



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ**  
**ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ο κανονισμός του IMO για τον έλεγχο των εκπομπών διοξειδίου του  
θείου**  
**(IMO regulation for the control of Sulphur dioxide emissions)**

**ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΜΑΡΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΖΑΝΝΑΤΟΣ ΕΡΝΕΣΤΟΣ**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2022**

## **Δήλωση αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright**

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

Η δηλούσα

Μάρη Διονυσία

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

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

Καθ. Ερνέστος Τζαννάτος (Επιβλέπων)

Καθ. Φανή Σακελλαριάδου

Καθ. Αναστάσιος Τσελεπίδης

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

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό, θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Τζανάτο Ερνέστο για την πολύτιμη και συνεχή καθοδήγησή του, την αμέριστη υποστήριξη, καθώς και τις ουσιώδεις συμβουλές του, κατά την διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές και ειλικρινείς ευχαριστίες μου και σε όλους τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια κατά την διάρκεια της φοίτησής μου, για την αβίαστη συνεργασία τους όποτε χρειάστηκα την βοήθεια τους αλλά περισσότερο για το ήθος που επέδειξαν και επιχείρησαν να μας μεταδώσουν.

Κυρίως όμως, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω και να αφιερώσω την διπλωματική μου εργασία στους γονείς μου που με την αδιάκοπη αγάπη, επιμονή και υπομονή τους μου συμπαραστάθηκαν και με στήριξαν στο δύσκολο αυτό αγώνα μου κατά την διάρκεια της φοίτησης μου, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου στο τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

## **Περίληψη**

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στη μελέτη του εξωτερικού κόστους των μεταφορών και ειδικότερα των εκπομπών του διοξειδίου του θείου των εμπορικών πλοίων και αφετέρου στην παρουσίαση του διεθνούς κανονιστικού πλαισίου και στην ανάλυση της επίδρασης των μέτρων ελέγχου αυτών των εκπομπών στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Παράλληλα εξετάζονται οι επιδράσεις του διοξειδίου του θείου στον άνθρωπο, το περιβάλλον αλλά και στην οικονομία και πως η μείωση του διοξειδίου του θείου συμβάλει στην βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Επιπλέον θα εξεταστούν οι τρόποι με τους οποίους η ναυτιλιακή βιομηχανία ανταπεξήλθε και προσαρμόστηκε στον κανονισμό του IMO. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συγγραφή της παρούσας εργασίας στηρίχθηκε σε χρήση εγχώριας και διεθνούς βιβλιογραφίας καθώς και του διαδικτύου. Οι πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από βιβλία, άρθρα, μελέτες, αναλύσεις, σημειώσεις από διαλέξεις μαθημάτων Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων καθώς και συνεδρίων. Τέλος τα κύρια αποτελέσματα της ανάλυσης ήταν ότι αν και ο κανονισμός του IMO επηρέασε αισθητά την ναυτιλιακή βιομηχανία με την αύξηση του κόστους των καυσίμων για όσους επέλεξαν VLSFO και MGO αλλά και το κόστος εγκατάστασης συστημάτων scrubber ή συστημάτων LNG.

### **Λέξεις κλειδιά:**

- IMO
- SO<sub>x</sub>
- Ναυτιλία
- ULSFO
- VLSFO
- MGO
- Scrubber
- LNG
- SECA

## **Abstract**

This thesis aims to study the external costs of transport and in particular the sulfur dioxide emissions of merchant ships and on the other hand to present the international regulatory framework and to analyze the impact of measures to control these emissions in the shipping industry. At the same time, the effects of sulfur dioxide on humans, the environment and the economy are examined as well as how the reduction of sulfur dioxide contributes to the improvement of living standards. In addition, the ways in which the shipping industry has coped and adapted to the IMO regulation will be examined. The methodology used to write this paper was based on the use of domestic and international literature as well as the internet. The information used was extracted from books, articles, studies, analyses, notes from lectures of Higher Education Institutions as well as conferences. Finally, the main results of the analysis were that although the IMO regulation significantly affected the shipping industry with the increase of fuel cost for those who chose to use VLSFO and MGO, but also the cost of installation of scrubber systems or LNG systems.

