

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
στην
ΝΑΥΤΙΛΙΑ

**"Εφαρμογή πλυντρίδων (scrubbers) απαερίων
στα εμπορικά πλοία"**

Εμμανουήλ Συσάκος (MN 12032)

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως
μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Οκτώβριος 2014

Δήλωση Αυθεντικότητας / Copyright

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Τζαννάτος Ερνέστος (Επιβλέπων)
- Τσελέντης Βασίλειος
- Τσελεπίδης Αναστάσιος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ (Ευχαριστίες, επισημάνσεις)

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος των Ναυτιλιακών μου σπουδών στο πανεπιστήμιο του Πειραιά, με θέμα "Εφαρμογή πλυντρίδων (scrubbers) απαερίων στα εμπορικά πλοία". Η καταγραφή των βασικών πληροφοριών που εμπεριέχονται εντός της εργασίας έγινε βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Νιώθω, λοιπόν, την ανάγκη να ευχαριστήσω ειλικρινά τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή μου , Κο Τζαννάτο Ερνέστο Σπυρίδωνα, για την εμπιστοσύνη, τη καθοδήγηση του, την υποστήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας για να έρθει αισίως εις πέρας.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω και όλους τους καθηγητές μου του πανεπιστημίου του Πειραιά του τμήματος των Ναυτιλιακών σπουδών για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια της διετούς μου φοίτησης στο πανεπιστήμιο και για τις χρήσιμες υποδείξεις και συμβουλές τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το οικογενειακό και φιλικό μου περιβάλλον που μου συμπαραστάθηκε ηθικά και οικονομικά καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου, συμβάλλοντας σε σημαντικό βαθμό στην διεκπεραίωσή της.

Αφιερώνω, λοιπόν, την ερευνητική μου εργασία σε όλους τους συναδέλφους καθώς και στην οικογένειά μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	10
<u>2.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΟΣ-ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ</u>	19
3. ΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	23
4. SCRUBBERS	39
4.1. <u>Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ SCRUBBERS</u>	39
4.2. <u>ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ SCRUBBERS- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	46
4.2.1. <u>ΥΓΡΕΣ ΠΛΥΝΤΡΙΔΕΣ</u>	49
4.2.2. <u>ΞΗΡΕΣ ΠΛΥΝΤΡΙΔΕΣ</u>	56
5. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ SCRUBBERS	59
5.1. <u>ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</u>	60
5.1.1. <u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ</u>	60
5.2. <u>ΕΡΕΥΝΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ</u>	67
5.3. <u>ΕΡΕΥΝΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ SCRUBBER</u>	69
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ	73
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	77
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα γίνει λεπτομερής αναφορά στο θέμα των scrubbers, όπως ορίζεται από τον τίτλο της ("**Εφαρμογή πλυντριδών (scrubbers) απαερίων στα εμπορικά πλοία**").

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μία εισαγωγική αναφορά στα scrubbers. Στο επόμενο κεφάλαιο, το δεύτερο, θα καταγραφούν βασικές πληροφορίες σχετικά με τον ρόλο των αέριων ρύπων στην κλιματική αλλαγή. Στη συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο, θα επισημανθούν οι κανονισμοί σχετικά με τους αέριους ρύπους στην ναυτιλία. Έπειτα, στο τέταρτο κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα scrubbers, τα είδη τους και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε είδους. Στο επόμενο, το πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική παρουσίαση των καυσαερίων των διαφόρων ειδών καυσίμου με πλήρη, μερικώς και καθόλου χρήση των συστημάτων scrubbers. Παρατίθενται στο πρακτικό μέρος τρία σενάρια με χρήση scrubbers, ώστε να διεξαχθεί αποτέλεσμα σχετικά με το αν η χρήση τους αποτελεί μία συμφέρουσα και αποτελεσματική λύση για την ναυτιλία. Κλείνοντας την βιβλιογραφική ανασκόπηση, στο κεφάλαιο 6 και 7 κατατίθενται η συζήτηση των δεδομένων της έρευνας και τα συμπεράσματα αντίστοιχα, όπου τονίζεται η σκοπιμότητα εφαρμογής των scrubbers στη ναυτιλία, έτσι όπως διαπιστώθηκε από την οικονομοτεχνική μελέτη και την ανάλυση των τριών περιπτώσεων, κάνοντας αναφορά και στις μεταβλητές που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: scrubbers, ρύποι, ναυτιλία, καύσιμα, καυσαέρια

ABSTRACT

In this dissertation will make a detailed report on the issue of scrubbers, as it is fixed by the title (“Application scrubbers apaerion in the commercial boats”).

Initially, in the first chapter there will be a reference to the introductory scrubbers. In the next chapter, the second will record basic information on the role of air pollutants on climate change. Then, in the third chapter, we will identify the regulations on air pollutants in shipping. Then, in the fourth chapter, we will present in detail the scrubbers, their types and the advantages and disadvantages of each type. In the next, the fifth chapter is a detailed presentation of the various types of gas fuel with full, partial and no use of systems scrubbers. In the practical part, three scenarios are listed using scrubbers, to place the result on whether their use is an effective and efficient solution for the shipping. Concluding the literature review, in Chapter 6 and 7 shall be deposited with the discussion of research data and conclusions respectively, stressing the importance of implementation of scrubbers Seas, as established by the feasibility study and the analysis of the three cases, making reference to variables affecting the final result.

KEYWORDS: scrubbers, pollutants, shipping, fuels, exhaust gas

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εκπομπές της ναυτιλίας γνωρίζουν μεγάλη αύξηση και μάλιστα με γοργούς ρυθμούς, γεγονός που εκτιμάται ότι θα ενταθεί μετά την οικονομική κρίση. Η Διεθνής κοινότητα δεσμεύτηκε να μειώσει τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ και η ναυτιλία έχει την ευθύνη να κατατάξει τις πολιτικές αυτές στις δραστηριότητές της και να προσαρμοστεί με αυτές. Γενικότερος στόχος είναι να υιοθετηθούν τακτικές, οι οποίες θα αποτελούν αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την ναυτιλία.

Η Βόρεια θάλασσα αποτελεί βασικό χώρο πλοήγησης της ναυτιλίας. Οι ναυτιλιακές δραστηριότητες επιδρούν σημαντικά στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η μείωση των εκπομπών ρύπων.

Οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων που ζουν κοντά στις ακτές. Βάσει επιστημονικής έρευνας, η μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια (PM) και σε οξείδιο του αζώτου (NO_x) επιβαρύνει τον ανθρώπινο οργανισμό. Συνεπώς, οι κυβερνήσεις θέτουν πρότυπα ποιότητας του αέρα για τους ρύπους του αέρα. Οι πόλεις-λιμάνια οφείνουν τις προδιαγραφές ποιότητας του αέρα.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός διεξήγαγε πλούτο από έρευνες σχετικά με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και την επίπτωση αυτών στην ανθρώπινη υγεία. Οι σημαντικότεροι ρύποι προέρχονται από κινητήρες Diesel και συγκεκριμένα από σωματίδια και οξείδια του αζώτου. Τα αιωρούμενα σωματίδια εισχωρούν βαθιά στα άκρως ευαίσθητα σημεία των πνευμόνων και μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές καρδιαγγειακές παθήσεις και νόσους ή ακόμη και αναπνευστικά νοσήματα επιφέροντας τον θάνατο (<http://cleantech.cnss.no/the-need-for-action/air-pollution/>).

Παράλληλα, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί οξίνιση, γεγονός που συμβάλλει αρνητικά στη ζωή των φυτών και της πανίδας του νερού. Τα οξείδια του αζώτου προκαλούν ευτροφισμό, διαταραχή στο οικοσύστημα, υπερβολική ανάπτυξη φυκών στα παράκτια ύδατα και αύξηση συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων στα υπόγεια ύδατα.

Όλα αυτά είναι αποτέλεσμα των γεωργικών απορροών, των μη επεξεργασμένων λυμάτων και των εκπομπών της ναυτιλίας.

Το 2000 οι εκπομπές σε SO₂ και NO_x από την διεθνή ναυσιπλοΐα στην Ευρώπη αυξήθηκε κατά 30%. Παρόλο που οι αυστηρές τεχνολογίες επί των χερσαίων εγκαταστάσεων και των πετρελαιοκίνητων οχημάτων εφαρμόστηκαν με απώτερο σκοπό να μειωθούν οι χερσαίες εκπομπές, οι θαλάσσιες εκπομπές απέκτησαν μεγαλύτερη σημασία στις παράκτιες περιοχές. Παράλληλα, για την μείωση των εκπομπών σε NO_x από τα πλοία δόθηκαν συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές (<http://cleantech.cnss.no/policies-and-instruments/nox-emissions/>)

Σύμφωνα με έρευνες, οι θάνατοι από καρδιακή πνευμονική ή πνευμονική νόσο ανήλθαν στους 60.000 παγκοσμίως και εκτιμάται ότι ως το 2014 θα αυξηθεί κατά 40%, εξαιτίας της συνεχιζόμενης αύξησης της ναυτιλιακής κυκλοφορίας και της επακόλουθης αύξησης των εκπομπών ρυπογόνων αερίων. Αιτία των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ είναι οι θαλάσσιες μεταφορές, καθώς το 4% των εκπομπών αυτών προέρχονται από τα πλοία. Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν έναν φιλικό τρόπο μεταφοράς αναφορικά με τις εκπομπές αερίων των θερμοκηπίων. Εάν δεν ληφθούν μέτρα, υπολογίζεται ότι οι εκπομπές από τα πλοία θα έχουν αυξηθεί κατά 150-200% μέχρι το 2050 (European Commission - IP/10/1747, 2010).

Με αφορμή τον βαθύτερο προβληματισμό αναφορικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, επικίνδυνη για την υγεία του ανθρώπου, που προκαλείται από τα πλοία και τις εκπομπές των αερίων από αυτά, μελετάται, μέσα από βιβλιογραφική ανασκόπηση άρθρων κατά βάση, η εφαρμογή των scrubbers σε σύγκριση με τις άλλες διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις (LNG fuel in Dual Fuel Engines, ultra-low sulphur fuel oil etc). Καταγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εφαρμογής των scrubbers, η λειτουργικότητα και ο ρόλος τους, ώστε να εξακριβωθεί και να αποσαφηνιστεί η χρησιμότητα και κατά πόσο συμφέρουσα ή όχι λύση είναι.

Η αρχική ερευνητική θέση είναι ότι η εφαρμογή των scrubbers και πως τα scrubbers αποτελούν όντως μία ωφέλιμη λύση.

2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής υπάρχουν πολλά θαλάσσια λιμάνια, τα οποία λειτουργούν ως βιομηχανικά κέντρα που προσφέρουν θέσεις εργασίας. Ωστόσο, αυξάνουν σε σημαντικό βαθμό την ρύπανση, έχοντας αρνητικές επιπτώσεις και επηρεάζοντας τις τοπικές κοινότητες, όσον αφορά τόσο το χερσαίο όσο και το θαλάσσιο οικοσύστημα της περιοχής. Τα πλοία που καταφθάνουν χρησιμοποιώντας στις τεράστιες μηχανές τους καύσιμα και άλλους ρυπογόνους εξοπλισμούς είναι αίτια που αυξάνουν την ρύπανση αυτή και δημιουργούν πληθώρα προβλημάτων. Οι επιπτώσεις αυτές μπορούν να αφορούν προβλήματα στην υγεία των κατοίκων, μόλυνση των υδάτων, νέφος αλλά και καταστροφή της δημόσιας γης.

Το σχέδιο California Air Resources Board Diesel που αφορούσε την μείωση του κινδύνου, αναφέρεται στο ότι τα σωματίδια των καυσαερίων των κινητήρων ντίζελ συμβάλλουν περισσότερο από το 70% του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου από εξωτερικά επίπεδα τοξικών ουσιών στον ατμοσφαιρικό αέρα το 2000. Σύμφωνα με απογραφή που έγινε, τα εμπορικά θαλάσσια σκάφη από μόνα τους αντιπροσώπευαν σχεδόν το 16% των καυσαερίων ντίζελ PM στην πόλη Καλιφόρνια. (Burnett et al, 2000, p 12, 16, 10 και III).

Με τους ραγδαίους αναπτυσσόμενους ρυθμούς αύξησης του διεθνούς εμπορίου, δημιουργήθηκε ταυτοχρόνως και αντίστοιχη αύξηση εμπορευμάτων που αποστέλλονται από τη θάλασσα. Τα σημαντικότερα λιμάνια των Ηνωμένων πολιτειών βρίσκονται πλέον σε φάση επέκτασης για να μπορούν να δέχονται ακόμη πιο πολλά εμπορικά πλοία. Ωστόσο, παρά την μεγάλη αύξηση της θαλάσσιας ναυτιλίας, ο έλεγχος και η πρόληψη της ρύπανσης επικεντρώνονται σε άλλους τομείς, παρόλο που οι επιπτώσεις των λιμένων διατηρούνται με αυξανόμενους ρυθμούς.

Ο αριθμός των λιμανιών ανά τον κόσμο που χειρίζονται πάνω από το 80% των εμπορικών συναλλαγών μεταξύ αναπτυσσόμενων χωρών, ξεπέρα τα 2.000 (The World Bank Group, 2003). Όσον αφορά την οικονομική δραστηριότητα των λιμανιών, εκτιμάται ότι οι θέσεις εργασίας ανέρχονται στα 13 εκατομμύρια,

αναφερόμενες στην λιμενική βιομηχανία των ΗΠΑ και των χρηστών του λιμένα. Επιπλέον εκτιμάται ότι 1.500 δισεκατομμύρια δολάρια προέρχονται από πωλήσεις των επιχειρήσεων στους λιμένες (Corbett & Fishbeck, 2001). Ο αριθμός των μεταφερόμενων με πλοία εμπορευμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες διπλασιάστηκε μεταξύ 1900 και 2001 και παρουσίασε ραγδαία αύξηση της τάξης του 8,5% μεταξύ των ετών 2011 και 2012 (Bureau, 2002). Σύμφωνα με εκτιμήσεις των αμερικανικών τελωνειακών αρχών, ο όγκος των φορτίων που θα εισαχθούν μέσω λιμένων των Ηνωμένων Πολιτειών αναμένεται να τριπλασιαστεί από το έτος 2020 (AAPA, 2003a, b). Η αυξανόμενη αυτή τάση εμφανίζεται και σε όλο τον κόσμο, καθώς φαίνεται να αποστέλλονται σε διεθνές επίπεδο το 1998 πάνω από 5 εκατομμύρια τόνους εμπορευμάτων, με τον εκτιμώμενο ρυθμό ανάπτυξης να είναι στα 4-5 % ετησίως, δημιουργώντας έτσι την ανάγκη για την δημιουργία 200-300 νέων τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων ανά τον κόσμο για τα επόμενα 7 χρόνια. Εκτιμάται ωστόσο, ότι ο αριθμός των διεθνών φορέων σε σχέση με τις μεγάλες ναυτιλιακές γραμμές που κυριαρχούν όλο και περισσότερο τις λιμενικές εργασίες ανά τον κόσμο είναι μικρός (The World Bank Group, 2003). Εστιάζοντας στις προσπάθειες για μείωση του επιπέδου ρύπανσης που συνδέεται με την τεράστια αύξηση των εμπορικών συναλλαγών, με την απουσία των διεθνών φορέων, οι θαλάσσιοι λιμένες μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες ανησυχίες για την υγεία και το περιβάλλον των τοπικών κοινοτήτων.

Παρόλο που υπάρχουν πολλές επιπτώσεις για την υγεία των ανθρώπων, αλλά και για το περιβάλλον από τα λιμάνια, η εστίαση γίνεται στην ποιότητα του αέρα και τις περιφερειακές και τοπικές επιπτώσεις, καθώς και επίσης στο ευρύ φάσμα επιλογών προς τα πράσινα θαλάσσια λιμάνια. Όπως σε ρυπογόνες βιομηχανίες, διατίθενται μέτρα για τον περιορισμό και την εξάλειψη των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία. Στο θέμα των λιμένων, γίνεται αναφορά σε εναλλακτικές λύσεις, βασιζόμενες σε εξετάσεις στην δημόσια υγεία, τη σκοπιμότητα και το κόστος. Επειδή οι θύρες αποτελούν κατά κόρον σύνθετες πηγές ρύπανσης, δεν υπάρχει μία μοναδική λύση για την καταπολέμηση των προβλημάτων. Κρίνεται έτσι ωφέλιμο και αναγκαίο να τεθούν εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες θα συμβάλλουν στην βελτιστοποίηση της ποιότητας του αέρα, θέτοντας στόχους για καλύτερες περιβαλλοντικές πρακτικές.

Οι κύριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι που σχετίζονται με τις ναυτιλιακές δραστηριότητες και επηρεάζουν αρνητικά την υγεία είναι τα καυσαέρια, τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το όζον και τα οξείδια του θείου (SO_x). Άλλοι ρύποι του αέρα από τις λιμενικές εργασίες, είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), η φορμαλδεΐδη, τα βαρέα μέταλλα, οι διοξίνες και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση των προϊόντων.

Τα θαλάσσια σκάφη εκχύνουν 14% του NO_x, και 5% των SO_x συστατικά που αποτελούν πηγές ορυκτών καυσίμων (Corbett & Fishbeck, 2001). Το 2000, από τα εμπορικά πλοία των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής προερχόταν το 7% των NO_x και το 6% των αιωρούμενων σωματιδίων (US EPA, 2002α), αριθμοί οι οποίοι αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Το 2007, τα μεγάλα εμπορικά πλοία εξέπεμπαν 6-65 φορές περισσότερο NO_x ανά μονάδα της ισχύος του κινητήρα diesel. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA), τα θαλάσσια σκάφη προβλέπεται ότι θα διπλασιάσουν την εκπομπή σε PM και NO_x ως το 2020 (US EPA, 2003α). Η πρόβλεψη αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι αναμένεται αύξηση των εμπορικών συναλλαγών και στην παράλληλη υπάρχουσα μείωση του ελέγχου των εκπομπών από τα πλοία. Προβλέπεται επίσης ότι το ένα πέμπτο του συνόλου των σωματιδίων ντίζελ, το 2020, θα προέρχεται από εμπορικά πλοία, και αυτό θα αποτελεί την δεύτερη μεγαλύτερη πηγή τοξικής αιθάλης. Αναφέρεται ότι εκτός από σκάφη, καταπλέουν μολύνοντας τα διεθνή λιμάνια δεξαμενόπλοια, κρουαζιερόπλοια, ρυμουλκά και towboats, μεταφέροντας μεγάλο φορτίο. Παράδειγμα αποτελεί το Λος Άτζελες, όπου τα ποντοπόρα πλοία, τα ρυμουλκά και τα εμπορικά πλοία, σε συνδυασμό με τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής εκπέμπουν διπλάσιο νέφος (Mitchell, 2001).

Η συντριπτική πλειοψηφία του ναυτιλιακού εξοπλισμού χρησιμοποιεί καύσιμο ντίζελ. Ο εν λόγω εξοπλισμός της διακίνησης του ναυτιλιακού φορτίου χρησιμοποιείται για την φόρτωση και την εκφόρτωση μεγάλων εμπορευματοκιβωτίων από πλοία, μηχανές και φορτηγά, καθώς και σε δοχεία αποθήκευσης. Ο εξοπλισμός μεταφοράς αφορά σε γερανογέφυρες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη φόρτωση και εκφόρτωση πλοίων, φορτηγών και shuttle δοχείων.

Ο κανονισμός του off-road εξοπλισμού υστερεί σε onroad φορτηγά και λεωφορεία εδώ και δεκαετίες (CARB, 2000, p III-19?. USEPA, 2004a). Από το 1996 δεν απαιτούνταν πρότυπα εκπομπών για τον βαρύ εξοπλισμό ντίζελ (CARB, 2000, p. III-9), ακόμη και εάν τα πρότυπα αυτά θεωρούνται αδύναμα.

Ουσιαστικά, από το 2007, ο νέος και βαρύς εξοπλισμός ντίζελ εκπέμπει 15 φορές περισσότερο PM και NOx συγκριτικά με τα νέα φορτηγά και λεωφορεία της εθνικής οδού (CARB, 2000, p. III-18-19). Η US EPA είναι αυτή η οποία ρυθμίζει το μεγαλύτερο μέρος των πηγών των ρύπων του αέρα στα λιμάνια, συμπεριλαμβανομένης της σημαίας των ποντοπόρων πλοίων, των ρυμουλκώ, των μηχανών και του εξοπλισμού του χειρισμού των φορτίων και των βαρέων φορτηγών (CARB, 2000). Βέβαια, οι κανονισμοί που ισχύουν σήμερα δεν θεωρούνται ισχυροί και τα αυστηρότερα πρότυπα εξελίσσονται σταδιακά. Η EPA υιοθέτησε και εφάρμοσε από το 2011 αυστηρότερες προδιαγραφές που καλύπτουν τον off-road εξοπλισμό. Τα πρότυπα EPA διέπουν μόνο τις νέες μηχανές και αυτό έχει ως συνέπεια οι υφιστάμενες ρυπογόνες πετρελαιοκηλίδες να συνεχίσουν να ρυπαίνουν για πολλά χρόνια ακόμη. Η EPA, όπως και πολλές άλλες κυβερνητικές υπηρεσίες, προσφέρουν εθελοντικά, νέα προγράμματα σχετικά με τον θαλάσσιο λιμάνι, εργαλεία που συνεισφέρουν στην πρόληψη της ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένου του προγράμματος του Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και του Portfields προγράμματος για την επαναχρησιμοποίηση των κενών βιομηχανικών εκτάσεων (US EPA, 2003b? AAPA, 2003a, b).

Πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου μετακινείται και μεταφέρεται μέσω των 90.000 θαλάσσιων vessels (International Chamber of Shipping? Eyring et al., 2005). Όπως συμβαίνει και σε κάθε μεταφορικό μέσο, το οποίο χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα, έτσι και τα πλοία εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή και την οξίνιση των ωκεανών. Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, τα εμπορικά πλοία παράγουν και άλλα στοιχεία, τα οποία ομοίως συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή και την ρύπανση. Τα εμπορικά πλοία χρησιμοποιούν ένα από τα πιο βρώμικα καύσιμα στην αγορά, καύσιμο ανεπεξέργαστο, το οποίο ωστόσο παρέχει σταθερότητα θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια της καύσης του και του ναυτικού ταξιδιού (Shipping industry faces rough seas over role in air pollution (Shipping industry faces rough seas over role in air

pollution, 2007? <http://www.liquidminerals.com/fuels.htm>). Το εν λόγω ναυτικό καύσιμο, κατηγορήθηκε όχι μόνο για την επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής, αλλά ακόμη και για το γεγονός ότι θέτει σε κίνδυνο τις ανθρώπινες ζωές και την υγεία. Η σωματιδιακή ύλη και η εκπομπή αυτής από την ναυτιλιακή δραστηριότητα συμβάλλει και ευθύνεται για τον επιπολασμό των 60.000 καρδιαγγειακών νόσων, του καρκίνου και των θανάτων από πνευμονικές ασθένειες που συμβαίνουν κάθε χρόνο (Corbett, 2007).

Η ναυτιλιακή δραστηριότητα και βιομηχανία ευθύνεται σε σημαντικό ποσοστό για το παγκόσμιο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Πάνω από το 3% των παγκόσμιων εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα αποδίδεται στα ποντοπόρα πλοία (Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases, 2007). Το ποσοστό αυτό βεβαίως είναι συγκρίσιμο αναφορικά με την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα σε κάθε χώρα-ναυτιλιακή βιομηχανία και μάλιστα αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Η ναυτιλία αποτελεί στην πραγματικότητα τον μεγαλύτερο παραγωγό εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Σε όλο τον κόσμο της ναυτιλίας, οι χώρες οι οποίες εκπέμπουν το μεγαλύτερο ποσοστό σε ρυπογόνο διοξείδιο του άνθρακα είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, Η Κίνα, η Ρωσία, η Ινδία και η Ιαπωνία (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2004). Έως και σήμερα, λοιπόν, η εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα από τα ποντοπόρα πλοία κρίνεται ανεξέλεγκτη.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες διαθέτουν μεθόδους για την μείωση των εκπομπών των παγκόσμιων ρύπων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για την επιβράδυνση, η οποία αφενός μειώνει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και αφετέρου εξοικονομεί καύσιμα. Γεγονός είναι γενικότερα ότι οι φορείς εκμετάλλευσης των πλοίων διαθέτουν τα χρήματα πρωτίστως στην άντληση και χρήση των καθαρότερων καυσίμων, καθώς και στην εφαρμογή τεχνικών και επιχειρησιακών μέτρων, με απώτερο στόχο να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των καυσίμων. Η μείωση της ταχύτητας του εμπορικού πλοίου και οι καιρικές συνθήκες κατά την δρομολόγηση του πλοίου μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο εύκολα και κατά οικονομικό τρόπο για τους φορτωτές. Συγκεκριμένα, πολλές ναυτιλιακές εταιρείες, όπως η BP (Snyder, 2006? Wilson-Roberts, 2006), Germanischer Lloyd (<http://www.lloydslist.com/ll/news/index.htm>), η Hapag-Lloyd, η Nippon Yusen Kaisha (NYK), και η Maersk, έχουν θέσει σε εφαρμογή τα πρωτόκολλα αργού ατμού

με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων και την μείωση των εκπομπών τους. Ακριβώς λόγω του μεγέθους της κλιματικής κρίσης, καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή μέτρων ζωτικής σημασίας, έτσι η ναυτιλιακή βιομηχανία ενστερνίζεται λύσεις και ενσωματώνει τακτικές επιχειρηματικής δραστηριότητας κατά όσο το δυνατόν πιο σύντομο τρόπο. Για να αντιμετωπιστεί η κρίση της κλιματικής αλλαγής, απαιτείται η συντονισμένη προσπάθεια από όλες συνολικά τις ναυτιλιακές βιομηχανίες, όπως είναι οι θαλάσσιες μεταφορές και δεν περιλαμβάνει τις ιδιωτικές δραστηριότητες. Αν και κάποιες προσεγγίσεις αναφορικά με την κλιματική αλλαγή αποκλείουν την ναυτιλιακή εκπομπή, ωστόσο όλα τα έθνη παγκοσμίως θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους για το όφελος της παγκόσμιας οικονομίας, περιλαμβανομένης της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Από τα πλοία προκαλείται υπερθέρμανση με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ρύποι σε όλο τον πλανήτη από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), την αιθάλη (BC), τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). Πρόκειται για στοιχεία, τα οποία συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή είτε άμεσα, παγιδεύοντας την θερμότητα της ατμόσφαιρας, είτε έμμεσα, συμβάλλοντας στην δημιουργία επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου. Τα αέρια του θερμοκηπίου ρυθμίζουν κατά φυσικό τρόπο την θερμοκρασία του πλανήτη. Η ενέργεια από τον ήλιο περνά μέσα από την ατμόσφαιρα προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Η θερμότητα από τη επιφάνεια της Γης προκαλείται από τα αέρια του θερμοκηπίου της ατμόσφαιρας. Τα εν λόγω αέρια του θερμοκηπίου επανεκπέμπουν την ενέργεια αυτή καθώς επιστρέφουν στην Γη και έτσι θερμαίνεται περαιτέρω ο πλανήτης. Το γεγονός βέβαια που ο πλανήτης είναι κατοικήσιμος οφείλεται στα αέρια του θερμοκηπίου, καθώς χωρίς αυτά, η θερμοκρασία θα ήταν κατά μέσο όρο 33 ° C (59 ° F) επί ψυχρότερο (Le Treut, 2007).

