

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Ο ΝΕΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΜΠΗ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (MARPOL AN. VI-2020) ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Δέσποινα Βώσσου
MN16011

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς (16^{ος}
κύκλος) ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς
Ιανουάριος 2019

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright

Το άτομο το οποίο εκπονεί τη Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη 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 όλο το κείμενο υπό copyright και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε 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:

- Θεόδωρος Πελαγίδης (Επιβλέπων)
- Βασίλειος – Στυλιανός Τσελέντης
- Αναστάσιος Τσελεπίδης

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης των σπουδών στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Θεόδωρο Πελαγίδη για την πολύτιμη υποστήριξή του, την άμεση ανταπόκριση του στην επικοινωνία μας και το πολύ καλό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε συμβάλλοντας τα μέγιστα για την κατάρτιση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στην εταιρία που εργάζομαι και ειδικά την Παναγιώτα Τυρίκου-Φραζή για τη στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την οικογένειά μου που με στήριξε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς επίσης και όλους μου τους φίλους για την υποστήριξη και την κατανόησή τους.

Περίληψη

Στα πλαίσια της συνεχούς προσπάθειας της προστασίας του περιβάλλοντος και της μείωσης των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας, εντάσσεται και η δημιουργία νέων κανονισμών στη ναυτιλία αναφορικά με τη μείωση των αέριων εκπομπών οξειδίων του θείου από τα πλοία. Ήδη από το 2008 έγινε αναθεώρηση του παραρτήματος VI στη σύμβαση της Marpol (ANNEX VI, Κανονισμός 14) του κανονισμού περί μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων του θείου με παγκόσμιο όριο 3,5% m/m ο οποίος εφαρμόστηκε το 2012 ενώ από το 2020 θα ισχύει το όριο του 0,5% m/m.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της νέας νομοθεσίας αναφορικά με τις εκπομπές του αερίου θείου καθώς και η επίδραση της οριοθέτησής του στη βιωσιμότητα της ναυτιλίας. Οι ναυτιλιακές εταιρίες με την έλευση του 2020 καλούνται να επιλέξουν μεταξύ της χρήσης πετρελαίου με χαμηλή εκπομπή θείου 0,5% εφόσον υπάρχει διαθεσιμότητα ή εναλλακτικών καυσίμων όπως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και της εγκατάστασης scrubber καθαρισμού των αέριων ρύπων , επιλογές που επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος τους. Επιπλέον, η δημιουργία νέου υγρού καυσίμου με 0,5% περιεκτικότητα σε θείο αποτελεί πρόκληση για τις εταιρίες καθώς τα διυλιστήρια θα πρέπει να εφαρμόσουν νέες τεχνικές επεξεργασίας του σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ναυτιλιακές εταιρίες έχουν να αποφασίσουν ανάλογα με τους μελλοντικούς τους στόχους ποια είναι για αυτές η βέλτιστη λύση.

Όλα τα ανωτέρω θέματα θα διερευνηθούν έτσι ώστε να απεικονιστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα μεταξύ των διαφορετικών επιλογών που έχουν οι ναυτιλιακές εταιρίες και οι λοιποί παίκτες στο χώρο της ναυτιλίας έτσι ώστε να προσαρμοστούν στον νέο κανονισμό.

Λέξεις κλειδιά: Scrubbers, LNG, Κανονισμός, Marpol, Εναλλακτικές

Abstract

In respect to the continuous effort for the protection of the environment, new legislation regarding the reduction of ships' sulphur emissions has been introduced. Within the year 2008, the Marpol Annex VI (Regulation 14) was reviewed and new sulphur emission limits were set. Since 2012, the new global sulphur limit is 3.5% m/m while within the year 2020 the limit will be 0.5% m/m.

The aim of this thesis is to present the new legislation regarding the sulphur emissions and the consequences of the new limits on the sustainability of shipping. Shipping companies in 2020 will have to choose among the use of low sulphur fuel oil (0.5%), if it's available, or alternative fuels such as liquefied natural gas (LNG) and the scrubber installation. Choices considerably increase their cost. Furthermore, the creation of the new fuel oil 0.5% sulphur content is a challenge for refineries having to apply new techniques within a short period of time. The shipping companies will have to select, according to their future goals, the best solution.

All the aforementioned issues will be investigated, so that all the advantages and disadvantages of the various solutions, being available at the shipping industry, will be mentioned.

Word keys: Scrubbers, LNG, Regulation, Marpol, Alternatives

Περιεχόμενα

Πρόλογος	4
Περίληψη	5
Abstract	6
Κατάλογος Πινάκων	8
Κατάλογος Διαγραμμάτων	8
Κατάλογος Εικόνων	8
1. Ναυτιλία και Περιβάλλον- Εισαγωγή	9
1.1 Η επίδραση της ναυτιλίας στο περιβάλλον και τον άνθρωπο	10
1.2 Επίδραση του θείου στο περιβάλλον και τον άνθρωπο	15
2. Διεθνής Συνθήκη Marpol , Annex VI	18
2.1 Διαχρονική εξέλιξη ορίων περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα	18
2.2 Οδηγίες και κανονισμοί για την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο από την Ευρωπαϊκή Ένωση	24
2.3 Νομοθεσία κρατών για μείωση εκπομπών θείου	26
3. Επιδράσεις Επιβολής Νέου Ορίου στο Θείο από το 2020	28
3.1 Ναυτιλιακή εταιρία	28
3.1.1. Καύσιμα περιεκτικότητας θείου ίσης ή μικρότερης του 0,5%	29
3.1.2 Σύστημα καθαρισμού αέριων εκπομπών καυσίμων πλοίου (scrubber)	33
3.1.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο	44
3.1.4 Αιθανόλη, μεθανόλη ,κυψέλες καυσίμων και εναλλακτικές πηγές ενέργειας	45
3.2 Διυλιστήρια	48
3.3 Bunker Suppliers	53
3.4 Port state controls και flag states	54
3.5 Ναυλωτές	55
4. Συγκριτική Ανάλυση Επιλογών των Πλοιοκτητών και Λοιπών Παικτών στη Ναυτιλία	58
4.1 Πλοιοκτήτες	58
4.2 Διυλιστήρια	69
4.3 Flag states and port state controls	70
4.4 Ναυλωτές	72
Συμπεράσματα	73
Βιβλιογραφία	76

Κατάλογος Πινάκων

1-1	Εκτίμηση αριθμού πρόωρων θανάτων στην Ευρώπη από διαφορετικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης
1-2	Χώρες με μεγάλο ποσοστό αέριων ρύπων (SOx και NOx) από τη ναυτιλία
2-1	Διαχρονική Εξέλιξη των ορίων περιεκτικότητας SOx στα καύσιμα
3-1	Αναμείξεις καυσίμων
3-2	Κόστος προσθήκης scrubber
3-3	Απόσβεση επένδυσης σε scrubber ανάλογα με τη διαφορά τιμής
4-1	Επιλογές των ναυτιλιακών εταιριών στην αγορά για την υιοθέτηση του νέου κανονισμού σε MTPA
4-2	Πρόβλεψη για προσφερόμενη ποσότητα low sulphur fuel oil το 2020 (MTPA)
4-3	Προβλέψεις τιμών πετρελαίου
4-4	Singapore 380 cSt HSFO versus Brent
4-5	Προβλέψεις διακύμανσης τιμών πετρελαίου

Κατάλογος Διαγραμμάτων

3-1	Περίοδος απόσβεσης scrubber
3-2	Top Bunker Fuel ports
4-1	Παγκόσμια προσφορά LNG
4-2	Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO-tankers
4-3	Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO-containers
4-4	Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO-bulk carriers

Κατάλογος Εικόνων

1-1	Υγρή και Ξηρή Εναπόθεση του θείου
3-1	Scrubber σύστημα ανοιχτού βρόγχου
3-2	Scrubber κλειστού βρόγχου
3-3	Υβριδικό Scrubber
3-4	Κόστος scrubber ανοιχτού και κλειστού βρόγχου
3-5	Scrubber -Alfa Laval

1. Ναυτιλία και Περιβάλλον- Εισαγωγή

Οι δραστηριότητες της ναυτιλίας εμπίπτουν σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο θεσμικό πλαίσιο που αποτελείται από νέους κανονισμούς οι οποίοι στοχεύουν στην ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι εξελίξεις του διεθνούς εμπορίου και οι αναπτυξιακοί στόχοι των ναυτιλιακών εταιρειών σε συνδυασμό με τις σύγχρονες περιβαλλοντικές επιταγές, διαμορφώνουν ένα πολύπλοκο και αντιφατικό τοπίο αναφορικά με το management των ναυτιλιακών επιχειρήσεων.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των επιλογών των ναυτιλιακών εταιριών και όλων των δρώντων στη ναυτιλία με τη έναρξη εφαρμογής του κανονισμού 14 του παραρτήματος VI της Marpol. Οι ναυτιλιακές εταιρίες προσπαθούν να επιλέξουν ποια λύση είναι η πιο κατάλληλη για το στόλο τους για να εναρμονιστούν με τη νομοθεσία, τα διυλιστήρια να ανταπεξέλθουν στη ζήτηση για νέα προϊόντα που θα δημιουργηθεί ενώ οι αρχές να εντοπίσουν τα κατάλληλα μέσα για την εφαρμογή της νομοθεσίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζεται πως η ναυτιλία επιδρά στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Ουσιαστικά γίνεται ανάλυση των ρύπων που εκλύονται λόγω της ναυτιλίας και πως αυτοί επιδρούν στο φυσικό περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου. Μνεία γίνεται στην επίδραση που έχουν οι θεικές ενώσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον , γεγονός που συνέβαλε στη θέσπιση-οριοθέτηση κανονισμών για περιορισμό των εκπομπών του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρεται η διαχρονική εξέλιξη του κανονισμού της Marpol καθώς επίσης και στη βαθμιαία μείωση των ορίων επιτρεπόμενων εκπομπών από τα πλοία. Εκτός της συνθήκης της Marpol, όρια έχουν τεθεί επισήμως και από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από άλλες χώρες έτσι ώστε να μειωθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση που υφίστανται χώρες με μεγάλα εμπορικά λιμάνια.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται τα διλήμματα που έχουν να αντιμετωπίσουν όλοι οι παίκτες της ναυτιλίας καθώς και οι λύσεις που θα είναι διαθέσιμες για αυτούς στην αγορά αυτή τη χρονική περίοδο. Οι ναυτιλιακές εταιρίες, ανάλογα με το στόλο τους, καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε συμβατά καύσιμα όπως Marine Gas Oil, low sulphur fuel oil (0.5%) , σε scrubbers και υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) για να εναρμονιστούν με τη νομοθεσία. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του στόλου όπως η ηλικία και το φορτίο που μεταφέρει το πλοίο είναι βασικά στοιχεία για τη λήψη της απόφασής τους. Στη συνέχεια, τα διυλιστήρια καλούνται να

ανταπεξέλθουν σε ζήτηση για νέα προϊόντα καθώς και στη μείωση της ζήτησης για heavy sulphur fuel oil όπου μέχρι στιγμής ήταν κυρίαρχο στην αγορά. Μπορούν να επεκτείνουν τις εγκαταστάσεις τους και να επενδύσουν σε νέους μηχανισμούς για την παραγωγή νέου καυσίμου μικρότερης περιεκτικότητας σε θείο αν προβλέπουν ότι αυτή η κίνηση θα τους εξασφαλίσει κέρδος ενώ δεν θα επεκταθούν αν εκτιμήσουν ότι η μεταβλητότητα της αγοράς θα είναι παροδική. Σημαντικός θα είναι ο ρόλος των κρατών που παρέχουν σημαία στα πλοία, των λιμενικών αρχών για τον έλεγχο της εφαρμογής της νομοθεσίας και της εναρμόνισης των μελών καθώς αυτοί διασφαλίζουν την έγκυρη εφαρμογή της. Τέλος και οι ναυλωτές επηρεάζονται από τη μεταβολή των ορίων καθώς στην πλειοψηφία των ναυλώσεων είναι υπεύθυνοι για την πληρωμή των καυσίμων ενώ η παροχή scrubbers στα πλοία που θα επιλέξουν προς ναύλωση θα μειώνει σημαντικά το κόστος εάν το heavy sulphur fuel oil έχει χαμηλότερη τιμή.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, έχοντας ήδη αναφέρει τις λύσεις που είναι διαθέσιμες για τους δρώντες στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους όταν εφαρμοστούν. Κάθε εναλλακτική μπορεί να αποδειχθεί παράγοντας σημαντικής μείωσης κόστους για τους πλοιοκτήτες, διυλιστήρια και ναυλωτές με αποτέλεσμα η απόφαση να είναι ιδιαίτερα σημαντική για όλους.

Στόχος της ανάλυσης του κάθε κεφαλαίου της παρούσας εργασίας είναι να έχουν οι δρώντες στη ναυτιλία ένα πλήρη οδηγό που θα εξετάζει όλες τις λύσεις, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους έτσι ώστε να μπορούν να λάβουν όλες τις κρίσιμες αποφάσεις.

1.1 Η επίδραση της ναυτιλίας στο περιβάλλον και τον άνθρωπο

Η ναυτιλία σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς (οδικές, αεροπορικές και σιδηροδρομικές γραμμές) έχει μικρότερη κατανάλωση καυσίμου για το ίδιο μεταφορικό έργο ωστόσο οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) είναι υψηλότερες καθώς τα πλοία χρησιμοποιούν χαμηλότερης ποιότητας καύσιμο σε σχέση με τις οδικές και τις αεροπορικές γραμμές. Η μικρή κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με το μεταφορικό έργο οφείλεται στο γεγονός ότι τα πλοία μεταφέρουν πολλούς τόνους φορτίου και συνεπώς οι εκπομπές των καυσίμων επιμερίζονται ανά μονάδα βάρους δημιουργώντας ένα χαμηλότερο δείκτη εκπομπών/τόνο φορτίου.

Ωστόσο οι εκπομπές ρυπογόνων ουσιών από τα πλοία έχουν σημαντική επίδραση στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον. Η ατμοσφαιρική ρύπανση¹ στην ανοιχτή θάλασσα και εντός

¹ Τσελέντης Β., Διαχείριση Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και Ναυτιλία, Σταμούλης, Αθήνα, 2008

των λιμανιών αποτελεί μια σοβαρή συνιστώσα , τόσο των κλασικών ρύπων όπως οξείδια του θείου (SO_x), οξείδια του αζώτου (NO_x), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και αιωρούμενα σωματίδια (PMs) που είτε αυτούσια είτε κατόπιν χημικής αντίδρασης έχουν άμεσες επιδράσεις στην υγεία και στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

Τα κύρια συστατικά των καυσαερίων που εκπέμπουν τα πλοία με ντιζελομηχανές είναι άζωτο (N_2), νερό (H_2O), διοξείδιο του θείου (CO_2), οξυγόνο (O_2) ενώ τα δευτερεύοντα συστατικά είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του θείου (SO_x), οξείδια του αζώτου (NO_x), άκαυστους υδρογονάνθρακες (C_xH_y), αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} και $\text{PM}_{2,5}$) και φωτοχημικά οξειδωτικά.

Οι θαλάσσιες μεταφορές συμβάλλουν κατά 2,7% στις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) , κατά 15% στις ανθρωπογενείς εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) και κατά 4-9% στις εκπομπές του διοξειδίου του θείου (SO_2). Οι εκπομπές αέριων ρύπων από τα πλοία ειδικά στη Βαλτική Θάλασσα, στη Βόρεια θάλασσα, στη βορειοδυτική πλευρά του Ατλαντικού, στη Μεσόγειο και στη Μαύρη θάλασσα, υπολογίζονται σε 1,6 εκατομμύρια τόνους CO_2 και 3 εκατομμύρια τόνους νιτρικών οξειδίων για το 2013.² Παρά το γεγονός ότι η ναυτιλία έχει βελτιώσει την απόδοση των μηχανών πρόωσης , τη σχεδίαση των ύφαλων επιφανειών, τη σχεδίαση των προωθητικών μηχανισμών , τη μεταφορική της ικανότητα και έχει αναπτύξει νέες τεχνολογίες για μείωση των εκπομπών από τα πλοία , η επιβάρυνση που προκαλεί στην ατμόσφαιρα είναι σημαντική.

Σύμφωνα με έρευνα του DLR – Institute of Atmospheric Physics η οποία δημοσιεύτηκε στο Atmospheric Chemistry and Physics, οι εκπομπές αέριων ρύπων και σωματιδίων από την ποντοπόρο ναυτιλία έχουν μεγάλη επίδραση στα σύννεφα. Τα επιπρόσθετα σωματίδια αερολύματος προκαλούν την αντανάκλαση μεγαλύτερης ποσότητας ακτινοβολίας από τα σύννεφα στο διάστημα. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα αποδεικνύει ότι η μείωση της θερμοκρασίας που προκαλεί αυτό το φαινόμενο αντισταθμίζει κατά πολύ τη θέρμανση που προκαλείται από τα αέρια που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ή το όζον. Βάσει της έρευνας ένα μεγάλο ποσοστό των αέριων ρύπων από τα πλοία πραγματοποιείται σε απόσταση 400 χλμ από τις ακτογραμμές, προκαλώντας υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στις παράκτιες περιοχές και στα λιμάνια με μεγάλη κίνηση. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της έρευνας του University of Delaware and

² Air Pollution & Climate Secretariat, Ship Emissions, Ανασύρθηκε στις 5.9.2018 από:
<http://www.airclim.org/air-pollution-ships>

Rochester Institute of Technology στις ΗΠΑ, αποδεικνύουν ότι οι αέριοι ρύποι από τα πλοία είναι υπεύθυνοι για καρδιολογικά, πνευμονικά προβλήματα καθώς και για καρκίνο του πνεύμονα. Η έρευνα αφορούσε τις παράκτιες περιοχές κοντά σε βασικούς διαδρόμους εμπορίου. Το διοξείδιο του άνθρακα και το θείο συμβάλλουν στην οξίνιση των ωκεανών και συνεπώς στην καταστροφή του θαλάσσιου βιοτικού περιβάλλοντος. Επιπλέον το διοξείδιο του άνθρακα παραμένει για αρκετό καιρό στην ατμόσφαιρα σε αντίθεση με το θείο που παραμένει μόνο για λίγες μέρες προκαλώντας αντίστοιχα για μικρότερο διάστημα σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) προβλήματα στην ατμόσφαιρα.³

Τα ατμοσφαιρικά αιωρούμενα σωματίδια που εκλύονται με τα καυσαέρια των μηχανών, λόγω του μικρού τους μεγέθους θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα, καθώς εισπνέονται άμεσα και διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες. Τα σωματίδια έχουν στην επιφάνειά τους εκατοντάδες χημικές ουσίες οι οποίες έχουν κατηγορηθεί για πρόκληση καρκίνου και μεταλλάξεων. Πολλοί ρύποι είναι ιδιαίτερα τοξικοί και αλλεργιογόνοι και ειδικά αυτοί που βρίσκονται στην αέρια φάση ενώ μέσω χημικών ενώσεων δημιουργούν και δευτερογενείς ρύπους.

Το μονοξείδιο του άνθρακα⁴ θεωρείται ρυπαντική ουσία διότι δεσμεύει την αιμοσφαιρίνη του ανθρώπου, διακόσιες φορές πιο γρήγορα από ότι το οξυγόνο, με αποτέλεσμα να μην επαρκεί η μεταφορά του οξυγόνου από το αίμα στους ιστούς του σώματος. Επιπλέον επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα, το φυσιολογικό συντονισμό, την όραση, την κρίση και προκαλεί σημαντικά καρδιαγγειακά νοσήματα.

Επίσης, από την καύση των κύριων και βοηθητικών μηχανών των πλοίων εκλύονται οξείδια του αζώτου όπως NO και NO₂ τα οποία έχουν άμεσες και έμμεσες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η περιορισμένη διαλυτότητά του, του επιτρέπει να διεισδύσει βαθιά στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα, με αποτέλεσμα οι επιδράσεις να αρχίζουν από χαμηλές συγκεντρώσεις της τάξεως των 15 ppm. Σε αυτές τις συγκεντρώσεις αρχίζουν οι αναπνευστικές ενοχλήσεις με βήχα, δύσπνοια, πόνους στο στήθος, κρίση άσθματος, αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, τραχειοβρογχίτιδα, βρογχοπνευμονία και πνευμονικό οίδημα.

Τέλος, εκλύονται και πολλές ουσίες που κατατάσσονται στις πτητικές οργανικές ενώσεις ή VOCs η διαχείριση των οποίων διέπεται από νομοθετήματα όπως επίσης και στον κανονισμό 15 του κεφαλαίου III, στο παράρτημα VI της Marpol 73/78. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις σε

³ Institute of Atmospheric Physics, Aerosols from ocean shipping cause a significant negative climate forcing, Ανασύρθηκε στις 5.9.2018 από: https://www.dlr.de/pa/en/desktopdefault.aspx/tabid-2342/6725_read-10737/

⁴ Τσελέντης Β., Διαχείριση Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και Ναυτιλία, Σταμούλης, Αθήνα, 2008

συνδυασμό με τα αιωρούμενα σωματίδια ενοχοποιούνται και για την επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού αέρα και του περιβάλλοντος.

Οι εκπομπές καυσαερίων από τη διεθνή ναυτιλία «σκοτώνουν» περίπου 50.000 ανθρώπους το χρόνο στην Ευρώπη με ετήσιο κόστος στην κοινωνία πάνω από 58 δισεκατομμύρια δολάρια σύμφωνα με μία δανέζικη έρευνα από το 2011. Μέσω χημικών αντιδράσεων στον αέρα, το οξείδια του θείου και του αζώτου μετατρέπονται σε πολύ μικρά αερομεταφερόμενα σωματίδια τα οποία συνδέονται με πρόωρους θανάτους. Εισέρχονται στους πνεύμονες και είναι αρκετά μικρά για να περάσουν από τους ιστούς και να εισέλθουν στο αίμα. Μπορούν στη συνέχεια να προκαλέσουν φλεγμονές οι οποίες τελικά προκαλούν καρδιακά και πνευμονικά νοσήματα ίσως και καρκίνο.⁵

Συγκεκριμένα στην Ευρώπη, βάσει ερευνών για το 2000, η συνεισφορά της ναυτιλίας στις συνέπειες που προήρθαν από την ατμοσφαιρική ρύπανση ανέρχεται στο 7% και μπορεί να αυξηθεί στο 12% μέχρι το 2020. Ο αριθμός των πρόωρων θανάτων στην Ευρώπη που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από τη ναυτιλία υπολογίζεται να αυξηθεί από 49.500 στους 53.400 μεταξύ 2000 και 2020. Αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται από μία Δανέζικη έρευνα η οποία χρησιμοποιεί το Economic Value Air Pollution computer model. Η έρευνα αυτή είχε ως σκοπό να αναδείξει το κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από οποιαδήποτε πηγή.

Πίνακας 1-1: Εκτίμηση αριθμού πρόωρων θανάτων στην Ευρώπη από διαφορετικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

	2000	2007	2011	2020
Διάφορες πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	681.100	575.500	572.600	450.000
Διεθνή Ναυτιλία	49.500	48.300	46.000	53.400
Διεθνή Ναυτιλία στη Βόρεια Θάλασσα και στη Βαλτική	20.400	16.200	14.100	13.200

Πηγή: Air pollution & Climate Secretariat

⁵ Air Pollution & Climate Secretariat, Christer Agren, Shipping air pollution costs €60 billion per year, October 2013

Οι εκπομπές αέριων ρύπων των πλοίων που διέρχονται το 2000 στη Βόρεια Θάλασσα και στη Βαλτική κοστίζουν ετησίως 22 δισεκατομμύρια ευρώ στον τομέα της υγείας. Μέχρι το 2020, αναμένεται πτώση στο κόστος στα 14.1 δισεκατομμύρια ευρώ ως αποτέλεσμα των αυστηρότερων κανονισμών του IMO σχετικά με τα επίπεδα θείου στα καύσιμα.⁶

Παρά το γεγονός ότι αυστηροί κανονισμοί σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο έχουν θεσπιστεί, το κόστος στον τομέα της υγείας στην Ευρώπη αναμένεται να αυξηθεί από τα 58,4 δισεκατομμύρια ευρώ το 2000 στα 64.1 δις ευρώ το 2020 και αυτό γιατί τουλάχιστον μέχρι το 2018 η μείωση του θείου αφορά μόνο τις SECA (Sulphur Emission Control Areas).⁷

Πίνακας 1-2: Χώρες με μεγάλο ποσοστό αέριων ρύπων (SOx και NOx) από τη ναυτιλία

	Sulphur	NOx-nitrogen
Δανία	39%	28%
Ολλανδία	31%	21%
Σουηδία	25%	25%
Νορβηγία	25%	23%
Ηνωμένο Βασίλειο	18%	20%
Γαλλία	18%	15%
Ιταλία	15%	15%
Βέλγιο	13%	16%
Φινλανδία	12%	17%
Γερμανία	10%	10%

Πηγή: EMEP 2010, Air pollution & Climate Secretariat

⁶ Air Pollution & Climate Secretariat, Christer Agren, Shipping air pollution costs €60 billion per year, October 2013

⁷ Air Pollution & Climate Secretariat, Christer Agren, Shipping air pollution costs €60 billion per year, October 2013

Μελέτες σχετικά με τη γεωγραφική κατανομή της ναυτιλιακής κίνησης έδειξαν ότι μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών λαμβάνουν χώρα στο βόρειο ημισφαίριο. Οι Corbett et al (1999) εκτιμούν ότι το 85% των αέριων εκπομπών της ναυτιλίας γίνεται στο βόρειο ημισφαίριο και συγκεκριμένα το 52% επιδρά στο βόρειο Ατλαντικό και το 27% στο βόρειο Ειρηνικό.⁸

Στη Σαγκάη σε ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου, οι τελευταίες μετρήσεις από το Shanghai Environmental Monitoring Center υπολόγισαν ότι το 12,4% του θείου που εκπέμπεται στην πόλη από διάφορες πηγές οφείλεται στη ναυτιλία. Στις μετρήσεις αυτές συνυπολογίστηκαν και οι εκπομπές των φορτηγών και των οχημάτων διαχείρισης φορτίου.⁹

1.2 Επίδραση του θείου στο περιβάλλον και τον άνθρωπο

Τα οξείδια του θείου που εκπέμπονται από τη ναυτιλία οφείλονται στις μεγάλες περιεκτικότητες σε θείο των ναυτιλιακών καυσίμων. Σήμερα, τα ναυτιλιακά καύσιμα παγκοσμίως περιέχουν 2,7% κβ θείο ή 27000 ppm ενώ το όριο σε θείο για το πετρέλαιο κίνησης είναι 10 ppm, σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/EK.¹⁰

Τα δύο κύρια οξείδια του θείου είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂) και το τριοξείδιο του θείου (SO₃) που αναφέρονται μαζί ως SO_x. Το διοξείδιο του θείου έχει καυστική οσμή ενώ το τριοξείδιο αντιδρά πολύ εύκολα με άλλες ουσίες. Η παραγωγή διοξειδίου του θείου είναι πολύ μεγαλύτερη από το τριοξείδιο, το οποίο εξαρτάται πολύ από τις συνθήκες αντιδράσεως και ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία.

Όταν το τριοξείδιο του θείου είναι ελεύθερο στην ατμόσφαιρα, υπάρχει μεγάλη περιεκτικότητα υδρατμών όποτε αντιδρά με το νερό και σχηματίζει σταγονίδια θειικού οξέος (H₂SO₄). Το διοξείδιο του θείου μετατρέπεται πρώτα σε τριοξείδιο και στη συνέχεια σε θειικό οξύ.

