τις οικονομικές επιπτώσεις της εισαγωγής ξενικών ειδών στο θαλάσσιο περιβάλλον, περίπου στα 138 δις δολάρια ετησίως, παραπάνω δηλαδή από το ήμισυ του ΑΕΠ μιας χώρας, όπως η Ελλάδα (Parsons, 2003).

Τέλος, η μεταφορά οργανισμών μέσω της ναυτιλίας έχει δημιουργήσει και προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου μέσω της κατανάλωσης τοξικών αλιευμάτων αλλά και άμεσα όπως στην περίπτωση του βακτηρίου “vibrio cholera” που προκάλεσε το θάνατο αρκετών χιλιάδων ανθρώπων (Parsons, 2003).

5. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ

5.1. Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε εκτενώς στο προηγούμενο κεφάλαιο, η παγκόσμια μεταφορά του θαλάσσιου έρματος έχει αναγνωριστεί ως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκαλεί η ναυτιλία στο περιβάλλον. Για την άμβλυνση αυτών των προβλημάτων η διεθνής κοινότητα μέσω της Ι.Μ.Ο. υιοθέτησε τη Διεθνή Συνθήκη για τον Έλεγχο και τη Διαχείριση του Έρματος Πλοίων. Η Συνθήκη αυτή θεσπίζει τα ανώτατα όρια τα οποία δεν πρέπει να παραβιάζονται κατά τη διαδικασία του αφερματισμού. Οποιοδήποτε σύστημα διαχείρισης θαλασσίου έρματος θα πρέπει να φέρει έγκριση τύπου, ώστε να βεβαιώνεται ότι τηρεί τα στάνταρ που έχει θέσει ο Ι.Μ.Ο. (Τσολάκη κ.α., 2008).

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές διαφορετικές φιλοσοφίες για τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος, οι οποίες συνοπτικά μπορεί να απαριθμηθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (Τσολάκη κ.α., 2008):

- ✚ στην ανταλλαγή θαλασσίου έρματος
- ✚ στη μηχανική επεξεργασία
- ✚ στη φυσική επεξεργασία και
- ✚ στη χημική επεξεργασία

Ανάλογα με την τακτική που θα επιλεγεί αλλά και τους κανονισμούς του κράτους που πραγματοποιείται ο αφερματισμός, η επεξεργασία του έρματος μπορεί να λάβει χώρα είτε στο λιμάνι είτε στο πλοίο. Στην πρώτη περίπτωση το έρμα εναποτίθεται σε κατάλληλες εγκαταστάσεις όπου μετά την εφαρμογή των απαραίτητων χειρισμών ελευθερώνεται αβλαβές. Η επεξεργασία στο πλοίο είναι η πλέον συνήθης τακτική που ακολουθείται είτε με την συνεχόμενη μέθοδο είτε με την μέθοδο ροής. Τα βασικά κριτήρια που έχουν θεσπιστεί από τον Ι.Μ.Ο. για την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου είναι η ασφάλεια για το πλήρωμα και το πλοίο,

η περιβαλλοντική επάρκεια-αποδοτικότητα, ενώ βεβαίως ένα ζήτημα είναι και η οικονομική βιωσιμότητα (Τσολάκη κ.α., 2008).

Ο μεγάλος αριθμός των διαθέσιμων συστημάτων σε συνδυασμό με τη σχετικά περιορισμένη εμπειρία για τη λειτουργία τους, οδηγεί στη δυσκολία επιλογής της κατάλληλης μεθόδου. Είναι πιθανό ένα σύστημα επεξεργασίας που δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου να μην είναι κατάλληλο σε ένα άλλο. Τα θεμελιώδη ζητήματα για την ορθή επιλογή συστήματος επεξεργασίας αφορούν το πλοίο, το χρησιμοποιούμενο σύστημα, την αλληλεπίδραση των δύο, τα ζητούμενα περιβαλλοντικά κριτήρια και βεβαίως το απαιτούμενο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης (Τσολάκη κ.α., 2008).

Για τη δημιουργία του προφίλ του πλοίου συνυπολογίζονται παράγοντες που αφορούν τα λιμάνια που επισκέπτεται, την ποιότητα νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, σύσταση), όπως και την επιθυμητή ροή, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα καθυστέρησης. Όσο πιο πολύπλοκο είναι το χρησιμοποιούμενο σύστημα απαιτείται και η αντίστοιχη εκπαίδευση ή πρόσληψη προσωπικού αφού αυξάνεται ο φόρτος εργασίας. Με την εγκατάσταση του συστήματος πρέπει αυτομάτως να λαμβάνονται και οι απαραίτητες προφυλάξεις για την ασφάλεια ειδικά στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται χημικά ή στην πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς και έκρηξης. Η εκ των υστέρων τοποθέτηση συστήματος σε ένα πλοίο δεν πρέπει να προκαλεί δυσλειτουργίες στην ομαλή λειτουργία του, ενώ ιδανικά θα πρέπει να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής (Τσολάκη κ.α., 2008).

5.2. Ανταλλαγή Θαλάσσιου Έρματος

Η ανταλλαγή έρματος είναι ένας αρκετά αποτελεσματικός τρόπος για τη διαχείρισή του και τη μείωση της μεταφοράς υδρόβιων οργανισμών έχοντας, όμως ως σοβαρό μειονέκτημα την απώλεια της ευστάθειας του πλοίου που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα όσον αφορά την ασφάλεια. Το σκεπτικό πίσω από την μέθοδο της ανταλλαγής έρματος είναι ότι οι οργανισμοί της ανοικτής θάλασσας είναι δύσκολο να επιβιώσουν σε παράκτια ύδατα (ισχύει και το αντίστροφο), ενώ είναι και σημαντικά λιγότεροι σε αριθμό ανά μονάδα όγκου. Οι τρόποι με τους

οποίους πραγματοποιείται η ανταλλαγή έρματος είναι τρεις και στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως “sequential”, “flow through” και “dilution” (PWSRCAC, 2005).

Κατά τον πρώτο τρόπο (sequential) συντελείται πλήρες άδειασμα των δεξαμενών του πλοίου και ξαναγέμισμά του με νερό από τον ωκεανό σε ποσοστό σχεδόν 100%. Όπως είναι επόμενο η διάρκεια της μεθόδου είναι σχετικά μικρή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην ευστάθεια του πλοίου, αλλά και φθορές από την έντονη μηχανική καταπόνηση (PWSRCAC, 2005).

Στη δεύτερη μέθοδο, η ανταλλαγή έρματος επιτυγχάνεται μέσω της εκτόπισης του παλαιού από το νέο δια μέσου της υπερχείλισης των δεξαμενών (flow through). Αυτός ο τρόπος εξασφαλίζει στο πλοίο την απαιτούμενη ευστάθεια (δεν δημιουργούνται απότομα συνθήκες κενού από συνθήκες πλήρωσης και το αντίστροφο), αλλά είναι σαφώς πιο χρονοβόρος κάτι που δεν τον καθιστά ιδανικό για πλοία που πραγματοποιούν ταξίδια λίγων ημερών ή για αντίξοες καιρικές συνθήκες (PWSRCAC, 2005).

Στη διύλιση, τέλος, πραγματοποιείται ταυτόχρονη εκκένωση και πλήρωση της δεξαμενής με ίση ροή που διατηρεί σταθερή τη στάθμη. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα είναι παρεμφερή με την μέθοδο “flow through”, με τη διαφορά της ευκολότερης απομάκρυνσης των ιζημάτων από τον πυθμένα των δεξαμενών (PWSRCAC, 2005).

Σε γενικές γραμμές, η ανταλλαγή νερού θεωρείται μερικώς αποτελεσματικό μέτρο και αναφέρεται περισσότερο στη διαχείριση παρά στην επεξεργασία του έρματος. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυξάνεται όταν η ανταλλαγή αφορά ύδατα τα οποία έχουν σαφώς διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα υφάλμυρο με αλμυρό νερό. Η ανταλλαγή θεωρείται ικανοποιητική όταν ο όγκος του νερού που έχει αντληθεί είναι τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερος από τον όγκο του αρχικού εκτοπίσματος. Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα που έχει ορίσει ο I.M.O., η ανταλλαγή νερού πρέπει να γίνεται σε απόσταση τουλάχιστον 200 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή και σε σημείο όπου το βάθος της θάλασσας είναι μεγαλύτερο από 200 μέτρα. Είναι δεδομένο ότι η ανταλλαγή έρματος δεν μπορεί να θεωρηθεί σε καμία περίπτωση 100% αποτελεσματική, ενώ έχουν αναφερθεί περιπτώσεις κατά τις οποίες το πλήθος των οργανισμών που απορρίφθηκε ήταν μεγαλύτερο από το αρχικό. Με

βάση στοιχεία που έχουν προκύψει από έρευνες (HELMAPA, 2011) υπάρχει και η άποψη ότι η διασπορά μη ιθαγενών οργανισμών εντείνεται από την πρακτική ανταλλαγής θαλάσσιου έρματος ιδιαίτερα σε νησιώτικες περιοχές που βρίσκονται πλησίον σε διαδεδομένες θέσεις ανταλλαγής (PWSRCAC, 2005).

5.3. Μηχανικός Διαχωρισμός

Ο μηχανικός διαχωρισμός αποτελεί ένα πρώτο στάδιο για την επεξεργασία του θαλάσσιου έρματος και συνήθως λειτουργεί συμπληρωματικά με κάποιες μορφές φυσικής και χημικής επεξεργασίας και ανήκει στις βασικές μεθόδους που εφαρμόζονται κυρίως στη φάση του ερματισμού και λιγότερο στον αφερματισμό. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα του μηχανικού διαχωρισμού είναι ουσιαστικά ο βασικός διαχωρισμός στερεού-υγρού, δηλαδή η κατακράτηση-αφαίρεση από το έρμα αιωρούμενων σωματιδίων και μεγαλύτερων οργανισμών από το νερό. Οι δύο κύριοι τρόποι για την επίτευξη του διαχωρισμού είναι η επιφανειακή διήθηση μέσω φίλτρων, η χρήση υδροκυκλώνων και ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός (Parsons et al., 2002).

Κατά τη διαδικασία της επιφανειακής διήθησης με χρήση φίλτρων, το έρμα αφού αντληθεί από τη θάλασσα διέρχεται δια μέσου φίλτρων, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αυτοκαθαριζόμενα και έχουν διάμετρο πόρων 40 mm. Τα συστήματα φιλτραρίσματος μέσω συστήματος παλινδρόμησης απορρίπτουν τα κατάλοιπα στη θάλασσα όταν η πίεση ελαττωθεί μετά τη συσσώρευση ακαθαρσιών. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η αυτόματη απόρριψη απομακρυνόμενων σωμάτων, καθώς και ότι δεν συνοδεύεται από την παραγωγή παραπροϊόντων που μπορεί να αντισταθμίσει τα περιβαλλοντικά οφέλη. Στον αντίποδα σωματίδια και οργανισμοί που έχουν μέγεθος μικρότερο των 50 mm δεν απομακρύνονται αποτελεσματικά (Parsons et al., 2002).