Το κλίμα, στο οποίο έχουν προσαρμοστεί ο άνθρωπος και η φύση στηρίζεται στον σωστό τρόπο και ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Από την Βιομηχανική Επανάσταση, ωστόσο, οι άνθρωποι εξέπεμπαν όλο και αυξανόμενες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Τα συγκεκριμένα αέρια ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα ο πλανήτης να ζεσταίνεται περισσότερο. Όσο περισσότερη

απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα υπάρχει, τόσο υψηλότερη θερμοκρασία αποδίδεται στον πλανήτη.

Η αυξανόμενη θερμοκρασία του πλανήτη οδήγησε σε μία σειρά από καταστροφικές αλλαγές στον πλανήτη, όπως είναι οι ισχυρές καταιγίδες, οι πλημμύρες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας με αποτέλεσμα να υπάρχει χαμηλό υψόμετρο σε πολλές περιοχές, η εξαφάνιση πολλών ειδών ζώων και τέλος η διαταραχή της παγκόσμιας διατροφικής παραγωγής (IPCC, 2007).

Σαφώς και η κλιματική αλλαγή επηρέασε ακόμη και τους ωκεανούς. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και της θερμότητας επιβάρυνε το κλίμα, όπου σημαντικές ποσότητες απορροφώνται από τον ωκεανό, προκαλώντας μεγάλες αλλαγές, καταστροφικές κατά βάση για τα είδη που ζουν και εξαρτώνται από τους ωκεανούς, όπως είναι τα ζώα και οι άνθρωποι (IPCC, 2007). Η όλο και αυξανόμενη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα απορροφάται, λοιπόν, από τους ωκεανούς, μεταβάλλοντας την χημεία τους, μετατρέποντάς τους σε ακόμη πιο όξινους και θέτοντας σε κίνδυνο το μέλλον των κοραλλιογενών υφάλων, αλλά και άλλων οργανισμών που παράγουν ανθρακικό ασβέστιο κοχυλιών και σκελετών, καταρρέοντας την θαλάσσια διατροφική αλυσίδα από την οποία εξαρτάται και στηρίζεται ακόμη και ο άνθρωπος (Feely, 2004). Λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, ο θαλάσσιος πάγος ολοένα και λιώνει, αυξάνοντας την στάθμη της θάλασσας, διαταράσσοντας με τον τρόπο αυτό τα θαλάσσια οικοσυστήματα και την ζωή του Ωκεανού (IPCC, 2007). Ταυτόχρονα, επηρεάζονται ακόμη και οι άνθρωποι άμεσα από τις αλλαγές αυτές μέσα από την ακτογραμμή, τις καιρικές συνθήκες και τις αλλαγές σε αυτές και τις εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής των τροφίμων (IPCC, 2007b).

Το μέλλον των Ωκεανών, λοιπόν, τίθεται σε κίνδυνο και για να διασφαλιστεί η «επιβίωσή» του, θα πρέπει να μειωθούν οι πιέσεις της κλιματικής αλλαγής και της οξίνισης με την μείωση των παγκόσμιων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, με την μείωση των ναυτιλιακών εκπομπών, διασφαλίζεται η προστασία του μέλλοντος των ωκεανών.

Τα πλοία αποτελούν βασική πηγή του διοξειδίου του άνθρακα και είναι η βασική κινητήριος δύναμη για την πρόκληση της κλιματικής αλλαγής και της οξίνισης των

ωκεανών. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στη ατμόσφαιρα προέρχεται κατά αποκλειστικότητα από τον άνθρωπο και συγκεκριμένα από την καύση με βάση τον άνθρακα, όπως είναι το ξύλο, το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα κύριο συστατικό των αερίων του θερμοκηπίου και βρίσκεται φυσικά στην ατμόσφαιρα της Γης, ρυθμίζοντας την θερμοκρασία της (EPA, 2007). Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από τον άνθρωπο αποτελούν μία μορφή ρύπανσης και ανεξάρτητα από το πού συμβαίνει επί της Γης (ICCT, 2007), είναι η κινητήριος δύναμη της κλιματικής αλλαγής (IPCC, 2007).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) αποτελεί έναν μη κυβερνητικό και διεθνή οργανισμό, αποτελούμενο από χιλιάδες εμπειρογνώμονες διαφόρων τομέων και παγκοσμίου φήμης. Σύμφωνα με την έκθεση του 2007, το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε η IPCC ήταν ότι η αιτία για την υπερθέρμανση του πλανήτη είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η ύπαρξη άλλων ρύπων (IPCC, 2007c).

Επιπλέον, η IPCC ισχυρίστηκε ότι το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το βασικό ανθρωπογενές αέριο του θερμοκηπίου (IPCC, 2007c). Τα τελευταία 650.000 χρόνια, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κυμάνθηκαν μεταξύ 180 με 300 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) 0,25. Ωστόσο, η δεδομένη και άνωθεν σειρά έχει ξεπεραστεί από την Βιομηχανική Επανάσταση, καθώς τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα πλησιάζουν τα 385 ppm

(ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_gl.txt), όπου οι αυξανόμενοι ρυθμοί του υπολογίζονται σε πάνω από 2 ppm το χρόνο. Το 2007, για παράδειγμα, προστέθηκαν 19 δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (http://www.noaaneews.noaa.gov/stories2008/20080423_methane.html).

Τα εμπορικά πλοία συνεισφέρουν και αυξάνουν σημαντικά την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, τα ποντοπόρα πλοία το 2007 παρήγαγαν 1,12 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα (Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases, 2007). Μάλιστα, η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί με τις ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από πάνω από 205 εκατομμύρια αυτοκίνητα (http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/html/table_01

[11.html](#)), εκπομπές οι οποίες υπολογίζονται σε πάνω από 3% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με αυξανόμενη τάση βεβαίως (Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases, 2007).

Τις τελευταίες τρις δεκαετίες, υπολογίζονται οι ρύποι από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από την ναυτιλιακή βιομηχανία σε πάνω από το 5% ανά χρόνο (ICCT, 2007). Ο IMO μάλιστα προβλέπει ότι, εάν δεν θεσπιστούν μέτρα για την μείωση των εκπομπών από την ναυτιλία, οι εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα θα αυξηθούν σε 1,48 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους ως το 2020, ποσοστό που ισοδυναμεί με τους ρύπους που μπορεί να εκπέμπουν 65 εκατομμύρια αυτοκίνητα (<http://www.usctcgateway.net>).

Η αιθάλη αποτελείται από μικρά σωματίδια που δημιουργούνται από τη ατελή καύση από την πηγή καυσίμου του άνθρακα, όπως είναι οι oil ή coal κινητήρες aging. Επίσης, η κακή συντήρηση του κινητήρα επίσης συμβάλλει την ελλιπή καύση (Lack, et al., 2008).

Ο μαύρος άνθρακας αποδίδει ισχυρή θερμότητα στην ατμόσφαιρα, ακόμη και αν παραδοθεί στο χιόνι ή τον πάγο γενικότερα. Συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας με δύο τρόπους, με την άμεση απορρόφηση της θερμότητας στην ατμόσφαιρα και με την μείωση της ανακλαστικότητας της Γης (Reddy & Boucher, 2006).

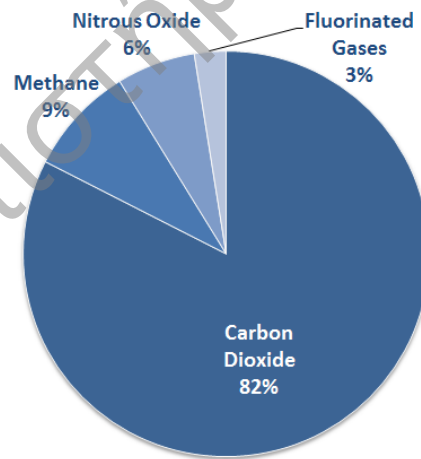
Σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου, η αιθάλη είναι στερεά ουσία και όχι αέρια και προκαλεί θέρμανση απορροφώντας το φως του ηλίου, των υπέρυθρων και επίγειων ακτινοβολιών (Chameides & Bergin, 2002). Ο μαύρος άνθρακας θερμαίνει την ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης του φωτός, «στεγνώνοντας» τον περιβάλλοντα εναέριο χώρο με εξάτμιση του νερού στον αέρα και σε άλλα κοντινά σωματίδια. Η συγκεκριμένη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό μειώνει την ανακλαστικότητα των άλλων σωματιδίων, επιτρέποντας έτσι την απορρόφηση του φωτός του ηλίου και δημιουργώντας επίδραση στην αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

2.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΟΣ-ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ

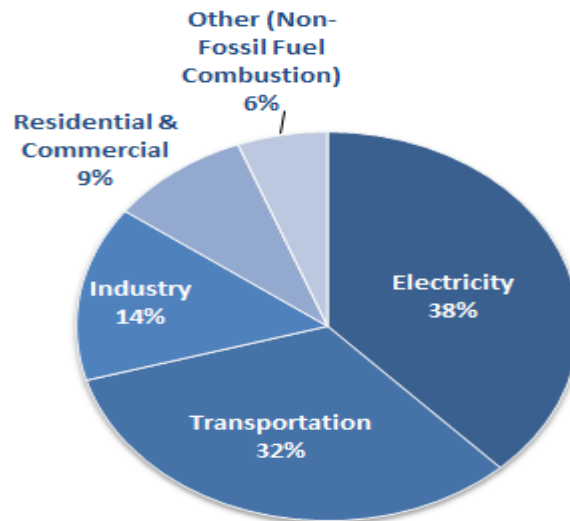
Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελεί το βασικό αέριο του θερμοκηπίου, το οποίο εκπέμπεται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Το 2012, το CO₂ αντιπροσώπευε το 82% των αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου στις ΗΠΑ. Το διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει στην ατμόσφαιρα ως φυσικό μέρος του κύκλου του άνθρακα στην Γη, στους Ωκεανούς, στο έδαφος, στα φυτά και στα ζώα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ωστόσο, αλλοιώνουν τον φυσικό κύκλο του άνθρακα, καθώς αυξάνουν την περιεκτικότητά του στη ατμόσφαιρα και επηρεάζουν την ικανότητά του σε φυσικούς χώρους όπως σε δάση. Παρόλο που προέρχονται από ποικιλία φυσικών πηγών, οι εκπομπές του σημείωσαν έναρξη έπειτα από την βιομηχανική επανάσταση (NRC, 2010).

Επισκόπηση των αερίων του θερμοκηπίου



Εικόνα 1 : ΗΠΑ – Ποσοστά εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Πηγή: <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html>



Εικόνα 2: ΗΠΑ - προέλευση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Πηγή: <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/co2.html>

Η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα από την οποία εκπέμπεται CO₂ είναι η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως άνθρακας, φυσικό αέριο και πετρέλαιο, τόσο για ενέργεια, όσο και για μεταφορικές ανάγκες. Επίσης, κάποιες βιομηχανικές διεργασίες και αλλαγές της χρήσης τους, αποτελούν μία ακόμη αιτία εκπομπής του CO₂. Οι κύριες πηγές εκπομπής του CO₂ στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είναι οι κάτωθι:

- Ηλεκτρισμός. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι μια σημαντική πηγή ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες και χρησιμοποιείται στα σπίτια ενέργειας, σε επιχειρήσεις και στην βιομηχανία. Η καύση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών CO₂ στη χώρα, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 38% των συνολικών εκπομπών CO₂ των ΗΠΑ και το 31% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των ΗΠΑ για το 2012. Ο τύπος των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκπέμπουν διαφορετικές ποσότητες CO₂. Για να παραχθεί μία δεδομένη ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, η καύση άνθρακα παράγει περισσότερο CO₂ από το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο.

- **Μεταφορές.** Η καύση των ορυκτών καυσίμων, όπως είναι η βενζίνη και το ντίζελ για τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών, είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών CO₂, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 32% των συνολικών εκπομπών CO₂ των ΗΠΑ και το 27% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των ΗΠΑ για το 2012. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τις πηγές μεταφοράς, όπως τα οχήματα οδικής κυκλοφορίας, τα αεροπορικά ταξίδια, τις θαλάσσιες μεταφορές και τις σιδηροδρομικές γραμμές.
- **Βιομηχανία.** Πολλές βιομηχανικές διεργασίες εκπέμπουν CO₂ μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Αρκετές μέθοδοι παράγουν επίσης εκπομπές CO₂ μέσω χημικών αντιδράσεων που δεν περιλαμβάνουν την καύση, για παράδειγμα, η παραγωγή και η κατανάλωση των ορυκτών προϊόντων, όπως τσιμέντο, η παραγωγή των μετάλλων, όπως ο σίδηρος και ο χάλυβας, και η παραγωγή των χημικών ουσιών. Η καύση ορυκτών καυσίμων από διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες αναλογούν περίπου στο 14% των συνολικών εκπομπών CO₂ των ΗΠΑ και το 12% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των ΗΠΑ το 2012. Επιπλέον, πολλές βιομηχανικές διαδικασίες χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και ως εκ τούτου έμμεσα προκαλούν τις εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το διοξείδιο του άνθρακα συνεχώς ανταλλάσσεται μεταξύ της ατμόσφαιρας, των ωκεανών και της επιφάνειας της γης. Σε όλες τις περιπτώσεις, το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται από πολλούς μικροοργανισμούς, από τα φυτά και από τα ζώα. Ωστόσο, τόσο η εκπομπή όσο και η απομάκρυνση του CO₂ αποτελούν φυσικές διεργασίες, οι οποίες τείνουν να εξισορροπηθούν. Δεδομένου του γεγονότος ότι η Βιομηχανική Επανάσταση ξεκίνησε το 1750, οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνέβαλλαν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή με την προσθήκη σε CO₂ και σε άλλα αέρια που παγιδεύουν την θερμότητα στην ατμόσφαιρα.

Στις ΗΠΑ, από το 1990, η διαχείριση των δασών και των γεωργικών γαιών συνέβαλλε στην δέσμευση του CO₂ με απώτερο σκοπό την απομάκρυνση της μεγάλης ποσότητά του από την ατμόσφαιρα και την αποθήκευσή του σε φυτά και δέντρα. Η εν λόγω δέσμευση αντιστάθμισε περίπου το 15% των συνολικών

εκπομπών για το 2012 και αποτέλεσε βασικό θέμα συζήτησης λόγω της αποδοτικότητάς του.

Οι εκπομπές στις ΗΠΑ αυξήθηκαν σε 5% από 1990 ως το 2012. Η καύση των ορυκτών καυσίμων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στις ΗΠΑ. Οι αλλαγές στις εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων αποτελούν ιστορικά τον κυρίαρχο παράγοντα, ο οποίος επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές των ΗΠΑ. Οι αλλαγές σε εκπομπές του CO₂ μέσα από την καύση των ορυκτών καυσίμων επηρεάζεται από διάφορους μακροπρόθεσμους ή βραχυπρόθεσμους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της πληθυσμιακής αύξησης, της οικονομικής ανάπτυξης, της αλλαγής των τιμών της ενέργειας, των νέων τεχνολογιών, της συμπεριφορικής αλλαγής και της αλλαγής των θερμοκρασιών ανά εποχή. Από το 1990 ως το 2012, η αύξηση της εκπομπής του CO₂ οδήγησε σε αυξημένη χρήση ενέργειας, λόγω της επέκτασης της οικονομίας και του πληθυσμού και σε συνολική αύξηση των εκπομπών από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, η εκπομπές του CO₂ λόγω της χρήσης καυσίμων για μεταφορικούς λόγους αυξήθηκε σε 5%, λόγω της αύξησης της έκτασης-απόστασης και προορισμού της μεταφοράς των μηχανοκίνητων. Τέλος, η εκπομπές σε CO₂ αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,5% ως το 2020 (US Department of State Fourth Climate, 2007).

3. ΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Στο ψήφισμα MEPC.184 (59) και τις οδηγίες για τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων που εκδόθηκε το 2009, υπενθυμίζεται το άρθρο 38 (α) της Σύμβασης για τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό σχετικά με τα καθήκοντα της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος που ανατίθενται από διεθνείς συμβάσεις για την πρόληψη και τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης. Το εν λόγω ψήφισμα τέθηκε σε εφαρμογή από την 1η Ιουλίου του 2010.

Αναφορικά, λοιπόν, με το κανονισμό 4 του αναθεωρημένου παραρτήματος VI της MARPOL, επιτρέπεται η χρήση εναλλακτικών μεθόδων συμμόρφωσης με στόχο τη μείωση των εκπομπών, συμπεριλαμβάνοντας τις προδιαγραφές που ορίζονται στο κανονισμό 14, λαμβανομένων υπόψη των κατευθύνσεων που αναπτύχθηκε από τον Οργανισμό. Οι κατευθυντήριες γραμμές που δόθηκαν λοιπόν ορίζουν τα παρακάτω:

1.1. σύμφωνα με τον κανονισμό 14 του παραρτήματος VI της MARPOL 73/78, απαιτείται από τα πλοία να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο που να μην υπερβαίνει αυτή που προβλέπεται από τον κανονισμό 14.1 ή 14.4. Ο Κανονισμός 4 επιτρέπει, με την έγκριση της αρμόδιας αρχής, τη χρήση μιας εναλλακτικής μεθόδου συμμόρφωσης τουλάχιστον ως αποτελεσματική όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών, όπως αυτό απαιτείται από το παράρτημα, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων που ορίζονται στον κανονισμό 14

Εγκρίνεται η μονάδα EGC με την επιφύλαξη περιοδικής παραμέτρου και ελέγχου εκπομπής ή με το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης των εκπομπών. Απώτερος στόχος είναι η προσανατολισμένη απόδοση. Επιπλέον, η χρήση της AA 2 (ppm)/ CO 2 (%) απλοποιεί την παρακολούθηση των εκπομπών σε διοξείδιο του θείου και εγκρίνεται έτσι η μονάδα EGC.

Η συμμόρφωση στηρίζεται στη χρήση της AA και ορίζεται από την αναλογία έτσι όπως παρουσιάστηκε από τον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 1: Τα όρια του θείου στο μαζούτ που καταγράφονται στους κανονισμούς 14.1 και 14.4 και τις αντίστοιχες τιμές εκπομπών

Πηγή: <http://cleantech.cnss.no/wp-content/uploads/2011/05/2009-MEPC-RESOLUTION-MEPC.184-59-1.pdf>

Μαζούτ θείου Περιεχόμενο (% M / m)	αναλογία εκπομπών SO ₂ (Ppm) / CO ₂ (% V / v)
4.50	195.0
3.50	151.7
1.50	65.0
1.00	43.3
0.50	21.7
0.10	4.3

Ο σκοπός των κατευθυντήριων γραμμών είναι να καθοριστούν οι απαιτήσεις για τη δοκιμή, την έρευνα, την πιστοποίηση και επαλήθευση των συστημάτων του καθαρισμού καυσαερίων (EGC) σύμφωνα με τον κανονισμό 4 για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική ισοδυναμία με τις απαιτήσεις των κανονισμών 14.1 και 14.4 του παραρτήματος VI της MARPOL 73/78.

Για πλοία, τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιήσουν ένα σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων σε μέρος ή στο σύνολο, προκειμένου να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς 14.1 ή / και 14.4 του παραρτήματος VI της MARPOL, πρέπει να υπάρχει μια εγκεκριμένη συμμόρφωση σε εκπομπή SO_x (sECP).

Οι κατευθυντήριες γραμμές ισχύουν για κάθε μονάδα EGC τροφοδότησης μηχανών καύσης πετρελαίου, εξαιρουμένων των πλοίων αποτεφρωτήρων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις επιπτώσεις στην ασφάλεια που σχετίζονται με τη διακίνηση και την εγγύτητα των καυσαερίων, τον εξοπλισμό μετρήσεων και την αποθήκευση και τη χρήση των δοχείων υπό πίεση της καθαρής και βαθμονόμησης αερίων. Η δειγματοληψία θέσεων και πρόσβασης σε μόνιμη πλατφόρμα θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η παρακολούθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια. Κατά τον εντοπισμό εξόδου εκκένωσης του νερού πλύσης που χρησιμοποιείται στην μονάδα EGC, πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή στη θέση της εισόδου θαλασσινού νερού του πλοίου. Σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας το pH θα πρέπει να διατηρείται σε ένα επίπεδο, ώστε να αποφεύγεται η βλάβη στο σύστημα του σκάφους, τον έλικα, το πηδάλιο και τα άλλα συστατικά που μπορεί να είναι ευάλωτα σε όξινες αντιρρυπαντικές απορρίψεις, προκαλώντας ενδεχομένως την επιταχυνόμενη διάβρωση των μεταλλικών εξαρτημάτων.

Μια EGC μονάδα πρέπει να πιστοποιείται ως ικανή επίτευξης της οριακής τιμής, που καθορίζεται από τον κατασκευαστή (π.χ., το επίπεδο των εκπομπών η μονάδα είναι ικανή να επιτύχει μια συνεχή βάση) με έλαια καύσιμα καθορισμένα από τον κατασκευαστή σε μέγιστο περιεχόμενο σε % m / m θείο και το εύρος των παραμέτρων λειτουργίας. Η πιστοποιημένη τιμή θα πρέπει τουλάχιστον να είναι κατάλληλη για τις εργασίες του πλοίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις που δίνονται από τους κανονισμούς, οι οποίοι καταγράφονται στο παράρτημα VI της MARPOL 14.1 ή / και 14.4.

Σε περίπτωση που οι δοκιμές δεν πρέπει να γίνονται με τα πετρέλαια εξωτερικής καύσεως του κατασκευαστή που καθορίζονται κατά μέγιστο % m / m περιεκτικότητας σε θείο, επιτρέπεται η χρήση δύο καυσίμων δοκιμής με m% χαμηλότερη περιεκτικότητα / m σε θείο. Τα δύο καύσιμα που επιλέγονται πρέπει να έχουν επαρκή διαφορά στην περιεκτικότητα σε θείο m / m% για να αποδειχθεί η λειτουργική συμπεριφορά της μονάδας EGC και να αποδειχθεί ότι η Πιστοποιημένη τιμή μπορεί να επιτευχθεί.

Θα πρέπει να δηλώνεται ο μέγιστος και ο ελάχιστος ρυθμός ροής της μάζας των αερίων καύσης. Η επίδραση της μεταβολής των άλλων παραμέτρων που ορίζονται στο 4.2.2.1 (β) θα πρέπει να είναι δικαιολογημένη από τον κατασκευαστή του

εξοπλισμού. Η επίδραση των μεταβολών αυτών των παραγόντων θα πρέπει να αξιολογείται με τη δοκιμή ή με κάποιο άλλο κατάλληλο τρόπο.

Κάθε μονάδα EGC έχει τιμή εκπομπής που δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την πιστοποιημένη τιμή, όταν λειτουργεί σύμφωνα με τις παραμέτρους που ορίζονται στο 4.2.2.1 (β).

Για τις μονάδες EGC με διαφορετικές ικανότητες, θα πρέπει να αναφέρεται η ευαισθησία σε μεταβολές στο είδος του μηχανήματος καύσης, στις οποίες έχουν τοποθετηθεί, μαζί με ευαισθησία προς τις μεταβολές στις παραμέτρους που αναφέρονται στο 4.2.2.1 (β).