Keywords:

-IMO

-SO<sub>x</sub>

-Shipping

-ULSFO

-VLSFO

-MGO

-Scrubber

-LNG

-SECA

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	9
1.Εξωτερικό κόστος μεταφορών .....	11
1.2. Εξωτερικό κόστος εκπομπών SO <sub>x</sub> .....	12
1.2.1 Επιπτώσεις στον άνθρωπο .....	13
1.2.2 Επιπτώσεις σε κτήρια και μνημεία.....	14
1.2.3 Επιπτώσεις σε ζώα και περιβάλλον .....	15
1.3. Εξωτερικό κόστος SO <sub>x</sub> των πλοίων .....	17
1.4. Θετικές επιδράσεις SO <sub>x</sub> των πλοίων.....	20
2.Θεσμικό πλαίσιο ελέγχου αερίων εκπομπών των πλοίων .....	22
2.1 IMO (International Maritime Organization).....	22
2.2.Ευρωπαϊκή Ένωση.....	25
2.3.Κανονισμός SO <sub>x</sub> .....	28
2.4 Sulfur Emission Control Area (SECA) .....	31
2.5. Sulfur Emission Control Area (SECA) στην Κίνα.....	32
3.Μέτρα ελέγχου εκπομπών SO <sub>x</sub> και επιπτώσεις.....	36
3.1.LSFO (Low Sulfur Fuel Oil) .....	36
3.1.1.MGO (Marine Gas Oil) .....	36
3.1.2.ULSFO (Ultra Low Sulfur Fuel Oil).....	38
3.1.3.VLSFO (Very Low Sulfur Fuel Oil).....	39
3.1.4. Ship Implementation Plan (SIP).....	40
3.1.5. Αποστάγματα (Distillates) .....	42
3.1.6. Αναμειγμένα Υπολειμματικά Καύσιμα (Blended Residual Fuels).....	42
3.1.7. Καθαρισμός δεξαμενών .....	43
3.1.8.Τιμές VLSFO .....	45
3.1.9. Τιμές MGO.....	53
3.2.Scrubbers.....	54
3.2.1. Fresh Water (Open Loop) .....	55
3.2.2. Fresh Water (Closed Loop) .....	58
3.2.3. Hybrid Scrubbers .....	59
3.2.4.Ξηρά (Dry) Scrubbers.....	61
3.2.5. Κανονισμοί IMO για Scrubbers .....	62
3.2.6. Συντήρηση .....	68

3.2.7. Εγκατάσταση και κόστος .....	70
3.3.LNG .....	74
3.3.1. Κόστος και εγκατάσταση συστήματος LNG .....	78
3.3.2 LNG VS Scrubbers .....	80
4.Συμπεράσματα .....	82
5. Βιβλιογραφία.....	83
6. Παραρτήματα .....	87



## Εισαγωγή

Από 1 Ιανουαρίου 2020 η βιομηχανία της ναυτιλίας βρέθηκε αντιμέτωπη με μια μεγάλη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας της διότι όλα τα πλοία έπρεπε να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO<sub>x</sub>) από 3,5% στα διεθνή ύδατα σε 0,5%, ενώ στις περιοχές SECA 0,1% (όπως είχε τεθεί από 01 Ιανουαρίου 2015). Ο νόμος αυτός τέθηκε από τον IMO (International Maritime Organization) με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής, αλλά και με σκοπό να διατηρηθεί η διεθνής ναυτιλιακή βιομηχανία ως ο πιο περιβαλλοντολογικά αποτελεσματικός τρόπος μεταφοράς προϊόντων.

Βέβαια η αλλαγή αυτή δεν είναι πρωτόγνωρη για την ναυτιλιακή βιομηχανία καθώς έχουν τεθεί και άλλοι περιορισμοί στις εκπομπές του θείου στο παρελθόν στις οποίες θα αναφερθούμε στα επόμενα κεφάλαια.