Ο δεύτερος τρόπος για τον μηχανικό διαχωρισμό είναι η διήθηση με χρήση υδροκυκλώνα που βασίζεται στη φυγοκέντρωση σε υψηλές ταχύτητες και στις διαφορετικές πυκνότητες νερού-υδροβίων οργανισμών. Οι συσκευές αυτές έχουν κωνική κατασκευή όπου το έρμα αφού εκτοξευτεί κινείται σπειροειδώς προς τα

κάτω εκτοξεύοντας στα τοιχώματα αιωρούμενα σωματίδια και οργανισμούς. Ο κυκλωνικός διαχωρισμός αποτελεί ουσιαστικά μια εναλλακτική προς το φιλτράρισμα μέθοδο η οποία υπό συνθήκες είναι αποτελεσματικότερη. Η πυκνότητα των σωματιδίων επηρεάζει το βαθμό διήθησης όπως και τεχνικές προδιαγραφές που φέρουν τα διάφορα συστήματα και είναι σχετικές με την ισχύ και την ταχύτητα διήθησης (Parsons et al., 2002).

Ένα βοηθητικό μέσο για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των τεχνικών μηχανικού διαχωρισμού είναι η κροκίδωση (coagulation). Η κροκίδωση του θαλασσινού νερού προκαλείται με την προσθήκη κροκιδωτικών μέσων, όπως είναι τα άλατα τρισθενούς σιδήρου ή πολυμερή τα οποία ουσιαστικά εξουδετερώνουν τις απωστικές δυνάμεις που υπάρχουν μεταξύ των κολλοειδών σωματιδίων προκαλώντας αύξηση μεγέθους δια της συσσωματώσεως και βελτίωση της διήθησης των φίλτρων ή των υδροκυκλώνων. Βεβαίως, για τη χρήση κροκιδωτικών χρειάζονται επιπλέον δεξαμενές παραμονής του έρματος για ορισμένο χρόνο μέχρι την ολοκλήρωση της διαδικασίας ενώ χάνεται και το πλεονέκτημα της μη παραγωγής παραπροϊόντων, αφού πλέον υπάρχει και μία έστω ήπια χημική προεπεξεργασία (Parsons et al., 2002).

Για την εγκατάσταση οποιουδήποτε, από τα παραπάνω, συστήματος επεξεργασίας σε ένα πλοίο, λαμβάνονται πολλοί παράγοντες υπόψη που αφορούν τον τύπο του πλοίου, το απαιτούμενο κόστος, την αξιοπιστία και την οικονομική, σε προσωπικό και ενέργεια, λειτουργία του (Parsons et al., 2002).

5.4. Χημική Επεξεργασία Θαλάσσιου Έρματος

Μετά το πρώτο στάδιο επεξεργασίας που είναι ο μηχανικός διαχωρισμός, ακολουθεί η κύρια επεξεργασία του έρματος που μπορεί να είναι είτε φυσική είτε χημική. Η χημική επεξεργασία αποσκοπεί στην απολύμανση-αποστείρωση του έρματος είτε με χρήση οξειδωτικών βιοκτόνων που καταστρέφουν τις βασικές δομές των οργανισμών, όπως είναι οι κυτταρικές μεμβράνες είτε με τη χρήση μη οξειδωτικών βιοκτόνων που στοχεύουν στις νευρικές, αναπαραγωγικές ή μεταβολικές λειτουργίες των οργανισμών. Η χρήση των βιοκτόνων έχει συχνά

αμφισβητηθεί λόγω της τοξικής τους δράσης η οποία παραμένει και μετά την απόρριψη του θαλάσσιου έρματος στη θάλασσα, αλλά και τα άγνωστα αποτελέσματα που μπορεί να επιφέρει στο σύνολο των θαλασσίων οργανισμών (MARTOV, 2004).

Στα μη οξειδωτικά βιοκτόνα περιλαμβάνονται αρκετές χημικές ενώσεις, όπως είναι το δι-βρώμιο-προπιοναμίδιο, η φορμαλδεΰδη, η γλουτεραλδεΰδη, οργανοθειϊκές ενώσεις, κ.α. Ευρεία χρήση στη χημική επεξεργασία θαλάσσιου έρματος βρίσκει η Μεναδιόνη (MNB) που αποτελεί συνθετικό παράγωγο της βιταμίνης Κ. Έρευνες (Famiali et al.) έδειξαν την ικανότητα της Μεναδιόνης να μειώνει δραστικά τον πληθυσμό θαλασσίων μικροοργανισμών σε υδατικό περιβάλλον όπου απουσιάζει το φως. Τα σκευάσματα που περιέχουν το συγκεκριμένο μη οξειδωτικό βιοκτόνο είναι τοξικά στα ασπόνδυλα όπως και στα διαπαυσιακά αυγά τους και σε γενικές γραμμές θεωρούνται ασφαλή στη χρήση τους. Για την αποφυγή μόλυνσης του θαλάσσιου ορίζοντα το επεξεργασμένο νερό απαιτείται να αδρανοποιηθεί για ορισμένο χρόνο πριν την απόρριψή του (MARTOV, 2004).

Στις μεθόδους που συνθέτουν το φάσμα της χημικής επεξεργασίας με οξειδωτικά βιοκτόνα υπάγονται η χλωρίωση, η ηλεκτροχλωρίωση, η οζόνωση, η χρήση διοξειδίου του χλωρίου και του υπεροξικού οξέως (MARTOV, 2004).

Η χλωρίωση είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο το οποίο έρχεται σε επαφή με το έρμα είτε με την μορφή αερίου είτε με τη μορφή υποχλωριωδών αλάτων. Η απολυμαντική δράση της μεθόδου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη συγκέντρωση και το χρόνο αντίδρασης. Το χλώριο μπορεί να εισέλθει εύκολα στις δεξαμενές έρματος από αγωγούς χλωρίωσης. Η συνήθης υψηλή δοσολογία που απαιτείται για την απολύμανση του έρματος (100 mg / Lt) μπορεί να μειωθεί ακόμα και είκοσι φορές αν η μέθοδος συνδυαστεί αποτελεσματικά με μηχανική διαχείριση του έρματος (π.χ. με φιλτράρισμα). Πριν το απολυμασμένο νερό απορριφθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον θα πρέπει απαραίτητως να αποχλωριωθεί, κάτι που γίνεται με τη χρήση διοξειδίου του θείου το οποίο αντιδρώντας με το χλώριο δίνει ιόντα χλωρίου. Η χλωρίωση χρησιμοποιείται ευρέως και στην απολύμανση του πόσιμου νερού αφού θεωρείται εξαιρετικά αποτελεσματικό σε ένα μεγάλο φάσμα μικροοργανισμών (βακτήρια, άλγη) αν και δεν είναι το καταλληλότερο μέσο για όλα

(π.χ. κύστες). Οι χημικές μορφές με τις οποίες συναντάται το χλώριο για απολύμανση είναι το υποχλωριώδες οξύ, το μοριακό χλώριο και το υποχλωριώδες ανιόν (MARTOB, 2004).

Στην αποτελεσματικότητα του υποχλωριώδους ανιόντος βασίζεται και η μέθοδος της ηλεκτροχλωρίωσης αφού ουσιαστικά τα ιόντα χλωρίου που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό μετατρέπονται μέσω ηλεκτρόλυσης στα επιθυμητά για απολύμανση ανιόντα. Επιπλέον οφέλη της ηλεκτροχλωρίωσης είναι η ελαχιστοποίηση αγοράς και μεταφοράς ουσιών που είναι δυνητικά επιβλαβείς ενώ δίνει αποτελέσματα παρεμφερή με την χλωρίωση. Η ανάγκη για επεξεργασία του νερού πριν την απόρριψη παραμένει και στην ηλεκτροχλωρίωση, ενώ κατά την παραγωγή OCI απαιτείται άλμη (MARTOB, 2004).

Η οζόνωση είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους απολύμανσης του θαλάσσιου έρματος αφού το όζον λογίζεται ως ένα από τα πλέον ισχυρά οξειδωτικά βιοκτόνα. Η συμπεριφορά της παρουσίας του όζοντος σε θαλασσινό νερό είναι διαφορετική από αυτήν σε γλυκό νερό λόγω της παρουσίας ιόντων βρωμίου στο πρώτο. Το όζον έχει δώσει υψηλά ποσοστά στην απολύμανση του νερού από μικροοργανισμούς (σε ορισμένα είδη βακτηρίων φτάνει στο 99%) αν και τα βρωμικά ιόντα που παράγονται είναι ύποπτα για καρκινογένεσεις. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνεται και το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης που απαιτείται για τις γεννήτριες όζοντος ειδικά όταν πρόκειται για πλοία που έχουν μεγάλες απαιτήσεις (MARTOB, 2004).

Το διοξείδιο του χλωρίου χρησιμοποιείται, επίσης, ως οξειδωτικό βιοκτόνο αφού τα αποτελέσματα που δίνει είναι κοντά σε αυτά της χλωρίωσης. Έρευνες (Manavida et. al.) έχουν δείξει ότι είναι ιδιαίτερα δραστικό σε πλαγκτονικούς οργανισμούς ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν έχει προηγηθεί μηχανικός διαχωρισμός.

5.5. Φυσική Επεξεργασία Θαλάσσιου Έρματος

Στις φυσικές μεθόδους επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος υπάγεται η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), η αποξυγόνωση η σπηλαίωση και η θερμική επεξεργασία (Tamburri et al., 2004).

Η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μια τεχνική συχνά χρησιμοποιούμενη για την απολύμανση τόσο του νερού έρματος όσο και του πόσιμου νερού, με βασικό πλεονέκτημα την αποφυγή δημιουργίας επικίνδυνων παραπροϊόντων. Η κατάλληλη ένταση στην εφαρμογή ακτινοβολίας έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντική βακτηριοκτόνα και ιοκτόνα δράση, προκαλώντας φυσικοχημικές αντιδράσεις σε βιολογικά συστατικά όπως είναι τα νουκλεοτίδια (DNA και RNA) και οι πρωτεΐνες των οργανισμών. Η εκπομπή της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται με τη χρήση λαμπών υδραργύρου που είναι τοποθετημένες σε σωλήνες χαλαζία. Συνήθως η μέθοδος δεν χρησιμοποιείται μόνη της αλλά συνδυαστικά με υδροκυκλώνες ή φίλτρα που εξασφαλίζουν τη μείωση της θολότητας του νερού και την καλλίτερη διάδοση της ακτινοβολίας. Αν και, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δε δημιουργούνται παραπροϊόντα από την εφαρμογή της μεθόδου, είναι δυνατόν να προκύψει μόλυνση του νερού σε περίπτωση διαρροής υδραργύρου από σπασμένο λαμπτήρα (Tamburri et al., 2004).