Τα οξείδια του θείου μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από την πηγή και ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα είναι μέχρι 7 μέρες. Το διοξείδιο του θείου μπορεί να προσβάλλει τα φυτά είτε υπό οξεία μορφή είτε υπό χρόνια. Η οξεία μορφή συμβαίνει όταν τα

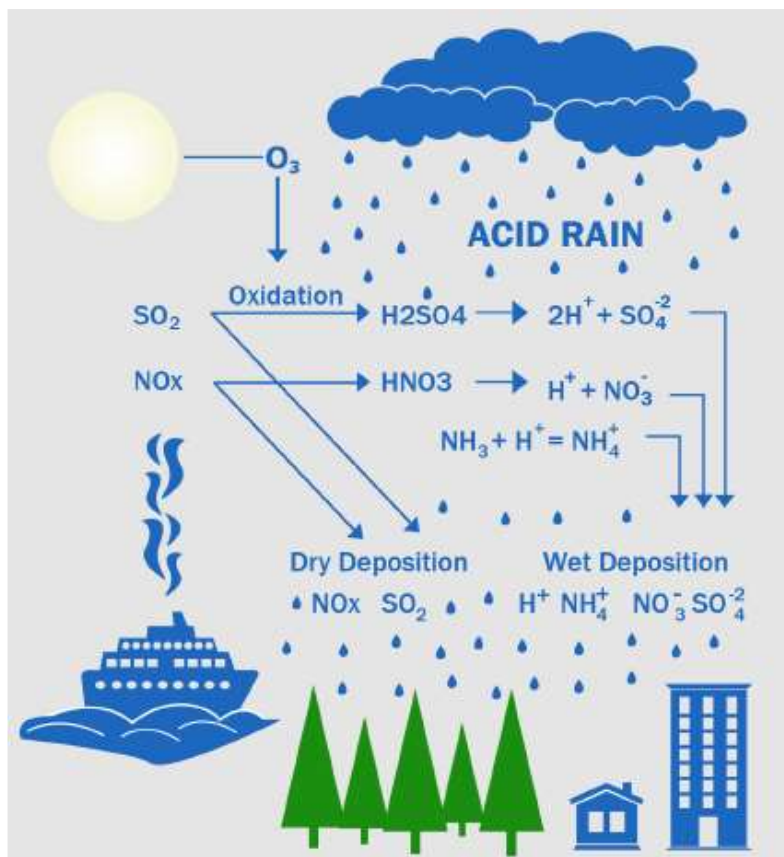
⁸ Κοτρικλά Α.Μ. ,Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Καλλίπος, 2015

⁹ Wallenius Wilhelmsen Logistics, Reducing Sulphur Emissions- a joint effort", Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από το https://www.2wglobal.com/globalassets/7.-news--insights/news/wp-reducing_sulphur_emissions_6.pdf

¹⁰ Κοτρικλά Α.Μ. ,Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Καλλίπος, 2015

φυτά εκτίθενται σε υψηλές συγκεντρώσεις για σύντομο χρονικό διάστημα και τα φυτά ξηραίνονται, ενώ χρόνια προσβολή συμβαίνει όταν τα φυτά εκτίθενται σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά επί μακρά χρονική περίοδο με αποτέλεσμα να υπάρχει βαθμιαία χλώρωση των φύλλων.

Κατά την καύση του πετρελαίου στις μηχανές των πλοίων, το 90% του θείου που περιέχεται αντιδρά με το οξυγόνο (O_2) και μετατρέπεται σε αέριο διοξείδιο του θείου. Οι χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν μεταξύ των χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα επιδρούν στη διάρκεια ζωής τους, στη μεταφορική τους δυνατότητα και στα ποσοστά απόθεσης. Η εναπόθεση θείου και σωματιδίων μπορούν να συμβούν είτε μέσω της απορρόφησής του από τη γη και τη θάλασσα όπου καλείται ξηρή εναπόθεση είτε μέσω του κύκλου του νερού απορροφούνται από τη γη και υπάρχει υγρή εναπόθεση. Η υγρή εναπόθεση του θείου είναι η συνηθέστερη μορφή απορρόφησης θείου και κυριαρχεί κυρίως σε περιοχές με χαμηλή ατμοσφαιρική συγκέντρωση θείου και συχνές βροχοπτώσεις. Η ξηρή εναπόθεση είναι συνηθισμένη σε περιοχές με υψηλό βαθμό ατμοσφαιρικής ρύπανσης.



Εικόνα 1-1: Υγρή και Ξηρή Εναπόθεση του θείου

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) μετατρέπεται σε θειικό οξύ, προκαλεί μείωση του pH της βροχής και έτσι δημιουργείται η όξινη βροχή. Η κυριότερη πηγή πρόκλησής της είναι η καύση

ορυκτών καυσίμων. Το χαλάζι, το χιόνι, ακόμη και η πάχνη αποτελούν τις συνηθέστερες μορφές όξινης βροχής. Τα αέρια που προκαλούν την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του άνθρακα και τα οξείδια του αζώτου. Η όξινη βροχή μειώνει τα επίπεδα του pH στα ύδατα με αποτέλεσμα να επηρεάζει αρνητικά τη ζωή των θαλάσσιων οργανισμών ενώ καταστροφική είναι για τα δάση και τις καλλιέργειες. Προκαλεί βλάβες στα φυτά (κάψιμο των φύλλων των φυτών) , στο δέρμα και στο χαρτί, διαβρώνει μέταλλα και μπορεί να επιδράσει στα δομικά υλικά. Το μάρμαρο (CaCO_3) απορροφά SO_2 και μετατρέπεται σε γύψο (CaSO_4). Ο γύψος είναι πολύ περισσότερο υδατοδιαλυτός προκαλώντας ρωγμές στο μάρμαρο με αποτέλεσμα να έχουν παρατηρηθεί ζημιές σε αρχαιολογικά μνημεία. Τέλος η όξινη βροχή είναι υπεύθυνη για διάφορες μορφές καρκίνου ενώ συμβάλει στην εμφάνιση και την επιδείνωση αναπνευστικών προβλημάτων.

Η κύρια επίδραση του διοξειδίου του θείου στον άνθρωπο είναι στο αναπνευστικό σύστημα. Η αντίδραση του κάθε οργανισμού στις συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου διαφέρει ανάλογα με την ευαισθησία του και το βαθμό έκθεσης σε αυτές. Παρά το γεγονός ότι απαιτούνται αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου για να προκληθούν βλάβες στον άνθρωπο, πολλοί υγιεινολόγοι θεωρούν το SO_2 συγκριτικά με άλλους ρύπους της ατμόσφαιρας ως το πιο επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Η άποψη στηρίζεται στις βλάβες που μπορεί να προκαλέσει όχι σε ολόκληρους πληθυσμούς αλλά στους ηλικιωμένους, στα παιδιά και σε εκείνους που πάσχουν από αναπνευστικά και καρδιαγγειακά νοσήματα.

Αναφορικά με τις βλάβες που προκαλεί στα υλικά, προέρχονται από το θειικό οξύ που σχηματίζεται από τα οξείδια του θείου. Πολλές είναι οι βλάβες που δημιουργούν σε βαφές, επίσπευση οξειδώσεως μετάλλων και καταστροφή δομικών υλικών που περιέχουν άνθρακα. Επιπλέον σε πολλά αρχαιολογικά μνημεία επισπεύδεται μέσω χημικών αντιδράσεων η φθορά τους¹¹.

¹¹ Τσιουρής Σ., Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Γαρταγάνης, 2004, Θεσσαλονίκη

2. Διεθνής Συνθήκη Marpol , Annex VI

Στόχος, όλων των διεθνών οργανισμών είναι η αειφόρος ανάπτυξη, η οικονομική ανάπτυξη που σέβεται το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, η Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλα κράτη εισήγαγαν κανονισμούς -όρια για τις εκπομπές του θείου από τα πλοία κατά το μεταφορικό τους έργο με απώτερο στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής.

Τα αποτελέσματα των μελετών ήταν γνωστά πολλά χρόνια πριν, ωστόσο η πορεία προς τη σημαντική μείωση της περιεκτικότητας του θείου στα καύσιμα των πλοίων είναι χρονοβόρα καθώς απαιτείται χρονικό διάστημα από τα εμπλεκόμενα μέρη να προσαρμοστούν στις αλλαγές στις οποίες καλούνται να προβούν.

2.1 Διαχρονική εξέλιξη ορίων περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) στα πλαίσια της προσπάθειάς του για μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος που προέρχεται από τη ναυτιλία προχώρησε στη θεσμοθέτηση νέου ορίου εκπομπής αέριων ρύπων του θείου παγκοσμίως και όχι μόνο σε ελεγχόμενες περιοχές εκπομπών ύψους 0,5% m/m από την 1η Ιανουαρίου 2020. Η εισαγωγή της νέας νομοθεσίας θα επηρεάσει όλα τα εμπλεκόμενα μέρη της ναυτιλίας.

Οι συζητήσεις, ωστόσο για την εφαρμογή του διεθνούς ορίου έχουν ξεκινήσει πολλά χρόνια πριν. Στη δεκαετία του 1970, στην πρώτη συνεδρίαση αναφορικά με τη περιβαλλοντική ρύπανση στη Στοκχόλμη , συμμετείχαν 71 κράτη τα οποία υιοθέτησαν μια νέα διεθνή σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία το 1973 (Marpol 1973). Ο ρυθμός υιοθέτησης της συνθήκης ήταν χαμηλός. Ωστόσο, τα ατυχήματα που έλαβαν χώρα την περίοδο 1976-1977 συνέβαλαν στη δημιουργία πρωτοκόλλου το 1978 το οποίο ενσωματώθηκε στη συνθήκη. Η Marpol 1973/78¹² ενεργοποιήθηκε στις 2/10/1983 και αποσκοπεί στην πλήρη εξάλειψη της διεθνούς ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από το πετρέλαιο ή άλλων επιβλαβών ουσιών είτε λόγω της χρήσης τους από τα πλοία είτε εξαιτίας ατυχήματος. Παρά το γεγονός ότι πολλές ήταν οι συζητήσεις σχετικά με τη συνεισφορά της ναυτιλίας στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, δεν υπήρχαν όροι στη σύμβαση σχετικά με τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τη δεκαετία του 1980, πολλά ερωτήματα τέθηκαν σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την όξινη βροχή καθώς και τη σχέση τους με τη ναυτιλία. Περιοχές όπως η Βόρεια και η Βαλτική θάλασσα καθώς και τα κράτη που γειτνιάζουν σε αυτές παρουσίασαν έντονα

¹² Τσελέντης Β. ,Διαχείριση Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και Ναυτιλία, Σταμούλης, Σεπτέμβριος 2008

προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και όξινων βροχών με τις ανάλογες συνέπειες. Οι περιβαλλοντικές αλλαγές συνέβαλαν στη διεξαγωγή πολλών ερευνών για τη συσχέτιση της ναυτιλίας με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Στην 29η συνάντηση της MEPC¹³, που διεξήχθη το Μάρτιο του 1990, για πρώτη φορά συμπεριλαμβανόταν στην ατζέντα επισήμως η ατμοσφαιρική ρύπανση και η συσχέτιση αυτής με την ποιότητα των καυσίμων των πλοίων. Κατόπιν σχετικών παρουσιάσεων, η Επιτροπή αναγνώρισε ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για το περιβάλλον το οποίο απαιτεί διεθνή δράση από τον Οργανισμό (MEPC 29/22, para 18.2). Πρόσθετα συμφωνήθηκε να τεθεί το θέμα σε υψηλή προτεραιότητα από την επόμενη σύνοδο ενώ όλα τα κράτη ήταν υποχρεωμένα να ερευνήσουν όλες τις πτυχές του προβλήματος.

Το Μάρτιο του 1992, στην MEPC 32¹⁴, παρουσιάστηκαν δύο έρευνες. Το διεθνές φόρουμ των εταιριών πετρελαίου (OCIMF) παρουσίασε την έρευνα της CONCAWE που αφορούσε την εκτίμηση του κόστους και περιβαλλοντικών οφελών που προκύπτουν από τη μείωση της εκπομπής θείου από τα πλοία για τις περιοχές της Σκανδιναβικής χερσονήσου και της Βορειοδυτικής Ευρώπης. Σύμφωνα με την ανωτέρω έρευνα, η συμβολή της ναυτιλίας στη ρύπανση ήταν χαμηλή, περίπου το 2% σε σχέση με αυτή που προκαλείται από την ξηρά.

Η Intertanko ισχυρίστηκε ότι η ποσότητα εκπομπής θείου από τα πλοία ήταν απροσδιόριστη σε αυτή τη φάση και ότι έπρεπε να δημιουργηθεί μηχανισμός συγκέντρωσης στοιχείων και στη συνέχεια θα έπρεπε να τεθεί ένα όριο. Το κόστος της μείωσης της περιεκτικότητας σε θείο θα επιβάρυνε τόσο τη βιομηχανία πετρελαίου όσο και τους ιδιοκτήτες των δεξαμενόπλοιων.

Τόσο στη MEPC 36, τον Οκτώβριο -Νοέμβριο του 1994 όσο και στη MEPC 37, το Σεπτέμβριο του 1995 συζητήθηκε το όριο περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα το οποίο κυμαινόταν μεταξύ 3%-5%. Αποφασίστηκε ότι θα πρέπει να οριστικοποιηθεί το κείμενο με το νέο όριο καθώς και κάποιιο νέο κανονισμοί που θα αποτελούσαν το νέο παράρτημα και το οποίο θα υιοθετούνταν ως πρωτόκολλο στην Marpol. Το 1997 οριστικοποιήθηκε το παράρτημα VI το οποίο άρχισε να εφαρμόζεται στις 19 Μαΐου 2005.

¹³ IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.39\(29\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.39(29).pdf)

¹⁴ IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Pages/MEPC-1992-93.aspx](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Pages/MEPC-1992-93.aspx)

Το παράρτημα VI εισάγει περιορισμούς σχετικά με τους αέριους ρύπους των πλοίων που είναι υπεύθυνοι για την καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας όπως οξειδία του αζώτου (NOx) , οξειδία του θείου (SOx), πτητικές (volatile) οργανικές ενώσεις και τα αέρια που προκύπτουν από την αποτέφρωση στα πλοία. Καθορίζει τις απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων από συστήματα καθαρισμού καυσαερίων, αποτεφρωτήρες, για συστήματα ελέγχου ποιότητας καυσίμων και προσδιορίζει περιοχές ελεγχόμενης εκπομπής θείου. (SECA).¹⁵

Τα όρια περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα των πλοίων αναφέρονται στον κανονισμό 14 του παραρτήματος VI. Το ανώτατο όριο περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα είναι 4,5% m/m. Επιπλέον όριζε ως περιοχή SECA τη Βαλτική θάλασσα και τη Βόρεια Θάλασσα με ανώτατο όριο 1,5% m/m περιεκτικότητα σε θείο. Δίνεται η δυνατότητα ύπαρξης συστήματος καθαρισμού των αέριων ρύπων και συγκεκριμένα οξειδίων του θείου περιλαμβάνοντας εκλύσεις από κύριες και βοηθητικές μηχανές, μειώνοντας τις στα 6,0gr SOx/kwh ή λιγότερο. Τα απόβλητα αυτής της διαδικασίας απαγορεύεται να καταλήξουν στα λιμάνια και σε εκβολές ποταμών εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί εγγράφως ότι δεν επιβαρύνουν το οικοσύστημα των περιοχών που απορρίπτονται. Η περιεκτικότητα του καυσίμου, σύμφωνα με το νέο κανονισμό, πρέπει να αποδεικνύεται από τον προμηθευτή ενώ τα πλοία που διέρχονται από περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών θείου θα πρέπει να προετοιμάζονται αρκετό χρονικό διάστημα πριν, έτσι ώστε οι μηχανές να χρησιμοποιούν καύσιμα περιεκτικότητας 1,5%.

Στις 9 Οκτωβρίου του 2008, η Marine Environment Protection Committee (MEPC) αναθεωρεί το παράρτημα Annex VI της Marpol προκειμένου να μειωθεί η εκπομπή του θείου στο μέλλον και στις περιοχές που ήδη ελέγχεται η εκπομπή θείου (SECA) αλλά και παγκοσμίως. Το αναθεωρημένο παράρτημα VI της Marpol άρχισε να ισχύει την 1η Ιουλίου του 2010 και επιβάλλει αυστηρότερα όρια περιεκτικότητας των καυσίμων των πλοίων σε θείο , τόσο στις περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου όσο και στις θαλάσσιες περιοχές εκτός των περιοχών ελέγχου των εκπομπών SOx. Τα κράτη¹⁶ οφείλουν, βάσει των διεθνών τους δεσμεύσεων, να απαιτούν από τα πλοία να χρησιμοποιούν στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών SOx, καύσιμα μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο 1% από την 1η Ιουλίου του 2010 και 0,1% από την 1η Ιανουαρίου 2010 και 0,5% από την Ιανουαρίου 2020.

¹⁵ Wikipedia, Ανασύρθηκε στις 10/10/2018 https://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL_73/78#Annex_VI

¹⁶ Marpol Annex VI, Consolidated Edition 2017

Οι περιοχές ελεγχόμενης εκπομπής θείου είναι η Βαλτική Θάλασσα, η Βόρεια Θάλασσα, η περιοχή της Βόρειας Αμερικής συμπεριλαμβανομένων παράκτιων περιοχών εκτός από αυτές του Καναδά και των ΗΠΑ καθώς επίσης και την περιοχή των Ηνωμένων Πολιτειών της Καραϊβικής γύρω από το Πουέρτο Ρίκο και τις Ηνωμένες Πολιτείες των Παρθένων Νήσων.¹⁷ Η περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας ήταν η πρώτη που εισήλθε και εφάρμοσε τα όρια που αφορούν τις SECA το 2006 ενώ το 2007 τα εφάρμοσε και η περιοχή της Βόρειας Θάλασσας.¹⁸ Το Μάρτιο του 2010, ο ΙΜΟ σχεδίασε μία περιοχή που εκτεινόταν 200 ναυτικά μίλια (370 χλμ) από την ακτή των ΗΠΑ και του Καναδά ως την πρώτη ECA που θα υπήρχε μείωση ρύπων και σε NOx, Sox, και PM. Η υλοποίηση αυτού του σχεδίου ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2011 ενώ τα αυστηρότερα όρια σε θείο από τον Αύγουστο του 2012.

Το 2005 τα όρια εκπομπής θείου στις ECAs ήταν 1,5% m/m ενώ τον Ιούλιο του 2010 μειώνεται στο 1 % m/m και στη συνέχεια τον Ιανουάριο του 2015 στο 0,1% m/m. Εκτός των ECAs, τα όρια εκπομπής θείου διαχρονικά διαμορφώθηκαν στο 4,5% m/m πριν τον Ιανουάριο του 2012, στο 3,5% m/m μετά τον Ιανουάριο του 2012 και στο 0,5% m/m από τον Ιανουάριο του 2020 (Regulation 14).

Πίνακας 2-1: Διαχρονική Εξέλιξη των ορίων περιεκτικότητας SOx στα καύσιμα.

Εκτός των ECAs, τα όρια SOx	Εντός των ECAs, τα όρια SOx
4,5% m/m πριν το Ιανουάριο του 2012	1,5% m/m πριν την 1η Ιουλίου του 2010
3,5% m/m από τον Ιανουάριο του 2012 και μετά	1,00% m/m από την 1 ^η Ιουλίου 2010 και μετά
0,5% m/m από τον Ιανουάριο του 2020 και μετά	0,10% m/m από την 1 ^η Ιανουαρίου 2015 και μετά

Πηγή: <http://www.imo.org>

Κατά την είσοδο του πλοίου σε περιοχή που ανήκει στις ECA, το πλοίο οφείλει να χρησιμοποιεί διαφορετικό καύσιμο προκειμένου να τηρούνται οι διεθνείς κανονισμοί. Η διαδικασία πλήρους αλλαγής καυσίμων πρέπει να αναφέρεται εγγράφως πως θα διεκπεραιωθεί. Το ίδιο ισχύει και όταν το πλοίο εξέλθει των ECA, τότε και μόνο τότε μπορεί να κάνει αλλαγή

¹⁷ΙΜΟ, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 5/9/2018 από http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/FAQ_2020_English.pdf

¹⁸ Air Pollution & Climate Secretariat, Air Pollution from Ships, www.airclim.org

καυσίμων ενώ οι ποσότητες των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν θα πρέπει να καταγράφονται μαζί με την ημερομηνία, την ώρα και την τοποθεσία του πλοίου. Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρχει ικανό χρονικό περιθώριο για την αλλαγή της προμήθειας καυσίμων από την κατάλληλη δεξαμενή¹⁹ Τα αρχεία αυτά τηρούνται στο Logbook της σημαίας ενώ εάν δεν υπάρχει σχετική απαίτηση θα μπορούσαν να τηρούνται στο Ship's Annex Oil Record Book.²⁰

Η εφαρμογή του νέου ορίου το 2020, θεσμοθετήθηκε το 2008 αλλά επιβεβαιώθηκε τον Οκτώβριο του 2016 (MEPC 70th session) κατά τη συνεδρίαση της MEPC όπου δύο μελέτες από το CE DELFT και το Ensys Energy αναφέρουν ότι δεν θα υπάρχουν προβλήματα διαθεσιμότητας του νέου καυσίμου. Συνεπώς τον Οκτώβριο του 2016, ο IMO αποφάσισε να προχωρήσει με την εφαρμογή του νέου ορίου όπως ήταν προγραμματισμένο το 2020 και όχι να αναβληθεί για το 2025.

Στο παράρτημα VI αναφέρεται αναλυτικά η διαδικασία που διεξήχθη προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ημερομηνία έναρξης τήρησης του νέου ορίου. Σύμφωνα με την παράγραφο 8, μέχρι το 2018 έπρεπε να αποφασιστεί εάν υπάρχει διαθεσιμότητα καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% m/m θείου και για την απόφαση αυτή εξετάστηκαν τα κάτωθι:

- η προσφορά και η ζήτηση για συμβατό με τον διεθνή κανονισμό καύσιμο.
- η τάση στη διεθνή αγορά καυσίμων
- οποιοδήποτε σχετικό ζήτημα

Ο IMO προβλεπόταν στην παράγραφο 9 να δημιουργήσει μία ομάδα επιστημόνων εξειδικευμένων στην αγορά καυσίμων, επιστημόνων με ναυτιλιακές, περιβαλλοντικές και νομικές γνώσεις για να διεξάγουν έρευνα σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής του νέου ορίου από το 2020. Τα μέλη του διεθνούς οργανισμού θα έπρεπε να αποφασίσουν μέχρι το 2018 με βάση την έρευνα εάν θα εφαρμοστεί το 2020 ή το 2025 το νέο όριο.²¹

Το παράρτημα VI έχει υπογραφεί από 87 μέλη, τα οποία αντιπροσωπεύουν πάνω από το 96% του παγκοσμίου στόλου. Οποιαδήποτε αλλαγή για τη νέα νομοθεσία μείωσης εκπομπής

¹⁹ Marpol Annex VI, Consolidated Edition 2017

²⁰ IMO, Sulphur oxides (Sox) and Particular Matter (PM)-Regulation 14, Ανασύρθηκε στις 5/8/2018 από [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)

²¹ Marpol Annex VI, Consolidated Edition 2017

θείου θα έπρεπε να είχε γίνει μέχρι τον Μάρτιο του 2018 καθώς απαιτείται έγγραφη προειδοποίηση 22 μήνες πριν.²²

Η ρύθμιση αυτή αφορά τόσο τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις κύριες και στις βοηθητικές μηχανές ενώ μέχρι στιγμής προβλέπονται εξαιρέσεις μόνο σε περιπτώσεις που αφορούν την ασφάλεια του πλοίου, τη διάσωση ανθρώπινων ζώων ή μηχανική βλάβη του πλοίου. Εάν επιθυμούν να προχωρήσουν σε δοκιμαστική χρήση νέων τεχνολογιών για τη μείωση του θείου, τότε μπορούν να πάρουν εξαίρεση κατόπιν άδειας από τις αρχές του κράτους του οποίου τη σημαία τηρούν.²³

Επιπλέον, προβλέπεται κατά τον εφοδιασμό του πλοίου με καύσιμα, η παραλαβή αποδεικτικού που θα αναφέρει τη σύνθεση των καυσίμων καθώς επίσης και η έκδοση ενός πιστοποιητικού International Air Pollution Prevention (IAPP) Certificate από τη σημαία που θα επιβεβαιώνει τη σύνθεση των καυσίμων βάσει του Bunker Delivery Note ή ότι χρησιμοποιείται από το πλοίο ο απαραίτητος εξοπλισμός καθαρισμού των καυσαερίων. Τα κράτη, μέσω του Port State Control μπορούν να ελέγχουν εάν τηρούν τη νομοθεσία τα πλοία.

Μέχρι σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί μετά την 70^η συνεδρίαση, η 71^η και η 72^η της MEPC. Στην 71^η συνεδρίαση της MEPC στις 3-7 Ιουλίου 2017, αποφασίστηκε ότι η επιτροπή PPR (Sub-Committee on Pollution Prevention and Response) θα πρέπει να προβεί σε όλες τις απαιτούμενες ενέργειες για να επιβεβαιωθεί η συνεχής και αποτελεσματική εφαρμογή του νέου ορίου.²⁴

Τέλος, στην 72^η συνεδρίαση της MEPC που πραγματοποιήθηκε στις 9-13 Απριλίου 2018, έγιναν πρόχειρες προσθήκες στο Annex VI αναφορικά με την εφαρμογή του νέου κανονισμού.²⁵

- Κανονισμός 14.1: Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο που χρησιμοποιείται ή είναι αποθηκευμένο στο πλοίο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,5% m/m.

²² Ralph Grimmer, The evolution of the marine sulphur regulation, Stillwater Associates, 13 September 2017 Ανασύρθηκε από <https://stillwaterassociates.com/imo-2020-part-1-marine-fuel-sulphur-content/>

²³ IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/FAQ_2020_English.pdf

²⁴ IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από <http://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/mepc/pages/mepc-71.aspx>

²⁵ IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από <http://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/mepc/pages/mepc-72nd-session.aspx>

- Κανονισμός 14.4 : Όταν ένα πλοίο βρίσκεται σε μία περιοχή ελεγχόμενων εκπομπών θείου, η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο που χρησιμοποιείται ή είναι αποθηκευμένο στο πλοίο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,10% m/m.
- Κανονισμός 4.1: Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο ίση με 0,5% m/m πρέπει να αποδεικνύεται με αποδεικτικά παράδοσης από της εταιρίες προμήθειες καυσίμων στα πλοία.

2.2 Οδηγίες και κανονισμοί για την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, βάσει των ιδρυτικών της συνθηκών, έχει ως στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του φυσικού περιβάλλοντος. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου συμβάλλουν σημαντικά στο πρόβλημα της όξινης βροχής, βλάπτουν ευαίσθητα οικοσυστήματα και προκαλούν σημαντικές βλάβες στα κτίρια και την αρχιτεκτονική κληρονομιά. Επιπλέον, η ρύπανση από το διοξείδιο του θείου έχει σοβαρή επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και ειδικότερα σε τμήματα του πληθυσμού με αναπνευστικές παθήσεις. Συνεπώς τα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν προβεί σε έκδοση οδηγιών σχετικά με τα όρια περιεκτικότητας θείου στα υγρά καύσιμα καθώς και σε αυτά που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία.

