

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΝΑΥΣΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ –
ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Γ.Μ.: 3710)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΛΑΜΠΟΥΡΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ 2018

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΛΑΜΠΟΥΡΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΚΑΙ ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ –
ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ
Α.Γ.Μ: 3710**

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότητα</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
<i>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</i>				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	Σελ.4
ABSTRACT.....	Σελ.5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	Σελ.6
1. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.7
1.1.ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.7
1.2.ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.7
1.3.ΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	Σελ.9
1.3.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.9
1.3.2. ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.10
1.4.ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	Σελ.11
2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	Σελ.13
2.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	Σελ.13
2.2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ.....	Σελ.13
3. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΥΦΑΛΟΧΡΩΜΑΤΑ.....	Σελ.18
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	Σελ.18
3.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΥΦΑΛΩΝ.....	Σελ.18
4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΜΑ.....	Σελ.22
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	Σελ.22
4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	Σελ.24
4.2.1. ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	Σελ.24
4.2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	Σελ.25
5. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ.....	Σελ.27
5.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	Σελ.27
5.2.ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	Σελ.30
6. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Σελ.33
6.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	Σελ.33
6.2.ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	Σελ.33
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	Σελ.41
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	Σελ.42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	Σελ.43

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η ανάδειξη των τρόπων αντιμετώπισης των διαφόρων περιπτώσεων θαλάσσιας ρύπανσης που οφείλονται στη ναυσιπλοΐα.

Αρχικά, γίνεται η παρουσίαση της έννοιας και των μορφών της θαλάσσιας ρύπανσης, καθώς και των επιπτώσεών της σε διάφορους τομείς. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η ρύπανση από υδρογονάνθρακες πετρελαίου και οι μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων, στις οποίες περιλαμβάνεται ο μηχανικός, ο χημικός καθαρισμός και οι εναλλακτικές μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων. Επίσης, γίνεται μια αναφορά στο φαινόμενο της ρύπανσης των υφαλοχρωμάτων, και των εναλλακτικών μεθόδων προστασίας των υφάλων. Έπειτα, στην παρούσα εργασία, αναλύεται το περιβαλλοντικό πρόβλημα που προκύπτει από τις διαδικασίες ερματισμού και αφερματισμού, καθώς και οι πιθανοί μέθοδοι διαχείρισης του έρματος, συμπεριλαμβανομένης της ανταλλαγής έρματος και των μεθόδων επεξεργασίας του έρματος. Ακολουθεί η παρουσίαση της ρύπανσης της θάλασσας από τα απορρίμματα, και των σταδίων διαχείρισης των απορριμμάτων. Ύστερα, έπεται η ανάλυση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των κύριων τεχνολογιών μείωσης των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων (NO_x , SO_2 και CO_2).

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία των περιβαλλοντικών ζητημάτων που προκύπτουν από τη ναυσιπλοΐα απαιτείται η πρόληψη και η έγκαιρη αντιμετώπιση τους.

ABSTRACT

The aim of this dissertation was to highlight how to deal with the different marine pollution incidents.

Initially, the concept and forms of marine pollution, as well as its impact on various sectors, are presented. Next, oil pollution and oil spill methods, including engineer, chemical cleaning, and alternative methods of dealing with oil spills are presented. Also, a reference is made to the phenomenon of antifouling pollution, and alternative methods of protection of reefs. Next, the present work analyzes the environmental problem resulting from the ballast and ballast processes as well as the possible methods of ballast management, including ballast exchange and ballast treatment methods. Here is the presentation of sea pollution from waste, and waste management stages. Subsequently, the analysis of air pollution and the main technologies for reducing emissions of air pollutants (NO_x, SO₂ and CO₂) follows.

Therefore, given the importance of environmental issues arising from shipping, it is necessary to prevent and deal promptly with them.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο θαλάσσιος χώρος συμβάλλει στην ανάπτυξη διαφόρων τομέων, όπως των μεταφορών, της αλιείας, των ιχθυοκαλλιεργειών, του τουρισμού και της αναψυχής, της εξόρυξης ορυκτών, πετρελαίου και φυσικού αερίου, κ.ά. Επίσης, η θάλασσα διαθέτει ένα μοναδικό πλούτο θαλάσσιας ζωής. Σχετικά με τις θαλάσσιες μεταφορές, περίπου το 90% του εξωτερικού εμπορίου και πάνω από το 40% του εσωτερικού εμπορίου της Ε.Ε. γίνεται μέσω της θάλασσας. Επομένως, δεδομένης της προσφοράς του θαλάσσιου χώρου, προκύπτει ως υποχρέωση όλων των ανθρώπων η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος για την αποφυγή της θαλάσσιας ρύπανσης.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, το περιβάλλον απειλείται όλο και περισσότερο, και έχει δημιουργηθεί έντονος προβληματισμός για τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Ωστόσο, γίνεται αντιληπτό ότι δεν δίνεται η αρμόζουσα σημασία σε τέτοια προβλήματα, όπως η ρύπανση της θάλασσας.

Στη δεκαετία του '70, η ναυτιλιακή περιβαλλοντική πολιτική παρουσίασε έντονη εξέλιξη, καθώς ακολούθησε κυρίως τις εξελίξεις στον κλάδο της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Στα πρώτα έτη, τα νομοθετήματα έδιναν έμφαση στη ρύπανση από πετρελαιοφόρα (τη λειτουργική και την ατυχηματική ρύπανση). Όμως, στα επόμενα έτη, προστέθηκαν και άλλα νομοθετήματα σχετικά με τις άλλες μορφές ρύπανσης (όπως η ρύπανση από το έρμα και τα υφαλοχρώματα, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.λπ.).

1. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

1.1. ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ

Το περιβάλλον αποτελεί «το σύνολο των στοιχείων που συγκροτούν με τη διαπλοκή των σχέσεών τους, το πλαίσιο, τα μέσα και τις συνθήκες ζωής του ανθρώπου και της κοινωνίας».

Το θαλάσσιο περιβάλλον περιλαμβάνει τις παράκτιες περιοχές, τις εκβολές των ποταμών, τις παρακείμενες στις ακτές θαλάσσιες ζώνες, τις περιοχές της ανοικτής θάλασσας και του θαλάσσιου ωκεάνιου βυθού, και τα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Δεδομένου ότι το θαλάσσιο περιβάλλον χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς, και πρωτίστως για τη ναυσιπλοΐα, το εμπόριο και την αλιεία, γίνεται αισθητή η πολυδιάστατη σημασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Η ρύπανση, σύμφωνα με τη νομοθεσία, ορίζεται ως «η παρουσία ρύπων στο περιβάλλον, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβων, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του».

Μια ταξινόμηση των ειδών της ρύπανσης μπορεί να γίνει βάσει του πεδίου δράσης της ρύπανσης. Συγκεκριμένα:

- α) ατμοσφαιρική ρύπανση
- β) ρύπανση των υδάτων
- γ) θερμική ρύπανση
- δ) ηχητική ρύπανση
- ε) ρύπανση από στερεά απόβλητα
- στ) πυρηνική ρύπανση
- ζ) οπτική ρύπανση

1.2. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), η ρύπανση της θάλασσας είναι «κάθε άμεση ή έμμεση, ανθρωπογενούς προέλευσης, εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον που έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία, παρεμποδίζει τη χρήση της θάλασσας,

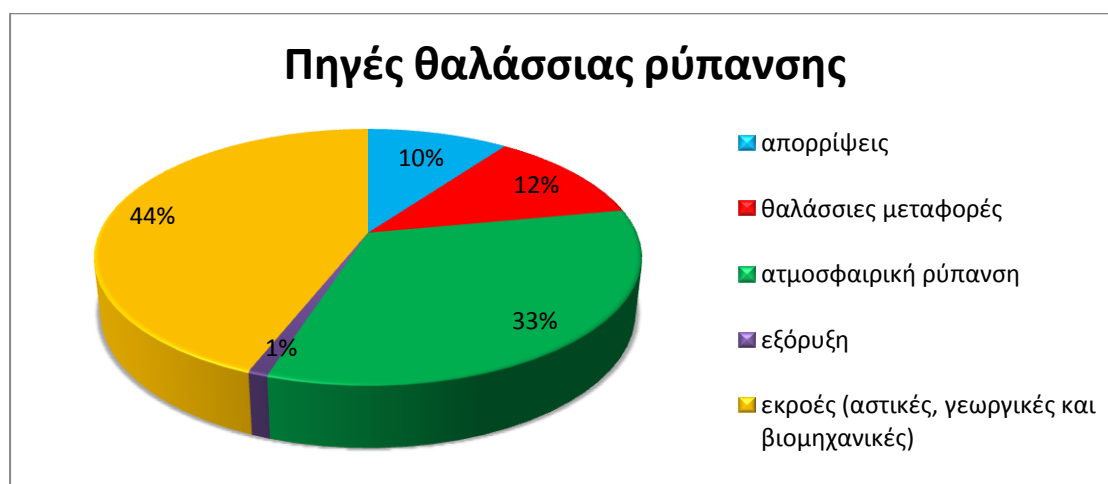
αλλοιώνει την ποιότητα του θαλασσινού νερού και υποβιβάζει τις δυνατότητες χρήσης της θάλασσας για ψυχαγωγικούς σκοπούς».

Ανάλογα με τις πηγές ρύπανσης, η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορεί να διακριθεί σε διάφορες κατηγορίες, όπως:

- α) αστική ρύπανση
- β) γεωργική ρύπανση
- γ) βιομηχανική ρύπανση
- δ) ρύπανση λόγω θαλάσσιων μεταφορών
- ε) μηχανική ρύπανση

Σύμφωνα, όμως, με τη διεθνή νομοθεσία, οι πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης ακολουθούν την εξής κατηγοριοποίηση:

1. Ρύπανση από χερσαίους ρυπαντές (οι οποίοι οδηγούνται μέσω του εδάφους, των ποταμών και των σωληναγωγών στο θαλάσσιο περιβάλλον)
2. Ρύπανση από πλοία (λόγω λειτουργικής ή ατυχηματικής ρύπανσης)
3. Ηθελημένη ρίψη στη θάλασσα (dumping) (πρόκειται για ρίψη καταλοίπων που έχουν φορτωθεί σε πλοία για τη ρίψη ή την αποτέφρωσή τους στη θάλασσα, καθώς και ρίψη υλικών εκβάθυνσης από βυθοκόρους και φορτηγίδες)
4. Ρύπανση από δραστηριότητες στο βυθό (λόγω της απελευθέρωσης βλαβερών ουσιών που προκαλείται από την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση των ορυκτών του βυθού)
5. Ρύπανση της ατμόσφαιρας (με τη απελευθέρωση βλαβερών ουσιών στην ατμόσφαιρα που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες στην ξηρά, τα πλοία ή τα αεροσκάφη, και οδηγούνται στη θάλασσα με την απόθεση ή την ατμοσφαιρική κατακρήμνιση)



Σχήμα 1.2.1: Πηγές θαλάσσιας ρύπανσης.

Επίσης, η θαλάσσια ρύπανση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί βάσει της τοποθεσίας ή του χώρου εντός του φυσικού περιβάλλοντος όπου αυτή συμβαίνει. Ειδικότερα, μπορεί να ταξινομηθεί σε:

- α) πελαγική ρύπανση (για την οποία ευθύνονται κυρίως τα πλοία, οι πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου, και η εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας)
- β) παράκτια ρύπανση (η οποία προέρχεται από τους αγωγούς που καταλήγουν στη θάλασσα, και αυτούς που καταλήγουν στα ποτάμια και στη συνέχεια στη θάλασσα)
- γ) εναέρια ρύπανση (η οποία οφείλεται στις απορρίψεις των αεροπλάνων)

Όμως, συχνά προκύπτει σύγχυση για την κατηγοριοποίηση της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, δεδομένου ότι πολλές περιπτώσεις ρύπανσης συνδέονται με περισσότερες από μία κατηγορίες.