Η θερμική επεξεργασία μπορεί να έχει απολυμαντική δράση σε αρκετές κατηγορίες μικροοργανισμών όταν διατηρείται για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα θερμοκρασία μεγαλύτερη από 400 C° στις δεξαμενές έρματος. Η ανύψωση της θερμοκρασίας του νερού στις δεξαμενές έρματος μπορεί να επιτευχθεί είτε με χρήση της θερμικής ενέργειας που παράγεται από τις μηχανές του πλοίου, είτε από καυστήρες που έχουν τοποθετηθεί στο πλοίο για αυτό το λόγο. Στην πρώτη περίπτωση οι δεξαμενές έρματος συνδέονται με το σύστημα ψύξης της μηχανής ή έρχεται απευθείας σε επαφή με τις σωληνώσεις του (Tamburri et al., 2004).

Η χρήση υπερήχων (μορφή μηχανικών κυμάτων) δημιουργούν μέσω της διάδοσής τους στο έρμα περιοχές υψηλότερης και χαμηλότερης πίεσης σε ένα φαινόμενο που ονομάζεται σπηλαίωση. Η διαφορά πίεσης προκαλεί τοπική εξάτμιση του νερού με αποτέλεσμα τη δημιουργία φυσαλίδων υδρατμών. Η απολύμανση συντελείται όταν οι φυσαλίδες αυτές σχηματίζονται μέσα στο σώμα των οργανισμών που βρίσκονται στο θαλάσσιο έρμα προκαλώντας τη ρήξη των

κυτταρικών τους τοιχωμάτων. Η σπηλαιώση θεωρείται μια ήπια μέθοδος επεξεργασίας που δε δημιουργεί επιβλαβή για το περιβάλλον ή τον άνθρωπο, παραπροϊόντα αλλά συνήθως δεν φθάνει στα επιθυμητά επίπεδα αποτελεσματικότητας όταν δεν συνδυάζεται με κάποιας άλλης μορφής μηχανική ή χημική επεξεργασία (Tamburri et al., 2004).

Μια φυσικοχημική μέθοδος επεξεργασίας είναι και η αποξυγόνωση η οποία συντελείται με την έγχυση αδρανούς αερίου πάνω από τη στάθμη του νερού στις δεξαμενές έρματος προκαλώντας μείωση της μερικής πίεσης του οξυγόνου και ουσιαστικά θανατώνοντας τους οργανισμούς από ασφυξία σε χρονικό διάστημα έως τεσσάρων ημερών. Όπως και στις προηγούμενες φυσικές μεθόδους, δεν υπάρχει μόλυνση από παραπροϊόντα ενώ ως συμπληρωματικά οφέλη λογίζονται η μείωση της διάβρωσης των δεξαμενών (απουσία οξειδωτικού μέσου), όπως και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης σε περίπτωση ειδικά που υπάρχει ήδη διάταξη παραγωγής αερίου για άλλες ανάγκες του πλοίου (Tamburri et al., 2004).

Μια από τις νέες τεχνικές φυσικής επεξεργασίας του θαλάσσιου έρματος είναι η ανεπτυγμένη τεχνολογία οξείδωσης. Στη συγκεκριμένη μέθοδο τοποθετούνται συστήματα που φέρουν καταλύτες κυρίως διοξειδίου του τιτανίου που με την παρουσία ηλιακού φωτός παράγουν εξαιρετικά βραχύβιες ρίζες που διασπούν την κυτταρική μεμβράνη των οργανισμών χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία άλλων χημικών μέσων (Tamburri et al., 2004).

Τέλος, συμπληρωματικά με άλλες μεθόδους μπορεί να χρησιμοποιηθούν συσκευές παραγωγής μικροκυμάτων (αύξηση της θερμοκρασίας του νερού) και ηλεκτρικοί παλμοί που δημιουργούν κατά τόπους ενέργεια υψηλής πίεσης και ισχύος που θανατώνει τους οργανισμούς μέσω ηλεκτροπληξίας (Tamburri et al., 2004).

5.6. Συνδυασμοί Μεθόδων Επεξεργασίας

Η χρήση μόνο μιας μεθόδου επεξεργασίας έρματος είναι δύσκολο να αντιμετωπίσει το σύνολο του φάσματος των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο έρμα. Η χρήση δύο ή και περισσότερων μεθόδων σε μια διαδικασία απολύμανσης

είναι φυσικό να αυξήσει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα ειδικά αν οι μέθοδοι αυτοί λειτουργούν συμπληρωματικά και όχι παραπληρωματικά. Στα παραπάνω θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το υψηλό κόστος που βαρύνει τους πλοιοκτήτες και διαχειριστές για την εγκατάσταση ενός συστήματος, πόσο μάλλον για περισσότερα (Tamburri et al., 2004).

Συνήθως η εγκατάσταση ενός συστήματος επεξεργασίας ξεκινάει με την επιλογή μιας μεθόδου για τον μηχανικό διαχωρισμό. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι οργανισμοί μεγαλύτερου μεγέθους δεν θα εισέλθουν στις δεξαμενές έρματος. Τόσο οι υδροκυκλώνες όσο και η διήθηση μέσω φίλτρων μπορεί να εξασφαλίσουν σε πολύ μεγάλο ποσοστό την απόρριψη θαλάσσιων οργανισμών που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 50 mm. Στη συνέχεια είναι απαραίτητο να επιλεγεί μια μέθοδος για την απολύμανση του νερού έρματος από μικροοργανισμούς που πιθανώς να βρίσκονται σε αυτό όπως φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, ιοί, βακτήρια, κύστες, αυγά κ.α. Σε αυτή την κατεύθυνση θα γίνει χρήση ενός δευτερεύοντος συστήματος επεξεργασίας είτε φυσικής είτε χημικής. Από τις φυσικές μεθόδους οι πιο διαδεδομένες είναι η υπεριώδης ακτινοβολία και η αποξυγόνωση των δεξαμενών έρματος. Σε ελέγχους που έχουν γίνει για συστήματα που χρησιμοποιούν συνδυαστικά δύο από τις προηγούμενες μεθόδους ανά ζεύγη (μηχανική μέθοδος διαχωρισμού - φυσική επεξεργασία), τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα θετικά στο σύνολο των θαλασίων οργανισμών. Η συνδυαστική χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας με θέρμανση επίσης έχει δείξει ότι είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική με το μειονέκτημα όμως ότι απαιτεί αρκετό χρόνο, κάτι που την καθιστά εφαρμόσιμη μόνο σε πλοία που είναι κατασκευασμένα για μεγαλύτερης διάρκειας ταξίδια (Tamburri et al., 2004).

5.7. Προβλήματα από τα Παράγωγα Επεξεργασίας (DBPs)

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει από αρμόδιες αρχές και οργανισμούς (NIVA, GESAMP BWWG), έχουν υπάρξει ενδείξεις για περαιτέρω μόλυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από την απόρριψη του επεξεργασμένου έρματος. Οι κίνδυνοι αυτοί προκύπτουν κυρίως από την χρήση χημικών ουσιών για την

απολύμανση του έρματος με ισχυρές βιοκτόνες ιδιότητες. Μετά την εισαγωγή της ενεργής ουσίας για την επεξεργασία του έρματος ξεκινάει μια σειρά από χημικές αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφόρων τελικών προϊόντων κάτι που στη βιβλιογραφία καλείται «απολύμανση μέσω προϊόντων» ή “disinfection by products” (DBPs) (Tamburri et al., 2004).

Όπως είναι φυσικό, δεν υπάρχουν ουσίες που να έχουν βιοκτόνες ιδιότητες κατά τη διαδικασία απολύμανσης έρματος στο πλοίο και αδρανείς όταν απορρίπτονται στη θάλασσα. Η απόρριψη θαλάσσιου έρματος που έχει υποστεί χημική διαχείριση και επεξεργασία, ενέχει έναν παράγοντα ρίσκου για τις παράκτιες περιοχές, τους θαλάσσιους οργανισμούς και την ανθρώπινη υγεία. Πολλά από αυτά τα DBPs έχουν κατηγορηθεί ως τοξικά και μεταλλαξιογόνα όταν υπερβαίνουν κάποιες συγκεντρώσεις. Οι μελέτες για το επεξεργασμένο έρμα έχουν επικεντρωθεί στην συγκέντρωση τριαλογονομεθανίου και αλοοξικών οξέων (Tamburri et al., 2004).

Παρότι οι συγκεκριμένες χημικές επεξεργασίες συναντώνται και στη διαχείριση πόσιμου νερού, όπως για παράδειγμα στην ηλεκτροχλωρίωση, όταν εφαρμόζονται στο θαλασσινό οι συγκεντρώσεις των DBPs είναι πολλαπλάσιες κάτι που αποδίδεται στην υψηλότερη ποσότητα ιόντων βρωμίου που περιέχει. Στο γλυκό νερό το χλώριο (χλωρίωση) θα υδρολυθεί παράγοντας υποχλωρικό οξύ (HOCl) και υποχλωριώδη ιόντα. Αντιθέτως σε ένα σύστημα που περιέχει θαλασσινό νερό συντελούνται οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που παράγουν υποβρωμιώδες οξύ το οποίο είναι και ένα σημαντικό βιοκτόνο με χρόνο ημιζωής από μερικές ώρες μέχρι μέρες, ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούν σε συνδυασμό με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (Sassi et al., 2005).

Τα κυριότερα DBPs που συναντώνται σε θαλασσινό νερό που έχει χλωριωθεί είναι το βρωμοφόρμιο, το διβρωμοοξικό οξύ, ίχνη βρωμοφαινολών κ.α., τα οποία αν υπερβούν κάποια όρια είναι επικίνδυνα για τους υδρόβιους οργανισμούς και για τον άνθρωπο. Πολλά από αυτά έχουν μεγάλο χρόνο ζωής στο θαλάσσιο περιβάλλον ενώ βιοσυσσωρεύονται στους ιστούς των θαλάσσιων οργανισμών μέσω της τροφικής αλυσίδας. Η ποσότητα των DBPs στο χλωριωμένο θαλάσσιο έρμα εξαρτάται κυρίως από τη δοσολογία, τον τύπο του χρησιμοποιούμενου χημικού καθώς και από τα χαρακτηριστικά του νερού. Με σκοπό να προστατευθεί το

θαλάσσιο περιβάλλον από τα παράγωγα της επεξεργασίας του έρματος με ηλεκτροχλωρίωση, το GESAMP BWWG έχει προτείνει μια προληπτική λίστα με όρια για 18 ουσίες που θα πρέπει να τηρούνται πριν ένα σύστημα χημικής διαχείρισης έρματος πάρει έγκριση τύπου από τον I.M.O. (Sassi et al., 2005).