Η βασική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η 1999/32/EK του Συμβουλίου της 26 Απριλίου 1999 η οποία αναφέρεται στη μείωση της περιεκτικότητας του θείου στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία. Ήδη στην οδηγία 93/12/ΕΟΚ αναφέρεται ότι η Επιτροπή έχει ζητήσει από το Συμβούλιο πρόταση έτσι ώστε να καθορισθούν όρια για την περιεκτικότητα σε θείο και άλλων υγρών καυσίμων ιδιαίτερα για το βαρύ μαζούτ, τα πετρέλαια δεξαμενών των πλοίων, ντίζελ πλοίων και τα πετρέλαια εσωτερικής καύσης.

Η 1999/32/EK²⁶ οδηγία αναφέρεται στα όρια περιεκτικότητας θείου σε όλα τα καύσιμα ενώ γίνεται ρητή αναφορά στα όρια περιεκτικότητας θείου στο ντίζελ (marine gas oil). Το ντίζελ των πλοίων είναι καύσιμο που προορίζεται για ναυτική χρήση το οποίο πληροί τον ορισμό “του πετρελαίου εσωτερικής καύσης” ή το ιξώδες ή η πυκνότητα του οποίου εμπίπτει στο εύρος του ιξώδους ή της πυκνότητας που καθορίζεται για τα ναυτικά κλάσματα στο πίνακα 1 του ISO 8217 (1996). Σύμφωνα με το άρθρο 4 της εν λόγω οδηγίας, τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα για να διασφαλίσουν ότι εντός της επικράτειας τους δεν χρησιμοποιούνται πετρέλαια εσωτερικής καύσης περιλαμβανομένου και του ντίζελ των πλοίων, αν η

²⁶ European Parliament, Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a093e44c-bf78-434b-92c7-d726dc5ad012/language-el>

περιεκτικότητά τους σε θείο είναι άνω του 0,2% m/m από την 1η Ιουλίου 2000 ενώ εάν η περιεκτικότητα τους σε θείο είναι άνω του 0,1% m/m από την 1η Ιανουαρίου του 2008.

Παρέκκλιση του ανωτέρου ορίου βάσει της οδηγίας δικαιούνται η Ισπανία για τις Κανάριους Νήσους, η Γαλλία για τα υπερπόντια διαμερίσματα, η Ελλάδα για το σύνολο ή τμήματα της επικράτειάς της και η Πορτογαλία για τα αρχιπελάγη της Μαδέρας και των Αζόρων.

Οι περιορισμοί για το ντίζελ των πλοίων δεν ισχύουν όταν το πλοίο κινείται μεταξύ κράτους μέλους και τρίτης χώρας. Τέλος αναφέρεται στο άρθρο 7 ότι η Επιτροπή εξετάζει τι μέτρα μπορούν να ληφθούν για να μειωθεί η συμβολή των πλοίων στην οξίνιση πέρα εκείνων που προσδιορίζονται στο ντίζελ και εάν απαιτείται να υποβάλλει πρόταση έως το τέλος του 2000.

Ωστόσο στις 6 Ιουλίου του 2005 αναθεωρείται η εν λόγω οδηγία με την 2005/33/EK²⁷ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Στη συγκεκριμένη οδηγία αναγνωρίζεται ότι οι εκπομπές του θείου από τα καύσιμα των πλοίων συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση με την έκλυση διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων βλάπτουν την υγεία του ανθρώπου προκαλούν ζημιές και συμβάλλουν στην οξίνιση. Ειδικά οι κάτοικοι παράκτιων περιοχών και περιοχών πλησίον λιμένων επηρεάζονται ιδιαίτερα από τη ρύπανση από τα πλοία που χρησιμοποιούν καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Στο άρθρο 2 στην παράγραφο 3 αναφέρονται οι ορισμοί καύσιμα πλοίων, ντίζελ πλοίων και πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα μέτρα για να διασφαλίζουν ότι στα χωρικά τους ύδατα, στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες τους και στις ζώνες τους ελέγχου ρύπανσης που ανήκουν σε περιοχές ελέγχου του θείου δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων αν η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο υπερβαίνει το 1,5% m/m. Αυτό ισχύει για όλα τα σκάφη κάθε σημαίας, συμπεριλαμβανομένων των σκαφών το ταξίδι των οποίων άρχισε εκτός της Κοινότητας. Η εφαρμογή του ορίου για την περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας ξεκίνησε στις 11 Αυγούστου 2006 και για τη Βόρεια Θάλασσα στις 11 Αυγούστου το 2007 όπως αναφέρεται στη Marpol. Επιπλέον τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι δεν διατίθεται στην αγορά, στην επικράτειά τους, ντίζελ πλοίων όπου η περιεκτικότητα σε θείο υπερβαίνει το 1,5% m/m. Αναφορικά με τα σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοίας και τα ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες, από την 1η Ιανουαρίου 2010, δεν χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο που υπερβαίνει το 0,1% κατά μάζα, Τέλος τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι δεν διατίθεται στην αγορά στην

²⁷ European Parliament, Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0059:0069:EL:PDF>

επικράτειά τους, πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων όπου η περιεκτικότητα υπερβαίνει το 0,1% m/m.

Η τελευταία αναθεώρηση/ τροποποίηση και η κωδικοποίηση της οδηγίας 1999/32/EK²⁸ πραγματοποιείται με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2016/802 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου στις 11 Μαΐου 2016. Στην τελευταία οδηγία προστίθεται και ενσωματώνεται η αναθεώρηση του παραρτήματος VI της Marpol (Annex VI Regulation¹⁴) το 2008. Σύμφωνα με το άρθρο 5, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι δεν χρησιμοποιούνται στην επικράτειά τους καύσιμα πλοίων περιεκτικότητας σε θείο άνω του 3,5% m/m εκτός αν διαθέτουν σύστημα καθαρισμού των εκπομπών σε κλειστό σύστημα. Στα οικεία χωρικά ύδατα, στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και στις ζώνες ελέγχου της ρύπανσης δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων με κατά μάζα περιεκτικότητα σε θείο άνω του

(α) 3,5% από 18-6-2014

(β) 0,5% από 1-1-2020

Επίσης στις ζώνες ελέγχου της ρύπανσης των εκπομπών θείου δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων με κατά μάζα περιεκτικότητα σε θείο άνω

(α) του 1% έως 31/12/2014

(β) του 0,1% από 1/1/2015.

Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι στα οικεία χωρικά ύδατα στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και ζώνες ελέγχου της ρύπανσης που δεν ανήκουν σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών θείου, τα επιβατηγά πλοία εκτελούν τακτικά δρομολόγια προς ή από λιμένες της Ένωσης δεν χρησιμοποιούν καύσιμα πλοίων με περιεκτικότητα σε θείο άνω του 1,5% m/m έως την 1/1/2010.

Τέλος το όριο περιεκτικότητας σε θείο του καυσίμου που χρησιμοποιείται από τα πλοία /σκάφη που είναι ελλιμενισμένα σε λιμένες της Ένωσης είναι 0,1% m/m.

2.3 Νομοθεσία κρατών για μείωση εκπομπών θείου

Παράλληλα με τον IMO, υπήρξαν και πρωτοβουλίες από κράτη για τη μείωση των εκπομπών θείου από τα καύσιμα.²⁹

²⁸European Parliament, Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/el/TXT/?uri=CELEX:32016L0802>

²⁹ Wallenius Wilhelmsen Logistics, Reducing Sulphur emissions, 2wglobal.com

Στην Τουρκία, το “Turkish Chamber of Shipping” και το “Turkish General Directorate of Marine Transport” το Σεπτέμβριο του 2011 νομοθέτησε όρια αναφορικά με τις εκπομπές θείου όπου ενεργοποιήθηκαν την 1η Ιανουαρίου του 2012. Τα πλοία που ελλιμενίζονται στην τουρκική επικράτεια και όλα όσα χρησιμοποιούν τις υδάτινες οδούς της ενδοχώρας οφείλουν να τηρούν το όριο του 0,1% στην περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα.

Στην Αυστραλία, στο λιμάνι του Σύδνεϋ υπάρχει όριο 0,1% περιεκτικότητας θείου στα κρουαζιερόπλοια ενώ στο λιμάνι του Hong Kong , από την 1η Ιουλίου του 2015, όλα τα πλοία πρέπει να τηρούν το όριο του 0,5% κατά τον ελλιμενισμό τους.

Η Κίνα, τον Ιούλιο του 2015, ανακοίνωσε την θεσμοθέτηση περιοχών ελεγχόμενων εκπομπών όπως το Pearl River Delta, Yangtze River Delta και το Bohai Rim. Οι τρεις περιοχές εκτείνονται περίπου 12 ναυτικά μίλια και περιλαμβάνουν βασικά λιμάνια του Guangzhou, Shenzhen, Zhuhai, Shanghai, Ningbo, Zhoushan, Suzhou, Nantong, Tianjin, Qinhuangdao, Tangshan και του Huanghua. Το όριο που είχε τεθεί στις ελεγχόμενες περιοχές ήταν 0,5% (5000ppm). Η εφαρμογή του ορίου ακολούθησε ως εξής:

- Από την 1η Ιανουαρίου του 2016, οι αρχές των λιμανιών που βρίσκονταν εντός των ελεγχόμενων περιοχών ζητούσαν από τα πλοία κατά τον ελλιμενισμό τους να χρησιμοποιούν χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμο.
- Από την 1η Ιανουαρίου του 2017, όλα τα πλοία στα βασικά λιμάνια των συγκεκριμένων περιοχών πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με 0,5% περιεκτικότητα σε θείο.
- Από την 1η Ιανουαρίου του 2018, όλα τα πλοία σε όλα τα λιμάνια θα πρέπει να τηρούν το όριο του 0,5%.

3. Επιδράσεις Επιβολής Νέου Ορίου στο Θείο από το 2020

Η υιοθέτηση του νέου κανονισμού περιορισμού των εκπομπών θείου των πλοίων από το 2020 επηρεάζει τις αποφάσεις της διοίκησης και τις μελλοντικές επενδύσεις των ναυτιλιακών εταιριών, των bunker traders, των διυλιστηρίων, των ναυλωτών καθώς επίσης και των μηχανισμών επιβολής της νέας νομοθεσίας όπως των port state controls και των κρατών των οποίων τη σημαία φέρει το πλοίο. Εκτιμάται ότι η αλλαγή στην περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα σε 0,5% m/m θα μειώσει τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου κατά 80%. Παράλληλα με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται και μείωση των ατμοσφαιρικά αιωρούμενων σωματιδίων κατά 20%.³⁰

Οι επιλογές, τις οποίες έχουν διαθέσιμες οι ναυτιλιακές εταιρίες εναλλάσσονται μεταξύ της υιοθέτησης νέου καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% m/m σε θείο και συστημάτων καθαρισμού των αέριων εκπομπών. Τα διυλιστήρια είναι επιφορτισμένα με τη δημιουργία του κατάλληλου καυσίμου που να πληροί ιδιότητες όπως να μη δημιουργεί τεχνικές φθορές στις μηχανές και να διατίθεται στην καλύτερη δυνατή τιμή. Ουσιαστικά οι πλοιοκτήτες και οι διαχειριστές των πλοίων προσπαθούν να βρουν τη βέλτιστη λύση έτσι ώστε να εναρμονιστούν με τη νέα νομοθεσία ενώ τα διυλιστήρια δεν γνωρίζουν την ακριβή ποσότητα νέου καυσίμου που πρέπει να παράγουν έτσι ώστε να ανταποκριθούν σε ενδεχόμενη υψηλή ζήτηση. Το μόνο κοινό σημείο και των δύο μερών είναι η προσδοκία ότι θα υπάρξει οριστική αλλαγή στην προσφορά καυσίμων από το 2020.³¹

3.1 Ναυτιλιακή εταιρία

Οι ναυτιλιακές εταιρίες καλούνται να προβούν σε αλλαγές στις επενδύσεις τους και στα καύσιμά τους προκειμένου να ακολουθήσουν το νέο κανονισμό. Δεν υπάρχει μία μοναδική λύση που να ταιριάζει σε όλες τις περιπτώσεις. Η βέλτιστη επιλογή εξαρτάται από τον τύπο, το μέγεθος του πλοίου και ποια καύσιμα είναι διαθέσιμα σε βραχυχρόνιο και μακροχρόνιο διάστημα. Εάν για κάποια από τις επιλογές, είναι αναγκαία η επισκευή του πλοίου, τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η πολυπλοκότητα της εγκατάστασης, πιθανή απώλεια εσόδων από το διάστημα που το πλοίο θα είναι off-hire καθώς και την ηλικία του πλοίου.³² Οι επιλογές που διαθέτουν είναι η χρήση καυσίμου με περιεκτικότητα ίσης ή μικρότερης του 0,5% m/m είτε Ultra-Low Sulphur HFO/hybrid fuel είτε Marine Gas Oil , η τοποθέτηση scrubber στα πλοία , η

³⁰ Κοτρικλά Α.Μ. , Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Κάλλιπος, Αθήνα, 2015

³¹ Lee Hong Liang, The 2020 IMO fuel sulphur regulation, Seatrade Maritime News

³² DNV GL, GLOBAL SULPHUR CAP 2020 ανασύρθηκε στις 4/11/2018 από :
<https://www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html>

χρήση εναλλακτικού καυσίμου υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG, μεθανόλης, αιθανόλης ή μακροπρόθεσμα χρήση κυψέλης καυσίμου υδρογόνου σε συνδυασμό με συσσωρευτές.³³

3.1.1. Καύσιμα περιεκτικότητας θείου ίσης ή μικρότερης του 0,5%

Η δημιουργία ενός νέου καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% m/m θείου αποτελεί πρόκληση για τα διυλιστήρια καθώς θα αποτελεί ανάμειξη μεταξύ distillate και residual fuels. Η κατάλληλη αναλογία είναι αυτή που πρέπει να οριστικοποιηθεί ενώ θα πρέπει να λάβουν υπόψιν τους χαρακτηριστικά όπως το ιξώδες, η πυκνότητα, η μεταβλητότητα, η θερμοκρασία ανάφλεξης αλλά και η συμβατότητα μεταξύ των καυσίμων.³⁴

Ένα από τα καύσιμα που είναι συμβατά με το νέο κανονισμό είναι το Marine Gas Oil. Πρόκειται για απόσταγμα διύλισης του πετρελαίου όπως η κηροζίνη και το diesel. Η διαθεσιμότητά του στην αγορά ωστόσο είναι περιορισμένη λόγω των περιορισμών στην παραγωγή του και της ιδιαίτερης διαδικασίας διύλισής του. Κατά τη διύλιση του απαιτείται η ύπαρξη μονάδας υδρογονοαποθείωσης (hydrodesulphurization unit “HDS”) η οποία χρησιμοποιεί αέριο υδρογόνο για να διαχωρίζει το θείο από το καύσιμο και στη συνέχεια μία δεύτερη μονάδα (Sulphur recovery unit) που το συλλέγει. Το αέριο υδρογόνο παράγεται εντός του διυλιστηρίου καθώς είναι δύσκολη και ακριβή η μεταφορά του από εξωτερικό παραγωγό. Μία μονάδα παραγωγής υδρογόνου κοστίζει περίπου στα 100 εκατομμύρια δολάρια ενώ μία μονάδα συλλογής του θείου (Sulphur recovery unit) κοστίζει περίπου 20-50 εκατομμύρια δολάρια.³⁵ Συνεπώς είναι μία ακριβή επιλογή καυσίμου, με πρόσθετες απαιτήσεις σε λάδια αλλά η χρήση του οποίου μπορεί να γίνει παντού εντός και εκτός λιμανιών χωρίς αλλαγή.³⁶ Η περιεκτικότητά του σε θείο κυμαίνεται μεταξύ 0,10% και 1,50m/m %.³⁷ Ωστόσο το Marine Gas Oil έχει και μειονεκτήματα κατά τη χρήση του. Είναι ευαίσθητο στις μικροβιακές μόλυνσεις που προκαλούνται από βακτήρια και μύκητες. Η παρουσία βακτηρίων προκαλεί προβλήματα όπως ασταθή λειτουργία της μηχανής και βουλωμένα φίλτρα καυσαερίων καυσίμου. Την ύπαρξη μικροβιακής μόλυνσης υποδεικνύουν:

- Θολότητα στην επιφάνεια του καυσίμου

³³ DNV GL, GLOBAL SULPHUR CAP 2020 ανασύρθηκε στις 4/11/2018 από :

<https://www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html>

³⁴ <https://www.alfalaval.com/media/news/2016/alfa-laval-puresox-offers-cost-effective-compliance-with-the-2020-global-sulphur-cap/>

³⁵ Michael Ramsey, Low Sulphur Fuel in 2020, March 2017

³⁶ BP Marketing material, Marpol 2020 and beyond, ανασύρθηκε στις 5/10/2018 από:

https://www.bp.com/content/dam/bp-trading/en/global/trading/Documents/7718%20MARPOL%20Brochure_web.pdf

³⁷ Anish, A guide to Marine Gas Oil and LSFO used on ships, May 2018 ανασύρθηκε στις 3/10/2018 από το

<https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>

- Ακαθαρσίες στο καύσιμο
- Η ύπαρξη μίας λεπτής στρώσης μεμβράνης μεταξύ νερού και πετρελαίου εσωτερικής καύσης.
- Άσχημη οσμή κατά την αποστράγγιση της δεξαμενής με ταυτόχρονη εκκένωση λάσπης.

Οι αντλίες καυσίμων στις μηχανές των πλοίων είναι σχεδιασμένες σε ένα ελάχιστο όριο ιξώδους. Το ιξώδες του Marine Gas Oil είναι πολύ χαμηλό συγκριτικά με το συντελεστή που έχουν σχεδιαστεί οι αντλίες που συντελεί σε ελλιπή λίπανση δημιουργώντας φθορά και διάβρωση.³⁸ Συνεπώς απαραίτητη είναι η χρήση πρόσθετων λαδιών λίπανσης της μηχανής έτσι ώστε να μην προκαλούνται φθορές, γεγονός που συνεπάγεται πρόσθετο κόστος.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% θείου μέσω της διαδικασίας αποθείωσης που είναι ιδιαίτερα ακριβή και όχι τόσο διαδεδομένη για την παραγωγή αποσταγμάτων.

Ωστόσο πιο συχνά συναντάται η ανάμειξη καυσίμων. Ως βάση για την παρασκευή του νέου καυσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Marine Gas Oil σε συνδυασμό με το μαζούτ (Heavy Fuel Oil). Αυτή είναι η συνηθέστερη πρακτική για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών αερίων (SECA) με 0,1% περιεκτικότητα θείου. Οι συνηθέστερες αναμειξίες καυσίμων είναι :

3-1. Αναμειξίες καυσίμων

Καύσιμα	Περιγραφή
Marine Gas Oil (MGO)	
Marine Diesel Oil (MDO)	Μείξη Marine Gas Oil και Heavy Fuel Oil
Intermediate Fuel Oil (IFO)	Μείξη Marine Gas Oil και Heavy Fuel Oil με λιγότερο MGO από το MDO
Medium Fuel Oil (MFO)	Μείξη Marine Gas Oil και Heavy Fuel Oil με λιγότερο MGO από το IFO
Low Sulphur Heavy Fuel Oil (LS HFO)	Αποθειωμένο Heavy Fuel Oil

Πηγή: Michael Ramsey, 2017 “ Low Sulphur Fuel in 2020”

³⁸ Anish, A guide to Marine Gas Oil and LSFO used on ships, May 2018 ανασύρθηκε στις 3/10/2018 από το <https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>

Μία ακόμα πρόταση σχετικά με την παρασκευή του νέου καυσίμου είναι η ανάμειξη residual fuels και χαμηλών σε περιεκτικότητα θείου αποσταγμάτων (distillate fuels) με στόχο ένα ποιοτικό καύσιμο. Η αναλογία των μειγμάτων θα είναι 40% residual fuels και 60% distillate fuel. Ωστόσο υπάρχει υψηλό ρίσκο αστάθειας και ευαισθησίας σε περίπτωση ανάμειξης με άλλα καύσιμα στο πλοίο.³⁹

Παρά το γεγονός ότι η σύσταση του νέου καυσίμου δεν έχει ανακοινωθεί, κάποιες εταιρίες με ηγετική θέση στο χώρο τους, δημοσίευσαν κάποιες πληροφορίες. Η BP, σε σύσκεψη που είχε με τους πλοιοκτήτες το Φεβρουάριο του 2018, γνωστοποίησε τα 2 καύσιμα περιεκτικότητας 0,5% που θα διαθέτει στην αγορά της Βορειοδυτικής Ευρώπης. Το πρώτο καύσιμο θα είναι πιο αρωματικό σε φύση ενώ το δεύτερο θα είναι περισσότερο παραφινικής βάσης. Ωστόσο καμία άλλη πληροφορία δεν έχει ανακοινωθεί από την εταιρία. Τον ίδιο μήνα η Exxon Mobil ανακοίνωσε ότι τα καύσιμα που θα κυκλοφορήσουν από εκείνη θα είναι περισσότερα από 2 και λιγότερα από 42. Η ισπανική εταιρία ενέργειας CEPSA⁴⁰ προγραμματίζει να δημιουργήσει καύσιμο με 200CST ιξώδες το οποίο θα χρησιμοποιείται για τα πλοία που επισκέπτονται την Ισπανία. Επιπλέον η Shell ανακοίνωσε ότι έχει ήδη παρασκευάσει καύσιμο περιεκτικότητας 0,5% σε θείο και το οποίο είναι διαθέσιμο για δοκιμή για τους πλοιοκτήτες στο Rotterdam, στη Σιγκαπούρη και στη Νέα Ορλεάνη έτσι ώστε να μπορούν να εξοικειωθούν με τη χρήση του στα πλοία. Είναι πολύ πιθανό οι δοκιμές να επεκταθούν και σε άλλα κεντρικά λιμάνια το 2019.⁴¹

Το πιο βασικό ζήτημα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι ναυτιλιακές εταιρίες είναι η ασυμβατότητα καυσίμων που μπορεί να προμηθεύονται κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Όταν υπάρξει μείξη καυσίμων σε μία δεξαμενή, υπάρχει ο κίνδυνος να προκαλέσουν ζημιά στη μηχανή.⁴²

Μία ακόμα λύση είναι η χρήση Ultra Low Sulphur Fuel Oil με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,1%, που ήδη υπάρχει στην αγορά και χρησιμοποιείται στις περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών θείου ως οικονομικότερη επιλογή του Marine Gas Oil. Το ULSFO έχει χαμηλότερη

³⁹ <https://www.alfalaval.com/media/news/2018/alfa-laval-is-optimizing-the-entire-fuel-line-to-address-2020-fuel-challenges/>

⁴⁰ Jack Jordan, Maurice Geller, "CEPSA sees 2020 0.5% sulphur bunker fuel prices \$110-\$130/mt below MGO", Μάρτιος 2018

⁴¹ Ship and Bunker, "IMO 2020: Shell Offering Trials of 0.50 sulphur bunkers in Rotterdam, Singapore and New Orleans", ανασύρθηκε στις 4/9/2018 από : <https://shipandbunker.com/news/world/697634-imo-2020-shell-offering-trials-of-050-sulphur-bunkers-in-rotterdam-singapore-and-new-orleans>

⁴² Jack Jordan and Tom Washington, Uncertainty looms over marine fuel sulphur limit: fuel for thought, S&P Global Platts, ανασύρθηκε 5/8/2018 από : <http://blogs.platts.com/2018/04/02/uncertainty-looms-marine-fuel-sulphur-limit/>

περιεκτικότητα θείου από το μαζούτ (heavy fuel oil) αλλά υψηλότερο ιξώδες και χαμηλή μεταβλητότητα από το Marine Gas Oil.⁴³

Τα κυριότερα προβλήματα χρήσης καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που δημιουργούνται σε μηχανές που είναι σχεδιασμένες να καίνε heavy fuel oil όταν αυτό χρησιμοποιείται για μεγάλες αποστάσεις, είναι λειτουργικά. Τα αποστάγματα (Marine Gas Oil, Marine Diesel Oil) έχουν υψηλότερη ομοιογένεια η οποία οδηγεί σε γρηγορότερη αύξηση της πίεσης, σε αλλαγές των δονήσεων και μεταφοράς της ενέργειας και σε φθορά της μηχανής.⁴⁴ Επιπλέον, θα αυξηθούν⁴⁵ οι απαιτήσεις των ναυλωτών ή των πλοιοκτητών για φθορές στον εξοπλισμό του πλοίου. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση Ναυτιλιακής ασφάλισης, η συχνότητα των μηχανικών προβλημάτων είναι πιθανό να αυξηθεί με αποτέλεσμα οι ασφαλιστικές εταιρίες να αυξήσουν τις χρεώσεις στα ασφάλιστρα έτσι ώστε να αντισταθμίσουν τον αυξημένο κίνδυνο μηχανικών βλαβών.

Παράλληλα, οι ναυτιλιακές εταιρίες οφείλουν να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την ασφάλεια των καυσίμων τοποθετώντας σε διαφορετικές δεξαμενές τα διαφορετικά καύσιμα ενώ σε περίπτωση που είναι αναπόφευκτη η ανάμειξή τους, οφείλουν να διεξάγουν συνεχείς ελέγχους. Επιπλέον, οι δεξαμενές καυσίμων στα πλοία θα πρέπει να καθαρίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα ενώ το πλήρωμα χρειάζεται να γνωρίζει την ποσότητα λαδιού για τη μηχανή απαιτεί το κάθε καύσιμο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία της. Τα διαφορετικά καύσιμα έχουν διαφορετικό ιξώδες και θερμοκρασία ανάφλεξης, συνεπώς η θερμοκρασία κατά την καύση τους στη μηχανή είναι σημαντική για να μην δημιουργηθούν προβλήματα.⁴⁶

Τέλος, συνιστάται⁴⁷ στους πλοιοκτήτες να επιλέγουν προμηθευτές καυσίμων που θα τους παρέχουν την ίδια ποιότητα καυσίμου συνεχώς. Ωστόσο εάν οι πλοιοκτήτες προμηθεύονται από διαφορετικούς προμηθευτές διαφορετική ποιότητα καυσίμων, θα πρέπει να έχουν προνοήσει να αυξήσουν τον αριθμό των δεξαμενών πετρελαίου ή να διαχωρίσουν τις ήδη υπάρχουσες ώστε να αποφευχθούν προβλήματα ανάμειξης των καυσίμων όπως η μόλυνση.

⁴³ Lee Hong Liang, The 2020 IMO fuel sulphur regulation, Seatrade Maritime News

⁴⁴ Challenges of IMO's 0.5% Global Bunker Sulphur Cap, ανασύρθηκε στις 8/9/2018 από: <http://www.cambiasoriso.com/challenges-of-imos-0-5-global-bunker-sulphur-cap/>

⁴⁵ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", May 2018

⁴⁶ Marine fuels in the low-sulphur era, Ανασύρθηκε στις 5/9/2018 από το www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/oil-treatment/alfa-laval-fuel-line/marine-fuels-in-the-low-sulphur-era

⁴⁷ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", Μάιος 2018

3.1.2 Σύστημα καθαρισμού αέριων εκπομπών καυσίμων πλοίου (scrubber)

Σε περίπτωση που κάποια ναυτιλιακή εταιρία επιθυμεί να συνεχίσει τη χρήση του Heavy Fuel Oil και μετά το 2020, της επιτρέπεται μόνο εφόσον διαθέτει scrubber ⁴⁸στις εγκαταστάσεις του πλοίου. Αποτελεί εναλλακτική επιλογή για τους πλοιοκτήτες που ανησυχούν για την υψηλή τιμή του νέου καυσίμου καθώς και για τη μη επαρκή διαθεσιμότητά του. Μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε πλοίο, από δεξαμενόπλοια και φορτηγά μέχρι πορθμεία και κρουαζιερόπλοια, σε νέες κατασκευές ή σε υπάρχοντα πλοία. Η εγκατάσταση του scrubber δεν απαιτεί αλλαγές στις μηχανές αλλά είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και προϋποθέτει επισκευές. Το κόστος επένδυσης είναι υψηλό και θα αυξηθούν τα λειτουργικά έξοδα καθώς θα απαιτείται χρήση χημικών και λαδιών. Ωστόσο το υψηλό τους κόστος αποσβένεται χάρη στη χρήση οικονομικών καυσίμων.⁴⁹ Υπάρχουν δύο είδη τεχνολογιών διαθέσιμες στα scrubbers: το ξηρό και υγρό σύστημα. Τα υγρά συστήματα είναι με διαφορά τα κυρίαρχα στην αγορά και υπάρχουν τρεις εναλλακτικές: με θαλασσινό νερό ανοιχτού βρόχου, με γλυκό νερό κλειστού βρόχου και οι υβριδικοί. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ πολλαπλής εισόδου scrubber που επιτρέπει τον καθαρισμό των εκπομπών από περισσότερες πηγές αερίων ή μονής εισόδου που εξυπηρετούν μία μηχανή. Μπορούν να τοποθετηθούν είτε σε καινούρια πλοία είτε σε μεταχειρισμένα κατόπιν επισκευής.