1.3. ΜΟΡΦΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

1.3.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η λειτουργική ρύπανση είναι οποιαδήποτε μορφή ρύπανσης, μη ατυχηματική, η οποία προξενείται στο θαλάσσιο περιβάλλον από τη συνήθη λειτουργία των εμπορικών πλοίων. Η ρύπανση από λειτουργικές δραστηριότητες εμφανίζεται σε οποιοδήποτε στάδιο του κύκλου ζωής ενός πλοίου, δηλαδή στην κατασκευή του, την κανονική οικονομική ζωή του (συντηρήσεις, επισκευές, φορτοεκφορτώσεις, μεταγίσεις καυσίμων κ.λπ.), ακόμα και στη διάλυσή του. Συνοπτικά, η λειτουργική ρύπανση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

i. Ρύπανση στη ναυπηγο-επισκευαστική ζώνη

Η ρύπανση στη ναυπηγο-επισκευαστική ζώνη προέρχεται από τις ναυπηγικές επισκευαστικές και μονάδες διάλυσης των πλοίων. Κατά τη ναυπήγηση του πλοίου, το θαλάσσιο περιβάλλον έρχεται συχνά σε επαφή με υπολείμματα από γράσα, λάδια και βαλβολίνες, αμμοβολές και υδροβολές, σκουριές κ.λπ. Στην τακτική και έκτακτη συντήρηση του πλοίου, οι ρυπογόνες ουσίες που παράγονται είναι ίδιας μορφής με εκείνες που παράγονται κατά τη συναρμολόγηση μερών του πλοίου (ναυπήγηση του πλοίου). Η ανάγκη μείωσης του κόστους και αύξησης του ακαθάριστου εσόδου συμβάλλει στην αύξηση της ρύπανσης κατά την τακτική και

έκτακτη συντήρηση του πλοίου. Τέλος, κατά τη διάλυση των πλοίων, παράγονται αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα, και προκύπτει θαλάσσια ρύπανση στις ειδικές μονάδες διάλυσης πλοίων και παραγωγής παλαιοσιδήρου.

ii. Ρύπανση από λειτουργικές απορρίψεις

Ο όρος «λειτουργικές απορρίψεις των πλοίων» περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων: τα κατάλοιπα καθαρισμών δεξαμενών φορτίων, τα μείγματα μηχανοστασίου, τα κατάλοιπα καυσίμων, τα απόβλητα/σκουπίδια, τα αποχετευτικά και μη ύδατα, τα υφαλοχρώματα, τα καυσαέρια και το θαλάσσιο έρμα. Αυτές οι πηγές ρύπανσης λειτουργικών αποβλήτων διακρίνονται, βάσει των διαδικασιών των θαλάσσιων μεταφορών που δημιουργούνται, σε ρύπανση από τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης, τις εκούσιες απορρίψεις, τις διαδικασίες ερματισμού και αφερματισμού, και τις διαδικασίες πλύσης δεξαμενών φορτίου.

iii. Ατμοσφαιρική ρύπανση από πλοία

Στο παρελθόν, εκτιμούταν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία ήταν μικρής σημασίας και δεν συνδεόταν άμεσα με τη ρύπανση των θαλασσών. Αντιθέτως, στη σημερινή εποχή, έχει αποδειχθεί ότι οι εκπομπές αέριων ρύπων από τα πλοία είναι οι διπλάσιες από αυτές που είχαν εκτιμηθεί και επηρεάζουν σημαντικά την εμφάνιση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

1.3.2. ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Ως ναυτικό ατύχημα ορίζεται η σύγκρουση πλοίων, προσάραξη ή άλλο περιστατικό ναυσιπλοΐας, ή άλλο συμβάν πάνω στο πλοίο, ή έξω από αυτό, που έχει ως αποτέλεσμα υλική ζημιά ή επικείμενη απειλή υλικής ζημιάς σε πλοίο ή φορτίο καθώς και εκείνο το οποίο έχει ήδη προξενήσει απώλεια ζωής ή σοβαρά τραύματα σε ανθρώπους. Επομένως, αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει κάθε δυσμενές συμβάν που συμβαίνει στη θάλασσα, με αποτέλεσμα να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στη ναυτιλιακή εταιρία, το πλοίο αυτό και το περιβάλλον.

Υπάρχει ποικιλία παραγόντων στους οποίους οφείλεται η ατυχηματική ρύπανση. Αυτοί διαφέρουν ανάλογα με τις συνθήκες, και κυρίως είναι η ηλικία του πλοίου, ο ανθρώπινος παράγοντας, οι κλασσικοί κανόνες ναυτικής πειθαρχίας, η ελλιπής εκπαίδευση των πληρωμάτων και η πολυγλωσσία πάνω στο πλοίο.

Περιπτώσεις ατυχηματικής ρύπανσης μπορούν να αποτελέσουν:

- Η βύθιση του πλοίου, κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα, λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών ή μετατόπισης του φορτίου.
- Η προσάραξη πλοίου, συνήθως σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία, λόγω κάποιας μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας ή λανθασμένης πλοήγησης και κυρίως στα μεγάλα δεξαμενόπλοια.
- Η σύγκρουση ή επαφή του πλοίου. Η σύγκρουση περιλαμβάνει περιστατικά επαφής με άλλο ή άλλα πλοία, κυρίως σε θαλάσσιες περιοχές με συχνή κυκλοφορία, ενώ η επαφή αφορά περιστατικά επαφής με μία μόνιμη εγκατάσταση (όπως προβλήτες λιμένων).
- Η πυρκαγιά ή έκρηξη, που αφορούν υλικές ζημιές στο πλοίο, κυρίως σε περιπτώσεις μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων, πετρελαίου ή καυσίμων, όπου δεν μπορεί να υπάρξει βοήθεια από την ακτή, διότι το πλοίο μπορεί να βρίσκεται στην μέση του ωκεανού.
- Οι απώλειες λόγω πολεμικών εχθροπραξιών, ειδικότερα σε περιπτώσεις πειρατείας και περιπτώσεις που εξυπηρετούν πολεμικούς σκοπούς για την κυβέρνηση ενός κράτους.
- Οι ζημιές στη δομή του πλοίου, κυρίως στο εξωτερικό περίβλημα ή στα τοιχώματα των δεξαμενών, λόγω κλιματολογικών συνθηκών, κακής συντήρησης, μηχανικής βλάβης κ.ά.
- Τα ατυχήματα διαφόρων ειδών, που αποτελούν συνδυασμούς των παραπάνω περιπτώσεων.

1.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η θαλάσσια ρύπανση επιφέρει επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς και σε άλλους διάφορους τομείς, όπως η υγεία, η οικονομία, ο πολιτισμός και ο τουρισμός.

Ειδικότερα, τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά φαινόμενα που σχετίζονται άμεσα με τη ρύπανση της θάλασσας είναι η κλιματική αλλαγή και η αύξηση της θερμοκρασίας, που οδηγεί στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Επίσης, η αλιευτική βιομηχανία και η ανθρώπινη υγεία εξαρτάται από την κατάσταση των θαλάσσιων υδάτων, διότι μέσω της τροφικής αλυσίδας οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και οι ιοί, που υπάρχουν στα μολυσμένα θαλάσσια ύδατα, εισέρχονται στους φυτικούς, τους ζωικούς καθώς

και τους ανθρώπινους οργανισμούς. Ακόμη, σημαντική απειλή για το θαλάσσιο οικοσύστημα αποτελεί το φαινόμενο του ευτροφισμού, όπου παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη διαφόρων φυκιών, εξαιτίας της μόλυνσης των υδάτων, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν το οξυγόνο της θάλασσας και κάποια φύκια να αποικοδομούνται. Με αυτόν τον τρόπο, διάφοροι θαλάσσιοι οργανισμοί αποβιώνουν και προκαλείται δυσοσμία. Αξιοσημείωτο, επίσης, είναι το γεγονός ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την υγεία του ανθρώπινου καρδιαγγειακού συστήματος. Η απόρριψη πετρελαίου στη θάλασσα οδηγεί στη μειωμένη διαπερατότητα του φωτός και την τοξικότητα ορισμένων ενώσεων του πετρελαίου στη θάλασσα, με συνέπεια να καθυστερεί η διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτών της θάλασσας και να καταστρέφονται αυτά τα φυτά. Τέλος, η ρύπανση της θάλασσας επηρεάζει και την οικονομία, διότι δαπανώνται μεγάλα ποσά για την αντιμετώπιση της ρύπανσης ή για πρόστιμα λόγω παραβίασης των κανονισμών σχετικά με τη θαλάσσια ρύπανση.

2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα πλοία όλων των κατηγοριών, συμπεριλαμβανόμενων των πετρελαιοφόρων, μπορεί να έχουν κάποιες εκροές πετρελαίου στη θάλασσα, είτε λόγω της συνήθους λειτουργίας τους, είτε λόγω ορισμένων ατυχημάτων τους. Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο είναι ένα κολλώδες, σκούρο υγρό μίγμα υδρογονανθράκων, το οποίο περιέχει διαλυμένους στερεούς και αέριους υδρογονάνθρακες, κατά 75-98%. Η ποσότητα πετρελαϊκών υδρογονανθράκων που εισέρχεται στο θαλάσσιο περιβάλλον, όμως, μειώνεται σταδιακά, ενώ η σχετική συνεισφορά των επιμέρους πηγών μεταβάλλεται με τον χρόνο λόγω της εφαρμογής των νέων κανονισμών (MARPOL και εθνικοί ή περιφερειακοί κανονισμοί), τεχνολογικών εξελίξεων και οικονομικών αλλαγών. Η μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του, συμπεριλαμβανομένης και της διύλισης, συνεισφέρει κατά 23% περίπου στο πετρέλαιο που εισέρχεται παγκοσμίως στο θαλάσσιο περιβάλλον από ανθρωπογενείς πηγές. Οι ποσότητες αυτές είναι μικρότερες σε σχέση με τις ποσότητες από τη χρήση/κατανάλωση πετρελαίου, όμως μπορεί να επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις για το θαλάσσιο περιβάλλον, διότι μπορεί να οδηγήσουν την απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων πετρελαίου σε κάποια περιοχή, λόγω ατυχήματος πετρελαιοφόρου ή αγωγού. Επίσης, στατιστικά αυτές οι διαρροές μπορεί να συμβούν οπουδήποτε υπάρχει κίνηση πετρελαιοφόρων. Είναι συχνότερες βέβαια κοντά σε μεγάλα διυλιστήρια και σε περιοχές φόρτωσης.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ

Γενικά, τα προϊόντα διύλισης πετρελαίου (π.χ. βενζίνη, ντίζελ) και κάθε αργό πετρέλαιο πλούσιο σε ελαφριά συστατικά δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην επιφάνεια της θάλασσας, διότι τα πτητικά συστατικά τους εξατμίζονται γρήγορα και διασπείρονται εύκολα σε όλη τη στήλη του νερού. Ενώ, το

αργό πετρέλαιο με υψηλή περιεκτικότητα σε βαριά συστατικά και το βαρύ καύσιμο πετρέλαιο των πλοίων δεν μεταβάλλονται, επειδή δεν περιέχουν πολλά πτητικά συστατικά και είναι παχύρευστα, και, συνεπώς, αντιμετωπίζονται δυσκολότερα. Η καλύτερη στρατηγική για την αντιμετώπιση της ρύπανσης που προέρχεται από τις πετρελαιοκηλίδες, είναι η πρόληψη. Όμως, σε περίπτωση που η πρόληψη δεν φέρει αποτελέσματα, η ρύπανση από τους υδρογονάνθρακες του πετρελαίου δύναται να αντιμετωπιστεί με τις ακόλουθες μεθόδους.

i. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Οι μέθοδοι του μηχανικού καθαρισμού στηρίζονται στη συγκέντρωση και την ανάκτηση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας. Είναι γενικά διαδεδομένη τεχνική στην πρώτη φάση μιας αντιρρυπαντικής επιχείρησης καθαρισμού. Στον μηχανικό καθαρισμό συνήθως χρησιμοποιούνται φράγματα που βοηθούν στον περιορισμό της έκτασης της ρύπανσης και στη συγκέντρωση του ρύπου για την περισυλλογή του με πετρελαιοσυλλέκτες, σκάφη απορρύπανσης, απορροφητικά υλικά και άλλα.