5.8. Η Ελληνική Περίπτωση “ERMA FIRST”

Η ERMA FERST ESK S.A. είναι η Ελληνική Εταιρεία που πρώτη (και μέχρι στιγμής μοναδική) σχεδίασε σύστημα για τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος το οποίο βρίσκει εφαρμογή σε μικρότερα σκάφη. Το σύστημα πιστοποιήθηκε αφού συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του κανονισμού I.M.O. D-2 και εγκρίθηκε κατά τη σύνοδο MERC.63 τον Μάρτιο του 2012 και από την Lloyds Register τον Ιούνιο του ίδιου έτους (ERMA-FIRST ESK Engineering Solutions S.A., 2018).

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί μεθόδους φιλτραρίσματος, φυσικού διαχωρισμού, ηλεκτρόλυσης και εξουδετέρωσης. Το φιλτράρισμα γίνεται με ένα αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο το οποίο απομακρύνει αρχικά σωματίδια που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 200 μm. Το θαλάσσιο νερό οδηγείται στο φίλτρο με τη βοήθεια αντλίας ενώ στο τέλος αυτού του σταδίου έχουν απομακρυνθεί ογκώδη σώματα και ιζήματα. Στη συνέχεια το νερό κατευθύνεται στους υδροκυκλώνες για τον φυσικό διαχωρισμό όπου διαχωρίζονται σωματίδια που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 20 μm. Το σύστημα χρησιμοποιεί διαχωριστή πολλαπλών κυκλώνων που λειτουργούν με υδραυλική φόρτωση ροής 100 m³ / hr. Το καθαρό από ιζήματα και σωματίδια νερό θα εισέλθει στο ηλεκτρολυτικό κελί για να ακολουθήσει η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης και με τη χρήση ηλεκτροδίων η χαμηλή συγκέντρωση χλωρίου το απολυμαίνει από μικροοργανισμούς (ιούς, βακτήρια, κύστες, κλπ.). Για την αποφυγή μόλυνσεως από DBPs κατά τον αφερματισμό πραγματοποιείται εξουδετέρωση του ελεύθερου χλωρίου μέσω παροχής όξινου διαλύματος θειικού νατρίου από δοσομετρική αντλία. Η διαδικασία είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένη και ελέγχεται μέσω ενός καταγραφέα δεδομένων απλουστεύοντας τη χρήση του συστήματος (ERMA-FIRST ESK Engineering Solutions S.A., 2018).

Σύμφωνα με την εταιρεία τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η υψηλή απόδοση στην αφαίρεση ιζημάτων, η σταθερή ροή, η μικρή και συμπαγής εγκατάσταση, η σχετικά χαμηλή συγκέντρωση χλωρίου (έως 10 mg/Lt), η μικρή κατανάλωση ρεύματος σε συνδυασμό με την υψηλή ενεργειακή απόδοση ακόμα και υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας ή χαμηλών θερμοκρασιών, η απλή και αυτοματοποιημένη λειτουργία του συστήματος και από μη εξειδικευμένα μέλη του πληρώματος, η μεγάλη διάρκεια ζωής τόσο των εξαρτημάτων όσο και των δεξαμενών έρματος που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στη διάβρωση (ERMA-FIRST ESK Engineering Solutions S.A., 2018).

Για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας του συστήματος έγιναν τρία ταξίδια δοκιμής στο διάστημα από Ιανουάριο 2011 έως Αύγουστο 2011. Ο έλεγχος έγινε σε πλοίο δοκιμής που πραγματοποίησε ταξίδι με διαδρομή Ευρώπη - Σουέζ – Ασία, ενώ τα δείγματα ήταν από νερό διαφορετικών λιμανιών. Το σύστημα κατόπιν αυτών αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματικό σύμφωνα με τα πρότυπα που περιγράφονται στον κανονισμό D-2 (ERMA-FIRST ESK Engineering Solutions S.A., 2018).

6. Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ (BWTS)

6.1. Εισαγωγή

Για την αντιμετώπιση της κατάστασης σε διεθνές επίπεδο, συγκροτήθηκε από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (το τμήμα υπεύθυνο για θέματα ναυτιλίας) ο IMO ο οποίος συγκρότησε κατευθυντήριες γραμμές και κανονισμούς οι οποίοι εγκρίθηκαν τον Φεβρουάριο του 2004 (BWMC), με στόχο την αποφυγή μεταφοράς ξένων ειδών μέσω του νερού έρματος των πλοίων επαρκέστερα από ότι στο παρελθόν. Για την υλοποίηση της BWMC αναπτύσσονται τοπικές στρατηγικές, όπως η Σύμβαση των Παρισίων (1992) για την Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Βορειοανατολικού Ατλαντικού Ωκεανού, ή επίσης μελέτες ή προγράμματα με στόχο τον συντονισμό της τοπικής συνεργασίας, όπως: GloBallast, an IMO-UNDP-GEF project (2000-2004), Matrob, a R&D project (2001-2004) και North Sea Ballast Water Opportunity (2009 -).

Εκτός από τις προσπάθειες μέσω αυτών των οργανισμών και προγραμμάτων, οι χώρες από μόνες τους χρειάζεται να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν νομοθεσίες για την εφαρμογή της Σύμβασης BWMC, όπως επίσης και να καθιστούν δυνατή την κατάλληλη επιθεώρηση και πιστοποίηση. Για να επιτευχθεί αυτό όμως σε εθνικό επίπεδο σε μια χώρα, είναι απαραίτητη η συνοχή μεταξύ των πολιτικών που υιοθετούνται για την αντιμετώπιση του προβλήματος, καθώς και διαφάνεια στις διαδικασίες πιστοποίησης και ελέγχου.

6.2. Η Σύμβαση Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος

Το διεθνές κανονιστικό και νομοθετικό περιβάλλον που αναφέρεται στην διαχείριση του έρματος πλοίων και στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από αυτό, έχει οριστεί κυρίως από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (I.M.O.) (Τσολάκη κ.α., 2008).

Η πρώτη διεθνής αναφορά για τα προβλήματα που προκύπτουν από την εισαγωγή ανεπιθύμητων και πιθανώς παθογόνων οργανισμών μέσω του νερού έρματος αλλά και η θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών για την πρόληψή τους, έγινε το 1991 στη Γενεύη από τον Ι.Μ.Ο. σε συνεργασία με τη Μ.Ε.Ρ.Κ. (Marine Environment Protection Committee). Το 1992, η Διάσκεψη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον αναγνώρισε το πρόβλημα της διείσδυσης μη ιθαγενών οργανισμών ως μεγάλη διεθνή ανησυχία (Τσολάκη κ.α., 2008).

Τον Νοέμβριο του 1993, η Γενική Συνέλευση του ΙΜΟ ενέκρινε το ψήφισμα Α.774 (18) με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές του 1991 ζητώντας από την ΜΕΡΚ και την ΜΣΚ να αναθεωρήσουν τις κατευθυντήριες γραμμές με στόχο την ανάπτυξη νομικά δεσμευτικών διατάξεων σε διεθνές επίπεδο. Ενώ συνεχίζονται οι διαδικασίες για την ανάπτυξη μιας διεθνούς συνθήκης, ο ΙΜΟ εξέδωσε τον Νοέμβριο του 1997 τις αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές, για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος των πλοίων για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς επιβλαβών και παθογόνων υδρόβιων οργανισμών, προσκαλώντας τα κράτη μέλη της να χρησιμοποιούν αυτές τις νέες κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση του ζητήματος των υδρόβιων εισβαλλόντων ειδών (Τσολάκη κ.α., 2008).

Οι αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές περιλαμβάνουν νέες συμβουλές, όπως (ΙΜΟ, 2004):

- Ελαχιστοποίηση της υιοθέτησης των οργανισμών κατά τη διάρκεια του ερματισμού, με την αποφυγή περιοχών σε λιμένες όπου οι πληθυσμοί των επιβλαβών οργανισμών είναι γνωστό ότι εμφανίζονται, σε ρηχά νερά και στο σκοτάδι, όπου οργανισμοί του βυθού μπορεί να αναδυθούν.
- Καθαρισμός δεξαμενών έρματος και την αφαίρεση λάσπης και ιζημάτων που συσσωρεύονται σε αυτές τις δεξαμενές σε τακτική βάση, όπου ενδέχεται να φέρουν τους επιβλαβείς οργανισμούς.
- Η αποφυγή περιττών απορρίψεων έρματος.
- Δέσμευση των διαδικασιών διαχείρισης του υδάτινου έρματος, συμπεριλαμβανομένων:

- ✓ Η ανταλλαγή του νερού έρματος στη θάλασσα, αντικαθιστώντας το με «καθαρό» νερό των ωκεανών. Οποιαδήποτε θαλάσσια είδη που περισυλλέγονται στο λιμάνι απόπλου είναι λιγότερο πιθανό να επιβιώσουν στον ανοιχτό ωκεανό, όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι διαφορετικές από των παράκτιων και λιμενικών νερών.
- ✓ Μη απόρριψη ή ελάχιστη απελευθέρωση του θαλάσσιου έρματος.
- ✓ Απαλλαγή έρματος των αποβλήτων σε υποδοχείς επεξεργασίας ξηράς.

Οι δεκαετίες ζυμώσεις μεταξύ φορέων, κρατών και εμπλεκομένων στην παγκόσμια ναυτιλία, κυοφόρησαν εν τέλει το 2004 τη διεθνή Σύμβαση για τη Διαχείριση Έρματος Πλοίου γνωστή και ως BWM (Ballast Water Management). Για να τεθεί σε ισχύ η σύμβαση BWM θα πρέπει να συνηγορήσουν υπέρ της τουλάχιστον 30 κράτη που θα εκπροσωπούν κατ' ελάχιστο το 35% της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας (σε gt). Η επικύρωση της σύμβασης από τη Φιλανδία το 2016 άνοιξε το δρόμο για την εφαρμογή της, αλλά και για την αναθεώρηση ή τροποποίηση ορισμένων βασικών διατάξεών της προκειμένου να καταστεί ομοίως λειτουργική και αποτελεσματική (Τσολάκη κ.α., 2008).

