



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ & ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Τ.Τ.**



Τμήματα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών & Μηχ. Αυτοματισμού

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»

Τίτλος της Διπλωματικής Εργασίας:

Σύστημα εκπομπής αέριων ρύπων στη Ναυτιλία

Title: Emission Trade Scheme



Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή: Παπαζήσης Αθανάσιος

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή Νικητάκος Νικήτας

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Παπαζήσης Αθανάσιος του Δημοσθένη με αριθμό μητρώου 85 φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Τμήματος «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Διπλωματικής Διατριβής μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

- Η Διπλωματική Διατριβή (Δ.Δ.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και των Ιδρυμάτων και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.
- Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Δ.Δ., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.
- Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που του έχει απονεμίσει ο μεταπτυχιακός τίτλος, αυτός ανακαλείται με απόφαση της ΕΔΕ του ΠΜΣ. Η Ε.Δ.Ε. με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Δ.Δ. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στον Κανονισμό Λειτουργίας του Π.Μ.Σ..

Ο/ Δηλών

Ημερομηνία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τομέας της ναυτιλίας αποτελεί μια από τις πιο μεγάλες και καθοριστικές παραμέτρους ανάπτυξης και διάδοσης του εμπορίου σε διεθνές επίπεδο και αυτό έχει σαν συνέπεια να επιφέρει σημαντικές επιδράσεις στην οικονομική ανάπτυξη και μεγέθυνση ενός κράτους. Αποτελεί έναν σημαντικό διαμεσολαβητή προκειμένου τα αγαθά παραγωγής να φτάνουν έως και τα πιο απομακρυσμένα σημεία κατανάλωσης με καθορισμένες προδιαγραφές σε οριοθετημένες χρονικές περιόδους και με το πιο χαμηλό εφικτό κόστος.

Ο εν λόγω τομέας είναι ζωτικής σημασίας για το διεθνές εμπόριο και την παγκόσμια οικονομία. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, κρύβει σημαντικούς κινδύνους, οι οποίοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή, στην όξυνση των ωκεανών, τη ρύπανση των παράκτιων περιοχών καθώς επίσης και στην επιβάρυνση της δημόσιας υγείας.

Ένα ποσοστό που ξεπερνά το 90% του παγκόσμιου εμπορίου μεταφέρεται διαμέσου των ωκεανών από σχεδόν 90 χιλιάδες εμπορικά πλοία. Όπως όλες οι σύγχρονες τακτικές μεταφορές που κάνουν χρήση ορυκτών καυσίμων έτσι και η θαλάσσια μεταφορά παράγουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και απελευθερώνουν ένα μεγάλο σύνολο διαφοροποιημένων ρύπων, με κυριότερη συνέπεια την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και τον καθοριστικό τους ρόλο στην αλλαγή του κλίματος καθώς επίσης και στην όξυνση των ωκεανών.

Τα βασικότερα είδη ρύπανσης από το συγκεκριμένο τομέα έχουν προέλευση κατά κύριο λόγο από τη διαχείριση έρματος και τις εκπομπές αερίων ρύπων (θείο) ενώ καταβάλλονται τεράστιες προσπάθειες για να ελαττωθούν αισθητά στα λιμάνια με οικολογικό προσανατολισμό. Σε όλα αυτά καθοριστικό ρόλο όλα αυτά τα χρόνια έχει παίξει ο ΙΜΟ (Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας), που έχει θεσπίσει σημαντικούς κανονισμούς για το περιβάλλον στο συγκεκριμένο τομέα.

SUMMARY

The maritime sector is one of the major and decisive factors in the development and dissemination of trade internationally and this has the potential to have a significant impact on the economic growth and growth of a state. It is an important intermediary for producing goods to reach the furthest points of consumption with defined specifications in defined time periods and at the lowest possible cost.

This sector is vital for international trade and the world economy. Nevertheless, it does pose significant dangers, which play a key role in climate change, ocean acidification, pollution of coastal areas as well as in public health.

Over 90% of world trade is carried across the oceans by almost 90 thousand merchant ships. Like all modern fossil fuel transport modes, maritime transport generates carbon dioxide emissions and releases a wide range of different pollutants, with a major environmental impact and a key role in climate change and climate change. of the oceans.

The main types of pollution in this sector are mainly derived from ballast management and emissions of sulfur pollutants, while huge efforts are being made to significantly reduce eco-oriented ports. IMO (International Maritime Organization), which has enacted important environmental regulations in this field, has played a key role in all these years.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 2 |
| SUMMARY | 4 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ | 5 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ | 5 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ | 7 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 8 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ | 10 |
| 1.1 Βασικές έννοιες | 10 |
| 1.2 Κυριότεροι παράγοντες ατμοσφαιρικής ρύπανσης | 11 |
| 1.3 Κυριότερες επιπτώσεις αέριας ρύπανσης | 14 |
| 1.4 Διεθνείς συμφωνίες | 18 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ | 20 |
| 2.1 Πράσινη ναυτιλία | 20 |
| 2.2 Αναγκαιότητα για στροφή στην πράσινη ναυτιλία | 21 |
| 2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι από τη ναυτιλία | 23 |
| 2.3.1 Διοξείδιο του άνθρακα και ναυτιλία | 26 |
| 2.3.2 Οξείδια του θείου και ναυτιλία | 27 |
| 2.3.3 Οξείδια του αζώτου και ναυτιλία | 28 |
| 2.3.4 Πτητικές οργανικές ενώσεις και ναυτιλία | 28 |
| 2.3.5 Αιωρούμενα σωματίδια και ναυτιλία | 29 |
| 2.3.6 Αερολύματα | 30 |
| 2.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα | 32 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΛΟΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ | 36 |
| 3.1 Εισαγωγή | 36 |
| 3.2 Ρύπανση από ναυτικές μηχανές | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3 Ρύπανση από λειτουργικές δράσεις | 40 |
| 3.4 Δείκτης εκπομπών CO ₂ από τα πλοία | 42 |
| 3.5 Εναλλακτικές λειτουργίες για μείωση ρύπων | 45 |
| 3.5.1 Οξειδία του αζώτου | 47 |
| 3.5.2 Οξειδία του θείου | 51 |
| 3.5.3 Υδρογονάνθρακες και σωματίδια ΡM | 52 |
| 3.5.3.4 Πτητικές οργανικές ενώσεις | 53 |
| 3.6 Ανάλυση SWOT εναλλακτικών δράσεων για μείωση ρύπων | 55 |
| 3.6.1 Συστήματα καθαρισμού καυσαερίων | 55 |
| 3.6.2 Καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (LSFO) | 56 |
| 3.6.3 LNG | 58 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΙΜΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ | 60 |
| 4.1 Εισαγωγή | 60 |
| 4.2 Δράση διαμέσου του ΙΜΟ | 62 |
| 4.3 Στόχοι του ΙΜΟ για εκπομπές CO ₂ | 64 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 66 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 68 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1 : Μέθοδοι μέτρησης αέριων ρύπων | 13 |
| Εικόνα 1.2 : Εκπομπές διοξειδίου του θείου πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα | 15 |
| Εικόνα 2.1 : Είσοδος και έξοδος μιας ναυτικής μηχανής | 23 |
| Εικόνα 2.2 : Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στη ναυτιλία σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς | 26 |
| Εικόνα 2.3 : Μελλοντικά επίπεδα εκπομπών | 26 |

| | |
|--|-----------|
| Εικόνα 2.4: Μέση ετήσια συμβολή (%) από κυκλοφορία σκαφών στην υγρή απόθεση (αριστερά θείο-δεξιά νηρικά) | 30 |
| Εικόνα 2.5: Παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές ρύπων | 34 |
| Εικόνα 3.1: Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων τυπικού αργόστροφου ναυτικού κινητήρα | 41 |
| Εικόνα 3.2: Παγκόσμια όρια θείου καυσίμου | 42 |
| Εικόνα 3.3: Εκτίμηση της ζήτησης του LNG σαν ναυπλιακό καύσιμο και το σύνολο των σκαφών για το λιμάνι του Πειραιά | 57 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|---|-----------|
| Πίνακας 2.1: Μετρήσεις αέριων ρύπων στα λιμάνια | 24 |
| Πίνακας 3.1: Τυπικές εκπομπές αργόστροφου τύπου μηχανή | 38 |
| Πίνακας 3.2: Βασικά στοιχεία για εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (2015-2017) | 43 |
| Πίνακας 3.3: Ειδικές εκπομπές CO₂ για διαφορετικά είδη πετρελαίου | 44 |
| Πίνακας 3.4: Ανάλυση SWOT για Scrubbers | 55 |
| Πίνακας 3.5: Ανάλυση SWOT για LSFO | 56 |
| Πίνακας 3.6: Ανάλυση SWOT για LNG | 58 |
| Πίνακας 4.1: Ορόσημα στην ιστορία των διεργασιών γύρω από τις αέριες ναυτικές εκπομπές | 60 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη εποχή, τα πλοία εκπέμπουν αέριους ρύπους, όπως είναι για παράδειγμα το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις, οξείδια του αζώτου καθώς επίσης και οξείδια του θείου που είναι εξαιρετικά επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων καθώς επίσης και για το φυσικό περιβάλλον. Ειδικότερα, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παίζουν καθοριστικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και στην κλιματική αλλαγή.

Από την άλλη πλευρά, οι πτητικές οργανικές ενώσεις αλλά και τα οξείδια του αζώτου έχουν την ευχέρεια να επιβαρύνουν σε σημαντικό επίπεδο την τρύπα του όζοντος. Παράλληλα, τα οξείδια του αζώτου διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο φαινόμενο της όξινης βροχής αλλά και στον ευτροφισμό, ενώ από την άλλη μεριά τα οξείδια του θείου παίζουν σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο της όξινης βροχής.

Στη σημερινή εποχή, το μερίδιο του συγκεκριμένου τομέα στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από ανθρώπινες δράσεις ανέρχεται στο 3,3% (κάτι που σημαίνει πως ξεπερνά τα 1000 εκατομμύρια τόνους) με το 30% σχεδόν αυτών να εκπέμπεται σε δρομολόγια τα οποία διέρχονται από λιμάνια της ΕΕ. Πιο συγκεκριμένα, σε ό,τι έχει να κάνει με το μερίδιο της διεθνούς ποντοπόρου ναυτιλίας, αυτό ήταν 2,7% (σχεδόν 870 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα) ενώ της παράκτιας ανερχόταν στο 0,6% (κάτι που σημαίνει 176 εκατομμύρια διοξειδίου του άνθρακα).

Έρευνες κατά καιρούς έχουν κάνει λόγο πως δίχως την εφαρμογή τακτικών ελάττωσης, οι εκπομπές αυτών των ρύπων από τον εν λόγω κλάδο είναι δυνατόν να παρουσιάσουν σημαντική ανοδική τάση που θα κυμαίνεται από 150 έως και 250% έως και την περίοδο του 2050. Στη σημερινή εποχή, το 72% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον κλάδο των μεταφορών έχει προέλευση από τα οχήματα, σχεδόν το 11% από τις εναέριες μεταφορές ενώ σχεδόν το 14% από τη ναυτιλία.

Παρά το γεγονός πως κάποιοι ατμοσφαιρικοί ρύποι εκπέμπονται μακριά από την ξηρά, σχεδόν τα 3/4 των διεθνών εκπομπών από τα πλοία παρουσιάζονται σε απόσταση 400 χιλιομέτρων από τις ακτές. Επίσης, βάσει μελετών, η πλειονότητα των

εκπομπών στις ευρωπαϊκές θάλασσες έχει προέλευση από πλοία που είναι μεγαλύτερα από 500 τόνους.

Σχεδόν το 1/2 των εκπομπών αυτής της μορφής έχει προέλευση από πλοία με ευρωπαϊκή σημαία ενώ το 20% εντοπίζεται εντός των 12 ναυτικών μιλίων από την ακτή. Τόσο η διεθνής κοινότητα μέσω του ΙΜΟ όσο και η ΕΕ έχουν ξεκινήσει εδώ και πολλά έτη να προτείνουν και να λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα, με κυριότερο στόχο την αισθητή ελάττωση αυτών των ρύπων από το συγκεκριμένο τομέα.

Στη σημερινή εποχή, η διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα ανταποκρινόμενη στις επιταγές των διεθνών οργανισμών καθώς επίσης και των κυβερνήσεων, ενεργεί με κυριότερο στόχο τον εντοπισμό αποδοτικών και χαμηλού κόστους τακτικών, με βασικότερο σκοπό τη σημαντική ελάττωση των αέριων εκπομπών από τα πλοία, τόσο για τους κλασσικούς αέριους ρύπους, όσο και για το διοξείδιο του άνθρακα.

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας που καλούμαστε να εκπονήσουμε είναι η διεξοδική μελέτη και η εκτενής έρευνα που αφορά την εκπομπή αερίων ρύπων των πλοίων. Για να επιτευχθεί ο εν λόγω στόχος, θα υλοποιηθεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσα από διεθνείς, ελληνικές αλλά και διαδικτυακές βιβλιογραφικές πηγές, έτσι ώστε με το πέρας αυτής της εργασίας να είμαστε σε θέση να αντλήσουμε τα βέλτιστα εφικτά συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

1.1 Βασικές έννοιες

Με τον όρο αέριοι ρύποι καλούνται όλα τα παράγωγα της δράσης της καύσης των υδρογονανθράκων που χρησιμεύουν στη ναυτιλία. Τα συγκεκριμένα παράγωγα ως επί το πλείστον λογίζονται ως ρύποι καθώς η ανοδική τάση της συγκέντρωσής τους στην ατμόσφαιρα έχει σαν βασικότερη συνέπεια φαινόμενα, όπως είναι για παράδειγμα η ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου, η ύπαρξη του φαινομένου της όξινης βροχής, η αιθαλομίχλη, που έχουν σαν επίπτωση την αισθητή ανοδική τάση των ποσοστών αναπνευστικών νοσημάτων κλπ (Cheremisinoff, 2016).

Οι βασικότερα αέριοι ρύποι, όπως θα δούμε και στη συνέχεια είναι το CO και το CO₂, τα οξείδια του θείου που τις περισσότερες φορές καλούνται SOX, τα οξείδια του αζώτου (είτε νιτρικά οξείδια) που τις περισσότερες φορές ονομάζονται NOX καθώς επίσης και τα αιωρούμενα σωματίδια (VOC). Οι συγκεκριμένοι ρύποι αυτής της μορφής υφίστανται κατά τη δράση της καύσης στο εσωτερικών των μηχανών εσωτερικής καύσης και εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα διαμέσου των καυσαερίων (Ζιώμας, 2004).

Σύμφωνα με τη σύνθεση του εκάστοτε καυσίμου, τα εξαγόμενα αγαθά διαφοροποιούνται, κάτι στο οποίο πολλές φορές σημαντικό ρόλο παίζουν και οι συνθήκες καύσης. Μέσα από μετρήσεις προκύπτει ότι κατά μέσο όρο για κάθε τόνο ναυτιλιακού πετρελαίου υψηλής περιεκτικότητας σε θείο που ξεπερνά το 3,5% παράγονται 1,2 κιλά CO, 3.8 κιλά CO₂, 87 κιλά οξειδίων του αζώτου καθώς επίσης και 35 κιλά οξειδίου του θείου (Vallero, 2014).

1.2 Κυριότεροι παράγοντες ατμοσφαιρικής

ρύπανσης

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση είτε διάρκεια, που έχουν σαν βασικότερη συνέπεια την αλλοίωση της δομής, της σύστασης είτε ακόμα και των κυριότερων γνωρισμάτων της ατμόσφαιρας. Τα συμβάντα αυξημένης ατμοσφαιρικής ρύπανσης υλοποιούνται πολλές φορές με το πέρασμα των ετών και σε αρκετές περιπτώσεις πλέον είναι εύκολα ανιχνεύσιμα από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Τα σωματίδια τα οποία περιλαμβάνονται στην ατμόσφαιρα αρκετών πόλεων ελαττώνουν σημαντικά την ορατότητα και της προσδίδουν ένα γκριζό χρώμα (Ρεμουντάκη, 2010).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι βασικότεροι ρύποι αυτής της μορφής είναι το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του αζώτου, το όζον, τα αιωρούμενα σωματίδια, το βενζόλιο καθώς επίσης και ο μόλυβδος. Σε ό,τι έχει να κάνει με το πρώτο εξ αυτών, θα πρέπει να τονιστεί πως αποτελεί ένα αέριο που είναι άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με ισχυρή ερεθιστική μυρωδιά σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι βασικότερες πηγές από όπου προέρχεται ο συγκεκριμένος ρύπος είναι οι εγκαταστάσεις, οι οποίες κάνουν χρήση καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (Cooper and Alley, 2004).

Από την άλλη μεριά, σε ό,τι έχει να κάνει με το μονοξείδιου του άνθρακα θα πρέπει να αναφερθεί πως αποτελεί ένα αέριο που είναι άοσμο, άχρωμο, δεν έχει γεύση και είναι εξαιρετικά ελαφρύ στον αέρα. Αποτελεί τον πιο διαδεδομένο ρύπο αυτής της μορφής. Οι βασικότερες πηγές προέλευσής του είναι οι εξατμίσεις όλων των ειδών μηχανών στην περίπτωση που υφίσταται ατελής καύση. Εξίσου σημαντικές πηγές είναι το καψάλισμα των χωραφιών καθώς επίσης και η καύση ελαστικών σε ανοιχτούς χώρους (Vallero, 2014).

Ένας εξίσου σημαντικός ρύπος αυτής της μορφής είναι το διοξείδιο του αζώτου που έχει καφέ χρώμα, είναι διαλυτό στο νερό, αποτελεί ένα δυνατό οξειδωτικό το οποίο έχει οξεία ερεθιστική μυρωδιά. Έχει την ευχέρεια να ενεργοποιήσει τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το

σηματισμό της φωτοχημικής ρύπανσης. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι αρμόδιο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού (Cheremisinoff, 2016).

Η καύση ορυκτών καυσίμων ως επί το πλείστον σε αμάξια, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς αλλά και σε κεντρικές θερμάνσεις παράγουν μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου. Αυτό με διαφοροποιημένες χημικές αντιδράσεις, οι οποίες ενισχύονται από την ύπαρξη της ακτινοβολίας του ήλιου και του όζοντος, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου. Τα οξείδια αυτής της μορφής καθώς επίσης και οι υδρογονάνθρακες αποτελούν πρόδρομα συστατικά του φωτοχημικά αναπτυσσόμενου όζοντος αλλά και του νιτρικού υπεροξυακετυλίου στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας (Ρεμουντάκη, 2010).

Από την άλλη πλευρά, σε ό,τι έχει να κάνει με το όζον, θα πρέπει να τονιστεί πως είναι άχρωμο, αρκετά βαρύ στον αέρα και έχει δριμεία μυρωδιά. Αποτελεί ένα εξαιρετικά δυνατό οξειδωτικό. Έχει την ευχέρεια να διαλυθεί εξαιρετικά δύσκολα στο νερό και αυτός είναι ο κυριότερος λόγος που έχει τη δυνατότητα να εισχωρήσει έως τους πνεύμονες με όλες τις μη θετικές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία (Ζιώμας, 2004).

Στη στρατόσφαιρα το όζον παίζει καθοριστικό ρόλο καθώς απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες, προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο τους ανθρώπους από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου. Ο συγκεκριμένος ρύπος αναπτύσσεται στην τροπόσφαιρα σαν συνέπεια διάφορων χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων καθώς επίσης και οξειδίων του αζώτου με την υποστήριξη της ηλιακής ενέργειας (Cooper and Alley, 2004).

Εξίσου σημαντικό ρόλο παίζουν και τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή είτε ακόμα και σε υγρή μορφή, τα οποία έχουν την ευχέρεια να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για τεράστιες χρονικές περιόδους. Σύμφωνα με το από πού προέρχονται είναι εφικτό να εμφανίσουν σημαντική ανομοιογένεια στη μορφή, στο μέγεθος καθώς επίσης και στη χημική τους σύσταση (Vallero, 2014).

Όσο πιο μικρά είναι τα συγκεκριμένα σωματίδια, τόσο περισσότερο υφίσταται μεγαλύτερη πιθανότητα εισχώρησής τους στην αναπνευστική οδό των

ανθρώπινων πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κατά κύριο λόγο στις κυψελίδες των πνευμόνων και με το πέρασμα των ετών είναι εφικτό να επιφέρουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι βασικότερες πηγές τους είναι οι βιομηχανικές δράσεις των οχημάτων, των πυρκαγιών, τα καψαλίσματα των χωραφιών καθώς επίσης και άλλες γεωργικές δράσεις, οι κατασκευές, η επαναιώρηση σκόνης εξαιτίας δυνατών ανέμων κλπ (Cheremisinoﬀ, 2016).