Η επίδραση των μεταβολών της δυναμικότητας της μονάδας EGC για τα χαρακτηριστικά νερού πλύσης πρέπει να είναι ελέγχονται λεπτομερώς.

Όλα τα δικαιολογητικά στοιχεία που λαμβάνονται σύμφωνα με το παρόν τμήμα, μαζί με την ETM-A για κάθε μονάδα χωρητικότητας, θα πρέπει να υποβάλλονται στην Διοίκηση για έγκριση.

Κάθε μονάδα EGC πρέπει να πιστοποιηθεί ότι πληρεί την πιστοποιημένη τιμή που καθορίζεται από τον κατασκευαστή (Π.χ., το επίπεδο των εκπομπών η μονάδα είναι ικανή να επιτύχει σε συνεχή βάση) κάτω από συνθήκες λειτουργίας και περιορισμούς, όπως δίνεται από το EGC Τεχνικό Εγχειρίδιο (ETM-A), που είναι εγκεκριμένο από την Αρχή.

Ο προσδιορισμός της πιστοποιημένης τιμής θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις διατάξεις των άνωθεν κατευθυντήριων γραμμών.

Οι πληροφορίες εκείνες, οι οποίες θα πρέπει να ελέγχονται είναι οι εξής:

(A) η ταυτοποίηση της μονάδας (κατασκευαστής, μοντέλο / τύπος, ο αριθμός σειράς και άλλες λεπτομέρειες) συμπεριλαμβανομένης της περιγραφής της μονάδας και τυχόν απαιτούμενα βοηθητικά συστήματα.

(B) τα όρια λειτουργίας, ή το εύρος τιμών λειτουργίας, για τα οποία η μονάδα έχει πιστοποιηθεί.

Αυτά θα πρέπει, κατ'ελάχιστον, να περιλαμβάνουν:

- (I) κατ' ανώτατο όριο και, κατά περίπτωση, ελάχιστη ταχύτητα ροής μάζας των καυσαερίων
- (Ii) η δύναμη, το είδος και άλλες σχετικές παραμέτρους της καύσης μαζούτ
- Θα πρέπει επίσης να δοθεί μέγιστη αναλογία αέρα / καυσίμου σε 100% φορτίο.
- (Iii) μέγιστη και ελάχιστη παροχή νερού πλύσης, πιέσεις εισόδου και ελάχιστης εισόδου αλκαλικότητας του νερού (ISO 9963-1-2)
- (Iv) εύρος θερμοκρασίας εισόδου των καυσαερίων και μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία καυσαερίων εξόδου του αερίου με τη μονάδα EGC σε λειτουργία
- (V) διαφορικό εύρος αερίου καυσαερίων και η είσοδος αερίου μέγιστης εξάτμισης πίεσης
- (Vi) επίπεδα αλατότητας ή στοιχεία φρέσκου νερού είναι απαραίτητα για την παροχή επαρκών παραγόντων εξουδετέρωσης
- (Vii) άλλοι παράγοντες που αφορούν τον σχεδιασμό και τη λειτουργία της μονάδας EGC σχετικά με την επίτευξη μέγιστης τιμής εκπομπών όχι μεγαλύτερη από την πιστοποιημένη τιμή
- (Γ) οποιοσδήποτε απαιτήσεις ή περιορισμούς που ισχύουν για τη μονάδα EGC ή συνδέονται με τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για να μπορέσει η μονάδα να πετύχει μια μέγιστη τιμή εκπομπής όχι υψηλότερη από την πιστοποιημένη τιμή
- (Δ) Η διατήρηση, η συντήρηση και οι προσαρμογές θα πρέπει να καταγράφονται στο EGC Βιβλιάριο
- (Ε) διορθωτικές ενέργειες σε περίπτωση υπέρβασης του ισχύοντος μέγιστου επιτρεπόμενου SO₂ / CO₂

Σύμφωνα με τον κανονισμό παράρτημα VI της MARPOL 10, μονάδες EGC μπορεί επίσης να υπόκεινται για επιθεώρηση από τον έλεγχο του κράτους του λιμένα. Πριν τη χρήση κάθε μονάδα EGC πρέπει να εκδίδονται με SECC από τη Διοίκηση.

Αναφορικά με τα όρια των εκπομπών, κάθε μονάδα EGC θα πρέπει να είναι ικανή να μειώσει τις εκπομπές για ίσο ή μικρότερο ποσοστό από την πιστοποιημένη τιμή σε οποιοδήποτε σημείο του φορτίου, όταν λειτουργεί σύμφωνα με τα κριτήρια που καθορίζονται.

Οι μονάδες EGC που τοποθετούνται σε βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις των κατευθυντήριων γραμμών σε φορτία μεταξύ 10-100% του εύρους φορτίου των κινητήρων στους οποίους έχουν τοποθετηθεί.

Θα πρέπει αν γίνονται μετρήσεις των εκπομπών, με τη συμφωνία της Διοίκησης, σε τουλάχιστον τέσσερα σημεία του φορτίου. Ένα σημείο του φορτίου θα πρέπει να είναι στο 95-100% του μέγιστου ρυθμού ροής της μάζας των καυσαερίων για την οποία η μονάδα πρόκειται να πιστοποιηθεί. Ένα άλλο σημείο φορτίου πρέπει να είναι $\pm 5\%$ του ρυθμού ροής της μάζας του αερίου κατ' ελάχιστο καυσαερίων για τα οποία η μονάδα μπορεί να πιστοποιηθεί. Τα άλλα δύο σημεία του φορτίου θα πρέπει να απέχουν εξίσου μεταξύ της μέγιστων και ελάχιστων ποσοστών ροής της μάζας των καυσαερίων. Όταν υπάρχουν ασυνέχειες στη λειτουργία του συστήματος, ο αριθμός των σημείων φόρτισης θα πρέπει να αυξηθεί, με τη σύμφωνη γνώμη της Διοίκησης, έτσι ώστε να αποδεικνύεται ότι η απαιτούμενη απόδοση σε σχέση με τη ροή μάζας αερίου καυσαερίων διατηρεί τα ποσοστά.

Η συγκέντρωση εκπομπών (ppm) σε τυποποιημένη συγκέντρωση σε O₂ (15,0% πετρελαιοκινητήρες, 3,0% λέβητες) δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50 ppm.

Εάν δεν έχει τοποθετηθεί στο σκάφος/ πλοίο σύστημα παρακολούθησης αερίων συνεχούς εξάτμισης, συνιστάται ο καθημερινός έλεγχος της ποιότητας των καυσαερίων ως προς την αναλογία SO₂ (Ppm) / CO₂ (%)

Η συμμόρφωση αποδεικνύεται στην υπηρεσία με συνεχή παρακολούθηση των καυσαερίων.

Το CO₂ θα πρέπει να μετράται σε ξηρά βάση, χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή που λειτουργεί βάση υπέρυθρης αρχή (NDIR).

Ο έλεγχος μπορεί να γίνεται με τη χρήση είτε in situ ή εκχυλιστικών συστημάτων δείγματος.

Ο προσδιορισμός πρέπει να διατηρείται σε επαρκή θερμοκρασία για την αποφυγή συμπυκνωμένου νερού στο σύστημα δειγματοληψίας και ως εκ τούτου την απώλεια του SO₂. Εάν εκχυλιστικό δείγμα καυσαερίων για τον προσδιορισμό θα πρέπει να ξηραίνεται πριν από την ανάλυση αυτή, θα πρέπει να γίνει κατά τρόπο που δεν οδηγεί σε απώλεια SO₂ στο δείγμα που αναλύεται.

Η συσκευή καταγραφής και επεξεργασίας θα πρέπει να είναι ικανή να προετοιμάζει τις εκθέσεις πάνω σε συγκεκριμένες περιόδους του χρόνου. Τα δεδομένα πρέπει να διατηρούνται για περίοδο όχι μικρότερη των 18 μηνών από την ημερομηνία της καταγραφής. Εάν η μονάδα έχει αλλάξει κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο πλοιοκτήτης θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι τα απαιτούμενα δεδομένα διατηρούνται επί του σκάφους και διατίθενται, όπως απαιτείται (RESOLUTION MEPC.184(59), 2009).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ), απώτερος στόχος είναι η σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο. Για το σκοπό αυτό, επικροτήθηκε η απόφαση του 2008 του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών (ΔΝΟ) για τη δραστική μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων πλοίων σε θείο μέχρι το 2020. Κλήθηκαν όλα τα κράτη μέλη του ΔΝΟ να επικυρώσουν το συντομότερο δυνατό τη σχετική σύμβαση του ΔΝΟ, προκειμένου να εξασφαλισθεί η παγκόσμια εφαρμογή της.

Υποστηρίχτηκε η πρόταση της Επιτροπής για την προσαρμογή της οδηγίας 1999/32/ΕΚ στο Παράρτημα VI σχετικά με την πρόληψη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τα πλοία της Σύμβασης MARPOL 73/78 του ΔΝΟ, δηλαδή της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία. Κρίθηκε, ωστόσο, ότι ορισμένες προτάσεις και συνέπειες χρειάζονται περαιτέρω εξέταση.

Ζητήθηκε να ενσωματωθούν κατά κάποιον τρόπο στην οδηγία διατάξεις που να ανταποκρίνονται στον κανονισμό ΔΝΟ 18 σχετικά με την ποιότητα μαζούτ, με τη

ρήτρα διαθεσιμότητάς του (απαίτηση σχετικά με τη «διάθεση στην αγορά») και τις υποχρεώσεις υποβολής εκθέσεων, εφόσον το πλοίο κάνει χρήση του Κανονισμού 18. Επίσης, ζητήθηκε να ενσωματωθεί και η ρήτρα «μη διαθεσιμότητας» του εν λόγω κανονισμού.

Τέθηκαν ερωτηματικά σχετικά με την πρόταση για την εφαρμογή του ορίου περιεκτικότητας σε θείο 0,1% στα επιβατηγά πλοία εκτός των ΠΕΕΘ από το 2020. Αν και η πρόταση δεν εξετάστηκε πλήρως, ωστόσο, χάριν της υγείας των επιβατών και των μελών πληρώματος των επιβατηγών πλοίων, η ΕΟΚΕ υποστήριξε την πρόταση.

Απαγορεύεται η εμπορία καυσίμων πλοίων με περιεκτικότητα σε θείο που υπερβαίνει το 3,5% κατά μάζα καθιστώντας λιγότερο ελκυστική τη χρήση μεθόδων μείωσης των εκπομπών στα πλοία (πλυντρίδες). Το θέμα αυτό θα πρέπει να αποσαφηνιστεί.

Ταυτόχρονα, εκφράστηκε η ανησυχία σχετικά με τα προβλήματα που θα μπορούσαν να προκύψουν εάν τεθεί σε ισχύ από το 2015 το όριο περιεκτικότητας σε θείο 0,1% στις ΠΕΕΘ. Ο ΔΝΟ δεν έχει προβεί σε διεξοδική εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων. Η ΕΟΚΕ συνιστά να πραγματοποιούνται στο μέλλον εκ των προτέρων διεξοδικές εκτιμήσεις των επιπτώσεων από τον ΔΝΟ.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό, θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω και να βελτιωθούν οι εναλλακτικές μέθοδοι μείωσης των εκπομπών και οι δυνατότητες χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Λαμβανομένων υπόψη των διάφορων αστάθμητων παραγόντων, όπως για παράδειγμα της διαθεσιμότητας καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο το 2015 ή του κινδύνου «ανάποδης» στροφής σε άλλα μέσα μεταφοράς, η Επιτροπή προτείνει στη συνοδευτική της ανακοίνωση να τροποποιηθεί η προθεσμία εφαρμογής, εάν υπάρξει κίνδυνος να γίνουν πραγματικότητα οι εν λόγω παράγοντες. Η ΕΟΚΕ συνιστά να γίνει αυτό εγκαίρως, εάν κριθεί αναγκαίο, ώστε να συνεχιστεί η προώθηση των απαραίτητων επενδύσεων. Ειδικότερα, ενόψει του σύντομου χρονικού διαστήματος που απομένει έως το 2015, θα πρέπει να μετατεθεί η προθεσμία για την καθιέρωση του ανώτατου ορίου του 0,1% στο 2020.

Τα καύσιμα των πλοίων είναι τα φθηνότερα και τα λιγότερο εξευγενισμένα καύσιμα που υπάρχουν. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι παραπροϊόντα μιας μεθόδου

υψηλότερης διύλισης του πετρελαίου. Αποτελούν, επί του παρόντος, σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδιαίτερα όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα (4% του παγκόσμιου συνόλου από ανθρωπογενείς πηγές) και το οξείδιο του θείου (9%).

Πριν τεθούν σε ισχύ οι συμβάσεις και τα πρωτόκολλα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΔΝΟ) των Ηνωμένων Εθνών και ειδικότερα η Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία (MARPOL), το 1973 και το 1978 αντιστοίχως, και αργότερα το Πρωτόκολλο του 2008, επιτρεπόταν η χρήση καυσίμων περιεκτικότητας 4,5% σε θείο.

Το παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL του 2008 προβλέπει μια δραστική και σταδιακή μείωση στο 0,5% εν γένει για το 2020 και, σε περίπτωση δυσχερειών, το αργότερο μέχρι το 2025. Άλλωστε, είναι γνωστό ότι τα σωματίδια του θείου, τα οποία έχουν σχεδόν εξαλειφθεί από τις χερσαίες πηγές (ενέργεια και εκπομπές που οφείλονται στις οδικές μεταφορές), προκαλούν αναπνευστικά και καρδιακά προβλήματα και είναι γενικώς αποδεκτό ότι πρέπει να μειωθεί η περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο.

Σύμφωνα με την πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και την οδηγία 1999/32/EK (όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία 2005/33/EK) ρυθμίζεται η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις θαλάσσιες μεταφορές και ενσωματώνονται στο δίκαιο της ΕΕ ορισμένοι διεθνείς κανόνες που έχουν συμφωνηθεί στο πλαίσιο του ΔΝΟ.

Στην τρέχουσα μορφή της, η εν λόγω οδηγία περιλαμβάνει αυστηρότερες διατάξεις σχετικά με την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων που χρησιμοποιούνται σε περιοχές που απαιτούν ιδιαίτερη προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών θείου (ΠΕΕΘ).

Μάλιστα, η ΕΟΚΕ γνωμοδότησε ήδη επί της πρότασης οδηγίας 1999/32/EK στις 14 Μαΐου 2003 (CESE 580/2003, OJ C 208, 3.9.2003,σελ.. 27-29).

Με την υποστήριξη των κρατών μελών της ΕΕ, αναθεωρήθηκαν και ενισχύθηκαν τον Οκτώβριο του 2008 οι διεθνείς κανόνες του ΔΝΟ με την προσαρμογή του παραρτήματος VI της Σύμβασης MARPOL (Ψήφισμα MEPC.176 (58)).

Οι κυριότερες αλλαγές που εισήχθησαν στο παράρτημα VI της MARPOL για τη ρύπανση από SO₂ είναι οι εξής:

- Η μείωση των ορίων που ισχύουν για την περιεκτικότητα σε θείο όλων των καυσίμων πλοίων στις ΠΕΕΘ από 1,5% κατά βάρος σε 1,0% από την 1η Ιουλίου 2010 και 0,10% από την 1η Ιανουαρίου 2015.
- Η μείωση των ορίων που ισχύουν για την περιεκτικότητα σε θείο όλων των καυσίμων πλοίων εκτός ΠΕΕΘ από 4,5% κατά βάρος σε 3,5% από τον Ιανουάριο του 2012 και σε 0,50% από τον Ιανουάριο του 2020, με την επιφύλαξη αναθεώρησης το 2018 και με πιθανή αναβολή έως το 2025.
- Η έγκριση της χρήσης ενός εκτενούς φάσματος μεθόδων μείωσης των εκπομπών (ισοδύναμων επιλογών), όπως εξοπλισμός, μέθοδοι, διαδικασίες ή εναλλακτικά καύσιμα.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνοχή με το διεθνές δίκαιο, καθώς και η εφαρμογή στην ΕΕ των νέων παγκόσμιων προτύπων για το θείο, οι διατάξεις της οδηγίας 1999/32/ΕΚ θα πρέπει να ευθυγραμμιστούν με το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL (COM(2011) 439 final) και είναι οι εξής:

- Ενσωμάτωση στην οδηγία των τροποποιήσεων του παραρτήματος VI της MARPOL του 2008 όσον αφορά την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο.
- Ευθυγράμμιση της οδηγίας με τις διατάξεις του ΔΝΟ που επιτρέπουν ένα ευρύ φάσμα ισοδύναμων μεθόδων μείωσης των εκπομπών. Προσθήκη στις διατάξεις αυτές πρόσθετων εγγυήσεων για να διασφαλιστεί ότι οι ισοδύναμες

μέθοδοι μείωσης των εκπομπών δεν θα έχουν απαράδεκτες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

- Καθορισμός της διαδικασίας ελέγχου του ΔΝΟ για τα καύσιμα.

Η Επιτροπή προτείνει επίσης τα ακόλουθα πρόσθετα μέτρα:

- Καθιέρωση ορίου περιεκτικότητας σε θείο 0,1%, από το 2020, για τα επιβατηγά πλοία που δραστηριοποιούνται εκτός ΠΕΕΘ.
- Ανάπτυξη μη δεσμευτικής κατευθυντήριας γραμμής για τη δειγματοληψία και την υποβολή εκθέσεων. Αν αυτό δεν φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα, πρέπει να εξεταστεί η θέσπιση δεσμευτικών κανόνων.

Γενικότερα, η ΕΟΚΕ εκτιμά, όπως και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και πολλοί άλλοι ενδιαφερόμενοι, εν μέρει για λόγους υγείας, ότι ο απώτερος στόχος είναι μια σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία. Για τον σκοπό αυτό, ο πληθυσμός και αυτός ο παγκοσμίου εμβέλειας κλάδος θα εξυπηρετηθούν περισσότερο με ρυθμίσεις παγκοσμίου ισχύος.

Η ΕΟΚΕ επιδοκιμάζει την απόφαση του ΔΝΟ να προχωρήσει στη δραστική μείωση των εκπομπών θείου στη ναυτιλία. Πιστεύει δε ότι δεν πρέπει να υπάρξει διαφορά μεταξύ των παγκόσμιων κανόνων και αυτών που ισχύουν στην ΕΕ.

Η ΕΟΚΕ απεύθυνε έκκληση για την κύρωση του παραρτήματος VI της σύμβασης MARPOL 73/78 από όλα τα κράτη μέλη του ΔΝΟ, προκειμένου να εξασφαλιστεί η παγκόσμια εφαρμογή του.

Ο κανονισμός 18 του παραρτήματος VI προβλέπει ότι κάθε συμβαλλόμενο κράτος υποχρεούται να προωθήσει τη διαθεσιμότητα των εν λόγω καυσίμων και να

γνωστοποιεί στον ΔΝΟ τη διαθεσιμότητά τους στους λιμένες και τους τερματικούς σταθμούς. Παρ' όλα αυτά, ο ΔΝΟ τήρησε ρεαλιστική στάση και θέσπισε και μια ρήτρα μη διαθεσιμότητας.

Η ΕΟΚΕ σημειώνει ότι η εν λόγω ρήτρα «μη διαθεσιμότητας» για το συγκεκριμένο καύσιμο, όπως ορίζεται στο παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL, δεν έχει συμπεριληφθεί στην πρόταση τροποποίησης της οδηγίας. Η ΕΟΚΕ ζήτησε να ενσωματωθούν κατά κάποιον τρόπο στην οδηγία διατάξεις που να ανταποκρίνονται στον κανονισμό ΔΝΟ 18 σχετικά με την ποιότητα μαζούτ, με τη ρήτρα διαθεσιμότητάς του (απαίτηση σχετικά με τη «διάθεση στην αγορά») και τις υποχρεώσεις υποβολής εκθέσεων, εφόσον το πλοίο κάνει χρήση του Κανονισμού 18. Επίσης, ζήτησε να ενσωματωθεί και η ρήτρα «μη διαθεσιμότητας» του εν λόγω κανονισμού.

Σύμφωνα με την νέα πρόταση της Επιτροπής καθιερώθηκε το 2020 το όριο περιεκτικότητας σε θείο 0,1% για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται από επιβατηγά πλοία εκτός ΠΕΕΘ. Ο ορισμός νέων ΠΕΕΘ θα πρέπει να ακολουθεί τη διαδικασία του ΔΝΟ, λαμβανομένων υπόψη των επιστημονικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων. Η παράγραφος 2 του νέου άρθρου 4α δεν είναι σαφής στο σημείο αυτό. Πρέπει οι νέες ΠΕΕΘ που εγκρίνονται από τον ΔΝΟ να ενσωματώνονται αυτομάτως στην οδηγία ή μήπως μια καθαρά ενωσιακή διαδικασία επιτρέπει στην Επιτροπή να ορίσει νέες ΠΕΕΘ και να τις προτείνει απευθείας στον ΔΝΟ, σημείο βέβαια που χρήζει διευκρινίσεων.

Στο άρθρο 1 παράγραφος 4 (το νέο άρθρο 3α), η Επιτροπή αναφέρει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίζουν ότι δεν χρησιμοποιούνται ούτε διατίθενται στην αγορά καύσιμα πλοίων εντός της επικράτειάς τους, εάν η περιεκτικότητά τους σε θείο υπερβαίνει το 3,5% κατά μάζα, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος πρόκλησης λυμάτων υψηλής πυκνότητας. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη μέθοδοι μείωσης των εκπομπών (τρίψιμο) που επιτρέπουν τη χρήση καυσίμων με υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, ενώ παράλληλα τηρούνται τα πρότυπα του ΔΝΟ.

Παρότι αυτό δεν προβλέπεται στους κανόνες του ΔΝΟ, η Επιτροπή υποστηρίζει ότι, κατά τη χρήση μεθόδων μείωσης των εκπομπών, πρέπει να επιτυγχάνονται συνεχείς μειώσεις, οι οποίες είναι τουλάχιστον ισοδύναμες με τις μειώσεις που θα μπορούσαν

να επιτευχθούν με τη χρήση καυσίμων πλοίων που πληρούν τις απαιτήσεις των άρθρων 4α και 4β. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί, δεδομένου ότι θα μπορούσαν να προκύψουν προσωρινές διακοπές στη λειτουργία συσκευών μείωσης των εκπομπών και/ή πτώση της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού ως αποτέλεσμα της ιδιαίτερα έντονης χρήσης των κινητήρων, με αποτέλεσμα την προσωρινή αύξηση των εκπομπών θείου, απαίτηση που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη.

Σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις του σημείου 4.8, η ΕΟΚΕ επισημαίνει ότι τα πλοία μπορούν να συμμορφωθούν στην πράξη με την απαίτηση που αναφέρεται στο παράρτημα 2 της πρότασης επί του άρθρου 4γ παρ. 3: *«να τεκμηριώνουν με λεπτομερή στοιχεία την απουσία σοβαρών αρνητικών επιπτώσεων και κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου και για το περιβάλλον από την απόρριψη ροών αποβλήτων στη θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων των περικλειστων λιμένων, αγκυροβολίων και εκβολών ποταμών»*. Και σ' αυτήν την περίπτωση θα ήταν προτιμότερη η παραπομπή στην «τήρηση των απαιτήσεων του ψηφίσματος ΜΕΡC184(59) του ΔΝΟ σχετικά με τα ύδατα πλύσης», με τις οποίες απαγορεύονται οι απορρίψεις σε περικλειστούς λιμένες, αγκυροβόλια και εκβολές ποταμών.

Αν και η δραστική μείωση της περιεκτικότητας των καυσίμων πλοίων σε θείο που θεσπίστηκε το 2008 μέσω του παραρτήματος VI της σύμβασης ΜΑRΡΟL του ΔΝΟ έγινε γενικά αποδεκτή και πρέπει να ενσωματωθεί στην οδηγία 1999/32/ΕΚ, η απόφαση για την εφαρμογή του ορίου 0,1% για τις εκπομπές SO_x στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ΠΕΕΘ) , δηλαδή στη Βαλτική, την Βόρεια θάλασσα και την Μάγχη, από το 2015 έχει προκαλέσει ανησυχίες.

Αντιδρώντας στην απόφαση του ΔΝΟ για αυτό το συγκεκριμένο σημείο και με την ευκαιρία της δημόσιας διαβούλευσης της Επιτροπής για την προσαρμογή της οδηγίας 1999/32/ΕΚ, διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη έχουν επισημάνει την ουσιαστική αύξηση του κόστους που προκύπτει από το όριο του 0,1% για την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων. Αν και σύμφωνα με ορισμένες μελέτες εκτιμάται ότι η χρήση αυτών των καυσίμων (αποστάγματα) θα επιφέρει πολύ αισθητή αύξηση του κόστους και απώλεια ανταγωνιστικότητας αναλόγως των εξεταζόμενων παραμέτρων, εντούτοις άλλες μελέτες δεν επιβεβαιώνουν την ύπαρξη τόσο μεγάλου κινδύνου.

Όπως και να έχει, αληθεύει ότι ο ΔΝΟ δεν προέβη σε κατάλληλη αξιολόγηση των επιπτώσεων πριν από την έκδοση αυτής της απόφασης. Η ΕΟΚΕ συνιστά στα κράτη μέλη που συμμετέχουν στον ΔΝΟ και στην Επιτροπή να καλέσουν τον ΔΝΟ να προβεί εκ των προτέρων στην κατάλληλη αξιολόγηση αντικτύπου.