Το πεδίο εφαρμογής της Διεθνούς Σύμβασης BWM αφορά το σύνολο των τύπων των πλοίων και πλατφορμών, με ορισμένες εξαιρέσεις, όπως τα πολεμικά πλοία, τα πλοία που δε μεταφέρουν θαλάσσιο έρμα από τη σχεδιάσή τους ή που έχουν μόνιμο έρμα σε σφραγισμένες δεξαμενές και τα πλοία που παραδίδουν το θαλάσσιο έρμα σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις υποδοχής. Οι βασικές απαιτήσεις της σύμβασης αφορούν τον εφοδιασμό των πλοίων με εγκεκριμένο εγχειρίδιο διαχείρισης θαλασσίου έρματος (BWMP), όπως και βιβλίο θαλασσίου έρματος (BWRB). Η επιθεώρηση και πιστοποίηση των πλοίων καθίσταται υποχρεωτική όταν αυτά ξεπερνούν τους 400 gt και έχει πενταετή διάρκεια. Κατά την πενταετία που το πλοίο έχει πιστοποιηθεί θα πραγματοποιούνται και ενδιάμεσες (ετήσιες ή διετείς) επιθεωρήσεις. Στα επί μέρους ζητήματα για τη διάθεση του έρματος ορίζονται οι βασικές προφυλάξεις κατά τον ερματισμό (βάθος νερού, ώρα της ημέρας, κλπ.), η επιλογή των κατάλληλων σημείων, η υποχρεωτική διαχείριση και επεξεργασία και η

ανταλλαγή έρματος ως λύση επιτρεπόμενη κατά το μεταβατικό στάδιο (Τσολάκη κ.α., 2008).

Το πρόγραμμα επεκτάθηκε και στην πεντηκοστή τρίτη σύνοδο της MEPC τον Ιούλιο του 2005 για την ανάπτυξη και υιοθέτηση 14 κατευθυντήριων γραμμών, από τα οποία το τελευταίο εγκρίθηκε με το ψήφισμα MEPC.173 (58) τον Οκτώβριο του 2008. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της πολυπλοκότητας του προβλήματος που τίθεται λόγω των υδάτινων χωροκατακτητικών ειδών μέσω του θαλάσσιου έρματος των πλοίων, το έργο βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και καθοδόν συγκεντρώνεται γνώση περί του θέματος. Οι κατευθυντήριες γραμμές επανεξετάζονται από το MEPC και θα ενημερώνονται καθώς νέες τεχνολογίες εμφανίζονται (Τσολάκη κ.α., 2008).

Το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής της διεθνούς Σύμβασης ποικίλει ανάλογα με τη χωρητικότητα του πλοίου σε έρμα, αλλά και το έτος κατασκευής του. Όπως είναι φυσιολογικό η Διεθνής Σύμβαση BWM που τέθηκε και επίσημα σε ισχύ τον Σεπτέμβριο του 2017 αναμένεται να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παγκόσμια ναυτιλία, αφού το κόστος που απαιτείται για την ευθυγράμμιση των συστημάτων των πλοίων με τις απαιτήσεις της φαίνεται πως θα ξεπεράσει τα 100 δις δολάρια (Τσολάκη κ.α., 2008).

6.3. Η Παγκόσμια Αγορά Συστημάτων Διαχείρισης Θαλάσσιου Έρματος

Η επιτροπή MEPC του IMO έχει συμφωνήσει για την τροποποίηση του κανονισμού B-3 της Σύμβασης για τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος (BWM), που τέθηκε σε ισχύ στις 8 Σεπτεμβρίου 2017, λόγω της εφαρμογής ενός νέου χρονοδιαγράμματος για τις απαιτήσεις D-2 (MERC, 2010).

Βάσει της Σύμβασης BWM, όλα τα ισχύοντα πλοία άνω των 400gt απαιτείται να έχουν πιστοποίηση, επιβεβαιώνοντας τουλάχιστον την τήρηση των απαιτήσεων της Σύμβασης BWM D-1, δηλαδή ανταλλαγή νερού έρματος, πριν από την έναρξη ισχύος στις 8 Σεπτεμβρίου 2017 (MERC, 2010).

Όσον αφορά τα νέα πλοία, οι απαιτήσεις παραμένουν αμετάβλητες. Δηλαδή, τα πλοία που κατασκευάστηκαν από την 8η Σεπτεμβρίου 2017 κι έπειτα,

θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με σύστημα διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος κατά την παράδοση (MERC, 2010).

Όσον αφορά τα υφιστάμενα πλοία τα οποία υποχρεούνται σε πιστοποίηση ΙΟΡΡ (International Oil Pollution Prevention Certificate), οι τροποποιήσεις είναι αυτές που καθυστερούν το χρονοδιάγραμμα της υποχρεωτικής εγκατάστασης του συστήματος επεξεργασίας έως δύο χρόνια μετά την έναρξη ισχύος της Σύμβασης, δίνοντας έτσι στα πλοία 2 έως 7 έτη από την έναρξη ισχύος πριν να χρειαστεί να εγκαταστήσουν ένα σύστημα επεξεργασίας, ανάλογα πάντα με τις ημερομηνίες έρευνας ανανέωσης του ΙΟΡΡ. Τα πλοία που κατασκευάστηκαν πριν από τις 8 Σεπτεμβρίου 2017 όφειλαν να είναι εφοδιασμένα με σύστημα ΒWΤ όχι μεταγενέστερα της 8ης Σεπτεμβρίου 2017 (MERC, 2010).

Εάν η ημερομηνία ολοκλήρωσης της τελευταίας ανανέωσης του ΙΟΡΡ ήταν μεταξύ 8 Σεπτεμβρίου 2012 και 7 Σεπτεμβρίου 2014, τότε η εγκατάσταση του συστήματος ΒWΤ απαιτείται κατά τη δεύτερη ανανέωση του ΙΟΡΡ από τις 8 Σεπτεμβρίου 2017 και μετά (MERC, 2010).

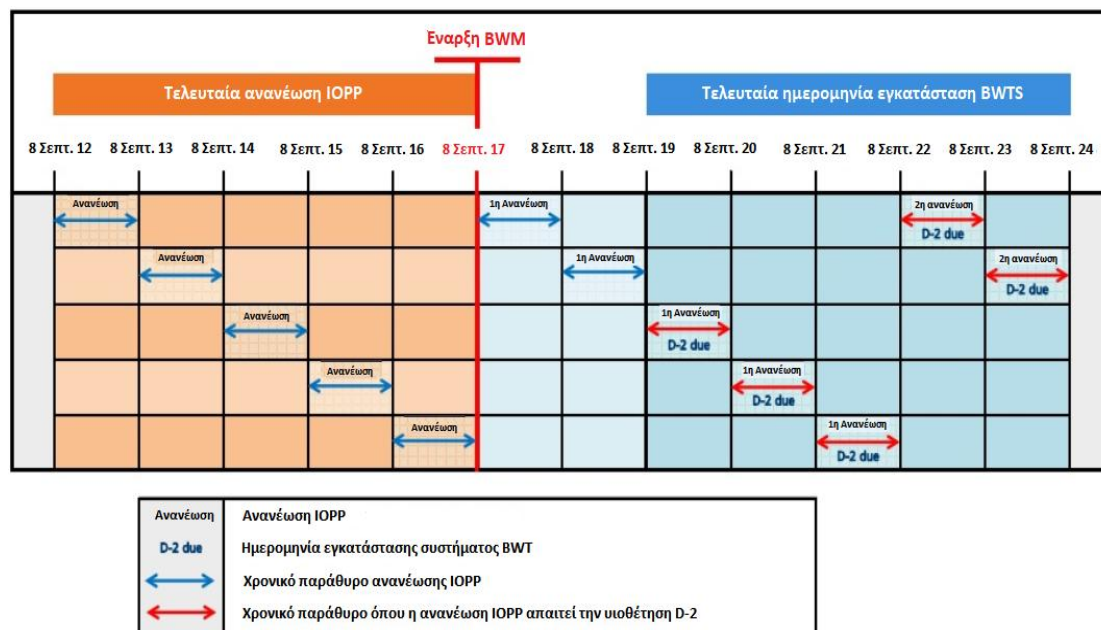
Όσον αφορά τα υφιστάμενα πλοία τα οποία δεν υποχρεούνται σε ΙΟΡΡ και πριν από την 8η Σεπτεμβρίου 2017, με εξαίρεση τα πετρελαιοφόρα <150gt και άλλα πλοία <400gt, απαιτείται να τοποθετήσουν σύστημα ΒWΤ όχι αργότερα από τις 8 Σεπτεμβρίου 2024. Ωστόσο, σημειώνεται ότι η Σύμβαση δεν ισχύει κανονικά για (MERC, 2010):

- τα πλοία που δεν μεταφέρουν νερό έρματος
- τα εγχώρια πλοία
- τα πλοία που λειτουργούν μόνο σε ύδατα υπό τη δικαιοδοσία ενός μέρους και στην ανοικτή θάλασσα
- τα πολεμικά πλοία ή άλλα πλοία που ανήκουν ή λειτουργούν από ένα κράτος

Θα πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι εάν ένα πλοίο κινείται προς ή από τις Η.Π.Α., το εφαρμοστέο πρόγραμμα εφαρμογής συστήματος επεξεργασίας USCG δεν επηρεάζεται από αυτές τις αλλαγές. Το παρακάτω γράφημα (Γράφημα 1)

απεικονίζει το νέο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των υφιστάμενων πλοίων (MERC, 2010).