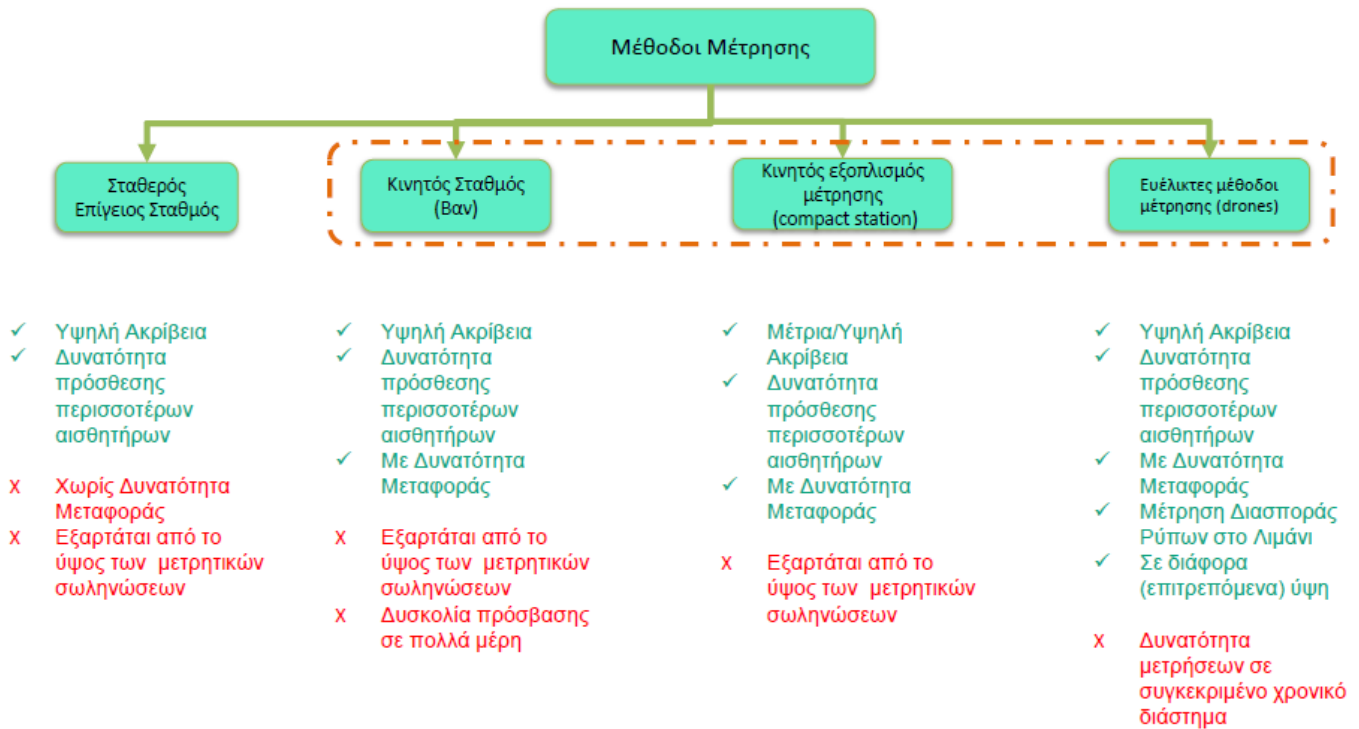
Καθοριστικό ρόλο, όμως, παίζει και το βενζόλιο που αποτελεί μια πτητική οργανική ένωση που εν συντομία στη διεθνή βιβλιογραφία καλείται VOC που αποτελεί ένα από τα δευτερεύοντα στοιχεία της βενζίνης. Οι κυριότερες πηγές του συγκεκριμένου ρύπου είναι τα πρατήρια βενζίνης καθώς επίσης και τα οχήματα διανομής της, αλλά και όλες οι μηχανές οι οποίες κάνουν χρήση της βενζίνης σαν καύσιμο υλικό (Ρεμουντάκη, 2010).

Τέλος, υφίσταται ο μόλυβδος που αποτελεί ένα μαλακό μέταλλο αργυρόχρουν και εντάσσεται στην ομάδα των βαρέων μετάλλων. Ένα ποσοστό της σωματιδιακής σκόνης περιέχονται από σωματίδια αυτής της μορφής. Οι κυριότερες πηγές αυτού του ρύπου είναι δυνατόν να είναι τα διαφοροποιημένης μορφής μεταφορικά μέσα τα οποία κάνουν χρήση μολυβδούχας βενζίνης, εργοστάσια τα οποία κάνουν χρήση μολύβδου είτε ακόμα και ουσιών οι οποίες περιλαμβάνουν αυτό το μέταλλο είτε ακόμα και χώροι όπου καίγονται τα απορρίμματα (Cooper and Alley, 2004).

Γενικότερα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως σύμφωνα με τη μέθοδο παραγωγής τους, οι παραπάνω ρύποι χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Στην πρώτη κατηγορία υφίσταται απευθείας εκπομπή από τις διαφοροποιημένες πηγές στην ατμόσφαιρα και οι πιο καθοριστικοί εξ αυτών είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (όπως για παράδειγμα σκόνη, καπνός, σωματίδια βαρέων μετάλλων κλπ), το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιου του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες, το χλώριο αλλά και το φθόριο (Ζιώμας, 2004).

Από την άλλη πλευρά, στην 2^η κατηγορία περιέχεται ο σχηματισμός στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς με διάφορες χημικές αντιδράσεις οι οποίες γίνονται μεταξύ τους ή ακόμα και με φυσικά στοιχεία της ατμόσφαιρας με τον ενεργό ρόλο του ηλιακού φωτός, της θερμοκρασίας είτε ακόμα και της υγρασίας. Οι πιο

καθοριστικοί αυτής της κατηγορίας είναι το μονοξειδίο του αζώτου, το διοξείδιο του αζώτου καθώς επίσης και το όζον (Vallero, 2014).



Εικόνα 1.1 : Μέθοδοι μέτρησης αέριων ρύπων (Μητσοτάκης, 2018)

1.3 Κυριότερες επιπτώσεις αέριας ρύπανσης

Αρχικά, μια από τις κυριότερες επιπτώσεις αυτής της μορφής είναι το **φαινόμενο του θερμοκηπίου**. Το συγκεκριμένο φαινόμενο υφίσταται από πάντοτε, όμως, ήταν σε τέτοιο επίπεδο προκειμένου να κρατάει την απαιτούμενη ισορροπία στη θερμοκρασία της γης. Οι ανθρώπινες δράσεις έχουν ενισχύει σε μεγάλο επίπεδο το συγκεκριμένο φαινόμενο. Οι βασικότεροι συντελεστές του ενισχυόμενου φαινομένου αυτής της μορφής, προέρχονται κατά κύριο λόγο από αέρια όπως είναι για παράδειγμα το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο κλπ (Ρεμουντάκη, 2010).

Τα παραπάνω αέρα προσομοιάζουν και δρουν, όπως το πλαστικό φύλλο είτε ακόμα και το τζάμι σε ένα θερμοκήπιο, αφήνοντας την ακτινοβολία του ήλιου να

περάσει μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά παρεμποδίζοντας τη θερμική ακτινοβολία να εξέλθει. Η κυριότερη συνέπεια είναι να παγιδεύεται θερμότητα, ακριβώς όπως συμβαίνει στο θερμοκήπιο και να εντοπίζεται με αυτόν τον τρόπο μια αισθητή ανοδική τάση της θερμοκρασίας στη γη (Cheremisinoff, 2016).

Η εν λόγω ανοδική τάση προκαλεί διάφορα φαινόμενα, όπως είναι για παράδειγμα το λιώσιμο των πάγων, οι πλημμύρες κλπ. κάτι τέτοιες τεράστιες περιβαλλοντικές διαταραχές, φυσικά, δεν αφήνουν ανεπηρέαστα τα οικοσυστήματα της γης με μεταναστεύσεις πληθυσμών κλπ. για το φαινόμενο αυτής της μορφής τεράστια ευθύνη έχει η σημαντική ανοδική τάση της παραγωγής καταναλωτικών αγαθών στον προηγμένο κόσμο. Η συγκεκριμένη παραγωγική δράση, απαιτεί περισσότερη ενέργεια, κάτι το οποίο σημαίνει καύση, που παράγει το διοξείδιο του άνθρακα, που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτό το φαινόμενο (Ρεμουντάκη, 2010).

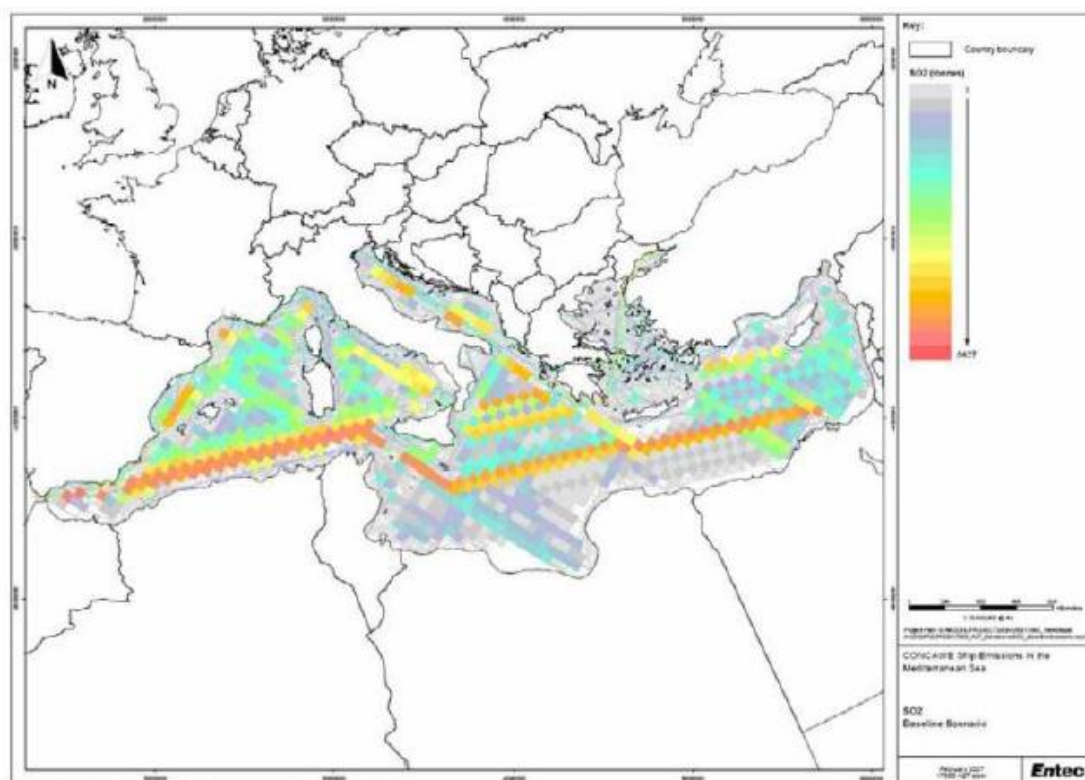
Μια εξίσου σημαντική συνέπεια αυτής της μορφής είναι η **τρύπα του όζοντος**. Το όζον περιέχεται από μοριακό και ατομικό οξυγόνο. Σχεδόν το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας υφίσταται στη στρατόσφαιρα ενώ το υπόλοιπο ποσοστό εντοπίζεται στα πιο χαμηλά επίπεδα της ατμόσφαιρας. Το στρατοσφαιρικό όζον, συνθέτει ένα στρώμα το οποίο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για το οικοσύστημα της γης στο σύνολό της, δρώντας σαν ένα είδος φίλτρου της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου (Cooper and Alley, 2004).

Η συγκεκριμένη τρύπα είναι επί της ουσίας η καταστροφή του στρώματος του όζοντος, που αναπτύσσεται από ανθρωπογενείς ρύπους, με βασικότερους εξ αυτών τα οξείδια του αζώτου, τα οποία έχουν προέλευση από τα καυσαέρια μηχανών εσωτερικής καύσης (όπως για παράδειγμα από αυτοκίνητα, πλοία κλπ) αλλά και από οργανικές ουσίες οι οποίες περιλαμβάνουν στο μόριό τους χλώριο που χρησιμεύει ως προωθητικό αέριο σε σπρέι στις μονώσεις κλπ (Vallero, 2014).

Στις εν λόγω συνέπειες περιέχεται και η **όξινη βροχή**. Αέριοι ρύποι όπως για παράδειγμα το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου είναι υδροδιαλυτοί και επομένως με την εκπομπή τους έχουν την ευχέρεια να διαλυθούν στην υγρασία της ατμόσφαιρας. Η βροχή αυτής της μορφής, αποτελεί ένα σημαντικό φαινόμενο το οποίο υφίσταται στην περίπτωση στην οποία οι ποσότητες κατά κύριο λόγο του

θεικού και νιτρικού οξέος, φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή. Οι ενώσεις αυτού του είδους διαλύονται στην υγρασία της ατμόσφαιρας, με κυριότερη συνέπεια να υφίσταται ανοδική τάση της οξύτητας και συμπαρασύρονται με τη βροχή, το χιόνι, την ομίχλη κλπ, με καταστροφικές επιπτώσεις για την χλωρίδα αλλά και την πανίδα (Cheremisnoff, 2016).

Το θείο και το νιτρικό οξύ έχουν την ευχέρεια να μεταφέρονται σε τεράστιες αποστάσεις με τον άνεμο και επομένως να αναπτύσσουν το παραπάνω φαινόμενο χιλιόμετρα μακριά. Τις περισσότερες φορές τα κράτη όπου εντοπίζονται οι συνέπειες αυτής της μορφής, δεν είναι αυτά τα οποία παρήγαγαν την αρχική ρύπανση. Το φαινόμενο αυτό επιφέρει καταστροφικές επιρροές και επιδράσεις στα φυτά, στα επιφανειακά νερά κλπ (Ζιώμας, 2004).



Εικόνα 1.2 : Εκπομπές διοξειδίου του θείου πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα
(Μοσχόπουλος, 2016)

Με κυριότερο στόχο να καταπολεμηθεί αυτό το φαινόμενο, είναι σημαντικός ο αισθητός περιορισμός των εκπομπών του διοξειδίου του θείου καθώς επίσης και των οξειδίων του αζώτου. Τα πιο καθοριστικά μέτρα περιέχουν την αποθείωση των καυσίμων αλλά και την εφαρμογή καταλύτη καυσαερίων στις εξατμίσεις των μηχανών (όπου αυτό είναι δυνατό, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στα αυτοκίνητα κλπ) (Συρράκος, 2014).

Τέλος, μια εξίσου σημαντική επίπτωση όλων αυτών είναι το φωτοχημικό νέφος. Σχεδόν το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας υφίσταται στη στρατόσφαιρα ενώ το υπόλοιπο ποσοστό είναι στα πιο χαμηλά στρώματά της. Το όζον της τροπόσφαιρας έχει προέλευση από τη φωτοχημική παραγωγή παρουσία φωτός και διαφορετικών πρωτογενών ρύπων καθώς επίσης και από τη δράση της μεταφοράς του στρατοσφαιρικού όζοντος προς την τροπόσφαιρα (Ρεμουντάκη, 2010).

Όσο ωφέλιμο είναι το όζον στην περίπτωση στην οποία υφίσταται στην στρατόσφαιρα, τόσο επιβλαβές είναι για την ανθρώπινη υγεία στην περίπτωση που εντοπιστεί κοντά στο έδαφος, καθώς έχει ενεργό ρόλο στη ρύπανση του αέρα κατά τη δράση της ανάπτυξης του φωτοχημικού νέφους. Το συγκεκριμένο νέφος αποτελεί συνέπεια μιας σύνθετης σειράς από χημικές αντιδράσεις, οι οποίες ως επί το πλείστον περιέχουν πτητικούς υδρογονάνθρακες καθώς επίσης και οξείδια του αζώτου (αέριοι ρύποι συνέπεια βιομηχανικών πηγών και μέσων μεταφορών) υπό την παρουσία και την επιρροή της ακτινοβολίας του ήλιου (Cooper and Alley, 2004).

Έως και τα τέλη της περιόδου του '70, οι ερευνητές ανέφεραν πως το όζον της τροπόσφαιρας είναι ένα εξαιρετικά αδρανές αέριο, το οποίο δεν αντιδρά με άλλα συστατικά και έχει προέλευση μόνο από την κατώτερη στρατόσφαιρα και που εν τέλει καταστρέφεται στο έδαφος. Ενεργώντας, όμως, οι ερευνητές προκειμένου να καταφέρουν να εξηγήσουν το συγκεκριμένο φαινόμενο αποδείχτηκε πως με ανοδική τάση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, υφίσταται ανοδική τάση και της ποσότητας του παραγόμενου όζοντος, με συνέπεια μια σύνθετη σειρά από χημικές αντιδράσεις, οι οποίες περιέχουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου, δεδομένου πως η ενέργεια του ήλιου κατορθώνει τις παραπάνω χημικές αντιδράσεις (Vallero, 2014).

Εκτός, όμως, από το όζον, αναπτύσσονται και άλλες εξίσου σημαντικές αλλά δευτερογενείς ενώσεις φωτοχημικών ρύπων. Ισχύει, όμως, και το ανάποδο, δηλαδή στην περίπτωση στην οποία η θερμοκρασία έχει καθοδική τάση, οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται και το συγκεκριμένο νέφος δεν παρουσιάζεται συχνά. Επομένως, η παραγωγή όζοντος της τροπόσφαιρας και το φωτοχημικό νέφος, είναι ένα φαινόμενο το οποίο ευνοείται σε μεγάλο βαθμό κατά την περίοδο της ημέρας και των καλοκαιρινών μηνών του χρόνου και τις περισσότερες φορές εντοπίζεται σε μεγάλες αστικές πόλεις, όπως είναι για παράδειγμα η Αθήνα κλπ (Ρεμουντάκη, 2010).

1.4 Διεθνείς συμφωνίες

Καθοριστικό ρόλο σε όλα αυτά έχει παίξει το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ που αφορά ουσίες οι οποίες καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον. Πρόκειται για μια διεθνή συμφωνία σταθμό με στόχο την προστασία της στοιβάδας του όζοντος. Η συγκεκριμένη συμφωνία υπογράφηκε την περίοδο του '87, ενώ κατά τις περιόδους '90 και '92 υπήρξαν σημαντικές αλλαγές.

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο απαιτεί τον τερματισμό της παραγωγής αλλά και της κατανάλωσης ενώσεων που είναι επιβλαβές για το όζον. Έρευνες, όμως, ανέφεραν πως τα μέτρα του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου ήταν εφικτό να οδηγήσουν και σε ανοδική τάση της παραγωγής και της κατανάλωσης των ουσιών πριν την τελική απαγόρευσή τους και πως πιθανόν θα έπρεπε να ληφθούν πιο δραστικά μέτρα (Cheremisinoff, 2016).

Στη Βιέννη έγινε εμφανής και η αλλαγή της στάσης των ΗΠΑ σε ό,τι είχε να κάνει με το εν λόγω ζήτημα. Η βασικότερη αιτία για αυτή την αλλαγή ήταν το κόστος, καθώς σύμφωνα με την παραπάνω συμφωνία, τα βιομηχανικά κράτη ήταν σημαντικό να στηρίξουν τα αναπτυσσόμενα κράτη στην προσπάθειά τους με στόχο την εξάλειψη της χρήσης των CFCs (Σιάφης, 2015).

Παράλληλα, όλα αυτά τα χρόνια, τα κράτη της ΕΕ έχουν υιοθετήσει πιο αυστηρά μέτρα σε σχέση με όσα ανέφερε το παραπάνω πρωτόκολλο. Αναγνωρίζοντας την ευθύνη τους για το περιβάλλον υπήρξε συμφωνία να

σταματήσουν την παραγωγή των βασικότερων CFCs κατά την περίοδο του '95. Τέτοιες αποφάσεις ελήφθησαν και για άλλες ουσίες οι οποίες έχουν την ευχέρεια να επιφέρουν καταστροφικές συνέπειες στο όζον (Cooper and Alley, 2004).

Μια εξίσου σημαντική συμφωνία επήλθε την περίοδο του '90 στο διάταγμα για τον καθαρό αέρα, όπου περιλαμβάνονταν οδηγίες και σημαντικοί περιορισμοί που απαγόρευαν την ελευθέρωση των ψυκτικών υγρών κατά την περίοδο της εγκατάστασης, της επισκευής, της χρήσης αλλά και της ανακύκλωσης των ψυγείων και των συστημάτων κλιματισμού. Επίσης, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων ανταποκρίθηκαν στην προσπάθεια η οποία καταβλήθηκε με κυριότερο στόχο την αισθητή ελάττωση αυτής της παραγωγής και για αυτό άρχισαν την παραγωγή οχημάτων που έκαναν χρήση εναλλακτικών ψυκτικών, που δεν δημιουργούσαν προβλήματα στο όζον, καθώς δεν περιλάμβαναν χλώριο (Ρεμουντάκη, 2010).

Τέλος, μια σημαντική συμφωνία ήταν και το πρωτόκολλο του Κιότο που αποτελεί μια διεθνή συμφωνία που προέκυψε από τη σύμβαση Πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές του ΟΗΕ και λογίζεται σαν το πιο καθοριστικό έγγραφο, με κυριότερο σκοπό την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, αφού περιέχει τη δέσμευση την οποία έχουν αναλάβει τα βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι χώρες μέλη της ΕΕ ήταν σημαντικό να ελαττώσουν αισθητά τα αέρια του θερμοκηπίου κατά 8% σχεδόν κατά την περίοδο του 2008 μέχρι και το 2012 (Vallero, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

2.1 Πράσινη ναυτιλία

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονιστεί πως ο ρόλος της ναυτιλίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι εξαιρετικά σημαντικός καθώς από τα πλοία παράγονται περισσότεροι από 870 εκατομμύρια τόνοι είτε το 2,7% της διεθνούς παραγωγής CO₂. Επίσης, οι εκπομπές αέριων ρύπων από τα πλοία αποτελούν την κυριότερη περιβαλλοντική συνέπεια αυτού του τομέα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ το πιο καθοριστικό αέριο το οποίο εκπέμπεται από τα πλοία είναι το CO₂. Έρευνες αναφέρουν, ακόμα, πως στα πλοία εντοπίζεται ανοδική τάση της ενεργειακής αποδοτικότητας ενώ υφίσταται αισθητή ελάττωση των εκπομπών από 25 μέχρι και 75% διαμέσου τεχνικών και λειτουργικών μέτρων (Σιάφης, 2015).

Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τα πλοία έχουν σημαντικές συνέπειες, όπως είναι για παράδειγμα στα επίπεδα όζοντος (κλίμα, συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία κλπ), θειικού άλατος (οξυνισμός, κλίμα, συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία κλπ), νιτρικού άλατος (ευτροφισμός), NO₂ (ρύπανση, όζον προδρόμων καθώς επίσης και νιτρικό άλας), NMVOCs (ρύπανση, όζον), SO₂ (ρύπανση, θειικό άλας προδρόμων, μεθάνιο (σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα) καθώς επίσης και αερολύματα (συνέπειες στη ρύπανση αλλά και στο κλίμα) (Boutin, 2010).

Εξαιτίας των σημαντικών συνεπειών στην παγκόσμια υγεία από τη ρύπανση την οποία δημιουργεί ο συγκεκριμένος τομέας τέθηκαν κανονισμοί με στόχο την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, που υιοθετήθηκαν στο πρωτόκολλο της περιόδου του '97, MARPOL 73/78 και περιέχονται στο 5^ο παράρτημα της αντίστοιχης συνθήκης. Παρόμοιους κανονισμούς, όμως, θα μελετήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο (Aksoyoglu et al., 2016).

Στη σημερινή εποχή, τα απόβλητα των πλοίων χωρίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες, όπως είναι για παράδειγμα τα κατάλοιπα καθαρισμών δεξαμενών φορτίου, αποχετευτικά και μη ύδατα, μίγματα μηχανοστασίου, υφαλοχρώματα, κατάλοιπα καυσίμων, απόβλητα και σκουπίδια, καυσαέρια καθώς επίσης και θαλάσσιο έρμα. Ως επί το πλείστον στη χώρα μας, η πετρελαϊκή ρύπανση έχει να κάνει με 3 τοποθεσίες που είναι το Αιγαίο, το Ιόνιο και ο Σαρωνικός. Ο τελευταίος εξ αυτών έχει και τις πιο πολλές περιπτώσεις που πιθανόν οφείλετε στην ύπαρξη του λιμανιού του Πειραιά και την ταχεία ανάπτυξή του (Μητσοτάκης, 2018).