Η στροφή προς τις οδικές μεταφορές έρχεται σε αντίθεση με τη στρατηγική που ορίζεται στη Λευκή Βίβλο «Χάρτης πορείας για έναν ενιαίο ευρωπαϊκό χώρο μεταφορών - Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών» του Μαρτίου 2011 (COM(2011) 144 final). Εξάλλου, είναι πιθανό να οδηγήσει σε απότομη αύξηση του εξωτερικού κόστους από άποψη περιβαλλοντικής ζημίας και ιδίως αύξησης του CO₂, κυκλοφοριακής συμφόρησης, θορύβου, ατυχημάτων κλπ. Για το λόγο αυτό, η ΕΟΚΕ συνιστά να γίνει ό, τι πρέπει προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος «ανάποδης» στροφής στα χερσαία μέσα μεταφοράς.

Οι ενδιαφερόμενες πλευρές που είναι εγκατεστημένες στις τρεις ΠΕΕΘ εκφράζουν φόβους για δραστική μείωση της ανταγωνιστικότητας λόγω της αύξησης του κόστους των μεταφορών, με την επαπειλούμενη μετεγκατάσταση της παραγωγής και της αντίστοιχης απασχόλησης σε άλλες περιοχές εκτός ΠΕΕΘ, τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως.

Καταβάλλονται, λοιπόν, προορατικά προσπάθειες για την ανάπτυξη μιας «εργαλειοθήκης» που θα επιτρέψει να υλοποιηθεί η απόφαση του ΔΝΟ να επιβάλει το όριο του 0,1% για την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων στις ΠΕΕΘ από το 2015. Στο πλαίσιο αυτό, πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή ειδικών διεξοδική ανάλυση της διαθεσιμότητας καυσίμων πλοίων περιεκτικότητας 0,1% σε θείο, της χρήσης μεθόδων μείωσης των εκπομπών (πλυντρίδες) και της χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου πλοίων. Δεν δόθηκε, ωστόσο, απάντηση στο ερώτημα της διαθεσιμότητας.

Η χρήση μεθόδων μείωσης των εκπομπών (πλυντρίδων/υδροαυτοκαθαριστών) δοκιμάζεται σε διάφορα πιλοτικά προγράμματα. Σημαντική πρόοδος αποτελεί το γεγονός ότι οι συσκευές πλυντρίδων είναι ήδη λειτουργικές επί των πλοίων. Επειδή αυτό το είδος εξοπλισμού που αποβάλλει ταυτόχρονα ρύπους NO₂ και CO₂ μπορεί στο άμεσο μέλλον να αποδειχθεί αποτελεσματικό από την άποψη κόστους – οφέλους, καλό θα ήταν να ληφθεί υπόψη. Ειδικότερα, ενόψει του σύντομου χρονικού

διαστήματος που απομένει έως το 2015, θα πρέπει να μετατεθεί η προθεσμία για την καθιέρωση του ανώτατου ορίου του 0,1% στο 2020.

Η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως εναλλακτικού καυσίμου πλοίων, είτε μόνου ή σε συνδυασμό με πετρέλαιο (διπλό σύστημα), αντιμετωπίζεται θετικά από τον κλάδο της ναυτιλίας, κυρίως για τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων. Έχουν αρχίσει διάφορα πιλοτικά προγράμματα, κυρίως στη βόρεια Ευρώπη. Διεξάγονται συζητήσεις με τις ενδιαφερόμενες πλευρές για τα προβλήματα που εκκρεμούν, όπως: η διαφυγή μεθανίου, η οποία αυξάνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οι δυνατότητες ανεφοδιασμού με καύσιμα σε διάφορους ευρωπαϊκούς λιμένες, οι κανόνες ασφαλείας κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού με καύσιμα κλπ. Το εγχείρημα αυτό το έχει αναλάβει η Ευρωπαϊκή Ένωση Εφοπλιστών (ECSA) σε συνεργασία με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Ασφάλειας της Ναυσιπλοΐας (EMSA). Είναι σαφές ότι για την επίλυση των εκκρεμών προβλημάτων θα χρειαστεί αρκετός χρόνος.

Ο κλάδος της ναυτιλίας συνεχίζει να αναπτύσσει τα τρία στοιχεία της εργαλειοθήκης. Δεδομένου ότι δεν θα έχουν ολοκληρωθεί μέχρι το 2015, υπήρξαν πολλές εκκλήσεις να αναβληθεί η προθεσμία του 2015 με την πρόβλεψη εξαιρετικής ρύθμισης στον ΔΝΟ.

Η Επιτροπή προτείνει στη συνοδευτική ανακοίνωσή της να τροποποιηθεί η προθεσμία εφαρμογής, εφόσον υπάρξει κίνδυνος να επαληθευτούν τα στοιχεία που αναφέρθηκαν. Η ΕΟΚΕ συνιστά να γίνει αυτό εγκαίρως, εάν κριθεί αναγκαίο, ώστε να συνεχιστεί η προώθηση των απαραίτητων επενδύσεων.

Η Επιτροπή γνωρίζει ότι η συμμόρφωση με την απόφαση του ΔΝΟ να απαιτήσει, σύμφωνα με το παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL, τη χρήση καυσίμων πλοίων περιεκτικότητας 0,1% σε θείο στις ΠΕΕΘ από το 2015 θα επιφέρει σημαντική αύξηση του κόστους. Ασχολείται δε επί μακρόν με το θέμα αυτό στην ανακοίνωσή της σχετικά με την επισκόπηση της εφαρμογής της οδηγίας 1999/32/ΕΚ (COM(2011) 441 final, 17.07.2011).

Η Επιτροπή δηλώνει ότι οι πρόσθετες μέθοδοι συμμόρφωσης με τη χρήση τεχνολογιών όπως οι πλυντρίδες/ υδροαυτοκαθαριστές, τα εναλλακτικά καύσιμα

(LNG) και η τροφοδοσία με ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά, που προβλέπονται στο αναθεωρημένο Παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL και, στη συνέχεια, στην πρόταση για αναθεώρηση της οδηγίας 1999/32/EK, θα απαιτήσουν σημαντικές κεφαλαιουχικές επενδύσεις τόσο από τον ιδιωτικό όσο και από τον δημόσιο τομέα.

Για τον σκοπό αυτό, η Επιτροπή θέσπισε μια σειρά βραχυπρόθεσμων συνοδευτικών μέτρων για την υποστήριξη του κλάδου με ενισχύσεις διαθέσιμες μέσω των υφιστάμενων κοινοτικών μέσων χρηματοδότησης των μεταφορών, δηλαδή των Διευρωπαϊκών Δικτύων Μεταφορών (TEN-T), του προγράμματος Marco Polo II, του Ευρωπαϊκού Μέσου Χρηματοδότησης για Καθαρές Μεταφορές (ECTF), της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων (ΕΤΕπ) και της χρησιμοποίησης κεφαλαίων των κρατών μελών για τη στήριξη μέτρων για τα πλοία και την ανάπτυξη των χερσαίων υποδομών.

Σε μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναπτύσσει μια πολυδιάστατη προσέγγιση, όπως μια «εργαλειοθήκη για βιώσιμες πλωτές μεταφορές».

Η ΕΟΚΕ εν ολίγοις εγκρίνει όλες αυτές τις προθέσεις της Επιτροπής. Επισημαίνει, ωστόσο, ότι το κόστος της εφαρμογής εναλλακτικών μεθόδων είναι πολύ υψηλό. Οι τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εκπομπών NO₂ και CO₂, μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές από την άποψη του κόστους. Τα προγράμματα στήριξης που αναφέρονται από την Επιτροπή είναι μεν θετικά, ωστόσο τίθεται το ερώτημα εάν οι επί του παρόντος διαθέσιμοι πόροι και οι ισχύουσες προθεσμίες επιτρέπουν τη συμβολή στη μείωση του κόστους εφαρμογής έως το 2015.

Τέλος, αναφορικά με την υιοθέτηση της διαδικασίας ελέγχου καυσίμων του ΔΝΟ, η ΕΟΚΕ επισημαίνει ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της διαδικασίας αυτής και του προτύπου του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης. Αυτό το θέμα θα πρέπει να αποσαφηνιστεί (Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή, 2012).

4.SCRUBBERS

Τα συστήματα scrubbers αποτελούν συσκευές ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση των σωματιδίων και αερίων από τα βιομηχανικά καυσαέρια. Ο πρώτος καθαριστής αέρα σχεδιάστηκε για την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα ενός πρόωρου υποβρυχίου (submarine), το Ictineo (Joubert, 2008).

Παραδοσιακά, ο όρος scrubber «καθαριστής» αναφέρεται σε συσκευές ελέγχου ρύπανσης που χρησιμοποιούνται στο υγρό στοιχείο, τη θάλασσα, ώστε αν απομακρυνθούν οι ανεπιθύμητοι ρύποι από ρεύμα αερίου. Πρόσφατα, χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή συστήματος σε ξηρό αντιδραστήρα ή πολτό σε ρυπογόνο ρεύμα καυσαερίων, για να απομακρύνει τα «όξινα» αέρια.

Οι πλυντηρίδες αποτελούν πρωταρχικές συσκευές, οι οποίες ελέγχουν τις αέριες εκπομπές και ειδικά τα όξινα αέρια. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση της θερμότητας από τα θερμά αέρια από την συμπύκνωση των καυσαερίων (<http://www.gmab.se/flue-gas-condensation/>).

Διατίθενται διάφορες μέθοδοι για την απομάκρυνση τοξικών ή διαβρωτικών ενώσεων από τα καυσαέρια για την εξουδετέρωση αυτών.

4.1. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ SCRUBBERS

Τα τελευταία 30 χρόνια βελτιώθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό η απόδοση των ναυτικών κινητήρων του κύκλου diesel. Η μείωση της κατανάλωσης των εκπομπών του CO₂ βελτίωσε τη χρήση ενέργειας σε σταθερές συνθήκες και την παραγωγή ισχύος σε μεταβαλλόμενες συνθήκες και αυτό μέσω ηλεκτρονικών ρυθμίσεων και ανάκτησης ενέργειας.

Θεωρήθηκε αναγκαία η αύξηση της μέσης και μέγιστης πίεσης μηχανών για επίτευξη μεγαλύτερης ειδικής ισχύος, ώστε να περιοριστούν τα προβλήματα υλικών,

τριβολογίας, φθορών και, τελικά, της αξιοπιστίας. Τα βελτιωμένα υλικά και μέθοδοι σχεδίασεως που επέτρεψαν την παραγωγή μηχανών με αυξημένα όρια θερμικής και μηχανικής φορτίσεως ήταν αποτέλεσμα της τεχνολογικής εξέλιξης. Η βελτίωση του β.α. υπερπληρωτών και η κατασκευή συστημάτων εγχύσεως υψηλής πίεσεως οδήγησαν στην αύξηση της μέσης πίεσης. Επίσης, αυξήθηκε η μέγιστη πίεση και βελτιώθηκε η σχεδίαση του θαλάμου καύσεως, με αποτέλεσμα να μειώνονται τα θερμικά φορτία και να ευνοείται η ανάμειξη αέρα-καυσίμου. Η υιοθέτηση εδράνων αλουμινίου με δυνατότητα παραλαβής αυξημένου φορτίου σε αργόστροφες μηχανές έφερε μικρότερες αποστάσεις κυλίνδρων και αυξήθηκε η ειδική ισχύς, αποδίδοντας μικρότερο βάρος. Συγχρόνως, η αύξηση του λόγου διαδρομής/διαμέτρου εμβόλου 2- X κινητήρων -διατηρώντας μέση ταχύτητα εμβόλου υπαγορευμένη από τριβολογία- αποδίδει χαμηλότερες στροφές ελικοφόρου επομένως και μεγαλύτερη διάμετρο και καλύτερο β.α. έλικα, εντός περιορισμών βυθίσματος του πλοίου και πλάτους μηχανής.

Η δυνατότητα ηλεκτρονικού ελέγχου της εγχύσεως καυσίμου βελτιστοποιεί τα διάφορα φορτία. Χρησιμοποιώντας πολλαπλές εγχύσεις και μεταβάλλοντας την προπορεία και τον ρυθμό εγχύσεως (injection rate shaping), μπορεί να επιτευχθεί ελεγχόμενη υψηλή πίεση κατά την καύση. Ενσωματωμένα συστήματα παρακολούθησης λειτουργίας και ρυθμίσεως επιτυγχάνουν αυτόματη ρύθμιση και ισοστάθμιση των διαφορών κυλίνδρων (autotuning).

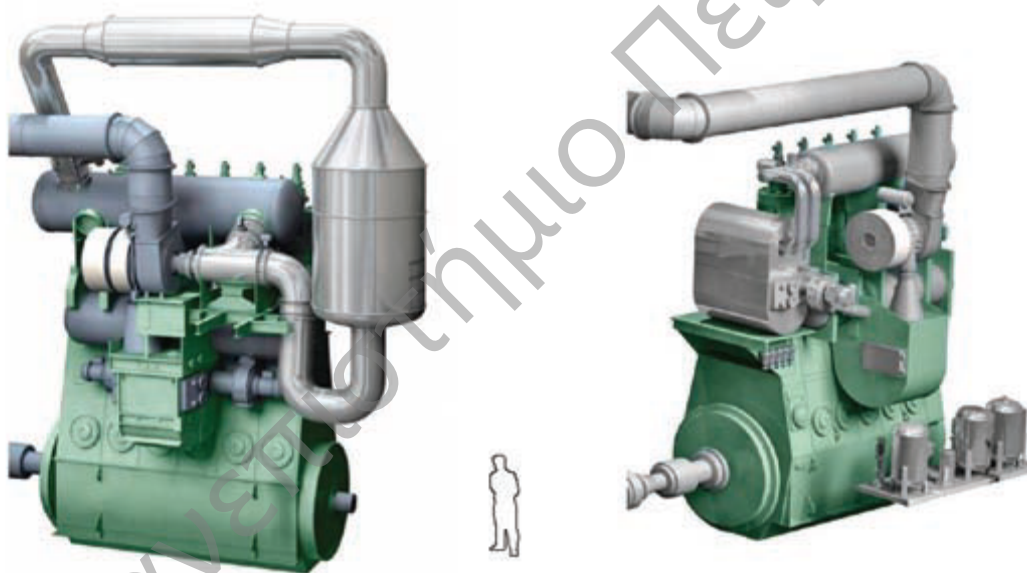
Ο καθορισμός ορίων για ρύπους από κινητήρες αποτελεί ένα περίπλοκο τεχνικό, κοινωνικό και πολιτικό θέμα. Οι τεχνολογίες ελάττωσης ρύπων NO_x από κινητήρες ταξινομούνται ως ακολούθως:

- Πρωτογενείς μέθοδοι (εντός κυλίνδρου) και
- δευτερογενείς μέθοδοι (επεξεργασία καυσαερίων).

α. Ως προς τις πρωτογενείς μεθόδους, με μείωση της μέσης θερμοκρασίας καύσεως, επιβραδύνεται η δημιουργία NO_x. Ο συνηθισμένος τρόπος για να περιορίζεται η μέγιστη θερμοκρασία καύσεως σε μέγεθος και διάρκεια είναι μέσω της καθυστέρησης εγχύσεως καυσίμου. Για να αντισταθμιστεί η αύξηση καταναλώσεως, αυξάνεται ο ρυθμός εγχύσεως, και ταυτόχρονα μειώνεται η διάρκεια καύσεως. Η

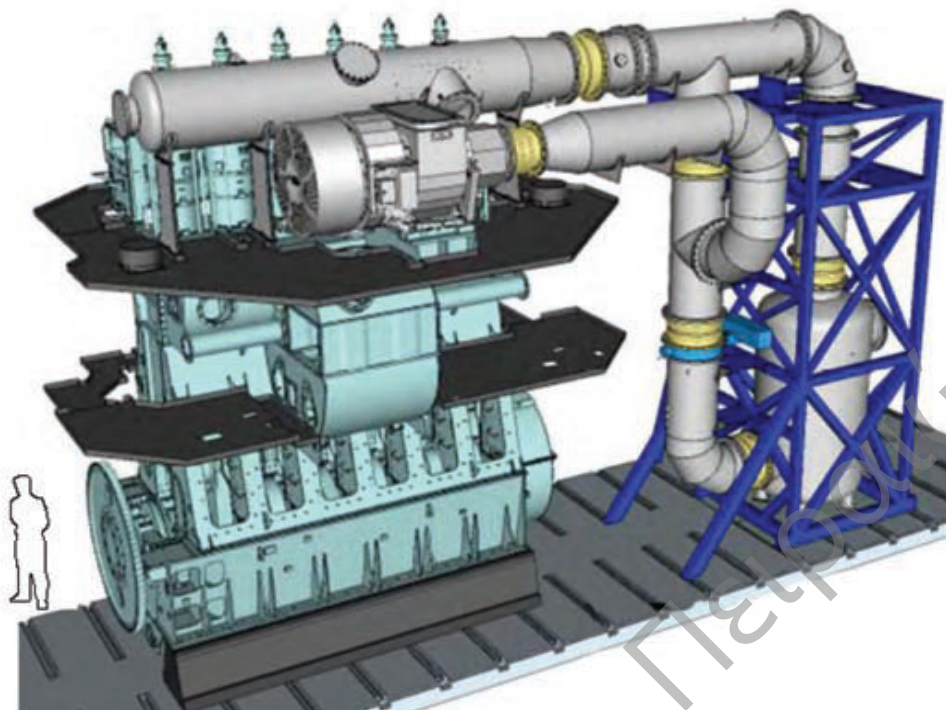
συμπύεση αυξάνεται για να μην υποβαθμιστεί η ποιότητα αναφλέξεως, χωρίς να επηρεάζεται η στιβαρότητα της μηχανικής κατασκευής. Επίσης, η θερμική καταπόνηση βαλβίδων, εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας καυσαερίων, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν.

Η ψύξη της γομώσεως περιορίζει τη μέγιστη θερμοκρασία της φλόγας, όπως σημαντικός είναι και ο περιορισμός των ψυχρότερων εσχατιών του κυλίνδρου. Έτσι, τα αέρια σε αυτές τις περιοχές δεν έχουν αρκετή θερμοκρασία για την παραγωγή NOx, τα αέρια έτσι χάνουν ενέργεια επομένως δεν παράγεται έργο. Η ανακυκλοφορία καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation- EGR) επιδρά με πολλαπλό τρόπο. Τα καυσαέρια έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τον αέρα πληρώσεως, άρα δεσμεύουν θερμότητα και ελαττώνουν τη μέση θερμοκρασία καύσεως. Συγχρόνως, περιέχουν λιγότερο οξυγόνο και ελαττώνουν την ταχύτητα καύσεως.



Εικόνα 3: SCR (αριστερα)και EGR(δεξιά) σε 2-X κινητήρα (MAN)

Πηγή: http://www.lme.ntua.gr:8080/whats-new/news-1/repository/NC_Article_Jun2013.pdf



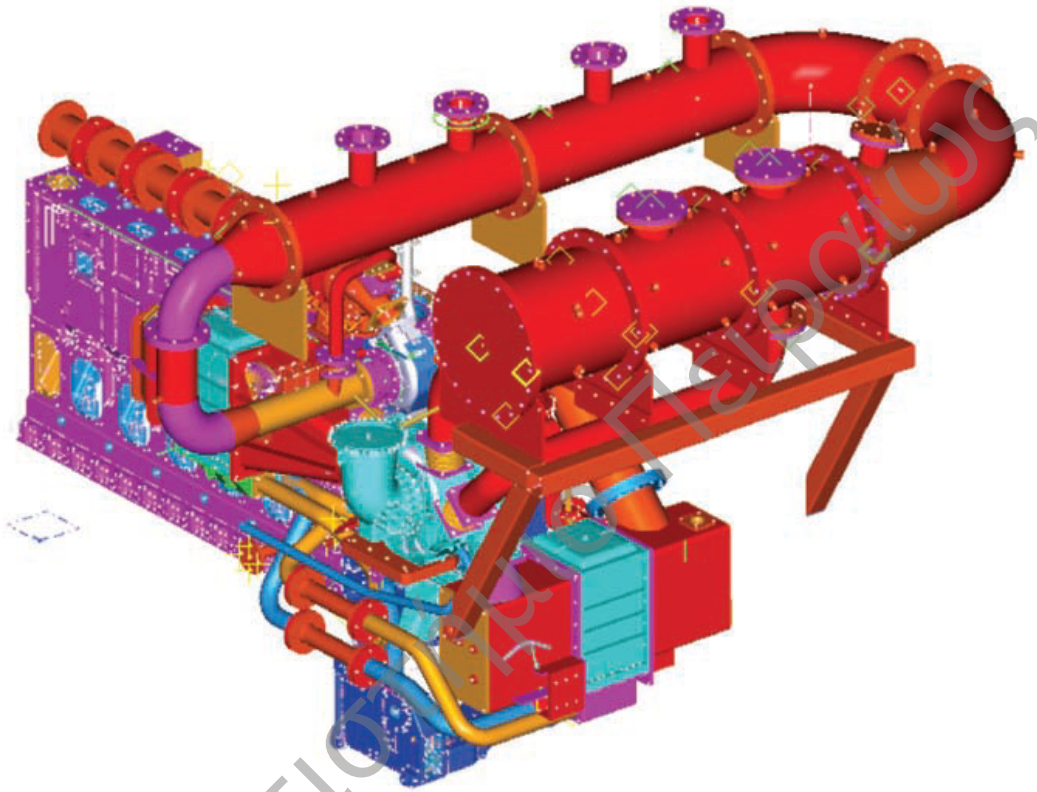
Εικόνα 4: Πειραματική μονάδα SCR σε 2-Χ κινητήρα (Wärtsilä)

Πηγή: http://www.lme.ntua.gr:8080/whats-new/news-1/repository/NC_Article_Jun2013.pdf

Το EGR χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στους κινητήρες Otto, ενώ στους κινητήρες diesel με βαρύ καύσιμο προκαλεί πολλά προβλήματα. Για να μην επιβαρύνεται η ογκομετρική απόδοση του κινητήρα, το καυσαέριο που ανακυκλοφορεί πρέπει να ψύχεται. Επίσης, για να περιοριστεί η ρύπανση του συμπιεστή (αν ο βρόχος ανακυκλοφορίας είναι χαμηλής πίεσεως - κατάντι στροβίλου, ανάντι συμπιεστή) και γενικότερα για να ελαττωθούν οι φθορές του κινητήρα από τα σωματίδια, τα ανακυκλοφορούντα καυσαέρια πρέπει να καθαρίζονται με ξηρή διεργασία μέσω φίλτρου είτε με υγρή (έκπλυση με καταιονισμό - wet scrubber).

Όταν χρησιμοποιείται φίλτρο, η επιβάρυνση του εν λόγω βαρέος καυσίμου είναι πολύ μεγαλύτερη οπότε θα πρέπει να γίνεται συχνή αναγέννηση. Πρέπει επίσης να αντιμετωπιστεί το σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης από θειικό οξύ που παράγεται στα ψυχόμενα καυσαέρια του βρόχου EGR από θείο στο καύσιμο, καθώς και να επιλυθεί

το θέμα της διαχείρισης του όξινου νερού εκπλύσεως. Ο υψηλός β.α. των υπερπληρωτών στις ναυτικές μηχανές πιθανόν να σημαίνει ότι δεν υπάρχει αρκετή διαφορά πίεσεως, ώστε να υπερνικηθεί η αντίθλιψη του βρόχου και να διατηρηθεί θετική παροχή EGR σε όλη την περιοχή λειτουργίας της μηχανής. Έτσι, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ηλεκτροκίνητος ειδικός φυσητήρας ακόμη και για ανακυκλοφορία χαμηλής πίεσεως.



Εικόνα 5: Πρωτότυπη μονάδα SCR σε 4-X κινητήρα με διβάθμια υπερπλήρωση (Wärtsilä)

Πηγή : http://www.lme.ntua.gr:8080/whats-new/news-1/repository/NC_Article_Jun2013.pdf

Μία σημαντική παραλλαγή είναι η ψευδο-ανακύκλωση (internal-EGR), που αποτελεί μία απομάστευση καυσαερίων από κύλινδρο κατά τη διάρκεια κλειστού κύκλου μέσω ειδικής βαλβίδας, εμφανίζοντας ιδιαίτερα θέματα μηχανικής περιπλοκότητας, είτε ηθελμένη πλημμελής απόπλυση, με προβλήματα θερμικής φορτίσεως και ελάττωσης ογκομετρικής απόδοσης του κινητήρα.

Το NO_x που παράγεται εντός του κυλίνδρου μπορεί θεωρητικά να μειωθεί με άμεσο ψεκασμό αμμωνίας. Ζητήματα ελέγχου δοσομετρίας, διαφυγής αμμωνίας στην εξαγωγή και διαβρώσεων οδηγούν στο να μην είναι εφικτή η εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Είναι προφανές πως η ελάττωση NO_x με τις παραπάνω μεθόδους οδηγεί σε αλλαγές στις επιδόσεις του κινητήρα, έτσι κρίνεται αναγκαία η σχετική βελτιστοποίηση.

β. Δεύτερη κατηγορία μεθόδων κατά των ρύπων είναι οι *Δευτερογενείς μέθοδοι*. Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής ρεύματος χρησιμοποιούν για αρκετά χρόνια μονάδες καταλυτικής αναγωγής (Selective Catalytic Reduction-SCR) των καυσαερίων για μείωση των NO_x.