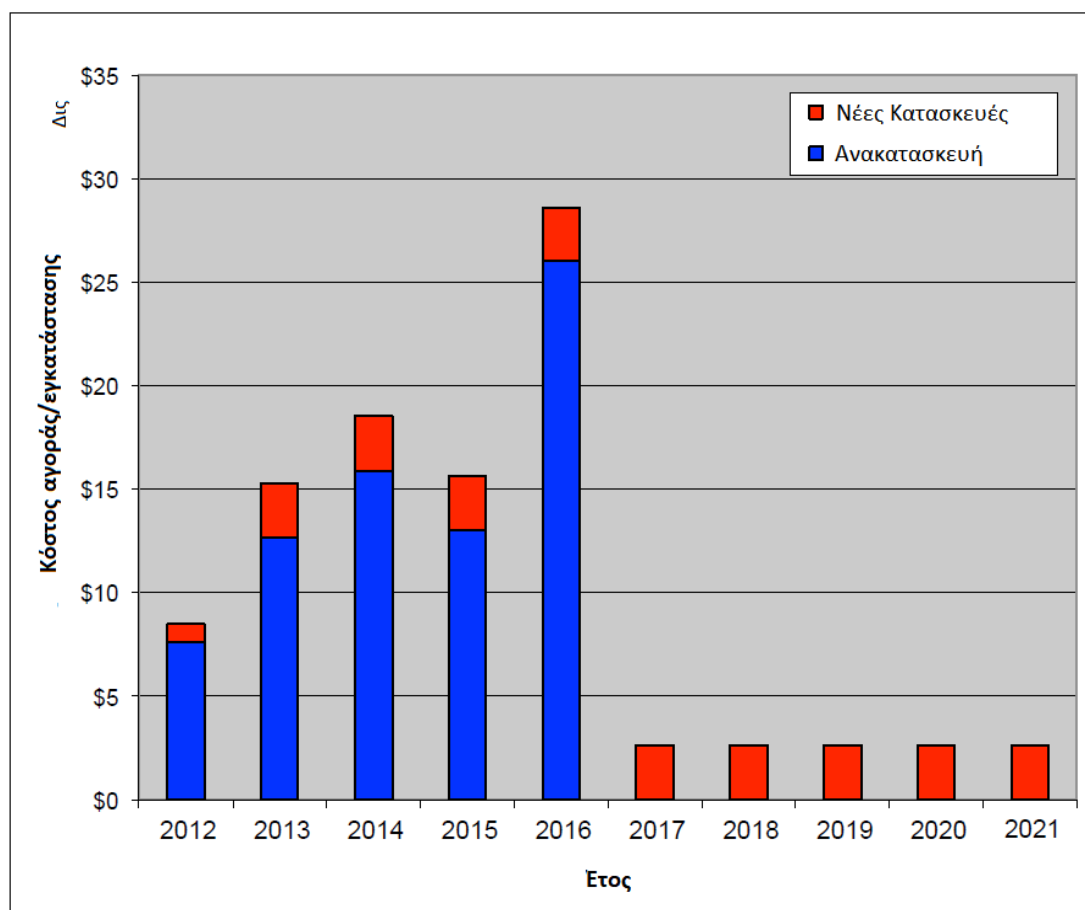
Γράφημα 1. Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης Σύμβασης BWTS στα υφιστάμενα πλοία



ΠΗΓΗ: MERC (2010)

Επιπρόσθετα, η μελέτη του MERC κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το «τυπικό» κόστος ανά πλοίο για την αγορά και εγκατάσταση ενός συστήματος BWT ανέρχεται περίπου στο 1 εκατομμύριο δολάρια. Με βάση τον αριθμό των πλοίων και με τις διάφορες δυνατότητες τους όσον αφορά το νερό έρματος που περιεγράφηκαν παραπάνω, το MERC εκτιμά ότι η ετήσια αξία της παγκόσμιας αγοράς συστημάτων BWT πρόκειται να ακολουθήσει την πορεία όπως αυτή απεικονίζεται στο Γράφημα 1. Η αγορά αναμένεται να αυξηθεί το 2017, με το ετήσιο κόστος του εξοπλισμού και της εγκατάστασης για τα υπάρχοντα τα πλοία και τις νέες κατασκευές σε όλες τις κατηγορίες πλοίων, να ανέρχεται άνω των 28 δισεκατομμυρίων δολαρίων (MERC, 2010).

Γράφημα 2. Εκτίμηση συνολικής αξίας συστημάτων BWT παγκοσμίως (2012-2021)



ΠΗΓΗ: MERC (2010)

6.4. Οι Επιπτώσεις της Σύμβασης στο Κόστος Λειτουργίας ενός Πλοίου

Το πρόγραμμα MARTOB ολοκλήρωσε μια μελέτη συγκρίνοντας ένα αριθμό συστημάτων διαχείρισης νερού έρματος, εξετάζοντας του πιθανούς κινδύνους που ενδέχεται να παρουσιαστούν κατά τη χρήση τους, την οικονομική και οικολογική τους επίδοση, και την αποτελεσματικότητά τους στο να θανατώνουν τους μικροοργανισμούς μέσα στο νερό έρματος (MARTOB, 2004).

Λόγω του ότι η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 2001-2004, όπου ο IMO δεν είχε ακόμα καταλήξει στους παρόντες ισχύοντες κανονισμούς, οι ερευνητές βασίστηκαν στους έως τότε υπό συζήτηση κανονισμούς ορίζοντας δικά τους πρότυπα ελέγχου για την ποιότητα του νερού, τα είδη οργανισμών που θα χρησιμοποιούνταν για διεξαγωγή των πειραμάτων, τη σύσταση των δοκιμών και τις μεθόδους αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των εξεταζόμενων συστημάτων διαχείρισης νερού έρματος. Ο IMO έλαβε υπόψιν του τα πειραματικά στοιχεία που έλαβε η έρευνα MARTOB στην τελική διαμόρφωση των ισχύοντων κανονισμών της Σύμβασης BWM (MARTOB, 2004).

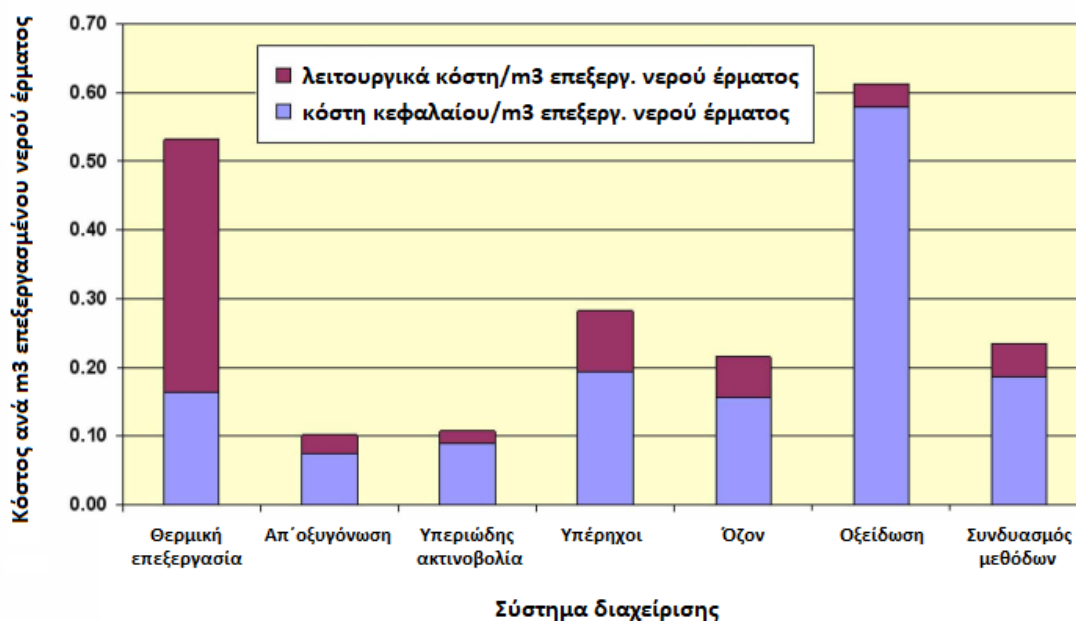
Για τη πραγματοποίηση των ελέγχων είχαν επιλεγεί πέντε είδη υδρόβιων οργανισμών: η προνύμφη του benthic polychaete (*Nereis virens*), το harpacticoid copepod (*Tisbe battagliai*), το calanoid copepod (*Acartia tonsa*), και τα φυτοπλαγκτόν *Thalassiosira pseudonana* (diatom) και το *Alexandrium tamerense* (dinoflagellate). Τα συστήματα που μελετήθηκαν ήταν βασισμένα στις μεθόδους (MARTOB, 2004):

- Θερμικής επεξεργασίας
- Αποξυγόνωσης
- Υπεριώδης ακτινοβολίας
- Υπερήχους
- Όζον
- Οξειδωση
- Συνδυασμό μεθόδων

Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας, όσον αφορά το κομμάτι των επιπτώσεων της διαχείρισης θαλάσσιου έρματος στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου παρουσιάζονται στα παρακάτω δυο γραφήματα (Γραφήματα 2 και 3). Στο Γράφημα 2 παρουσιάζονται τα κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος σε ένα πλοίο. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το Γράφημα 2, η μέθοδος της οξειδωσης για την επεξεργασία και διαχείριση του θαλάσσιου έρματος ενός πλοίου ενώ παρουσιάζει το μεγαλύτερο κεφαλαιακό κόστος, από την άλλη πλευρά

προσφέρει ιδιαίτερα χαμηλά λειτουργικά κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος. Αντίθετα, η μέθοδος της θερμικής επεξεργασίας αποτελεί μια μέθοδο όπου ενώ παρουσιάζει μικρό κεφαλαιακό κόστος, οδηγεί σε ιδιαίτερα υψηλά λειτουργικά κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας (MARTOV, 2004).

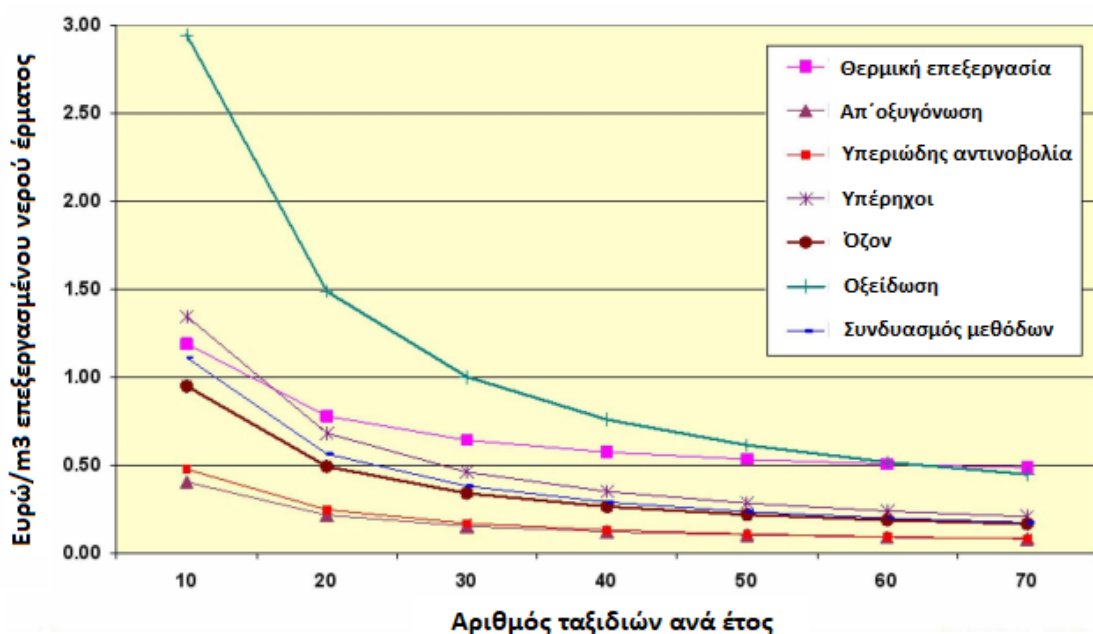
Γράφημα 3. Κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος



ΠΗΓΗ: MARTOV (2004)

Στο Γράφημα 3 παρουσιάζονται τα κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος σε ένα πλοίο για διαφορετικό αριθμό ταξιδιών ανά έτος. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε όσο ο αριθμός των ταξιδιών ενός πλοίου αυξάνεται τόσο μειώνονται και τα κόστη ανά m³ επεξεργασμένου νερού έρματος, για όλες τις μεθόδους επεξεργασίας και διαχείρισης του νερού έρματος. Βέβαια, η μέθοδος της οξείδωσης είναι λογικό να στα πρώτα ταξίδια να δαπανά περισσότερα χρήματα συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους και αυτό λόγω του ιδιαίτερα αυξημένου κεφαλαιακού κόστους που αναλύθηκε στο προηγούμενο γράφημα.