Η κατάλληλη επιλογή scrubber εξαρτάται από το μηχανολογικό εξοπλισμό του πλοίου, τις θαλάσσιες διαδρομές που πραγματοποιεί όπως τα λιμάνια και περιοχές με περιορισμούς στην απόρριψη νερού ενώ θα πρέπει να συνυπολογιστεί το βάρος και η απώλεια χωρητικότητας που υφίσταται το πλοίο ειδικά όταν εγκαθίσταται σε υπάρχοντα πλοία.

Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό που είναι αλκαλικό για να απομακρύνουν το θείο από τις εκπομπές. Θα πρέπει να τηρούνται όλοι οι κανονισμοί της Marpol για το νερό που αποβάλλεται από τα πλοία. Τα καυσαέρια εισέρχονται στα scrubbers και ψεκάζονται με θαλασσινό νερό. Το διοξείδιο του θείου μετατρέπεται σε θειικό οξύ όταν έρχεται σε επαφή με το νερό. Δεν χρειάζονται χημικά καθώς η φυσική αλκαλικότητα του θαλασσινού νερού εξουδετερώνει το θειικό οξύ. Το θαλασσινό νερό μετά τον καθαρισμό των καυσαερίων παρακολουθείται και υπόκειται σε επεξεργασία η οποία μπορεί να περιλαμβάνει διήθηση για αιωρούμενα σωματίδια και βαρέα μέταλλα. Κατόπιν, εάν πληρούνται οι όροι της Marpol, μπορεί να απορριφθεί στη θάλασσα χωρίς τον κίνδυνο να βλάψει το θαλάσσιο περιβάλλον. Η ροή του

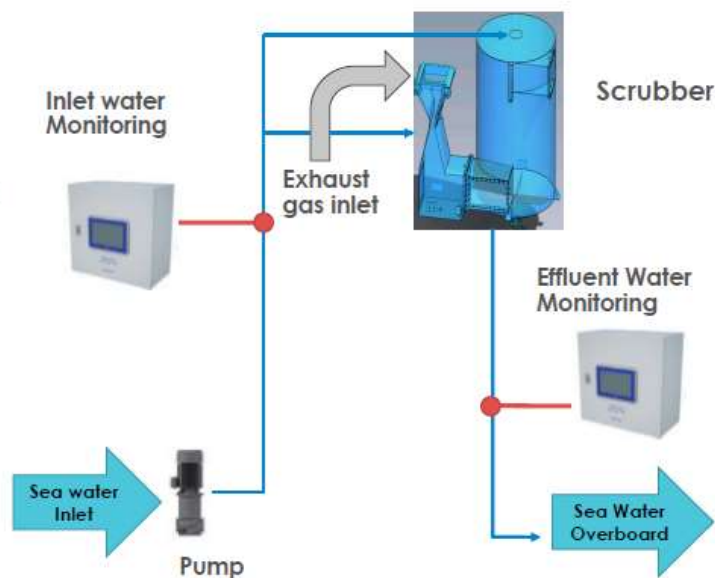
⁴⁸ DNV GL, GLOBAL SULPHUR CAP 2020 ανασύρθηκε στις 4/11/2018 από :

<https://www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html>

⁴⁹ Νικόλαος Λιάπης, Ναυτιλιακά Καύσιμα μετά το 2020, ανασύρθηκε στις 19/8/2018 από

<https://www.naftemporiki.gr/afieromata/story/1356658/ta-nautiliaka-kausima-meta-to-2020>

θαλασσινού νερού στα scrubbers ανοιχτού βρόχου είναι περίπου $45\text{m}^3/\text{MWh}$. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες θάλασσες του κόσμου όπου η αλκαλικότητα είναι υψηλή. Τα συστήματα⁵⁰ ανοιχτού βρόχου είναι κατάλληλα για πλοία που δεν ελλιμενίζονται συχνά (VLCCs) και απαιτείται χαμηλότερη επένδυση κεφαλαίου από αυτών του κλειστού ή υβριδικού βρόχου.



Εικόνα 3-1: Scrubber σύστημα ανοιχτού βρόχου

Στη Βαλτική θάλασσα δεν ενδείκνυται η χρήση ανοιχτού βρόχου scrubbers καθώς η αλμυρότητα της θάλασσας είναι χαμηλή. Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας από τις αντλίες και προκαλείται φθορά από το θαλασσινό νερό στα συστήματα που έρχονται σε επαφή με αυτό.⁵¹ Ένα ακόμα μειονέκτημα για τα scrubber ανοιχτού βρόχου είναι ότι σε πολλά λιμάνια στην Ευρώπη όπως στη Γερμανία, στο Kiel Canal⁵² και στο λιμάνι του New Haven στις ΗΠΑ απαγορεύεται η ρίψη νερού από scrubbers ανοιχτού βρόχου. Είναι πολύ πιθανό να τεθούν ανάλογοι περιορισμοί και σε άλλα λιμάνια στο μέλλον. Σε αυτές τις περιοχές, τα scrubbers κλειστού ή υβριδικού τύπου είναι απαραίτητα. Αυτά χρησιμοποιούν νερό αναμεμειγμένο με χημικά, όπως καυστική σόδα, για να ενισχύσουν την αλκαλικότητα, το οποίο επανακυκλοφορεί εντός του συστήματος και καθαρίζεται μερικώς. Τα καυσαέρια εισέρχονται στο σύστημα και ψεκάζονται με μίγμα γλυκού νερού και καυστικής σόδας

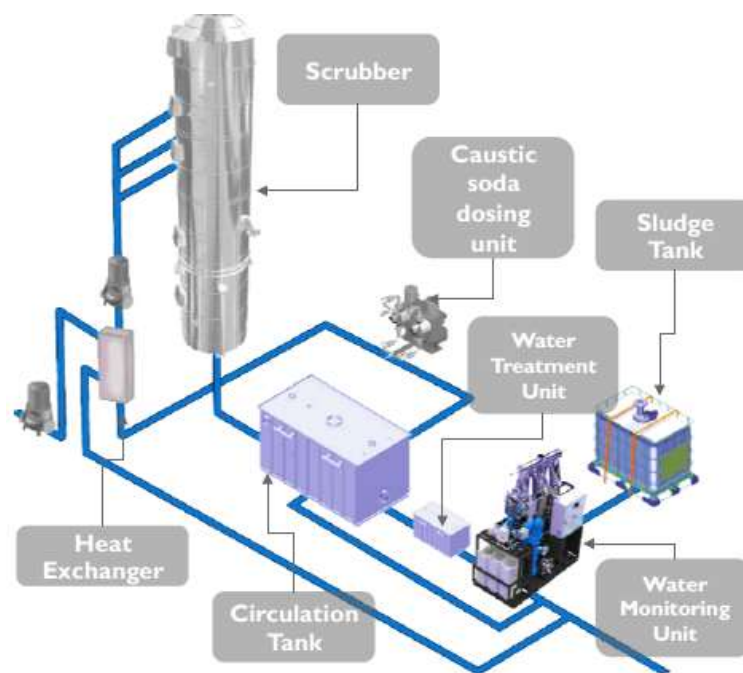
⁵⁰ Σταύρος Χατζηγηγόρης, Παράσχος Λιάδης, Scrubber Technologies 2017

⁵¹ IDC CONSORZIO, All you need to know about exhaust gas scrubbers ανασύρθηκε στις 5/10/2018 από <https://www.idconsozrio.com/all-you-need-know-about-scrubbers/>

⁵² Streamlined Naval Architects, Scrubber Retrofit ανασύρθηκε από: <http://www.streamlined.gr/scrubber-retrofit-imo-2020-0-5-sulphur-limit-requirements/>

(υδροξείδιο του νατρίου). Το υδροξείδιο του νατρίου που υπάρχει στο μείγμα εξουδετερώνει το διοξείδιο του θείου και σχηματίζεται θειικό νάτριο (Na_2SO_4). Στα συστήματα κλειστού βρόγχου μικρές ποσότητες των εκπλυμάτων απορρίπτονται και συμπληρώνεται αντίστοιχη ποσότητα γλυκού νερού με σκοπό την αραιώση των συγκεντρώσεων του θειικού νατρίου. Αν δεν γίνει αυτό, ο σχηματισμός κρυστάλλων θειικού νατρίου θα οδηγήσει σε σταδιακή υποβάθμιση του συστήματος. Ο ρυθμός απόρριψης των εκπλυμάτων είναι περίπου $0,1\% \text{m}^3/\text{MWh}$. Όταν υπάρχει και μία δεξαμενή συσσώρευσης των εκπλυμάτων, τα scrubbers κλειστού τύπου μπορεί να λειτουργήσουν με μηδενικές απορρίψεις για κάποια χρονική περίοδο, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της δεξαμενής.⁵³

Ο όγκος του νερού που απαιτείται σε ένα σύστημα κλειστού βρόγχου είναι μισός από τον αντίστοιχο του ανοιχτού, ωστόσο χρειάζονται περισσότερες δεξαμενές και συνεπώς υψηλότερο κόστος επένδυσης. Οι πρόσθετες δεξαμενές που απαιτούνται είναι: circulation tank, δεξαμενή αποβλήτων, δεξαμενή καυστικής σόδας και δεξαμενή αποθήκευσης νερού.⁵⁴







Εικόνα 3-2: Scrubber κλειστού βρόγχου

⁵³ Κοτρικλά Α.Μ. ,Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Καλλίπος, 2015

⁵⁴ Σταύρος Χατζηγηγόρης, Παράσχος Λιάδης, Scrubber Technologies 2017

εμπόρων πετρελαίου είναι γρήγορη και οι τιμές ισοροπήσουν σε επίπεδα που διευκολύνουν τους πλοιοκτήτες, τότε η επιλογή του scrubber δεν θα αποδειχθεί συμφέρουσα.⁵⁶ Η προσθήκη τους μπορεί να μειώσει το διοξείδιο του θείου κατά 99% και την εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων. Υπάρχουν όμως ανησυχίες σχετικά με το νερό που αποβάλλεται από τα συστήματα ανοιχτού βρόχου στις ανοιχτές και κλειστές θάλασσες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το pH στα νερά δημιουργώντας περαιτέρω περιβαλλοντικά προβλήματα.⁵⁷ Επιπλέον δεν γνωρίζουν το κόστος απόρριψης των εκπλυμάτων. Η τοποθέτηση του συστήματος καθαρισμού προσθέτει αξία στο πλοίο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τιμή μεταπώλησής του στην αγορά μεταχειρισμένων πλοίων.

	Open loop system	Closed loop system
Operating route	High alkaline waters	Low alkaline waters
Operating costs		
Power used for water circulation pumps	High 	Low 
Additional substances (i.e. caustic soda)	Low 	High 
Additional equipment	Low 	High 

Εικόνα 3-4: Κόστος scrubber ανοιχτού και κλειστού βρόχου

Πηγή: Streamlined Naval Architects

Εκτός όμως που τους πιο διαδεδομένους τύπους συστήματος καθαρισμού αέριων εκπομπών, υγρού τύπου, υπάρχουν και αυτοί που χρησιμοποιούν κεραμικούς σωλήνες με μεμβράνες διαχωρισμού έτσι ώστε να αποσπώνται τα οξείδια του θείου που εκλύονται κατά την καύση. Οι μεμβρανοειδείς πλυντρίδες (scrubbers) αποτελούνται από μία συστάδα κεραμικών σωλήνων με μεμβράνες οι οποίοι τοποθετούνται στη ροή των καυσαερίων. Τα αέρια διέρχονται από τις μεμβράνες όπου τα οξείδια του θείου διαλύονται στο απορροφητικό διάλυμα. Οι κεραμικοί σωλήνες έχουν όριο θερμοκρασίας που ξεπερνά τους 800 βαθμούς ενώ η χρήση ανοξειδώτου ατσαλιού εξασφαλίζει ότι τα οξείδια του θείου δεν διαβρώνουν τις μεμβράνες. Η

⁵⁶ Παναγιώτης Μήτρου, Scrubbers Risks and Opportunities, ανασύρθηκε στις 13/9/2018 από www.safety4sea.com/cm-scrubbers-risk-and-opportunities

⁵⁷ Transport and Environment, Air Pollution from ships, ανασύρθηκε στις 5/8/2018 από <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>

χρήση μεμβρανών δημιουργεί οφέλη καθώς ο όγκος των αποβλήτων αυτής της διαδικασίας είναι σημαντικά χαμηλότερος από αυτόν των scrubbers κλειστού τύπου και μπορεί να αποθηκευτεί στο πλοίο προκειμένου να αποβληθεί στη ξηρά. Ο ρυθμός παραγωγής αποβλήτων είναι λιγότερο από 0,5 tonnes/MW hr. Εάν χρησιμοποιηθεί το υδροξείδιο του νατρίου ως απορροφητικό διάλυμα, το έκλυμα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Άλλα απορροφητικά διαλύματα όπως το ανθρακικό κάλιο μετατρέπεται σε θειικό κάλιο το οποίο έχει εμπορική αξία. Οι μεμβράνες χρειάζονται περιοδικό καθαρισμό προκειμένου να αφαιρεθούν τα νανοσωματίδια που έχουν εισχωρήσει στις εξωτερικές επιφάνειες. Η συχνότητα της συντήρησης των μεμβρανών εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής και καθαρίζονται μέσω του απορροφητικού διαλύματος το οποίο κυκλοφορεί υπό πίεση.⁵⁸

Επίσης υπάρχουν scrubbers που δεν χρησιμοποιούν κανενός είδους διάλυμα για να απομακρύνουν το θείο αλλά σφαιρίδια ενυδατωμένου ασβέστη. Αυτά είναι τα συστήματα καθαρισμού ξηρού τύπου. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, διαλύουν τα υπολείμματα αιθάλης και πετρελαίου. Τα σφαιρίδια απορροφούν το θείο και μετατρέπονται σε γύψο. Παρά το γεγονός, ότι τα σφαιρίδια είναι αναγκαίο να μείνουν στο πλοίο για να συλλεχθούν στα λιμάνια, δεν θεωρούνται απόβλητα γιατί υπάρχει δυνατότητα χρήσης του ως λίπασμα και στην κατασκευή γυψοσανίδων. Το ξηρό σύστημα έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τα αντίστοιχα υγρά, ωστόσο το βάρος ενός ξηρού συστήματος είναι πολύ μεγαλύτερο.⁵⁹

Για την επιλογή ενός scrubber μεγάλο ρόλο παίζουν τεχνικοί, λειτουργικοί και οικονομικοί παράγοντες. Οι τεχνικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν, είναι οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για τη λειτουργία του, τα χαρακτηριστικά του συστήματος (διαστάσεις, τροποποιήσεις στη μηχανή και πρόσθετες δεξαμενές και αντλίες), τα χημικά στοιχεία που περιέχει το νερό που απορρίπτεται στη θάλασσα (εάν ακολουθούνται οι οδηγίες του IMO), η ποσότητα καυστικής σόδας που απαιτείται καθώς και τα πιστοποιητικά που απαιτούνται για τη λειτουργία του (IAPP⁶⁰ Certificate, SECC⁶¹ Certificate). Επιπλέον κατά την έρευνα αγοράς, ελέγχονται από τους τεχνικούς χαρακτηριστικά όπως ο θόρυβος, ο όγκος των αποβλήτων, η συντήρηση καθώς και οι δοκιμές που έχουν γίνει στα πλοία. Οι λειτουργικοί παράγοντες είναι η ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος, η εκπαίδευση που χρειάζεται το προσωπικό για τη

⁵⁸ Malcolm Latarche, How do scrubbers on ship really work, Shipsight, 2017

⁶⁰ IAPP Certificate: International Air Pollution Prevention Certificate

⁶¹ SECC: SOX Emissions Compliance Certificate

χρήση του καθώς και το κόστος εγκατάστασης, ο χρόνος παράδοσης, τα ανταλλακτικά και οι εγγυήσεις που παρέχονται.⁶²

Η χρηματοδότηση⁶³ ενός scrubber μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω πίστωσης από τον προμηθευτή, μέσω δανειοδότησης ή και με leasing. Ωστόσο, ιδιαίτερα σημαντική για τους προμηθευτές είναι η ασφάλεια που τους παρέχεται ως εγγύηση για το κεφαλαιακό τους κόστος. Σε περίπτωση που το πλοίο είναι υποθηκευμένο, τότε οι πιστωτές του πλοίου και του scrubber πρέπει να έρθουν σε συνεννόηση, να συμφωνήσουν και να διατυπωθούν οι όροι της εγγύησης για την αποπληρωμή του χρέους. Όταν το πλοίο είναι ελεύθερο υποθηκών, τότε ο προμηθευτής του scrubber έχει τη δυνατότητα να είναι ο πρώτος σε προτεραιότητα που θα αποζημιωθεί σε περίπτωση που χρειαστεί. Συνίσταται από τους οικονομικούς αναλυτές να έχουν κατοχυρώσει οι προμηθευτές ή οι δανειστές συγκεκριμένη πηγή εισοδήματος από το πλοίο που θα διατίθεται για την αποπληρωμή του.

Η πλειοψηφία των πλοιοκτητών δεν επιλέγει την εγκατάσταση συστήματος καθαρισμού των καυσαερίων καθώς το κόστος των καυσίμων επιβαρύνει κατά κύριο λόγο τους ναυλωτές. Για τους πλοιοκτήτες η εγκατάσταση του σημαίνει υψηλό κεφαλαιακό κόστος, λιγότερο διαθέσιμο χώρο στο πλοίο, υψηλότερα έξοδα συντήρησης, ικανότερο (με εκπαίδευση στη διαχείρισή του) πλήρωμα, υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου καθώς επίσης και αρκετό χρόνο εκτός ναύλωσης. Το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος εκτιμάται από 2 έως 10 εκατομμύρια δολάρια.

Πίνακας 3-2: Κόστος προσθήκης scrubber

Vessel type	Estimated Newbuild cost (\$)	Estimated Retrofit cost (\$)
VLCC	3.0 -5.0 m	4.0-8.0 m
MR Tanker	1.5-2.6 m	3.5-4.5 m
Panamax	2.0-5.0 m	5.0-6.0 m
Handymax	1.5-3.5 m	4.0-5.0 m
Handysize	1.0-3.0 m	3.0-3.5 m
12-14999 TEU	5.0-6.0 m	6.0-7.0 m
1-1999 TEU	0.9-1.2 m	1.0-2.0 m

Πηγή: Clarksons Research, September 2017

⁶² Σταύρος Χατζηγηγόρης, Παράσχος Λιάδης, Scrubber Technologies 2017

⁶³ Watson Farley & Williams, 2020 Global Sulphur Cap October 2018

Μία τέτοια επιλογή για παλαιότερα και μικρότερα πλοία δεν είναι βιώσιμη , ωστόσο στα νεότερα πλοία μπορεί να εγκατασταθεί και οι διαχειριστές να επωφεληθούν από τη χαμηλότερη τιμή του heavy fuel oil. Ο χρόνος απόσβεσης της εν λόγω επένδυσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός και εάν αυτός είναι μεγάλος τότε μειώνονται τα πλεονεκτήματα από την επένδυση. Για παράδειγμα, εάν ένα πλοίο καταναλώνει 150 τόνους καυσίμου κάθε μέρα, η διαφορά τιμής μεταξύ heavy Sulphur fuel oil και low Sulphur fuel oil συντελεί στην απόσβεση της εγκατάστασης ενός τέτοιου μηχανισμού σε 2 χρόνια δραστηριότητας του πλοίου.⁶⁴

Σε περίπτωση που μία ναυτιλιακή εταιρία επιλέξει μία οικονομική επιλογή συστήματος καθαρισμού αέριων εκπομπών θείου ποσού 3,5 εκατομμυρίων δολαρίων και το πλοίο έχει χρόνο λειτουργικό στη θάλασσα 200 μέρες το χρόνο, τότε η απόσβεση της επένδυσης μπορεί να γίνει ως εξής στους διάφορους τύπους πλοίων.

Πίνακας 3-3: Απόσβεση σε χρόνια εγκατάστασης scrubber σε πλοίο ανάλογα με τη διαφορά στις τιμές του heavy Sulphur fuel oil και του Low Sulphur Fuel Oil.

Type	Handysize	VLCC	VLCC	Container	Container	Container
Tonnes	25	50	75	100	200	300
Fuel Spread \$/tonne	Payback in Years for scrubber investment at various price spreads					
25	28	14	9.3	7	3.5	2.3
50	14	7	4.7	3.5	1.8	1.2
75	9.3	4.7	3.1	2.3	1.2	0.8
100	7	3.5	2.3	1.8	0.9	0.6
125	5.6	2.8	1.9	1.4	0.7	0.5
150	4.7	2.3	1.6	1.2	0.6	0.4
175	4	2.0	1.3	1	0.5	0.3
200	3.5	1.8	1.2	0.9	0.4	0.3
225	3.1	1.6	1	0.8	0.4	0.3

⁶⁴ Marsh and McLennan Companies, Marsh Report: Emissions Regulations: Concerns for the Marine Industry, Αγγλία, 2015

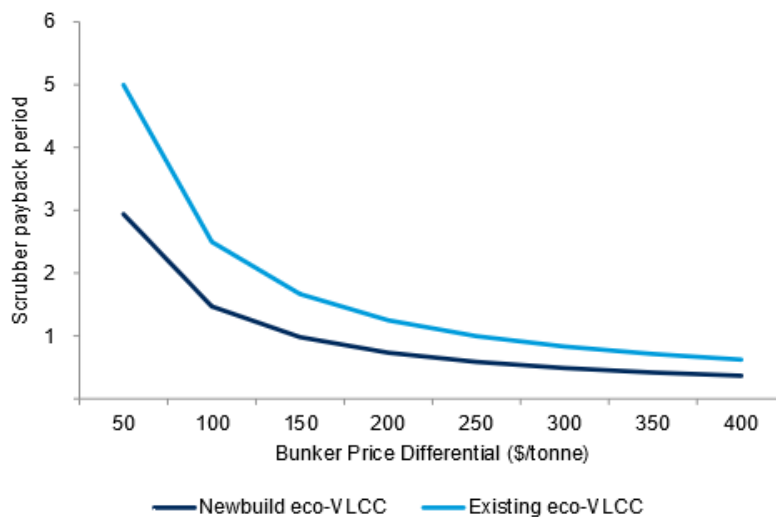
250	2.8	1.4	0.9	0.7	0.4	0.2
275	2.5	1.3	0.8	0.6	0.3	0.2
300	2.3	1.2	0.8	0.6	0.3	0.2
325	2.2	1.1	0.7	0.5	0.3	0.2
350	2	1	0.7	0.5	0.3	0.2
375	1.9	0.9	0.6	0.5	0.2	0.2
400	1.8	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1
425	1.6	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1
450	1.6	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1
700	1	0.6	0.4	0.4	0.2	0.1

Πηγή: Macro and Ficc Research, Imo2020 Report, New 2020 Sulphur regulations for Global Shipping, 2018

Η ανωτέρω ανάλυση βασίζεται στα δεδομένα που αναφέρει η έρευνα του IMO που λαμβάνει υπόψην της μόνο το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος καθαρισμού αέριων εκπομπών θείου. Το κόστος στην πραγματικότητα περιλαμβάνει και έξοδα συντήρησης κατά τη διάρκεια ετών καθώς και όλα όσα έχουν ήδη αναφερθεί.

Σύμφωνα με την έρευνα της Drewry Shipping Consultants Limited, η εγκατάσταση ενός συστήματος scrubber ανοιχτού βρόχου σε ένα νέας κατασκευής πλοίο στο ναυπηγείο έχει κόστος 2,5-3 εκατομμύρια ενώ το κόστος προσθήκης σε ένα μεταχειρισμένο είναι 4-4.5 εκατομμύρια. Η περίοδος απόσβεσης ⁶⁵ενός scrubber εξαρτάται από 3 μεταβλητές, το κεφάλαιο και το κόστος εγκατάστασης, την ετήσια κατανάλωση καυσίμου και τη διαφορά τιμής μεταξύ heavy fuel oil και κάποιου distillate fuel.