Τέτοιες μονάδες SCR έχουν εγκατασταθεί σε περίπου 500 πλοία και χρησιμοποιούν συνήθως ουρία, που με θέρμανση διασπάται σε αμμωνία και ισοκυανικό οξύ το οποίο μετά την ανάμειξη με νερό, δίδει με ασφάλεια την απαραίτητη για καταλυτική αναγωγή αμμωνία. Το σύστημα καταλύτη είναι σχετικά ογκώδες και δαπανηρό, αλλά η μείωση των NO_x μπορεί να είναι έως 98%. Σε περιπτώσεις 2-X κινητήρων, το SCR πάνω από κάποια θερμοκρασία καυσαερίων οδηγεί στην τοποθέτηση του καταλύτη πριν από το στρόβιλο υπερπληρωτή και συγχρόνως την εγκατάσταση βαλβίδων παράκαμψης για μεταβαλλόμενη όδευση στους αγωγούς καυσαερίων και αέρα, κατά την επιτάχυνση κινητήρα και στα χαμηλά φορτία ελιγμών.

Τόσο το θείο στο καύσιμο όσο και το φώσφορο στα αλκαλικά λιπαντικά οδηγεί σε μία σταδιακή χημική απενεργοποίηση (poisoning) ορισμένων καταλυτικών διατάξεων. Για το λόγο αυτό εξετάζονται διατάξεις συνδυασμού αποθείωσης καυσαερίων με έκπλυση (scrubber) και κατόπιν SCR.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να μειωθούν οι ρύποι (κυρίως NO_x) στηρίζονται στον ιονισμό των καυσαερίων, με το (πομπώδες) όνομα non-thermal plasma. Ωστόσο, επειδή θεωρήθηκαν ενεργοβόρες, έχουν προς το παρόν εγκαταλειφθεί.

Η πλέον σημαντική απαίτηση για ναυτικούς κινητήρες πρόωσης πλοίων είναι η αξιοπιστία, η οποία συνδέεται με τη μακροβιότητα των κυρίων τμημάτων του

κινητήρα. Μελλοντική επιδίωξη για τα τμήματα αυτά είναι να έχουν διάρκεια ζωής άνω των 60.000 ωρών, άρα 10 έτη TBO.

Τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου του κινητήρα είναι πλέον είναι αποδεκτά ευρέως και συχνά προσφέρονται από τους κατασκευαστές μαζί με τη μηχανή. Το πρόβλημα που υφίσταται ακόμη και στις μέρες μας είναι η διαχείριση και αξιολόγηση του όγκου στοιχείων παρακολούθησης από τους operators, ώστε να εφαρμοστεί η συντήρηση βάσει κατάστασης (CBM).

Οι εφαρμογές ηλεκτρονικών ελεγκτών με ευρύτερες δυνατότητες ρυθμίσεων προσφέρουν το πλεονέκτημα της αναθεώρησης των κλασικών προσεγγίσεων ελέγχου του κινητήρα. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές και τα συστήματα παρακολούθησης και βελτιστοποίησης λειτουργίας αποδίδουν μία αξιόπιστη, αυτορρυθμιζόμενη μηχανή του μέλλοντος, ρυθμίζοντας τον χρονισμό βαλβίδων, διαμορφώνοντας την έγχυση καυσίμων, την γεωμετρία υπερπληρωτών, την προσωρινή διακοπή λειτουργίας (cut-out) των κυλίνδρων και των υπερπληρωτών, τις διατάξεις επεξεργασίας καυσαερίων και απομάστευσης/πρόσδοσης/ανάκτησης ενέργειας.

Γενικότερα, λοιπόν, η αλληλεξάρτηση της αγοράς και των τεχνολογικών εξελίξεων αποδεικνύεται στην περίπτωση των ναυτικών μηχανών. Μελλοντικά, οι κινητήρες diesel θα συνεχίσουν να έχουν τη συντριπτική πλειονότητα στις εγκαταστάσεις πλοίων.

Προς το παρόν, οι στόχοι είναι για κινητήρες που συνδυάζουν ευελιξία καυσίμου, σχεδόν μηδενικούς ρύπους, βέλτιστη προσαρμοστικότητα στις συνθήκες λειτουργίας και διά βίου αξιοπιστία. Σύμφωνα με την πρόσφατη ιστορία εξέλιξης κινητήρων διατίθενται πάντοτε τεχνολογικές λύσεις που καλύπτουν τις ανάγκες της αγοράς και τυχόν νέους κανονισμούς. Ωστόσο, η πίεση από τη ραγδαία εισαγωγή κανονισμών με δύσκολους στόχους μπορεί να επιφέρει «υστερική» τεχνολογία με λύσεις αυξημένης περιπλοκότητας, ενώ με περιθώριο χρόνου πιθανόν να προέκυπταν κομψότερες λύσεις. Έτσι, η πιθανότητα αναστολής της IMO TierIII- 2016 μπορεί να αποδειχθεί γενικότερα ευνοϊκή (Κυρτάτος, 2013).

4.2.ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ SCRUBBERS- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Στο εν λόγω κεφάλαιο μελετώνται τα είδη των scrubbers, οι βασικές τους ιδιότητες, τα οφέλη και οι προκλήσεις. Τα συγκεκριμένα συστήματα ελέγχου ρύπων μπορούν να διαιρεθούν γενικά σε δύο τύπους: τα υγρά και τα ξηρά scrubbers/ πλυντηρίδες.

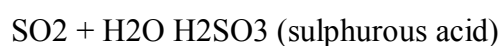
Η υγρή πλυντηρίδα χρησιμοποιεί γλυκά ή αλμυρά ύδατα σε συνδυασμό με χημικά πρόσθετα, όπως NaOH. Για τα θαλάσσια χρήση, χρησιμοποιείται προς το παρόν ο βρόχος ήδη από το 2011, ενώ μόνο ένας πωλητής είναι γνωστό ότι προσφέρει εμπορικά ξηρούς καθαριστές.

Βασικός σκοπός για τους υγρούς και ξηρούς καθαριστές είναι να αφαιρούνται τα οξείδια του θείου από τα ρεύματα της εξάτμισης. Επιπλέον, παγιδεύονται τα σωματίδια στα καυσαέρια για την επίτευξη της μείωσης των εκπομπών, ελέγχοντας τον αερολιμένα βαρέων μετάλλων, την αιθάλη, το PAH και επίσης την ποσότητα του θείου που είναι συνδεδεμένο με τα σωματίδια.

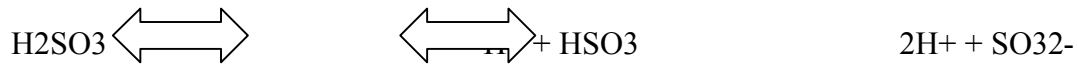
Οι τρεις κατηγορίες των υγρών πλυντηρίδων είναι οι ακόλουθες:

- Πλυντρίδες που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση SO_x και σωματιδίων από θαλάσσια σωματίδια από ανακυκλωμένα καυσαέρια για την πρόληψη της ρύπανσης και τη διάβρωση των εξαρτημάτων του κινητήρα.
- Το EGR που αποσκοπεί στην μείωση NO_x από την εξάτμιση του κινητήρα.
- Το αδρανές αέριο (καυσαέριο) πλυντηρίδων που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση SO_x και σωματιδίων από το φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται ως αδρανής υποκατάσταση σε δεξαμενές και σωληνώσεις στα πλοία εν πλω.

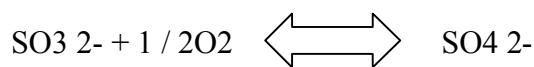
Για όλα τα υγρά έκπλυσης, η βασική χημεία είναι παρόμοια και μπορεί να περιγραφεί με βάση τις ακόλουθες αρχές:



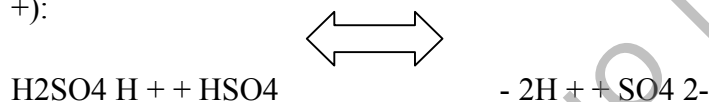
Το θειώδες οξύ ιονίζει το νερό με την κανονική δημιουργία οξύτητας σε θειώδη ιόντα και όξινα θειώδη ιόντα:



Στο θαλασσινό νερό που περιέχει οξυγόνο το θειώδες εύκολα οξειδώνονται σε θειικό:



Επίσης, το θειικό οξύ που προκύπτει από το κλάσμα SO_3 καυσαερίων θα υποστεί παρόμοιες αντιδράσεις, δημιουργώντας θειικό και το πλεόνασμα σε οξύτητα (ιόντα H^+):



Η οξύτητα που προκύπτει από αυτές τις αντιδράσεις κατά τη διαδικασία καθαρισμού εξουδετερώνεται από τη φυσική ρυθμιστική ικανότητα στο θαλασσινό νερό, δίνοντας επαρκή ποσότητα νερού. Η ρυθμιστική ικανότητα στο θαλασσινό νερό είναι σημαντική και προκαλείται από το περιεχόμενο των φυσικών διττανθρακικών (HCO_3^- Περιεχομένο).

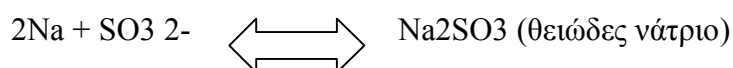
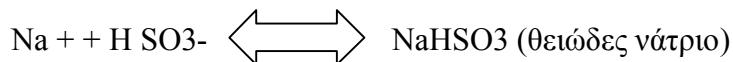
Η βασική χημεία των υγρών έκπλυσης χρησιμοποιώντας ανακυκλούμενο φρέσκο νερό είναι παρόμοια, αλλά η έλλειψη της φυσικής ρυθμιστικής ικανότητας του νερού πρέπει να αντισταθμίζεται από την εισαγωγή ενός κατάλληλου αλκαλικού χημικού. Τα περισσότερα διαθέσιμα συστήματα χρησιμοποιούν NaOH (υδροξείδιο του νατρίου / καυστική σόδα) για το σκοπό αυτό.

Υδροξείδιο του νατρίου βρίσκεται ως ιόντα σε υδατικό διάλυμα:



Παρόμοια με καθαρισμό θαλασσινού νερού, το scrubbing φρέσκου νερού (ανάλογα με το pH) ιονίζει και την οξείδωση του SO_2 και SO_3 από τα καυσαέρια σε θειικό και

Το πλεόνασμα σε οξύτητα (ιόντα H⁺). Έχοντας νατρίο, προκύπτει το θειικό, θειώδες και θειώδες άλας, ένα μίγμα από θειικό νάτριο, όξινο θειώδες νάτριο και θειώδες νάτριο:



Τα ιόντα υδροξειδίου εξουδετερώνουν το πλεόνασμα σε οξύτητα:



Τα καυσαέρια της καύσης μπορεί να περιέχουν ουσίες που θεωρούνται επιβλαβείς για το περιβάλλον και ο καθαριστής δύναται να τα αφαιρέσει ή να τα εξουδετερώσει. Το υγρό scrubber χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του αέρα, του αέριου καυσίμου ή άλλων αερίων διαφόρων ρύπων και σωματιδία. Λειτουργεί μέσω της επαφής των ενώσεων-στόχων ή αιωρούμενων σωματιδίων με το διάλυμα καθαρισμού. Εναλλακτικές λύσεις μπορεί να είναι το νερό (για τη σκόνη) ή διαλύματα αντιδραστηρίων που στοχεύουν ειδικά σε ορισμένες ενώσεις.

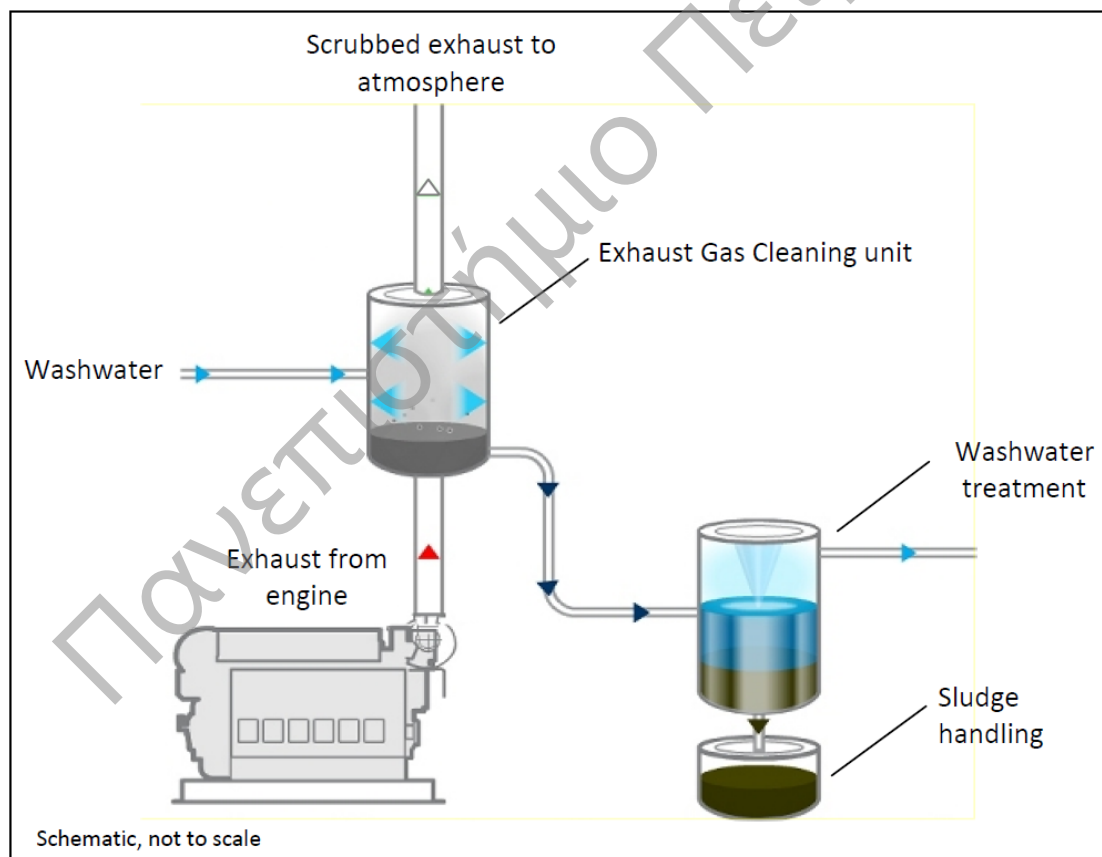
Η διαδικασία των καυσαερίων μπορεί επίσης να περιέχουν υδατοδιαλυτά τοξικά ή / και διαβρωτικά αέρια, όπως υδροχλωρικό οξύ (HCl) ή αμμωνία (NH₃). Αυτά μπορεί να απομακρυνθούν πολύ καλά από ένα υγρό έκπλυσης/ scrubberz.

Απόδοση αφαίρεσης ρύπων βελτιώνεται με την αύξηση του χρόνου παραμονής στον καθαριστήρα ή από την αύξηση της επιφάνειας του διαλύματος έκπλυσης με τη χρήση ενός ακροφυσίου ψεκασμού. Οι υγρές πλυντρίδες μπορεί να αυξήσουν το ποσοστό του νερού στο αέριο, καταλήγοντας σε μια ορατή στρώση, εάν το αέριο αποστέλλεται σε μία στρώση.

Οι υγρές πλυντηρίδες/ scrubbers διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

A) *SO_x* ΠΛΥΝΤΗΡΙΔΕΣ

Ο καθαριστής *SO_x* αποτελεί εγκατάσταση καθαρισμού των καυσαερίων από την κύρια μηχανή. Η εγκατάσταση αποτελείται βασικά από τη μονάδα του καθαριστή τοποθετημένη στην έξοδο των καυσαερίων από τον κινητήρα, ακολουθεί το νερό πλύσης θεραπείας και τέλος η πλύση εκκένωσης του νερού.



Εικόνα 6: Άνοιγμα καθαριστής θαλασσινό νερό βρόχο

Πηγή : Courtesy et al., 2010

Η εν λόγω πλυντηρίδα είναι ένας θάλαμος με συγκεκριμένο σχεδιασμό. Σύμφωνα με τον Gregory και τον West (2010), οι οποίοι συγκέντρωσαν πληροφορίες του συστήματος και δεδομένα απόδοσης, τα τρία συστήματα είναι σε θέση να εναλλάσσονται μεταξύ ανοικτών βρόχων χρησιμοποιώντας τη λειτουργία θαλασσινού νερού και την εκ νέου κυκλοφορία με φρέσκο νερό και χημικά πρόσθετα.

Ενώ ο ρυθμός απομάκρυνσης του θείου φαίνεται να είναι σχετικά παρόμοια σε διαφορετικούς διαθέσιμα θαλάσσιους βρόχους, τα σωματίδια φαίνεται να αυξομειώνονται περισσότερο μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει κάποιους πωλητές να δοκιμάσουν μέσα από προ-επεξεργασία των καυσαερίων (Gregory & West, 2010). Οι προσπάθειες αυτές περιλαμβάνουν ακροφύσια τζετ και ένα ρυθμιζόμενο σωλήνα Venturi, το οποίο μοιάζει να είναι πιο αποτελεσματικό για τη σύλληψη σωματιδίων, καθώς παρέχει μια στένωση της ροής με αποτέλεσμα την χαμηλότερη πίεση και την υψηλότερη ταχύτητα καυσαερίων. Αυτοί οι παράγοντες σε συνδυασμό με την αύξηση των αναταραχών ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης. Ωστόσο, η αυξημένη συστολή μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερα πλάτη πίεσης μεταβάλλοντας δύσκολα την ισορροπία της διατήρησης της αποτελεσματικότητας του καθαριστή χωρίς συμβιβασμούς στην απόδοση του κινητήρα ή την κατανάλωση καυσίμου.

Οι προκλήσεις στο υγρό scrubbing αναφορικά με την μέγιστη απομάκρυνση του θείου είναι (MEPC 56 / INF.5 / Παράρτημα 1 το 2007):

- Η διατήρηση μιας έντονης εξάτμισης (δηλαδή να αποφευχθεί η υπερβολική ψύξη των καυσαερίων κατά το scrubbing)
- Διατήρηση ελάχιστης κατανάλωσης του χώρου, το βάρος και την ενέργεια
- Διατήρηση ελάχιστης πτώσης πίεσης στην εξάτμιση
- Πρόληψη της διάβρωσης
- Πρόληψη σταγονιδίων νερού στην εξάτμιση

Βασικά, οι ρυθμοί μείωσης του θείου εξαρτώνται από το ρυθμό ροής του νερού στο υγρό scrubber (Ritchie et al, 2005). Η μόνη μεταβλητή σε αυτές τις δοκιμές ήταν η

ροή του νερού η οποία ήταν περιορισμένη στην περίπτωση του 65% της αποτελεσματικότητας, αλλά με 94% αποδοτικότητα.

Οι κατασκευαστές των πλυντηρίδων αερίου στα υγρά καυσαέρια αναφέρουν 90-99% περιεκτικότητα σε θείο σε ευνοϊκές συνθήκες λειτουργίας. Περισσότερο ενδιαφέρουσα είναι η απόδοση καθαρισμού των εμπορικώς διαθέσιμων υγρών πλυντηρίδων συγκρίνοντας τη μέγιστη% περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα όντας σε θέση να καθαρίσει τον αέρα από εκπομπές ισοδύναμο του 0,1% σε θείο στα καύσιμα.

Ο εξοπλισμός καθαρισμού δεν επαληθεύεται από ανεξάρτητες εκθέσεις. Λόγω της ικανότητας του καθαριστήρα να συλλάβει σωματιδιακή ύλη, τα μεταβλητά κλάσματα των παραμέτρων εκπομπής βρίσκονται στην εκροή του νερού πλύσεως. Η ποσότητα και η σύνθεση των σωματιδίων που παράγονται από τους κινητήρες ντίζελ πλοίων επηρεάζονται από τη διαδικασία καύσης και τον τύπο του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Μάλιστα, η σύνθεση των σωματιδίων μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κύριες ομάδες (MEPC 56 / INF.5 / Παράρτημα 1 το 2007):

- οξείδια και θειικά άλατα μετάλλων που προέρχεται κυρίως από το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, αλλά κάποιες ουσίες στα λύματα πλύσης μπορεί προέρχονται από λιπαντικό έλαιο ή φθορά του κινητήρα και την ίδια την μονάδα του διαχωριστή. Οι πλυντηρίδες νερού μπορεί αν περιέχουν επιβλαβείς ουσίες. Αυτό δεν είναι μια πρόσθετη ρύπανση και το ζήτημα είναι να μην αναμένεται γενικά να είναι προβληματική. Ωστόσο, τα επίπεδα υποβάθρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την παρακολούθηση των συγκεντρώσεων εκροής.
- άνθρακας (αιθάλη) - θεωρούνται ως γενικά σταθερές ενώσεις. Τα μικρότερα σωματίδια (<2,5 μm) θεωρούνται ότι ενέχουν υψηλούς αναπνευστικούς κινδύνους όταν απελευθερώνεται στον αέρα. Σύμφωνα με μελέτες (MEPC 56 / INF.5 / Παράρτημα 1 2007), η ανθρακούχος αιθάλη βρίσκεται κυρίως στα μεγαλύτερα σωματίδια. Ωστόσο, η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων σταματούν σε υγρές πλυντηρίδες

- Άλλες οργανικές ενώσεις – ΠΑΥ, PAHderivatives, αλδεύδες, αλκάνια και αλκένια, καθώς και άκαυτο καύσιμο ή άκαυστα στοιχεία στο καύσιμο. Πολλοί ΠΑΥ και PAHderivatives, ιδιαίτερα νιτρο-PAHs, έχουν βρεθεί να είναι ισχυρές μεταλλαξιογόνες και καρκινογόνες ουσίες.

Θεωρητικά, το CO₂ μπορεί να αφαιρεθεί με την προσθήκη NaOH. Αυτό οφείλεται στην ακόλουθη αντίδραση:



Ωστόσο, η προτιμώμενη χημική αντίδραση στην πλυντρίδα είναι η απομάκρυνση του θείου και ως εκ τούτου την ανάγκη τεράστιων ποσών NaOH απαιτούνται για την επίτευξη μειώσεων των εκπομπών CO₂. Η παραγωγή του ίδιου του NaOH έχει επίσης ένα αποτύπωμα CO₂. NaOH είναι ουσιαστικά ένα υποπροϊόν από την παραγωγή χλωρίου μέσω ηλεκτρόλυσης του θαλασσινού νερού για την παραγωγή χλωρίου.

Πρέπει να συναχθεί το συμπέρασμα ότι από το 2011, 20 χρόνια μετά την πρώτη δοκιμαστική εγκατάσταση, θαλάσσια χρήση της μετά-επεξεργασίας πλυντρίδες είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο εμπορευματοποίησης. Αλλά χιλιάδες, κατά τα τελευταία 30 χρόνια λειτουργεί ως αδρανής πλυντρίδα αερίου.

Το πρώτο σύστημα με θαλασσινό νερό αερίου για τον έλεγχο των εκπομπών των πλοίων χρησιμοποιήθηκε το 1991 από το Color Line Kronprins Harald.

Πρακτικές συνέπειες της υγρή χρήση του καθαριστή σε ένα πλοίο σχετίζονται με την εφοδιαστική των αναλωσίμων, κυρίως την καυστική σόδα. Η καυστική σόδα καταναλώνονται σε ένα ρυθμό μεταξύ 1 και περίπου 15 λίτρα / ώρα ανά MW της ισχύος του κινητήρα. Όσο υψηλότερη είναι η κατανάλωση του NaOH, τόσο μεγαλύτερη είναι η απομάκρυνση του θείου (Gregory et al. 2010).

Η εγκατάσταση θα πρέπει να γίνει στο κάτω μέρος κάθε λέβητα καυσαερίων ή οικονομική. Επίσης, μερικές πλυντρίδες μπορεί να είναι σε θέση να αντικαταστήσουν το σιλανσιέ της εξάτμισης, αφήνοντας επιπλέον διαθέσιμο χώρο. Συνηθέστερα η μονάδα έκπλυσης είναι εγκατεστημένη εντός ή εκτός αλλά δίπλα στην υπάρχουσα χοάνη. Προκειμένου να είναι σε θέση να ελέγχουν ρύπους που μεταφέρονται στο

νερό πλύσεως, κάποιοι υγροί scrubbers ενσωματώνουν την επεξεργασία νερού πλύσης. Αυτές διαφέρουν στην τεχνολογία επεξεργασίας από κροκίδωσης για τον καθαρισμό του κυκλώνα. Η επεξεργασία νερού πλύσης ποικίλει σε μέγεθος ανάλογα με το μέγεθος του κινητήρα. Ωστόσο, σε αυτό το στάδιο της θαλάσσιας πλυντρίδας, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας για την πλύση νερού απαιτούν 01.05 - 04.05 μ², ανάλογα με την τεχνολογία και το μέγεθος του κινητήρα.

Το εργοστάσιο επεξεργασίας νερού πλύσης έχει δύο κλάσματα εκροής. Ένα που απορρίπτεται στη θάλασσα ή αποθηκεύονται για περιοδική απαλλαγή και ένα κλάσμα ιλύος που πρέπει να αποθηκεύεται και διατίθεται στην ξηρά. Ως εκ τούτου, τα μέσα της αποθήκευσης των υπολειμμάτων πρέπει να είναι διαθέσιμα.

Οι δαπάνες αυτού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του κινητήρα, το καύσιμο που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί (δυναμικό καθαρισμού) και τον εκ των υστέρων εξοπλισμό σκοπιμότητας (χώρου, υδραυλικά κλπ).