Για τον κανονισμό του 2020 υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορούν τα εμπορικά πλοία να μειώσουν τις εκπομπές SO<sub>x</sub> :

- Κατανάλωση καυσίμων με μειωμένη περιεκτικότητα SO<sub>x</sub> (LSFO)
- Εγκατάσταση συστημάτων scrubbers
- Κατανάλωση LNG

Κάθε μια από τις παραπάνω λύσεις παρουσιάζει διάφορες προκλήσεις τις οποίες οι εταιρείες έπρεπε να λύσουν πριν από την 01/01/20. Για παράδειγμα η λύση των scrubbers παρουσιάζει μεγάλο πρόβλημα ως προς το κόστος, η εγκατάσταση ενός scrubber ανέρχεται περίπου στα 1-2 εκατομμύρια δολάρια, μια επένδυση την οποία πολλοί πλοιοκτήτες προτιμούν να αποφύγουν, ειδικά αν ο στόλος τους αποτελείται από μικρά και παλιά πλοία. Εκτός αυτού αρκετές χώρες έχουν απαγορεύσει την χρήση συγκεκριμένων τύπου scrubbers (openloop) στα χωρικά τους ύδατα, με αποτέλεσμα πολλές εταιρείες να έχουν επενδύσει σε τέτοιου είδους scrubbers αλλά να μην μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν σε όλα τα λιμάνια. Για αυτό τον λόγο οι περισσότερες πλοιοκτήτριες εταιρείες στρέφονται προς τα LSFO, εδώ βέβαια παρουσιάζονται προβλήματα συμβατικότητας, πρόσμιξης διαφορετικών καυσίμων, καθώς και διαθεσιμότητας, διότι υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στην αγορά

όσων αφορά την διαθεσιμότητα αυτών των καυσίμων αλλά και των τιμών τους καθώς δεν είναι ακόμα γνωστές οι τιμές τους οι οποίες ενδέχεται να αυξηθούν υπερβολικά.

Το μόνο σίγουρο σε αυτό το στάδιο είναι ότι το κόστος των θαλάσσιων μεταφορών έχει αυξηθεί σημαντικά, αυτό παρουσιάζει το πρόβλημα του πως μεταφέρθηκε αυτό το κόστος στην αγορά. Είναι σίγουρο ότι το κόστος των προϊόντων που μεταφέρονται με πλοία (σχεδόν όλα τα προϊόντα μεταφέρονται με πλοία σε κάποιο στάδιο της παραγωγής τους) έχει αυξηθεί, αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση της καταναλωτικής δύναμης των καταναλωτών ανά τον κόσμο. Το αντάλλαγμα βέβαια για αυτό το κόστος είναι καλύτερη ποιότητα ζωής μετά την μείωση των εκπομπών SO<sub>x</sub>.

## 1.Εξωτερικό κόστος μεταφορών

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στα εξωτερικά κόστη των μεταφορών και πιο συγκεκριμένα στο εξωτερικό κόστος των SOx εκπομπών που δημιουργούνται από την δραστηριότητα των εμπορικών πλοίων.

Τα μέσα μεταφοράς κατηγοριοποιούνται ως εξής:

-Χερσαία μέσα μεταφοράς

- Ιδιωτικά αυτοκίνητα
- Μοτοσυκλέτες
- Λεωφορεία
- Ελαφρά εμπορικά οχήματα , LCV (Light Commercial Vehicles)
- Βαριά εμπορικά οχήματα, HCV (Heavy Commercial Vehicles)

-Σιδηρόδρομος

- Επιβατικά τρένα υψηλής ταχύτητας
- Ηλεκτρικά επιβατικά τρένα
- Ντίζελ επιβατικά τρένα
- Ηλεκτρικά εμπορικά τρένα
- Ντίζελ εμπορικά τρένα

-Ναυτιλία

- Εμπορικά πλοία
  - Δεξαμενόπλοια (Tankers, Gas Carriers)
  - Φορτηγά Πλοία ( Bulk Carriers)
  - Γενικού Φορτίου (General Cargo)
  - Εμπορευματοκιβωτίων (Container Ships)
- Επιβατικά πλοία
  - Κρουαζιερόπλοια (Cruise Ships )
  - Σκάφοι αναψυχής (Yachts)
  - Ferry Boats