⁶⁵ Malcolm Latache, "How do scrubbers on ships really work", October 2017



Διάγραμμα 3-1: Περίοδος απόσβεσης scrubber

Πηγή: Drewry Shipping Consultants Limited

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Drewry, η διαφορά της τιμής μεταξύ heavy sulphur fuel oil και χαμηλής σε περιεκτικότητα θείο θα μειώνεται μετά το 2020 καθώς θα αυξάνεται η προσφορά του νέου καυσίμου. Οι προβλέψεις υποστηρίζουν ότι το 2020 η διαφορά θα είναι 300\$ /τόνο ενώ το 2023 87\$/τόνο με αποτέλεσμα όσοι εγκαταστήσουν scrubber θα πρέπει να υπολογίσουν τη διαφορά που επωφεληθούν το πρώτο έτος.⁶⁶

Όταν ένα πλοίο διαθέτει σύστημα καθαρισμού, τότε ο πλοιοκτήτης είναι υπεύθυνος για την περιεκτικότητα σε θείο των εκπομπών και για τη σωστή λειτουργία του συστήματος, διαφορετικά μπορεί να υποχρεωθεί στην πληρωμή προστίμου. Αντίθετα, όταν προμηθεύεται καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο, νομικά υπεύθυνοι για τη σωστή ποιότητα του καυσίμου είναι οι προμηθευτές. Βασική ανησυχία για κάθε πλοιοκτήτη είναι οι κινήσεις των υπόλοιπων πλοιοκτητών καθώς και το μερίδιο που θα αποσπάσουν στη ναυτιλιακή αγοράς σε σύγκριση με εκείνους. Ο ανταγωνισμός είναι ιδιαίτερα έντονος και πολλές φορές οι μικρότεροι πλοιοκτήτες να ακολουθούν τις επιλογές των μεγαλύτερων σε πλοιοκτησία.⁶⁷ Η εγκατάσταση του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της επένδυσης σε περίπτωση που είναι αναγκαστική η μεταπώλησή του σε σύντομο χρονικό διάστημα ενώ πολλές φορές σε κάποιες περιοχές υπάρχουν περιορισμοί στη ρίψη του νερού με τα θειικά απόβλητα.⁶⁸ Έντονος είναι ο προβληματισμός σχετικά με την προσφορά Heavy Sulphur fuel oil και του Low Sulphur Fuel Oil

⁶⁶ Drewry Shipping Consultants Limited, The dilemma of fitting scrubbers, 2018

⁶⁷ ⁴⁴ Macro and Ficc Research, Imo2020 Report, New 2020 Sulphur regulations for Global Shipping, 2018

⁶⁸ Streamlined Naval Architects, Scrubber Retrofit ανασύρθηκε από: <http://www.streamlined.gr/scrubber-retrofit-imo-2020-0-5-sulphur-limit-requirements>

. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλη προσφορά του πρώτου και χαμηλή τιμή διάθεσης, θα επωφεληθούν οι πλοιοκτήτες που έχουν επιλέξει την τοποθέτηση συστήματος καθαρισμού αέριων ρύπων ενώ εάν είναι χαμηλή η προσφορά του σε συνδυασμό με αυξημένη προσφορά του Low Sulphur Fuel oil , τότε οι πλοιοκτήτες που επέλεξαν να περιμένουν να επωφεληθούν. Εάν ένα πλοίο βρεθεί σε περιοχή που δεν μπορεί να εφοδιαστεί χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμο και δεν διαθέτει scrubber μπορεί να επιβληθούν πρόστιμα ⁶⁹ ενώ η διαρκής μεταβολή της νομοθεσίας σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος μπορεί να καταστήσει εντός λίγων ετών την υπάρχουσα τεχνολογία scrubbers μη κατάλληλη. Επιπλέον, η λειτουργικότητα ενός scrubber ελέγχεται και από το νηογνώμονα του πλοίου βάσει κάποιων παραμέτρων και πιστοποιεί τη ορθή λειτουργία του. ⁷⁰

Οι προβλέψεις στην έρευνα της Delft Energy αναφέρουν ότι μέχρι το 2020, 3800 πλοία θα έχουν συστήματα καθαρισμού και θα καταναλώνουν 36 τόνους heavy Sulphur fuel oil το χρόνο αντίστοιχα, ωστόσο στην αναφορά του IMO προβλέπεται ότι περίπου 2000 πλοία από παγκόσμιο στόλο 94000 πλοίων θα έχουν scrubber. ⁷¹



Εικόνα 3-5: Scrubber -Alfa Laval

⁶⁹ Marsh and McLennan Companies, Marsh Report: Emissions Regulations: Concerns for the Marine Industry, Αγγλία, 2015

3.1.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι ένα εναλλακτικό καύσιμο που μπορεί να μειώσει τους τοξικούς αέριους ρύπους. Οι μηχανές LNG μπορεί να χρησιμοποιούν ή αποκλειστικά LNG ή LNG και συμβατικό καύσιμο(είτε δίχρονες είτε τετράχρονες) και είναι συμβατές για όλους τους τύπους πλοίων. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο κυρίως από πλοία μεταφοράς LNG.⁷² Ο παγκόσμιος στόλος περιλαμβάνει και πλοία που καίνε LNG εκτός αυτών μεταφοράς του και αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια. Τα πλοία αυτά είναι κυρίως επιβατηγά, μικρών αποστάσεων κυρίως στην Ευρώπη. Υπάρχει ενδιαφέρον για την ανάπτυξη υποδομών προμήθειας υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο από χώρες όπως η Σιγκαπούρη, η Ιαπωνία και η Ολλανδία αλλά η δραστηριότητά τους δεν υποδεικνύει ότι θα υπάρξει ταχεία ανάπτυξη έτσι ώστε το υγροποιημένο φυσικό αέριο να αποτελεί βιώσιμη λύση για το 2020.⁷³

Στα υφιστάμενα πλοία απαιτούνται σημαντικές τροποποιήσεις η οποία ενέχει δυσκολίες καθώς επίσης και χώρος για την αποθήκευση του καυσίμου για όλα τα πλοία. Για το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο απαιτείται 1,8 φορές μεγαλύτερος όγκος αποθήκευσης λόγω των πρόσθετων δεξαμενών και του εξοπλισμού μόνωσης έτσι ώστε το υγροποιημένο φυσικό αέριο να διατηρηθεί στους -161° C. Τα μεγαλύτερα πλοία πρέπει να θυσιάσουν το 3% του χώρου αποθήκευσης φορτίου για να αποθηκεύσουν το LNG και τον εξοπλισμό.⁷⁴ Το δίκτυο παροχής LNG στα λιμάνια είναι υπό ανάπτυξη και υπάρχουν θέματα ασφαλείας. Συνήθως μηχανές καύσης LNG δεν προστίθενται σε υπάρχοντα πλοία αλλά από την κατασκευή τους στα ναυπηγεία. Η μετατροπή της μηχανής του πλοίου σε μηχανή καύσης υγροποιημένου φυσικού αερίου, είναι μια διαδικασία περίπλοκη καθώς απαιτεί χώρους αποθήκευσης του, αγωγούς αερίων και συνεπώς το κόστος είναι υψηλό. Για αυτό το λόγο οι περισσότεροι πλοιοκτήτες επιθυμούν να επιλέξουν τέτοιες μηχανές κατά την κατασκευή των πλοίων του όπου το κόστος ανέρχεται στα 60-80 εκατομμύρια δολάρια, ωστόσο πολύ ακριβότερη επένδυση από αυτής της μηχανής καύσης πετρελαίου.⁷⁵ Επιπλέον, πρόσθετο κόστος που δημιουργείται είναι η εκπαίδευση του πληρώματος για τη σωστή χρήση του καυσίμου.

⁷² Κοτρικλά Α.Μ., Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Κάλλιπος, Αθήνα, 2015

⁷³ Lee Hong Liang, What you need to know: The 2020 IMO fuel Sulphur regulation, Seatrade Maritime News

⁷⁴ Marsh and McLennan Companies, Marsh Report: Emissions Regulations: Concerns for the Marine Industry, Αγγλία, 2015

⁷⁵ Lee Hong Liang, What you need to know: The 2020 IMO fuel Sulphur regulation, Seatrade Maritime News

Το κόστος ενός πλοίου που χρησιμοποιεί LNG είναι περίπου 10-15% μεγαλύτερο από το κόστος ενός συμβατικού πλοίου. Ωστόσο κίνητρο αποτελεί η τιμή του LNG που είναι χαμηλότερη αυτής των συμβατικών καυσίμων. Το LNG έχει αποδειχθεί κατά 45% φθηνότερο σε σχέση με το Marine Gas Oil και κατά 22% φθηνότερο σε σχέση με Heavy Fuel Oil με scrubber. Σύμφωνα με την έρευνα του CE Delfts, εκτιμάται ότι η τιμή του LNG θα είναι περίπου 583\$/MT.

Η χρήση καυσίμου LNG , συμβάλει στη εκπομπή αέριων ρύπων χωρίς θεικές ενώσεις, μικροσωματίδια ενώ το μειώνεται κατά 85% η εκπομπή αζώτου. Επίσης, οι εκπομπές θείου μειώνονται κατά 90-95% και συνεπώς η χρήση του έχει θετικές επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο.⁷⁶

Η ναυτιλία που ασχολείται με τις κρουαζιέρες αναμένεται να υιοθετήσει την τεχνολογία για καύση υγροποιημένου φυσικού αερίου. Περίπου το 20% των παραγγελιών σε πλοία θα χρησιμοποιούν για καύση LNG.⁷⁷

3.1.4 Αιθανόλη, μεθανόλη ,κυψέλες καυσίμων και εναλλακτικές πηγές ενέργειας

Η μεθανόλη και η αιθανόλη θεωρούνται εναλλακτικές επιλογές καυσίμων για τη μείωση των αέριων εκπομπών και του διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία καθώς δεν εμπεριέχουν θείο και εξασφαλίζουν την εναρμόνιση με τα νέα αυστηρά όρια της νομοθεσίας. Είναι υγρά, άχρωμα και εύφλεκτα. Η μεθανόλη μπορεί να παραχθεί από διαφορετικές πρώτες ύλες , ωστόσο η μεγαλύτερη ποσότητα παράγεται από το φυσικό αέριο ενώ η αιθανόλη παράγεται κυρίως από ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι.

Και τα δύο καύσιμα απαιτούν μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο από τα συνηθισμένα καύσιμα και μπορούν να προκαλέσουν φθορά στις δεξαμενές που αποθηκεύονται καθώς και σε όλο τον εξοπλισμό που έρχεται σε επαφή με την επιφάνειά τους για αυτό και η επιλογή των υλικών οφείλει να είναι προσεκτική από τους μηχανικούς ώστε να εξασφαλίζεται η συμβατότητά τους. Επιπλέον η μεθανόλη είναι τοξική για την υγεία του ανθρώπου ενώ η αιθανόλη όχι.

Η μεθανόλη είναι διαθέσιμη στην αγορά σε μεγάλη ποσότητα καθώς χρησιμοποιείται στην χημική βιομηχανία. Μεγάλα εμπορικά κέντρα για τη διακίνησή της είναι το Ρότερνταμ

⁷⁶ DNV GL, Global Sulphur Cap 2020, DNV GL Maritime, 2016

⁷⁷ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", Μάϊος 2018

και το Antwerp και η μεταφορά της πραγματοποιείται μέσω της ναυτιλίας των μικρών αποστάσεων και μέσω των υδάτινων οδών στο εσωτερικό της ενδοχώρας. Η αιθανόλη χρησιμοποιείται ως βιοκαύσιμο στα μέσα μεταφοράς στην ξηρά και υπάρχουν πολλοί αποθηκευτικοί χώροι στα μεγαλύτερα λιμάνια της Ευρώπης.

Κατά την καύση τους, η μεθανόλη και η αιθανόλη παράγουν χαμηλή ποσότητα μικροσωματιδίων, πολύ χαμηλότερη ποσότητα νιτρικών οξειδίων σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα και δεν εκπέμπουν θείο. Εάν έρθουν σε επαφή με το νερό, όπως σε περίπτωση ατυχήματος –σύγκρουσης μεταξύ δύο πλοίων διαλύονται και δεν θεωρούνται τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Πολλά projects έχουν πραγματοποιηθεί για να διερευνήσουν τη χρήση της μεθανόλης ως καύσιμο στη ναυτιλία. Το Σουηδικό Effship project αναγνώρισε ότι η μεθανόλη αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο καύσιμο στη ναυτιλία καθώς πραγματοποιήθηκε σχετική μελέτη για τις εναλλακτικές και διεξήχθη πείραμα μέσω μίας ντιζελομηχανής στο εργαστήριο. Το επόμενο project ονομάστηκε Spireth, κατά το οποίο έγινε η πρώτη μετατροπή κύριας μηχανής σε μηχανή καύσης μεθανόλης και αφορούσε ένα επιβατηγό πλοίο, το Stena Germanica το 2015 ενώ σε παραγγελίες πλοίων προέβη η Waterfront shipping που χρησιμοποιούν τη μεθανόλη ως καύσιμο. Από το 2016, επτά πλοία κινούνται με μεθανόλη ενώ ακόμα τέσσερα αναμένονται να παραδοθούν το 2019.⁷⁸

Το κόστος για την μετατροπή ή την εγκατάσταση από την αρχή μίας μηχανής καύσης μεθανόλης ή αιθανόλης ανέρχεται στο ίδιο ποσό κατά αντιστοιχία με την προσθήκη ή την εγκατάσταση από τα ναυπηγεία ενός scrubber ενώ το κόστος είναι χαμηλότερο από την μετατροπή της μηχανής σε μηχανή καύσης υγροποιημένου φυσικού αερίου. Επίσης, η περίοδος απόσβεσης της επένδυσης εξαρτάται από το κόστος των καυσίμων και βάσει των ιστορικών στοιχείων η περίοδος απόσβεσης εγκατάστασης συστήματος καύσης μεθανόλης είναι μικρότερη αυτής του υγροποιημένου φυσικού αερίου και της αιθανόλης.

Εκτός της αιθανόλης και της μεθανόλης, ερευνάται και η χρήση κυψελών καυσίμων για την κίνηση των πλοίων. Οι κυψέλες καυσίμων λειτουργούν διαφορετικά από τις συνήθεις μηχανές καθώς διεξάγουν ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μέσω των οποίων η ενέργεια ενός καυσίμου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική⁷⁹. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν προκαλούν φθορές στη μηχανή και τον εξοπλισμό. Στο πλοίο μπορεί να εγκατασταθεί ένα

⁷⁸ Thomson Reuters, “Challenges and Impact of the Sulphur conundrum”, Μάϊος 2018

⁷⁹ Κοτρικλά Α.Μ. ,Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Καλλίπος, 2015

υβριδικό σύστημα πρόωσης που να περιλαμβάνει μία μηχανή εσωτερικής καύσης και μία κυψέλη καυσίμου. Οι κυψέλες καυσίμων διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη θερμοκρασία λειτουργίας τους, την απόδοσή τους και τα καύσιμα που χρησιμοποιούν. Στις κυψέλες καυσίμων υπάρχει δυνατότητα χρήσης υδρογόνου, diesel ή και φυσικού αερίου. Εάν χρησιμοποιηθεί υδρογόνο, τότε οι εκπομπές δεν περιέχουν ρύπους παρά μόνο ατμούς ενώ εάν προτιμηθεί diesel ή φυσικό αέριο, οι εκπομπές θα είναι πιο φιλικές στο περιβάλλον λόγω της καλύτερης διαδικασίας καύσης. Οι κυψέλες καυσίμων μπορούν να λειτουργήσουν σαν κύρια μηχανή ή σαν βοηθητική. Σαν βοηθητικές μηχανές μπορεί να χρησιμοποιηθούν όταν το πλοίο είναι στο λιμάνι καθώς οι εκπομπές μειώνονται και βελτιώνεται η ποιότητα της ατμόσφαιρας και αποτελεί ιδανική επιλογή για περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών ρύπων. Επίσης είναι δυνατή η χρήση υψηλής θερμοκρασίας κυψελών καυσίμων σε κρουαζιερόπλοια και containers με υψηλή ισχύ και ταυτόχρονα χαμηλό θόρυβο.⁸⁰ Σήμερα, υπάρχουν προγράμματα που δοκιμάζουν τη χρήση κυψελών καυσίμου στα πλοία.

Ως εναλλακτικές μορφές ενέργειας για τη κίνηση των πλοίων μπορεί να θεωρηθούν η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πλοία ωστόσο η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Τα συστήματα στο πλοίο θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι δεν θα αλληλεπιδρούν με τις αιολικές εγκαταστάσεις και έχουν συνήθως σχήμα χαρταετού και ιστίας. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πλοία ως πρόσθετη μορφή ενέργειας η οποία χρειάζεται αποθήκευση. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούν μεγάλο χώρο στο πλοίο για την εγκατάστασή τους και το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Τέλος ως εναλλακτικά καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα βιοκαύσιμα τα οποία αναμειγνύονται με τα συμβατά ναυτιλιακά καύσιμα έτσι ώστε να επιτευχθεί το κατάλληλο μείγμα. Τα βιοκαύσιμα έχουν χαμηλότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο και είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν από πλοία που δραστηριοποιούνται σε λιμάνια ή ακτές. Το LPG μπορεί να θεωρηθεί και αυτό εναλλακτική επιλογή για τη τήρηση του νέου ορίου, ωστόσο η αυξημένη τιμή και κίνδυνος συμβάλλουν στην μη υιοθέτησή του από τους πλοιοκτήτες.⁸¹

3.1.5 Επιλογή μη εναρμόνισης με τον κανονισμό

Κάποιοι πλοιοκτήτες μπορεί να επιλέξουν να μην προχωρήσουν στην υιοθέτηση καμίας από τις ανωτέρω εναλλακτικές λύσεις σχετικά με την εναρμόνιση του νέου ορίου.

⁸⁰ E4SHIPS C/O HYSOLUTIONS GMBH, ανασύρθηκε στις 19/9/2018 από το <http://www.e4ships.de/Concept-Fuel-Cell.html>

⁸¹ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", Μάιος 2018

Η επιλογή της μη εναρμόνισης συνδέεται άμεσα με τις συνέπειες που μπορεί να έχει κάποιος που παραβιάζει την εν λόγω νομοθεσία. Το ύψος των προστίμων⁸² αποτελεί κίνητρο για τους πλοιοκτήτες για το εάν συμμορφωθούν με τα νέα όρια. Εάν το πρόστιμο είναι χαμηλό, τότε συμφέρει τους πλοιοκτήτες να μη συμμορφωθούν καθώς το κόστος που θα επιβαρυνθούν με τις μετατροπές στο πλοίο θα είναι πολύ υψηλότερο.

Δύο είναι τα πιο δημοφιλή σενάρια κατά τα οποία ένα πλοίο παραβιάζει τους κανόνες σχετικά με τις εκπομπές αέριων ρύπων⁸³:

a) Συμφωνία μεταξύ των μελών του πληρώματος του πλοίου χωρίς να το γνωρίζει ο πλοιοκτήτης. Για παράδειγμα ένα bulk carrier, στο οποίο δίνονται οδηγίες για προμήθεια 1000 τόνων καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% θείου στο Buenos Aires της Αργεντινής. Ο καπετάνιος και ο πρώτος μηχανικός γνωρίζουν τον προμηθευτή και του ζητούν 1000 τόνους heavy fuel oil με αντίστοιχο πλαστό πιστοποιητικό ότι είναι συμβατό καύσιμο. Συνεπώς μοιράζονται τη διαφορά στην τιμή μεταξύ των 2 διαφορετικών καυσίμων που μπορεί να ξεπερνά και το ποσό των 200.000 δολαρίων συνολικά.

b) Παράβαση του ορίου από τη διοίκηση της διαχειρίστριας εταιρίας μέσω του τεχνικού τμήματος και του τμήματος προμηθειών καυσίμων. Ωστόσο, ο μεγαλύτερος κίνδυνος που έχει να αντιμετωπίσει αυτή η εταιρία εάν ταυτοποιηθεί η παράβασή της, εκτός από τις κυρώσεις και τα πρόστιμα, είναι οι εμπορικές συνέπειες και η σχέση εμπιστοσύνης με τους ναυλωτές της.

Η Oil –Major BP αναμένει το 10% των πλοίων να παραβιάσει τον κανονισμό, η συμβουλευτική εταιρία Wood-Mackenzie εκτιμά το 30% των πλοίων ενώ η επίσης συμβουλευτική εταιρία Citac υπολογίζει περίπου το 25% με 40%.

3.2 Δωλιστήρια

Η οριστικοποίηση του νέου ορίου για την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο 0,5% m/m πραγματοποιήθηκε το 2016, όπου η επιτροπή CE Delft επιβεβαίωσε με την έρευνα της ότι η ποσότητα καυσίμων που θα διατίθεται στην αγορά θα είναι αρκετή έτσι ώστε να καλυφθούν οι

⁸² Svend Stenberg Moholt, COO, MONJASA Group, “Why the 2020 sulphur cap needs tough enforcement”

⁸³ Niels Bjorn Mortensen, “Sulphur Cap enforcement: Who will cheat?”, ανασύρθηκε στις 26.9.2018 από https://www.mpropulsion.com/news/view,sulphur-cap-enforcement-who-will-cheat_52186.htm

ανάγκες τους. Ωστόσο, το θετικό αποτέλεσμα της έρευνας βασίστηκε στην υπόθεση ότι όλες οι μονάδες διύλισης διαθέτουν τις απαραίτητες εγκαταστάσεις για την αποθείωση των καυσίμων.⁸⁴

Η Stillwater Associates προβλέπει ότι μικρότερο ποσοστό από το 15% των πλοίων θα έχουν εγκατεστημένο σύστημα καθαρισμού για τις εκπομπές θείου ενώ πολύ μικρό ποσοστό των πλοιοκτητών θα έχουν επιλέξει ως εναλλακτικά καύσιμα τη μεθανόλη και το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Ως φυσικό επακόλουθο θα υπάρξει μία μεταφορά της ζήτησης παγκοσμίως από το heavy Sulphur fuel oil στο εναρμονισμένο με τη νέα νομοθεσία καύσιμο.⁸⁵ Η επιβολή της νέας νομοθεσίας θα έχει συνέπειες στους αντιπροσώπους των διυλιστηρίων καθώς πολλά διυλιστήρια έχουν επενδύσει στην παραγωγή heavy sulphur fuel oil ενώ θα ωφεληθούν αυτοί που έχουν προβεί σε επενδύσεις εξοπλισμού παραγωγής αποσταγμάτων (distillate products). Βασικός εχθρός των διυλιστηρίων είναι ο χρόνος. Σε περίπτωση που δεν έχουν προβεί ήδη σε επενδύσεις για αναβάθμιση των εγκαταστάσεων τους, ο χρόνος που απομένει δεν είναι αρκετός ώστε να είναι έτοιμοι για το 2020.

Οι βασικές λειτουργίες ενός διυλιστηρίου περιλαμβάνουν την απόσταξη, την μετατροπή του αργού πετρελαίου σε προϊόντα υψηλότερης εμπορικής αξίας καθώς επίσης και σε ανάμειξη των προϊόντων διύλισης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται διαφοροποιούνται μεταξύ των διυλιστηρίων ανάλογα με το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται, τη φύση και τη θέση της αγοράς και το διαθέσιμο εξοπλισμό.⁸⁶

Σύμφωνα με την Ένωση Αγγλικής Πετρελαϊκής Βιομηχανίας, τα διυλιστήρια μπορούν να προβούν σε κάποιες επιλογές η κάθε μία από τις οποίες έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Σε πρώτη φάση μπορούν να αναβαθμίσουν τον εξοπλισμό τους για τη βελτίωση της ποιότητας του πετρελαίου από fuel oil residues σε gasoil μέσω αγοράς καυστήρων και θραυστών. Ωστόσο, τα μεγαλύτερα διυλιστήρια είναι πολυεθνικές εταιρίες και θα επενδύσουν μόνο σε περιοχές όπου τα αναμενόμενα κέρδη θα είναι μεγαλύτερα με αποτέλεσμα η κατανομή της προσφοράς να είναι ανομοιόμορφη. Μία λύση για κάποια διυλιστήρια θα μπορούσε να είναι η μείωση της παραγωγής heavy fuel oil και αντικατάσταση με χαμηλότερα σε περιεκτικότητα θείο καύσιμα (sweet crude oils). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του περιθωρίου κέρδους τους, ωστόσο επειδή θα αυξηθεί η ζήτηση τους μετά το 2020 θα ανέβει και η τιμή τους. Τέλος, μία υψηλού κόστους επένδυση θα ήταν η αποθείωση του residual fuel oil και η μείξη του με άλλα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο αποστάγματα. Αυτές οι μονάδες που απαιτούνται για αυτή την

⁸⁴ S&P Global Platts, The IMO's 2020 Global Sulphur Cap, 2016

⁸⁵ Ralph Grimmer, James Ahrens, Leigh Noda, Refiners' Perspective, 2017

⁸⁶ Concawe, The EU refining industry and the challenge of the IMO global Sulphur limit for bunker fuels

επεξεργασία είναι ακριβότερες από μία απλή αναβάθμιση εξοπλισμού και η ζήτηση τους είναι χαμηλή. Όλες οι ανωτέρω διαδικασίες απαιτούν υψηλή πίεση, θερμοκρασία και καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα υδρογόνου το οποίο θα πρέπει να κατασκευαστεί . Το κεφαλαιακό κόστος είναι υψηλό όπως και τα λειτουργικά έξοδα.

Οι επιλογές στις οποίες μπορούν να προβούν τα διυλιστήρια με εξοπλισμό για παραγωγή υψηλού σε περιεκτικότητα θείου πετρέλαιο είναι οι κάτωθι:⁸⁷

- επένδυση σε εξοπλισμό παραγωγής πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.
- επένδυση σε μονάδα απόσταξης στο κενό όπου αποστάζει παραπέρα τα υπολείμματα μετά την ατμοσφαιρική απόσταξη
- πώληση της ποσότητας πετρελαίου υψηλής σε περιεκτικότητα θείου σε άλλα διυλιστήρια ως πρώτη ύλη.
- συνεργασία με πλοιοκτήτες που έχουν επιλέξει την εγκατάσταση scrubber στα πλοία τους έτσι ώστε να διαθέτουν την ποσότητα του heavy Sulphur fuel oil.
- Παραγωγή ασφάλτου
- Συνέχιση της παραγωγής heavy sulphur fuel oil ακόμα και εάν προβλέπουν ότι η ζήτηση του και η τιμή του έχει μειωθεί.

Ο λόγος για τον οποίο δεν επιθυμούν τα διυλιστήρια να προβούν σε υψηλού κόστους επενδύσεις οφείλεται στα ιστορικά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι μετά από αλλαγές τέτοιας φύσης αρχικά οι τιμές των συμβατών καυσίμων αυξάνονται μέχρι που ισορροπεί η αγορά και μειώνεται η τιμή σε χαμηλότερα επίπεδα.⁸⁸

Τα διυλιστήρια, θα έχουν ως στόχο κατά την παρασκευή του καυσίμου να είναι σταθερό και συμβατό με τις μηχανές. Η σταθερότητα ενός καυσίμου έγκειται στις ιδιότητες των ουσιών που το απαρτίζουν να διατηρούνται σταθερές έτσι ώστε να μην προκαλούνται χημικές αντιδράσεις που θα προξενούν προβλήματα στη μηχανή ενώ η ανάμειξη περισσότερων καυσίμων για την παραγωγή του νέου καυσίμου (περιεκτικότητας 0,5% θείου) να εξασφαλίζει

⁸⁷ Ralph Grimmer, James Ahrens, Leigh Noda , Refiners' Perspective, 2017

⁸⁸ Marine Fuel Compliance Options as IMO Commits to 0.5% Sulphur Global Cap from 2020, Ανασύρθηκε στις 5/9/2018 από το www.hellenicshippingnews.com

ότι θα είναι σταθερό το καύσιμο. Για αυτό το λόγο είναι η απαραίτητη η ύπαρξη προληπτικών ελέγχων⁸⁹

Οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται εντός ενός διυλιστηρίου απαιτούν υψηλή πίεση και θερμοκρασία και μεγάλη ποσότητα υδρογόνου το οποίο μπορεί να κατασκευαστεί απελευθερώνοντας μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Το κόστος κεφαλαίου είναι μεγάλο, τα διαχειριστικά έξοδα πολύ υψηλότερα ενώ η διαδικασία κατασκευής μίας τέτοιας εγκατάστασης απαιτεί τουλάχιστον 5 χρόνια.⁹⁰ Η προσφορά υδρογόνου είναι ανισοκατανομημένη με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη παραγωγή του είτε από τα ίδια τα διυλιστήρια είτε από άλλους παραγωγούς με αυξημένο κόστος.

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι τέσσερις κατηγορίες διυλιστηρίων⁹¹ είναι οι κάτωθι:

1. Topping refineries είναι τα διυλιστήρια που επεξεργάζονται το heavy fuel oil ως πρώτη ύλη με τη βασική ατμοσφαιρική απόσταξη σε προϊόντα όπως νάφθα εκτός από gasoline, με την εφαρμογή του νέου ορίου θα πρέπει να βρουν νέα αγορά για να προωθήσουν τη μεγάλη ποσότητα που έχουν στην κατοχή τους ή να προβούν σε δημιουργία καυσίμων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο. Αυτή η κατηγορία διυλιστηρίων θα δεχθεί το μεγαλύτερο πλήγμα από τη νέα νομοθεσία.
2. Hydroskimming Refineries⁹²: είναι εκείνα τα διυλιστήρια που εκτός της ατμοσφαιρικής απόσταξης, διαθέτουν και μονάδες επεξεργασίας της ναφθας σε gasoline αλλά και βενζόλιο (venzene), τολουίνη (toluene) και ξυλόλιο (xylene).
3. Cracking/Hydrocracking refineries: παράγουν heavy fuel oil και ενώ δέχονται ισχυρό πλήγμα, μπορούν να έχουν περισσότερες εναλλακτικές όπως η παραγωγή ασφάλτου, η παραγωγή λαδιών ενώ με την επένδυση σε κατάλληλο εξοπλισμό όπως μονάδα καταλυτικής πυρόλυσης που αναβαθμίζει βαρύτερα κλάσματα πετρελαίου σε ελαφρύτερα και μονάδα απόσταξης στο κενό που αποστάζει παραπέρα τα υπολείμματα της ατμοσφαιρικής απόσταξης θα έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα.