Ένα υγρό kscrubber για την μηχανή 1 MW κοστολογείται 1 εκατομμύριο δολάρια, ενώ ένας καθαριστής για 20 MW κινητήρα μπορεί να κοστίζει 3-5 εκατομμύρια δολάρια. Η αποπληρωμή του βέβαια μπορεί να είναι σε λιγότερο από ένα χρόνο.

Υπάρχουν διαφορές τιμών μεταξύ του βαρέος μαζούτ και των καυσίμων απόσταξης.

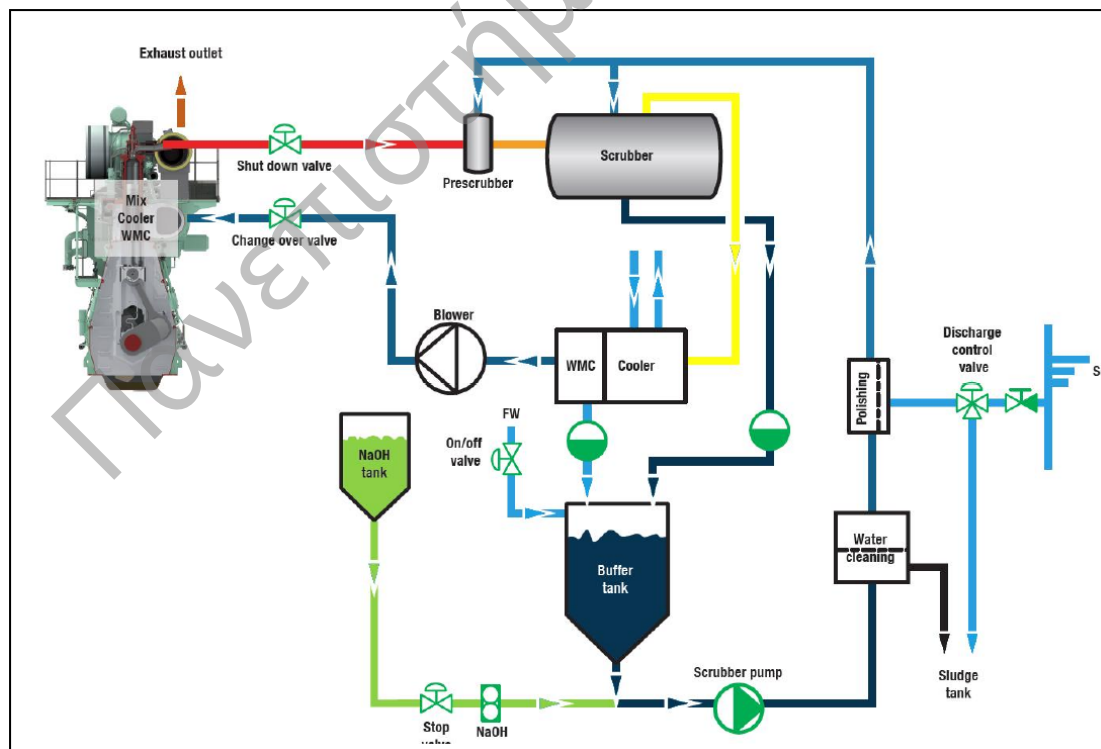
Μια άλλη μελέτη (Reynolds, 2011) διερεύνησε το πλεονέκτημα κόστους για τα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων σε σχέση με τις επιλογές εναλλαγής καυσίμων καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα πλοία που καίνε τουλάχιστον 4.000 μετρικούς τόνους πετρελαίου ετησίως μέσα σε ένα ΕΕΣ θα πρέπει να εξετάζουν το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων. Η διαφορά κόστους έγκειται στο γεγονός ότι τα όρια του θείου πέφτουν τόσο χαμηλά, ώστε να μην μπορούν να είναι πρακτικά ή οικονομικά αποδοτικά με την απομάκρυνση του θείου από τα υπολειμματικά καύσιμα. Όρια του 0,5% σε θείο ή χαμηλότερα γενικά απαιτούν υψηλό κόστος του πετρελαίου σε απόσταγμα καυσίμων ή εναλλακτικές λύσεις, όπως egcs ή φυσικό αέριο.

B) EGR ΠΛΥΝΤΡΙΔΕΣ (ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΤΩΝ NOX)

Η (Re-κυκλοφορία καυσαερίων) του συστήματος EGR στοχεύει στη μείωση των NOX εκπομπών από τον κινητήρα. Η αρχή είναι να διανείμει εκ νέου τα καυσαέρια με ανάμειξη με τον φρέσκο αέρα καύσης για να μειώσει την περιεκτικότητα σε οξυγόνο και να αυξήσει την θερμοχωρητικότητα του αερίου μίγματος καύσης. Αυτό μειώνει την κατάσταση του scrubber.

Αποτελείται από ένα κλειστό βρόχο γλυκού νερού έκπλυσης που λειτουργεί με την προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου εξουδετερώνοντας την οξύτητα που προκύπτει από τα οξείδια του θείου. Στο νερό πλύσης προστίθεται η απαραίτητη καυστική σόδα, επίσης αιωρούμενα σωματίδια διαχωρίζονται και αποθηκεύονται για καθορισμένη διάθεση.

Η πλυντρίδα στο σύστημα EGR συμβάλλει επίσης στην μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Το αέριο στη συνέχεια ψύχεται περαιτέρω και ξηραίνεται σε catcher ομίχλη νερού, όπως υποδεικνύεται και από το παρακάτω σχήμα 3-3.



Εικόνα 7: EGR σύστημα. Χρώμα της ροής του αερίου που δηλώνει τη θερμοκρασία.

(MAN Diesel, 2009)

Η υψηλότερη πίεση σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μόνο ένα κλάσμα των καυσαερίων εκ νέου κυκλοφορεί (τυπικά 20- 40%) επιτρέπει την πλυντρίδα EGR να είναι σημαντικά μικρότερη σε μέγεθος από τη φυσική.

Η κύρια αποστολή για το σύστημα EGR είναι να μειωθούν οι εκπομπές NOx από τον κινητήρα. Κατά τη διάρκεια δοκιμών, τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών NOx από περισσότερο από 85% επιτυγχάνεται με την αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και άνθρακα τα επίπεδα μονοξειδίου του (Gregory et al. 2010).

Το σύστημα EGR συμβάλλει επίσης στη μείωση SOx από την εξάτμιση του κινητήρα. Ωστόσο, η πλυντρίδα συμβάλλει μόνο στην αφαίρεση του θείου από το κλάσμα των καυσαερίων που επανακυκλοφορεί. Η συνολική συμβολή στη μείωση SOx είναι, συνεπώς, αναλόγως χαμηλή. Ο τυπικός ρυθμός επανακυκλοφορίας θα είναι μεταξύ 20-40%.

Αναφορικά με την οικονομική εκτίμηση του συγκεκριμένου scrubber, ένας παράγοντας που θα επηρεάσει την ανάπτυξη του ρυθμού και ίσως το μέλλον των τιμών είναι κατά πόσον η τεχνολογία EGR θα πετύχει στο να δώσει μια λύση Tier III για τους μεγάλους, δίχρονους κινητήρες ντίζελ. Μέχρι στιγμής, EGR θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη επιλογή.

Γ) ΑΔΡΑΝΕΙΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΔΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΩΝ

Το αδρανές αέριο (ή καυσαερίων) των πλυντηρίδων χρησιμεύουν για την απομάκρυνση του θείου και των σωματιδίων από το αέριο ως αδρανές υποκατάσταση του φυσικού αερίου σε δεξαμενές και τους αγωγούς του φυσικού αερίου / υγρού φορτίου που εκφορτώθηκε. Το αδρανές αέριο είναι παραπλήσιο με τις πλυντηρίδες καυσαερίων, αλλά είναι μικρότερα σε μέγεθος (όγκος διακίνησης φυσικού αερίου) και καταναλώνουν θαλασσινό νερό σε υψηλότερο σχετικά ποσοστό από ό, τι η εξάτμιση πλυντηρίδων αερίου. Αυτό οφείλεται στο υψηλό αέριο ψύξης ως μέγιστη θερμοκρασία στο κατάστρωμα σκάφους σε δεξαμενόπλοια που φτάνει στους 37oC.

Στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για πλυντηρίδες νερού της θάλασσας.

Το αδρανές αέριο καθαριστής καθαρίζει συνήθως το καυσαέριο από έναν εν πλω λέβητα με ανώτατο όριο για O₂ στο αδρανές αέριο το 8%. Τα καυσαέρια του λέβητα περιέχουν συνήθως 3-5% O₂, ενώ η κανονική εξάτμιση του κινητήρα έχει περιεκτικότητα σε O₂ του 7-15% και ως εκ τούτου δεν πληρούν τις απαιτήσεις σε αδρανές αέριο. Το σύστημα χρησιμοποιείται κυρίως για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου και τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων.

Το τμήμα έκπλυσης του συστήματος αδρανούς αερίου έχει υψηλό βαθμό θείου και σωματιδίων λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού ύλης. Η περιεκτικότητα σε SO₂ στο αδρανές αέριο κανονικά είναι μικρότερη από 100 ppm, καθαρίζονται από μια συγκέντρωση καπναερίων τυπικά περίπου 3.000 ppm, ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιείται στο λέβητα.

Η αποτελεσματικότητα της εξόρυξης αιθάλης (Hamworthy, 2007) είναι ίση ή υψηλότερη από το 99% των σωματιδίων πάνω από 1 micron. O₂, CO₂, NO_x και είναι παρόμοια σε υγρές πλυντηρίδες καυσαερίων, ενώ δεν επηρεάζεται σημαντικά από το αδρανές αέριο μεθόδου καθαρισμού.

Τα αδρανή πλυντηρίδες αερίου ως μέρος των καυσαερίων συστημάτων φυσικού αερίου αναγνωρίζεται ευρέως ως ένας αποτελεσματικό μέσο για την αδρανοποίηση του φορτίου των δεξαμενόπλοιων αργού πετρελαίου και των προϊόντων σε δεξαμενόπλοια.

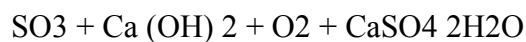
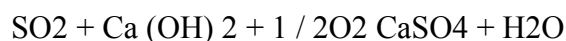
Τέλος, η κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων αυτών ανήκουν στην κλίμακα από 0,01 kW / Nm³ / h αερίου (Hamworthy 2007).

4.2.2 ΞΗΡΕΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΔΕΣ

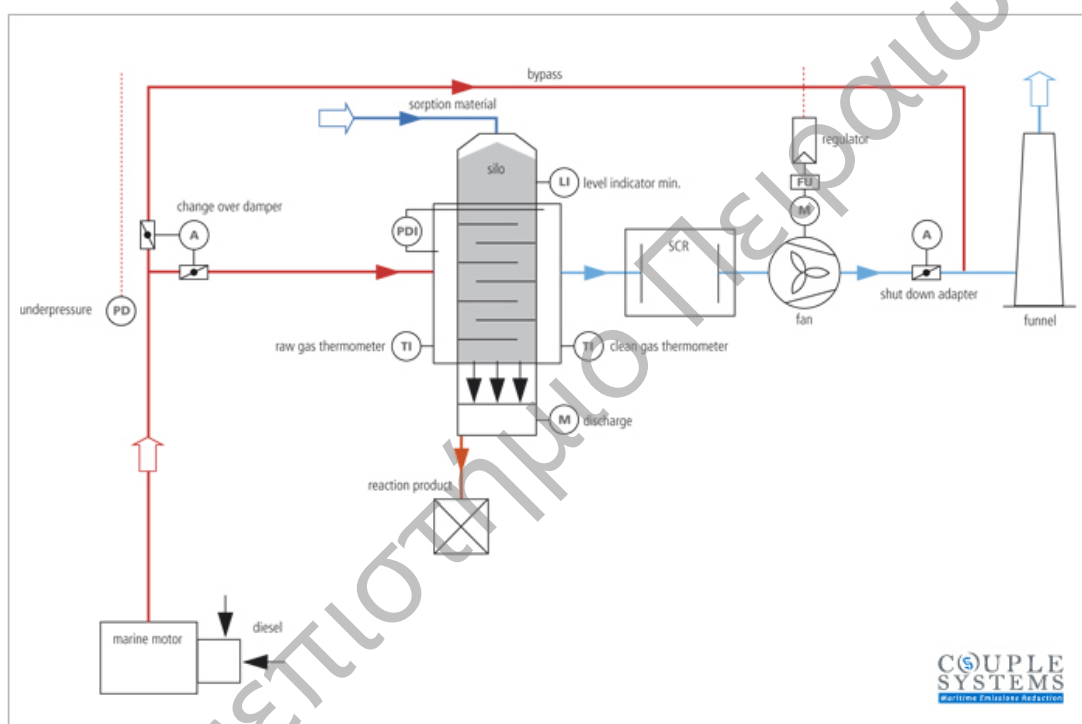
Οι ξηρές πλυντηρίδες χρησιμοποιούνται ευρέως για σκοπούς αποθείωσης καυσαερίων. Οι διαφορετικές ξηρές πλυντηρίδες βασίζονται σε ασβεστόλιθο ή ένυδρα ασβέστη ως μέσο καθαρισμού.

Μειονέκτημά της είναι η προμήθεια και αποθήκευση των προϊόντων ασβέστη, μαζί με την αποθήκευση και την διάθεση χρησιμοποιημένων αντιδραστηρίων.

Χημικές αρχές ξηρού καθαριστήρα αντιδράσεων έχουν ως εξής:



Αυτές οι αντιδράσεις είναι εξώθερμες, απελευθερώνοντας θερμότητα, επιτρέποντας στο σύστημα scrubber να συμβάλει στην αποτελεσματικότητα των αποβλήτων λείβητα ανάκτησης θερμότητας με τη σωστή εγκατάσταση.



Εικόνα 8: Σύστημα ξηρών φίλτρων σε συνδυασμό με SCR

Πηγή: Couple Systems, 2010

Η σύλληψη των σωματιδίων αξιολογείται μόνο για τα σωματίδια αιθάλης που βασίζονται στην εξάτμιση.

Ένα πλεονέκτημα της ξηρής πλυντηρίδας είναι οι δυνατότητες ολοκλήρωσης με SCR

(Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή) NOX.

Η πιο τοξική ουσία για την λειτουργία SCR είναι SO₃. Το SO₃ αντιδρά με το NH₃ (αμμωνία) προς θειικό αμμώνιο, το οποίο θα μπορούσε να εμποδίσει τον καταλύτη. Το SCR μπορεί επίσης να λειτουργήσει σε χαμηλότερη θερμοκρασία χωρίς τον κίνδυνο της εν λόγω αποφράξεως όταν η περιεκτικότητα σε θείο είναι χαμηλή.

Θεωρητικά, υπάρχει πιθανότητα στην αφαίρεση του CO₂ και αυτό οφείλεται στην ακόλουθη αντίδραση:



Ωστόσο, αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών CO₂ στο τέλος, επειδή ενυδατώνεται ο ασβέστης με πύρωση ασβεστολίθου σε 900 ° C:



και επακόλουθη ψύξη και ενυδάτωση του καμένου ασβέστου (CaO).

Οι δαπάνες για τα ξηρά φίλτρα είναι:

- 1 μηχανή MW: 0,5 εκατομμύρια δολάρια
- μηχανή 20MW: 4 εκατομμύρια δολάρια

Επιπλέον, τα αντίστοιχα ετήσια έξοδα λειτουργίας για το ξηρό καθαριστή συστήματα από τα συστήματα Ζευγάρι είναι:

- 1 μηχανή MW: USD 43.500
- 20 MW κινητήρα: USD 477.200

Οι δαπάνες λειτουργίας περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας, κόκκων, συντήρησης και εργασίας.

5. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ SCRUBBERS

Πάνω από 150 χρόνια διήρκησαν οι έρευνες αναφορικά με τις μεθόδους σχετικά με την αφαίρεση του θείου από τα καυσαέρια των λεβήτων και των κλιβάνων. Η μέθοδος της αποθείωσης αναπτύχθηκε στην Αγγλία από το 1850. Κατασκευάστηκαν εργοστάσια μεγάλου μεγέθους παραγωγής ενέργειας κατά το 1920 για την εκπομπή του διοξειδίου του θείου απασχολώντας κατοίκους της περιοχής της Αγγλίας. Η εν λόγω δραστηριότητα ωστόσο δεν ελήφθη σοβαρά σε προσοχή ως το 1929, όπου το ανώτατο κλιμάκιο διοίκησης της χώρας δέχτηκε το αίτημα αποζημίωσης γεωργού για να καταστραφεί μέρος της γης από τις εκπομπές διοξειδίου του θείου από την συντεχνία Μάντσεστερ και συγκεκριμένα από την εταιρεία Barton Electricity Works. Αμέσως ξεκίνησε η ανέγερση ειδικών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας και έτσι επιβλήθηκε το σύστημα ελέγχου των εκπομπών του θείου από όλα τα εργοστάσια.

Τα πρώτα μεγάλα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων scrubbers τοποθετήθηκαν το 1931 στο Λονδίνο, το 1935 στο Σουόνσι και το 1938 στο Φούλαμ. Τα τρία μεγάλα FGD συστήματα σταμάτησαν να λειτουργούν κατά το Β' Παγκόσμιο πόλεμο και επανεμφανίστηκαν στις ΗΠΑ το 1960-1970. Μέχρι τον Ιούνιο του 1973, υπήρχαν 42 FGD συστήματα σε λειτουργία, τριάντα έξι στην Ιαπωνία και έξι (6) στις Η.Π.Α. με εύρος ισχύος από 5 MW μέχρι 250 MW. Στα τέλη του 1999 τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνταν σε είκοσι επτά (27) χώρες και υπήρχαν 678 μονάδες σε λειτουργία σε εργοστάσια συνολικής ισχύος 229 GW.

Την ίδια χρονιά το 45% της συνολικής ισχύος εγκαταστάθηκε στις ΗΠΑ, το 24% στην Ιαπωνία και το 20% σε άλλες χώρες. Το 85% των συστημάτων της αποθείωσης στις ΗΠΑ είναι scrubbers με χρήση υγρού, το 12% με χρήση ψεκασμού ξηρού υλικού και το 3% συστήματα ξηρής έγχυσης. Τα μεγαλύτερα ποσοστά αποθείωσης των scrubbers (>90%) είναι με χρήση υγρού και τα μικρότερα (<80%) με χρήση ξηρού υλικού. Γενικότερα τα ξηρά scrubbers πετυχαίνουν αποτελεσματικότητα πάνω από 90%.

Πίνακας 2: αριθμός εργοστασίων παραγωγής ενέργειας ισχύος μεγαλύτερης των 100mw με εγκατεστημένα συστήματα αποθείωσης.

Πηγή: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/review2011.pdf>

SO ₂ Removal Rate	# of Plants	Total Capacity
Over 90%	94	46,734 MW
80-89%	49	21,613 MW
70-79%	52	20,950 MW
16-69%	11	3,825 MW
None	628	220,664 MW

5.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

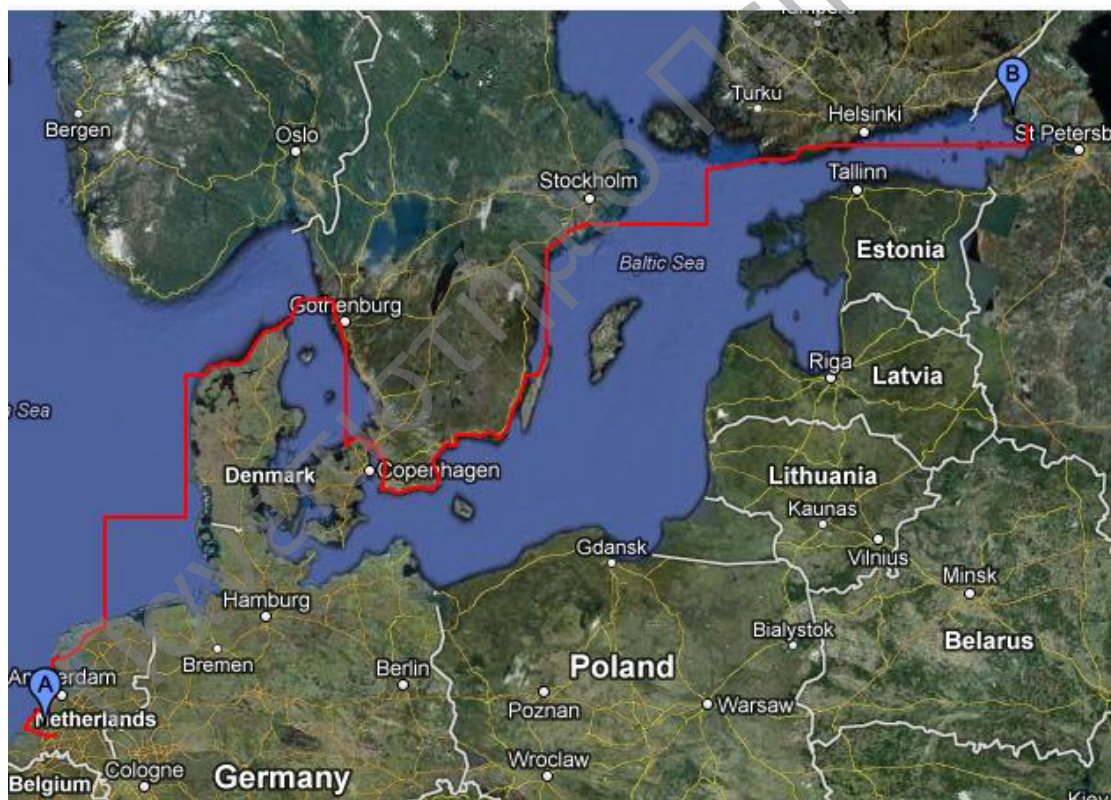
Η εν λόγω έρευνα σκοπεύει στο να υπολογίσει το κόστος της λειτουργίας του πλοίου εντός μίας δεκαετίας με τις νέες συνθήκες προστασίας του περιβάλλοντος. Εξετάζεται, λοιπόν, η λειτουργία των καθαρών καυσίμων με περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου 1% και 0.1% κατά μάζα, σύμφωνα με τους κανονισμούς που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σε δεύτερη περίπτωση μελετάται η λειτουργία με εγκατάσταση καθαρισμού καυσαερίων scrubbers χρησιμοποιώντας τυπικό καύσιμο. Τέλος, γίνεται σύγκριση κόστους λειτουργίας των δύο άνωθεν περιπτώσεων αποσκοπώντας στην εύρεση της συμφέρουσας λύσης. Αρχικά, καθορίζεται η περιοχή της λειτουργίας, ο τύπος και τα γενικά χαρακτηριστικά του πλοίου που θα μελετηθούν.

5.1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια, λόγω του ορισμού της Βόρειας και Βαλτικής Θάλασσας σε περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECA's), χρησιμοποιούνται καθαρότερα και ακριβότερα καύσιμα, γεγονός που οδήγησε τις ναυτιλιακές εταιρείες σε αύξηση οικονομικών απαιτήσεων προκειμένου να μεταφέρουν τα προϊόντα τους. Για το λόγο αυτό μετατοπίστηκε το φορτίο από την ναυτιλία σε φορτηγά και τρένα.

Η συγκεκριμένη ζημία που παρατηρείται κατά βάση στην Βαλτική οδήγησε την έρευνα στην συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Επιλέχθηκε η διαδρομή Rotterdam (Ολλανδία)- Primorsk (Ρωσία) καθώς αποτελεί την βασική περιοχή από όπου περνούν πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια. Επίσης το συγκεκριμένο λιμάνι είναι το μεγαλύτερο και σημαντικότερο τερματικό λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα οποία ανατροφοδοτούνται σε λιμάνια ευρύτερης περιοχής της Βαλτικής και της Βόρειας Θάλασσας. Τα δεδομένα της εν λόγω επιλογής, λοιπόν, συμβάλλουν στην πρακτική εφαρμογή και της ανάγκες της σημερινής ναυτιλίας.

Η απόσταση των δύο λιμανιών είναι 1.531 ναυτικά μίλια. Εικάζεται για λόγους έρευνας ότι το πλοίο που μελετάται ακολουθεί την εν λόγω διαδρομή κάθε χρόνο με χρονική διάρκεια ταξιδιού 320 ημέρες εντός ενός έτους.



Εικόνα 9: Διαδρομή Rotterdam – Primorsk (Ports.com).

Πηγή: <http://ports.com/sea-route/port-of-primorsk,russia/port-of-rotterdam,netherlands/>

Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται σε πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίου containership, ώστε τα κύτη του και το κατάστρωμά του να δέχεται μεγάλη ποσότητα εμπορευματοκιβωτίων με ανάλογες διαρρυθμίσεις και ενισχύσεις, με ειδικές υποδοχές βάσει διεθνών προτύπων διαστάσεων, με περιορισμένη διαμονή σε λιμάνια εκφόρτωσης χωρίς επιπλέον χρεώσεις.

Τα τελευταία χρόνια η μεταφορά των συσκευασμένων προϊόντων μέσω της ναυτιλίας επέφερε μεγάλη επανάσταση στην ναυτιλιακή οικονομία. Τα ασφάλιστρα των φορτίων περιορίστηκαν αρκετά και η μετακίνηση των φορτίων γίνεται με ασφάλεια. Η διάκριση των φορτίων γίνεται ανάλογα με το μέγεθός τους σε

- TEU's – Twenty-foot equivalent units και
- FEU's – Forty-foot equivalent units.