Η πράσινη ανάπτυξη, οικολογία και προστασία περιβάλλοντος ολοένα και πιο συχνά χρησιμεύει σαν έννοια στη σύγχρονη ναυτιλιακή κοινότητα, στους ναυπηγοεπισκευαστικούς φορείς καθώς επίσης και στους μελετητές, οι οποίοι ασχολούνται με τη ναυπηγική επιστήμη και τεχνολογία. Η έννοια της πράσινης ναυτιλίας αφορά την υιοθέτηση πολιτικών αισθητής ελάττωσης των ρύπων στα ήδη υφιστάμενα πλοία αλλά και σε εκείνα τα οποία κατασκευάζονται από την αρχή (McCarthy, 2013).

Το συγκεκριμένο γεγονός απαιτεί μελέτη, ανάπτυξη, καινοτόμες δράσεις και πρακτικές, κατάλληλη εκπαίδευση σε ζητήματα όπως η ανακύκλωση θερμότητας, η αριστοποίηση σκελετού πλοίου, η σχεδίαση προπέλας και πηδαλίου, η βελτιστοποίηση της ταχύτητας καθώς επίσης και ο αυτόματος έλεγχος δράσεων των σκαφών. Με κυριότερο στόχο να υλοποιηθούν οι παραπάνω απαιτήσεις είναι ζωτικής σημασίας να συνδυαστούν επιχειρήσεις οι οποίες έχουν άρρηκτη σχέση με τη μηχανολογία, την αρχιτεκτονική σκαφών, τη ναυτιλιακή διαχείριση, την εφοδιαστική αλυσίδα κλπ (Μοσχόπουλος, 2016).

2.2 Αναγκαιότητα για στροφή στην πράσινη

ναυτιλία

Τα διεθνή νομοθετικά πλαίσια σε σχέση με τη διεθνή εστίαση της σύγχρονης κοινωνίας σε δράσεις οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εστίαση της σύγχρονης βιομηχανίας με στόχο να υιοθετήσει

φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις. Ο τομέας της ναυτιλίας με την ιδιαιτερότητα η οποία αποτελεί βασικό γνώρισμά της, δηλαδή με το ότι είναι σημαντικό να συμμορφώνεται με τις συνθήκες και τα νομοθετικά πλαίσια τα οποία υφίστανται σε κάθε χώρα, είναι υποχρεωμένοι να εφαρμόσει τις απαιτητικότερες των απαιτήσεων, με κυριότερο στόχο να έχει την ευχέρεια να δράσει εμπορικά δίχως να καλείται να αντιμετωπίσει κυρώσεις εξαιτίας μη συμμόρφωσης με τους διάφορους κατά τοποθεσίες κανονισμούς (Κοτρίκλα, 2015).

Τα τελευταία έτη γίνεται συχνή αναφορά στην αισθητή ελάττωση των κοιτασμάτων φυσικών πόρων καθώς επίσης και στην ανοδική τάση της δυσμένειας εξόρυξής τους. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν υλοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, στο μέλλον η ανοδική τάση της ζήτησης για ενέργεια σε συνδυασμό με την αισθητή ελάττωση των αποθεμάτων και τη δυσκολία εξόρυξής τους (εξόρυξη σε υποθαλάσσια κοιτάσματα είτε σε τοποθεσίες οι οποίες καλύπτονται από στρώματα πάγου), θα έχουν ως κυριότερες συνέπειες την αισθητή ανοδική τάση των τιμών των καυσίμων, κάτι που θα γίνει σε μεγαλύτερο επίπεδο σε σχέση με τη σημερινή εποχή (Σιάφης, 2015).

Υπολογίζοντας την τεράστια κατανάλωση η οποία χρειάζεται με στόχο την εύρυθμη δράση ενός εμπορικού σκάφους, είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι οποιαδήποτε ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμων, σε μια περίοδο όση η εμπορική ζωή του σκάφους έχει σαν βασικότερη επίπτωση την αισθητή ελάττωση της κατανάλωσης κατά χιλιάδες τόνους καυσίμου (McCarthy, 2013).

Με αυτόν τον τρόπο, στη σύγχρονη εποχή οι περισσότεροι πλοιοκτήτες υιοθετούν μεθόδους που εξοικονομούν ενέργεια τόσο κατά την περίοδο που το σκάφος είναι ενεργό αλλά και σε περιόδους όπου το σκάφος δεν είναι ενεργό (μπορεί να είναι σε κάποιο λιμάνι ή να περιμένει ναύλο σε μια τοποθεσία). Συνεπώς, από όσα προαναφέρθηκαν είναι εφικτό να συμπεράνουμε ότι η εστίαση προς την πράσινη ναυτιλία είναι συνέπεια τόσο της κοινωνικής ευθύνης όσο και της ενέργειας για ελάττωση των τρεχόντων εξόδων ενός πλοίου (American Clean Skies Foundation, 2012).

2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι από τη ναυτιλία

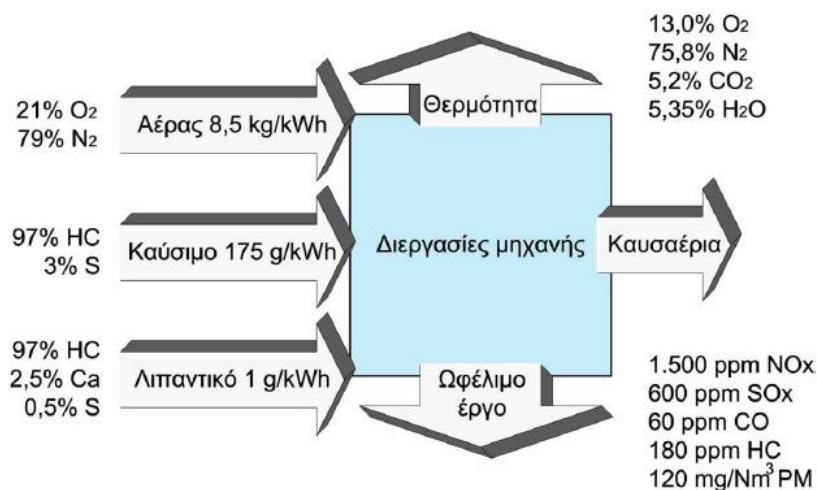
Το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας ως επί το πλείστον περιέχεται από άζωτο (σχεδόν 80%) και οξυγόνο (σχεδόν 20%). Η ατμόσφαιρα περιλαμβάνει, ακόμα, αργό, διοξείδιο του άνθρακα καθώς επίσης και άλλα αέρια. Σε μια ναυτική μηχανή τα ναυτιλιακά καύσιμα καίγονται με το οξυγόνο του αέρα και αναπτύσσεται η απαιτούμενη μηχανική ισχύς με κυριότερο στόχο την κίνηση του σκάφους, αποβάλλεται θερμική ενέργεια και εκπέμπονται καυσαέρια.

Τα καύσιμα αυτού του κλάδου, περιέχονται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο (υδρογονάνθρακες πετρελαίου). Το περιεχόμενο του πετρελαίου αυτού του κλάδου σε άνθρακα είναι από σχεδόν 85% έως και 87,4%. Περιλαμβάνουν, ακόμα, διάφορες προσμίξεις όπως θείο, η περιεκτικότητα των οποίων διαφέρει σύμφωνα με τον τύπο του εκάστοτε καυσίμου (εάν δηλαδή είναι αποσταγμένο είτε υπολειμματικό καύσιμο κλπ). Τα καυσαέρια μιας μηχανής αυτής της μορφής ως επί το πλείστον περιλαμβάνουν άζωτο, οξυγόνο, υδρατμούς καθώς επίσης και διοξείδιο του άνθρακα. Σε πιο μικρό ποσοστό περιλαμβάνουν οξείδια του αζώτου, οξείδια του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα, άκαυστους υδρογονάνθρακες καθώς επίσης και αιωρούμενα σωματίδια (βλέπε εικόνα 2.1 που ακολουθεί) (Κοτρίκλα, 2015).

Οι εκπομπές ρύπων από το συγκεκριμένο τομέα έχουν άμεση σχέση με τις περισσότερες δράσεις της θάλασσας, που κατευθύνονται από τη διεθνή οικονομία. Σχεδόν το 80% του διεθνούς εμπορίου στη σημερινή εποχή υλοποιείται διαμέσου της θαλάσσης με τα διαφορετικά είδη φορτηγών πλοίων. Το εμπόριο αυτής της μορφής εξυπηρετεί τις διεθνείς απαιτήσεις για την τροφή των ανθρώπων, την ενέργεια που έχουν ανάγκη (ηλεκτροδότηση, μεταφορές, θέρμανση κλπ), τις πρώτες ύλες καθώς επίσης και έτοιμα αγαθά (American Clean Skies Foundation, 2012).

Άλλες εξίσου σημαντικές δράσεις οι οποίες έχουν άρρηκτη σχέση με αυτόν τον τομέα είναι οι μεταφορές επιβατών, η αλιεία, η έρευνα, οι υπηρεσίες ρυμούλκησης κλπ. Στη σημερινή εποχή, το συγκεκριμένο εμπόριο έχει παρουσιάσει ραγδαία ανάπτυξη όπως και η διεθνής οικονομία. Ως φυσική συνέπεια της παραπάνω ανοδικής τάσης αυτών των δράσεων από τον εν λόγω τομέα είναι μια εξίσου

καθοριστική ανοδική τάση των ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίοι έχουν προέλευση από αυτόν τον κλάδο (Cullinane and Cullinane, 2013).



Εικόνα 2.1 : Είσοδος και έξοδος μιας ναυτικής μηχανής (Κοτρίκλα, 2015)

Έρευνες κατά καιρούς έχουν τονίσει πως οι συγκεκριμένες εκπομπές από αυτόν τον κλάδο, έχουν παρουσιάσει αισθητή ανοδική τάση τα τελευταία 20 έτη, παίζοντας καθοριστικό ρόλο με αυτόν τον τρόπο σε σημαντικά ζητήματα, όπως είναι για παράδειγμα η ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και η κλιματική αλλαγή που εντοπίζεται ολοένα και πιο συχνά (Miola et al., 2010).

Μελέτες αναφέρουν πως κυρίως οι θαλάσσιες εκπομπές που υφίστανται στην Ευρώπη διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις διεθνείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία και επισημαίνεται πως είναι χρήσιμο ένα πανευρωπαϊκό σύστημα ελέγχου αυτών, υποβολής εκθέσεων και επαλήθευσης των συγκεκριμένων εκθέσεων. Στη συγκεκριμένη έρευνα αναφέρεται πως η ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμων διαμέσου της βέλτιστης εφικτής απόδοσής τους, τεχνικών βελτιώσεων και διαφοροποιημένων δράσεων λειτουργίας των σκαφών, είναι η βέλτιστη δυνατή μέθοδος, με κυριότερο στόχο να επέλθει η απαιτούμενη ελάττωση των αερίων του θερμοκηπίου καθώς επίσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι βασικότεροι ρύποι οι οποίοι εκπέμπονται από τα σκάφη είναι το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το μεθάνιο, το μονοξείδιο του άνθρακα, διάφορες

πτητικές οργανικές ενώσεις, υποξείδιο του αζώτου κλπ (American Clean Skies Foundation, 2012).

Πίνακας 2.1 : Μετρήσεις αέριων ρύπων στα λιμάνια

| Όρια Ποιότητας Ατμόσφαιρας | |
|---|--|
| Ρύπος | Οριακή Τιμή |
| Αιωρούμενα σωματίδια PM- 10 | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ημερήσια τιμή) να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο |
| Αιωρούμενα σωματίδια PM- 2.5 | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ετήσια τιμή) 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ετήσια τιμή) |
| Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂) | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ωριαία τιμή) να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο |
| Διοξείδιο του θείου (SO ₂) | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ετήσια τιμή) 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ημερήσια τιμή) να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο |
| Όζον (O ₃) | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ωριαία τιμή) να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές το χρόνο 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή) να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 25 φορές το έτος |
| Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) | 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ωριαία τιμή) – Οριακή Τιμή Ενημέρωσης 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέση ωριαία τιμή) – Οριακή τιμή συναγερμού 10 mg/m^3 (μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή) |

Πηγή : Μητσοτάκης, 2018

Επίσης, ο συγκεκριμένος τομέας στη σημερινή εποχή εκπέμπει αιθάλη σαν ένα τμήμα των αιωρούμενων σωματιδίων. Η αιθάλη, στην περίπτωση στην οποία υφίσταται στην ατμόσφαιρα, εξαιτίας του μαύρου χρώματός της, ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, βοηθάει στην ανοδική τάση της απορρόφησης της ακτινοβολίας του ήλιου ενώ ταυτόχρονα σκιάζει και ψύχει την επιφάνεια του πλανήτη μας. Στην περίπτωση στην οποία η αιθάλη πέσει σε ανοιχτόχρωμες τοποθεσίες της γης (όπως για παράδειγμα στην Αρκτική), ελαττώνει αισθητά την ανακλαστικότητά τους, παίζοντας καθοριστικό ρόλο στη θέρμανση.

Η καθαρή επιρροή του συνόλου των εκπομπών αυτού του τομέα στο κλίμα στη σύγχρονη εποχή είναι πως ψύχουν την ατμόσφαιρα. Αυτός είναι και ο κυριότερος

λόγος που υφίστανται ερευνητές οι οποίοι αναφέρουν πως δεν χρειάζεται να ληφθούν μέτρα περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά όλων των άλλων ρύπων αυτής της μορφής από τον εν λόγω τομέα είτε τουλάχιστον τα συγκεκριμένα μέτρα δεν χρειάζεται να είναι εξαιρετικά αυστηρά (Κοτρίκλα, 2015).

2.3.1 Διοξείδιο του άνθρακα και ναυτιλία

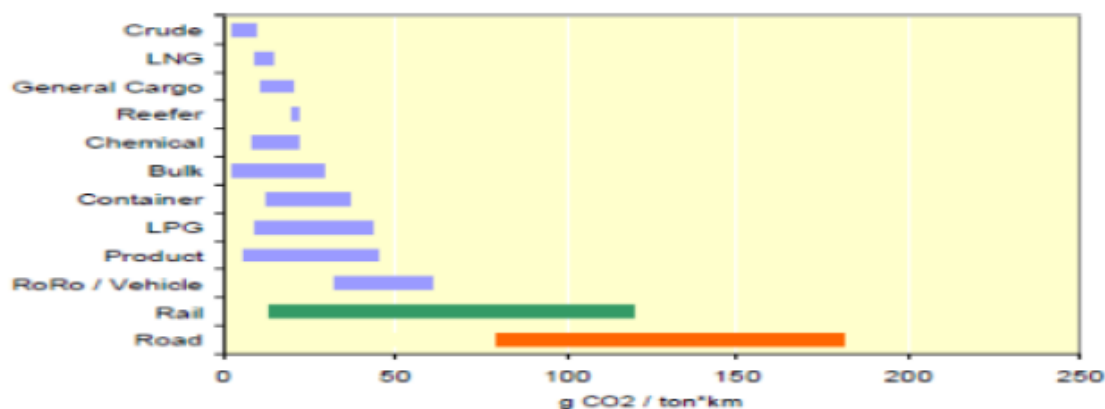
Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα αέριο στοιχείο της γης. Παίζει καθοριστικό ρόλο στη συντήρηση της θερμοκρασίας της γης και αποτελεί ένα από τα βασικότερα αέρια του θερμοκηπίου. Η πιο μεγάλη συγκέντρωση αυτού του ρύπου στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, είναι εφικτό να επιφέρει τεράστια ζητήματα όπως είναι για παράδειγμα υπνηλία, ανοδική τάση της αρτηριακής πίεσης, ανοδική τάση του καρδιακού ρυθμού, αισθητή ελάττωση της ακοής, ζαλάδες, σύγχυση κλπ (Miola et al., 2010).

Το ποσοστό εκπομπής αυτού του ρύπου από την παγκόσμια ναυτιλία φτάνει στο 2,7% των συνολικών διεθνών εκπομπών. Ενώ σε περίπτωση στην οποία προσθέσουμε το ποσοστό από τα πλοία τα οποία υλοποιούν εσωτερικά ταξίδια και από τα αλιευτικά σκάφη το συνολικό αυτό ποσοστό θα ξεπεράσει το 3,3% της διεθνούς εκπομπής CO₂. Επίσης, έρευνες αναφέρουν πως περίπου κατά την περίοδο του 2050 σε περίπτωση που δεν εφαρμοστούν άμεσα οι κατάλληλες τακτικές δράσεις με στόχο την αισθητή ελάττωση αυτών των εκπομπών, οι εν λόγω εκπομπές από την παγκόσμια ναυτιλία θα παρουσιάσουν ανοδική τάση της τάξης του 150 έως και 250% (McCarthy, 2013).

Καθοριστική είναι και η συσχέτιση αυτών των εκπομπών με εκπομπές που προέρχονται από άλλα μέσα χερσαίας μεταφοράς, όπου θα πρέπει να γίνει σύγκριση της αποδοτικότητας των σκαφών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέσα. Στην εικόνα που ακολουθεί (βλέπε εικόνα 2.2) διακρίνεται η αποδοτικότητα η οποία εκφράζεται σαν η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα για κάθε τόνο-χιλιόμετρο (Eyring et al., 2007).

Η ποσότητα αυτού του ρύπου εκφράζει τις συνολικές εκπομπές από τη δράση και το τόνο-χιλιόμετρο που εμφανίζει τη συνολική δράση. Τα ραβδογράμματα

της εκάστοτε κατηγορίας που διακρίνονται στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζουν το τυπικό μέσο εύρος για το εκάστοτε μέσο. Συγκριτικά, επομένως, διακρίνουμε πως οι συνολικές εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από τη ναυτιλία είναι πιο λίγες σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα, με πιο σημαντικό ρόλο των μέσων οδικής μεταφοράς και σε μικρότερο επίπεδο των σιδηροδρόμων (Olmer et al., 2017).



Εικόνα 2.2 : Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στη ναυτιλία σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς (IMO, 2009)

2.3.2 Οξείδια του θείου και ναυπλία

Τα συγκεκριμένα οξείδια αφορούν ανόργανες ενώσεις του οξυγόνου με το θείο, με το γενικό χημικό μοριακό τύπο SO_x . Από τα οξείδια αυτής της μορφής εκείνο το οποίο μας ενδιαφέρει πιο πολύ, σε ό,τι έχει να κάνει με την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι το διοξείδιο του θείου. Το εν λόγω διοξείδιο είναι αέριο, άχρωμο και με ισχυρή μυρωδιά. Είναι αρμόδιο για την υπερθέρμανση της γης και από αυτό κατά κύριο λόγο προέρχεται το φαινόμενο της όξινης βροχής, το οποίο έχει την ευχέρεια να δημιουργήσει αρκετά και σοβαρά ζητήματα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία (Olmer et al., 2017).

Κατά την περίοδο της καύσης των καυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα πλοία, σχεδόν το 90% του θείου το οποίο περιλαμβάνει το καύσιμο, αντιδρά με το αέριο οξυγόνο και με αυτόν τον τρόπο εκπέμπεται διοξείδιο του θείου.

Ένα πιο μικρό ποσοστό του θείου αναπτύσσει το τριοξείδιο του θείου. Γίνεται, επομένως, εύκολα αντιληπτό πως η ανοδική τάση της δράσης του εν λόγω τομέα, έχει σαν κυριότερη επίπτωση την αισθητή ανοδική τάση αυτών των εκπομπών από την παγκόσμια ναυτιλία (Eyring et al., 2007).

2.3.3 Οξείδια του αζώτου και ναυτιλία

Τα συγκεκριμένα οξείδια αφορούν ανόργανες χημικές ενώσεις με γενικό χημικό μοριακό τύπο NO_x και έχουν προέλευση από την ένωση του αζώτου με το οξυγόνο. Οι συγκεκριμένοι ρύποι, τις περισσότερες φορές έχουν προέλευση από δράσεις των ανθρώπων. Τα οξείδια αυτής της μορφής κυρίως εκπέμπονται από την καύση συγκεκριμένων κατηγοριών καυσίμων όπως του άνθρακα καθώς επίσης και του πετρελαίου (Kristensen, 2012).

Οι εκπομπές αυτού του είδους έχουν άμεση σχέση αλλά και εξάρτηση σε τεράστιο επίπεδο από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες καίγεται το καύσιμο, όπως το είδος της μηχανής, τις συνθήκες καθώς επίσης και τις ρυθμίσεις με τις οποίες δρα η εκάστοτε μηχανή. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που τις περισσότερες φορές υλοποιείται διαχωρισμός στις μετρήσεις μεταξύ των μηχανών χαμηλότερης ταχύτητας και σε εκείνες που έχουν μέση ταχύτητα, με κυριότερο σκοπό να εντοπιστούν τακτικές περιορισμού των εκπομπών της συγκεκριμένης ομάδας αέριων ρύπων (OECD, 2011).

2.3.4 Πηπτικές οργανικές ενώσεις και ναυτιλία

Οι συγκεκριμένες ενώσεις αφορούν οργανικές ενώσεις, οι οποίες ως επί το πλείστον έχουν προέλευση από άνθρακα και υδρογόνο. Αυτός είναι και ο βασικότερος λόγος, επομένως, που έχουν την ευχέρεια να λογιστούν και σαν ένα είδος μειγμάτων υδρογονανθράκων. Κάποιες εξ αυτών αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου είτε με το όζον και αναπτύσσονται καινούρια αγαθά οξειδωσης είτε διάφορα

αερολύματα που τις περισσότερες φορές είναι δευτερεύοντα (American Clean Skies Foundation, 2012).

Οι κυριότερες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία από την εκπομπή των ρύπων αυτής της μορφής έχουν άμεση σχέση με το ερεθισμό της μύτης και του λαιμού, με ισχυρούς πονοκεφάλους, ναυτία, απώλεια συντονισμού και σε ελάχιστες περιπτώσεις μπορούν να επιφέρουν ακόμα και βλάβες στο συκώτι, στα νεφρά είτε ακόμα και στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα των ανθρώπων (Boutin, 2010).