Πλωτά φράγματα και διατάξεις άντλησης

Τα πλωτά φράγματα (booms) αποτελούν διατάξεις που χρησιμοποιούνται για προστασία των ακτών, των ιχθυοκαλλιεργειών και άλλων πόρων από την πετρελαϊκή ρύπανση, αλλά και για τον περιορισμό της πετρελαιοκηλίδας και την αύξηση του πάχους της, για να γίνει ευκολότερη την απομάκρυνση του πετρελαίου από το νερό.

Ένα πλωτό φράγμα έχει ύψος 20 εκατοστά έως ένα μέτρο και αποτελείται κατασκευαστικά από τα εξής μέρη:

- τα έξαλλα (freeboards), που αποτρέπουν την υπερχειλίση του πετρελαίου,
- το πλέγμα (skirt) κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας για την αποφυγή διαφυγής του πετρελαίου,
- ένα υλικό ανώσεως (buoyant material για την επίπλευση του φράγματος και

- ένα βάρος στο κάτω μέρος του πλέγματος, που αντιστέκεται στις τάσεις των κυμάτων και ρευμάτων και διατηρεί το φράγμα κατακόρυφο.

Το πετρέλαιο (ή το μίγμα νερού/πετρελαίου) από την επιφάνεια της θάλασσας συλλέγεται/αντλείται με τη βοήθεια ειδικών πλωτών συστημάτων επιφανειακής συλλογής/άντλησης (skimmers), χωρίς να αλλάζουν τα φυσικά ή και τα χημικά χαρακτηριστικά του. Κάποιες διατάξεις περιλαμβάνουν έναν συνεχώς κινούμενο ιμάντα με προσροφητικό υλικό, ο οποίος βυθίζεται στο πετρέλαιο και διέρχεται μέσα από περιστρεφόμενους κυλίνδρους. Αυτές οι διατάξεις είναι κατάλληλες για μικρές ποσότητες πετρελαίου σε λιμάνια και προστατευόμενες περιοχές. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα διαχωρισμού του πετρελαίου από το θαλασσινό νερό που συλλέγεται μαζί, και έπειτα να επαναχρησιμοποιηθεί ή να διατεθεί σε κατάλληλες εγκαταστάσεις. Ως μέθοδος αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων είναι η πιο φιλική προς το περιβάλλον. Όμως, στη εφαρμογή αυτών των φραγμάτων προκύπτουν ορισμένα προβλήματα. Το πετρέλαιο διασκορπίζεται στη στήλη του νερού, ανάλογα και με τον κυματισμό της θάλασσας, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί η συλλογή του από τα φράγματα. Ακόμη, το πετρέλαιο εξαπλώνεται γρήγορα, ενώ τα σκάφη και τα φράγματα αναπτύσσονται αργά, και ο συντονισμός των σκαφών θεωρείται δύσκολος.

ii. ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Η διασπορά του πετρελαίου στο νερό μπορεί να επιταχυνθεί με τον ψεκάσμό της πετρελαιοκηλίδας με χημικές ουσίες, οι οποίες ονομάζονται διασκορπιστικά. Με αυτή τη μέθοδο, το πετρέλαιο απομακρύνεται από την επιφάνεια της θάλασσας και αραιώνεται στη στήλη του νερού, καθώς και ενισχύεται η διάσπαση του πετρελαίου από τους μικροοργανισμούς, λόγω της αύξησης της επιφάνειας. Παρόλα αυτά, σε ιξώδη πετρέλαια ή σε πετρέλαια που έχουν παραμείνει στη θάλασσα για ορισμένο χρονικό διάστημα, τα διασκορπιστικά δεν έχουν αποτελεσματικότητα. Επομένως, λίγες ώρες ή ημέρες (αναλόγως με τις συνθήκες) μετά τη διαρροή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα διασκορπιστικά. Επίσης, τα διασκορπιστικά είναι τοξικές χημικές ουσίες, για αυτό θα πρέπει η τοξικότητα του πετρελαίου μαζί με το διασκορπιστικό να είναι χαμηλότερη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ένα

ακόμη μειονέκτημα είναι ότι δεν υπάρχει γρήγορη αντιμετώπιση σε μεγάλες πετρελαιοκηλίδες, διότι είναι δύσκολο να συγκεντρωθούν γρήγορα τα πλοία ή τα αεροσκάφη, και συνήθως μόνο ένα μέρος της πετρελαιοκηλίδας ψεκάζεται.

iii. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η επιτόπου καύση (in-situ burning) είναι η ελεγχόμενη καύση κηλίδων πετρελαίου στην θάλασσα, ή κοντά στο σημείο διαρροής του ρύπου. Οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την εφαρμογή της επιτόπου καύσης είναι οι ακόλουθες:

α) το ελάχιστο πάχος της πετρελαιοκηλίδας πρέπει να είναι 2-3mm,

β) να επικρατούν ήπιες καιρικές συνθήκες,

γ) τα θαλάσσια ρεύματα της περιοχής να έχουν ταχύτητα μικρότερη του ενός κόμβου,

δ) να μην έχει εξατμιστεί πάνω από 30% του πετρελαίου, και

ε) να μην είναι περισσότερο από 25% του όγκου του πετρελαίου το νερό που περιέχεται.

Άρα, η επιτόπου καύση πρέπει να εφαρμόζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εμφάνιση της πετρελαιοκηλίδας, υπό ήπιες καιρικές συνθήκες και περιορισμό του πετρελαίου. Η μέθοδος αυτή, όμως, αντιμετωπίζει κάποια προβλήματα. Συγκεκριμένα, η ανάφλεξη και η διατήρηση της καύσης του πετρελαίου είναι δύσκολη, και συνήθως δεν καίγεται όλη η ποσότητα του πετρελαίου. Κατά την καύση, εκπέμπονται αέριοι ρύποι, για αυτό θα πρέπει να γίνεται σε ανοιχτή θάλασσα. Επίσης, αυτή η διαδικασία είναι επικίνδυνη για το προσωπικό που είναι υπεύθυνο για αυτή.

Η βιοαποκατάσταση (bioremediation) είναι το σύνολο των διαδικασιών που έχουν στόχο την αύξηση του ρυθμού της φυσικής διάσπασης του πετρελαίου από τους μικροοργανισμούς. Κατά τη βιοαποκατάσταση, γίνεται προσθήκη διασκορπιστικών και θρεπτικών ουσιών. Η προσθήκη διασκορπιστικών συμβάλλει στην αύξηση του λόγου επιφάνειας προς όγκο και διευκολύνει τη βιοδιάσπαση. Εκτός αυτού, και η προσθήκη θρεπτικών συστατικών (νιτρικών και φωσφορικών) βοηθάει τη

βιοδιάσπαση, δεδομένου ότι οι μικροοργανισμοί διασπούν περισσότερο τις οργανικές ουσίες με μια συγκεκριμένη αναλογία άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου, και με την παρουσία της πετρελαιοκηλίδας είναι αυξημένο το ποσοστό του άνθρακα.

Τα υλικά ρόφησης (sorbents) έλκουν το πετρέλαιο και συνήθως προσροφούν το πετρέλαιο στην επιφάνεια του υλικού, ενώ υπάρχουν και υλικά που απορροφούν το πετρέλαιο στο εσωτερικό τους. Ανάλογα με την πρώτη ύλη κατασκευής τους, διακρίνονται σε κατεργασμένα φυτικά, κατεργασμένα ορυκτά και συνθετικά-πολυμερή υλικά. Ανάλογα με τη μορφή τους, ταξινομούνται σε απορροφητικά χύμα (συνήθως σκόνες, λεπτά σωματίδια και μικρού μεγέθους οργανικές ή ορυκτές ίνες ή βιομηχανικά κατάλοιπα) και απορροφητικά φράγματα, μαξιλάρια και φύλλα (για την αντιμετώπιση μικρών διαρροών ή στο τέλος των εργασιών καθαρισμού). Τα υλικά ρόφησης πρέπει να έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως καλές ελαιοφιλικές ιδιότητες, να μην βυθίζονται, να έχουν μικρό χρόνο κορεσμού, μεγάλη ικανότητα ρόφησης και αντοχή. Ακόμη, έχουν μικρότερη αποτελεσματικότητα σε ιξώδη πετρέλαια ή σε πετρέλαια που έχουν υποστεί μεταβολές, και δεν είναι κατάλληλα για περιπτώσεις ανοιχτής θάλασσα.

3. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΥΦΑΛΟΧΡΩΜΑΤΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κάθε βυθισμένο στη θάλασσα στερεό υλικό αποικίζεται από θαλάσσιους οργανισμούς. Το είδος του υλικού που αποικίζεται ποικίλλει, δηλαδή μπορεί να είναι μέταλλο, πέτρα, ξύλο, πλαστικό κ.λπ., και μπορεί να έχει διάφορες μορφές όπως τα ύφαλα των πλοίων, τα δίχτυα, οι σημαδούρες κ.λπ. Αυτός ο αποικισμός αποτελείται από τα εξής τέσσερα στάδια:

1^ο Στάδιο: Κατά τη βύθιση του υλικού στη θάλασσα, συσσωρεύονται σε αυτό οργανική ύλη και μόρια (πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες) που υπάρχουν στη θάλασσα.

2^ο Στάδιο: Μετά, μικροοργανισμοί (βακτήρια και πρωτόζωα) αποικίζουν την επιφάνεια, εκκρίνουν οργανικές ουσίες (κυρίως πολυσακχαρίτες) και σχηματίζουν μια κολλώδη επιφάνεια (βιοφίλμ).

3^ο Στάδιο: Η κολλώδης υφή του βιοφίλμ και η τραχύτητα της επιφάνειας εξαιτίας της παρουσίας μικροβιακής χλωρίδας συμβάλλει στην προσκόλληση και άλλων, πολυπλοκότερων οργανισμών (μύκητες και πρωτόζωα).

4^ο Στάδιο: Έπειτα, ακολουθεί η επικάθηση οστρακοειδών και μακροφυκών.

Στη διαδικασία του αποικισμού μπορεί να συμμετέχουν 4.000-5.000 φυτικά και ζωικά είδη. Ένα πλοίο, σε λιγότερο από έξι μήνες στη θάλασσα, χωρίς προστασία από τη βιολογική ρύπανση, μπορεί να συγκεντρώσει 150 kg/m² οργανισμών. Για παράδειγμα, ένα VLCC (Very Large Crude Carrier) υποθαλάσσιας επιφάνειας 40.000 m², μπορεί να συσσωρεύσει 6.000 τόνους οργανισμών.

Το πλοίο, κατά την κίνησή του, αντιμετωπίζει την τριβή των υφάλων με το νερό, την αντίσταση από τους κυματισμούς που προκαλεί το πλοίο, την αντίσταση από τις δίνες στην πρύμνη του πλοίου και από τα παρελκόμενα του πλοίου. Στα πλοία, γενικά, κυριαρχεί η αντίσταση της τριβής, η οποία εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με τη ροή του νερού.

Η τραχύτητα των υφάλων ενός πλοίου μπορεί να είναι κατά την παράδοση 75 μm , κατά το δεξαμενισμό 250 μm , και με καλή συντήρηση να αυξάνεται με ρυθμό 10-25 μm ανά έτος. Με αύξηση της τραχύτητας των υφάλων κατά 10-20 μm , η αντίσταση τριβής αυξάνεται κατά 0,5% για fineform πλοία σε υψηλές ταχύτητες.

Επίσης, η βιορύπανση της προπέλας αυξάνει την τραχύτητά της και μειώνει την απόδοσή της. Οι προπέλες περιέχουν χαλκό, ο οποίος είναι τοξικός για πολλούς θαλάσσιους οργανισμούς, όμως δεν προστατεύει τις προπέλες από ορισμένους μικροοργανισμούς. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τον καθαρισμό της προπέλας και όχι τόσο με τη χρήση κάποιου χρώματος.