⁸⁹ Marine fuels in the low-sulphur era, Ανασύρθηκε στις 5/9/2018 από το www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/oil-treatment/alfa-laval-fuel-line/marine-fuels-in-the-low-sulphur-era

⁹⁰ The impact of IMO Marpol Sulphur Regulations on UK refining ανασύρθηκε στις 17/9/2018 από www.ukpia.com/industry_issues/fuels/marine-fuel.aspx

⁹¹ Ralph Grimmer, James Ahrens, Leigh Noda, Refiners' Perspective, 2017

⁹² Clarksons Research, "Sox 2020: Effects on the oil products markets", 2017

4. Full Conversion Refineries: είναι εκείνα τα διωλιστήρια που επεξεργάζονται το πετρέλαιο σε υψηλότερης αξίας αποστάγματα και θα είναι κερδισμένα από τη νέα νομοθεσία καθώς από το 2020 αναμένεται να αυξηθούν οι τιμές των καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο

Μεγάλο πρόβλημα⁹³ να ανταποκριθούν στα νέα όρια του κανονισμού προβλέπεται να έχουν η Ασία και η Μέση Ανατολή καθώς δεν παράγουν την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% σε θείο . Η εκτιμώμενη ζήτηση στην Ασία είναι 5,5 -6 εκατομμύρια MT/μήνα και 800.000-1.000.000 MT/ μήνα στη Μέση Ανατολή. Μεγαλύτερη πηγή ζήτησης πετρελαίου για την Ασία είναι η Σιγκαπούρη, το μεγαλύτερο λιμάνι προμήθειας καυσίμων με μέγιστο σημείο ζήτησης το 2017 4,2-4,3 εκατομμύρια MT/μήνα. Η Μέση Ανατολή προμηθεύει με πετρέλαιο υψηλής περιεκτικότητας σε θείο το οποίο διαχέεται μέσω της πόλης Fujairah.

Πέρα από την παραγωγή απευθείας καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% σε θείο, μπορούν να αναμείξουν καύσιμο περιεκτικότητας 2,0%-2,5% θείου με vacuum gasoil (που προέρχεται από απόσταξη στο κενό). Για την παραγωγή του κατάλληλου καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% θείου, τα διωλιστήρια θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν καύσιμα με χαμηλότερη αναλογία θείου και με αυτό τον τρόπο μπορούν να περιορίσουν την υπερπροσφορά σε gasoil και fuel oil.

Τα διωλιστήρια στη Σιγκαπούρη και τη Μέση Ανατολή προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις νέες συνθήκες θα πρέπει να βρουν τρόπους να παράγουν λιγότερο fuel oil ή να το διαχέουν στην αγορά για άλλες χρήσεις. Στη Σιγκαπούρη, η ExxonMobil και η Shell έχουν ήδη επενδύσει στην παραγωγή πετροχημικών εδώ και 4-5 χρόνια και ταυτόχρονα έχουν αυξήσει τη χρήση χαμηλότερων σε θείο καυσίμων (sweet crudes). Στη Μέση Ανατολή, η φύση των καυσίμων που παράγονται είναι μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε θείο και συνεπώς μπορούν να προχωρήσουν εναλλακτικά στην παραγωγή ασφάλτου καθώς η εισαγωγή καυσίμων με χαμηλότερο θείο θα ήταν ιδιαίτερα ακριβή.

Αντίθετα με την Ασία, η Ευρώπη μαζί με την Αμερική θα αντιμετωπίσουν τα λιγότερα προβλήματα. Αρκετές χώρες είναι εξοικειωμένες καθώς ανήκουν στις SECA όπου επιτρέπονται καύσιμα με 0,1% m/m σε θείο. Αυτή την περίοδο η ζήτηση στην Ευρώπη για καύσιμο 0,1% αποτελεί περίπου το 17% των ναυτιλιακών καυσίμων στην ήπειρο. Συνολικά, η ζητούμενη ποσότητα καυσίμων είναι περίπου 1,5 εκατομμύριο MT/ μήνα ενώ η ζητούμενη ποσότητα για καύσιμο 0,1% περιεκτικότητας θείου κυμαίνεται μεταξύ 200.000-250.000 MT/ μήνα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Thomson Reuters Oil Research , προβλέπεται ότι η ζήτηση στην Ευρώπη για

⁹³ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", Μάιος 2018

καύσιμο 0,5% το 2020 θα είναι 1,06-1,23 εκατομμύρια MT/μήνα , αποτέλεσμα που προκύπτει από την αφαίρεση από τη συνολικά ζητούμενη ποσότητα, της ζητούμενης ποσότητας σε 0,1% καύσιμο.

Τέλος η Ρωσία, είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς και εξαγωγείς πετρελαίου. Ωστόσο τα περασμένα χρόνια έγινε σοβαρή προσπάθεια για μείωση της παραγωγής των residual fuels και αύξηση της στα υψηλότερης αξίας αποστάγματα (distillates). Αυτό το κίνητρο δόθηκε από τη Ρωσική Κυβέρνηση όπου αύξησε το φόρο στο 100% του αργού πετρελαίου με αποτέλεσμα να μειωθεί η παραγωγή του. Τα διυλιστήρια στη Ρωσία δεν έχουν σχέδια για αποθείωση πετρελαίου και οποιαδήποτε βελτίωση γίνεται σε αυτά , συμβαίνει λόγω φορολογικών κινήτρων.

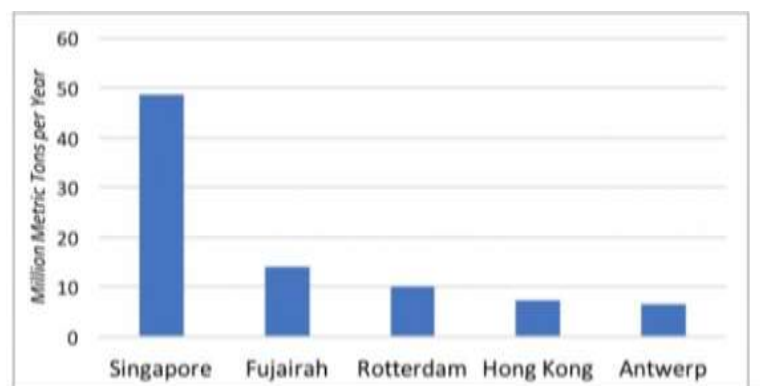
3.3 Bunker Suppliers

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2019 και το μεγαλύτερο μέρος του 2020, οι τιμές των καυσίμων θα είναι μεταβλητές. Η ποιότητα του καυσίμου και η συμβατότητα είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τις επιλογές των πλοιοκτητών ενώ οι bunker suppliers θα αντιληφθούν ότι πρέπει να χτίσουν γερές σχέσεις με τα διυλιστήρια και τους πλοιοκτήτες ώστε να ανταπεξέλθουν στις δονήσεις της αγοράς. Επίσης, θα χρειαστεί να βρίσκονται σε διαρκή επαγρύπνηση ώστε να εναρμονίζονται με τις τάσεις της αγοράς, να διακρίνουν τα κίνητρα των πλοιοκτητών και τις αλλαγές στην προσφερόμενη ποσότητα πετρελαίου από τα διυλιστήρια.⁹⁴

Αδιαμφισβήτητο το 2020 θα είναι ένα έτος στο οποίο η αστάθεια στην αγορά του πετρελαίου θα είναι χαρακτηριστική , αναφορικά με τον τομέα της προμήθειας καυσίμων στην ναυτιλία. Συνεπώς , οι προμηθευτές καυσίμων μπορούν να αποκομίσουν κέρδη με μακροπρόθεσμα συμβόλαια προσφοράς καυσίμων καθώς οι πλοιοκτήτες είναι πολύ πιθανό να προτιμήσουν να επενδύσουν στην σταθερότητα, στη συμβατότητα και στην ποιότητα του καυσίμου με συμφωνίες αγοράς πετρελαίου παρά να δραστηριοποιηθούν στην spot αγορά. Οι bunker suppliers θα αντιμετωπίσουν μία νέα αγορά με μεγαλύτερη ανάγκη για πίστωση με αποτέλεσμα οι ίδιοι να έχουν αυξημένη ανάγκη για ρευστότητα, συντομότερες περιόδους αποπληρωμής οφειλών και για έλεγχο της πίστωσης που παρέχουν.

⁹⁴ Ralph Grimmer, Adrian Tolson, Bunker Suppliers and Blenders Perspective, Stillwater Associates, ανασύρθηκε στις 16/10/2018 από <https://stillwaterassociates.com/imo-2020-part-4-bunker-suppliers-blenders-perspective/>

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, οι bunker suppliers είναι επιφορτισμένοι με την παροχή πιστοποίησης στα πλοία που να αναφέρει ότι το καύσιμο που προμηθεύονται είναι εναρμονισμένο με τη διεθνή νομοθεσία.



Διάγραμμα 3-2: Top Bunker Fuel ports

Πηγή: 2020 Marine Energy best estimate

Από τους 300 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου που παράγονται κάθε χρόνο, το 30% διαχειρίζεται σε αυτά τα λιμάνια: Σιγκαπούρη, Φουτζέιρα, Ρότερνταμ, Χονκ Κονγκ, Antwerp

3.4 Port state controls και flag states

Η τήρηση του νέου κανονισμού στη ναυτιλία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους μηχανισμούς ελέγχου και εξαναγκασμού τήρησης του νέου ορίου. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) δεν διαθέτει δύναμη επιβολής των κανονισμών του όπως επίσης και τα Port State Controls δεν έχουν την αρμοδιότητα ελέγχου. Συνεπώς το βάρος αυτό πέφτει στα κράτη τη σημαία των οποίων φέρουν τα πλοία έτσι ώστε να τηρηθεί η νομοθεσία.

Στην συνάντηση MEPC 72, απαγορεύτηκε η μεταφορά πετρελαίου για χρήση από τα πλοία που δεν διαθέτουν scrubbers με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη του 0,5%. Απαραίτητο κρίθηκε για τα πλοία κατά την προμήθεια των καυσίμων τους να παραλαμβάνουν πιστοποιητικό σχετικά με τη συμβατότητα του καυσίμου με τη νομοθεσία. Επίσης, οι πλοιοκτήτες⁹⁵ θα πρέπει να εκδίδουν μέσω τους κράτους σημαίας ένα πιστοποιητικό, το International Air Pollution Prevention Certificate (IAPP) το οποίο πιστοποιεί ότι το πλοίο χρησιμοποιεί καύσιμα περιεκτικότητας ίσης ή μικρότερης του 0,5% σε θείο με βάση τα bunker delivery notes ή ότι χρησιμοποιεί τον κατάλληλο εξοπλισμό. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμη προσφερόμενη ποσότητα του νέου καυσίμου σε μία περιοχή όπου το πλοίο χρειαστεί

⁹⁵ Kyriacos Grigoriou, 2020 Global 0.5% Sulphur cap challenges ανασύρθηκε στις 25.9.2018 από το

καύσιμα, μπορεί να συμπληρώσει μία αίτηση γνωστή ως FONAR στην οποία θα ζητάει την εξαίρεση από τον κανονισμό για λόγους έλλειψης καυσίμου. Εξαίρεση από την εναρμόνιση με τον κανονισμό επιτρέπεται σε περίπτωση όπου το πλοίο κάνει δοκιμές στο νέο καύσιμο ή όταν αφορά την ασφάλεια του πλοίου, τη διάσωση ανθρώπινων ζώων ή μηχανική βλάβη του πλοίου.

Επίσης υπάρχουν και άλλες προτάσεις σχετικά με την ενδυνάμωση του μηχανισμού επιβολής της νέας νομοθεσίας όπως η ενίσχυση των αρμοδιοτήτων των port state controls. Συγκεκριμένα, ο λιμενικός μηχανισμός μπορεί να ενισχυθεί και να αναλάβει τη λήψη δειγμάτων από τα καύσιμα και να κάνει σχετική αναφορά. Τα δείγματα⁹⁶ αυτά πρέπει να προωθούνται στα εργαστήρια σε φιάλες πλήρως αποστειρωμένες. Τα εργαστήρια θα διαθέτουν την κατάλληλη πιστοποίηση ώστε να διενεργούν τους ελέγχους. Πρόταση έχει γίνει, σε περίπτωση που διαπιστωθεί μη εναρμόνιση με το νέο κανονισμό, η μη παροχή πιστοποιητικού Marpol από τη σημαία του κράτους που φέρει το πλοίο με αποτέλεσμα να μην θεωρείται αξιόπλοο, να μην μπορεί να ασφαλιστεί και συνεπώς να ναυλωθεί. Οι ισχυρές πολυεθνικές εταιρίες που ναυλώνουν πλοία για τη μεταφορά των αγαθών τους μπορούν να πιέσουν τους πλοιοκτήτες με τους οποίους συνεργάζονται ώστε να συμμορφωθούν με το νέο όριο.

Οι αρχές των λιμανιών⁹⁷ μπορούν να χρησιμοποιήσουν αεροπλάνα με κεραίες (sniffers) που ανιχνεύουν στις εκπομπές σε θείο των κοντινών πλοίων και κατόπιν σχετικής ενημέρωσής του να προβούν σε αντίστοιχο έλεγχο. Οι ανιχνευτές μπορούν εκτός από αεροπλάνα να τοποθετηθούν στις γέφυρες και στην είσοδο των λιμανιών. Τέτοιου είδους ανιχνευτές έχουν τοποθετηθεί στα λιμάνια στη Σουηδία, Δανία, Γερμανία και την Ολλανδία. Ωστόσο, παρά την αποτελεσματικότητά τους, δεν μπορούν οι ανιχνευτές να αντικαταστήσουν τους ελεγκτές και τη λήψη δειγμάτων. Απαραίτητη έχει κριθεί η εκπαίδευση των ελεγκτών σχετικά με τα συστήματα και τις μηχανές, τα καύσιμα ενός πλοίου καθώς για τη διαδικασία λήψης του δείγματος η οποία κρίνεται αναγκαία⁹⁸ για τη διασφάλιση του υγιούς ανταγωνισμού μεταξύ των πλοιοκτητών. Τέλος, ο IMO έχει προτείνει τη δημιουργία μίας λίστας πλοίων που διαπιστώθηκε ότι δεν τηρήθηκε το νέο όριο (blacklisting) ως μέσο πίεσης.

3.5 Ναυλωτές

Η προσθήκη νέου ορίου στην περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα θα επηρεάσει τους ναυλωτές και ειδικότερα αυτούς που έχουν συμβόλαια και ναυλοσύμφωνα τα οποία επεκτείνονται για το 2020.

⁹⁶ DNV GL, "Global Sulphur Cap 2020", Μάιος 2016

⁹⁷ DNV GL, "Global Sulphur Cap 2020", Μάιος 2016

⁹⁸ Thomson Reuters, "Challenges and Impact of the Sulphur conundrum", Μάιος 2018

Ένα σημαντικό πρόβλημα⁹⁹ που αντιμετωπίζουν τα ναυλοσύμφωνα που εκτείνονται και μετά το 2020 είναι ότι δεν ορίζεται σαφώς σε οικονομικό και νομικό επίπεδο η ευθύνη μεταξύ του πλοιοκτήτη και των ναυλωτών σχετικά με τα καύσιμα. Η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο δεν ορίζεται στους όρους των ναυλοσυμφώνων με αποτέλεσμα με την είσοδο του 2020, η παράδοση του πλοίου στον πλοιοκτήτη με την ποσότητα καυσίμων που ορίζει το ναυλοσύμφωνο να πραγματοποιείται, ωστόσο να μην προσδιορίζεται όμως και η ποιότητά του. Συνεπώς θα πρέπει να ορίζεται στα ναυλοσύμφωνα τόσο το είδος του καυσίμου όσο και η ακριβής ερμηνεία του είδους του καυσίμου. Όταν για παράδειγμα αναφέρεται ο όρος καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, θα πρέπει σαφώς να ορίζεται η περιεκτικότητά του προκειμένου να αποφευχθούν αξιώσεις από κάποιο από τα δύο συμβαλλόμενα μέρη. Συγκεκριμένα, αυτό το πρόβλημα δημιουργείται κατά την παράδοση του πλοίου από τον ναυλωτή στον πλοιοκτήτη που συνήθως θα πρέπει να παραδίδονται ίδιες ποσότητες καυσίμου με αυτές που παρέλαβαν οι ναυλωτές. Ο πλοιοκτήτης αγοράζει το καύσιμο από το ναυλωτή συνήθως στην ίδια τιμή με την παράδοση. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφωνίες για το ποιο καύσιμο θα παραδοθεί καθώς οι τιμές στην τρέχουσα αγορά των δύο καυσίμων θα έχουν διαφοροποιηθεί ραγδαία. Επίσης εάν δεν είναι εξοπλισμένο το πλοίο με scrubber, ειδικά στο πρώτο τετράμηνο του 2020, καλό είναι να ορίζονται στο ναυλοσύμφωνο και τα σημεία προμήθειας καυσίμων με απώτερο σκοπό να προληφθεί πιθανή έλλειψη στην προμήθεια συμβατού με τη νέα νομοθεσία καυσίμου.

Με την έλευση του Μαρτίου του 2020, θα απαγορεύεται τα πλοία που δεν είναι εξοπλισμένα με scrubber να μεταφέρουν καύσιμα προς χρήση περιεκτικότητας μεγαλύτερης του 0,5% θείου. Για αυτό το λόγο, στα ναυλοσύμφωνα πρέπει να περιλαμβάνονται όροι που να αναφέρουν ποιο από τα δύο συμβαλλόμενα μέρη θα οργανώσει και θα πληρώσει την απομάκρυνση του μη συμβατού καυσίμου. Επιπλέον, ο ναυλωτής μπορεί να πιέσει κατά τη διαπραγμάτευση έτσι ώστε ο πλοιοκτήτης να εγκαταστήσει scrubber και να επωφεληθεί από την πιθανώς χαμηλότερη τιμή του heavy fuel oil. Πολλές φορές στα βασικά ναυλοσύμφωνα αναφέρεται ο όρος ότι ο πλοιοκτήτης είναι υποχρεωμένος να εξασφαλίζει ότι το πλοίο λειτουργεί με βάση τους περιβαλλοντικούς κανόνες με αποτέλεσμα οι πλοιοκτήτες πολλές φορές να επιβαρύνονται επιπλέον έξοδα. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί και με την εφαρμογή του νέου ορίου στο θείο καθώς δεν είχε συμπεριληφθεί στις διαπραγματεύσεις.

⁹⁹ Paul Stuart-Smith, "Sulphur cap risks painful charter-party disputes", 21 Μαΐου 2018 ανασύρθηκε 26.9.2018 από το <https://fairplay.ihs.com/safety-regulation/article/4301496/sulphur-cap-risks-painful-charterparty-disputes>

Κατά τη διάρκεια μίας ναύλωσης¹⁰⁰ πιθανή είναι και η πρόκληση μίας ζημιάς στη μηχανή από την προμήθεια καυσίμων με μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο που ωστόσο δεν είναι συμβατά με τη μηχανή. Παρά το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της ναύλωσης, υπεύθυνος είναι ο ναυλωτής για τη ζημιά στη μηχανή, μπορεί ο ίδιος να αξιώσει ότι το πλοίο είναι αναξίόπλοο ή ότι δεν είναι συμβατό με τις υπηρεσίες που ο ίδιος επιθυμεί. Αυτός ο όρος καλό είναι να αναφέρεται στα ναυλοσύμφωνα και συγκεκριμένα να αναγράφεται ποιος από τους δύο θα επιβαρυνθεί τέτοιου είδους έξοδα.

Όταν ένα πλοίο μπορεί να συνεχίσει να προσφέρει τις υπηρεσίες του και μετά το 2020, χωρίς να χρειάζεται αλλαγές έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί το νέο καύσιμο, τότε ο ναυλωτής δεν μπορεί να αξιώσει να ζητήσει από τον πλοιοκτήτη μετατροπές επί του πλοίου. Αντιθέτως, εάν αυτό είναι απαραίτητο για την ομαλή λειτουργία του πλοίου, τότε ο πλοιοκτήτης μπορεί να πιεστεί από τους υποψήφιους ναυλωτές για την προσθήκη scrubber ή τη μετατροπή των μηχανών έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται νέα συμβατά καύσιμα.

Οι πλοιοκτήτες μπορούν να προστατευθούν από νέες επιβαρύνσεις από τους ναυλωτές θέτοντας όρους που διασφαλίζουν την θέση τους:

1. Σε συμβόλαια χρονοναύλωσης, οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να διασφαλίσουν στους όρους του ότι εάν οι ναυλωτές δεν βρίσκουν συμβατό καύσιμο ή κατά την περίοδο συντήρησης του scrubber ή καθαρισμού των δεξαμενών ή και απομάκρυνσης του μη συμβατού καυσίμου δεν θα διεκδικήσουν off-hire περίοδο.
2. Οι ναυλωτές είναι υπεύθυνοι έτσι ώστε να προμηθευτούν κατάλληλα καύσιμα που είναι συμβατά με τους όρους της *Magrol* και κατάλληλα για το συγκεκριμένο πλοίο. Σε περίπτωση που επιβληθούν πρόστιμα, οι πλοιοκτήτες θα μπορούν να αξιώσουν αποζημίωση.
3. Οι πλοιοκτήτες μπορούν να αναφέρουν στους όρους ότι η επαναπαράδοση του πλοίου θα γίνει με συμβατά καύσιμα με το νέο κανονισμό.

Η *Bimco* θα υιοθετήσει ένα νέο όρο στα ναυλοσύμφωνα όπου εάν ο ναυλωτής δεν προμηθευτεί καύσιμα συμβατά με τη νέα νομοθεσία και τηρουμένων των όρων του *ISO 8217*,

¹⁰⁰ Thomas Miller, UK Defence Club, "Sulphur emissions-avoiding and minimizing charter-party disputes", June 2018

τότε ο πλοιοκτήτης θα προστατεύεται από πιθανά πρόστιμα σε ελέγχους των port state controls.¹⁰¹

4. Συγκριτική Ανάλυση Επιλογών των Πλοιοκτητών και Λοιπών Παικτών στη Ναυτιλία

4.1 Πλοιοκτήτες

Οι πλοιοκτήτες¹⁰² καλούνται να επιλέξουν τη βέλτιστη λύση για να εναρμονιστούν με τη νέα νομοθεσία λαμβάνοντας υπόψιν πολλούς παράγοντες όπως οικονομικούς και τεχνικούς. Η κατασκευαστική υποδομή από πλοίο σε πλοίο διαφέρει καθώς όλα τα πλοία δεν διαθέτουν τον κατάλληλο χώρο για την εγκατάσταση scrubbers ή μηχανών υγροποιημένου φυσικού αερίου. Ακόμα δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων εάν είναι διαθέσιμος ο κατάλληλος εξοπλισμός για την τροποποίηση του υφιστάμενου ή την προσθήκη του τη χρονική στιγμή της απόφασης και ποια είναι η χρονική διάρκεια της υλοποίησής της. Η ηλικία ενός πλοίου παίζει σημαντικό ρόλο στη λήψη των αποφάσεων των πλοιοκτητών. Η συνήθης διάρκεια ζωής ενός πλοίου είναι 25 χρόνια. Όταν όμως τα πλοία πραγματοποιούν συγκεκριμένα ταξίδια, η διάρκεια ζωής τους μπορεί να μειωθεί σε 20 λόγω της φύσης του εμπορίου, των εξελίξεων και των τάσεων της αγοράς.

Το βασικό ερώτημα που προσπαθούν να απαντήσουν οι πλοιοκτήτες είναι εάν η επένδυση στην οποία θα προβούν θα αποσβεστεί σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να ωφεληθούν από αυτή. Πολλές εταιρίες, που διαχειρίζονται κρουαζιερόπλοια που απευθύνονται σε μεγαλύτερο κοινό σε σύγκριση με τα πλοία μεταφοράς φορτίου, ενδιαφέρονται πολύ παραπάνω για το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Οι οικονομικοί παράγοντες που υπεισέρχονται στην απόφαση των πλοιοκτητών είναι σε πρώτη φάση το αρχικό κόστος της επένδυσης σε συνδυασμό με τη δυνατότητα απόσβεσης σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια αποφασίζουν βάσει της αγοράς στην οποία δραστηριοποιείται το πλοίο, στην οποία λαμβάνουν υπόψιν το κέρδος που τους έχει αποδώσει τα προηγούμενα χρόνια καθώς και ποιος είναι ο υπεύθυνος να πληρώσει τα καύσιμα. Στην περίπτωση όπου το κόστος της κατανάλωσης καυσίμων αναλαμβάνει ο ναυλωτής είναι λιγότερο πιθανό ο πλοιοκτήτης να προβεί σε εγκατάσταση scrubber στα πλοία. Επιπλέον παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα των καυσίμων

¹⁰¹ Infospectrum, Tracking the impact of IMO's 2020 global sulphur limit regulation on risk management and counterparty risk appraisal, November 2018

¹⁰² Ralph Grimmer, Enforcement, Stillwater Associates, February 2018

π.χ. LNG, νέου καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% σε θείο παίζουν σημαντικό ρόλο στη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων.

Οι επιλογές των πλοιοκτητών είναι ¹⁰³:

- **Καύσιμο περιεκτικότητας 0,5% σε θείο**

Πλεονεκτήματα

1. Εύκολη υιοθέτηση του από τους πλοιοκτήτες, μικρές τροποποιήσεις στις μηχανές
2. Χαμηλότερη αναμενόμενη τιμή από αυτή των αποσταγμάτων
3. Διαδεδομένη λύση όταν το κόστος των καυσίμων το αναλαμβάνουν οι ναυλωτές.

Μειονεκτήματα

1. Μη προβλεπόμενη τιμή
2. Πρόσθετες απαιτήσεις σε λάδια
3. Κίνδυνος αστάθειας και ευαισθησίας ως προς τη σύστασή του ιδίως όταν αναμειγνύεται με καύσιμα άλλου προμηθευτή.
4. Αβεβαιότητα ως προς την παραγόμενη ποσότητα και ως προς τις περιοχές διάθεσής του.

- **Marine Gas Oil**

Πλεονεκτήματα¹⁰⁴

1. Προϋπάρχει στην αγορά, επαρκείς ποσότητες, γνωστή σύνθεση
2. Δεν απαιτεί την προσθήκη υψηλού κόστους εξοπλισμού, παρά μόνο τροποποιήσεις στον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό και καθαρισμό των δεξαμενών.

Μειονεκτήματα

1. Υψηλή τιμή
2. Πρόσθετες απαιτήσεις σε λάδια
3. Ευαίσθητο στις μικροβιακές μολύνσεις

¹⁰³ Clarksons Research, SOx 2020:Effects on the Oil Products Markets, September 2017

¹⁰⁴ Signals, North P&I Club, June 2018

- **Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο**

Πλεονεκτήματα

1. χαμηλή τιμή
2. χαμηλές εκπομπές σε ρύπους όπως οξείδια του αζώτου , του θείου, μικροσωματιδίων και διοξειδίου του θείου

Μειονεκτήματα

1. υψηλό κόστος προσθήκης νέας μηχανής καύσης LNG
2. απώλεια χώρου από το πλοίο για την αποθήκευση LNG
3. περιορισμένες πηγές προμήθειας υγροποιημένου φυσικού αερίου
4. πρόσθετη εκπαίδευση στο πλήρωμα

- **Exhaust Gas Cleaning System/ Scrubbers**

Πλεονεκτήματα

1. Μείωση των εκπομπών του θείου κατά 90% και των μικροσωματιδίων κατά 60-90%
2. Δίνουν τη δυνατότητα χρήσης του οικονομικότερου heavy fuel oil

Μειονεκτήματα

1. Σημαντικό κόστος για την αγορά, την εγκατάσταση και τη συντήρηση του
2. Απομάκρυνση ενός είδους ρύπου
3. Οι νέοι κανονισμοί προστασίας του περιβάλλοντος μπορούν να καταστήσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα τον εξοπλισμό απαρχαιωμένο.
4. Πρόβλημα σε χώρες η απόρριψη νερού μετά την επεξεργασία των αέριων ρύπων
5. Δεν μπορεί να προβλεφθεί η ποσότητα heavy fuel oil που θα παράγεται μετά το 2020 και η τιμή του.