2.3.5 Ακωρούμενα σωματίδια και ναυιλία

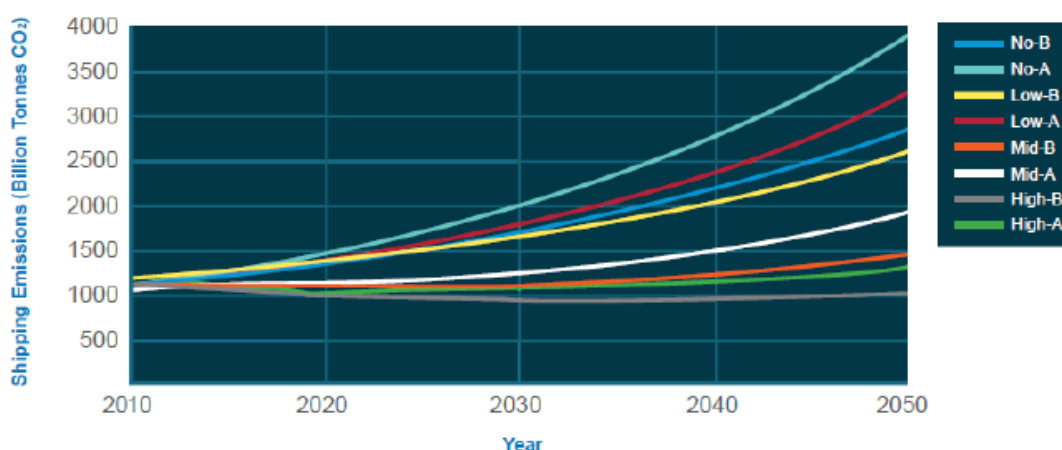
Τα σωματίδια αυτού του είδους έχουν σαν βασικό τους γνώρισμα το εκάστοτε στερεό είτε υγρό σώμα (εκτός του νερού) με μέγεθος που ξεπερνά αυτό των απλών μορίων της ύλης, που εντοπίζονται διεσπαρμένα στον αέρα σαν συνέπεια της δράσης της καύσης κάποιων καυσίμων. Βασικά παραδείγματα αυτών των σωματιδίων είναι εφικτό να πούμε πως είναι η σκόνη, ο καπνός καθώς επίσης και η ιπτάμενη τέφρα (Συρράκος, 2014).

Κάποια σωματίδια αυτού του είδους έχουν την ευχέρεια να διαφύγουν κατευθείαν από τις πηγές καύσης, όπως για παράδειγμα από τις καπνοδόχους είτε ακόμα και τις εξατμίσεις των αμαξιών, είτε τις καμινάδες των πλοίων, που μελετάμε σε αυτήν την εργασία. Παρόλα αυτά, όμως, σε άλλα περιστατικά μερικά αέρια, όπως είναι για παράδειγμα το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου κλπ αντιδρούν με ορισμένες στοιχεία τα οποία υφίστανται στον αέρα και με αυτόν τον τρόπο αναπτύσσονται τα εν λόγω σωματίδια (Κοτρίκλα, 2015).

Σε ό,τι έχει να κάνει με την ιπτάμενη τέφρα, είναι σημαντικό να τονιστεί πως η σύστασή της έχει άρρηκτη σχέση με τον τύπο του εκάστοτε καυσίμου και τις περισσότερες φορές απελευθερώνεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Ως επί το πλείστον περιέχεται από διοξείδιο του πυριτίου, οξείδιο του αργιλίου καθώς επίσης και τριοξείδιο του σιδήρου και εκείνα την καθιστούν εξαιρετικά επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία μιας και είναι δυνατόν να επιφέρει διάφορα παθολογικά ζητήματα,

όπως είναι για παράδειγμα η πνευμονοκονίαση (εξαιτίας τεράστιας ποσότητας πυριτίου) κλπ (Miola et al., 2010).

Εξίσου σημαντικό ρόλο, όμως, διαδραματίζουν και οι περιπτώσεις καπνού. Με την εν λόγω έννοια καλούμε ένα νέφος από μικρότερα σωματίδια που αναπτύσσονται από την ατελή καύση και περιέχονται κατά κύριο λόγο από άνθρακα. Τα σωματίδια αυτής της μορφής βοηθούν στην ανοδική τάση της ανακλαστικότητας στην ατμόσφαιρα και αυτό έχει σαν κυριότερη συνέπεια να εισχωρεί στην επιφάνεια του πλανήτη μας λιγότερη ακτινοβολία του ήλιου. Βασική επίπτωση όλων αυτών είναι η αισθητή ελάττωση της θερμοκρασίας του πλανήτη και η ύπαρξη ακραίων καιρικών φαινομένων. Αυτό φυσικά έχει την ευχέρεια να αντισταθμίζει την ανοδική τάση της θερμοκρασίας της γης σαν συνέπεια της υπερθέρμανσης αυτής (Boutin, 2010).



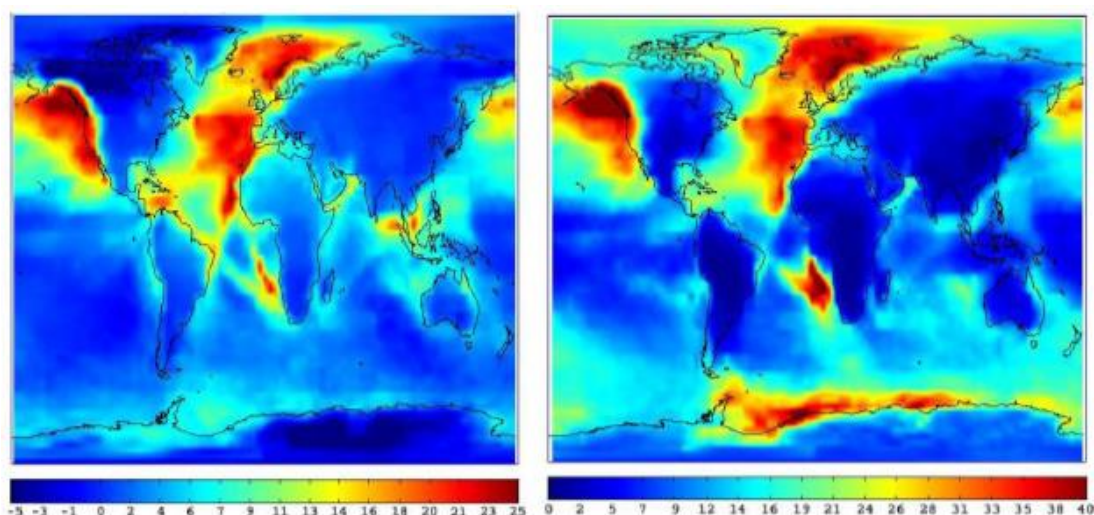
Εικόνα 2.3 : Μελλοντικά επίπεδα εκπομπών (Kristensen, 2012)

2.3.6 Αερολύματα

Τα αεροζόλ έχουν άμεση επιρροή στο κλίμα καθώς επίσης και στην ορατότητα με σκέδαση είτε ακόμα και απορρόφηση της ακτινοβολίας του ήλιου, επιφέροντας σημαντικές επιρροές και επιδράσεις με αυτόν τον τρόπο στην ισορροπία ακτινοβολίας. Είτε αυτό οδηγεί σε μια συνολική ψύξη είτε θέρμανση της επιφάνειας

έχει άμεση σχέση με αρκετές και διαφορετικές παραμέτρους, όπως είναι για παράδειγμα η αναλογία σκέδασης και απορρόφησης (αερολύματα σύνθεση/ιδιότητες), κλάσμα σύννεφου αλλά και επιφάνειας ανακλαστικότητας (OECD, 2008).

Τα αερολύματα έχουν την ευχέρεια να δράσουν σαν πυρήνες συμπύκνωσης, να αλλάξουν τα γνωρίσματα των νεφών καθώς επίσης και τα ποσοστά βροχοπτώσεων, και μέσα από τα οποία έχουν έμμεσες επιπτώσεις για το κλίμα. Τα αερολύματα έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν στην ανοδική τάση του συνόλου των σταγόνων νέφους και με αυτόν τον τρόπο παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανοδική τάση της ανακλώμενης ακτινοβολίας του ήλιου στο διάστημα, κάτι το οποίο προκαλεί ψύξη (OECD, 2011).



Εικόνα 2.4 : Μέση ετήσια συμβολή (%) από κυκλοφορία σκαφών στην υγρή απόθεση (αριστερά θείο-δεξιά νιτρικά) (OECD, 2008)

Στην περίπτωση στην οποία το σύνολο των σταγονιδίων σύννεφου παρουσιάζει ανοδική τάση, αυτό είναι δυνατόν να ελαττώσει σημαντικά την αποδοτικότητα κατακρήμνισης. Αυτό είναι εφικτό, ακόμα, να οδηγήσει σε μια ανοδική τάση στη διάρκεια ζωής και ποσότητα του σύννεφου, που παρουσιάζει ανοδική τάση της ανάκλασης της ακτινοβολίας του ήλιου (OECD, 2011).

Αντιδράσεις πάνω στις επιφάνειες αεροζόλ είναι δυνατόν, ακόμα, να μεταβάλλουν ριζικά τη χημική σύνθεση τόσο του αεροζόλ όσο και των φάσεων αερίου. Οι συγκεκριμένες επιρροές από πλοία στα σύννεφα είναι ορατές σαν τα καλούμενα πλοία-κομμάτια σε δορυφορικές εικόνες. Τα πιο μικρά σταγονίδια νερού είναι λιγότερο πιθανό να εξελιχθούν σε πιο μεγάλες σταγόνες μεγέθους κατακρήμνισης, παρατείνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διάρκεια του νέφους και παίζοντας καθοριστικό ρόλο στην ανοδική τάση της ανακλαστικότητας (OECD, 2008).

2.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

Σε ό,τι έχει να κάνει με την ειδική κατανάλωση καυσίμου, θα πρέπει να τονιστεί πως αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα εύρυθμης δράσης μιας μηχανής. Οριοθετείται σαν την κατανάλωση καυσίμου για την εκάστοτε μονάδα ισχύος και για την εκάστοτε μονάδα χρόνου. Οι πιο υψηλές τιμές αυτής της κατανάλωσης καυσίμου των φυσικών ελαίων προέρχονται από το πιο χαμηλό θερμικό περιεχόμενό τους καθώς επίσης και από το γεγονός πως υφίσταται τεράστια ποσότητα οξυγόνου (σχεδόν 10%), που καταλαμβάνει χώρο στο μίγμα. Παρόλα αυτά ένα μίγμα B20 δεν μπορεί να επιφέρει καθοριστική ανοδική τάση στην κατανάλωση αυτών των καυσίμων (Aksoyoglu et al., 2016).

Το CO αποτελεί ένα τοξικό παραπροϊόν της καύσης των υδρογονανθράκων. Η συγκέντρωσή του ελαττώνεται αισθητά με την ανοδική τάση του περιεχομένου στο καύσιμο. Σε έρευνα που έγινε πριν μερικά χρόνια τονίστηκε πως οι συγκεκριμένες εκπομπές ελαττώνονται από 8 σε 22% στην περίπτωση που γίνεται χρήση καυσίμου B20 (μίγμα με 20% βιοντήζελ), σύμφωνα με το είδος της μηχανής. Από την άλλη, σε περίπτωση που το καύσιμο είναι καθαρό βιοντήζελ, η συγκεκριμένη ελάττωση είναι εφικτό να κυμανθεί από 28 μέχρι και 38% (American Clean Skies Foundation, 2012).

Οι εκπομπές NOx κατά κύριο λόγο προέρχονται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης. Αυτές παράγονται κατά τη δράση της οξειδωσης του ατμοσφαιρικού N₂ μέσα στο θάλαμο της καύσης μηχανής εξαιτίας ύπαρξης υψηλότερων θερμοκρασιών. Αρκετές έρευνες επισημαίνουν πως υφίσταται ανοδική

τάση αυτών των εκπομπών, στην περίπτωση που γίνει χρήση μίγματος βιοντήζελ (McCarthy, 2013).

Αυτό προέρχεται κυρίως από το περιεχόμενο οξυγόνου του μίγματος καυσίμου. Μεγαλύτερο ποσοστό οξυγόνου και καλύτερη καύση του καυσίμου τις περισσότερες φορές σημαίνει αισθητή ανοδική τάση των εν λόγω εκπομπών. Έρευνες αναφέρουν πως ένα μίγμα B20 σε μη τροποποιημένη μηχανή αποδίδει ελαττωμένες εκπομπές, εκτός από εκείνες των NO_x που είναι δυνατόν να είναι από 2 έως και 5% αυξημένες (Eyring et al., 2007).

Σε ό,τι έχει να κάνει με τη θολότητα του καπνού, θα πρέπει να τονιστεί πως τα ποσοστά αδιαφάνειας καπνού κατά τη χρησιμοποίηση φυτικών ελαίων είναι πιο μεγάλα σε σχέση με την περίπτωση χρήσης ντίζελ. Τη μικρότερη εφικτή θολότητα καπνού εμφανίζει το ντίζελ (29%) ενώ τα βέλτιστα εφικτά επίπεδα εμφανίζουν το σογιέλαιο, το καλαμποκέλαιο καθώς επίσης και το κραμβέλαιο. Οι τιμές αδιαφάνειας των μεθυλεστέρων κυμαίνεται μεταξύ αυτής του ντίζελ και των μη κατεργασμένων ελαίων. Τα πιο υψηλά επίπεδα θολότητας αυτών των σωματιδίων των φυτικών ελαίων προέρχονται κατά κύριο λόγο από το γεγονός πως υφίστανται πιο βαριά μόρια υδρογονανθράκων (Cullinane and Cullinane, 2013).

Γενικότερα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως ο καπνός και η αιθάλη (άκαυστο καύσιμο και υπόλειμμα άνθρακα), που αναφέρθηκε και παραπάνω, επιφέρουν καθοριστικές επιρροές και επιδράσεις στην ποιότητα του αστικού ατμοσφαιρικού αέρα. Η απουσία βαρέων πετρελαϊκών αποσταγμάτων από τους εστέρες φυτικών ελαίων, ελαττώνουν σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές καπνού και αιθάλης σε πλοία αναψυχής. Τα πλοία αυτής της μορφής αποτελούν την βασικότερη πηγή κατανάλωσης βιοντήζελ (OECD, 2011).

Το βιοντήζελ περιλαμβάνει καθοριστική ποσότητα οξυγόνου, που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανοδική τάση της αποδοτικότητας της καύσης ακόμα και στην περίπτωση στην οποία γίνεται χρήση ως στοιχείο μίγματος καυσίμου. Η βέλτιστη εφικτή καύση έχει σαν βασικότερη συνέπεια την αισθητή ελάττωση των εκπομπών σε σωματίδια καθώς επίσης και σε άκαυστο καύσιμο, κυρίως σε παλαιότερες τεχνολογίες μηχανών άμεσης εγχύσεως. Η χρησιμοποίηση μίγματος B20 σε συνδυασμό με οξειδωτικό καταλύτη ελαττώνει σημαντικά την εκπομπή

σωματιδίων κατά 45%, τους συνολικούς υδρογονάνθρακες κατά 65% και το CO κατά 41% (Σιάφης, 2015).

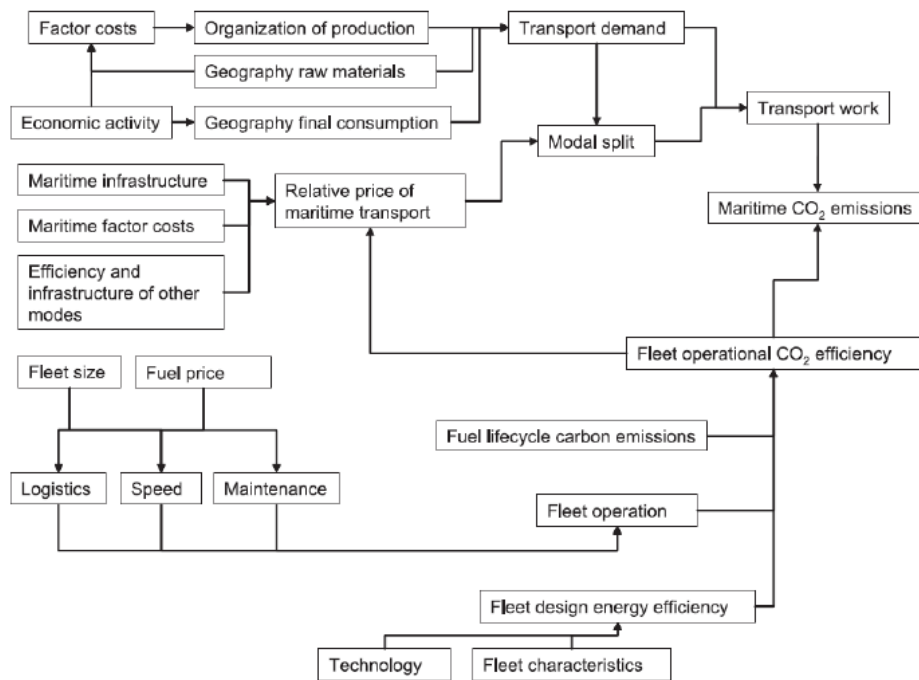
Από την άλλη μεριά, σε ό,τι αφορά τους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες, είναι σημαντικό να τονιστεί πως πρόκειται για μια κατηγορία βαρέων υδρογονανθράκων πετρελαίου με χαρακτηριστική σύνθετη δομή δακτυλίων που τους καθιστούν αδιάλυτους, δύσκολους στην καύση καθώς επίσης και καρκινογόνους. Κατορθώνεται ελάττωση των εκπομπών αυτής της μορφής κατά 12% στην περίπτωση στην οποία υλοποιηθεί καύσιμο B20 και αισθητή ελάττωση κατά 74% στην περίπτωση στην οποία γίνει χρήση καθαρού βιοντίζελ σε μηχανή Cummins N-14 ενώ σε μηχανή Detroit ντίζελ η ελάττωση είναι εφικτό να ανέλθει από 30 έως και 68% αντίστοιχα (Μοσχόπουλος, 2016).

Σε ό,τι έχει να κάνει με τα μηχανικά οφέλη της χρησιμοποίησης βιοντίζελ, θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι μεθυλεστέρες βιοντίζελ έχουν την ευχέρεια να βελτιώσουν αισθητά τις λιπαντικές δυνατότητες του καυσίμου ντίζελ. Τα προηγούμενα χρόνια έχουν υλοποιηθεί αρκετές έρευνες με στόχο τη μακροπρόθεσμη φθορά του κινητήρα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι ίδιες έρευνες αναφέρουν πως το καθαρό βιοντίζελ έχει την ευχέρεια να ελαττώσει τις μακροπρόθεσμες φθορές του κινητήρα στο 50% από αυτές οι οποίες εντοπίζονται με τη χρησιμοποίηση ντίζελ χαμηλότερου θείου. Οι λιπαντικές δυνατότητες του συγκεκριμένου καυσίμου είναι καθοριστικές με κυριότερο σκοπό την αισθητή ελάττωση της τριβής των συγκεκριμένων μερών της μηχανής που λιπαίνονται από το καύσιμο και όχι από το λάδι του στροφαλοθαλάμου (Boutin, 2010).

Οι οξυγονούχοι μεθυλεστέρες των φυτικών ελαίων καθιστούν το βιοντίζελ δυνατό διαλύτη των φυσικών ελαστικών καθώς επίσης και των μαλακών πλαστικών. Αυτό έχει σαν κυριότερη συνέπεια την πιθανή καταστροφή των παλιών δικτύων καυσίμου, των παρεμβυσμάτων και φλαντζών στο ντεπόζιτο, στην περίπτωση που έρθουν σε επαφή με καύσιμο υψηλότερης συγκέντρωσης βιοντίζελ (Aksoyoglu et al., 2016).

Παρόλα αυτά, το καύσιμο B20 δεν εμφανίζει καθοριστικά διαλυτικά γνωρίσματα. Το καθαρό βιοντίζελ έχει την ευχέρεια να δημιουργήσει σημαντικά ζητήματα στους σωλήνες καυσίμου είτε στις φλάντζες. Τέτοια ζητήματα είναι η

διόγκωση, η απόφραξη καθώς επίσης και το μαλάκωμα, με βασικότερη επίπτωση τη στάλαξη του καυσίμου από τους συνδέσμους. Πιθανή λύση αποτελεί η αντικατάσταση των δικτύων είτε των φλαντζών με συνθετικούς σωλήνες καθώς επίσης και παρεμβύσματα (Σιάφης, 2015).



Εικόνα 2.5 : Παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές ρύπων (IMO, 2009)

Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί πως το βιοντήζελ δεν περιλαμβάνει πτητικές οργανικές ενώσεις και τις περισσότερες φορές εμφανίζει υψηλότερο σημείο ανάφλεξης. Το αγαθό αυτής της μορφής δεν περιλαμβάνει κανέναν κίνδυνο έκρηξης εξαιτίας συσσωρευμένων αναθυμιάσεων κάτω από το κατάστρωμα του πλοίου. Ο μοναδικός κίνδυνος φωτιάς ανιχνεύεται στην αυθόρμητη ανάφλεξη εμποτισμένων με αυτό το καύσιμο υφασμάτων και χαρτιών που είναι εφικτό να είναι σε περιβάλλον χαμηλότερου εξαερισμού είτε ακόμα και υψηλότερης θερμοκρασίας (όπως για παράδειγμα συμβαίνει στο περιβάλλον κοντά στη μηχανή) (Cullinane and Cullinane, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΗΝ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Η απογραφή των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι ζωτικής σημασίας εξαιτίας των αρκετών, δύσκολων, άμεσων αλλά και έμμεσων συνεπειών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα αντίστοιχα. Μερικά από τα σημαντικότερα επακόλουθα είναι η ανοδική τάση της θερμοκρασίας σε διεθνή κλίμακα (φαινόμενο θερμοκηπίου), οι ανωμαλίες στη φυτική ανάπτυξη (καταστροφή χλωροφύλλης και φυτικών οργανισμών) καθώς επίσης και το γεγονός πως επηρεάζει σημαντικά τα ζώα άμεσα (με το σύστημα της αναπνοής) ή ακόμα και έμμεσα (διαμέσου των τροφίμων) (Κοτρίκλα, 2015).

Εξίσου σημαντικές συνέπειες είναι το γεγονός πως φθείρει την πολιτιστική κληρονομιά (με αμαύρωση των δομικών ειδών και γυψοποίηση του μαρμάρου), έχει την ευχέρεια να φθείρει σε μεγάλο βαθμό τα υλικά, επιφέρει άμεσες είτε ακόμα και έμμεσες, μόνιμες είτε παροδικές συνέπειες στους ανθρώπους ενώ τέλος έχει και καθοριστικές χρηματοοικονομικές συνέπειες που έχουν άρρηκτη σχέση με την υποβάθμιση ορισμένων τοποθεσιών (Μοσχόπουλος, 2016).