Αξίζει να αναφερθεί ακόμη και η πολιτική οικονομικής εκμετάλλευσης των λιμένων έπειτα από την δημιουργία ειδικών terminals σημείων φορτοεκφόρτωσης με απαραίτητη ενίσχυση με μέσα και ειδικούς γερανούς κάνοντας αυτόματα τις εγκαταστάσεις μοντέρνες. Πολλά πλοία διαθέτουν δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης, γεγονός που εξυπηρετεί ακόμη και λιμένες με ελλιπή μέσα.

Τα containers διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την χωρητικότητά τους σε εμπορευματοκιβώτια. Τύποι και αντίστοιχα χαρακτηριστικά πλοίων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: τύποι containership βάσει χωρητικότητας

Πηγή: Wikipedia.com

Name	Capacity (TEU)	Length	Beam	Draft
Ultra Large Container Vessel (ULCV)	14,501 and higher	1,200 ft (366 m) and longer	160.7 ft (49 m) and wider	49.9 ft (15.2 m) and deeper
New panamax	10,000–14,500	1,200 ft (366 m)	160.7 ft (49 m)	49.9 ft (15.2 m)
Post panamax	5,101–10,000			
Panamax	3,001 – 5,100	965 ft (294.13 m)	106 ft (32.31 m)	39.5 ft (12.04 m)
Feedermax	2,001 – 3,000			
Feeder	1,001 – 2,000			
Small feeder	Up to 1,000			

Λόγω των μικρών αποστάσεων μεταξύ της Βαλτικής και Βόρειας Θάλασσας, χρησιμοποιούνται κατά κόρον τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων feeders και τα feedermaxes. Εφοπλιστικές εταιρείες ναυλώνουν τα συγκεκριμένα πλοία, τα οποία ακολουθούν συγκεκριμένη διαδρομή. Οι 20 επικρατέστερες εταιρείες διαχειρίζονται liner containers διακινώντας 5,875,263 TEU's. Οι μεταφορές αγαθών σε μικρές αποστάσεις αναμένεται ότι θα συμβάλλουν στην ανάκαμψη της οικονομίας από την αύξηση της ζήτησης σε μικρά containers.

Η συνηθέστερη μέθοδος ναύλωσης feedermax πλοίων είναι με συμβόλαια 6-12 μηνών. Τα συμβόλαια μακράς περιόδου επιλέγονται καθώς προσφέρουν σταθερά και

ασφαλή έσοδα, διευκολύνοντας έτσι την επένδυση σε συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων.

Με δεδομένα τα άνωθεν, επιλέχθηκε λοιπόν για την έρευνα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μεγέθους feedermax (2001-3000 TEU's).

Η αγορά των containers βάσει του έτους ναυπήγησης καταγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: στόλος containerships βάσει του έτους ναυπήγησης την 20ετία 1999-2010.

Πηγή: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/review2011.pdf>

Year of Bld Size TEU	Small Feeders 100 - 499		Small Feeders 500 - 999		Feeders 1,000 - 1,999		Feedermax 2,000 - 2,999		Panamax 3,000 - 5,100		Post-Panamax 5,100 - 10,000		TOTAL	
<= 1980	126	32,183	25	16,087	19	28,087	16	39,840					186	116,197
1981	9	3,059	5	2,995	2	2,834			1	3,840			17	12,728
1982	16	5,926	12	7,826	6	9,191	3	6,549	1	3,027			38	32,519
1983	12	4,239	10	6,996	15	20,984	12	27,264	2	6,034			51	65,537
1984	8	2,781	15	10,230	9	11,209	14	35,109	3	10,318			49	69,847
1985	16	6,101	15	10,846	22	30,785	4	9,969	2	9,228			59	66,929
1986	5	2,254	6	4,656	14	21,261	7	20,140	17	52,105			49	100,416
1987	4	1,275	2	1,658	9	13,413	6	15,700	4	13,226			25	45,272
1988	9	2,421	5	3,999	6	7,831	3	8,159	10	33,771	5	21,700	38	77,881
1989	6	2,085	8	5,718	11	17,059	10	25,813	11	41,758			46	92,433
1990	5	1,766	7	5,569	30	41,315	14	36,147	9	33,107			65	117,904
1991	21	6,044	9	7,504	24	34,210	10	26,798	18	68,043			82	142,599
1992	4	1,507	19	14,866	31	39,592	7	17,754	19	67,574	4	18,240	84	159,533
1993	10	3,431	13	8,435	50	68,777	6	15,873	28	104,595			107	201,111
1994	21	6,893	28	18,136	58	85,386	10	23,358	33	122,664	3	13,335	153	269,772
1995	26	8,763	41	25,957	50	70,175	15	36,384	27	106,496	17	80,378	176	328,153
1996	30	11,246	41	29,544	66	88,007	26	65,785	25	94,625	21	116,239	209	405,446
1997	24	8,168	53	38,053	77	111,580	45	109,511	36	141,484	20	111,304	255	520,100
1998	22	5,972	39	39,784	79	111,483	45	108,138	39	154,882	17	105,948	261	526,157
1999	10	3,061	30	20,909	48	71,763	19	44,796	8	33,366	14	85,576	129	259,473
2000	4	1,706	26	17,903	45	69,192	22	53,498	25	107,060	34	199,056	156	448,415
2001	2	918	15	11,693	43	59,762	45	112,694	19	72,347	63	365,254	187	622,668
2002			32	24,296	39	54,222	42	104,541	44	184,366	45	275,957	202	643,382
2003	1	300	37	26,212	31	42,140	38	97,174	38	154,845	37	237,885	182	558,556
2004	1	200	34	26,230	21	30,871	31	79,205	40	181,271	49	325,346	176	643,123
2005	1	136	49	39,218	45	61,120	45	118,867	65	286,555	59	435,659	264	941,555
2006	6	1,887	59	48,897	79	108,235	60	161,475	64	265,965	99	784,019	367	1,370,278
2007	5	1,259	66	53,864	118	166,932	43	113,638	96	410,391	72	587,345	400	1,333,429
2008	1	300	61	49,962	122	173,659	62	161,549	96	403,975	86	687,470	428	1,476,915
2009	3	1,178	25	20,508	62	91,028	30	78,150	89	379,054	68	558,076	277	1,127,994
2010	1	368	11	8,655	35	54,451	15	38,541	80	349,051	62	557,136	204	1,008,202
TOTAL	409	127,427	818	607,006	1,266	1,796,506	705	1,792,419	949	3,895,243	775	5,565,923	4,922	13,784,524
AVG. AGE		22.7		11.0		10.5		9.8		7.7		5.7		10.2

Η αγορά των feeders και feedermaxes γνώρισε άνθηση πριν τα μέσα του 2009 και μετά, καθώς ακολούθησε η παγκόσμια οικονομική ύφεση που επιβάρυνε και αυτόν τον τομέα, με σημαντική μείωση παραγγελιών πλοίων τέτοιου τύπου. Η ζήτηση σε μικρά πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων υπερτερούσε από την προσφορά σε μεταφερόμενα εμπορευματοκιβώτια, επομένως η λειτουργία τους μετατράπηκε σε ασύμφορη. Εκδηλώθηκε η ανάγκη μείωσης λειτουργικού κόστους των πλοίων καθώς τα feeders και feedermaxes είναι γηραιότερα συγκριτικά με άλλα πλοία, γεγονός που αυξάνει το κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλειας των πλοίων. Έτσι, η

ανάγκη αντικατάστασης των ακριβών καυσίμων με σύγχρονες λύσεις (συστήματα καθαρισμού καυσαερίων) κρίνεται όλο και σπουδαιότερη.

Τα μεταφερόμενα αγαθά το 1009 μειώθηκαν και αυξήθηκαν σημαντικά τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, επομένως και αύξηση σε υπερπροσφορά των πλοίων. Από το 2010 σημειώθηκε ανάκαμψη στη ζήτηση containership κάτι που συνεχίζεται ως σήμερα, δείχνοντας ότι τελικά με γρήγορους ρυθμούς συμβαίνει η έξοδος από την κρίση.

Ο παρακάτω πίνακας καταδεικνύει την διαφορά μεταξύ προσφοράς και ζήτησης των προηγούμενων χρόνων.

Πίνακας 5: στατιστικά στοιχεία διακινούμενων αγαθών και παγκοσμίου στόλου containership μεταξύ 1999-2010

Πηγή: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/review2011.pdf>

YEAR	Trade in the Container sector (in million tonnes)	Demand % change	Container Fleet (000 Teu)	Supply % change	Aggregate Demand-Supply
1990	246		1639		
1991	268	8,94%	1766	7,75%	1,19%
1992	292	8,96%	1912	8,27%	0,69%
1993	322	10,27%	2071	8,32%	1,96%
1994	357	10,87%	2244	8,35%	2,52%
1995	389	8,96%	2493	11,10%	-2,13%
1996	430	10,54%	2901	16,37%	-5,83%
1997	470	9,30%	3285	13,24%	-3,93%
1998	503	7,02%	3778	15,01%	-7,99%
1999	560	11,33%	4218	11,65%	-0,31%
2000	628	12,14%	4426	4,93%	7,21%
2001	647	3,03%	4859	9,78%	-6,76%
2002	718	10,97%	5443	12,02%	-1,05%
2003	805	12,12%	6014	10,49%	1,63%
2004	918	14,04%	6546	8,85%	5,19%
2005	1020	11,11%	7184	9,75%	1,36%
2006	1134	11,18%	8122	13,06%	-1,88%
2007	1264	11,46%	9466	16,55%	-5,08%
2008	1317	4,19%	10774	13,82%	-9,62%
2009	1199	-8,96%	12146	12,73%	-21,69%
2010	1336	11,43%	12895	6,17%	5,26%
SUM		178,91%		218,18%	-39,27%

Αναφορικά με τα βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου που επιλέχθηκαν για την έρευνα, καταγράφονται ως εξής:

- Βάσει των συνήθων απαιτήσεων ισχύος πρόωσης για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων τύπου feedermax, επιλέγεται προωστήρια εγκατάσταση **16,660 kW**. Πιο συγκεκριμένα επιλέγεται η επτακύλινδρη S60MC-C8 της εταιρίας MAN B&W.
- Θεωρούνται δύο (2) βοηθητικές μηχανές (ηλεκτρογεννήτριες) τύπου ZJMD-MAN B&W ισχύος **1,600kW** η κάθε μία.
- Η ειδική κατανάλωση καυσίμου της μηχανής ορίζεται στα 170 gr kWh ή 67.97ton/day
- Η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου ορίζεται στους **20 κόμβους (knots)**.

Σα παραπάνω στοιχεία εκλέχθηκαν βάση της μελέτης της εταιρίας MAN B&W σχετικά με τις τάσεις της διεθνούς ναυτιλίας στην επιλογή προωστήριας εγκατάστασης για containerships.

Εικόνα 6: συνήθη γεωμετρικά στοιχεία και χαρακτηριστικά ώσης containerships τύπου feeders & feedersmax

Πηγή: MAN DIESEL & TURBO

Container ship class	Ship size	teu	Feeder 1,200	Feeder 1,600	Feeder 2,000	Feeder 2,500	Feeder 2,800
Scantling draught	m	9.5	10.1	10.7	11.5	12.0	
Deadweight (scantling)	dwt	17,700	23,000	28,200	34,800	38,500	
Design draught	m	8.0	8.6	9.2	10.0	10.6	
Deadweight (design)	dwt	13,800	18,200	22,400	27,700	30,800	
Length overall	m	160	182	202	209	222	
Length between pp	m	149	17	190	197	210	
Breadth	m	25.0	28.0	28.0	30.0	30.0	
Sea margin	%	15	15	15	15	15	
Engine margin	%	10	10	10	10	10	
Average design ship speed	knots	19.0	20.0	21.0	22.0	22.5	
SMCR power	kW	10,500	14,000	17,700	21,700	24,900	
Main engine options		6S50ME-B9	6S60MC-C8/ME-C8	6L70MC-C7/ME-C7	7L70MC-C7/ME-C7	6K80ME-C9	
	2	7S50MC-C7/ME-C7	8S50ME-B9	6S70MC-C7/ME-C7	6K80MC-C8/ME-C8	7K80MC-C8/ME-C8	
	3	8S46MC-C8	9S50MC-C7/ME-B8	7S65ME-C8	7S70MC-C7/ME-C7	8L70MC-C8/ME-C8	
	4	5S60MC-C7/ME-C7		8S60MC-C7/ME-C7		8S70MC-C8/ME-C8	
Average ship speed -1.0 kn	knots	18.0	19.0	20.0	21.0	21.5	
SMCR power	kW	8,400	11,600	14,700	18,000	20,800	
Main engine options		6S50MC-C7/ME-C7	5S60MC-C8/ME-C8	7S60MC-C7/ME-C7	6L70MC-C7/ME-C7	6K80MC-C8/ME-C8	
	1	5S50ME-B9	6S60MC-C7/ME-C7	5L70MC-C7/ME-C7	6S70MC-C7/ME-C7	7L70MC-C7/ME-C7	
	2	7S46MC-C7	7S50ME-B9	6S65ME-C8	7S65ME-C8	7S70MC-C7/ME-C7	
	3						
	4	5S60MC-C7/ME-C7	7S50MC-C8/ME-B8		8S60MC-C7/ME-C7		
Average ship speed +1.0 kn	knots	20.0	21.0	22.0	23.0	23.5	
SMCR power	kW	13,000	17,200	21,500	26,000	30,000	
Main engine options		8S50ME-B9	6L70MC-C7/ME-C7	7L70MC-C7/ME-C7	8L70MC-C8/ME-C8	7K80ME-C9	
	1	8S50ME-B8	8S60MC-C7/ME-C7	6K80MC-C8/ME-C8	6K80ME-C9	9K80MC-C8/ME-C8	
	2			7S70MC-C8/ME-C8	8K80MC-C8/ME-C8	6K90ME-C9	
	3	6S60MC-C7/ME-C7			6K90MC-C8/ME-C8		
	4						

Απαραίτητο για την επιλογή του κατάλληλου scrubber είναι να γνωρίζουν οι εταιρείες τα στοιχεία του καυστήρα και να καταλάβουν εάν είναι εφαρμόσιμο το φιλτράρισμα του καυστήρα. Κάθε πλοίο απαιτεί συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ως προς το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του scrubber σύμφωνα με τις τεχνικές χαρακτηριστικών της κύριας και των βοηθητικών του μηχανών. Παρακάτω, παρατίθενται δεδομένα σχεδίασης καυστήρα βάσει των επιλεγθέντων Κ.Μ.(Κύρια μηχανή) και Β.Μ. (Βοηθητική μηχανή).

Πίνακας 7: τεχνικά στοιχεία του χρησιμοποιούμενου καυστήρα.

Technical data						
Steam Production for oil-fired section	: 2,000 kg/hr					
Steam Production for exh. gas section at ISO NCR	: 1,850 kg/hr					
Steam production and gas condition for exhaust gas section						
	MCR			NCR		
	ISO	TROPIC	WINTER	ISO	TROPIC	WINTER
Exh. Gas amount [Kg/h]	155900	145200	159800	142900	134200	147600
Exh. Gas inlet temp. [°C]	245.8	278.1	219.5	236.5	269.7	211
Exh. Gas outlet temp. [°C]	211.7	229.5	196.6	205.8	224.1	191.4
Steam production [kg/h]	2200	2980	1530	1850	2580	1210
Drop loss [mm H ₂ O]						
Working pressure	: 0.7MPaG					
Design pressure	: 0.9MPaG					
Feed water temperature	: 60°C					
Ambient temperature	: 45°C					
Fuel oil consumption at Max.	: 149 kg/h					
Combution air consumption at 45°C	: 2125.3 m ³ /h					
Flue gas flow at 45°C	: 1919.8 Nm ³ /h					
Fuel gas output temperature	: abt. 350°C					
Furnace pressure	: 50 mmH ₂ O					
Heatin surfuce	:exh. gas side					: 380 m ²
	:oil-fired side					: 61 m ²
Number of boiler/ship	: 1 set					

5.2. ΕΡΕΥΝΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στην πρώτη δεκαετία της έρευνας θα χρησιμοποιηθεί το καύσιμο LS 380 περιεκτικότητας 1% κατά μάζα σε θείο ενώ από το 2015 και ύστερα θα χρησιμοποιηθεί το καύσιμο MGO περιεκτικότητας σε θείο 0.5% κ.μ.

Το κόστος λειτουργίας καθαρού καυσίμου θα υπολογιστεί σύμφωνα με τα τρία πιθανά σενάρια διακύμανσης της τιμής καυσίμου σε βάθος δεκαετίας, οι πίνακες των αποτελεσμάτων των οποίων παρατίθενται ακολούθως:

Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο:

Πίνακας 8: ετήσια έξοδα και συνολικό κόστος εξεταζόμενης δεκαετίας (σενάριο 1).

Year	\$/day	\$/year	Survey days	Final \$/year
2013-14	\$ 42,005.46	\$ 13,441,747.20	13	\$ 12,895,676.22
2014-15	\$ 43,309.61	\$ 13,859,075.37	0	\$ 13,859,075.37
2015-16	\$ 69,787.87	\$ 22,332,118.80	6.5	\$ 21,878,497.63
2016-17	\$ 72,579.39	\$ 23,225,403.55	0	\$ 23,225,403.55
2017-18	\$ 75,482.56	\$ 24,154,419.69	0	\$ 24,154,419.69
2018-19	\$ 78,501.86	\$ 25,120,596.48	13	\$ 24,100,072.25
2019-20	\$ 81,641.94	\$ 26,125,420.34	0	\$ 26,125,420.34
2020-21	\$ 84,907.62	\$ 27,170,437.15	6.5	\$ 26,618,537.65
2021-22	\$ 88,303.92	\$ 28,257,254.64	0	\$ 28,257,254.64
2022-23	\$ 91,836.08	\$ 29,387,544.82	0	\$ 29,387,544.82
Σύνολο		\$ 233,074,018.04		\$ 230,501,902.16

Πίνακας 9: ετήσια έξοδα και συνολικό κόστος εξεταζόμενης δεκαετίας (σενάριο 2).

Year	\$/day	\$/year	Survey days	Final \$/year
2013-14	\$ 42,005.46	\$ 13,441,747.20	13	\$ 12,895,676.22
2014-15	\$ 43,986.72	\$ 14,075,749.61	0	\$ 14,075,749.61
2015-16	\$ 66,556.95	\$ 21,298,224.41	6.5	\$ 20,865,604.23
2016-17	\$ 68,553.66	\$ 21,937,171.14	0	\$ 21,937,171.14
2017-18	\$ 70,610.27	\$ 22,595,286.28	0	\$ 22,595,286.28
2018-19	\$ 72,728.58	\$ 23,273,144.86	13	\$ 22,327,673.35
2019-20	\$ 74,910.44	\$ 23,971,339.21	0	\$ 23,971,339.21
2020-21	\$ 77,157.75	\$ 24,690,479.39	6.5	\$ 24,188,954.02
2021-22	\$ 79,472.48	\$ 25,431,193.77	0	\$ 25,431,193.77
2022-23	\$ 81,856.65	\$ 26,194,129.58	0	\$ 26,194,129.58
Σύνολο		\$ 216,908,465.45		\$ 214,482,777.41

Πίνακας 10: ετήσια έξοδα και συνολικό κόστος εξεταζόμενης δεκαετίας (σενάριο 3).

Year	\$/day	\$/year	Survey days	Final \$/year
2013-14	\$ 42,005.46	\$ 13,441,747.20	13	\$ 12,895,676.22
2014-15	\$ 43,309.61	\$ 13,859,075.37	0	\$ 13,859,075.37
2015-16	\$ 72,372.61	\$ 23,159,234.31	6.5	\$ 22,688,812.36
2016-17	\$ 76,714.96	\$ 24,548,788.37	0	\$ 24,548,788.37
2017-18	\$ 81,317.86	\$ 26,021,715.67	0	\$ 26,021,715.67
2018-19	\$ 86,196.93	\$ 27,583,018.61	13	\$ 26,462,458.48
2019-20	\$ 91,368.75	\$ 29,237,999.73	0	\$ 29,237,999.73
2020-21	\$ 96,850.87	\$ 30,992,279.71	6.5	\$ 30,362,749.03
2021-22	\$ 102,661.93	\$ 32,851,816.49	0	\$ 32,851,816.49
2022-23	\$ 108,821.64	\$ 34,822,925.48	0	\$ 34,822,925.48
Σύνολο		\$ 256,518,600.93		\$ 253,752,017.19

5.3. ΕΡΕΥΝΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ SCRUBBER

Για τον υπολογισμό της χρήσης του scrubber θα υπολογιστεί το κόστος λειτουργίας κάθε έτους, όπως ακριβώς υπολογίστηκε και το κόστος των καθαρών καυσαερίων παραπάνω. Βέβαια, στην προκειμένη περίπτωση θα γίνει χρήση καυσίμου IFO 380 περιεκτικότητας 3.5% κατά μάζα. Έπειτα, θα προστεθούν ανά έτος τα κόστη σε κάθε περίπτωση λειτουργίας του scrubber. Θα υπολογιστούν λοιπόν οι αντίστοιχες τιμές καυσίμου για τα τρία σενάρια διακύμανσης τιμών.

Στους παρακάτω πίνακες ακολουθούν τα αποτελέσματα των τριών σεναρίων:

Πίνακας 11: ετήσια έξοδα καυσίμου με χρήση scrubber (σενάριο 1)

Year	IFO 380 (\$/ΜΣ)	\$/day	\$/year	Survey days	Final \$/year
2013-14	610.00	41461.7	13267744	13	12728741.90
2014-15	618.63	42048.17	13455412.98	0	13455412.98
2015-16	657.36	44680.74	14297837.83	6.5	14007413.00
2016-17	672.13	45684.63	14619081.78	0	14619081.78
2017-18	686.67	46672.9	14935327.81	0	14935327.81
2018-19	700.91	47640.95	15245105.26	13	14625772.85
2019-20	714.78	48583.73	15546794.14	0	15546794.14
2020-21	682.67	46401.42	14848453.36	6.5	14546844.15
2021-22	686.41	46655.62	14929796.96	0	14929796.96
2022-23	688.38	46789.27	14972566.6	0	14972566.60

Πίνακας 12: ετήσιο συνολικό κόστος με χρήση scrubber ανοικτού κύκλου (σενάριο 1)

Open-Loop										
Year	Κοστ. Εξ.	Εκπ./Εγγ.	Εγκατ.	Final \$/year	Επεξ./Θερμ. IFO	Κόστος Απορ. Αποβλ.	Κόστ. Μηχ.	Κοστ. Συντ./Επ.	Σύνολο	
2013-14	3,284,995	65699.9	4927492.5	12728741.90	101829.9352	127287.419	100,000	79662	\$ 21,415,708.65	
2014-15				13455412.98	107643.3038	134554.1298	101000	82051.86	\$ 13,880,662.27	
2015-16				14007413.00	112059.304	140074.1300	102010	84513.4158	\$ 14,446,069.85	
2016-17				14619081.78	116952.6542	146190.8178	103030.1	87048.81827	\$ 15,072,304.17	
2017-18				14935327.81	119482.6225	149353.2781	104060.401	89660.28282	\$ 15,397,884.39	
2018-19				14625772.85	117006.1828	146257.7285	105101.005	92350.09131	\$ 15,086,487.86	
2019-20				15546794.14	124374.3531	155467.9414	106152.0151	95120.59405	\$ 16,027,909.04	
2020-21				14546844.15	116374.7532	145468.4415	107213.5352	97974.21187	\$ 15,013,875.09	
2021-22				14929796.96	119438.3757	149297.9696	108285.6706	100913.4382	\$ 15,407,732.42	
2022-23				14972566.60	119780.5328	149725.6660	109368.5273	103940.8414	\$ 15,455,382.17	
								Σύνολο	\$ 157,204,016	

Πίνακας 13: ετήσιο συνολικό κόστος με χρήση scrubber κλειστού κύκλου (σενάριο 1)

Closed-Loop										
Year	Κοστ. Εξ.	Εκπ./Εγγ.	Εγκατ.	Final \$/year	Επεξ./Θερμ. IFO	Κόστος Απορ. Αποβλ.	Κόστος Χημ. Στοιχ.	Κόστ. Μηχ.	Κοστ. Σ/Ε	Σύνολο
2013-14	4,593,842	91876.84	6890763	12728741.90	101829.9352	254574.838	381862.257	100,000	26,554	\$ 25,170,044.77
2014-15				13455412.98	107643.3038	269108.2595	403662.3893	101000	27350.62	\$ 14,364,177.55
2015-16				14007413.00	112059.304	280148.26	420222.39	102010	28171.1386	\$ 14,950,024.09
2016-17				14619081.78	116952.6542	292381.6356	438572.4533	103030.1	29016.27276	\$ 15,599,034.89
2017-18				14935327.81	119482.6225	298706.5562	448059.8343	104060.401	29886.76094	\$ 15,935,523.98
2018-19				14625772.85	117006.1828	292515.4571	438773.1856	105101.005	30783.36377	\$ 15,609,952.05
2019-20				15546794.14	124374.3531	310935.8828	466403.8242	106152.0151	31706.86468	\$ 16,586,367.08
2020-21				14546844.15	116374.7532	290936.8829	436405.3244	107213.5352	32658.07062	\$ 15,530,432.71
2021-22				14929796.96	119438.3757	298595.9393	447893.9089	108285.6706	33637.81274	\$ 15,937,648.67
2022-23				14972566.60	119780.5328	299451.3321	449176.9981	109368.5273	34646.94712	\$ 15,984,990.94
									Σύνολο	\$ 165,668,197