- **Μεθανόλη / Αιθανόλη**

Πλεονεκτήματα

1. Ευκολότερη διαχείριση της μεθανόλης από το υγροποιημένο φυσικό αέριο
2. Μειωμένες εκπομπές σε οξείδια του αζώτου, του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα
3. Εκτεταμένο δίκτυο διανομής

Μειονεκτήματα

1. Υψηλού κόστους επένδυση σε βραχυχρόνιο διάστημα
2. Περίπλοκη εγκατάσταση
3. Εύφλεκτη ουσία

Η ναυτιλιακή εταιρία¹⁰⁵, σε περίπτωση που λάβει την απόφαση να χρησιμοποιήσει κάποιο συμβατό με τη νέα νομοθεσία καύσιμο, θα πρέπει να προβεί σε μία σειρά ελέγχων για τη εκτίμηση των πιθανών κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά τη χρήση τους. Οι δραστηριότητες που μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι η συγκέντρωση συμβατών καυσίμων από διαφορετικές πηγές, η διεξαγωγή ελέγχων σχετικά με τη συμβατότητά τους, η επιβεβαίωση κάποιων μηχανικών περιορισμών καθώς και ο έλεγχος της λειτουργίας της μηχανής με καύσιμα διαφορετικών χαρακτηριστικών.

Όποια λύση και να επιλέξει ο πλοιοκτήτης¹⁰⁶, το διαχειριστικό κόστος του πλοίου θα αυξηθεί (operation costs) ανεξάρτητα αν προβεί σε προσθήκη νέου εξοπλισμού ή υιοθετήσει τη λύση του νέου καυσίμου η τιμή του οποίου θα είναι σίγουρα αυξημένη. Για παράδειγμα, εάν ένας πλοιοκτήτης αποφασίσει να εγκαταστήσει scrubber στο πλοίο εκτός από την επένδυση στην οποία θα προβεί, θα έχει κατά τη λειτουργία του αυξημένες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς πρόσθετες αντλίες θα λειτουργούν ενώ η απόρριψη των εκπλυμάτων του scrubber θα έχει ανάλογο κόστος. Επιπλέον, η συντήρηση του εξοπλισμού απαιτεί κόστος, συνεπώς όλοι οι ανωτέρω παράγοντες θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά τη λήψη της απόφασης.

¹⁰⁵ International Chamber of Shipping, Compliance with the 2020 Global Sulphur Cap, Marisec Publications, September 2018

¹⁰⁶ Johnny Kackur, Shipping in the 2020 era-selection of fuel and propulsion machinery, Wartsila Marine Solutions business white paper

Η πρόβλεψη της τιμής του νέου καυσίμου αποτελεί πρόκληση για τους ερευνητές. Ιστορικά¹⁰⁷ έχει συσχετισθεί η διαφορά τιμής μεταξύ των διάφορων αποσταγμάτων, ωστόσο αυτή η συσχέτιση θα διαφοροποιηθεί λόγω της αυξημένης ζήτησης που θα προκύψει το 2020 για αποστάγματα και τις αναμειξείς τους. Αυτό που σίγουρα θα παρατηρηθεί θα είναι η αυξημένη διαφορά τιμής μεταξύ των δύο βασικών επιλογών τους του Heavy Fuel Oil και του Marine Gas Oil. Όταν ξεκίνησε η εφαρμογή του νέου ορίου στις SECA, τότε η ζήτηση για καύσιμα στράφηκε προς το Marine Gas Oil και το Marine Diesel Oil. Σε περίπτωση που συμβεί το ίδιο, η τιμή του Marine Gas Oil αναπόφευκτα θα αυξηθεί.

Η ζήτηση για καύσιμο περιεκτικότητας 0,5% σε θείο μπορεί να υπολογιστεί προβλέποντας την παγκόσμια ζήτηση σε καύσιμα και το ποσοστό των πλοίων που έχουν υιοθετήσει άλλες μεθόδους συμβατότητας με το νέο κανονισμό όπως καύση υγροποιημένου φυσικού αερίου και προσθήκη scrubbers. Οι δύο βασικές έρευνες που διεξήχθησαν σχετικά με την έναρξη εφαρμογής του νέου ορίου της CE Delft και της ENSYS δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 4-1: Επιλογές των ναυτιλιακών εταιριών στην αγορά για την υιοθέτηση του νέου κανονισμού σε MTPA.

	LSF (<0.1)		LSF(<0.5)		HFO +SCRUBBER 2020		LNG	
2012	21%		0%		76%		3%	
2020	CE	EN	CE	EN	CE	EN	CE	EN
Projection	12%	8%	73%	73%	11%	13%	4%	6%

Πηγή: Michael Ramsey, Low sulphur fuel in 2020, March 2017

Αναφορικά¹⁰⁸ με την προσφορά νέου καυσίμου περιεκτικότητας 0,5% σε θείο, η CE χρησιμοποίησε δεδομένα από το Oil and Gas Journal και αναγνώρισε ότι υπάρχουν επαρκείς εγκαταστάσεις για την παρασκευή νέου καυσίμου ενώ σε συγκεκριμένες περιοχές υπάρχει ανάγκη για επέκτασή τους που ωστόσο δεν προκαλεί πρόβλημα καθώς υπάρχει αρκετός χρόνος από τη στιγμή διεξαγωγής της εν λόγω έρευνας μέχρι την υιοθέτηση του νέου ορίου. Επιπλέον επισημάνθηκε ότι δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα υδρογόνου που όμως μπορεί να καλυφθεί μέσω εισαγωγών. Η EN προέβλεψε με βάση τα ίδια στοιχεία και πηγές ότι οι εγκαταστάσεις εργοστασίων για αποθείωση στο χρονικό διάστημα μεταξύ 2016-2019 χρειάζεται να αυξηθούν

¹⁰⁷ DNV GL, "Global Sulphur Cap 2020", Μάιος 2016

¹⁰⁸ Michael Ramsey, "Low Sulphur Fuel in 2020", Μάρτιος 2017

κατά 60-75% ενώ οι εγκαταστάσεις παρασκευής υδρογόνου κατά 30-50%. Η βασική διαφοροποίηση μεταξύ αυτών των δύο ερευνών έγκειται στην πραγματοποίηση ή όχι των επενδύσεων σε εγκαταστάσεις καθώς τα διυλιστήρια στο τέλος θα αποφασίσουν. Η CE προβλέπει ότι επιθυμούν τα διυλιστήρια την επέκτασή τους ενώ η EN έχει βάσιμες αμφιβολίες. Το τι θα γίνει μετά το 2020 είναι πολύ ρευστό και δεν μπορεί να προβλεφθεί. Υπάρχει και η υπόθεση ότι εάν η τιμή του συμβατού καυσίμου είναι αρκετά υψηλή, να συνεχίσουν οι εταιρίες να τοποθετούν scrubbers ή να κάνουν τροποποιήσεις στο μηχανολογικό τους εξοπλισμό για χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου, μειώνοντας έτσι τη ζήτησή του και συνεπώς την τιμή του και το κέρδος των διυλιστηρίων.

Πίνακας 4-2: Πρόβλεψη για προσφερόμενη ποσότητα low sulphur fuel oil το 2020 (MTPA)

	CE	EN
LSF (<0.1)	39	29
LSF(<0.5)	233	192
Total LSF	272	221

Πηγή: Michael Ramsey, Low sulphur fuel in 2020, March 2017

Η ισπανική εταιρία CEPSA¹⁰⁹ αναμένει ότι η τιμή του νέου καυσίμου θα είναι χαμηλότερη κατά 110\$-130\$/mt από το Marine Gas Oil στα λιμάνια της Ισπανίας. Η διαφορά της τιμής με το Marine Gas Oil θα διατηρηθεί για το χρονικό διάστημα 2020-2022 ενώ το high sulphur fuel oil θα είναι 250-300\$/mt φθηνότερο από το marine gas oil επεσήμανε ο Juan Berenguer , bunker trader στην σύσκεψη της International Bunker Industry Association.. Ουσιαστικά η διαφορά μεταξύ heavy fuel oil και του νέου καυσίμου θα κυμανθεί μεταξύ 120\$-190\$/mt.

Σύμφωνα με την έρευνα της Stillwater Associates, περισσότερα από 2 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα high sulphur fuel oil θα αντικατασταθούν από νέα καύσιμα συμβατά με τον νέο κανονισμό περί θείου το 2020. Αυτό θα συμβεί εάν ο IMO καταφέρει να θεσπίσει τους κατάλληλους ελέγχους που θα αναγκάσουν τους πλοιοκτήτες να εναρμονιστούν με τη νέα νομοθεσία. Η τιμή του heavy sulphur fuel oil θα μειωθεί δραματικά σε σύγκριση με τις τιμές των καλύτερων ποιοτικά καυσίμων-αποσταγμάτων.

Οι προβλέψεις για τις τιμές του πετρελαίου :

¹⁰⁹ Jack Jordan, Maurice Geller , “CEPSA sees 2020 0.5% sulphur bunker fuel prices \$110-\$130/mt below MGO”, Μάρτιος 2018

Πίνακας 4-3: Προβλέψεις τιμών πετρελαίου

S/bbl	ΔΕΚ 2018	ΙΟΥΝΙΟΣ 2019	ΔΕΚ 2019	ΙΟΥΝΙΟΣ 2020	ΔΕΚ 2020	ΔΕΚ 2021
Brent	76.55	74.58	72.42	70.51	68.49	65.88
Rotterdam 1% LSFO	67.42	64.44	63.25	65.31	66.48	64.48
Rotterdam 3,5% HSFO	65.23	61.26	47.64	47.44	49.21	49.93
Brent vs Rotterdam 3.5% differential	11.32	13.32	24.78	23.07	19.28	15.95
Rotterdam 1% vs 3.5% differential	2.19	3.18	15.61	17.87	18.27	14.55

Πηγή: Ralph Grimmer, Expected Pricing and Economic Impacts of the IMO 2020 Rule, Intercontinental Exchange, CME Group

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, οι διακυμάνσεις των διαφορών των τιμών ξεκινούν από 11\$/b (bbl) μεταξύ brent και Rotterdam 3.5% το Δεκέμβριο του 2018 και ανέρχονται στα 25\$/b (bbl) το Δεκέμβριο του 2019.

Η ίδια τάση παρατηρείται στη διαφορά τιμής μεταξύ Singapore 380 (centistoke) heavy sulphur fuel oil και Brent. Η διαφορά τιμής από 8\$/b τον Δεκέμβριο του 2018 εκτιμάται ότι θα ανέλθει στα 21\$/b τον Δεκέμβριο του 2019.

Πίνακας 4-4: Singapore 380 cSt HSFO versus Brent

S/bbl	Δεκ 2018	Ιούνιος 2019	Δεκ 2019	Ιούνιος 2020	Δεκ 2020	Δεκ 2021
Brent	76.55	74.58	72.42	70.51	68.49	65.88
Singapore 380 cSt HSFO	68.27	64.49	51.15	49.86	50.89	53.15
Brent vs Singapore 380 cSt HSFO differential	8.28	10.09	21.27	20.65	17.60	12.73

Πηγή: Ralph Grimmer, Expected Pricing and Economic Impacts of the IMO 2020 Rule, Intercontinental Exchange, CME Group

Με βάση τους ανωτέρω πίνακες, οι διαφορές τιμής μεταξύ heavy sulphur fuel oil (και στις 2 περιπτώσεις) και του Brent έχουν καθοδική τάση μεταξύ 2019 και 2021. Αυτό πρακτικά αντανακλά στις εκτιμήσεις των αναλυτών την πεποίθηση ότι οι πλοιοκτήτες και οι ιδιοκτήτες διυλιστηρίων θα προβούν σε ενέργειες όπου θα βελτιώσουν την αγορά καυσίμων και θα επέλθει ισοροπία σε χαμηλότερα επίπεδα τιμών και διακυμάνσεων.

Επιπλέον, στο τέλος του 2019 προβλέπεται ότι κάποιοι από τους πλοιοκτήτες θα προσανατολιστούν στην αγορά του diesel και του gasoil για να αποφύγουν προβλήματα που προκύπτουν σε θέματα ποιότητας καυσίμου. Οι εκτιμήσεις σχετικά με τη διακύμανση των τιμών τους αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4-5: Προβλέψεις διακύμανσης τιμών πετρελαίου

(s/bbl)	ΔΕΚ 2018	ΙΟΥΝΙΟΣ 2019	ΔΕΚ 2019	ΙΟΥΝΙΟΣ 2020	ΔΕΚ 2020	ΔΕΚ 2021
Brent	76.55	74.58	72.42	70.51	68.49	65.88
Antwerp Gasoil	89.41	88.63	89.41	88.23	85.98	82.92
Singapore Gasoil	88.73	87.87	88.87	87.91	85.58	-
Brent vs Antwerp Gasoil differential	12.86	14.05	16.99	17.72	17.49	17.04
Brent vs Singapore Gasoil differential	12.18	13.29	16.45	17.40	17.09	-

Πηγή: Ralph Grimmer, Expected Pricing and Economic Impacts of the IMO 2020 Rule Intercontinental Exchange, CME Group

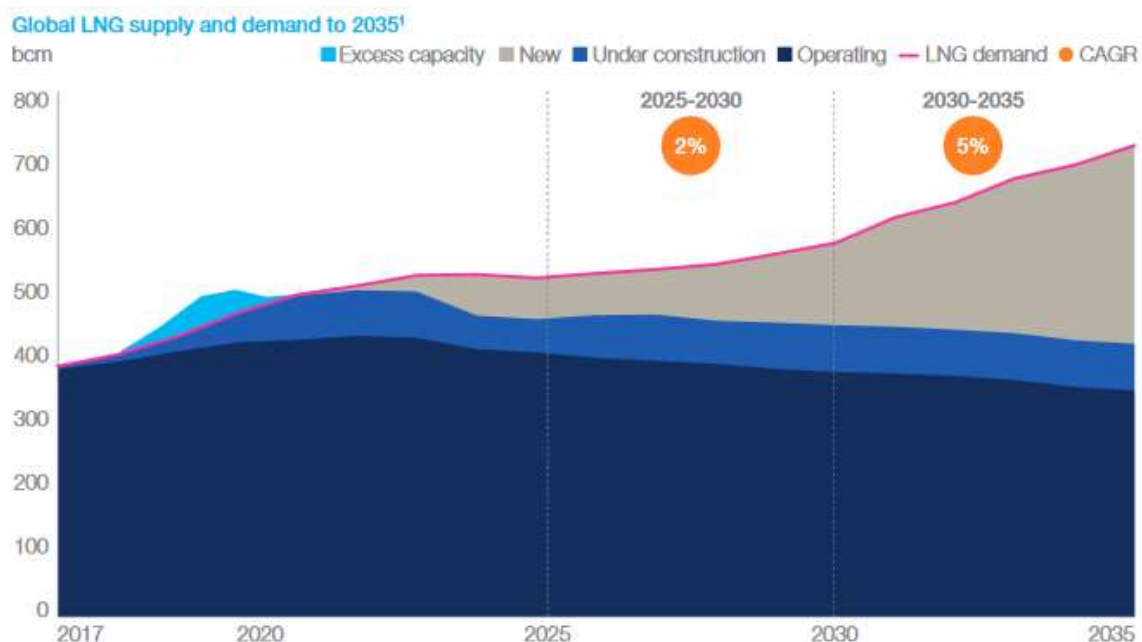
Ταυτόχρονα, λόγω της χαμηλής κατανάλωσης heavy fuel oil από τη ναυτιλία, θα προκύψει πλεόνασμα με αποτέλεσμα οι παραγωγοί του να καταφύγουν σε άλλες αγορές όπως αυτής της παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο για να αποτελεί ελκυστική επιλογή στην αγορά της ενέργειας, ίσως να είναι απαραίτητη η μείωση της τιμής του.

Παρά το γεγονός ότι είναι σχεδόν βέβαιο ότι η τιμή του καυσίμου¹¹⁰ 0,5% θα είναι υψηλή, η επιλογή μεταξύ SOx scrubber και LNG είναι δύσκολη καθώς δεν μπορεί να υπολογιστεί εύκολα η διαφορά τιμής μεταξύ heavy fuel oil και LNG. Και στις δύο περιπτώσεις, οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να προβούν σε επενδύσεις υψηλού κόστους. Η επιλογή του υδροποιημένου φυσικού αερίου είναι η πιο ακριβή λόγω του υψηλού κόστους της δεξαμενής.

¹¹⁰ Johnny Kackur, Shipping in the 2020 era-selection of fuel and propulsion machinery, Wartsila Marine Solutions business white paper

Παρά το γεγονός ότι έχει μειωθεί το κόστος της αρχικής επένδυσης σε σύγκριση με το παρελθόν λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, το κόστος της εξακολουθεί να είναι σημαντικό με αποτέλεσμα η τιμή του LNG θα πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλή για να μπορέσει να είναι μία ελκυστική επιλογή για τους πλοιοκτήτες.

Η τιμή του LNG είναι δύσκολο να προβλεφθεί ωστόσο όπως σε όλα τα προϊόντα είναι αποτέλεσμα προσδιορισμού της προσφοράς και της ζήτησης. Η προσφορά του θα αυξηθεί σίγουρα από το 2020 ,γεγονός που θα πιέσει τις τιμές καθοδικά.



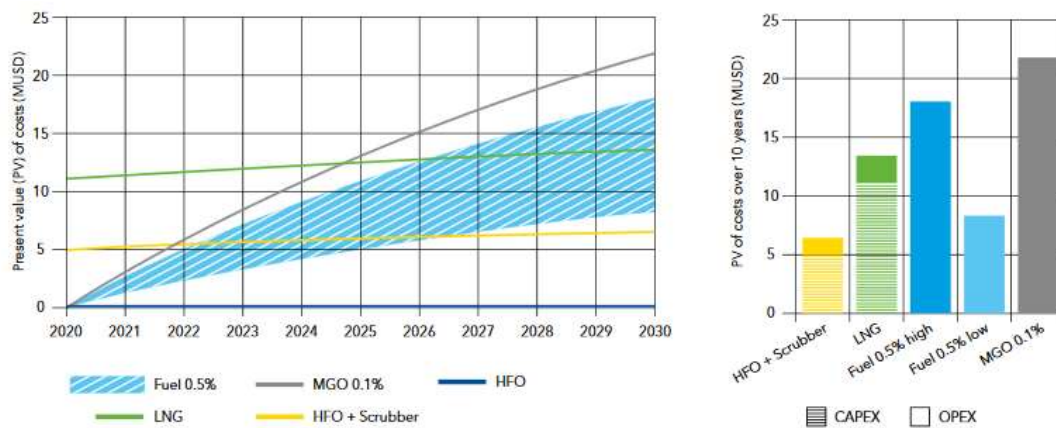
Διάγραμμα 4-1: Παγκόσμια προσφορά LNG

Πηγή: Energy Insights, McKinsey, Global Gas & LNG Outlook to 2035

Τα δεδομένα των τιμών του υγροποιημένου φυσικού αερίου σπάνια δημοσιεύονται και διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ωστόσο βοηθητικά είναι τα στοιχεία που δημοσιεύονται και αναφέρονται στη διαφορά της τιμής μεταξύ MDO και LNG έτσι ώστε να εκτιμηθεί η τάση τους τα επόμενα χρόνια. Στα πλεονεκτήματα του LNG, πρέπει να προστεθεί ότι δεν υπάρχει απαίτηση για διαχωρισμό των καυσίμων σε δεξαμενές ούτε πρόσθετων εξαρτημάτων π.χ. heavy fuel oil boosters.

Η DNV GL¹¹¹ στην έρευνά της έχει πραγματοποιήσει τρία βασικά σενάρια για τη λήψη της σωστής απόφασης για κάθε τύπο πλοίου. Η τιμή του heavy fuel oil έχει οριστεί στα 300\$/barel , η τιμή του συμβατού καυσίμου θα κυμανθεί μεταξύ 90\$ (+30%) πάνω από τη τιμή του heavy fuel oil και το ανώτερο 240\$ (+80%) πάνω από την τιμή του ενώ η τιμή καυσίμου για τις ECA ορίζεται σε 300\$ πάνω από την τιμή του heavy fuel oil. Η τιμή του LNG δεν είναι συγκεκριμένη εξαρτάται από την ποσότητα που απαιτείται, όποτε για ένα tanker έχει υπολογιστεί +10% , για ένα container +5% και ένα bulk carrier +15% πάνω από την τιμή του heavy fuel oil.

Στην περίπτωση του tanker , βάση της έρευνας που πραγματοποίησε παρουσιάστηκαν τα εξής συμπεράσματα:



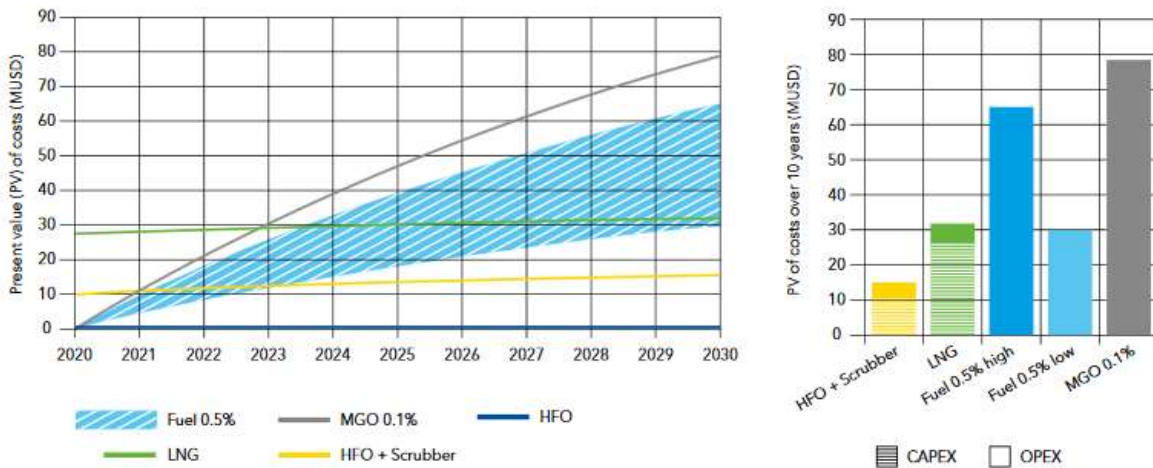
Διάγραμμα 4-2: Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO

Πηγή: DNV GL, Global Sulphur Cap 2020

Τα διαγράμματα δείχνουν την πορεία του κόστους που θα έχει όποια εναλλακτική προτιμηθεί σε ένα Aframax tanker. Το αρχικό κόστος της επένδυσης σε ένα scrubber είναι 5 εκατομμύρια δολάρια. Η περίοδος απόσβεσης του συγκριτικά με τη χρήση ενός καυσίμου 0,5% σε θείο κυμαίνεται από 2,5 σε 6 χρόνια ανάλογα την τιμή του νέου καυσίμου. Το αρχικό κόστος επένδυσης σε μηχανή LNG είναι 11 εκατομμύρια δολάρια και η περίοδος απόσβεσης συγκριτικά με ένα συμβατό καύσιμο κυμαίνεται από 6 χρόνια μέχρι και παραπάνω από 10 χρόνια. Το κόστος επένδυσης σε scrubber όταν κατασκευάζεται στα ναυπηγεία είναι χαμηλότερο από το κόστος προσθήκης του σε ένα υφιστάμενο πλοίο.

¹¹¹ DNV GL, Global Sulphur Cap 2020, October 2016

Στην περίπτωση του container

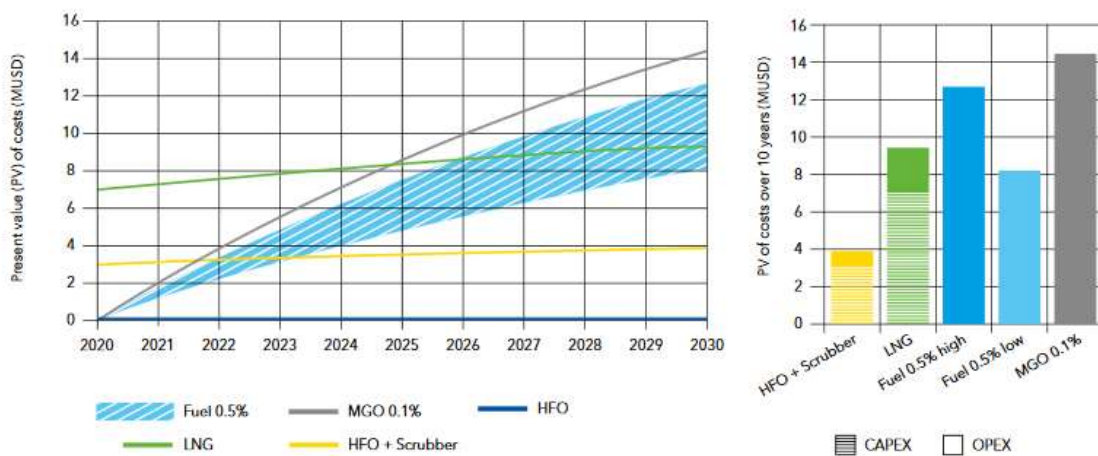


Διάγραμμα 4-3: Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO

Πηγή: DNV GL, Global Sulphur Cap 2020

Σε ένα 19.000 TEU container carrier, το αρχικό κόστος επένδυσης σε scrubber είναι περίπου 10 εκατομμύρια δολάρια ενώ η περίοδος απόσβεσης του σε σύγκριση με την τιμή του συμβατού καυσίμου κυμαίνεται από 1 έως 3 χρόνια. Στην περίπτωση που επιλεγεί μηχανή καύσης LNG, το αρχικό κόστος είναι περίπου 28 εκατομμύρια και η περίοδος απόσβεσης ξεκινά από τα 4 χρόνια έως λίγο παραπάνω από 10 χρόνια. Η σύντομη περίοδος απόσβεσης της επένδυσης σε scrubber οφείλεται στη μεγάλη ποσότητα καυσίμων που απαιτούν αυτοί οι τύποι πλοίων ενώ η επένδυση σε lng μπορεί να αποτελεί εναλλακτική για καινούρια πλοία.

Τέλος στα bulk carriers,



Διάγραμμα 4-4: Συνολικό κόστος κάθε εναλλακτικής συγκρινόμενο με βάση το HFO

Πηγή: DNV GL, Global Sulphur Cap 2020

Τα διαγράμματα απεικονίζουν την περίπτωση ενός handymax bulk carrier. Το κόστος ενός scrubber είναι περίπου 3 εκατομμύρια δολάρια ενώ η περίοδος απόσβεσης του είναι 2 με 3,5 χρόνια ανάλογα με την υψηλή ή χαμηλή εκδοχή της τιμής του συμβατού καυσίμου. Εάν επιλεγεί μία μηχανή LNG το αρχικό κόστος επένδυσης είναι 7 εκατομμύρια δολάρια, ενώ η περίοδος απόσβεσης του είναι 6 με λίγο παραπάνω από 10 χρόνια. Στην περίπτωση του handymax bulk carrier, τα scrubbers είναι καλή εναλλακτική και για νέα πλοία και για παλαιότερα. Η χρήση LNG εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την τιμή του και τη διαφορά τιμής του με το Heavy fuel και το συμβατό καύσιμο ενώ αποτελεί εξαιρετική επιλογή για τη Βόρεια Αμερική και άλλες περιοχές με περιορισμούς στα NOx.