Τα κυριότερα είδη ρύπανσης από τις θαλάσσιες μεταφορές είναι το πετρέλαιο, το έρμα, τα διάφορα χημικά, τα σκουπίδια, τα απόβλητα-λύματα, οι αέριες εκπομπές καθώς επίσης και τα ραδιενεργά υλικά. Βάσει μελετών το πρώτο εξ αυτών αποτελεί την κυριότερη αιτία θαλάσσιας ρύπανσης. Οι ίδιες έρευνες αναφέρουν πως οι θαλάσσιες μεταφορές είναι υπεύθυνες σχεδόν για το 1/4 της θαλάσσιας ρύπανσης με πετρέλαιο. Η ρύπανση αυτής της μορφής τις περισσότερες φορές έχει άμεση σχέση με σοβαρά ναυτικά ατυχήματα (Kristensen, 2012).

Η ρύπανση από λειτουργικές δράσεις περιέχει ένα τεράστιο σύνολο από απορροές του πετρελαίου και παραγώγων του που αναπτύσσονται στα σύγχρονα σκάφη κατά την περίοδο της δράσης του. Η λειτουργική ρύπανση εντοπίζεται σε οποιαδήποτε φάση του κύκλου ζωής των σκαφών. Τις περισσότερες φορές διακρίνεται σε ρύπανση στη ναυπηγο-επισκευαστική ζώνη (κατά τη δράση της ναυπήγησης, στην τακτική είτε στην έκτακτη συντήρηση, στη διάλυσή του κλπ), σε ρύπανση από λειτουργικές απορρίψεις (κατά την φορτοεκφόρτωση, εκούσιες απορρίψεις ουσιών από το σκάφος, δράση ερματισμού και αφερματισμού) καθώς επίσης και σε ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία (American Clean Skies Foundation, 2012).

3.2 Ρύπανση από ναυτικές μηχανές

Οι μολυσματικές εκπομπές αυτής της μορφής, οι οποίες αναπτύσσονται από τον διεθνή εμπορικό στόλο πάντοτε αποτελούσαν ένα μείζον ζήτημα σε ό,τι είχε να κάνει με τον καθοριστικό ρόλο που έπαιζαν οι ανθρωπογενείς εκπομπές, με τις ενώσεις αζώτου και θείου που στη σημερινή εποχή αποτελούν το επίκεντρο του ενδιαφέροντος των περισσότερων ερευνητών (Miola et al., 2010).

Έρευνες έχουν δείξει πως η εισαγωγή ολοένα και πιο πολλών πλοίων με τις σύγχρονες μηχανές χαμηλής εκπομπής ρύπων είναι αναγκαστική. Κάθε χρόνο πιο πολλά πλοία με τις βελτιστοποιημένες μηχανές NOx εισέρχονται στο στόλο και τα πιο παλιά πλοία με τις ανεξέλεγκτες μηχανές απομακρύνονται, οι ετήσιες εκπομπές ρύπων από το συγκεκριμένο τομέα θα ελαττωθούν, παρόλο που αποτελεί μια αργή δράση, η οποία έχει άρρηκτη σχέση από την κατασκευή καινούριων πλοίων (Olmer et al., 2017).

Το ποσοστό συμμετοχής στη ρύπανση του περιβάλλοντος από τη δράση των μηχανών του εν λόγω κλάδου διαφέρει σε ευρέα όρια τα οποία υπολογίζονται από 3 μέχρι και 30% σύμφωνα με το είδος των μηχανών και της ποιότητας των καυσίμων, των συνθηκών και της μεθόδου δράσης αυτών των μηχανών, των κλιματολογικών συνθηκών καθώς επίσης και τον τύπο του εκάστοτε ρυπαντή (Cullinane and Cullinane, 2013).

Έως και πριν από μερικά έτη, η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα σκάφη δεν αποτελούσε σημαντικό ζήτημα, καθώς κυριαρχούσε η άποψη πως η ρύπανση δεν ήταν σημαντική, καθώς τα σκάφη κινούνται κατά κύριο λόγο μακριά από κατοικημένες τοποθεσίες. Πιο προσεκτικές, όμως, έρευνες έχουν δείξει πως η συμμετοχή των σκαφών στη ρύπανση αυτής της μορφής είναι ολοένα και πιο καθοριστική.

Το 7% του NOx και το 4% του Sox που αναπτύσσονται στο συγκεκριμένο πλανήτη έχει προέλευση από τη δράση των μηχανών αυτού του τομέα, παρά το γεγονός πως μερικοί μελετητές παρέχουν πιο υψηλές τιμές (μέχρι και 30% για το NOx). Τα τελευταία έτη, το ζήτημα αυτό από τον εν λόγω κλάδο απασχολεί σε μεγάλο βαθμό όλες τις σύγχρονες κυβερνήσεις των χωρών όσο και τους διάφορους διεθνείς οργανισμούς και έχουν εκπονήσει προγράμματα, με κυριότερο σκοπό την άμεση καταπολέμηση αυτού του φαινομένου (McCarthy, 2013).

Η πιο σημαντική απειλή για το περιβάλλον στη σύγχρονη εποχή είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Παρά το γεγονός πως η συγκεκριμένη βιομηχανία παίζει ελάχιστο ρόλο στο συνολικό όγκο εκπομπών αυτής της μορφής, σε σχέση με τα οχήματα, τα αεροπλάνα είτε ακόμα και τις εταιρίες κοινής ωφέλειας, όπως για παράδειγμα οι σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας κλπ, η ρύπανση αυτής της μορφής από πλοία έχει, παρόλα αυτά, περιοριστεί αισθητά τα τελευταία 10 έτη με τον IMO να συνεχίζει τη δράση του για περισσότερες ελαττώσεις καθώς τα αποδεικτικά δεδομένα παρουσιάζουν σημαντική ανοδική τάση και η διεθνής κοινότητα συνεχώς ενημερώνεται καλύτερα και ανησυχεί για ότι έχει να κάνει με τις μεγαλύτερες ζημιές που είναι εφικτό να υπάρξουν (Eyring et al., 2007)

Το 5^ο παράρτημα της MARPOL ήταν εκείνο το οποίο οριοθέτησε για πρώτη φορά όρια εκπομπών καυσαερίων οξειδίου του θείου και του αζώτου από σκάφη, απαγόρευσε τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών περιορισμού οξυγόνου και έθεσε διεθνώς ανώτερα όρια περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα. Περιλαμβάνει, ακόμα, σημαντικές διατάξεις οι οποίες προβλέπουν την καθιέρωση εξειδικευμένων περιοχών ελέγχου εκπομπών Sox (όπως για παράδειγμα αυτές οι οποίες συμφωνήθηκαν για τις τοποθεσίες της Βαλτικής και της Βορείου Θάλασσας), με πιο αυστηρούς ελέγχους για τις εκπομπές θείου (Kristensen, 2012).

Παρά το γεγονός πως το παραπάνω παράρτημα τέθηκε σε ισχύ την περίοδο του 2005, επί της ουσίας είχε υιοθετηθεί από την περίοδο του '97. Η αποδοχή των συγκεκριμένων ορίων από τους εκάστοτε ενδιαφερόμενους (κατά κύριο λόγο τους πλοιοκτήτες) δεν είναι εύκολη, καθώς έχει σαν σημαντικότερη συνέπεια καθοριστικές χρηματοοικονομικές επιβαρύνσεις, όπως προκύπτει από τις μεθόδους διαμέσου των οποίων είναι εφικτό να εμποτευθεί και να ελαττωθεί η ρύπανση, η οποία έχει προέλευση από τα πλοία (Συρράκος, 2014).

Με κυριότερο στόχο να υπολογιστεί ο καθοριστικός ρόλος της ρυπάνσεως του ατμοσφαιρικού αέρα από τη δράση των μηχανών αυτού του τομέα, είναι ζωτικής σημασίας αρχικά να οριοθετηθούν πλήρως τα όρια τιμών του εκάστοτε ρύπου στα καυσαέρια, που οι συγκεκριμένες μηχανές εκπέμπουν κατά τη δράση τους. οι τιμές των ρύπων στα καυσαέρια παρέχονται σε γραμμάρια για κάθε κιλοβατώρα παραγόμενης ενέργειας είτε σε kg τόνο καταναλισκόμενου πετρελαίου και είναι φυσικό να κυμαίνονται σε ευρεία όρια, καθώς έχουν άρρηκτη σχέση με αρκετούς και διαφορετικούς παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα οι εξής :

- Η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής
- Το επίπεδο αποδόσεως της μηχανής (θερμική απόδοση)
- Το φορτίο, υπό το οποίο δρα κανονικά η μηχανή
- Η αναλογία καυσίμου και αέρα
- Ο τύπος του εκάστοτε καυσίμου (Miola et al., 2010)

Πίνακας 3.1 : Τυπικές εκπομπές αργόστροφου τύπου μηχανή

| ΕΙΔΟΣ ΡΥΠΟΥ | Όρια τιμών | |
|--------------------|------------|---------------------|
| | g/kWh | Kg/ τόνο πετρελαίου |
| Οξείδια του αζώτου | 10-20 | 60-80 |

| | | |
|------------------------|---------|-------|
| Υδρογονάνθρακες | 0,2-0,6 | 2,5-3 |
| Στερεά σωματίδια | 0,1-1 | - |
| Μονοξείδιο του άνθρακα | 0,1-0,8 | 8-10 |
| Οξείδια θείου 3% | 10-18 | 20-30 |

Πηγή : Boutin, 2010

3.3 Ρύπανση από λειτουργικές δράσεις

Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια των φορτώσεων καθώς επίσης και των εκφορτώσεων είναι πιθανό να υπάρξει ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος διαφοροποιημένου είδους σύμφωνα με το εάν το φορτίο είναι χύδην υγρό είτε ξηρό. Η δράση του υγρού κρύβει αρκετούς κινδύνους για πρόκληση ρύπανσης, καθώς σε περίπτωση στην οποία το αργό πετρέλαιο κλπ ξεφύγουν από τις σωληνώσεις θα αναπτύξουν μια αργή αλλά σταθεροποιημένη ρύπανση.

Εάν υφίσταται ξηρό φορτίο υφίσταται η πιθανότητα ένα ποσοστό του φορτίου να πέσει πάνω στο σκάφος είτε και απευθείας στη θάλασσα. Αυτό είναι εφικτό να συμβεί λόγω ενός δυνατού ανέμου είτε από εσφαλμένο υπολογισμό είτε χειρισμό του μηχανήματος φορτοεκφόρτωσης. Επίσης, αυτό χειροτερεύει στην περίπτωση στην οποία ξεπλένεται το κατάστρωμα με κρουνούς υψηλής πίεσης και τα υπολείμματα του φορτίου πέφτουν στη θάλασσα με άσχημες επιπτώσεις (Κλιάνη και συν., 2002)

Ρύπανση, όμως, είναι εφικτό να επέλθει και από εκούσιες απορρίψεις ουσιών. Τέτοιες δράσεις είναι τα πετρελαιοειδή κατάλοιπα από το περιβάλλον του μηχανοστασίου, κατάλοιπα φορτίου από τους χώρους στους οποίους τοποθετείται το φορτίο, διάφορα λύματα του σκάφους, απορρίμματα του σκάφους, απορρίψεις φορτίου στη θάλασσα είτε ακόμα και διάφορες χημικές ουσίες (Corbett et al., 2007).

Μια εξίσου καθοριστική μορφή ρύπανσης, η οποία έχει άρρηκτη σχέση με την παραπάνω δράση είναι εκείνη της μεταφοράς θαλάσσιων οργανισμών από το ένα

οικοσύστημα στο άλλο, διαταράσσοντας με αυτόν τον τρόπο το οικοσύστημα. Ένα σκάφος το οποίο ολοκληρώνει την εκφόρτωση του γεμίζει με θαλασσίο έρμα στις δεξαμενές ερματισμού του για λόγους ευστάθειας και μεταφέρει το συγκεκριμένο έρμα έως το λιμάνι φόρτωσης όπου το απορρίπτει με κυριότερο στόχο να δεχτεί το νέο φορτίο. Στη συγκεκριμένη δράση, όμως, με το θαλασσινό νερό μεταφέρονται ξενιστές που σε αρκετές περιπτώσεις είναι εξαιρετικά ανταγωνιστικοί για τα περιβάλλον όπου απορρίπτονται, αναπτύσσοντας ανισορροπία στο υπάρχων οικοσύστημα (Balon et al., 2012).

Μια ακόμα δράση αυτής της μορφής είναι η δράση πλύσης δεξαμενών φορτίων. Ύστερα από τη δράση της εκφόρτωσης του πετρελαίου, κατάλοιπα παραμένουν στις δεξαμενές των σκαφών. Η πιο συχνή πρακτική η οποία υλοποιούνταν έως την περίοδο του '70 με στόχο τον καθαρισμό τους είχε να κάνει με την πλύση με θαλασσινό νερό, με κυριότερη επίπτωση την απόρριψη των καταλοίπων φορτίου στη θάλασσα (Τσελέντης, 2008).

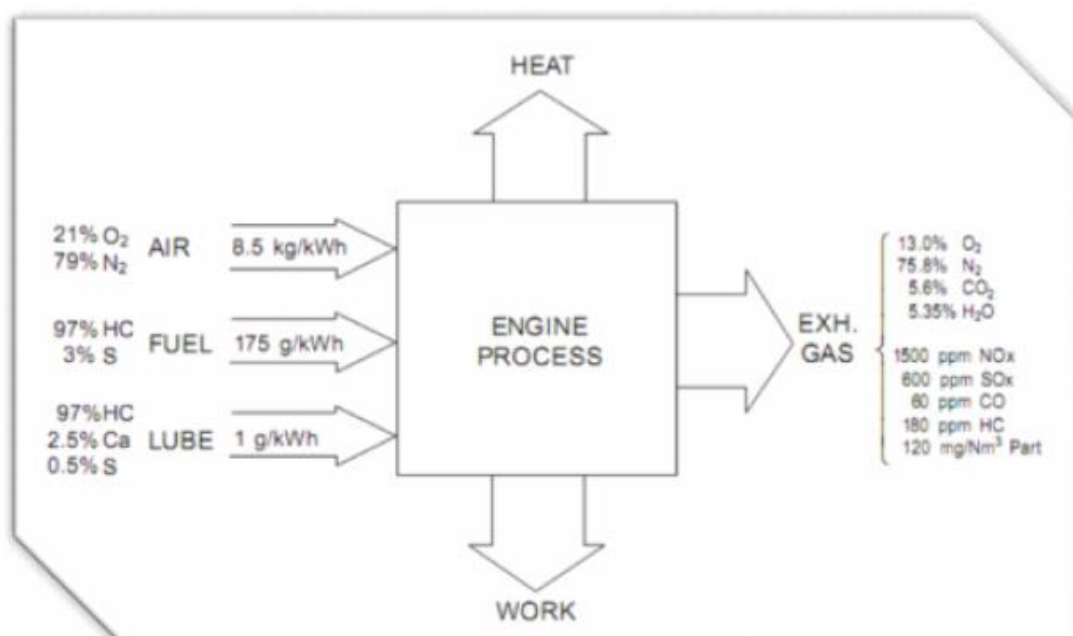
Η εν λόγω τακτική, όμως, αντικαταστήθηκε με το Crude Oil Washing, καθώς το αργό πετρέλαιο παρουσίαζε καλύτερα αποτελέσματα καθαρισμού και χρειαζόταν λιγότερο νερό. Με τη συνθήκη MARPOL 73/78 έγινε αναγκαστική, η χρησιμότητα αυτής της μεθόδου για όλα τα τάνκερ τα οποία μεταφέρουν αργό καθαρού φορτίου που ξεπερνά τους 20 χιλιάδες τόνους (Balkin, 2006).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί, πως παρά τα παραπάνω προβλήματα, υφίστανται και οι εκπομπές ναυτικών κινητήρων. Σαν ρύποι κατά τη δράση κινητήρων αυτής της μορφής είναι εφικτό να λογιστούν τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου, το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, τα σωματίδια PM καθώς επίσης και διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις VOC (Κλιάνη και συν., 2002)

Από τους ρύπους που προαναφέρθηκαν μονάχα τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου αλλά και οι πτητικές οργανικές ενώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπόκεινται σε νομοθετικούς περιορισμούς μέχρι σήμερα. Παρά το γεγονός, όμως, πως η ναυτιλία έχει μέχρι τώρα εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο για τα αέρια θερμοκηπίου, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η σύγχρονη εποχή

πλησιάζει άμεσα στο τέλος της, και αναζητούνται άμεσα κατάλληλα μέτρα με στόχο τον αισθητό περιορισμό των παραπάνω ρύπων (Roy-Barman and Jeandel, 2016).

Ταυτόχρονα, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως είναι για παράδειγμα το CH₄ και το N₂O) αλλά και για αέρια τα οποία δεν είναι αέρια αυτής της μορφής (όπως είναι για παράδειγμα το SO₂, NO_x κλπ) είναι εξαιρετικά ψηλά στην ατζέντα όχι μονάχα του IMO, αλλά και όλων των υπολοίπων φορέων με κανονιστικές ευθύνες (όπως είναι για παράδειγμα η ΕΕ, μεμονωμένες χώρες κλπ). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εκπομπών από ένα ναυτικό κινητήρα διακρίνεται στην εικόνα 3.1 που ακολουθεί (Balon et al., 2012).

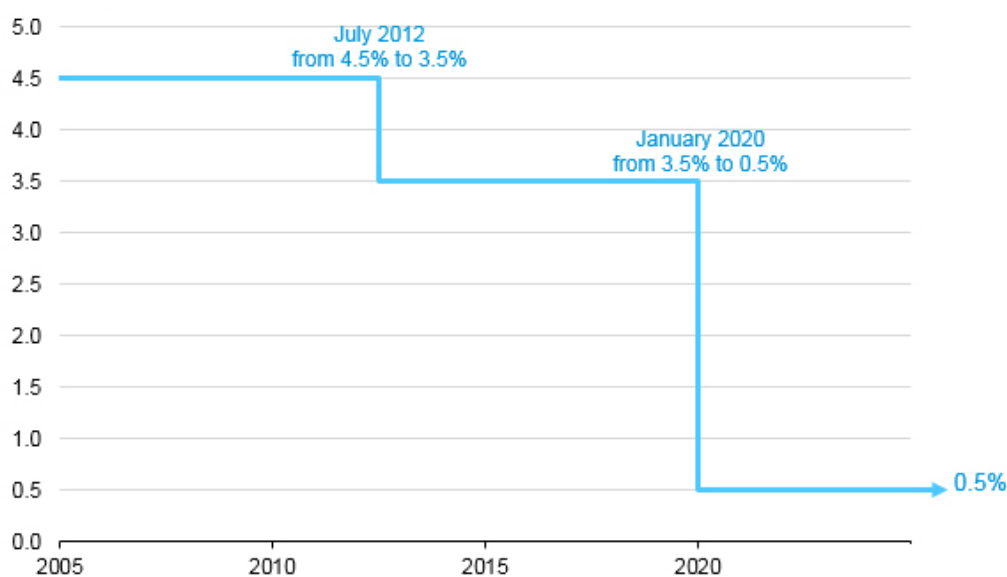


Εικόνα 3.1 : Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων τυπικού αργόστροφου ναυτικού κινητήρα (Κλιάνη και συν., 2002)

3.4 Δείκτης εκπομπών CO₂ από τα πλοία

Την περίοδο του '97 ο IMO ενέκρινε ένα ψήφισμα που είχε άμεση σχέση με τις συγκεκριμένες εκπομπές από τα πλοία. Το εν λόγω ψήφισμα προσκαλούσε τη θαλάσσια Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος να μελετήσει διεξοδικά τακτικές

αισθητής ελάττωσης αυτών των εκπομπών που θα ήταν δυνατές από τα πλοία. Η συνέλευση του συγκεκριμένου οργανισμού ενέκρινε το ψήφισμα A.963(23) που είχε άρρηκτη σχέση με τις πολιτικές και τις πρακτικές του IMO που είχε να κάνει κυρίως με την αισθητή ελάττωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, που ζητούσε από την παραπάνω επιτροπή να αναπτύξει έναν δείκτη για τις εν λόγω εκπομπών από τα πλοία, και οδηγίες χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου δείκτη (Balkin, 2006).



Εικόνα 3.2 : Παγκόσμια όρια θείου καυσίμου (EIA, 2019)

Προς διευκρίνιση ο δείκτης αυτής της μορφής οριοθετείται σαν τον λόγο της μάζας του διοξειδίου του άνθρακα προς το παραγόμενο μεταφορικό έργο και αποτελεί ένα σημαντικό μέσο χαρακτηρισμού της ενεργειακής καθώς επίσης και της περιβαλλοντικής απόδοσης των σκαφών. Σε ό,τι έχει να κάνει με την κατανάλωση καυσίμων, είναι σημαντικό να τονιστεί πως οριοθετείται σαν το σύνολο των καυσίμων που καταναλώνονται εν πλω και στο λιμάνι είτε για μια χρονική περίοδο, για παράδειγμα 24 ωρών, από τις βασικές και βοηθητικές μηχανές περιέχοντας τους λέβητες και τους αποτεφρωτήρες (Tanaka, 2015).

Πίνακας 3.2 : Βασικά στοιχεία για εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (2015-2017)

| | 2017 | 2016 | 2015 |
|---|-------|-------|-------|
| Number of personnel | 367 | 340 | 339 |
| Total emissions (tCO ₂ eq) | 3,218 | 4,079 | 3,762 |
| Per capita total emissions (tCO ₂ eq/personnel) | 8.77 | 12.0 | 11.1 |
| Share of total emissions (%) | | | |
| Facilities | 67 | 74 | 74 |
| Air travel | 32 | 25 | 25 |
| Other travel | 1 | 1 | 1 |
| Per capita air travel emissions (tCO ₂ /personnel) | 2.81 | 3.03 | 2.78 |
| Facilities-related emissions intensity (kgCO ₂ eq/m ²) | 91.4 | 129 | 118 |

Πηγή : Greening the Blue, 2018

Καθοριστικό ρόλο σε όλα αυτά, όμως, παίζει και η απόσταση που πλέουν τα πλοία. Η απόσταση αυτή αφορά την πραγματική απόσταση που πλέετε στα ναυτικά μίλα (δεδομένα ημερολογίων γεφυρών) για το ταξίδι είτε μια χρονική περίοδο. Η συλλογή τέτοιων στοιχείων υλοποιείται από τα ημερολόγια του σκάφους (το ημερολόγιο της γέφυρας, της μηχανής, του καταστρώματος, από άλλα επίσημα έγγραφα κλπ) (Κοζολινο, 2018).

Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί πως η περιεκτικότητα του άνθρακα στο πετρέλαιο είναι δυνατόν να μετρηθεί από το ατομικό βάρος του εκάστοτε καυσίμου καθώς επίσης και το λόγο CO₂. Λόγω, όμως, του ότι τα στοιχεία για παρόμοιες μετρήσεις δεν είναι πάντοτε εύκολα διαθέσιμα είναι εφικτό να χρησιμεύσουν τα κατά προσέγγιση δεδομένα για το συντελεστή του εκάστοτε είδους πετρελαίου που προσφέρονται από τον πίνακα που ακολουθεί (βλέπε πίνακα 3.3) (Chircop et al., 2018).

Πίνακας 3.3 : Ειδικές εκπομπές CO₂ για διαφορετικά είδη πετρελαίου

| Τύπος καυσίμου | ISO γνωρίσματα | Περιεκτικότητα άνθρακα m/m | C _{carbon} [gCO ₂ /tFuel] |
|-------------------------|--|----------------------------|---|
| Diesel/Gas oil | ISO 8217 ποιότητας DMX Through DMC | 0,875 ²² | 3.206.000 |
| LFO (Light Fuel Oil) | ISO 8217 Ποιότητας RMA Through RMD | 0,86 ²³ | 3.151.040 |
| HFO (Heavy Fuel Oil) | ISO 8217 Ποιότητας RME | 0,85 ²⁴ | 3.114.400 |
| LPG (Liquid Petrol Gas) | | 0,81 ²⁵ | 2.967.840 |
| Natural Gas | | 0,80 ²⁶ | 2.931.200 |

Πηγή : Cencsoy, 2017

3.5 Εναλλακτικές λειτουργίες για μείωση ρύπων

Γενικότερα, στις κυριότερες τακτικές ελάττωσης των εκπομπών αέριων ρύπων από τα πλοία, καθοριστικό ρόλο παίζουν οι τεχνολογικές καινοτομίες (όπως είναι για παράδειγμα η βελτίωση σκαφών, οι βαφές, η κατανάλωση ενέργειας από κύρια και βοηθητικές μηχανές κλπ), οι λειτουργικές καινοτομίες (όπως είναι για παράδειγμα η χαμηλότερη ταχύτητα, η συντήρηση σκάφους και μηχανών, ο καθαρισμός καρίνας και προπέλας κλπ), οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως για παράδειγμα η αιολική είτε η ηλιακή) και η μερική αντικατάσταση, η χρησιμοποίηση βιο-καυσίμων είτε φυσικού αερίου, οι διαρθρωτικές αλλαγές στα συστήματα

μεταφορών καθώς επίσης και οι τεχνολογίες ελάττωσης των εκπομπών ρύπων (Roy-Barman and Jeandel, 2016).

Σε ό,τι έχει να κάνει με τα οικολογικά πλοία και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι σημαντικό να τονιστεί πως καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, τα βιοκαύσιμα, οι κυψέλες καυσίμων, οι μηχανές διπλού καυσίμου, η χρησιμοποίηση LNG σαν ναυτιλιακό καύσιμο, η προσθήκη νερού στα καύσιμα, το σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, η ελάττωση της τριβής και η βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας του σκάφους, τα σκάφη με κοιλότητες αέρα ACS, οι βελτιώσεις στην αποδοτικότητα της έλικας, η πρόωσης AZIPOD, η χρησιμοποίηση πυρηνικής ενέργειας καθώς επίσης και τα υφαλοχρώματα (Chircop et al., 2018).

Έναν από τους καθοριστικότερους ρόλους, όμως, εξ αυτών παίζει το LNG. Τα τελευταία έτη, το υγροποιημένο φυσικό αέριο κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο έδαφος στην παγκόσμια αγορά, μιας και στη σημερινή εποχή αποτελεί την πιο οικονομική λύση για τη μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων φυσικού αερίου σε μακρινές αποστάσεις. Τόσο το μέγεθος όσο και η μεταφορική ευχέρεια των LNG Carrier έχει παρουσιάσει καθοριστική ανοδική τάση (Cencsoy, 2017).

Τα καινούρια είδη Q-FLEX αλλά και Q-MAX LNG Carriers εμφανίζουν μεταφορικές δυνατότητες 210 και 266 χιλιάδων m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου αντίστοιχα. Στα μέσα της περιόδου του 2010 κυκλοφόρησαν 337 LNG Carriers ενώ τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει τεράστια αύξηση παραγγελιών. Καθοριστικές λογίζονται και οι θετικές περιβαλλοντικές συνέπειες αυτού του καυσίμου (Mokhatab et al., 2016).

Το φυσικό αέριο, σαν καύσιμο έχει δυο καθοριστικά οφέλη συγκριτικά με το πετρέλαιο ντίζελ είτε ακόμα και το μαζούτ. Εκτός του ότι εμφανίζει σημαντική ανοδική τάση του επιπέδου αποδοτικότητας κατά τη δράση της καύσης του και επομένως κατορθώνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή της θερμικής ενέργειας, αλλά παράλληλα οι εκπομπές αερίων ρύπων οι οποίες υφίστανται κατά τη δράση αυτής της μορφής είναι καθοριστικά πιο χαμηλές σε σχέση με εκείνες οι οποίες εντοπίζονται κατά τη δράση καύσης του πετρελαίου και του μαζούτ (Bull, 2013).

Ταυτόχρονα, έχει την ευχέρεια να αντικαθιστά πλήρως τα συμβατικά αέρια καύσιμα με άμεσες συνέπειες όχι μονάχα στην κοινωνία αλλά και στην εθνική οικονομία του εκάστοτε κράτους. Γενικότερα, η εξέλιξη και η δυναμική την οποία παρουσιάζουν τα τελευταία έτη, τα έργα αποθήκευσης LNG, τροφοδοτούνται από το γενικότερο πνεύμα της αειφόρου ανάπτυξης, η οποία οριοθετεί σε στρατηγικό βαθμό τις επιλογές του σημερινού κόσμου και αποτελεί καθοριστικό σκοπό της διεθνούς ενεργειακής πολιτικής για το μέλλον (Cencsoy, 2017).

3.5.1 Οξειδία του αζώτου

Οι συγκεκριμένες εκπομπές από τα σκάφη υπόκεινται σε σημαντικούς περιορισμούς σύμφωνα με τη διάταξη της MARPOL. Ο εκάστοτε ναυτικός κινητήρας θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους κανόνες και να συνοδεύεται από το κατάλληλο πιστοποιητικό αλλά και από το πιστοποιητικό συμμόρφωσης με τις επιτρεπόμενες εκπομπές (Αλεξοπούλου και Φουρναράκη, 2015).

Οι τεχνολογίες αισθητής μείωσης ρύπων αυτής της μορφής από κινητήρες είναι εφικτό να κατηγοριοποιηθούν σε πρωτογενείς και δευτερογενείς τακτικές. Οι πρώτες εξ αυτών έχουν την ευχέρεια να επιφέρουν άμεσες επιρροές και επιδράσεις στο σύστημα καύσης στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Το πραγματικό επίπεδο ελάττωσης των εν λόγω εκπομπών έχει άρρηκτη σχέση με το είδος της μηχανής καθώς επίσης και της τακτικής που εφαρμόζεται και κυμαίνεται από 10 έως και 50% (Tanaka, 2015).

Στις συγκεκριμένες τακτικές καθοριστικό ρόλο παίζει ο αισθητός περιορισμός της βέλτιστης εφικτής θερμοκρασίας καύσεως, κάτι που κατά κύριο λόγο κατορθώνεται διαμέσου καθυστέρησης εγχύσεως καυσίμου. Με κυριότερο σκοπό να αντισταθμιστεί πλήρως η ανοδική τάση καταναλώσεως, υφίσταται ανοδική τάση του ρυθμού εγχύσεως οπότε ελαττώνεται ταυτόχρονα να και η διάρκεια καύσεως, επομένως, το πέρας εγχύσεως συμπίπτει με τις αντίστοιχες, προ της ρυθμίσεως θερμοκρασίες (The Law Library, 2019).

Ο λόγος συμπίεσης παρουσιάζει σταδιακή ανοδική τάση με βασικότερο στόχο να μην ταπεινωθεί η ποιότητα αναφλέξεως, αλλά στο μέτρο στο οποίο οι μηχανικές τάσεις εξαιτίας βέλτιστων εφικτών πιέσεων δεν επιφέρουν σημαντικές επιρροές και επιδράσεις στην στιβαρότητα της μηχανικής κατασκευής. Στις κυριότερες τακτικές αυτού του είδους περιέχεται η βελτιστοποίηση μηχανισμού έγχυσης, η χρήση ακροφυσίων των εγχυτήρων (με πολλαπλές οπές με στόχο την κάλυψη μιας ευρύτερης περιοχής του θαλάμου καύσεως) καθώς επίσης και η βελτιστοποίηση ανάμειξης καυσίμου αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης (προσφέρει ομοιόμορφη καύση η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή τοπικών αυξήσεων της θερμοκρασίας) (Κοζολινο, 2018).

Μια εξίσου σημαντική τακτική, όμως, είναι και η χρήση σωστών καυστήρων. Έρευνες έχουν δείξει πως οι καυστήρες αποτελούν ένα καθοριστικό δεδομένο με στόχο την εποπτεία αυτών των εκπομπών. Τα καινούρια είδη καυστήρων έχουν την ευχέρεια να ελαττώσουν σε σημαντικό επίπεδο τα υπολείμματα της καύσης και να κατορθώσουν καύση (Bull, 2013).

Η εξάλειψη του θύλακα προ οπών εγχύσεως παίζει καθοριστικό ρόλο στην αισθητή ελάττωση της κατανάλωσης καυσίμου εξαιτίας του ότι το καύσιμο το οποίο συγκεντρωνόταν στο θύλακα διέρρεε στο ανώτερο σημείο του εμβόλου. Η διάχυση του καυσίμου στον κύλινδρο παρουσιάζει σημαντική βελτίωση στην ποιότητα της δράσης της καύσης και κατ' επέκταση υφίσταται αισθητή ελάττωση των συγκεκριμένων εκπομπών. Ακόμα, έρευνες αναφέρουν πως ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό και το κάπνισμα της μηχανής. Εξαιτίας βελτιωμένης σχεδίασης των καυστήρων η συντήρηση καθώς επίσης και οι δράσεις των δοκιμών έχουν πλέον απλοποιηθεί σημαντικά (Mokhatab et al., 2016).

Από την άλλη πλευρά, στις δευτερογενείς τακτικές υφίστανται τεχνικές οι οποίες έχουν την ευχέρεια να ελαττώσουν ρύπους αυτής της μορφής δίχως να μεταβάλλουν σημαντικές τις βέλτιστες εφικτές παραμέτρους μηχανής στις οποίες εργάζεται. Ως επί το πλείστον γίνεται χρήση ενός εξοπλισμού, ο οποίος προσαρμόζεται στον βασικό κορμό της κύριας μηχανής (Roy-Barman and Jeandel, 2016).

Οι κυριότερες τακτικές αυτής της μορφής είναι το selective catalytic reduction καθώς επίσης και το scavenge air moisturizing system (στη διεθνή βιβλιογραφία εν συντομία καλείται SAM). Η πρώτη τακτική εξ αυτών αφορά μια τακτική που έχει να κάνει με ναυτικούς δίχρονους κινητήρες και υφίσταται εδώ και αρκετά έτη. Αποτελεί το βέλτιστο εφικτό εφαρμοζόμενο σύστημα για σταθεροποιημένες και υψηλές φορτίσεις της μηχανής. Εμφανίζει αδυναμία στην περίπτωση στην οποία η μηχανή τρέχει σε χαμηλότερα φορτία όπως συμβαίνει για παράδειγμα κατά την εισχώρηση του πλοίου σε έναν λιμένα είτε όταν υλοποιούνται μανούβρες (Wether by Publishing Group, 2018).

Η ευαισθησία της χημείας μεταξύ του κυλίνδρου και του χρησιμοποιούμενου καυσίμου πολλές φορές βάζει σημαντικούς περιορισμούς για την εφαρμογή στη σύγχρονη ναυτιλία. Καθοριστική παρατήρηση είναι η απαίτηση τοποθέτησης του SCR πριν από την είσοδο του υπερπληρωτή εξαιτίας της κατάλληλης θερμοκρασίας. Υφίστανται χαρακτηριστικά παραδείγματα ελάττωσης των συγκεκριμένων εκπομπών μέχρι και 98% σε εγκαταστάσεις ξηράς. Υφίσταται, όμως, σημαντική διαφορά στο πεδίο φορτίσεων μεταξύ ενός χερσαίου σταθμού και μιας προωστήριας εγκατάστασης σκάφους (Chircop et al., 2018).

Στη σύγχρονη ναυτιλία, η τακτική αυτή έχει την ευχέρεια να κατορθώσει τη βέλτιστη εφικτή ελάττωση των εν λόγω εκπομπών. Παρόλα αυτά, σε σκάφη τα οποία είναι ήδη σε υπηρεσία είναι πιο σύνθετη δράση και με σημαντικούς περιορισμούς η εφαρμογή του συστήματος εξαιτίας του ενδεχομένου διαφυγής αμμωνίας. Στην περίπτωση στην οποία επιθυμούμε να συγκρίνουμε την εγκατάσταση της μονάδας σε ένα σκάφος το οποίο υφίσταται συγκριτικά με ένα νέο, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η εγκατάσταση του πρώτου είναι πιο σύνθετη, μιας και χρειάζεται να εντοπιστεί ο κατάλληλος χώρος, μετά να αναπτυχθούν οι καινούριες γραμμές σωληνώσεων και τέλος να τοποθετηθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός και τα μέλη στήριξης (Balon et al., 2012).

Από την άλλη πλευρά, σε ό,τι έχει να κάνει με την τακτική SAM, είναι σημαντικό να τονιστεί πως η τακτική κορεσμού και ψύξης του συμπιεσμένου αέρα ύστερα από την έξοδο του από τον υπερπληρωτή έχει δοκιμαστεί σε εργαστηριακό επίπεδο από τη μεριά της αποδοτικότητας της μηχανής. Τα αποτελέσματα των

συγκεκριμένων δοκιμών ήταν εξαιρετικά ενθαρρυντικά σε ό,τι είχε να κάνει με την αισθητή ελάττωση των οξειδίων του αζώτου. Παρόλα αυτά, όμως, δεν είναι εφικτό να διερευνηθεί ένα παρόμοιο σύστημα στην περίπτωση στην οποία η περιεκτικότητα σε αλάτι είναι πιο μεγάλη από 3,5% (Κοζολινο, 2018).

Στο συγκεκριμένο σύστημα υφίσταται η εισχώρηση πλεονασματικής ποσότητας θαλασσινού ύδατος με κυριότερο στόχο τον κορεσμό και την ψύξη του αέρα ο οποίος έχει προέλευση από την πλευρά του συμπιεστή. Στη συγκεκριμένη φάση υφίσταται περίπου 100% υγρασία στον αέρα σαρώσεως. Οι 2 πρώτες φάσεις του πόσιμου νερού είναι εξαιρετικά κοντά στη θερμοκρασία την οποία έχει και ο αέρας σάρωσης (Μοσχόπουλος, 2016).

Οι παραπάνω φάσεις ως επί το πλείστον δρουν μονάχα ως φάσεις καθαρισμού, μιας και έχουν τη δυνατότητα να αφαιρέσουν πιθανή ποσότητα αλατιού, η οποία είναι δυνατόν να έχει περάσει από την 1^η φάση. Πιθανή συνεχή συγκέντρωση αλατιού στις φάσεις αυτές είναι εφικτό να επιφέρει συνολική συγκέντρωση αλατιού που θα ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια. Η συγκεκριμένη κατάσταση είναι δυνατόν να καταπολεμηθεί με ψύξη του κορεσμένου αέρα διαμέσου ψυγείου αέρα και ανάπτυξη μεγαλύτερης ποσότητας φρέσκου ύδατος στη 2^η φάση. Τότε το επιπλέον πόσιμο νερό οδηγείται αντίθετα προς τη μεριά της δεξαμενής του συστήματος (Aksoyoglu et al., 2016).

Η κυριότερη παράμετρος με στόχο την εύρυθμη δράση της εγκατάστασης είναι όσο γίνεται πιο λίγο αλάτι να εισέλθει στη βασική μηχανή. Η συνολική κατασκευή του συγκεκριμένου συστήματος αυτής της μορφής είναι κατασκευασμένο από ωστενιτικό ανοξείδωτο χάλυβα με κυριότερο σκοπό την εξαιρετική αντοχή του σε περίπτωση διάβρωσης από το θαλασσινό νερό (Olmer et al., 2017).

Εξαιτίας της επιπλέον ροής μάζας αεριοποιημένου ύδατος που προστίθεται στο συγκεκριμένο σύστημα, είναι σημαντικό μια ποσότητα καυσαερίων να παρεκτραπεί από το βασικό σύστημα αυτής της μορφής. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, η ενέργεια των καυσαερίων η οποία παρεκτρέπεται είναι εφικτό να αξιοποιηθεί διαμέσου ενός στροβίλο-συμπιεστή για διαφορετική χρησιμότητα στο σκάφος με κυριότερο σκοπό την εξοικονόμηση του κόστους δράσης αλλά και τη συνολική ελάττωση των συγκεκριμένων εκπομπών. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως

ένα σύστημα αυτής της μορφής έχει την ευχέρεια να επιφέρει αισθητή ελάττωση των συνολικών εκπομπών καυσαερίων ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά το συνολικό επίπεδο αποδοτικότητας της εν λόγω εγκατάστασης (Cullinane and Cullinane, 2013).

Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί πως η θερμοκρασία του αέρα σαρώσεως και κατ' επέκταση και η ποσότητα του θαλασσινού νερού η οποία εισχωρεί στο συγκεκριμένο σύστημα οριοθετούνται από θερμοστατικές βαλβίδες στο περιβάλλον του ψυγείου αέρα. Η συνολική ποσότητα του εξατμισμένου θαλασσινού νερού είναι εφικτό να υγροποιηθεί μέσα στο εν λόγω ψυγείο, αλλά σε αυτήν την περίπτωση η αποδοτικότητα της μηχανής θα αντιστοιχούσε σε συνθήκες λειτουργίας σε τροπικό κλίμα. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη της βέλτιστης εφικτής υγρασίας στον αέρα σάρωσης μιας και με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτό να βελτιστοποιηθεί η αισθητή ελάττωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (Roy-Barman and Jeandel, 2016).

3.5.2 Οξείδια του θείου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο πρόκειται για ανόργανες χημικές ουσίες. Λόγω του ότι οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο περιλαμβάνουν ενώσεις αυτής της μορφής, αναγκαστικά η καύση τους σε συνδυασμό με το οξυγόνο εκλύει το διοξείδιο του θείου. Με την ύπαρξη υγρασίας και κυρίως ενός καταλύτη όπως είναι για παράδειγμα το διοξείδιο του αζώτου, του θείου κλπ, οξειδώνεται περισσότερο σε θειικό οξύ, κάτι το οποίο στην περίπτωση στην οποία υλοποιείται στην ατμόσφαιρα αναπτύσσει το φαινόμενο της όξινης βροχής (Cheremisnoff, 2016).

Οι καινούριες προδιαγραφές για τις εκπομπές αυτής της μορφής, οι οποίες έχουν θεσπιστεί από τον IMO, αναμένεται να προκαλέσουν τεράστιες διαταραχές στην εύρυθμη δράση των σκαφών. Οι συγκεκριμένες τροποποιήσεις με κυριότερο στόχο να κατορθώσουν την κατάλληλη ελάττωση των εκπομπών αυτού του είδους εστίασαν κατά κύριο λόγο στην ελάττωση του ποσοστού της περιεκτικότητας σε θειάφι των καυσίμων τα οποία χρησιμεύουν στους ναυτικούς κινητήρες είτε διαμέσου

της χρησιμοποίησης εγκεκριμένων από υπεύθυνους φορείς συστημάτων τα οποία έχουν τη δυνατότητα να ελαττώσουν τις τελικές εκπομπές προς το περιβάλλον (Σιάφης, 2015).

Η ελάττωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θειάφι είναι εξαιρετικά πιθανόν να επιφέρει σημαντικές επιρροές και επιδράσεις στην εύρυθμη δράση παλαιότερων εγκαταστάσεων οι οποίες έχουν αναπτυχθεί με στόχο να δρουν με διαφοροποιημένη ποσότητα καυσίμων. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, σε κατασκευαστικά αδιέξοδα έχουν οδηγηθεί και επιχειρήσεις κατασκευών και συναρμολόγησης μηχανημάτων αυτής της μορφής που οι κατασκευές τους είναι σημαντικό να διαχειριστούν καύσιμα με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο και κατ' επέκταση με χαμηλότερο ιξώδες κατά κύριο λόγο σε σκάφη παλαιότερης τεχνολογίας (Aksoyoglu et al., 2016).

Όλα τα συστήματα αυτής της μορφής τα οποία προτείνονται με κυριότερο στόχο τη διαχείριση των καυσίμων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο είναι ζωτικής σημασίας πρώτα από όλα να λάβουν την απαιτούμενη έγκριση από τις υπεύθυνες αρχές, να είναι εφαρμόσιμα και συμβατά με τις έως σήμερα ισχύουσες διατάξεις για τα πλοία, να είναι ευκολότερη η πρακτική δράση τους με στόχο τη διευκόλυνση του πληρώματος καθώς επίσης και της πλοιοκτήτριας εταιρίας και τέλος να έχουν την ευχέρεια να διασφαλίζουν τη βέλτιστη εφικτή αξιοπιστία αλλά και ασφάλεια ως προς τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την περιουσία (Αλεξοπούλου και Φουρναράκη, 2015).

3.5.3 Υδρογονάνθρακες και σωματίδια PM

Οι υδρογονάνθρακες έχουν προέλευση από την ατελή καύση του καυσίμου λαδιού καθώς επίσης και από την εξάτμιση του καυσίμου. Επιφέρουν σημαντικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, όπως είναι για παράδειγμα καρκινογενέσεις κλπ, καθώς επίσης και στο περιβάλλον με την ανάπτυξη νέφους. Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί σημαντική συνέπεια της ατελούς καύσης, μιας και υφίσταται σημαντική έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα που είναι ιδιαίτερα τοξικό σε τεράστια συγκέντρωση. Εξαιτίας της περίσσειας αέρα στις

δίχρονες ναυτικές μηχανές, οι εκπομπές μονοξειδίου είναι εξαιρετικά μικρές (Vallero, 2014).