Η παρουσία καθαρών και λείων υφάλων συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων από τα πλοία και συνεπάγεται η μείωση των εκπομπών αερίων. Για αυτό τον λόγο, απαιτείται να προετοιμαστεί κατάλληλα η επιφάνεια πριν τη βαφή και να επιλεγεί ένα υφαλόχρωμα που θα δημιουργεί μια λεία επιφάνεια και θα προστατεύει τα ύφαλα από τη βιορύπανση. Τυχόν επικαθήσεις μπορούν να απομακρυνθούν με υποθαλάσσιο καθαρισμό μεταξύ των δεξαμενισμών. Με σωστό καθαρισμό απομακρύνονται τα ίχνη της βιορύπανσης και δεν απομακρύνεται, ούτε καταστρέφεται το υφαλόχρωμα.

Αρχικά, η βιορύπανση των υφάλων αντιμετωπιζόταν με την επίχριση των υφάλων με υφαλοχρώματα. Τα υφαλοχρώματα είναι μείγματα που αποτελούνται από έναν φορέα (ρητίνη/πολυμερές), τις χρωστικές, τους διαλύτες, συνήθως κάποια τοξική ουσία (βιοκτόνο) και άλλα πρόσθετα. Με τη χρήση υφαλοχρωμάτων θανατώνονται ή/και αποτρέπονται οι οργανισμοί να επικοληθούν στα ύφαλα.

Στο παρελθόν, χρησιμοποιήθηκαν ως βιοκτόνα υφαλοχρωμάτων ουσίες, όπως ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το αρσενικό και το DDT, τα οποία όμως επέφεραν διάφορα προβλήματα στο περιβάλλον, καθώς και στην ανθρώπινη υγεία, με αποτέλεσμα να αντικατασταθούν από άλλες ουσίες (οργανομεταλλικές ενώσεις κασσιτέρου, τριβουτυλοκασσίτερο-TBT και τριφαινυλοκασσίτερο-TPT). Αργότερα, αποδείχτηκε ότι ο TBT ήταν βλαβερός για τους θαλάσσιους οργανισμούς σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (1-100 ng/L). Από τότε έχει ξεκινήσει η αναζήτηση υφαλοχρωμάτων που θα περιέχουν κάποιο άλλο βιοκτόνο και δεν θα περιέχουν TBT, ή δεν θα περιέχουν βιοκτόνα. Υφαλοχρώματα που δεν περιέχουν TBT, αλλά κάποιο άλλο

βιοκτόνο είναι τα πολυμερή ελεγχόμενης απελευθέρωσης και τα υφαλοχρώματα ελεύθερα κασσιτέρου, αυτολειαινώμενα συμπολυμερή. Αξίζει να σημειωθεί ότι με την προσθήκη ζιζανιοκτόνων (χαλκού και ενισχυτικών βιοκτόνων ουσιών) στα υφαλοχρώματα περιορίζεται η ανάπτυξη των φυκών, διότι είναι φυτικοί οργανισμοί. Ως επακόλουθο, παρεμποδίζεται και η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών, επειδή δεν μπορούν να επικολληθούν στα ύφαλα. Πλέον, όμως, απαγορεύεται η χρήση σκευασμάτων που περιέχουν χαλκό, διότι επιφέρει περιβαλλοντικές συνέπειες.

3.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΥΦΑΛΩΝ

Τα τελευταία χρόνια διερευνώνται διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την προστασία των υφάλων. Μια από αυτές λύσεις είναι η χρήση φυσικών ουσιών, που εμποδίζουν τον αποικισμό, και πιθανόν απωθούν και δεν σκοτώνουν τους μικροοργανισμούς. Όμως, δεν έχει βρεθεί ακόμη τρόπος ενσωμάτωσης των φυτικών εκχυλισμάτων σε εμπορικά προϊόντα εξίσου αποτελεσματικά με τα συμπολυμερή αυτολειαινώμενα υφαλοχρώματα που περιέχουν TBT.

Επίσης, μπορούν τα ύφαλα των πλοίων να επιχριστούν με ουσίες που κάνουν ολισθηρή την επιφάνειά τους, ούτως ώστε να μην προσκολλώνται μικροοργανισμοί στα ύφαλα. Σε αυτή την περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιχρίσματα με σιλικόνες (πολυδιμεθυλοσιλοξάνια) ή φθοροπολυμερή. Τυχόν οργανισμοί που επικολλούνται απομακρύνονται με το νερό κατά την κίνηση του πλοίου. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική σε πλοία με ταχύτητα 10-20 κόμβους και μη αποτελεσματική σε αγκυροβολημένα πλοία. Κάποιοι μικροοργανισμοί δημιουργούν μια κολλώδη επιφάνεια, η οποία απομακρύνεται δύσκολα. Επιπλέον, το επίχρισμα μπορεί να καταστραφεί, σε περίπτωση που επιχειρηθεί μηχανικός καθαρισμός των υφάλων. Αν και το κόστος των σιλικονούχων επιχρισμάτων είναι υψηλό, το κόστος εφαρμογής και αφαίρεσης είναι μικρότερο σε σχέση με άλλα συστήματα.

Μια άλλη μέθοδος αποτροπής της βιορύπανσης είναι η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Αρχικά, θα πρέπει να βαφτούν τα ύφαλα με ένα ηλεκτρομονωτικό στρώμα χρώματος και μετά με ένα ηλεκτροαγώγιμο, που περιέχει κάποιο μέταλλο (όπως σκόνη χαλκού). Το ηλεκτροαγώγιμο στρώμα αποτελεί την κάθοδο και φορτίζεται προκειμένου τα

ύφαλα να αποτελέσουν την άνοδο. Έτσι, τα ιόντα Cl^- του θαλασσινού νερού να μετατρέπονται μέσω ηλεκτρόλυσης σε υποχλωριώδη ιόντα ClO^- , τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά για κάποιους μικροοργανισμούς. Η μέθοδος αυτή έχει αποτελεσματικότητα σε μικρά σκάφη (ρυμουλκά, πορθμεία και σκάφη μεταφοράς φορτίων).

Τέλος, σε περίπτωση που το υφαλόχρωμα δεν είναι πια αποτελεσματικό, ώστε να καθυστερήσει ο άμεσος δεξαμενισμός, με σκοπό την επαναβαφή μέχρι να υπάρξουν και άλλες εργασίες ή μέχρι να είναι προγραμματισμένο, χρησιμοποιείται η μέθοδος του υποθαλάσσιου μηχανικού καθαρισμού με τη βοήθεια δυτών, συνήθως κατά τη φόρτωση/εκφόρτωση των πλοίων.

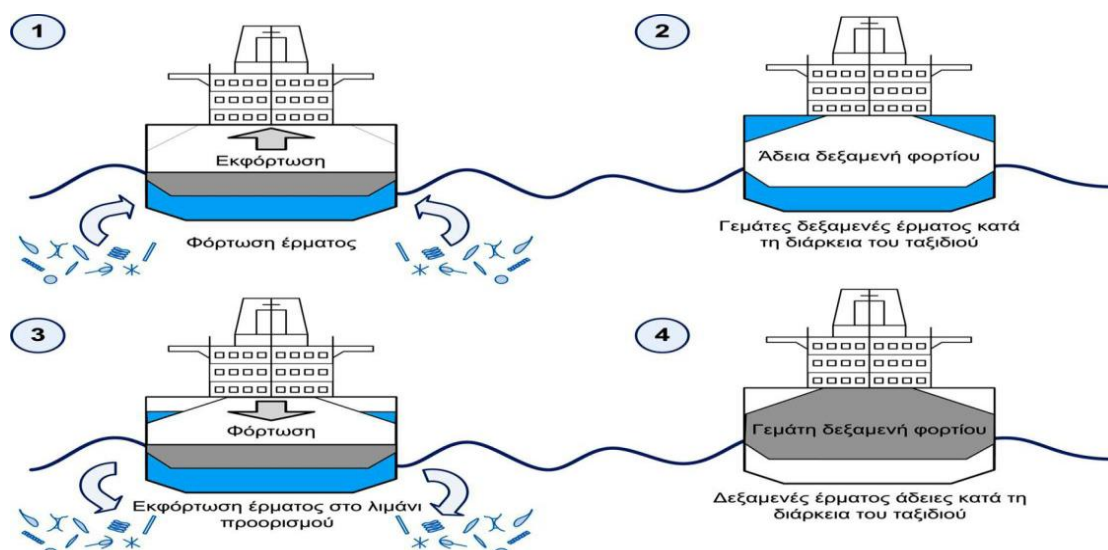
4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΜΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ναυτιλία μεταφέρει 3-5 δισ. τόνους έρματος διεθνώς ανά έτος. Το έρμα είναι θαλασσινό νερό μαζί με την αιωρούμενη ύλη του, το οποίο αντλείται στο πλοίο σε ειδικές δεξαμενές (δεξαμενές έρματος) προκειμένου να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ευστάθεια και ορισμένες άλλες λειτουργικές απαιτήσεις του πλοίου, όπως η επιβύθιση της προπέλας και το αναγκαίο ύψος των εξάλων, κυρίως όταν είναι άφορτο, και αποτελεί το 30-40% του DWT ενός πλοίου.

Ερματισμός ονομάζεται η διαδικασία φορτώσεως του έρματος, ενώ αφερματισμός η διαδικασία εκφορτώσεως του έρματος. Αυτές οι διαδικασίες πρέπει να πραγματοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή για να επιτυγχάνεται η ασφάλεια του πλοίου και του πληρώματος, καθώς και η προστασία του περιβάλλοντος.

Λόγω της ανάπτυξης του θαλάσσιου εμπορίου, της χρήσης μεγαλύτερων και πιο γρήγορων πλοίων και της ολοκλήρωσης των θαλάσσιων ταξιδιών σε μικρότερους χρόνους, τα φυσικά εμπόδια για τη διασπορά των ειδών στους ωκεανούς μειώνονται συνεχώς. Με αυτόν τον τρόπο, τα είδη των εύκρατων και ψυχρών θαλάσσιων ζωνών μπορούν να διαπεράσουν τις τροπικές ζώνες, και ορισμένα είδη από βόρειες εύκρατες θαλάσσιες ζώνες μπορούν να εισβάλουν σε νότιες εύκρατες θαλάσσιες ζώνες και αντίστροφα.



Σχήμα 4.1.1: Ο κύκλος φόρτωσης/εκφόρτωσης και ερματισμού/αφερματισμού ενός πλοίου (Πηγή: Global Ballast Water Management Program).

Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 3.1.1), στο λιμάνι εκφόρτωσης τα πλοία φορτώνουν έρμα στις δεξαμενές έρματος για να ρυθμιστεί η διαγωγή, το βύθισμα και οι καταπονήσεις τους. Το έρμα περιέχει πολυάριθμα είδη θαλάσσιων οργανισμών μικρού μεγέθους, όπως βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί, μικρά ασπόνδυλα ή σπονδυλωτά ζώα και τα αυγά, οι κύστες και οι προνύμφες διαφόρων ειδών, καθώς και αιωρούμενα σωματίδια.

Επομένως, τα περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν μέσω των διαδικασιών ερματισμού και αφερματισμού είναι η θαλάσσια ρύπανση, λόγω της παρουσίας ρυπογόνων ουσιών που προέρχονται από το φορτίο του πλοίου, και η μεταφορά και εγκαθίδρυση επιβλαβών οργανισμών.

Η μεταφορά επιβλαβών οργανισμών μέσω του θαλάσσιου έρματος σε μια νέα θαλάσσια περιοχή δεν πραγματοποιείται εσκεμμένα, αλλά είναι αποτέλεσμα της ανθεκτικότητάς τους ακόμη και έπειτα από πολυήμερα ταξίδια. Η μεγάλη πλειοψηφία των οργανισμών δεν επιβιώνει μέχρι τον αφερματισμό, εξαιτίας των μη ευνοϊκών συνθηκών του περιβάλλοντος στις δεξαμενές έρματος - συγκεκριμένα εξαιτίας της απουσίας φωτός και οξυγόνου, και της διαφοράς θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Όσοι επιβιώνουν από το ταξίδι, δύσκολα προσαρμόζονται στη νέα θαλάσσιά τους περιοχή. Εν τέλει, αν καταφέρουν να επιβιώσουν και εγκατασταθούν, είναι πιθανότερο να μην αποτελέσουν κίνδυνο για το νέο οικοσύστημα. Αντιθέτως, σε περίπτωση που δεν έχουν φυσικούς εχθρούς, αυξάνουν τον πληθυσμό τους ανεξέλεγκτα, με αποτέλεσμα να ανταγωνίζονται με τους άλλους οργανισμούς για τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά.