Γράφημα 4. Κόστη ανά m^3 επεξεργασμένου νερού έρματος για διαφορετικό αριθμό ταξιδιών ανά έτος



ΠΗΓΗ: MARTOV (2004)

Επιπρόσθετα, προκειμένου να εκτιμηθεί και να συγκριθεί το κόστος των διαφόρων συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος (BWTS), το Maritime Environmental Resource Center (MERC) πραγματοποίησε μια έρευνα και επικοινωνήσε με διάφορους πωλητές τέτοιων συστημάτων, οι οποίοι είχαν εγκριθεί-πιστοποιηθεί από τον Ι.Μ.Ο. από τον Μάιο του 2009. Συγκεκριμένα, το MERC αξιολόγησε τους ακόλουθους τύπους συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος (MERC, 2009):

- ✚ Διήθηση και UV
- ✚ Διήθηση και χημικά

- ✚ Αποξυγόνωση και Σπηλαίωση
- ✚ Ηλεκτρόλυση και ηλεκτροχλωρίωση
- ✚ Φιλτράρισμα, αποξυγόνωση και σπηλαίωση

Επίσης, στην έρευνα του, το MERC εξέτασε το κόστος που συνδέεται με κάθε ένα από αυτά τα συστήματα που εγκαθίστανται και λειτουργούν σε πλοία και συγκεκριμένα στους ακόλουθους τύπους και κατηγορίες μεγεθών:

- ✚ Φορτηγό «χύδην» φορτίων (>150.000 τόνων)
- ✚ Φορτηγό «χύδην» φορτίων (Τύπου Panamax)
- ✚ Φορτηγό πλοίο (Container): 2500 TEU
- ✚ Φορτηγό πλοίο (Container): 8000 TEU
- ✚ Πλοίο γενικών φορτίων: Breakbulk
- ✚ Πλοίο γενικών φορτίων: Ro-Ro
- ✚ Δεξαμενόπλοιο: TAPS Trade
- ✚ Δεξαμενόπλοιο: VLCC

Το φάσμα του αναμενόμενου κόστους αγοράς συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος (BWTS) μεταξύ των τύπων συστημάτων και των κατηγοριών των πλοίων και μεγεθών αυτών εκτιμάται μεταξύ των 640.000 και 947.000 δολαρίων. Για όλους τους τύπους συστημάτων, υπάρχουν μερικές οικονομίες κλίμακας κατά την αγορά, με τις μαζικές παραγγελίες να μειώνουν φυσικά το κόστος ενός συστήματος κατά 40.000 έως 104.000 δολάρια ανά μονάδα, ανάλογα με τον τύπο του συστήματος.

Πίνακας 1. Εκτιμώμενη τιμή αγοράς συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας νερού έρματος

Τύπος Μονάδας	Βασική Τιμή	Μαζική
Διήθηση και UV	933.333 \$	840.000 \$
Διήθηση και χημικά	946.667 \$	852.000 \$

Αποξυγόνωση και Σπηλαιώση	640.000 \$	600.000 \$
Ηλεκτρόλυση και ηλεκτροχλωρίωση	666.667 \$	600.000 \$
Φιλτράρισμα, αποξυγόνωση και Σπηλαιώση	- \$	- \$

ΠΗΓΗ: MERC (2009)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το κόστος εγκατάστασης ποικίλει ευρέως ακόμη και σε ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μεμονωμένου πλοίου και του χώρου και άλλων απαιτήσεων ενός συγκεκριμένου τύπου συστήματος BWTS. Οι εκτιμήσεις του κόστους εγκατάστασης που παρέχονται από την έρευνα του MERC μπορούν να θεωρηθούν ως «Τυπικές» (MERC, 2009).

Ο πιο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος BWT είναι οι απαιτήσεις χώρου του BWTS και εάν τα διάφορα στοιχεία ενός συγκεκριμένου BWTS μπορούν να εντοπιστούν σε μία μόνο θέση στο πλοίο ή πρέπει να τοποθετηθούν σε χωριστές θέσεις και να συνδεθούν μεταξύ τους (MERC, 2009).

Μια ξεχωριστή έκθεση του MERC με τίτλο "Preliminary Analysis of Ballast Water Treatment Costs" περιλαμβάνει αναλυτικές αναλύσεις αγοράς, εγκατάστασης και σταθερού ετήσιου λειτουργικού κόστους, όπως για παράδειγμα η συντήρηση, αλλά και το μεταβλητό ετήσιο λειτουργικό κόστος. Το ετήσιο κόστος συντήρησης ενός συστήματος BWT, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (MERC, 2009).

Πίνακας 2. Ετήσιο κόστος συντήρησης συστήματος BWTS

Τύπος Πλοίου	Διήθηση/UV	Διήθηση/ Χημικά	Αποξυγόνωση/ Σπηλαιώση	Ηλεκτρόλυση/ Ηλεκτροχλωρίωση
Πλοίο γενικών φορτίων: Breakbulk	11.000 \$	31.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Πλοίο γενικών φορτίων: Ro-Ro	11.000 \$	37.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Φορτηγό πλοίο: 2500 TEU	11.000 \$	44.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Bulker: Panamax	11.000 \$	56.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Φορτηγό πλοίο: 8000 TEU	11.000 \$	82.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Bulker: Cape-sized	11.000 \$	100.000 \$	9.000 \$	17.000 \$

Δεξαμενόπλοιο: TAPS Trade	11.000 \$	142.000 \$	9.000 \$	17.000 \$
Δεξαμενόπλοιο: VLCC	11.000 \$	296.000 \$	9.000 \$	17.000 \$

ΠΗΓΗ: MERC (2009)

Χρησιμοποιώντας το κόστος του κύκλου ζωής ανά μετρικό τόνο επεξεργασμένου έρματος, η έρευνα του MERC εκτιμά ότι η μέθοδος της διήθησης/UV και αυτή της ηλεκτρόλυσης/ηλεκτροχλωρίωσης φαίνεται να αποτελούν τις λιγότερο δαπανηρές λύσεις για τους περισσότερους τύπους σκαφών (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Κόστος κύκλου ζωής ανά μετρικό τόνο επεξεργασμένου έρματος (Βάσει ενός αναμενόμενου κύκλου ζωής 25 ετών)

Τύπος Πλοίου	Διήθηση και UV	Διήθηση και Χημικά	Αποξυγόνωση και Σπηλαιώση	Ηλεκτρόλυση και Ηλεκτροχλωρίωση
Πλοίο γενικών φορτίων: Breakbulk	0.14 - 0.15 \$	0.36 – 0.38 \$	0.27 – 0.28 \$	0.14 – 0.16 \$
Πλοίο γενικών φορτίων: Ro-Ro	0.25 - 0.29 \$	0.51 – 0.55 \$	0.36 – 0.39 \$	0.27 – 0.30 \$
Φορηγό πλοίο: 2500 TEU	0.34 - 0.39 \$	0.61 – 0.67 \$	0.44 – 0.47 \$	0.32 – 0.37 \$
Bulker: Panamax	0.15 - 0.17 \$	0.38 – 0.41 \$	0.29 – 0.31 \$	0.14 – 0.16 \$
Φορηγό πλοίο: 8000 TEU	0.67 - 0.75 \$	1.00 – 1.12 \$	0.70 – 0.77 \$	0.65 – 0.74 \$
Bulker: Cape-sized	0.45 - 0.51 \$	0.74 – 0.83 \$	0.53 – 0.59 \$	0.44 – 0.51 \$
Δεξαμενόπλοιο: TAPS Trade	0.10 - 0.11 \$	0.31 – 0.33 \$	0.24 – 0.25 \$	0.11 – 0.12 \$
Δεξαμενόπλοιο: VLCC	0.07 - 0.08 \$	0.28 – 0.29 \$	0.22 – 0.23 \$	0.08 – 0.09 \$

ΠΗΓΗ: MERC (2009)

Για τις περισσότερες τεχνολογίες, το ετήσιο λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση των συστημάτων BWT κυμαίνεται μεταξύ 9.000 έως 17.000 δολαρίων, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του σκάφους. Η εξαίρεση μεταξύ των

εγκεκριμένων τεχνολογιών αφορά τις μεθόδους του φιλτραρίσματος και των χημικών, οι οποίες έχουν πολύ μεγαλύτερο εύρος ετήσιων λειτουργικών εξόδων (31.000 έως 296.000 δολάρια), λόγω της χρήσης αναλώσιμων (χημικών), τα οποία ποικίλουν ανάλογα τον τύπο και το μέγεθος του σκάφους (MERC, 2009).

Για κάθε τύπο και μέγεθος σκάφους, το λειτουργικό κόστος εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 2 έως 5 σεντ του δολαρίου ανά μετρικό τόνο επεξεργασμένου νερού έρματος. Εξαιρέση αποτελούν τα συστήματα αποξυγόνωσης/σπηλαιώσης, των οποίων το λειτουργικό κόστος εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 19 έως 20 σεντ του δολαρίου ανά μετρικό τόνο, λόγω του κόστους των καυσίμων (MERC, 2009).

Για όλους τους τύπους πλοίων που αναλύθηκαν, η έρευνα του MERC έδειξε ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος BWT κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενός νέου πλοίου κοστίζει, κατά μέσο όρο, περίπου 100.000 δολάρια λιγότερο από την εγκατάσταση ενός συστήματος BWT σε φάση ανακαίνισης. Βέβαια, εξαιτίας των διακυμάνσεων των κατηγοριών των πλοίων, των ποσοστών εργασίας στα ναυπηγεία και των νέων εγγυήσεων στις τιμές των κατασκευών, ο αριθμός αυτός μπορεί να ποικίλει σημαντικά (MERC, 2009).