Από την άλλη πλευρά, τα σωματίδια PM αποτελούν σύνθετα μείγματα από οργανικές αλλά και ανόργανες ενώσεις οι οποίες υφίστανται από την ατελή καύση, άκαυστες ποσότητες λιπαντικού, θερμικό ξέσπασμα υδρογονανθράκων, υπολείμματα άκαυστων σωματιδίων στα καύσιμα καθώς επίσης και στα λιπαντικά και ύπαρξη νερού. Πιο μεγάλο ποσοστό από το 50% των σωματιδίων αυτής της μορφής εκχωρείται στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή καπνού. Τα άκαυστα σωματίδια άνθρακα δεν είναι τοξικά από μόνα τους και αποτελούν λιγότερο από 0,003% των καυσαερίων (Ρεμουντάκη, 2010).

3.5.34 Γητικές οργανικές ενώσεις

Βάσει με τον 15^ο κανονισμό του αναθεωρημένου παραρτήματος 10 της MARPOL, όλα τα σκάφη μεταφοράς παραγωγών πετρελαίου είναι ζωτικής σημασίας να έχουν στη διάθεσή τους ένα σύστημα διαχείρισης των οργανώσεων αυτής της μορφής, επικυρωμένο από τη σημαία τους και να πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές οι οποίες οριοθετούνται σύμφωνα με τον IMO (Αλεξοπούλου και Φουρναράκη, 2015).

Το σύστημα διαχείρισης είναι σημαντικό να περιλαμβάνει γραπτές δράσεις με στόχο τη μείωση των συγκεκριμένων εκπομπών κατά το επίπεδο φόρτωσης, τη διάρκεια του πλου και της παράδοσης φορτίου, να υπολογίζει παράλληλα και τις επιπλέον εκπομπές κατά το πλύσιμο των πετρελαιοειδών, να οριοθετείται ο άνθρωπος ο οποίος θα είναι αρμόδιος για τη διαχείριση του συγκεκριμένου συστήματος και να υφίσταται σύστημα διαχείρισης για ποντοπόρα σκάφη με πολυεθνή πληρώματα (Κοζολινο, 2018).

Ο IMO εξέδωσε στα μέσα της περιόδου του 2009 σχετικές οδηγίες με στόχο την ανάπτυξη σχεδίων για τη διαχείριση αυτών των ενώσεων με ημερομηνία ισχύς τον Ιούλιο του επόμενου έτους. Το αντικείμενο του συστήματος διαχείρισης των εκπομπών είναι να βεβαιώσει πως υλοποιούνται προσπάθειες με κυριότερο σκοπό την

αισθητή ελάττωση αυτών των ενώσεων στο μικρότερο εφικτό επίπεδο. Αυτό είναι εφικτό να κατορθωθεί με βελτιστοποίηση των δράσεων είτε με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου εξοπλισμού (Tanaka, 2015).

Με κυριότερο σκοπό τη συμμόρφωση με τις εντολές του IMO, η φορτοεκφόρτωση και η μεταφορά φορτίων που επιφέρουν παρόμοιες εκπομπές είναι σημαντικό να αξιολογηθούν και να οριοθετηθούν δράσεις με στόχο τη μείωση των εκπομπών αυτής της μορφής. Στην περίπτωση στην οποία γίνει χρήση εξοπλισμού είτε μεταβολές στα σχέδια είναι ζωτικής σημασίας να περιγράφονται στο σύστημα διαχείρισης αντίστοιχα. Οι δράσεις φορτοεκφόρτωσης είναι σημαντικό να μετρούν την πιθανή διαφυγή αερίων, εξαιτίας χαμηλότερης πίεσης. Επίσης, η μεταφορά των πετρελαιοειδών από και προς τις δεξαμενές είναι σημαντικό να υλοποιείται σωστά με στόχο να αποφευχθούν φαινόμενα στραγγαλισμού και ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων ρευστού στις σωληνώσεις (The Law Library, 2019).

Το σκάφος είναι σημαντικό να οριοθετεί μια πίεση δράσης για τις δεξαμενές πετρελαίου. Η συγκεκριμένη πίεση είναι καθοριστικό να είναι υψηλότερη προκειμένου να διασφαλίζεται η κατάλληλη ασφάλεια και να συντηρείται όσο γίνεται πιο σταθεροποιημένη η δράση φορτοεκφόρτωσης και της μεταφοράς των φορτίων. Στην περίπτωση στην οποία χρειάζεται εξαιρετισμός για ελάττωση της πίεσης στις δεξαμενές, η συγκεκριμένη ελάττωση είναι σημαντικό να είναι όσο γίνεται πιο μικρή, με στόχο να παραμένει στις δεξαμενές η πιο υψηλή εφικτή πίεση (Roy-Barman and Jeandel, 2016).

Το σύστημα διαχείρισης είναι ζωτικής σημασίας να υπολογίζει παράλληλα και τις επιπλέον εκπομπές κατά το πλύσιμο των πετρελαιοειδών. Οι εκπομπές αυτής της μορφής έχουν την ευχέρεια να ελαττωθούν σε μεγάλο βαθμό διαμέσου της αισθητής ελάττωσης του χρόνου πλύσεως είτε διαμέσου της χρησιμοποίησης κλειστού κυκλικού προγράμματος (Chircop et al., 2018).

3.6 Ανάλυση SWOT εναλλακτικών δράσεων για μείωση ρύπων

3.6.1 Συστήματα καθαρισμού καυσαερίων

Στη διεθνή βιβλιογραφία καλούνται Scrubbers. Έρευνες αναφέρουν πως τα συστήματα αυτής της μορφής αποτελούν την πιο συμφέρουσα βραχυπρόθεσμη επένδυση σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας θείου. Από την άλλη μεριά, όμως, η διαφορά της τιμής μεταξύ καυσίμων υψηλότερης και χαμηλότερης περιεκτικότητας θείου διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο κατά πόσο θα υιοθετηθεί ένα τέτοιο σύστημα είτε όχι.

Οι κατασκευαστές από τη μεριά τους τονίζουν ότι τα συγκεκριμένα συστήματα δεν αποτελούν λύση για όλα τα είδη των σύγχρονων πλοίων και παράλληλα, το εκάστοτε είδος πλοίου οριοθετεί ποιός μορφής σύστημα θα χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, η βέλτιστη εφικτή επιλογή για τα σκάφη μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι το hybrid scrubber εξαιτίας του χαμηλότερου κόστους ενώ στα κρουαζιερόπλοια είναι το closed loop scrubber εξαιτίας του γεγονότος πως παίζει καθοριστικό ρόλο στην αισθητή ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Από την άλλη πλευρά, για σκάφη όπως είναι για παράδειγμα τα ρυμουλκά είτε τα ferries δεν υπάρχει κανένα είδος αυτής της μορφής που να αποτελεί καθοριστική λύση εξαιτίας του μικρού μεγέθους που έχουν. Για σκάφη κάτω των 15 ετών, η εφαρμογή αυτών των συστημάτων είναι η πιο φθηνή επιλογή (Wither by Publishing Group, 2018).

Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να τονιστεί, επίσης, πως οι εκπομπές SO_x έχουν την ευχέρεια να ελαττωθούν μέχρι και 99%, των PM μέχρι και 80% ενώ οι εκπομπές NO_x και GHG περιορίζονται μέχρι ένα σημείο σύμφωνα με την τεχνολογία την οποία έχουν χρησιμοποιήσει. Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί πως καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και η ανησυχία των περιβαλλοντολόγων σε ό,τι έχει να κάνει με τα θειικά άλατα τα οποία εκχέονται στη θάλασσα μετά τη δράση της πλύσης και τις συνέπειες τις οποίες είναι εφικτό να επιφέρουν στην βιοποικιλότητα του θαλάσσιου οικοσυστήματος (Chircop et al., 2018).

Πίνακας 3.4 : Ανάλυση SWOT για Scrubbers

| ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ | ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ |
|--|--|
| <p>Συμμόρφωση με τους καινούριους κανόνες του IMO</p> <p>Κατάλληλοι για συμβατικά καύσιμα και καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο</p> | <p>Δεν είναι εφικτό να τοποθετηθεί σε όλα τα σκάφη (ηλικία, χώρος κλπ)</p> <p>Είναι δυνατόν να δημιουργήσει αστάθεια και αναξιοπλοΐα σκάφους</p> <p>Δεν έχει αποδειχτεί μέχρι σήμερα εάν το έρμα το οποίο εκχύνουν καταστρέφει την φυσική οξύτητα της θάλασσας είτε όχι</p> <p>Δεν περιορίζουν NOx και GHG</p> |
| ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ | ΑΠΕΙΛΕΣ |
| <p>Δεν δημιουργούν προβληματισμούς οι τιμές καυσίμων από τη στιγμή που έχουν την ευχέρεια να χρησιμοποιήσουν καύσιμα τόσο υψηλής όσο και χαμηλής περιεκτικότητας θείου</p> <p>Πιο οικονομική επιλογή βραχυπρόθεσμα</p> | <p>Το spread τιμών ανάμεσα σε καύσιμα χαμηλής και υψηλής περιεκτικότητας σε θείο</p> <p>Δυσμένεια πρόβλεψης κόστους συντήρησης</p> <p>Υφίσταται ανοδική τάση της κατανάλωσης καυσίμων και κατά συνέπεια τα OPEX</p> |

3.6.2 Καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (LSFO)

Ως επί το πλείστον η έλλειψη επαρκών κεφαλαίων, το υψηλότερο κόστος των μετασκευών είτε των συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων κάνουν ασύμφορη την επένδυση των συγκεκριμένων συστημάτων για τον υφιστάμενο στόλο, για τους πιο πολλούς πλοιοκτήτες και διαχειριστές σκαφών. Η αμεσότερη εφαρμόσιμη επιλογή διακρίνεται ότι είναι τα καύσιμα LSFO λόγω της καταλληλότητας τους για τις υφιστάμενες μηχανές των σκαφών, του χαμηλότερου κόστους τους συγκριτικά με

τις άλλες δυο επενδυτικές προτάσεις καθώς επίσης και της διαθεσιμότητάς τους σε επαρκείς ποσότητες (Mokhatab et al., 2016).

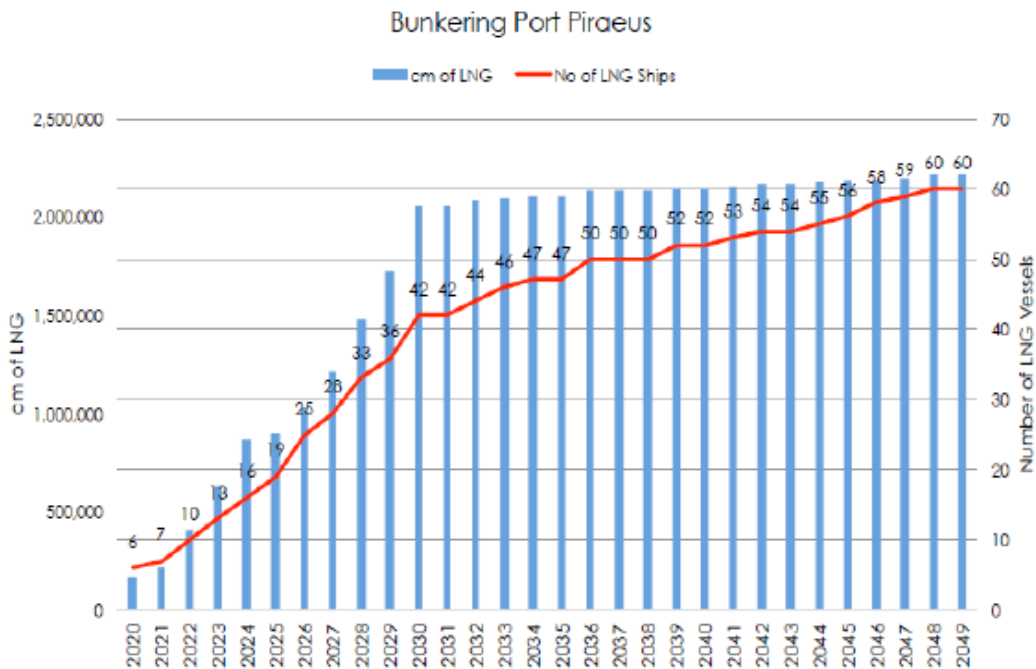
Παρά το γεγονός αυτό, όμως, το κόστος της διύλισης με κυριότερο στόχο να μετατραπεί ένα καύσιμο σε LSFO είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την τελική τιμή αυτών των καυσίμων. Το υψηλότερο κόστος της διύλισης υπολογίζεται στην τελική τιμή του καυσίμου (είναι εφικτό να υπάρξει ανοδική τάση κατά 87%), με κυριότερη συνέπεια να επιβαρύνεται σε μεγάλο βαθμό το τελικό κόστος του καυσίμου, κάνοντάς το εξαιρετικά ασύμφορο. Επίσης, σε ό,τι έχει να κάνει με το περιβαλλοντικό αποτύπωμά του, θα πρέπει να τονιστεί πως παίζει καθοριστικό ρόλο στην αισθητή ελάττωση των SOx αλλά όχι των NOx είτε των PM (Wether by Publishing Group, 2018).

Πίνακας 3.5 : Ανάλυση SWOT για LSFO

| ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ | ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ |
|---|---|
| <p>Συμμόρφωση με τους καινούριους κανόνες του IMO</p> <p>Αμελητέο κόστος επένδυσης</p> <p>Τεχνολογικά εφικτό</p> <p>Επαρκής διαθεσιμότητα</p> | <p>Υψηλότερο κόστος καυσίμου</p> <p>Εκπέμπει NOx και PM</p> |
| ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ | ΑΠΕΙΛΕΣ |
| <p>Εξαιρετικά διαδεδομένα στη σύγχρονη αγορά</p> <p>δοκιμασμένα</p> | <p>Υψηλότερο κόστος διύλισης</p> |

3.6.3 LNG

Είναι εφικτό να λογιστεί από αρκετούς σαν την πιο οικονομικά και αρκετά υποσχόμενη επιλογή, όμως, βάσει με τους νηογνώμονες, το LNG και γενικά τα καινούρια συστήματα πρόωσης είναι καλύτερο να εφαρμοστούν σε καινούρια σκάφη, που θα έχουν αναπτυχθεί από την αρχή με τις εν λόγω προδιαγραφές και όχι σε κάποιον υπάρχον στόλο είτε σε σκάφη μεγάλης ηλικιακής ομάδας (Mokhatab et al., 2016).



Εικόνα 3.3 : Εκτίμηση ης ζήτησης του LNG σαν ναυτιλιακό καύσιμο και το σύνολο των σκαφών για το λιμάνι του Πειραιά (Posidon MED, 2019)

Παρά το γεγονός αυτό, έρευνες αναφέρουν πως το επιπλέον κόστος επένδυσης στην επιλογή αυτής της μορφής για τα καινούρια σκάφη αναμένεται να ελαττωθεί στο μέλλον. Αυτό έχει άμεση σχέση με το σύνολο των τερματικών σταθμών υδροποίησης (τροφοδοσίας) καθώς επίσης και τη σύναψη καινούριων συμβολαίων. Μια εξίσου σημαντική παράμετρος, η οποία οριοθετεί την τύχη του

LNG είναι η διαθεσιμότητά του καθώς επίσης και οι ελλείψεις στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η Νορβηγία και η Σιγκαπούρη επιδεικνύουν τα πιο αναπτυγμένα δίκτυα και τους σταθμούς ανεφοδιασμού (Cencsoy, 2017).

Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί πως όπως φανερώνουν οι αναλύσεις ερευνών και τα ποσοστά είναι εφικτό με τη χρησιμοποίηση του LNG τα SO_x, NO_x αλλά και τα σωματίδια να είναι αμελητέα, όμως, τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG) είναι πιο πολλά συγκριτικά με τα υπόλοιπα καύσιμα και οι εκπομπές CO₂ ελαττώνονται μονάχα κατά 1/4 . Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί πως καθοριστικό ρόλο παίζει και η επικινδυνότητα του LNG λόγω του μεθανίου που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο (Mokhatab et al., 2016).

Πίνακας 3.6 : Ανάλυση SWOT για LNG

| ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ | ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ |
|---|---|
| <p>Συμμόρφωση με τους καινούριους κανόνες του IMO</p> <p>Λιγότερο επιβλαβές για το περιβάλλον</p> <p>Αποτελεί την πιο φθηνή δυνατή επιλογή μακροπρόθεσμα</p> | <p>Σημαντικά ζητήματα διαθεσιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού</p> <p>Ανεπάρκεια υποδομών</p> <p>Υψηλής ευφλεκτότητας καύσιμο</p> <p>Επιπλέον επενδύσεις στα καινούρια σκάφη</p> |
| ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ | ΑΠΕΙΛΕΣ |
| <p>Κατάλληλο ακόμα και για τους πιο αυστηρούς κανόνες</p> <p>Η τιμή του είναι πιο συμφέρουσα σε σχέση με άλλα καύσιμα</p> <p>Αποτελεί συμφέρουσα επένδυση για νέα σκάφη</p> | <p>Υφίστανται σημαντικές καθυστερήσεις στην πραγματοποίηση των σχεδίων υποδομών υγροποίησης και ανεφοδιασμού</p> <p>Τα κόστος μετασκευής υφιστάμενου σκάφους είναι υψηλότερο σε σχέση με την κατασκευή καινούριου</p> |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

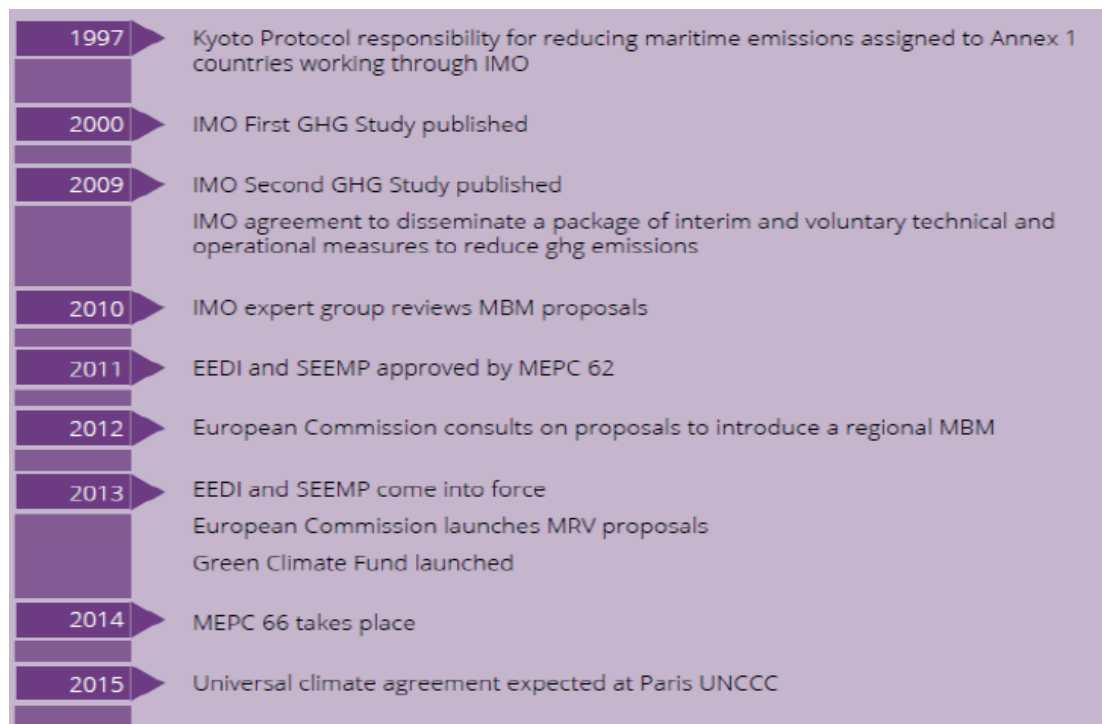
ΙΜΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

4.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας μαζί με την ευαισθητοποίηση, έχουν αναπτύξει ένα σημερινό νομοθετικό πλαίσιο και συστήματα εποπτείας τα οποία προσφέρουν την ευχέρεια για αισθητή βελτίωση της περιβαλλοντικής ασφάλειας των θαλάσσιων δρόμων, αισθητή ελάττωση των περιπτώσεων ρύπανσης καθώς επίσης και της αποτροπής των ναυτικών ατυχημάτων. Στη σημερινή εποχή, υφίστανται θαλάσσιες τοποθεσίες και διαδρομές, στις οποίες εντοπίζεται τεράστια κινητικότητα πλοίων όλων των ειδών, με κυριότερο επίπτωση να αναφερόμαστε στη σημερινή εποχή για θαλάσσιους δρόμους και θαλάσσιες λεωφόρους (Αλεξοπούλου και Φουρναράκη, 2015).

Η χρησιμότητα της τεχνολογίας με στόχο την αισθητή βελτίωση της περιβαλλοντικής ασφάλειας των συγκεκριμένων δρόμων αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα διερεύνησης σε διεθνές επίπεδο. Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, η διεθνής πολιτική έχει εντάξει την εποπτεία των αέριων ρύπων σε όλους τους τομείς δράσης της, ενεργώντας με βασικότερο στόχο να επιτύχει συγκεκριμένους στόχους όπως είναι για παράδειγμα η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της κατανάλωσης ενέργειας, η αισθητή ελάττωση των παραγόμενων ρύπων, η ανάπτυξη πιο φιλικών προς το περιβάλλον και πιο ισορροπημένων συστημάτων μεταφορών, η ενίσχυση της υπευθυνότητας των εταιριών προκειμένου να μη θίγεται η ανταγωνιστικότητά τους, η υπαγωγή στις επιταγές της προστασίας του περιβάλλοντος και η ανάπτυξη ενός πλαισίου πιο ευνοϊκού για την έρευνα και τις καινοτόμες δράσεις (Τσελέντης, 2008).