Η εξάλειψη αυτών των βιοεισβολών είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνητών ή φυσικών μέσων, και ακολουθώντας τα εξής στάδια:

- Πρόληψη
- Έγκαιρη ανίχνευση
- Διαχείριση

4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΜΑΤΟΣ

4.2.1 Ανταλλαγή έρματος

Σε αυτήν την περίπτωση, το έρμα που λαμβάνεται από το λιμάνι αντικαθίσταται με έρμα από την ανοιχτή θάλασσα. Η ανταλλαγή έρματος (Ballast Water Exchange) δεν βλάπτει κανένα οικοσύστημα, επειδή οι μικροοργανισμοί της ανοιχτής θάλασσας είναι λιγότεροι ανά μονάδα όγκου συγκριτικά με αυτούς των λιμανιών και δεν επιβιώνουν στα λιμάνια και το αντίστροφο. Υπάρχουν 3 μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί η ανταλλαγή έρματος.

- i. Άδειασμα των δεξαμενών έρματος και ξαναγέμισμά τους με έρμα από την ανοιχτή θάλασσα. Αυτή η μέθοδος είναι η πιο αποτελεσματική και η πιο γρήγορη, όμως δεν είναι ασφαλής, διότι προκύπτουν προβλήματα με την ευστάθεια του πλοίου.
- ii. Προώθηση του καινούριου έρματος στις δεξαμενές εκτοπίζοντας το παλιό έρμα. Το παλιό έρμα ωθείται μέσω των σωληνώσεων στις υπερχειλίσεις των δεξαμενών στο κατάστρωμα. Για την επαρκή απαλλαγή του πλοίου από το παλιό έρμα, πρέπει να εισαχθεί τριπλάσιος όγκος έρματος στις δεξαμενές. Αυτό είναι το βασικότερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου, διότι απαιτείται αρκετός χρόνος για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, και, συνεπώς, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολιγοήμερα ταξίδια. Όμως, δεν επηρεάζεται η ευστάθεια του πλοίου, οπότε μπορεί να εφαρμοσθεί υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες.
- iii. Διάλυση. Με αυτήν τη μέθοδο, η δεξαμενή του έρματος εκκενώνεται από κάτω και παράλληλα πραγματοποιείται πλήρωση της από πάνω με ίση ροή και διατήρηση σταθερής στάθμης. Επίσης, για την επαρκή απαλλαγή του πλοίου από το παλιό έρμα, πρέπει να εισαχθεί τριπλάσιος όγκος έρματος στις δεξαμενές. Η μέθοδος της διάλυσης δεν επηρεάζει την ευστάθεια του πλοίου, όπως και η προηγούμενη μέθοδος. Ακόμη, γίνεται ευκολότερη απομάκρυνση των ιζημάτων και δεν απαιτείται η χρήση σωλήνων εξαερισμού.

4.2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας έρματος

Η επεξεργασία του έρματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της εφαρμογής του φυσικού διαχωρισμού στερεού – υγρού ή της αποστείρωσης/απολύμανσης.

Κατά το διαχωρισμό στερεού – υγρού, τα αιωρούμενα σωματίδια, καθώς και οι μεγαλύτεροι μικροοργανισμοί, διαχωρίζονται από το έρμα, μέσω διήθησης με μεμβράνες (συνήθως με περίπου 40 μm μέγεθος πόρων) ή μέσω κυκλωνικού διαχωρισμού (δηλαδή φυγοκέντρησης υψηλής ταχύτητας). Η επεξεργασία αυτού του είδους είναι φιλική προς το περιβάλλον. Όμως, η διήθηση έχει διάφορα μειονεκτήματα, όπως το υψηλό κόστος των μηχανισμών της, την πτώση πίεσης, την αδυναμία συγκράτησης των φίλτρων οργανισμών πολύ μικρού μεγέθους κλπ.

Οι οργανισμοί του έρματος απομακρύνονται ή/και αδρανοποιούνται μέσω της αποστείρωσης/απολύμανσης. Η αποστείρωση/απολύμανση μπορεί να επιτευχθεί είτε με χημική απολύμανση (με χρήση οξειδωτικών ή μη βιοκτόνων), είτε με φυσικοχημική αδρανοποίηση (με χρήση ακτινοβολίας UV, θέρμανσης ή σπηλαιώσης), είτε με ασφυξία των οργανισμών μέσω από-οξυγόνωσης του έρματος.

Ένα από τα χημικά βιοκτόνα είναι το χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα τοξικό σε βακτήρια, ιούς και πρωτόζωα. Σε περίπτωση που υπάρχουν υπολείμματα χλωρίου στο έρμα, θα πρέπει πριν τον αφερματισμό να γίνει επεξεργασία του έρματος με αναγωγικό μέσο, προκειμένου να μην επιβαρυνθεί το περιβάλλον. Επίσης, το χλώριο αντιδρά με διάφορες οργανικές ουσίες του θαλασσινού νερού, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται τοξικά παραπροϊόντα χλωρίωσης. Όμως, δεν είναι ορθό να δημιουργείται ρύπανση, ενώ αντιμετωπίζονται οι επιπτώσεις του ερματισμού – αφερματισμού στα πλοία.

Επίσης, το όζον είναι ένα αέριο που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία του έρματος. Οι οργανισμοί (εκτός των μεγάλων οργανισμών) εξουδετερώνονται, καθώς παράγονται φυσαλίδες όζοντος που διοχετεύονται στη δεξαμενή έρματος και αντιδρούν με άλλα χημικά που υπάρχουν στο έρμα. Η διαδικασία παραγωγής των φυσαλίδων όζοντος χρειάζεται μεγάλες εγκαταστάσεις.

Ένας άλλος τρόπος επεξεργασίας του έρματος είναι η θέρμανσή του και η διατήρησή του στους 35-45 °C. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μέθοδο, μπορούν να

εξουδετερωθούν οι μεγάλοι οργανισμοί και όχι τόσο οι μικροί. Ακόμη, οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται έχουν υψηλό κόστος και η υψηλή θερμοκρασία που χρησιμοποιείται μπορεί να διαβρώσει τις δεξαμενές του έρματος.

Η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μια απολυμαντική μέθοδος, η οποία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική ενάντια στους μικροοργανισμούς και φιλική προς το περιβάλλον. Προϋπόθεση για την εφαρμογή της αποτελεί το φιλτράρισμα του νερού. Ένα άλλο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι έχει υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.

Τέλος, μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την καταστροφή των μικροοργανισμών είναι η σπηλαίωση. Κατά τη σπηλαίωση, χρησιμοποιούνται υπέρηχοι και δημιουργούνται φυσαλίδες υδρατμών. Σε περίπτωση που οι φυσαλίδες δημιουργηθούν μέσα στους μικροοργανισμούς, καταστρέφονται οι κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών και θανατώνονται.

Συνήθως συνδυάζονται δύο ή περισσότερες μέθοδοι επεξεργασίας του έρματος, πρώτα εφαρμόζοντας διαχωρισμό υγρού – στερεού και έπειτα απολύμανση/ αποστείρωση.

5. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι επιβάτες και τα πληρώματα των πλοίων παράγουν καθημερινά σημαντικές ποσότητες απορριμμάτων (στερεών αποβλήτων), όπως υπολείμματα τροφών, κουτιά, σακούλες, πλαστικά κ.λπ. Τα απορρίμματα του πλοίου είναι τα κάθε είδους υπολείμματα τροφών, τα οικιακά και λειτουργικά απόβλητα (άχρηστα υλικά), τα οποία δημιουργούνται κατά τη συνήθη λειτουργία του πλοίου, εκτός των φρέσκων ψαριών και των ουσιών που περιλαμβάνονται και προβλέπονται από τα υπόλοιπα παραρτήματα της MARPOL. Η σωστή διαχείριση των απορριμμάτων αυτών ώστε να μην καταλήγουν στη θάλασσα και στις ακτές θεωρείται απολύτως απαραίτητη για την προστασία της παράκτιας ζώνης.

Το Παράρτημα V τέθηκε σε ισχύ το 1988 και τα επόμενα χρόνια δέχτηκε διάφορες προσθήκες και τροποποιήσεις. Την 1η Ιανουαρίου 2013 τέθηκε σε ισχύ το αναθεωρημένο Παράρτημα V της MARPOL 73/78, το οποίο ελαχιστοποιεί τις επιτρεπόμενες απορρίψεις στη θάλασσα απορριμμάτων που δημιουργούνται από τη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του πλοίου.

Σύμφωνα με το Παράρτημα V της MARPOL 73/78, κάθε πλοίο 400 κ.ο.χ. και άνω ή αν έχει πιστοποιητικό μεταφοράς 15 ατόμων και άνω, και εκτελεί διεθνείς πλόες, είναι υποχρεωμένο να είναι εφοδιασμένο με το Εγχειρίδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (Garbage Management Plan) και να διατηρεί Βιβλίο Απορριμμάτων (Garbage Record Book).

Το Εγχειρίδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων πρέπει να περιέχει γραπτές οδηγίες σχετικά με τις διαδικασίες της συλλογής, της επεξεργασίας, της αποθήκευσης και της διάθεσης των απορριμμάτων, και της χρήσης του εξοπλισμού επεξεργασίας (όπως αποτεφρωτών κλπ.). Επιπλέον, πρέπει να ορίζει το μέλος του πληρώματος που είναι υπεύθυνο για την εφαρμογή του πλάνου. Παρόλο που ο κανονισμός επιτρέπει σε οποιοδήποτε αξιωματικό να αναλάβει τη θέση του υπεύθυνου, ωστόσο στην πράξη τις περισσότερες φορές ο υποπλοίαρχος αναλαμβάνει αυτήν την θέση. Ως βοηθοί του υπεύθυνου για την εφαρμογή του πλάνου είναι οι υπεύθυνοι των επιμέρους τμημάτων ενός πλοίου. Συγκεκριμένα, ο υπεύθυνος για το κατάστρωμα είναι ο ναύκληρος, για

τη μηχανή ο δεύτερος μηχανικός και για την τροφοδοσία ο μάγειρας. Επίσης, το Εγχειρίδιο πρέπει να είναι γραμμένο στη γλώσσα επικοινωνίας του πλοίου.

Στο Βιβλίο Απορριμμάτων πρέπει να καταχωρούνται οι απορρίψεις απορριμμάτων στη θάλασσα, οι παραδόσεις απορριμμάτων σε ευκολίες υποδοχής, η αποτέφρωση απορριμμάτων και οι απορρίψεις στη θάλασσα λόγω έκτακτης ανάγκης. Οι αποδείξεις ή οι βεβαιώσεις παράδοσης φυλάσσονται μαζί με το Βιβλίο (για επιθεωρήσεις), και το Βιβλίο φυλάσσεται στο πλοίο για 2 έτη μετά την τελευταία εγγραφή.

Τα απορρίμματα πρέπει να ομαδοποιούνται σε κατηγορίες για τους σκοπούς του Βιβλίου Απορριμμάτων (ή του επίσημου ημερολογίου γέφυρας του πλοίου) ως εξής:

1. **Πλαστικά:** Πλαστικά απορρίμματα κάθε μορφής, που περιλαμβάνουν συνθετικά σχοινιά και δίχτυα ψαρέματος, καθώς και πλαστικές σακούλες. Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα όλων των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

2. **Κατάλοιπα τροφών:** Τα κατάλοιπα των τροφών μπορούν να απορριφθούν στη θάλασσα υπό ειδικές συνθήκες.