Συνοψίζοντας, σύμφωνα πάντα με την μελέτη του MERC, ο μέσος όρος του κόστους αγοράς ενός συστήματος-εξοπλισμού BWT σε όλες τις προαναφερθέντες κατηγορίες πλοίων κυμαίνεται μεταξύ 640.000 έως 947.000 δολαρίων. Ο μέσος όρος του κόστους εγκατάστασης για αυτά τα συστήματα κυμαίνεται περίπου μεταξύ 18.000 έως 97.000 δολαρίων, ενώ ο μέσος όρος του κόστους συντήρησης αυτών κυμαίνεται περίπου μεταξύ 9.000 έως 18.000 δολαρίων. Για τα συστήματα που απαιτούν χημικά και άλλα αναλώσιμα ανά τόνο επεξεργασμένου νερού έρματος, η ποσότητα του επεξεργασμένου νερού έρματος είναι εκείνη η οποία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον καθορισμό του κόστους. Για παράδειγμα, το ετήσιο κόστος λειτουργίας για τα συστήματα που απαιτούν χημικά και άλλα αναλώσιμα μπορεί να κυμαίνεται περίπου στα 31.000 δολάρια για τα μικρά σκάφη, ενώ μπορεί να ανέρχεται στα 296.000 δολάρια για τα δεξαμενόπλοια VLCC (MERC, 2009).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Περισσότερο από το 80% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω θαλασσίων οδών. Η αύξηση του παγκόσμιου εμπορικού και οικονομικού κύκλου έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Μαζί με τα μεταφερόμενα αγαθά, τα εμπορικά πλοία μεταφέρουν και περίπου δέκα δισεκατομμύρια τόνους νερό έρματος ετησίως το οποίο υπολογίζεται ότι συμπαρασύρει 7000 θαλάσσιους και παράκτιους οργανισμούς ημερησίως. Από την πρώτη επίσημη καταγραφή το 1908 του Ασιατικού φυτοπλαγκτονικού είδους *Odontella* στη Βόρεια Θάλασσα χρειάστηκε να περάσουν περισσότερες από οκτώ δεκαετίες μέχρι ο παγκόσμιος οργανισμός ναυτιλίας I.M.O. και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών να αναγνωρίσουν το ζήτημα της βιοεισβολής μη ιθαγενών ειδών ως ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα για το οποίο έπρεπε να ληφθούν μέτρα.

Για να συμβεί αυτό είχαν προηγηθεί δεκάδες αναφορές για μεταφορά βιοεισβολέων μέσω του θαλάσσιου έρματος που είχαν διαταράξει την ισορροπία του περιβάλλοντος σε πολλά σημεία του πλανήτη ενώ είχαν προκαλέσει και οικονομικές απώλειες πολλών δισεκατομμυρίων κολλύριων πλήττοντας τομείς όπως η αλιεία, ο τουρισμός ακόμα και τις υποθαλάσσιες υποδομές. Τα παραπάνω ώθησαν τους διεθνείς οργανισμούς να αναλάβουν δράση και να προσπαθήσουν να ορίσουν ένα θεσμικό πλαίσιο το οποίο θα υποχρεώνει τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές πλοίων να τηρούν κάποιες ελάχιστες προδιαγραφές στη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος.

Η υπογραφή από τη Φιλανδία το 2016 της διεθνούς Σύμβασης ήταν καθοριστική για την επικύρωσή της αφού τα κράτη - μέλη του οργανισμού που αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 35% της χωρητικότητας της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας, θέτοντας αυτομάτως σε ισχύ τη Διεθνή Σύμβαση για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος και των ιζημάτων πλοίου. Αυτό συνεπάγεται την υποχρέωση της εγκατάστασης συστήματος διαχείρισης έρματος σε κάθε νέο πλοίο που θα κατασκευάζεται από τον Σεπτέμβριο του 2017 κα έπειτα, όπως και τη συμμόρφωση όλων των παλαιών πλοίων μέσα στην επόμενη πενταετία. Τα

βασικότερα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση και την επεξεργασία του έρματος είναι ο φυσικός διαχωρισμός ή η χημική αποστείρωση/απολύμανση και στα περισσότερα εγκεκριμένα συστήματα χρησιμοποιούνται συνδυαστικά.

Η εφαρμογή των κανονισμών του IMO σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξέλιξη στα συστήματα διαχείρισης, αναμένεται να αντιστρέψουν τις, σε πολλές περιπτώσεις καταστροφικές, συνέπειες που προκαλούν τα χωροκατακτητικά είδη, οι οποίες έχουν ενταθεί ειδικά κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες.

Βέβαια, η εγκατάσταση και συντήρηση των διαφόρων συστημάτων για τη διαχείριση του έρματος προϋποθέτει ένα υψηλό κόστος για τις ναυτιλιακές εταιρείες, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται το κόστος λειτουργίας των πλοίων. Σύμφωνα πάντα με την μελέτη του MERC, ο μέσος όρος του κόστους αγοράς ενός συστήματος-εξοπλισμού BWT σε όλες τις προαναφερθέντες κατηγορίες πλοίων κυμαίνεται μεταξύ 640.000 έως 947.000 δολαρίων. Ο μέσος όρος του κόστους εγκατάστασης για αυτά τα συστήματα κυμαίνεται περίπου μεταξύ 18.000 έως 97.000 δολαρίων, ενώ ο μέσος όρος του κόστους συντήρησης αυτών κυμαίνεται περίπου μεταξύ 9.000 έως 18.000 δολαρίων.

Για τα συστήματα που απαιτούν χημικά και άλλα αναλώσιμα ανά τόνο επεξεργασμένου νερού έρματος, η ποσότητα του επεξεργασμένου νερού έρματος είναι εκείνη η οποία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον καθορισμό του κόστους. Για παράδειγμα, το ετήσιο κόστος λειτουργίας για τα συστήματα που απαιτούν χημικά και άλλα αναλώσιμα μπορεί να κυμαίνεται περίπου στα 31.000 δολάρια για τα μικρά σκάφη, ενώ μπορεί να ανέρχεται στα 296.000 δολάρια για τα δεξαμενόπλοια VLCC (MERC, 2009).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- HELMEPA (Ελληνική Ένωση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος) (2011). *“Από την αλλαγή του έρματος στην ανοικτή θάλασσα, στην επεξεργασία του”*.
- Hewitt CL (2003). *“Marine biosecurity issues in the world oceans: global activities and Australian directions”*. Ocean Yearbook 17.
- MARTOB (2004). *“On Board Treatment of Ballast Water (Technologies Development and Applications) and Application of Low-sulphur Marine Fuel. 2001-2004”*.
- MERC (2009). *“Preliminary Cost Analysis of Ballast Water Treatment Systems”*, MERC Ballast Water Economics Discussion Paper No. 1.
- MERC (2010). *“Preliminary Overview of Global Ballast Water Treatment Markets”*, MERC Ballast Water Economics Discussion Paper No. 2.
- Parsons M. G. And R. W. Harkins (2002). *“Full-Scale Particle Removal Performance of Three Types of Mechanical Separation Devices for the Primary Treatment of Ballast Water”*. Marine Technology.
- Parsons M. G. (2003). *“Considerations is the design of the primary treatment for ballast Systems”*. Marine Technology.
- PWSRCAC - Prince William Sound Regional Citizens' Advisory Council (2005). *“Ballast Water Treatment Methods: Fact sheet 14”*.
- Rigby G. R., G. M. Hallegraeff and A. Taylor (2004). *“Ballast water heating offers a superior treatment option. Journal of Marine Environmental Engineering”*.
- Sano L, Krueger AM and Landrum PF (2005). *“Chronic toxicity of glutaraldehyde: differential sensitivity of three freshwater organisms”*. Aqu Toxic 71.
- Sassi J., Viitasalo S., Rytönen J. & Leppäkoski E. (2005). *“Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment”*.

- Tamburri, M. N., B. J. Little, G.M. Ruiz, J.S. Lee and P.D. McNulty (2004). *“Evaluations of Venturi Oxygen Stripping as a ballast water treatment to prevent aquatic invasions and ship corrosion”*.
- Zhang S, Chen X., Yang D., Gong W., Wang Q., Xiao J. (2003). *“Effects of the chlorination for ballast water”*. IMO Proc 2nd Inter Bal Wat Treat R&D Symp.

Ελληνική

- Τσολάκη Ε., Διαμαντόπουλος Ε. και Πήττα Π. (2008). *“Τεχνολογίες επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος για την απομάκρυνση και καταστροφή των αλλοχθόνων ειδών”*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Τεχνολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος.
- Ν. 4042/2012 – *“Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής”*.
- Ν. 2252/1994 – *“Κύρωση Διεθνούς Σύμβασης «για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο, 1990» και άλλες διατάξεις”*.
- Ν. 1147/1981 – *“Περί κυρώσεως της υπογραφείσης εις Λονδίνο, Πόλιν του Μεξικού, Μόσχαν και Ουάσιγκτων, το 1972 Διεθνούς Συμβάσεως «περί προλήψεως ρυπάνσεως της θαλάσσης εξ απορρίψεως καταλοίπων και άλλων υλών και άλλων τινών διατάξεων”*.
- Ν. 855/1978 – *“Περί κυρώσεως της υπογραφείσης εις Βαρκελώνην το 1976 Διεθνούς Συμβάσεως «περί προστασίας της Μεσογείου Θαλάσσης εκ της ρυπάνσεως» μετά του συνημμένου εις αυτήν Παραρτήματος, ως και των Πρωτοκόλλων αυτής «περί προλήψεως ρυπάνσεως της Μεσογείου Θαλάσσης εκ της απορρίψεως ουσιών εκ των πλοίων και αεροσκαφών», και «περί συνεργασίας δια την καταπολέμησιν ρυπάνσεως της Μεσογείου Θαλάσσης εκ πετρελαίου και άλλων επιβλαβών ουσιών”*.
- Ν. 743/1977 – *“Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων”*.

Ηλεκτρονικές Πηγές

- ERMA-FIRST ESK Engineering Solutions S.A. (2018)
<http://www.ermafirst.com> (Πρόσβαση την 14/05/2018)
- Europa.eu (2011). “Στρατηγική για το θαλάσσιο περιβάλλον”.
http://europa.eu/legislation_summaries/maritime_affairs_and_fisheries/fisheries_resources_and_environment/l28164_el.htm (Πρόσβαση την 15/01/2018)
- International Chamber of Shipping (2018)
<http://www.marisec.org/> (Πρόσβαση την 20/01/2018)
- IMO – International Maritime Organization (2004). “Ballast Water Management”.
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx> (Πρόσβαση την 30/01/2018)