Πίνακας 4.1 : Ορόσημα στην ιστορία των διεργασιών γύρω από τις αέριες ναυτικές εκπομπές



Πηγή : Σιάφης, 2015

Η πιο καθοριστική σύμβαση, η οποία οριοθετεί και έχει την ευχέρεια να αποτρέψει σε σημαντικό επίπεδο τη θαλάσσια μόλυνση από τα σκάφη είναι η διεθνής συνθήκη του IMO, με κυριότερο στόχο την πρόληψη της ρύπανσης από τα σκάφη, όπως τροποποιήθηκε από το πρωτόκολλο του '78 και καλείται MARPOL. Η συγκεκριμένη συνθήκη καλύπτει την τυχαία και λειτουργική ρύπανση από πετρέλαιο αλλά και τη μόλυνση από διάφορες χημικές ουσίες, λύματα, απορρίμματα, ατμοσφαιρική ρύπανση κλπ (Balkin, 2006).

Η εν λόγω συνθήκη βεβαιώνει το δικαίωμα ενός παράκτιου κράτους να λάβει τα κατάλληλα μέτρα με κυριότερο στόχο να κατορθώσει να αποτρέψει, να μειώσει είτε ακόμα και να εκμηδενίσει τον κίνδυνο στην ακτή του από ένα θαλάσσιο ατύχημα. Εξίσου σημαντική, όμως, είναι και η διεθνής συνθήκη OPRC, που οριοθετήθηκε την περίοδο του '90 και προσφέρει ένα διεθνές πλαίσιο για διεθνή

συνεργασία με βασικότερο σκοπό την άμεση αντιμετώπιση καθοριστικών γεγονότων είτε ακόμα και απειλών θαλάσσιας ρύπανσης (Tanaka, 2015).

4.2 Δράση διαμέσου του IMO

Το θέμα της εποπτείας των αέριων ρύπων από τα πλοία, που αποτελεί πεδίο έρευνας για τη συγκεκριμένη εργασία, κυρίως των επιβλαβών αερίων στα καυσαέρια των σκαφών, έχει συζητηθεί κατά την προετοιμασία της υιοθέτησης της σύμβασης MARPOL του '73. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, λήφθηκε η απόφαση να μην προληφθούν κανόνες που είχαν να κάνουν με την αέρια ρύπανση εκείνη την περίοδο (Τσελέντης, 2008).

Το ζήτημα της αέριας ρύπανσης, όμως, ξεκίνησε ένα συζητιέται ολοένα και περισσότερο. Η σύσκεψη του ΟΗΕ για το ανθρώπινο περιβάλλον στη Σουηδία την περίοδο του '72 έθεσε το ξεκίνημα για διεθνείς συνεργασίες με κυριότερο σκοπό την άμεση καταπολέμηση του φαινομένου της όξινης βροχής. Κατά την περίοδο του '72 μέχρι και το '77, πολλές έρευνες ισχυροποίησαν την υπόθεση ότι οι αέριοι ρυπαντές έχουν την ευχέρεια να ταξιδεύουν αρκετές χιλιάδες χιλιόμετρα πριν αποτεθούν και αναπτύξουν σημαντικά ζητήματα, σε καλλιέργειες και σε δάση (Αλεξοπούλου και Φουρναράκη, 2015).

Το φαινόμενο της όξινης βροχής χειροτέρευε λόγω των αεροπορικών αποθέσεων διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου. Την περίοδο του '79 υπήρξε συνάντηση των υπουργών με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, στην Ιταλία, μια συνάντηση η οποία εν τέλει κατέληξε στην υπογραφή της σύμβασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από 34 κυβερνήσεις. Αποτέλεσε την 1^η διεθνή νομική δεσμευτική ενέργεια με στόχο την καταπολέμηση ζητημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε διακρατικό επίπεδο. Μετέπειτα υπογράφηκαν πρωτόκολλα της σύμβασης που είχαν να κάνουν με την ελάττωση των εκπομπών θείου, την παρακολούθηση εκπομπών οξειδίων του αζώτου, την εποπτεία εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων καθώς επίσης και για την περαιτέρω ελάττωση των εκπομπών θείου (Balkin, 2006).

Κατά την περίοδο του 1980, το ενδιαφέρον για την ατμοσφαιρική ρύπανση, το φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και η εξάντληση του όζοντος, εξακολούθησαν να παρουσιάζουν ανοδική τάση, και την περίοδο του '87 υπογράφηκε το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ που αφορούσε τις ουσίες οι οποίες βλάπτουν σε σημαντικό επίπεδο το στρώμα του όζοντος. Στη συνέχεια υπήρξαν τα πρωτόκολλα του Λονδίνου κατά την περίοδο του '90 και δύο χρόνια αργότερα της Κοπεγχάγης. Ως επί το πλείστον, στο συγκεκριμένο τομέα, τα αέρια τα οποία βλάπτουν το όζον χρησιμεύουν σε πλοία ψυγεία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, στις μονώσεις αμπαριών καθώς επίσης και εμπορευματοκιβωτίων, στα κλιματιστικά αλλά και με στόχο την ψύξη των τροφίμων (Tanaka, 2015).

Γενικότερα, σε ό,τι έχει να κάνει με τη σύμβαση της MARPOL θα πρέπει να τονιστεί πως περιέχει 6 τεχνικά παραρτήματα, που είναι τα εξής :

- Παράρτημα 1^ο : Κανονισμοί με στόχο την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο
- Παράρτημα 2^ο : Κανονισμοί με στόχο την εποπτεία της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες σε χύδην μορφή
- Παράρτημα 3^ο : Πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες οι οποίες μεταφέρονται από τη θάλασσα σε συσκευασμένη μορφή
- Παράρτημα 4^ο : Πρόληψη της ρύπανσης από τα σκάφη (περιλαμβάνει απαιτήσεις για την παρακολούθηση της ρύπανσης της θάλασσας από τα λύματα)
- Παράρτημα 5^ο : Πρόληψη της ρύπανσης από τα σκουπίδια από σκάφη
- Παράρτημα 6^ο : Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα σκάφη (Τσελέντης, 2008)

4.3 Στόχοι του IMO για εκπομπές CO₂

Ο IMO όλα αυτά τα χρόνια έχει αποδείξει με την αποδοτικότητά του, μιας και η ναυτιλία έχει ελαττώσει τα τελευταία έτη τους συνολικούς ρύπους CO₂ κατά 20%. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως τα σκάφη μεταφέρουν σχεδόν το 90% του διεθνούς εμπορίου και εκπέμπουν μόλις το 2,2% των ρύπων αυτής της μορφής. Από την περίοδο του 2010 η εν λόγω βιομηχανία έχει θέσει σαν βασικότερο σκοπό τη μεγαλύτερη ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% έως και την περίοδο του 2020.

Ταυτόχρονα, με την κατασκευή πιο μεγάλων σκαφών, αποδοτικότερων κινητήρων καθώς επίσης και πιο έξυπνη διαχείριση της εύρυθμης δράσης των πλοίων και της ταχύτητάς τους, η συγκεκριμένη βιομηχανία είναι βέβαιη πως θα κατορθώσει τον εν λόγω σκοπό για αισθητή ελάττωση κατά 50% των συγκεκριμένων εκπομπών έως και την περίοδο του 2050, περίοδος κατά την οποία ο διεθνής στόλος θα περιέχει σκάφη τα οποία θα χρησιμοποιούν πιο καθαρά καύσιμα, όπως είναι για παράδειγμα το υγροποιημένο φυσικό αέριο (EENMA, 2015).

Ύστερα από τη συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα, αναμενόταν η επόμενη κίνηση, η οποία υλοποιήθηκε κατά την περίοδο του 2018 από τον IMO. Η έλλειψη ποσοτικών περιορισμών στη συνθήκη του Παρισιού επί της ουσίας άφησε σε ισχύ το πρωτόκολλο του Κιότο έως την περίοδο του 2020 από το οποίο, όμως, απουσίαζε ένα μεγάλο ποσοστό των κρατών με δυνατές ναυτιλιακές σημαίες, όπως ήταν για παράδειγμα ο Παναμάς, η Λιβερία κλπ (Κοζολινο, 2018).

Στα μέσα του 2018, λήφθηκε η απόφαση, η πολιτική η οποία θα εφαρμοζόταν από εκεί και στο εξής είχε 2 καθοριστικούς σκοπούς που ήταν η αισθητή ελάττωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της τάξης του 50% σε σχέση με την κορύφωση της περιόδου του 2008, έως και το 2050 καθώς επίσης και η αισθητή βελτίωση του γενικού δείκτη εκπομπών αυτής της μορφής για κάθε μεταφορικό έργο της διεθνούς ναυτιλίας κατά 40% έως την περίοδο του 2030 και 70% έως την περίοδο του 2050 σε σχέση με την περίοδο του 2008 διαμέσου του δείκτη ενεργειακής απόδοσης των καινούριων σκαφών (Chircop et al., 2018).

Η παραπάνω απόφαση είναι καθοριστική μιας και σταματά τις κινήσεις πιο επιθετικών περιβαλλοντικών lobby της ΕΕ, αλλά και μεμονωμένων κρατών, όπως είναι για παράδειγμα ο Καναδάς, η Κόστα Ρίκα κλπ, που απαιτούσαν ελάττωση από 70 μέχρι και 100% έως την περίοδο του 2050. Έχοντας σαν δεδομένο την υιοθέτηση από τον ΙΜΟ του συστήματος MRV και της συγκέντρωσης δεδομένων πραγματικών καταναλώσεων και εκπομπών αυτής της μορφής από το μεγαλύτερο ποσοστό των σκαφών (90% του διεθνούς στόλου) γίνεται εύκολα αντιληπτό πως μέχρι την περίοδο του 2022 θα εφαρμοστεί το τελικό σύστημα, σύμφωνα με το οποίο θα τιμωρείται όποιος δεν βελτιώνεται και θα επιβραβεύεται ο τεχνολογικό καινοτόμος.

Στα πλαίσια των συνεδριάσεων του MEPC τα τελευταία έτη έχουν κατατεθεί από συμμετέχοντα κράτη διαφοροποιημένες προτάσεις που είχαν άμεση σχέση με τον επιμερισμό του ποσού των χρημάτων τα οποία είναι σημαντικό να συνεισφέρει το εκάστοτε σκάφος σύμφωνα με τις εκπομπές αυτής της μορφής καθώς επίσης και τη διαχείριση του συγκεντρωθέντος ποσού. Ταυτόχρονα, υφίστανται αγοροκεντρικά συστήματα τα οποία συνοπτικά κατηγοριοποιούνται σε 3 βασικές κατηγορίες που είναι το διεθνές ταμείο για τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από σκάφη, οι προτάσεις οι οποίες συνδέουν τις πληρωμές με το δείκτη EEDI των σκαφών καθώς επίσης και το διεθνές σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών ETS για τη ναυτιλία (The Law Library, 2019).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διερεύνηση της εξέλιξης των προσπαθειών ρύθμισης και περιορισμού των εκπομπών αέριων ρύπων, κυρίως του CO₂ από τα πλοία, αντανακλά τη συνεχώς αυξανόμενη σημασία και τον καθοριστικό ρόλο τον οποίο παίζει στη σημερινή εποχή το συγκεκριμένο θέμα για τη διεθνή κοινότητα. Όπως είδαμε στην εν λόγω εργασία τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας του IMO και ως επί το πλείστον της Σύμβασης της MARPOL, οι προσπάθειες έχουν ενταθεί.

Στη σημερινή εποχή, σε παγκόσμιο επίπεδο υφίστανται αναγκαστικά μέτρα με κυριότερο στόχο την αισθητή ελάττωση των εκπομπών της ναυτιλίας διαμέσου της σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του συγκεκριμένου τομέα, ενώ σε επίπεδο ΕΕ, οι πολιτικές ρύθμισης των εν λόγω εκπομπών έχουν ενσωματωθεί στις πολιτικές της ΕΕ για την κλιματική αλλαγή.

Από όλα όσα αναλύθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία κατανοούμε εύκολα ότι έχει ήδη αναπτυχθεί και εξελίσσεται ακόμα περισσότερο με το πέρασμα των ετών σε διεθνές αλλά και σε εθνικό επίπεδο η απαίτηση συμμόρφωσης με τα διεθνή πρότυπα και η απαίτηση για πιο ποιοτικές και οικονομικές υπηρεσίες. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας στη σημερινή εποχή διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο τόσο στη διαχείριση των πλοίων όσο και στον σχεδιασμό των ταξιδιών, κάτι που αναπτύσσει μια τάση την οποία καλούνται να ακολουθήσουν ολοένα και πιο πολλοί πλοιοκτήτες.

Η συγκεκριμένη καινούρια τάση μαζί με τη σύγχρονη βιομηχανία η οποία βασίζεται στη διεθνή ναυτιλία, όπως για παράδειγμα εταιρίες μηχανημάτων, εξοπλισμών σκαφών κλπ έχει αναπτύξει συστήματα και τακτικές που έχουν την ευχέρεια να διασφαλίσουν μια πιο φιλική και εύρυθμη δράση των πλοίων αναπτύσσοντας με αυτόν τον τρόπο ένα πλαίσιο που διαμορφώνει μια σταθεροποιημένη τροχιά στην οποία θα κινείται η παγκόσμια ναυτιλία.

Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν είναι εφικτό να συμπεράνουμε πως η οικονομική βιωσιμότητα του τομέα της ναυτιλίας και η αισθητή βελτίωση των περιβαλλοντικών και ενεργειακών επιδόσεων των σύγχρονων σκαφών, θα μπορούσαν

να εξασφαλιστούν διαμέσου της ελάττωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, μέσα από την προώθηση εναλλακτικών καυσίμων, με μεταβολές στην τεχνολογία των πλοίων καθώς επίσης και των κινητήρων είτε των μηχανών τους.

Με κυριότερο στόχο, όμως, να συντηρηθεί η εστίαση στην ατζέντα της βιώσιμης και πράσινης ναυτιλίας, είναι ζωτικής σημασίας να επικεντρωθούμε προς την κατεύθυνση των καινοτόμων δράσεων και της αποδοτικής ρύθμισης. Στο κοντινό μέλλον, ο εν λόγω τομέας θα εξακολουθεί να είναι εξαρτημένος από τα ορυκτά καύσιμα. Η ναυτιλιακή κοινότητα είναι σημαντικό να δουλέψει σκληρά με κυριότερο στόχο να αναπτύξει τεχνολογίες ενεργειακά αποδοτικές και φιλικότερες προς το περιβάλλον, που να περιέχουν παραγωγή ενέργειας και πρόωσης των σκαφών.

Κλείνοντας είναι σημαντικό να τονιστεί πως στη σύγχρονη εποχή, υφίσταται ένα μεγάλο σύνολο διαφοροποιημένων αλλά εξίσου σημαντικών τακτικών, διαχειριστικών αλλά και αγοροκεντρικών μέτρων, τα οποία έχουν την ευχέρεια να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των σκοπών ελάττωσης των εκπομπών αερίων από τα πλοία. Μερικά εξ αυτών, εφαρμόζονται τα τελευταία έτη με μεγάλη επιτυχία, ενώ αρκετά ακόμα αναμένεται να εφαρμοστούν τα επόμενα χρόνια.

Η αποδοτικότητά τους, όμως, δεν είναι εφικτό να εντοπιστεί άμεσα, αλλά ως επί το πλείστον σε μεσοπρόθεσμο είτε ακόμα και σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, καθιστώντας ακόμη πιο σημαντική την άμεση και αποφασιστική δράση εστιάζοντας στην απαίτηση της ομαλής μετάβασης στις καινούριες συνθήκες, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανταγωνιστικότητα του συγκεκριμένου τομέα. Όπως είδαμε στη συγκεκριμένη εργασία, μερικά από τα πιο σημαντικά μέτρα για την ελάττωση των εκπομπών αυτής της μορφής είναι τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων, τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καθώς επίσης και η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✚ Αλεξοπούλου Α.Β., Φουρναράκη Ν.Γ., (2015), *Διεθνείς κανονισμοί - Ναυτιλιακή πολιτική και δίκαιο της θάλασσας*, Χρυσουν Μεταλλιον Ακαδημίας Αθηνών, Εκπαιδευτικό Εγχειρίδιο Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού, Αθήνα.
- ✚ ΕΕΝΜΑ, (2015), *Πώς θα μειώσει η διεθνής ναυτιλία τους ρύπους CO2 έως το 2050*, Διαθέσιμο στο : <https://www.shortsea.gr/pos-tha-miosi-i-diethnis-naftilia-tous-ripous-co2-eos-to-2050-2/>
- ✚ Ζιώμας Ι., (2004), *Επιπτώσεις των αερίων ρύπων στους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς και στα υλικά, Φυσικό Περιβάλλον και Ρύπανση*, Τόμος 4ος, Διάθεση αποβλήτων και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, ΕΑΠ.
- ✚ Κλιάνη Α.Χ., Νικολού Ι.Κ., Σιδέρη Ι.Α., (2002), *Μηχανές εσωτερικής καύσεως*, Τόμος Α', Χρυσουν Μεταλλιον Ακαδημίας Αθηνών, Αθήνα.
- ✚ Κοζολινο Ι., (2018), *Μελέτη των εκπομπών των πλοίων. Μηχανές και καύσιμα, επεξεργασία των καυσαερίων πριν την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα, παρόν και μέλλον*, Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πάτρα.
- ✚ Κοτρίκλα Α.Μ., (2015), *Ναυτιλία και περιβάλλον*, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- ✚ Μητσοτάκης Α., (2018), *Παρακολούθηση Αερίων Ρύπων στους Λιμένες: η περίπτωση της Ελλάδας*, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Ηράκλειο, Κρήτης.
- ✚ Μοσχόπουλος Ν., (2016), *Εκπομπές αέριων ρύπων σε λιμένες της Μεσογείου*, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά.
- ✚ Ρεμουντάκη Ε., (2010), *Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση*, WWF Ελλάς, Αθήνα.

- ✚ Σιάφης Δ., (2015), *Εφαρμογή του Ευρωπαϊκού συστήματος monitoring, reporting και verification (MRV) των εκπομπών CO2 από τις θαλάσσιες μεταφορές*, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πειραιάς.
- ✚ Συρράκος Σ., (2014), *Υπολογισμός της αέριας ρύπανσης που οφείλεται στην προσέγγιση κρουαζιερόπλοιων σε λιμένες: Οι περιπτώσεις των λιμανιών Πειραιά, Ηρακλείου και Σούδας*, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά.
- ✚ Τσελέντης Β., (2008), *Διαχείριση Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και Ναυτιλία*, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- ✚ Aksoyoglu S., Prévôt A., Baltensperger U., (2016), *Contribution of Ship Emissions to the Concentration and Deposition of Pollutants in Europe: Seasonal and Spatial Variation*, Air Pollution Modeling and its Application XXIV, Springer.
- ✚ American Clean Skies Foundation, (2012), *Natural Gas for Marine Vessels, U.S. Market Opportunities*, American Clean Skies Foundation, Washington, DC.
- ✚ Balkin R., (2006), *International Maritime Organization and Maritime Security*, The Tul. Mar. LJ, 30(1), pp. 33-59.
- ✚ Balon T., Lowell D., Carry T., Van Atten C., Hoffman-Andrews L., (2012), *Natural gas for marine vessels: US Market opportunities*, American Clean Skies Foundation, Washington.
- ✚ Boutin J., (2010), *Air Pollution and Ship Emissions*, Nova Science Publishers.
- ✚ Bull D., (2013), *LNG as a Bunker Fuel: Future Demand Prospects & port design options*, Egham Surrey, UK.
- ✚ Cencsoy E.K., (2017), *Safety Based Decision Support Systems for Marine Structures: LNG Bunkering Case Study*, LAP LAMBERT Academic Publishing.
- ✚ Cheremisinoff N.P., (2016), *Pollution Control Handbook for Oil and Gas Engineering*, Wiley-Scrivener.

- ✚ Chircop A., Doelle M., Gauvin R., (2018), *Shipping and climate change: International law and policy considerations*, Centre for International Governance Innovation.
- ✚ Cooper C.D., Alley F.C., (2004), *Έλεγχος αέριας ρύπανσης-Σχεδιασμός αντιρρυπαντικής τεχνολογίας*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- ✚ Corbett J.J., Winebrake J.J., Green E.H., Kasibhatla P., Eyring V., Lauer A., (2007), *Mortality from ship emissions: a global assessment*, Environmental Science & Technology, 41(24), pp. 8502-8519.
- ✚ Cullinane K., Cullinane S., (2013), *Atmospheric Emissions from Shipping: The Need for Regulation and Approaches to Compliance*, Transport Reviews, 33(4), pp. 377-401.
- ✚ EIA, (2019), *The Effects of Changes to Marine Fuel Sulfur Limits in 2020 on Energy Markets*, Available at : <https://www.eia.gov/outlooks/studies/imo/>
- ✚ Eyring V., Corbett J.J., Lee D.S., Winebrake J.J., (2007), *Brief summary of the impact of ship emissions on atmospheric composition, climate, and human health*, Health and Environment sub-group of the International Maritime Organization, 6th November.
- ✚ Greening the Blue, (2018), *International Maritime Organization*, Available at: <https://www.greeningtheblue.org/what-the-un-is-doing/international-maritime-organization-imo>
- ✚ IMO, 2009
- ✚ Kristensen H.O., (2012), *Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines*, Technical University of Denmark.
- ✚ McCarthy J.E., (2013), *Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ships*, BiblioGov.
- ✚ Miola A., Ciuffo B., Giovine E., Marra M., (2010), *Regulating Air Emissions from Ships - The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options*, JRC Reference Reports.

- ✚ Mokhatab S., Mak J.Y., Valappil J.V., Wood A.D., (2016), *Handbook of Liquefied Natural Gas*, Gulf Professional Publishing.
- ✚ OECD, (2008), *The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping Past trends and future perspectives*, Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, Mexico.
- ✚ OECD, (2011), *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*, OECD.
- ✚ Olmer N., Comer B., Biswajoy R., Mao X., Rutherford D., (2017), *Greenhouse gas emissions from global shipping 2013-2015*, The International Council on Clean Transportation.
- ✚ Posidon MED, (2019), *LNG Bunkering Project*, Available at : <https://poseidonmed.eu/>
- ✚ Roy-Barman M., Jeandel C., (2016), *Marine Geochemistry: Ocean Circulation, Carbon Cycle and Climate Change*, Oxford University Press.
- ✚ Tanaka Y., (2015), *The international law of the sea*, Cambridge University Press.
- ✚ The Law Library, (2019), *Convention on the International Maritime Organization*, Independently published.
- ✚ Vallero D.A., (2014), *Fundamentals of Air Pollution*, 5th Edition, Academic Press.
- ✚ Wither by Publishing Group, (2018), *Guide to Marine Scrubbers*, Seamanship International Ltd.