3. **Οικιακά απόβλητα:** Απορρίμματα που παράγονται κυρίως στους χώρους διαμονής του πλοίου (π.χ.: μπουκάλια, χαρτιά, χαρτόνια). Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

4. **Μαγειρικά λάδια:** Βρώσιμα έλαια ή ζωικά λίπη που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία του φαγητού. Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

5. **Στάχτες αποτεφρωτήρα:** Στάχτες και σκωρίες που προέρχονται από αποτεφρωτήρες του πλοίου που χρησιμοποιούνται για την αποτέφρωση απορριμμάτων. Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

6. **Λειτουργικά απόβλητα:** Στερεά απόβλητα (συμπεριλαμβανόμενης και της ιλύος) που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας ή συντήρησης ενός πλοίου ή χρησιμοποιούνται για τον χειρισμό και τη στοιβασία του φορτίου. Τα λειτουργικά απόβλητα περιλαμβάνουν επίσης τα καθαριστικά και πρόσθετα που περιέχονται στα αμπάρια, καθώς και το εξωτερικό νερό πλύσης, που μπορεί να είναι

επιβλαβές για την υδρόβια ζωή. Τα λειτουργικά απόβλητα δεν περιλαμβάνουν το γκρι νερό (ημιακάθαρο νερό που απορρέει από την αποχέτευση του πλυντηρίου, του νιπτήρα, της μπανιέρας, της ντουζιέρας), σεντινόνερα ή άλλες παρόμοιες εκροές. Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

7. Υπολείμματα φορτίου: Υπολείμματα κάθε φορτίου που παραμένει στο κατάστρωμα ή στα αμπάρια του πλοίου μετά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση και δεν καλύπτεται από άλλα παραρτήματα της MARPOL. Τα υπολείμματα φορτίου μπορεί να απορριφθούν στην θάλασσα υπό ειδικές συνθήκες. Πρέπει να τονιστεί ότι οποιοδήποτε φορτίο περιέχει επικίνδυνες ουσίες δεν πρέπει να απορρίπτεται στη θάλασσα, αλλά να παραδίδεται σε εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων στο λιμάνι.

8. Σφάγια ζώων: Σώμα κάθε ζώου που μεταφέρεται ως φορτίο και πεθαίνει ή θανατώνεται στη διάρκεια του ταξιδιού. Τα σφάγια ζώων μπορούν να απορριφθούν στη θάλασσα υπό ειδικές συνθήκες.

9. Αλιευτικός εξοπλισμός: Κάθε είδους εξοπλισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψάρεμα. Απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα των απορριμμάτων της κατηγορίας αυτής.

Οι ειδικές περιοχές για το Παράρτημα V είναι η Μεσόγειος θάλασσα, η Βαλτική θάλασσα, η Μαύρη θάλασσα, η Ερυθρά θάλασσα, η περιοχή των Κόλπων (δηλαδή ο Περσικός κόλπος και ο κόλπος του Ομάν), η Βόρεια θάλασσα, η περιοχή της Ανταρκτικής και η ευρύτερη περιοχή της Καραϊβικής, συμπεριλαμβανομένων του κόλπου του Μεξικού και της θάλασσας της Καραϊβικής. Στις ειδικές περιοχές υπάρχουν πολύ αυστηρότερες απαιτήσεις.

Η κυβέρνηση κάθε κράτους λιμένα υποχρεούται να εξασφαλίζει την ύπαρξη σταθμών υποδοχής των απορριμμάτων επαρκούς δυναμικότητας στα λιμάνια και τους τερματικούς σταθμούς, για την παραλαβή των απορριμμάτων χωρίς να προκαλείται αδικαιολόγητη καθυστέρηση στα πλοία και σύμφωνα με τις ανάγκες τους.

5.2 ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Τα βασικά στάδια διαχείρισης των απορριμμάτων είναι τα εξής:

i. Συλλογή και διαχωρισμός των απορριμμάτων

Η συλλογή και ο διαχωρισμός των απορριμμάτων αποτελούν σημαντική διεργασία, διότι θέτουν τις βάσεις για την ορθή διαχείριση των απορριμμάτων. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την τοποθέτηση του κάθε είδους απορρίμματος στον κατάλληλο χώρο συλλογής (κάδο απορριμμάτων-receptacle), προκειμένου να γίνεται ο διαχωρισμός τους στις διάφορες κατηγορίες απορριμμάτων.

Υπάρχουν διάφορων ειδών κάδοι στο πλοίο, που είναι σημαδεμένοι ή/και χρωματισμένοι και στους οποίους επιτρέπεται να απορρίπτονται μόνο συγκεκριμένα είδη απορριμμάτων.

Στους χώρους του μηχανοστασίου πρέπει να υπάρχει ξεχωριστός κάδος όπου θα συλλέγονται τα πανιά (ράκη, στουπιά) που είναι εμποτισμένα με λάδια, πετρέλαιο, γράσα κ.λπ., και απαγορεύεται να απορριφθούν στην θάλασσα, εκτός εάν έχει προηγηθεί η αποτέφρωση.

Επιπλέον, υπάρχουν και κάποια άλλα απορρίμματα που δεν ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες, όπως οι άδειες μπαταρίες, τα ληγμένα μελάνια, τα άδεια μελάνια των εκτυπωτών κ.λπ., και χρειάζονται ειδικό, αυστηρό χειρισμό. Για αυτόν τον λόγο, κρατούνται ξεχωριστά και παραδίδονται στη στεριά σε Ευκολίες Υποδοχής, αν και δεν είναι τόσο συνηθισμένα και παράγονται σε μικρές ποσότητες.

Είναι γνωστό ότι όλοι οι κάδοι δεν είναι δυνατόν να βρίσκονται σε όλα τα μέρη του πλοίου. Για παράδειγμα, στα καπνιστήρια ή στη γέφυρα είναι πιθανόν να υπάρχει μόνο ένα είδος κάδου, για αυτό πρέπει να ακολουθεί διαχωρισμός αυτών των απορριμμάτων στις επιμέρους κατηγορίες κάδων από το πλήρωμα που τα συλλέγει.

Όσον αφορά τα σύνθετα απορρίμματα, δηλαδή αυτά που αποτελούνται από υλικά που ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες, πρέπει να αντιμετωπίζονται ως απορρίμματα της αυστηρότερης κατηγορίας μεταξύ των κατηγοριών στις οποίες ανήκουν τα επιμέρους υλικά τους. Για παράδειγμα, μια χάρτινη συσκευασία γάλακτος με πλαστικό πώμα αντιμετωπίζεται ως πλαστικό, διότι τα πλαστικά αποτελούν αυστηρότερη κατηγορία.

ii. Επεξεργασία απορριμμάτων

Η επεξεργασία των απορριμμάτων έχει σκοπό είτε να μειώσει τον όγκο των απορριμμάτων, είτε να γίνει επιτρεπτή η απόρριψή τους στη θάλασσα.

Υπάρχουν 3 είδη επεξεργασίας απορριμμάτων στα πλοία καθώς και 3 είδη εξοπλισμού της επεξεργασίας. Τα είδη εξοπλισμού είναι τα εξής:

- Κονιοποιητές-θρυμματιστές ή αλεστές (comminutes or grinders)

Η κύρια χρήση τους είναι η άλεση των τροφών, προκειμένου να γίνει ευκολότερη η διαλυτοποίησή τους στο νερό. Με αυτόν τον τρόπο, η απόρριψή τους γίνεται επιτρεπτή πέραν των 3 ν.μ. από τις ακτές (εξαιρουμένων των ειδικών περιοχών), υπό την προϋπόθεση ότι τα υπολείμματα μπορούν να διέλθουν μέσα από οπές διαμέτρου 25mm.

- Συμπιεστές (compactors)

Ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιούνται είναι η μείωση του όγκου των απορριμμάτων κυρίως για λόγους αποθήκευσης.

- Αποτεφρωτές (incinerators)

Οι αποτεφρωτές έχουν ευρεία χρήση στα πλοία, καθώς μετατρέπουν τα απορρίμματα σε τέφρα με τη μέθοδο της καύσης. Μέσω αυτού του τρόπου γίνεται εφικτή η μείωση του όγκου των απορριμμάτων και επιτρεπτή η απόρριψή τους στη θάλασσα. Τα περισσότερα είδη απορριμμάτων, εκτός από τα μέταλλα και τα γυαλιά, μπορούν να αποτεφρωθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποτέφρωση πρέπει να αποφεύγεται, επειδή μπορεί να παραχθούν είτε επιβλαβή καυσαέρια (από βαφές κ.λπ.), είτε μεγάλη ποσότητα καπνού (από πλαστικά). Ενώ, η αποτέφρωση απαγορεύεται αυστηρά όταν πρόκειται για μπαταρίες, ληγμένα πυροτεχνήματα, φάρμακα, συμπιεσμένες φιάλες κ.λπ. Επιπλέον, η τέφρα ορισμένων υλικών (όπως πλαστικών, PVC κ.λπ.) περιέχει επιβλαβείς και τοξικές ουσίες, για αυτό η απόρριψή της απαγορεύεται. Εντός λιμένων και παράκτιων κατοικημένων περιοχών αποθαρρύνεται η αποτέφρωση, εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται. Τέλος, κάθε διαδικασία αποτέφρωσης πρέπει να καταγράφεται στο Βιβλίο Απορριμμάτων.

iii. Αποθήκευση απορριμμάτων

Τα απορρίμματα αποθηκεύονται στο πλοίο μέχρι να παραδοθούν σε Ευκολίες Υποδοχής Στεριάς ή να απορριφθούν στη θάλασσα σε μεταγενέστερο χρόνο, εκτός εάν δεν επιτρέπεται η απόρριψή τους.

Για την αποθήκευσή τους χρειάζεται ξεχωριστός χώρος με κάδους των διαφόρων κατηγοριών επαρκούς χωρητικότητας, οι οποίοι ακολουθούν το διαχωρισμό και τα χρώματα που προαναφέρθηκαν στο πρώτο στάδιο διαχείρισης απορριμμάτων. Συνήθως αυτός ο χώρος βρίσκεται στο κατάστρωμα αναφοράς πίσω από τους χώρους ενδιαίτησεως (ακομοδέσιο) για εύκολη διάθεση ή απόρριψη των απορριμμάτων, και μακριά από εξαεριστήρες και αναρροφήσεις αέρα, προκειμένου να μην διαταράσσεται η υγιεινή και η αισθητική των χώρων ενδιαίτησεως.

iv. Διάθεση Απορριμμάτων

Το πιο σημαντικό στάδιο της διαχείρισης των απορριμμάτων που παράγονται σε ένα πλοίο είναι η διάθεσή τους στη στεριά ή στη θάλασσα.

Οι σύγχρονες ναυτιλιακές εταιρίες που τηρούν μια πιο φιλική στάση προς το περιβάλλον έχουν οδηγίες στις οποίες ενθαρρύνουν τα πληρώματά τους να διαθέτουν τα απορρίμματά τους σε Ευκολίες Υποδοχής Στεριάς, παρά να τα απορρίπτουν στη θάλασσα. Τα κράτη-μέλη της ΔΣ MARPOL πρέπει να έχουν Ευκολίες Υποδοχής απορριμμάτων στους λιμένες τους και τα τερματικά της δικαιοδοσίας τους. Κάθε διάθεση απορριμμάτων σε Ευκολίες Υποδοχής πρέπει γράφεται στο Βιβλίο Απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένων και των ποσοτήτων και των κατηγοριών απορριμμάτων που παραδόθηκαν. Επίσης, οι αποδείξεις πρέπει να διατηρούνται για τουλάχιστον 2 έτη στο Βιβλίο Απορριμμάτων.

Κάθε απόρριψη στη θάλασσα πρέπει να είναι σύμφωνη με το Παράρτημα V της MARPOL, να έπεται της εντολής του αξιωματικού, που είναι υπεύθυνος για τα απορρίμματα, και να γράφεται στο Βιβλίο Απορριμμάτων.

6. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Για τη λειτουργία μιας ναυτικής μηχανής απαιτείται να υπάρχει μηχανική ενέργεια, η οποία μπορεί να παραχθεί μέσω της καύσης των καυσίμων με την παρουσία του οξυγόνου του αέρα. Με τον τρόπο αυτό, αποβάλλεται θερμική ενέργεια και εκπέμπονται καυσαέρια.