4.2 Διυλιστήρια

Τα διυλιστήρια ανάλογα με τη φύση των δραστηριοτήτων και των εγκαταστάσεων τους, ευνοούνται ή επιβαρύνονται από τη νέα νομοθεσία. Αναμφισβήτητα, ευνοούνται τα full conversion refineries όπου θα έχουν να αντιμετωπίσουν αυξημένη ζήτηση για τα προϊόντα τους.

Οι επιλογές των διυλιστηρίων¹¹² είναι :

1. Δεν προχωρούν σε κάποια αλλαγή

Πλεονεκτήματα: δεν επιβαρύνονται με κεφαλαιακό κόστος

Μειονεκτήματα: εκτεθειμένες οι επιχειρήσεις στις απότομες μεταβολές των τιμών, αδιάθετη προσφερόμενη ποσότητα

2. Παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας Marine Gas Oil

Πλεονεκτήματα: οι τιμές του Marine Gas Oil είναι ήδη υψηλότερες από τις τιμές του heavy fuel oil με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα έσοδα από τη ναυτιλία.

Μειονεκτήματα: Απαιτεί επένδυση σε κεφαλαιακό εξοπλισμό ειδικά για τα απλά διυλιστήρια χωρίς προ υπάρχον εξοπλισμό

3. Παραγωγή 0,5% καυσίμου συμβατού με τη νέα νομοθεσία

Πλεονεκτήματα: χρειάζεται τη λιγότερη δυνατή επένδυση σε όρους κόστους.

Μειονεκτήματα: για την παρασκευή του καυσίμου απαιτείται πρόσθετο gas oil, η προσφερόμενη ποσότητα του οποίου είναι αβέβαιη όπως και η τιμή του

¹¹² Clarksons Research, Sox 2020: Effects on the oil products markets, September 2017

4. Αποθείωση του heavy fuel oil

Πλεονεκτήματα: παράγεται από το ίδιο το διυλιστήριο

Μειονεκτήματα: παράγεται διοξείδιο του θείου στα διυλιστήρια, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η χρήση scrubbers , απαιτεί υψηλού κόστους επένδυση κεφαλαίου με αβέβαιη χρονική περίοδο απόσβεσης

Με τις επιλογές των διυλιστηρίων¹¹³ ασχολήθηκε και το Reuters όπου διεξήγαγε παγκόσμια έρευνα με δείγμα 33 διυλιστηρίων. Το 60% των διυλιστηρίων θα συνεχίζει να παράγει heavy sulphur fuel oil από το 2020 σε μειωμένη ποσότητα. Πάνω από το 50% των (ερωτηθέντων) διυλιστηρίων θα αναβαθμίσουν τις εγκαταστάσεις του ώστε να παράγουν αποστάγματα όπως gasoline και diesel. Από τα 33 διυλιστήρια, μόνο 16 απάντησαν σχετικά με το ύψος της επένδυσης που σκοπεύουν να προβούν εκ των οποίων το 75% θα επενδύσει μέχρι 100 εκατομμύρια. Πέντε εξ αυτών θα επενδύσουν από 500 εκατομμύρια μέχρι και 1 δις.

Τα διυλιστήρια Grupa Lotos θα επενδύσει παραπάνω από 600 εκατομμύρια για να μετατρέψει τις εγκαταστάσεις μέχρι το τέλος του 2019 ενώ στο Κουβέιτ υπάρχει πρόγραμμα επένδυσης σε προϊόντα πετρελαίου 6,25 δις δολάρια.

Η ιταλική εταιρία (ENI MI) ανέφερε ότι θα συνεχίζει να παράγει heavy sulphur fuel oil σε τέτοια ποσότητα ώστε να ικανοποιείται η ζήτηση των πλοίων που έχουν εγκατεστημένα scrubbers και μόνο.

Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεγάλες εταιρίες η Shell αποφάσισε το Σεπτέμβριο του 2018, να σταματήσει την αναβάθμιση του εξοπλισμού της στο διυλιστήριο του Rhineland την οποία είχε ανακοινώσει το 2017. Πολλοί θεώρησαν ότι ήταν αντίδραση στην αυξημένη προθυμία των πλοιοκτητών για εγκατάσταση scrubber στα πλοία τους , εκτιμώντας ότι η ζήτηση για heavy sulphur fuel oil δεν θα επηρεαστεί σημαντικά στην Ευρώπη.¹¹⁴

4.3 Flag states and port state controls

Ο νέος κανονισμός δεν προβλέπει μηχανισμό επιβολής και ελέγχου του νέου ορίου. Ουσιαστικά επιβαρύνονται για τη διεξαγωγή ελέγχων, τα κράτη και οι αρχές τους που έχουν

¹¹³ Florence Tan, Osamu Tsukimori, Julia Payne, How the world's oil refiners plan to grapple with their fuel oil output after 2020, Reuters, September 28, 2018

¹¹⁴ Infospectrum, Tracking the impact of IMO's 2020 global sulphur limit regulation on risk management and counterparty risk appraisal, November 2018

υπογράψει το παράρτημα VI της Marpol. Η μόνη δικλείδα ασφαλείας είναι η απαγόρευση μεταφοράς πετρελαίου με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη του 0,5% όταν το πλοίο δεν διαθέτει scrubber. Τα κράτη που παρέχουν σημαία εκδίδουν το πιστοποιητικό IAPP βάσει των bunker delivery notes.

Οι προτάσεις που έχουν τεθεί είναι:

- η λήψη δειγμάτων από λιμενικούς

Πλεονεκτήματα: άμεσος έλεγχος της ποιότητας των καυσίμων, άγνωστος ο χρόνος διεξαγωγής ελέγχου

Μειονεκτήματα: Δυνατότητα χρηματισμού των ελεγκτών

- αεροπλάνα ή και εγκαταστάσεις με sniffers που ανιχνεύουν από τις εκπομπές την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων.

Πλεονεκτήματα: δεν είναι εμφανής ο έλεγχος από το λιμενικό, απουσία κινδύνου χρηματισμού των ελεγκτών του λιμενικού

Μειονεκτήματα: κίνδυνος χρήσης αθέμιτων μέσων παραπλάνησης των

Μηχανημάτων

Ουσιαστικά ο έλεγχος για την εφαρμογή του νέου ορίου κρίνεται απαραίτητος καθώς δεν συνίσταται κίνητρο για τους πλοιοκτήτες και τους ναυλωτές να εναρμονιστούν αφού το κόστος είναι υψηλό.

Από την 1^η Ιανουαρίου του 2019¹¹⁵, οι λιμενικές αρχές στο Παρίσι και στο Τόκιο θα προειδοποιούν με επιστολή τα πλοία που δεν έχουν εναρμονιστεί με τη νέα νομοθεσία. Στόχος είναι η ενημέρωση του πληρώματος και των εταιριών σχετικά με την εφαρμογή των νέων ορίων. Θα διεξάγονται έλεγχοι στα αρχεία που αφορούν την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων και γενικά ότι αφορά το στοιχείο του θείου και το πλοίο όπως η χρήση του scrubber.

¹¹⁵ Ship and Bunker news, Port State Control to begin warning vessels not ready for IMO 2020, Ανασύρθηκε στις 29/12/2018 από <https://shipandbunker.com/news/world/345249-port-state-control-to-begin-warning-vessels-not-ready-for-imo2020>

4.4 Ναυλωτές

Οι ναυλωτές καλούνται να επιλέξουν στις μελλοντικές συμφωνίες ναυλώσεων μεταξύ πλοίων που διαθέτουν scrubbers και πλοίων που έχουν τροποποιηθεί ώστε να κάψουν καύσιμο 0,5% περιεκτικότητας σε θείο. Το τι θα επιλέξουν, ειδικά στην περίπτωση των χρονοναυλώσεων εξαρτάται από τις προβλέψεις για τις τιμές των καυσίμων από τους ναυλωτές.

Εάν προβλέψουν ότι η τιμή του heavy fuel oil θα είναι χαμηλή και ταυτόχρονα η προσφερόμενη ποσότητα υψηλή, τότε σίγουρα θα προτιμήσουν πλοία με scrubber ενώ εάν υιοθετήσουν ότι το heavy fuel oil θα είναι σε έλλειψη, τότε θα προτιμήσουν νέο καύσιμο περιεκτικότητας 0,5% σε θείο. Επιπλέον οι επιλογές θα εξαρτηθούν από τους όρους των ναυλοσυμφώνων και από το βαθμό που θα συμμετέχουν στη συντήρηση του scrubber.

Σίγουρα, ελκυστική επιλογή για τους ναυλωτές αποτελούν τα πλοία με εγκατεστημένα scrubbers που τους επιτρέπουν την χρήση του οικονομικότερου heavy fuel oil. Παρόλα αυτά, οι διαπραγματεύσεις μεταξύ ναυλωτών και πλοιοκτητριών εταιριών θα είναι χρονοβόρες προκειμένου να τεθούν με σαφήνεια οι όροι των συμβολαίων χωρίς περιθώρια για απαιτήσεις από κάποια από τις δύο πλευρές.

Συμπεράσματα

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι ένα ζήτημα που απασχολεί διεθνώς όλους τους φορείς. Τα τελευταία χρόνια, ο Διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός IMO προσπαθεί να βελτιώσει το οικολογικό αποτύπωμα της ναυτιλίας με τη θέσπιση κανονισμών που ρυθμίζουν τη δραστηριότητά της. Η ναυτιλία σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς (οδικές, αεροπορικές και σιδηροδρομικές γραμμές) έχει μικρότερη κατανάλωση καυσίμου για το ίδιο μεταφορικό έργο, ωστόσο οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) είναι υψηλότερες από τα υπόλοιπα μεταφορικά μέσα καθώς τα πλοία χρησιμοποιούν χαμηλότερης ποιότητας καύσιμο. Τα οξείδια του θείου μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από την πηγή ενώ το διοξείδιο του θείου προσβάλλει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και το τεχνητό περιβάλλον δημιουργώντας προβλήματα υγείας και καταστροφές αντίστοιχα.

Στις 9 Οκτωβρίου 2008, αναθεωρήθηκε το παράρτημα της Marpol VI (Regulation 14) ορίζοντας αυστηρότερα όρια στις εκπομπές θείου στην επικράτεια των κρατών που έχουν υπογράψει. Συγκεκριμένα, εκτός των ορίων των SECA, το όριο περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα είναι 0,5% από το 2020 ενώ στις SECA 0.1% από το 2015.

Οι ναυτιλιακές εταιρίες πριν το 2020, καλούνται να αποφασίσουν ποια είναι η βέλτιστη επιλογή μεταξύ εναλλακτικών έτσι ώστε να έχουν το ελάχιστο δυνατό κόστος. Για τους πλοιοκτήτες, μία λάθος επιλογή αναφορικά με τη στρατηγική τους σημαίνει αυξημένο κόστος και σημαντικό μειονέκτημα σε σύγκριση με τους ανταγωνιστές τους.

Όσες εταιρίες δεν έχουν επιλέξει ακόμα, τα περιθώρια επιλογή τους για τα υφιστάμενα πλοία είναι περιορισμένα (λόγω περιορισμένου χρόνου διεξαγωγής άλλων εργασιών) μεταξύ marine gas oil και low sulphur oil (0.5%), καύσιμα η χρήση των οποίων δεν απαιτεί υψηλό κόστους τροποποιήσεις στις μηχανές. Παρά το γεγονός ότι σε όρους πάγιου κόστους δεν είναι υψηλά τα έξοδα, καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο συνεπάγονται υψηλές απαιτήσεις σε λάδια στη μηχανή. Επίσης, προσοχή απαιτεί η ανάμειξη καυσίμων καθώς το αποτέλεσμα μπορεί να οδηγήσει σε μη σταθερό καύσιμο με επιπτώσεις στη λειτουργικότητα της μηχανής. Πριν την έναρξη ταξιδιού με τα νέα καύσιμα, οι ειδικοί συστήνουν να καθαριστούν οι δεξαμενές καυσίμων για την αποφυγή οποιασδήποτε ανάμειξης και μόλυνσης του καυσίμου καθώς επίσης και τη διεξαγωγή κάποιας δοκιμαστικής πορείας με τη χρήση του νέου καυσίμου έτσι να διαπιστωθεί η λειτουργία της μηχανής. Στην περίπτωση των νεόδμητων πλοίων, υπάρχει η δυνατότητα να εγκαταστήσουν και scrubber ή μηχανή καύσης υγροποιημένου φυσικού αερίου. Οι εν λόγω επιλογές συνιστώνται στα υπό κατασκευή πλοία καθώς το κόστος προσθήκης τους

είναι χαμηλότερο ενώ η περίοδος απόσβεσης ικανή έτσι ώστε να αποφέρει κέρδη το πλοίο. Τα scrubbers είναι κατασκευές μεγάλου όγκου με συνέπεια να μειώνεται ο διαθέσιμος χώρος στο πλοίο για μεταφορά φορτίου. Κατά τη σχεδίαση του πλοίου, θα πρέπει να έχει συμπεριληφθεί η προσθήκη του έτσι ώστε να γίνει η βέλτιστη κατανομή χώρου. Η εγκατάσταση scrubber ή προσθήκη μηχανής υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελεί σημαντικού κόστους επενδύσεις για τους πλοιοκτήτες με συνέπεια να μην είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς καθώς αναλαμβάνουν σημαντικό ρίσκο. Ωστόσο οι ναυλωτές, ειδικά εκείνοι που επιλέγουν χρονοναυλώσεις και μακροπρόθεσμα contract of affreightment, μπορούν να εξοικονομήσουν μεγάλο ποσοστό επί του κόστους προμήθειας καυσίμων εάν επιλέξουν πλοία με scrubbers ειδικά το πρώτο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή της νομοθεσίας σε περίπτωση που η τιμή του heavy fuel oil είναι χαμηλή χωρίς να έχουν να προβληματιστούν για πιθανά προβλήματα με τη χρήση νέων καυσίμων και πιθανή off hire περίοδο. Η ζήτηση από την πλευρά των ναυλωτών θα είναι παράγοντας για την κινητοποίηση των πλοιοκτητών και την επιλογή της κατάλληλης λύσης. Οι ναυλωτές, που δραστηριοποιούνται στην spot αγορά θα αντιμετωπίσουν υψηλότερο κόστος ναύλων, καθώς οι πλοιοκτήτες που διαθέτουν scrubbers θα είναι διατεθειμένοι να ναυλώσουν σε οριακά χαμηλότερη τιμή από αυτούς που έχουν χρησιμοποιούν συμβατά καύσιμα με σκοπό να διασφαλίσουν το κέρδος τους.

Τα δυλιστήρια, προκειμένου να επιλέξουν τη στρατηγική τους, οφείλουν να εκτιμήσουν τη ζήτηση σε ποιο προϊόν θα κατευθυνθεί ανάλογα την περιοχή που δραστηριοποιούνται έτσι ώστε να αποφασίσουν εάν θα προβούν σε αναβάθμιση των εγκαταστάσεων τους. Επίσης, σημαντικές θα είναι για εκείνους οι συμφωνίες με τους πλοιοκτήτες για να αντισταθμίσουν πιθανούς κινδύνους από τις διακυμάνσεις στην αγορά ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι προσεκτικοί στην έκθεσή τους σε υψηλή πίστωση σε συγκεκριμένο συνεργάτη γιατί μία πιθανή κρίση στο σύστημα θα τους προκαλέσει απώλειες.

Λόγω του υψηλού κόστους για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, οι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί θα αντιμετωπίσουν αυξημένη ζήτηση για κεφάλαια. Ήδη από το Σεπτέμβριο του 2018 η Nordea, η ABN Amro, η Danish Ship Finance, η DNB, η ING, η SEB και η Swedbank έδωσαν δάνειο 50 εκατομμυρίων δολαρίων στην DHT Holdings Inc. Ταυτόχρονα, το κόστος της ασφάλισης θα αυξηθεί λόγω της υψηλότερης αξίας καυσίμων, το ίδιο και το κόστος ασφάλισης των δανείων αφού αυξάνεται ο βαθμός κινδύνου.

Η υλοποίηση της νομοθεσίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον έλεγχο που διενεργείται από τις αρμόδιες αρχές κράτη και λιμενικές αρχές. Μέχρι στιγμής, τα πλοία υποχρεούνται να

τηρούν αρχείο με τα bunker delivery notes , όπου θα αναφέρουν την ποιότητα του καυσίμου που έχουν προμηθευτεί έτσι ώστε να εκδοθεί το κατάλληλο πιστοποιητικό από τη σημαία. Η διεξαγωγή ελέγχων και το ύψος των προστίμων δεν έχει οριστικοποιηθεί, ωστόσο προτάσεις έχουν γίνει αναφορικά με τη λήψη δειγμάτων από ελεγκτές , από αεροπλάνα με μηχανισμούς και επιβολή υψηλών προστίμων σε περίπτωση παραβίασης των ορίων. Σε περίπτωση που δεν οριστικοποιηθούν με την έλευση του 2020, είναι πολύ πιθανή η ύπαρξη παραβίασης των ορίων και μη εναρμόνισης με τον κανονισμό.

Ουσιαστικά δεν υπάρχει η σωστή επιλογή για τους πλοιοκτήτες, ο καθένας καλείται να λάβει τη βέλτιστη απόφαση για το στόλο του ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, την ηλικία του και το μέγεθός του. Το ίδιο ισχύει για όλους τους εμπλεκόμενους στη ναυτιλία, όπου θα αποφασίσουν με βάση τους μοναδικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον καθένα. Καθώς περνάει ο χρόνος, οι πληροφορίες στην αγορά αλλάζουν συνεχώς. Σε αυτή τη συνεχώς μεταβαλλόμενη αγορά , η ποσοτικοποίηση του ρίσκου είναι ιδιαίτερα σημαντική για κάθε απόφαση που λαμβάνεται.

Αδιαμφισβήτητα, θα πάρει πολλά χρόνια για να διαπιστωθεί εάν ο ΙΜΟ έχει καταφέρει τους στόχους του και συγκεκριμένα τη βελτίωση της δημόσιας υγείας , του περιβάλλοντος καθώς και την αποκόμιση οικονομικών οφελών για τα κράτη. Τα εμπλεκόμενα μέρη σίγουρα θα έχουν να αντιμετωπίσουν νέες προκλήσεις έτσι ώστε να διατηρήσουν το κέρδος τους, να είναι περιβαλλοντικά φιλικό με τη δραστηριότητά τους και να συνεχίζει η ναυτιλία σε όρους μεταφορικού έργου να είναι το οικονομικότερο μέσο μεταφοράς.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Γρηγορίου Κυριάκος, 2020 Global 0.5% Sulphur cap challenges, Safety4sea Μάιος 2018. Ανασύρθηκε στις 25.9.2018 από το <https://safety4sea.com/cm-2020-global-0-5-sulphur-cap-challenges>
2. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Οδηγία 1999/32/ΕΚ της 26 Απριλίου 1999. Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a093e44c-bf78-434b-92c7-d726dc5ad012/language-el>
3. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Οδηγία 2005/33/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 6 Ιουλίου 2005. Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:191:0059:0069:EL:PDF>
4. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Οδηγία 2016/802 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11 Μαΐου 2016. Ανασύρθηκε στις 15/08/2018 από <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/el/TXT/?uri=CELEX:32016L0802>
5. Κοτρικλά Α.Μ. ,Ατμοσφαιρική Ρύπανση από τη Ναυτιλία, Καλλίπος, 2015
6. Λιάπης Νικόλαος , Ναυτιλιακά Καύσιμα μετά το 2020, Ναυτεμπορική Ιούνιος 2018. Ανασύρθηκε στις 19/8/2018 από <https://www.naftemporiki.gr/afieromata/story/1356658/ta-nautiliaka-kausima-meta-to-2020>
7. Μήτρου Παναγιώτης, Scrubbers Risks and Opportunities, Safety4sea, Μάιος 2018. Ανασύρθηκε στις 13/9/2018 από www.safety4sea.com/cm-scrubbers-risk-and-opportunities
8. Τσελέντης Β., Διαχείριση Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και Ναυτιλία, Σταμούλης, Αθήνα, 2008
9. Τσιουρής Σ., Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Γαρταγάνης, 2004, Θεσσαλονίκη
10. Χατζηγηγόρης Σταύρος, Παράσχος Λιάδης, Scrubber Technologies, Νοέμβριος 2017

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Agren Christer, Shipping air pollution costs €60 billion per year, Air Pollution & Climate Secretariat, Οκτώβριος 2013
2. Alfa Laval. Ανασύρθηκε στις 10-01-2018 από:
<https://www.alfalaval.com/media/news/2016/alfa-laval-puresox-offers-cost-effective-compliance-with-the-2020-global-sulphur-cap>
3. Alfa Laval. Ανασύρθηκε στις 10-01-2018 από:
<https://www.alfalaval.com/media/news/2018/alfa-laval-is-optimizing-the-entire-fuel-line-to-address-2020-fuel-challenges/>
4. Anish, A guide to Marine Gas Oil and LSFO used on ships, Marineinsight, Μάιος 2018. Ανασύρθηκε στις 3/10/2018 από το
<https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>
5. Air Pollution & Climate Secretariat, Ship Emissions, Νοέμβριος 2011.
Ανασύρθηκε στις 5.9.2018 από: <http://www.airclim.org/air-pollution-ships>
6. BP, Marpol 2020 and beyond .Ανασύρθηκε στις 5/10/2018 από:
https://www.bp.com/content/dam/bp-trading/en/global/trading/Documents/7718%20MARPOL%20Brochure_web.pdf
7. Cambiaso Risso Marine S.p.A, Challenges of IMO’s 0.5% Global Bunker Sulphur Cap, Δεκέμβριος 2016. Ανασύρθηκε στις 8/9/2018 από: <http://www.cambiasorisso.com/challenges-of-imos-0-5-global-bunker-sulphur-cap>
8. Clarksons Research, “Sox 2020: Effects on the oil products markets”, 2017
9. Concawe, The EU refining industry and the challenge of the IMO global Sulphur limit for bunker fuel, Δεκέμβριος 2017
10. DNV GL, Global Sulphur Cap 2020, Οκτώβριος 2016
11. E4SHIPS C/O Hysolutions GmbH, Concept fuel cell. Ανασύρθηκε στις 19/9/2018 από το <http://www.e4ships.de/Concept-Fuel-Cell.html>
12. Eyring Veronica, Aerosols from ocean shipping cause a significant negative climate forcing, Institute of Atmospheric Physics, Νοέμβριος 2007
13. Florence Tan, Osamu Tsukimori, Julia Payne, How the world’s oil refiners plan to grapple with their fuel oil output after 2020, Reuters, Σεπτέμβριος 2018

14. Idc Consorzio, All you need to know about exhaust gas scrubbers. Ανασύρθηκε στις 5/10/2018 από <https://www.idcconsorzio.com/all-you-need-know-about-scrubbers>
15. IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, MEPC 39. Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.39\(29\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.39(29).pdf)
16. IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Pages/MEPC-1992-93.aspx](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Pages/MEPC-1992-93.aspx)
17. IMO, Sulphur oxides (Sox) and Particular Matter (PM)-Regulation 14, Ανασύρθηκε στις 5/8/2018 από [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)
18. IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, FAQ, The 2020 global sulphur limit. Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/FAQ_2020_English.pdf
19. IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, MEPC 71. Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από <http://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/mepc/pages/mepc-71.aspx>
20. IMO, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, MEPC 72. Ανασύρθηκε στις 7/8/2018 από <http://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/mepc/pages/mepc-72nd-session.aspx>
21. Infospectrum, Tracking the impact of IMO's 2020 global sulphur limit regulation on risk management and counterparty risk appraisal, Νοέμβριος 2018
22. International Chamber of Shipping, Compliance with the 2020 Global Sulphur Cap, Marisec Publications, Σεπτέμβριος 2018
23. Jack Jordan, Maurice Geller , "CEPSA sees 2020 0.5% sulphur bunker fuel prices \$110-\$130/mt below MGO", Μάρτιος 2018
24. Jack Jordan and Tom Washington, Uncertainty looms over marine fuel sulphur limit: fuel for thought, S& P Global Platts, Απρίλιος 2018
25. Johnny Kackur, Shipping in the 2020 era-selection of fuel and propulsion machinery, Wartsila Marine Solutions business white paper,2018

26. Lee Hong Liang, The 2020 IMO fuel sulphur regulation, Seatrade Maritime News, Σεπτέμβριος 2017
27. Macro and Ficc Research, Imo2020 Report, New 2020 Sulphur regulations for Global Shipping, 2018
28. Malcolm Latarche, How do scrubbers on ship really work, Shipinsight, 2017
29. Marsh and McLennan Companies, Marsh Report: Emissions Regulations: Concerns for the Marine Industry, Αγγλία, 2015
30. Marpol Annex VI, Consolidated Edition 2017
31. Michael Ramsey, Low Sulphur Fuel in 2020, Μάρτιος 2017
32. Ned Molloy, The IMO's 2020 Global Sulphur Cap, S&P Global Platts, Οκτώβριος 2016
33. Niels Bjorn Mortensen, Sulphur Cap enforcement: Who will cheat?, Ιούνιος 2018
Ανασύρθηκε στις 26.9.2018 : https://www.mpropulsion.com/news/view,sulphur-cap-enforcement-who-will-cheat_52186.htm
34. Paul Stuart-Smith, Sulphur cap risks painful charter-party disputes, Μάιος 2018
35. Rajesh Verma, The dilemma of fitting scrubbers, Drewry Shipping Consultants Limited, Αύγουστος 2018
36. Ralph Grimmer, James Ahrens, Leigh Noda , Refiners' Perspective, Stillwater Associates, Νοέμβριος 2017
37. Ralph Grimmer, The evolution of the marine sulphur regulation, Stillwater Associates, Σεπτέμβριος 2017
38. Ralph Grimmer, Adrian Tolson, Bunker Suppliers and Blenders Perspective, Stillwater Associates, Ιανουάριος 2018
39. Ralph Grimmer, Enforcement, Stillwater Associates, Φεβρουάριος 2018
40. Ship and Bunker news, Port State Control to begin warning vessels not ready for IMO 2020, Ανασύρθηκε στις 29/12/2018 από <https://shipandbunker.com/news/world/345249-port-state-control-to-begin-warning-vessels-not-ready-for-imo2020>
41. Signals, North P&I Club, Ιούνιος 2018
42. Streamlined Naval Architects, Scrubber Retrofit, IMO 2020 0.5% sulphur limit requirements, 2018
43. Sullivan Nadia, Challenges and Impact of the Sulphur conundrum, Μάιος 2018
44. Svend Stenberg Moholt, COO, Why the 2020 sulphur cap needs tough enforcement, MONJASA Group, 2018

45. Thomas Miller, UK Defence Club, “Sulphur emissions-avoiding and minimizing charter-party disputes”, Ιούνιος 2018
46. Transport and Environment, Air Pollution from ships, ανασύρθηκε στις 5/8/2018 από <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>
47. UKPIA, The impact of IMO Marpol Sulphur Regulations on UK refining ανασύρθηκε στις 17/9/2018 από www.ukpia.com/industry_issues/fuels/marine-fuel.aspx
48. Wallenius Wilhelmsen Logistics, Reducing Sulphur Emissions- a joint effort, Ανασύρθηκε στις 27/10/2018 από το https://www.2wglobal.com/globalassets/7.-news--insights/news/wp-reducing_sulphur_emissions_6.pdf
49. Watson Farley & Williams, 2020 Global Sulphur Cap, Οκτώβριος 2018
50. Wikipedia, Marpol 73/78. Ανασύρθηκε στις 10/10/2018 https://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL_73/78#Annex_VI