-Εν αέρια μέσα μεταφοράς

- Επιβατικά Αεροπλάνα
- Ελικόπτερα
- Πολεμικά εν αέρια μέσα

Τα εξωτερικά κόστη των μεταφορών διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Ατμοσφαιρική ρύπανση (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, Nox, κ.τ.λ.)
2. Ατυχήματα
3. Κλιματική αλλαγή
4. Ηχορύπανση
5. Συμφόρηση

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στην ατμοσφαιρική ρύπανση διοξειδίου του θείου.

## 1.2. Εξωτερικό κόστος εκπομπών SO<sub>x</sub>

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τις αρνητικές καθώς και τις θετικές επιδράσεις των εκπομπών SO<sub>x</sub>.

Το διοξείδιο του θείου είναι ένας άχρωμος και δραστικός ρύπος με έντονη οσμή, οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να ανιχνεύσουν το διοξείδιο του θείου σε επίπεδα από 1 έως 3 ppm (1 ppm ισοδυναμεί με 2,62 mg/mm). Άλλα χαρακτηριστικά του SO<sub>x</sub> είναι τα εξής:

- Μοριακό βάρος : 64,06dalton
- Σημείο βρασμού (760mm Hg): -10 °C
- Σημείο πήξης: -72,7 °C
- Υδατοδιαλυτότητα: 11.3 g/100 mL στους 20°C
- Μη εύφλεκτο<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Sulfur Dioxide | Medical Management Guidelines | Toxic Substance Portal, Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Human Health Sciences, October 2014. <https://www.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=249&toxid=46>

### 1.2.1 Επιπτώσεις στον άνθρωπο

Για τους ανθρώπους ο κυρίως τρόπος έκθεσης στο SO<sub>x</sub> είναι η εισπνοή, που οφείλετε στην ατμοσφαιρική ρύπανση και έχει βραχυπρόθεσμες και χρόνιες επιπτώσεις σε άτομα με πνευμονικές νόσους. Το εισπνεόμενο SO<sub>x</sub> αντιδρά εύκολα με την υγρασία των βλεννογόνων και σχηματίζει θειικό οξύ το οποίο προκαλεί σοβαρούς ερεθισμούς. Τα άτομα με άσθμα μπορεί να παρουσιάσουν αυξημένη αντίσταση των αεραγωγών σε συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub> μικτότερες από 0,1 ppm κατά την άσκηση. Οι υγιείς ενήλικες εμφανίζουν αυξημένη αντίσταση με 5 ppm, φτέρνισμα και βήχα με 10 ppm και βρογχόσπασμο με 20 ppm. Εκθέσεις από 50 ppm έως 100 ppm είναι ανεκτές για περισσότερο από 30 με 60 λεπτά, αλλά υψηλότερες και μεγαλύτερες σε διάρκεια εκθέσεις μπορεί να προκαλέσουν θάνατο από απόφραξη των αεραγωγών. Το SO<sub>2</sub> είναι πιο βαρύ από τον αέρα, έτσι η έκθεση σε ανεπαρκώς αεριζόμενους, κλειστούς ή χαμηλοτάβανους χώρους μπορεί να οδηγήσει σε ασφυξία.

Επιπτώσεις	Συγκέντρωση (ppm)
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς.	1 – 2
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση.	0.6 – 0.75
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς με μέτρια έως έντονη άσκηση.	0.4 – 0.6
Χωρίς επιπτώσεις σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση και ασήμαντες επιπτώσεις σε μη-ασθματικούς σε μέτρια άσκηση.	0.1 – 0.3

Πηγή (Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς, <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>)

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στο SO<sub>x</sub> προκαλεί συστολή των αναπνευστικών αγγείων στους ασθματικούς και σε όσους έχουν ευαισθησία. Για παράδειγμα μια έκθεση διάρκειας 5 με 10 λεπτών αρκεί για να προκληθούν ασθματικά επεισόδια. Η μακροχρόνια έκθεση σε SO<sub>x</sub> προκαλεί στένωση στην τραχεία παρόμοια με την βρογχίτιδα. Έρευνες έχουν δείξει ότι στα παιδιά από περιοχές με μεγάλες

συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub> παρατηρούνται περισσότερο περιστατικά με βήχα, βρογχίτιδα και λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού σε σύγκριση με παιδιά από περιοχές με χαμηλότερες συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub>.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα σωματίδια SO<sub>x</sub> αντιδρούν και σχηματίζουν πιο επικίνδυνα όξινα θειικά σωματίδια. Αυτά τα σωματίδια εισπνέονται βαθύτερα στους πνεύμονες από ότι το SO<sub>x</sub> και εγκαθίστανται εκεί. Αυτό γίνεται πιο έντονο στους αθλούμενους διότι αναπνέουν συνήθως από το στόμα παρακάμπτοντας έτσι τις φυσικές οδούς φιλτραρίσματος των ρινικών οδών. Η ομίχλη μετατρέπει επίσης το SO<sub>x</sub> σε όξινα θειικά αερολύματα τα οποία επίσης εισέρχονται βαθύτερα στους πνεύμονες όπως τα θειικά σωματίδια τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε πρόωρους θανάτους.<sup>2</sup>

Το θειικό οξύ έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο τάξεως 1 από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο. Συνεπώς είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο για τον άνθρωπο και η υψηλή συγκέντρωση του σε κατοικημένες περιοχές πρέπει να μειωθεί, ώστε να μην επηρεάζεται το βιοτικό επίπεδο.

### 1.2.2 Επιπτώσεις σε κτήρια και μνημεία

Τα κτήρια και γενικότερα τα δομικά υλικά, υπόκεινται φθορές που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα, όπως η βροχή, ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία. Ωστόσο η παρουσία ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων βλάπτουν και επιταχύνουν την ‘‘γήρανση’’ των οικοδομικών υλικών. Η ζημιά σε κτήρια και μνημεία που οφείλετε στην έκθεση στο SO<sub>x</sub> μπορεί να αποτελέσει βάρος για τις οικονομίες των βιομηχανικών χωρών<sup>3</sup>. (Nriagu, J.O. 1978)

Για παράδειγμα οι ετήσιες απώλειες στα οικοδομικά υλικά που οφείλονται στο SO<sub>2</sub> στον Καναδά το 1977 υπολογίζονται στα 280 εκατομμύρια δολάρια<sup>4</sup>. (Sereda, P.J. 1977.)

---

<sup>2</sup> Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς

<http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis>

<sup>3</sup> Nriagu, J.O. 1978. Deteriorative Effects of Sulfur Pollution on Materials. In Sulfur In The Environment Part II: Ecological Impacts, Nriagu, J.O. (ed.), John Wiley & Sons, Toronto, ON, pp. 1-59.)

<sup>4</sup> Sereda, P.J. 1977. Effects of Sulphur on Building Materials. In Sulphur And Its Inorganic Derivatives In the Canadian Environment. Ad hoc Panel of Experts Management Subcommittee, NRC Associate

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους το SO<sub>x</sub> μπορεί να μεταφερθεί στην επιφάνεια των δομικών υλικών. Το SO<sub>x</sub> διαλύεται στα σταγονίδια της βροχής αναμιγνύεται με το νερό και σχηματίζει το θειικό οξύ. Σε ξηρή μορφή το SO<sub>x</sub> εναποθέτετε ως μικρά όξυνα σωματίδια ή ως πρόδρομο αέριο.<sup>5</sup> (Baedecker, P. A., E.O. Edney, P.J. Moran, T.C. Simpson, R.S. Williams, R.P. Hoaker, G. Kishiyama, D. Langmuir, E.S. McGee, V.G. Mossotti, M.J. Pavich, M.M. Reddy, K.J. Reimann, R. Schmiernund, C.A. Sciammarella, E.C. Spiker, M.L. Weseley, and C.A. Youngdahl. 1990). Για παράδειγμα σε λιθοδομές οι ατμοσφαιρικές θειούχες ενώσεις αντιδρούν με ανθρακικές ενώσεις στις επιφάνειες και σχηματίζουν πιο διαλυτές θειούχες ενώσεις όπως το θειικό ασβέστιο (CaSO<sub>4</sub>), θειικό μαγνήσιο (MgSO<sub>4</sub>) και διττανθρακικό ασβέστιο (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) . Το νερό είτε ως υγρασία είτε ως βροχή απαιτείται ώστε αυτές οι ενώσεις να πραγματοποιηθούν<sup>6</sup>. (Harter, P. 1986.)