Τα ναυτιλιακά καύσιμα αποτελούνται κυρίως από άνθρακα (84,9% - 87,4%) και υδρογόνο (υδρογονάνθρακες πετρελαίου). Επίσης, τα καύσιμα μπορεί να περιέχουν προσμίξεις (όπως θείο) σε διάφορες συγκεντρώσεις, ανάλογα με το είδος του καυσίμου. Τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση των καυσίμων περιέχουν κυρίως άζωτο (N_2), οξυγόνο (O_2), υδρατμούς (H_2O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), καθώς και σε μικρότερες συγκεντρώσεις οξειδία του αζώτου (NO_x), οξειδία του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστους υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter – PM).

Ο άνθρακας των καυσίμων με την τέλεια καύση του μετατρέπεται σε CO_2 , όμως δεν συμβαίνει πάντα τέλεια καύση. Με την ατελή καύση του μπορούν να παραχθούν σωματίδια άνθρακα (αιθάλη), CO , άκαυστοι υδρογονάνθρακες ή μερικώς οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες. Επιπλέον, το υδρογόνο των καυσίμων μετατρέπεται σε υδρατμούς (H_2O). Το θείο, το οποίο περιέχεται κατά μέσο όρο 2,7% κ.β. ή 27.000 ppm στα καύσιμα, οξειδώνεται κατά την καύση στη μηχανή σε οξειδία του θείου, κυρίως SO_2 και SO_3 , σε τυπική αναλογία SO_2/SO_3 15/1. Το SO_3 αντιδρά με την υγρασία (H_2O) και δημιουργεί σωματίδια θειικού οξέος (H_2SO_4) μικροσκοπικού μεγέθους, που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (αερολύματα). Το άζωτο (N_2) του ατμοσφαιρικού αέρα είναι χημικά αδρανές αέριο υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και δεν αντιδρά με το οξυγόνο (O_2) του αέρα. Όμως, επειδή στις μηχανές επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, το άζωτο αντιδρά με το οξυγόνο του αέρα και οξειδώνεται σε οξειδία του αζώτου (NO_x), και, συγκεκριμένα, σε μονοξείδιο του αζώτου (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO_2). Ακόμη, σε μικρότερες συγκεντρώσεις μπορεί να σχηματιστούν NO_x και από την καύση των συστατικών των καυσίμων που περιέχουν άζωτο. Τέλος, τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) αποτελούν ένα σύνθετο μίγμα

οργανικών και ανόργανων ουσιών και περιέχουν άνθρακα, αιθάλη, στάχτη, πολύ μικρά σωματίδια καυσίμου που δεν κάηκε ή κάηκε ατελώς, άκαυστο λιπαντικό έλαιο, θειικά και υγρασία.

Τα παραπάνω καυσαέρια επιφέρουν διάφορες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ειδικότερα, το CO₂ ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το SO₂ μετατρέπεται σε θειικό οξύ, προκαλεί πτώση του pH της βροχής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η όξινη βροχή. Επίσης, όταν τα NO_x και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες παρουσία φωτός καταλήγουν στη δημιουργία όζοντος (O₃) και μιας μεγάλης ποικιλίας άλλων οργανικών ουσιών, τότε σχηματίζεται το φωτοχημικό νέφος.

Το Παράρτημα VI της MARPOL εγκρίθηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το 2005. Το Παράρτημα VI περιλαμβάνει τα όρια των εκπομπών των κύριων ρύπων στα καυσαέρια των πλοίων (SO_x και NO_x), απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον (Ozone Depleting Substances – ODS), και ρυθμίζει την καύση επί του πλοίου και τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (Volatile Organic Compounds – VOCs) από τα δεξαμενόπλοια.

6.2. ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Η ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών ρύπων αποτελεί στόχο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Οι περισσότερες τεχνολογίες που αναπτύσσονται αφορούν τη μείωση των NO_x και SO₂ και CO₂, όμως, ορισμένες τεχνολογίες επιδρούν και στις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων.

➤ Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Σύμφωνα με τους κανονισμούς, τα πλοία θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Όμως, υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές μέθοδοι για τη μείωση του διοξειδίου του θείου, όπως η κατάλληλη τεχνολογία (π.χ. scrubbers), τα εναλλακτικά καύσιμα (π.χ. LNG, βιοκαύσιμα) και η ενέργεια από την ξηρά.

Καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Το καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας θείου αποτελεί την απλούστερη μέθοδο μείωσης των εκπομπών SO₂, δεδομένου ότι τα ποντοπόρα πλοία χρησιμοποιούν καύσιμα που περιέχουν κατά μέσο όρο 2,5-3% κ.β. θείο, το οποίο αντιστοιχεί σε 2.500-3.000 φορές το ποσοστό θείου στις οδικές μεταφορές στην Ευρώπη (10 ppm ή 0,001% κ.β.). Για αυτόν τον λόγο, σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL, το όριο του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα θα μειωθεί σε 0,5% από το 2020, εφόσον υπάρχουν επαρκείς ποσότητες στην αγορά. Όμως, δεν υπάρχουν τόσο μεγάλες διαθέσιμες ποσότητες καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας θείου και η τιμή του είναι αρκετά μεγαλύτερη του IFO (Intermediate Fuel Oil).

Πλυντρίδες

Οι πλυντρίδες θαλασσινού νερού στις εξατμίσεις των πλοίων «ξεπλένουν» τα καυσαέρια από το επικίνδυνο SO₂ σε ποσοστό 90-95%, ενώ παράλληλα μειώνουν τα αιωρούμενα σωματίδια κατά 80-85%. Επομένως, σε περίπτωση που το πλοίο διαθέτει πλυντρίδα, μπορεί να μετατρέψει το καύσιμο περιεκτικότητας 3,5% κ.β. σε 0,1 % κ.β. σε θείο, και να συνεχίσει να καίει παντού στη θάλασσα βαρύ καύσιμο (το οποίο είναι φθηνότερο και διαθέσιμο σε ικανές ποσότητες). Υπάρχουν τρία είδη πλυντρίδων:

- i. Με θαλασσινό νερό, ανοιχτού βρόχου
- ii. Με γλυκό νερό, κλειστού βρόχου
- iii. Υβριδικοί

Υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gas – LNG)

Το LNG αποτελεί ένα εναλλακτικό καύσιμο που μπορεί να μειώσει τους τοξικούς αέριους ρύπους και το CO₂. Οι μηχανές LNG είτε καίνε μόνο LNG, είτε είναι διπλού καυσίμου, δηλαδή καίνε LNG και συμβατικό καύσιμο. Οι εκπομπές SO₂ είναι σχεδόν μηδενικές, επειδή το LNG δεν περιέχει θείο. Επίσης, οι εκπομπές CO₂ με την κατανάλωση LNG είναι χαμηλότερες έως κατά 25%, διότι το LNG έχει μεγαλύτερη αναλογία υδρογόνου προς άνθρακα συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα. Όμως, κατά τη χρήση του μπορεί να προκύψει διαρροή μεθανίου (CH₄).

Ενέργεια από την ξηρά

Όταν τα πλοία μένουν στα λιμάνια, σβήνουν τις προωστήριες μηχανές τους και λειτουργούν μόνο με τις βοηθητικές ηλεκτρομηχανές, που παρέχουν ηλεκτρική

ενέργεια στο πλοίο. Κατά τη διάρκεια του χρόνου πρόσδεσης στο λιμάνι, μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων στο λιμάνι κατά 90%.

➤ Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Οι τρόποι μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Κατά την καύση, πρόληψη της δημιουργίας NO_x μειώνοντας τη θερμοκρασία καύσης
- Μετά την καύση, επεξεργασία των καυσαερίων
- Εναλλακτικά καύσιμα/πηγές ενέργειας

Ψεκασμός νερού

Σε αυτή την περίπτωση, αποσταγμένο νερό ψεκάζεται υπό πίεση στον θάλαμο καύσης πριν τον ψεκασμό του καυσίμου. Έτσι, μειώνεται η θερμοκρασία καύσης καθώς το νερό εξατμίζεται, απορροφώντας θερμότητα. Η μείωση των NO_x καθορίζεται από την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται. Συγκεκριμένα, με αναλογία νερού προς καύσιμο 40-70% μειώνονται τα οξείδια αζώτου 50-60%.

Επανακυκλοφορία καυσαερίων

Με τη μέθοδο αυτή, τμήμα των καυσαερίων φιλτράρεται και επανακυκλοφορεί στον θάλαμο καύσης. Η ειδική θερμοχωρητικότητα των κύριων συστατικών των καυσαερίων είναι υψηλότερη αυτής του αέρα, για αυτό μειώνεται ο σχηματισμός NO_x. Όμως, αυτή η μέθοδος έχει ορισμένους περιορισμούς. Δεν επιτρέπεται να επανακυκλοφορήσει πάνω από το 15-20% των καυσαερίων. Επίσης, είναι πιο κατάλληλη η χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας θείου, διότι τα καυσαέρια με SO_x σχηματίζουν θειικό οξύ, το οποίο μπορεί να διαβρώσει τη μηχανή. Τα αιωρούμενα σωματίδια των καυσαερίων μπορεί να εναποτεθούν στη μηχανή και έτσι να ρυπάνουν το λιπαντικό έλαιο. Σύμφωνα με έρευνες, τα οξείδια αζώτου με αυτόν τον τρόπο μπορούν να μειωθούν έως 80%.

Καταλυτική αναγωγή

Η καταλυτική αναγωγή πραγματοποιείται με ψεκασμό διαλύματος ουρίας ή αμμωνίας στο ρεύμα των καυσαερίων της ναυτικής μηχανής στους 290-350°C. Ένας καταλύτης

τοποθετείται στον αγωγό καυσαερίων, πάνω στον οποίο οι αναγωγικές ενώσεις (ουρία ή αμμωνία) αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου και σχηματίζουν άζωτο και νερό. Σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ποσότητα αμμωνίας, χαμηλές θερμοκρασίες ή υποβαθμισμένος καταλύτης, μπορεί να διαφύγει αμμωνία. Η αμμωνία, επίσης, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση του αγωγού των καυσαερίων. Είναι προτιμότερο σε αυτήν την τεχνολογία να χρησιμοποιείται καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (έως και 2,7% κ.β.), επειδή με το θείο σχηματίζονται σωματίδια θεικού αμμωνίου. Επιπρόσθετα, περιοριστικό παράγοντα αποτελεί και η θερμοκρασία. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας επιτυγχάνεται μείωση των NO_x κατά 90-99%.

Κινητήρας Υγρού Αέρα

Στους κινητήρες υγρού αέρα οι εκπομπές NO_x μειώνονται προσθέτοντας υδρατμούς στον αέρα καύσης. Αυτή η τεχνολογία αποτελεί εναλλακτική επιλογή του ψεκασμού νερού. Ο αέρας εισάγεται συμπιεσμένος στον κύλινδρο καύσης, και στη συνέχεια, σχετικά θερμός και ξηρός, οδηγείται σε ειδικά σχεδιασμένη κυψελίδα, όπου υγραίνεται και ψύχεται, λαμβάνοντας ικανή ποσότητα υγρασίας, μέχρι να κορεστεί. Ο βαθμός μείωσης των οξειδίων αζώτου καθορίζεται από την ποσότητα των υδρατμών και κυμαίνεται 20-80%.

➤ Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Για τη μείωση των εκπομπών CO₂ μπορούν να εφαρμοσθούν τρία είδη μέτρων:

- i. τεχνολογικά μέτρα,
- ii. λειτουργικά μέτρα,
- iii. εναλλακτικά καύσιμα

i. Τεχνολογικά μέτρα

Τα τεχνολογικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών CO₂ σχετίζονται με τις αλλαγές στο κύτος, την έλικα ή τη μηχανή του πλοίου.