Πίνακας 14: ετήσια έσοδα και συνολικό με χρήση scrubber κλειστού τύπου (σενάριο 2)

Closed-Loop										
Year	Κοστ. Εξ.	Εκπ./Εγγ.	Εγκατ.	Final \$/year	Επεξ./Θερμ. IFO	Κόστος Απορ. Αποβλ.	Κόστος Χημ. Στοιχ.	Κόστ. Μηχ.	Κοστ. Σ/Ε	Σύνολο
2013-14	4,593,842	91876.84	6890763	12728741.90	101829.9352	254574.838	381862.257	100,000	26,554	\$ 25,170,044.77
2014-15				13665776.32	109326.2106	273315.5264	409973.2896	101000	27350.62	\$ 14,586,741.97
2015-16				13789835.95	110318.6876	275796.7189	413695.0784	102010	28171.1386	\$ 14,719,827.57
2016-17				14498022.10	115984.1768	289960.442	434940.6629	103030.1	29016.27276	\$ 15,470,953.75
2017-18				14932962.76	119463.7021	298659.2552	447988.8828	104060.401	29886.76094	\$ 15,933,021.76
2018-19				14756100.48	118048.8039	295122.0097	442683.0145	105101.005	30783.36377	\$ 15,747,838.68
2019-20				15842380.19	126739.0415	316847.6039	475271.4058	106152.0151	31706.86468	\$ 16,899,097.12
2020-21				15986199.30	127889.5944	319723.986	479585.979	107213.5352	32658.07062	\$ 17,053,270.47
2021-22				16807181.15	134457.4492	336143.6229	504215.4344	108285.6706	33637.81274	\$ 17,923,921.14
2022-23				17311396.58	138491.1726	346227.9316	519341.8974	109368.5273	34646.94712	\$ 18,459,473.06
									Σύνολο	\$ 171,964,190

Πίνακας 15: ετήσια έξοδα κλειστού καυσίμου με χρήση scrubber (σενάριο 3)

Year	IFO 380 (\$/ΜΣ)	\$/day	\$/year	Survey days	Final \$/year
2013-14	610.00	41461.7	13267744	13	12728741.9
2014-15	618.63	42048.17	13455412.98	0	13455412.98
2015-16	663.11	45071.65	14422928.79	6.5	14129963.05
2016-17	677.35	46039.61	14732675.49	0	14732675.49
2017-18	689.29	46851.04	14992331.24	0	14992331.24
2018-19	698.40	47470.01	15190402.26	13	14573292.17
2019-20	704.06	47855.17	15313656	0	15313656
2020-21	610.59	41501.61	13280514.49	6.5	13010754.04
2021-22	578.17	39298.09	12575387.67	0	12575387.67
2022-23	533.80	36282.72	11610469.76	0	11610469.76

Πίνακας 16: ετήσια έξοδα και συνολικό κόστος δεκαετίας με χρήση scrubber ανοικτού κύκλου (σενάριο 3)

Open-Loop									
Year	Κοστ. Εξ.	Εκπ./εγγ.	Εγκατ.	Final \$/year	Επεξ./Θερμ. IFO	Κόστος Απορ. Αποβλ.	Κόστ. Μηχ.	Κόστ. Συντ./Επ.	Σύνολο
2013-14	3,284,995	65699.9	4927492.5	12728741.90	101829.9352	127287.419	100,000	79662	\$ 21,415,708.65
2014-15				13455412.98	107643.3038	134554.1298	101000	82051.86	\$ 13,880,662.27
2015-16				14129963.05	113039.7044	141299.6305	102010	84513.4158	\$ 14,570,825.80
2016-17				14732675.49	117861.4039	147326.7549	103030.1	87048.81827	\$ 15,187,942.57
2017-18				14992331.24	119938.6499	149923.3124	104060.401	89660.28282	\$ 15,455,913.88
2018-19				14573292.17	116586.3374	145732.9217	105101.005	92350.09131	\$ 15,033,062.53
2019-20				15313656.00	122509.248	153136.56	106152.0151	95120.59405	\$ 15,790,574.42
2020-21				13010754.04	104086.0323	130107.5404	107213.5352	97974.21187	\$ 13,450,135.36
2021-22				12575387.67	100603.1013	125753.8767	108285.6706	100913.4382	\$ 13,010,943.75
2022-23				11610469.76	92883.7581	116104.6976	109368.5273	103940.8414	\$ 12,032,767.59
								Σύνολο	\$ 149,828,537

Πίνακας 17: ετήσια έξοδα και συνολικό κόστος δεκαετίας με χρήση scrubber κλειστού τύπου (σενάριο 3).

Closed-Loop										
Year	Κοστ. Εξ.	Εκπ./εγγ.	Εγκατ.	Final \$/year	Επεξ./Θερμ. IFO	Κόστος Απορ. Αποβλ.	Κόστος Χημ. Στοιχ.	Κόστ. Μηχ.	Κοστ. Σ/Ε	Σύνολο
2013-14	4,593,842	91,876.84	6,890,763	12728741.90	101829.9352	254574.838	381862.257	100,000	26,554	\$ 25,170,044.77
2014-15				13455412.98	107643.3038	269108.2595	403662.3893	101000	27350.62	\$ 14,364,177.55
2015-16				14129963.05	113039.7044	282599.261	423898.8915	102010	28171.1386	\$ 15,079,682.05
2016-17				14732675.49	117861.4039	294653.5098	441980.2646	103030.1	29016.27276	\$ 15,719,217.04
2017-18				14992331.24	119938.6499	299846.6248	449769.9371	104060.401	29886.76094	\$ 15,995,833.61
2018-19				14573292.17	116586.3374	291465.8434	437198.7651	105101.005	30783.36377	\$ 15,554,427.49
2019-20				15313656.00	122509.248	306273.12	459409.68	106152.0151	31706.86468	\$ 16,339,706.93
2020-21				13010754.04	104086.0323	260215.0808	390322.6211	107213.5352	32658.07062	\$ 13,905,249.38
2021-22				12575387.67	100603.1013	251507.7533	377261.63	108285.6706	33637.81274	\$ 13,446,683.63
2022-23				11610469.76	92883.7581	232209.3952	348314.0929	109368.5273	34646.94712	\$ 12,427,892.48
									Σύνολο	\$ 158,002,915

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα άνωθεν αποτελέσματα της δευτερογενούς έρευνας που παρατέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αποδεικνύουν το γεγονός ότι έπειτα από την συγκριτική παρουσίαση του κόστους μεταξύ χρήστη καθαρών/ αποσταγματικών καυσίμων και της εγκατάστασης scrubber ανοικτού και κλειστού κύκλου με χρήση ενδιάμεσου καυσίμου, το συνολικό κόστος για τον πλοιοκτήτη είναι σημαντικά μικρότερο σε περίπτωση που επιλέξει την εγκατάσταση του συστήματος καθαρισμού των καυσαερίων (scrubber). Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει και ισχύει και για τις τρεις περιπτώσεις σεναρίων που μελετήθηκαν, με το ποσοστό οφέλους να διαφέρει ανάλογα με το σενάριο.

Το ποσοστό αυτό εξαρτάται άμεσα από την πρωτοβουλία που θα λάβει ο κάθε πλοιοκτήτης αναφορικά με την χρήση ή μη των scrubbers και την επιλογή της ναυτιλίας σχετικά με την ικανοποίηση των κανονισμών εκπομπών των πλοίων και την πορεία της παγκόσμιας οικονομίας, καθορίζοντας σημαντικά την μελλοντική διακύμανση του κόστους των ναυτιλιακών καυσίμων.

Το κόστος λειτουργίας μελετά τα έξοδα που προκύπτουν από την κατανάλωση του καυσίμου σε κάθε περίπτωση. Δεν μελετώνται, λοιπόν, τα λειτουργικά έξοδα διαχείρισης του πλοίου σε βάθος δεκαετιών. Μάλιστα γενικότερα ναυτιλιακά έξοδα, όπως είναι τα έξοδα συντήρησης του πλοίου, επισκευής του πλοίου, μισθών του πληρώματος και άλλα έξοδα, δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα του ποσοστού οφέλους σε περίπτωση εγκατάστασης των scrubbers.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι η επιλογή του τύπου scrubber από τον πλοιοκτήτη δεν γίνεται για οικονομικά κριτήρια, αλλά στηρίζεται κυρίως στην διαθεσιμότητα του χώρου του μηχανοστασίου για την εγκατάσταση των εξαρτημάτων κάθε τύπου scrubber, στον διαθέσιμο χώρο για αποθηκευτούν τα απόβλητα των συστημάτων scrubbers, στη διαθεσιμότητα της αγοράς των απαραίτητων χημικών συστατικών, στο μέγεθος του καυστήρα που επηρεάζει άμεσα τη δυνατότητα καθαρισμού στο εσωτερικό του καυστήρα, στην περιοχή λειτουργίας και τη σωστή λειτουργία του

συστήματος ανοικτού κύκλου scrubber ανάλογα με την αλμυρότητα του νερού, και σε άλλους παράγοντες.

Αναφορικά με το **πρώτο σενάριο** διακύμανσης των τιμών των καυσίμων, παρέχεται η λύση καθαρών καυσίμων και η λύση της εγκατάστασης συστημάτων scrubbers. Η εν λόγω επιλογή συμβάλλει στην αύξηση της τιμής αγοράς του Marine Gas Oil το 2015, ενώ αυξάνεται και η ετήσια διαφορά κόστους του καυσίμου στα επερχόμενα έτη εξαιτίας της γενικής αύξησης της ζήτησης του καυσίμου. Αντιθέτως, η ποσοστιαία αύξηση του κόστους του Intermediate Fuel Oil που χρησιμοποιείται λόγω των κανονισμών που ισχύουν ως σήμερα, θα είναι μικρότερη και σε περίπτωση που επιβληθούν κανονισμοί εκπομπής ρυπογόνων αερίων σε παγκόσμιο επίπεδο το 2020, θα επέλθει σημαντική μείωση στην ζήτηση του ενδιάμεσου καυσίμου, άρα και μείωση στο κόστος του.

Αποτέλεσμα του άνωθεν είναι το συνολικό κόστος λειτουργίας με MGO σε βάθος δεκαετίας να ανέλθει στα \$ 230,501,902.16.

Το κόστος με επιλογή εγκατάστασης scrubber ανοικτού κύκλου να ανέλθει στα \$ 157,204,016 , ενώ με κλειστού κύκλου στα \$ 165,668,197.

Το ποσοστό οφέλους υπολογίζεται βάσει της σχέσης:

Κόστος με καθαρά καύσιμα- κόστος με scrubbers * 100%

Κόστος με καθαρά καύσιμα

Με τα scrubbers ανοικτού κύκλου (open loop) υπάρχει ποσοστό οφέλους 31,80% και του κλειστού 28,13%.

Αναφορικά με το **σενάριο 2**, διατίθεται μεγάλο και σημαντικό ποσοστό εγκατάστασης scrubber ως την βέλτιστη λύση. Αποτέλεσμα αυτού είναι να αυξάνεται διαρκώς η τιμή αγοράς του IFO 380 και η ποσοστιαία διαφορά ανάμεσα σε τιμές εξεταζομένων καυσίμων να θεωρούνται σταθερές. Επομένως, το κόστος του Marine Gas Oil διατηρεί σταθερά αυξητική πορεία με μικρό ποσοστό ανά έτος, σύμφωνα με τα άνωθεν δεδομένα.

Αποτέλεσμα είναι το συνολικό κόστος σε βάθος δεκαετιών με χρήση MGO να ανέρχεται στα \$ 214,482,777.41, κόστος το οποίο είναι μικρότερο από το προηγούμενο πρώτο σενάριο. Επίσης, το κόστος λειτουργίας με εγκατάσταση scrubber ανοικτού κύκλου (open loop) ανέρχεται στα \$ 163,261,976, ενώ με κλειστού κύκλου στα \$ 171,964,190.

Το ποσοστό οφέλους στο σενάριο 2 υπολογίστηκε βάσει της παραπάνω ίδιας σχέσης και ανέρχεται ποσοστιαία ως εξής:

Ανοικτού κύκλου: 23,88%

Κλειστού κύκλου: 19,82%.

Και στις δύο περιπτώσεις, τα ποσοστά είναι εμφανώς μικρότερα συγκριτικά με τα ποσοστά του πρώτου σεναρίου. Έτσι, το παρόν σενάριο διακύμανσης των τιμών των καυσίμων θεωρείται πιθανότερο να προσεγγιστεί και υιοθετηθεί λόγω της υψηλής τιμής των καθαρών καυσίμων στα άλλα δύο σενάρια.

Αναφορικά με το **τρίτο σενάριο**, η λύση της εγκατάστασης των scrubbers δεν είναι αποδεκτή από το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς της ναυτιλίας, καθώς βρίσκει πιο συμφέρουσα λύση τη χρήση των καθαρών καυσίμων. Αποτέλεσμα της μελέτης του σεναρίου αυτού είναι η σημαντική αύξηση της τιμής του Mariner Gas Oil με σημαντικότερη αυτή το 2015 που το επιτρεπόμενο ποσοστό εκπομπής θείου εντός των SECA's μειώνεται στα 0,5%. Με δεδομένο ότι η ζήτηση του ενδιάμεσου καυσίμου θα μειωθεί σημαντικά ως το 2020 φτάνοντας σε τιμές πλησίον του μηδενικού, η ποσοστιαία διαφορά των τιμών των καυσίμων θα αυξάνεται συνεχώς.

Σύμφωνα με τις άνωθεν θεωρήσεις, το συνολικό κόστος με χρήση αποσταγματικού καυσίμου προβλέπεται να είναι στα \$ 253,752,017.19 , με εγκατάσταση ανοικτού κύκλου στα \$ 149,828,537 και με εγκατάσταση κλειστού κύκλου στα \$ 158,002,915.

Και στις δύο περιπτώσεις, το ποσοστό οφέλους στο τρίτο σενάριο ανέρχεται στα:

Ανοικτού κύκλου: 40,95%

Κλειστού κύκλου: 37,73%.

Στην προκειμένη περίπτωση λοιπόν, είναι προφανές ότι τα ποσοστά οφέλους είναι μεγαλύτερα από αυτά των δύο προηγούμενων σεναρίων. Το συγκεκριμένο σενάριο είναι λιγότερο πιθανό να υιοθετηθεί, λόγω των εξαιρετικά υψηλών τιμών στα καθαρά καύσιμα και λόγω του σημαντικού προβλήματος στη διαθεσιμότητα του καυσίμου σε ενδεχόμενη αυξημένη ζήτηση. Ωστόσο, είναι χρήσιμο να εξεταστεί, ώστε να υπολογιστεί επακριβώς το πιθανό εύρος διακύμανσης του ποσοστού οικονομικού οφέλους εγκατάστασης συστημάτων scrubbers.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μεταφορά φορτίων από την ναυτιλία σε άλλους διαθέσιμους τρόπους μεταφοράς, εξαιτίας των υψηλών ναύλων που επιφέρει η χρήση καθαρότερων και ακριβότερων καυσίμων οδηγεί στο να αναπτυχθούν τεχνολογίες, οι οποίες συμβάλλουν στη διατήρηση των εξόδων των εταιρειών στα δεδομένα πλαίσια. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανταγωνιστικότητα των αντίστοιχων ναύλων και ο περιορισμός της ζημίας των εταιρειών. Το σύστημα εκείνο, το οποίο μοιάζει να είναι το επικρατέστερο της αγοράς, παρέχοντας ικανοποιητική λύση στο άνωθεν πρόβλημα είναι το σύστημα ελέγχου των καυσαερίων, το scrubber.

Στην εν λόγω εργασία μελετήθηκαν τρία σενάρια μερικής, πλήρους και σχεδόν μηδενικής αποδοχής του συστήματος scrubber από τον ναυτιλιακό κόσμο, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι αποτελεί την πλέον συμφέρουσα λύση.

Τα συστήματα scrubbers καθαρίζουν τα καυσαέρια από τα οξειδία του θείου με μεγάλη εξειδίκευση, με αποτελεσματικότητα σε άλλα ρυπογόνα αέρια, όπως είναι του διοξειδίου του άνθρακα, να μην πλησιάζει τα ίδια επίπεδα. Για το λόγο αυτό, υπάρχει συγκρατημένη προσέγγιση απέναντι στα scrubbers, καθώς βάσει των κανονισμών, υπάρχει η πεποίθηση ότι αποτελούν μία μακροπρόθεσμη μελλοντική βέλτιστη ωστόσο λύση.

Τέλος, το υψηλό αρχικό κεφάλαιο που είναι απαραίτητο για τον εξοπλισμό του στόλου μίας ναυτιλιακής εταιρείας με scrubbers, λειτουργώντας πλήρως ή μερικώς εντός των περιοχών ελέγχου των εκπομπών (ECA's), εμποδίζει και αναστέλλει στην ταχεία επένδυση του ναυτιλιακού κόσμου στα συστήματα των scrubbers.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (18 Ιανουαρίου 2012) ‘Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ όσον αφορά την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο, COM(2011) 439 final – 2011/0190 (COD)NAT/524’, Βρυξέλλες, διαθέσιμο ηλεκτρονικά στο <http://www.eesc.europa.eu>
- Κυρτάτος, Ν. (2013) ‘Εξελίξεις στην τεχνολογία ναυτικών κινητήρων’, διαθέσιμο ηλεκτρονικά στο http://www.lme.ntua.gr:8080/whats-new/news-1/repository/NC_Article_Jun2013.pdf.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Association of Port Authorities (September 26, 2003) U.S. Public Port Facts, available online at: <http://www.aapa-ports.org/industryinfo/portfact.htm> . Last visited.
- American Association of Port Authorities (2003b) AAPA and U.S. EPA Announce Kick-Off of the Port Environmental Management System Assistance Project, http://www.aapa-ports.org/govrelations/EMS_Release_111003.pdf .
- Bureau, C. (2002) ‘Foreign Trade Statistics’, available at <http://www.census.gov/indicator/www/ustrade.html> , last visited on September 26, 2003.
- Burnett, R.T., Brook, J.R., Dann, T., Delocla, C., Philips, O., Cakmak, S., et al. (2000) ‘Associations between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities’, In: Grant LD, editor, PM2000: particulate matter and health. Inhal Toxicol 12 (4) 15– 39.
- California Air Resources Board (October 2000) ‘Diesel Risk Reduction Plan’.
- Chameides, W. and M. Bergin (2002) ‘Soot Takes Center Stage’, Science 297:2214
- Corbett, J. et al. (2007) ‘Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment, Environmental Science and Technology’, 41(24):8512–8518

- Corbett, J., and Fishbeck, P. (2001) ‘Sources and Transport of Air Pollution from Ships: Current Understanding, Implications, and Trends’, Conference on Marine Vessels and Air Quality, EPA Region 9, Feb. 2001, San Francisco, California, available online at <http://www.epa.gov/region09/air/marinevessel/>
- EPA (2007) ‘Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2005’, <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/downloads06/07CR.pdf>
- Eyring, V. et al. (2005) ‘Emissions from international shipping: 1. The last 50 years’, J. Geophys. Res., 110, D17305
- European Commission - IP/10/1747 20/12/2010, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-10-1747_el.htm , τελευταία επίσκεψη: 20/12/2014.
- Feely, R. et al. (2004) ‘Impact of Anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ System in the Oceans’, Science, 305:362-366
- Gregory, D. and West, M. (2010) ‘EGCSA Handbook (Exhaust Gas Cleaning Systems Association)’, London, UK.
- ICCT (2007) ‘Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts’, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. http://www.theicct.org/documents/MarineReport_Final_Web.pdf
- International Chamber of Shipping, Shipping and World Trade, www.marisec.org/shippingfacts/worldtrade/index/php
- IPCC (2007) ‘Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change’, available online at <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-intro.pdf>
- IPCC (2007b) ‘Climate Change 2007: The Physical Science Basis’, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Summary for Policymakers], available online at <http://www.ipcc.ch/spm2feb07.pdf>
- Joubert, S. (24 Aug, 2008) ‘Snorkel A steam powered submarine: the Ictíneo’, Low-tech Magazine, available at <http://www.lowtechmagazine.com/2008/08/submarines-1.html#>
- Lack, D., et al. (2008) ‘Light Absorbing Carbon Emissions from Commercial Shipping’, Geophysical Research Letters, 35:L13815

- Le Treut, H. et al. (2007) ‘Chap 1: Historical Overview of Climate Change’, available online at <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter1.pdf> In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- ‘MAN DIESEL & TURBO, Tier III Compliance, Low Speed Engines, Engineering the future-since 1758’, available online at http://www.mandieselturbo.com/files/news/files_of15014/5510-0088-00ppr_low.pdf
- Mitchell, D. (Feb. 1, 2001) Health Effects of Shipping Related Air Pollutants, California Air Resources Board, Presentation to the EPA Region 9 Conference on Marine Vessels and Air Quality, Verified through the CARB 2002 Emission Inventory, http://www.arb.ca.gov/app/emsmv/emssumcat_query.php?F_YR = 2002&F_DIV = 0&F_SEASON = A&SP = 2003f&F_AREA = AB&F_AB = SC#0.
- NRC (2010) *Advancing the Science of Climate Change*, National Research Council. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Reddy, S. M. and Boucher, O. (2006) ‘Climate Impact of Black Carbon Emitted from Energy Consumption in the World’s Regions’, *Geophysical Research Letters*, 34:L11802
- RESOLUTION MEPC.184(59) (17 July, 2009) ‘Guidelines for exhaust gas cleaning systems, MEPC 59/24/Add.1 , ANNEX 9’ , Adopted on 17 July 2009, available at <http://cleantech.cnss.no/wp-content/uploads/2011/05/2009-MEPC-RESOLUTION-MEPC.184-59-1.pdf>
- Shipping industry faces rough seas over role in air pollution (December 2, 2007) By Bruce Stanley for The Wall Street Journal, , http://www.charleston.net/news/2007/dec/02/shipping_industry_faces_rough_seas_over_23728/
- Snyder, J.R. (1 September 2006) “Cold ironing, climate change and California.” *Marine Log*. Available from: <http://www.allbusiness.com/manufacturing/machinery-manufacturing-general/3912009-1.html>

- Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases (2007) Review of MARPOL Annex VI and the NO_x Technical Code: Report on the outcome of the Informal Cross Government/Industry Scientific Group of Experts established to evaluate the effects of the different fuel options proposed under the revision of MARPOL Annex VI, IMO
- The World Bank Group (2003) Ports and Logistics Overview, http://www.worldbank.org/transport/ports_ss.htm . Last visited September 26, 2003.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2004) Statistics Division, Carbon Dioxide Emissions, Thousands of Metric Tons, www.mdgs.un.org/unsd/mdg/SeriesDetail.aspx?srid=749 , based on 2004 data from Carbon Dioxide Information Analysis Center, www.cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_tp20.thm
- US Department of State Fourth Climate (2007) ‘Action Report to the UN Framework Convention on Climate Change: Projected Greenhouse Gas Emissions’, US Department of State, Washington, DC, USA
- US Environmental Protection Agency (2002a) ‘Verified Technology list’, available online at <http://www.epa.gov/otaq/retrofit/retroverifiedlist.htm> .
- US Environmental Protection Agency (April 2003a) ‘Nonroad Diesel Rule, Draft Regulatory Impact Analysis’ (EPA420-R-03-008,), Chapter 3: Emission Inventories (Section 3.2), <http://www.epa.gov/nonroad/#links> .
- US Environmental Protection Agency (October 27, 2003b) ‘Headquarters Press Release’, Smart Growth Grants and New Portfields Initiative Announced at Brownfields Conference.
- US Environmental Protection Agency (2004a) ‘Emissions Standards Timeline; On-highway Heavy-duty Diesel Engine Emissions Standards’, <http://www.epa.gov/otaq/retrofit/overoh-all.htm>
- Wilson-Roberts, G (2 November, 2006) ‘BP to cut ship emissions, vessel speeds’, for [sustainableshipping.com](http://www.sustainableshipping.com), available online at <http://www.sustainableshipping.com/news/2006/11/66006>

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- <http://cleantech.cnss.no/the-need-for-action/air-pollution/>
- <http://cleantech.cnss.no/wp-content/uploads/2011/05/2009-MEPC-RESOLUTION-MEPC.184-59-1.pdf> (πίνακας 1)
- <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/co2.html> (εικόνα 1)
- <http://www.liquidminerals.com/fuels.htm> (Bunker Fuels, Liquid Minerals Group Inc.)
- <http://www.lloydslist.com/ll/news/index.htm> (Scrubbers ‘not key to lower emissions’ By Anon. for Lloyd’s List, 30 April, 2007)
- ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_gl.txt (Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL)
- http://www.noaanews.noaa.gov/stories2008/20080423_methane.html (Carbon Dioxide, Methane Rise Sharply in 2007, April 23, 2008, NOAA)
- http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/html/table_01_11.html (Bureau of Transportation Statistics, Table 1-11: Number of U.S. Aircraft, Vehicles, Vessels, and Other Conveyances)
- <http://www.usctcgateway.net> (EPA Inventroy)
- [CESE 580/2003, OJ C 208, 3.9.2003,σελ.. 27-29.](#)
- <http://www.gmab.se/flue-gas-condensation/>
- http://ports.com/sea-route/port-of-primorsk_russia/port-of-rotterdam,netherlands/ (εικόνα 9)
- <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/review2011.pdf> (πίνακας 1, 3,4).