- Βελτιώσεις στο κύτος

Οι βελτιώσεις στο κύτος του πλοίου στοχεύουν στη μείωση των αντιστάσεων στην κίνηση του πλοίου. Η βελτιστοποίηση του σχήματος της γάστρας (όπως η περίπτωση

της βολβοειδούς πλώρης) είναι μια μέθοδος μείωσης της αντίστασης του νερού. Μεγαλύτερο όφελος από αυτή τη μέθοδο έχουν κυρίως τα μικρότερα πλοία, επειδή δημιουργούν σχετικά μεγαλύτερη αντίσταση λόγω κυματισμού σε σχέση με τα μεγαλύτερα πλοία, και η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει έως 9%. Επιπρόσθετα, με τη μείωση του βάρους του κύτους, μέσω της χρήσης ελαφρύτερων υλικών, μειώνεται η βρεχόμενη επιφάνεια, συνεπώς και η αντίσταση με το νερό. Μέσω αυτού του τρόπου μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου του πλοίου μέχρι 7%. Ωστόσο, προκύπτουν περιορισμοί, εξαιτίας των αναγκών αντοχής και ευστάθειας του πλοίου. Ακόμη, η χρήση ολισθηρών επιχρισμάτων μπορεί να μειώσει την αντίσταση τριβής της γάστρας του πλοίου με το νερό κατά την κίνησή του, με αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων περίπου 5%. Τέλος, η αντίσταση μεταξύ της γάστρας του πλοίου και του νερού δύναται να μειωθεί με λίπανση με αέρα, με την οποία υπολογίζεται ότι μειώνονται κατά 10-15% οι εκπομπές CO₂. Μέσω ενός φυσητήρα αέρα παράγονται φυσαλίδες σε διαφορετικές, συμμετρικές θέσεις του πυθμένα του κύτους του πλοίου, ώστε να δημιουργείται ένα ομοιόμορφο στρώμα αέρα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε νέα πλοία με ελάχιστο μήκος 225 m και επίπεδο, τουλάχιστον μερικώς, πυθμένα.

- Βελτιώσεις στην έλικα

Η απόδοση της έλικας βελτιώνεται όταν αυξάνεται η διάμετρος των πτερυγίων και μειώνεται ο αριθμός των περιστροφών ανά λεπτό. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των πτερυγίων θα πρέπει να ελαχιστοποιείται, προκειμένου να μειώνεται η επιφάνεια και η αντίσταση της τριβής. Ωστόσο, προκύπτουν περιορισμοί στον σχεδιασμό της έλικας λόγω του βυθίσματος του πλοίου και της μηχανικής φόρτισης στην έλικα.

- Βελτιώσεις στις μηχανές του πλοίου

Οι βελτιώσεις στις μηχανές του πλοίου αφορούν τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας καύσης, για μείωση της απαιτούμενης ποσότητας του καυσίμου, όπως το σύστημα ψεκασμού καυσίμου common rail, το οποίο βελτιώνει την έγχυση του καυσίμου στα χαμηλά φορτία της μηχανής. Ένας άλλος τρόπος βελτίωσης της απόδοσης της μηχανής είναι η ανάκτηση της θερμότητας. Σε αυτήν την περίπτωση, ανακτάται η θερμότητα που χάνεται με την καύση του καυσίμου και μετατρέπεται σε ηλεκτρική

ενέργεια, μειώνοντας 8-10% την κατανάλωση καυσίμου. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για πλοία με μεγάλες κύριες μηχανές και με υψηλές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια.

ii. Λειτουργικά μέτρα

Οι εκπομπές CO₂ ενός πλοίου εξαρτώνται από τα τεχνικά και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του, αλλά και τη λειτουργία του. Η μείωση της ταχύτητας, η μείωση της αντίστασης του πλοίου και γενικά μέτρα βελτιστοποίησης του ταξιδιού αποτελούν τα λειτουργικά μέτρα.

Με τη μείωση της ταχύτητας μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων. Για παράδειγμα, μειώνοντας την ταχύτητα κατά 10%, μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου κατά 19% ανά τόνο-χιλιόμετρο. Όμως, η μείωση της ταχύτητας οδηγεί στην αύξηση του χρόνου ταξιδιού. Το ποσοστό μείωσης της ταχύτητας εξαρτάται από τον σχεδιασμό της μηχανής και μπορεί να χρειαστεί προσαρμογή της. Αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους και τα μεγέθη των πλοίων, όμως πλοία (όπως τα κρουαζιερόπλοια και τα επιβατικά πλοία) που πρέπει να τηρήσουν ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα ίσως να μη μπορούν να μειώσουν την ταχύτητά τους. Επιπλέον, σε αρκετές εταιρείες που αντιμετωπίζουν υψηλό κόστος καυσίμων και χαμηλή μεταφορική ζήτηση, εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος.

Η μείωση της αντίστασης του πλοίου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφόρων τρόπων. Η βελτιστοποίηση της διαγωγής (trim) του πλοίου με την κατάλληλη κατανομή φορτίου και έρματος μπορεί να μειώσει την αντίσταση, συνεπώς, και την κατανάλωση καυσίμου κατά 0,5-2%. Επίσης, με την περιοδική στίλβωση της έλικας του πλοίου, μειώνονται οι εκπομπές κατά 2-5%, καθώς και με το περιοδικό καθάρισμα των υφάλων του πλοίου μειώνονται οι εκπομπές κατά 1-10%.

Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση του ταξιδιού προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμων υπάρχουν διάφορα μέτρα που μπορούν να εφαρμοσθούν. Η βελτιστοποίηση της φόρτωσης του πλοίου αποτελεί έναν τρόπο μείωσης του αριθμού των πλοίων που απαιτούνται για τη μεταφορά του ίδιου φορτίου. Ακόμη, η χρήση μεγαλύτερου μεγέθους πλοίων συνεπάγεται με τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Ένα άλλο μέτρο είναι η εξοικονόμηση του χρόνου παραμονής του πλοίου

στο λιμάνι προκειμένου να αξιοποιηθεί περισσότερος χρόνος πλέοντας στη θάλασσα με χαμηλή ταχύτητα. Έτσι, μπορεί να εξοικονομηθεί 1-7% του καυσίμου. Τέλος, η πλεύση ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες συμβάλλει στη μείωση του χρόνου του ταξιδιού, εξοικονομώντας κατανάλωση του καυσίμου κατά 2-4%. Ωστόσο, τα μέτρα αυτά δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα είδη πλοίων και ταξιδιών.

iii. Εναλλακτικά καύσιμα

Τα εναλλακτικά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλοία είναι το LNG και τα βιοκαύσιμα. Τα βιοκαύσιμα έχουν μειωμένες εκπομπές CO₂, συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, επειδή το CO₂ που εκπέμπεται κατά την καύση τους είχε απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα με τη φωτοσύνθεση για τη δημιουργία της βιομάζας του φυτού. Όμως, η καθαρή μείωση της εκπομπής του CO₂ εξαρτάται από τους τρόπους παραγωγής και μεταφοράς των βιοκαυσίμων, διότι οι διαδικασίες παραγωγής και μεταφοράς τους παράγουν επιπλέον CO₂. Επίσης, τα βιοκαύσιμα είναι διαθέσιμα στην αγορά, αν και όχι στις απαιτούμενες ποσότητες για τη ναυτιλία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες, υπάρχουν έντονοι προβληματισμοί για το θέμα της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Με κίνητρο αυτούς τους προβληματισμούς, η παγκόσμια κοινότητα έχει προβεί στην αναζήτηση λύσεων για κάθε είδους ρύπανση. Στη ρύπανση των θαλασσών συνεισφέρει η ναυσιπλοΐα μέσω διαφόρων τρόπων, είτε λόγω πρόκλησης κάποιου ατυχήματος, είτε όχι, προκαλώντας επιπτώσεις σε ποικίλους τομείς. Δεδομένου του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των θαλασσίων μεταφορών, κρίνεται αναγκαία η λήψη προληπτικών μέτρων και μέτρων αντιμετώπισης της ρύπανσης της θάλασσας, με προϋπόθεση να μελετηθούν τα πιθανά μέτρα και να οδηγηθούν στις κατάλληλες αποφάσεις, με βάση τις οικονομικές και οικολογικές συνέπειες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου διατριβής κ. Στεφανία Λάμπουρα, καθηγήτρια της Σχολής Πλοιάρχων της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας, για την πολύτιμη καθοδήγησή της, την άριστη συνεργασία της και την μεταλαμπάδευση των γνώσεών της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της Σχολής Πλοιάρχων της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας για την καλή συνεργασία και τη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για όλη την στήριξή τους στα χρόνια των σπουδών μου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλεξόπουλος, Α. (1997). Η ατυχηματική ρύπανση των δεξαμενόπλοιων κατά το στάδιο της πρόληψης. Νομικές και Οικονομικές Επιπτώσεις της στην αγορά των ναυλών. *Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.*

Allison, D. (2003). The Biofilm Matrix. *Biofouling*, 19(2), 139-150.

Atlas, R. M. & Hazen, T. C. (2011). Oil biodegradation and bioremediation: a tale of the two worst spills in US history. *Environmental Science & Technology*, 45(16), 6709-6715.

Candries, M. (2000). Paint systems for the marine industry. Notes to complement the external seminar on antifouling. Department of Marine Technology, University of Newcastle-upon-Tyne, 12/12/2000.

Chambers, L., Stokes, K., Walsh, F., & Wood, R. (2006). Modern approaches to marine antifouling coatings. *Surface And Coatings Technology*, 201(6), 3642-3652.

CNSS. (Clean Shipping Technology, Technology Guide. CNSS website, <http://cleantech.cnss.no/>

Corbett, J. & Fischbeck P.S. (1997). Emissions from Ships. *Science*, 278(5339), 823-824.

Διαμάντη, Κ. (2010). Θαλάσσιες Μεταφορές & Θαλάσσια Ρύπανση στη Μεσόγειο. Οικολογικές και Οικονομικές Επιπτώσεις. *Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.*

EMSA (2014). *Annual Overview of Marine Accidents and Incidents, 2014*. Lisbon: European Maritime Safety Agency.

EU (2011). Seas for Life. Protected, Sustainable, Shared European Seas by 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Ζούμη, Α. (2015). Το καθεστώς της ευθύνης και αποζημίωσης για περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης από τη ναυτιλία στην Ε.Ε. *Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.*

Hall, L. W. Jr, Giddings, J. M., Solomon, K. R. & Balcomb R. (1999). An Ecological Risk Assessment for the Use of Irgarol 1051 as an Algacide for Antifoulant Paints. *Critical Reviews in Toxicology*, 29(4), 367-437

IMO (1999). Antifouling Systems: Moving towards the Non-Toxic Solution.

IMO (2009). Second IMO GHG study. London: International Maritime Organization (IMO).

ITOPF (2011). Use of Booms in Oil Pollution Response. Technical Information Paper, The International Tanker Owners Pollution Federation.

Κοτρίκλα, Α. Μ. (2015). Ναυτιλία και Περιβάλλον. *www.kallipos.gr*

Lloyd's Register (2015). Understanding ballast water management Guidance for ship owners and operators.

Matej, D. (2015). Vessels and Ballast Water, David, M., Gollasch, S. , *Global Maritime Transport and Ballast Water Management, Invading Nature*. Berlin / Heidelberg / New York: Springer.

National Research Council (2003). Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington: Ocean Studies Board and Marine Board, The National Academies Press.

Omae, I. (2003). Organotin antifouling paints and their alternatives. *Appl. Organometal. Chem.*, 17(2), 81-105.

Σταύρου, Σ. (2009). Πλοίο και Περιβάλλον. *Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς*.

Yebra, D., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2004). Antifouling technology – Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress In Organic Coatings*, 50(2), 75-104. doi:10.1016/j.porgcoat.2003.06.001

White I. C. & Baker J. M. (1999). The Sea Empress Oil Spill in Context. International Conference on the Sea Empress Oil Spill, 11-13th February 1998, Cardiff, Wales.

White, I. C. & Molloy, F. (2003). Factors that Determine the Cost of Oil Spills. International Oil Spill Conference 2003, Vancouver, Canada, 6-11 April 2003.