SO<sub>2</sub> σε ξηρή μορφή χωρίς την παρουσία νερού δημιουργεί κρούστες σε ασβεστολιθικές επιφάνειες οι οποίες, λόγω της ετερογενούς και αδιαπέραστης φύσης τους, κάνουν την υποκείμενη πέτρα να χαλαρώσει και να ξεφλουδίσει. Ο Lipfert (1989) ανέφερε ότι το 85% της διάβρωσης των ασβεστολιθικών κατασκευών στις βορειοανατολικές ΗΠΑ οφείλετε στην καθαρή βροχή, το 5% στην όξινη βροχή και το υπόλοιπο 10% στο SO<sub>x</sub>. Συνεπώς το SO<sub>x</sub> έχει μια πολύ σημαντική επίδραση στην διάβρωση των κτηρίων, μνημείων και γενικά όλων των δομικών υλικών.<sup>7</sup> ( Lipfert, F.W. 1989)

### 1.2.3 Επιπτώσεις σε ζώα και περιβάλλον

Όπως αναφερθήκαμε στις επιπτώσεις στον άνθρωπο, η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις SO<sub>x</sub> οδηγεί σε πολλές επιπλοκές μερικές από τις οποίες είναι η άμεση βρογχική στένωση, στένωση των αεραγωγών, αυξημένη πνευμονική

---

Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, National Research Council of Canada, Ottawa, ON, pp. 359-426

<sup>5</sup> Baedecker, P. A., E.O. Edney, P.J. Moran, T.C. Simpson, R.S. Williams, R.P. Hoaker, G. Kishiyama, D. Langmuir, E.S. McGee, V.G. Mossotti, M.J. Pavich, M.M. Reddy, K.J. Reimann, R. Schmiernund, C.A. Sciammarella, E.C. Spiker, M.L. Weseley, and C.A. Youngdahl. 1990. Effects of Acidic Deposition on Materials. NAPAP Report 19, Acidic Deposition: State of Science and Technology; National Acid Precipitation Assessment Program, 722 Jackson Place, NW, Washington, DC.)

<sup>6</sup> Harter, P. 1986. Acidic Deposition – Materials and Health Effects. International Energy Agency (IEA) Coal Research, London, UK. 71 pp

<sup>7</sup> Lipfert, F.W. 1989. Atmospheric Damage to Calcareous Stones: Comparison and Reconciliation of Recent Experimental Findings. Atmos. Environ., 23: 415-429

αντίσταση, αυξημένη αντιδραστικότητα των αεραγωγών και αλλαγές στον μεταβολισμό. Ενώ η χρόνια έκθεση οδηγεί σε πρήξιμο των ιστών του βλεννογόνου και αυξημένες εκκρίσεις. Οι ίδιες επιπτώσεις ισχύουν και για τα ζώα. Μελέτες σε ποντίκια πειραματόζωα δείχνουν ότι η εισπνοή SO<sub>x</sub> προκαλεί βρογχοσυστολή, αυξάνει την αντίσταση της αναπνευστικής ροής, αυξάνει την παραγωγή βλέννας και έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την ικανότητα αντίστασης σε βακτηριακές μολύνσεις.<sup>8</sup> (Amdur, M.O. 1978)

Σε κουνέλια η οξεία έκθεση σε SO<sub>x</sub> (16 mg/m<sup>3</sup> (6ppm) για 4 ώρες) είχε ως αποτέλεσμα τον ερεθισμό των ματιών, επιπεφυκίτιδα, μόλυνση και δακρύρροια. Σε γάτες σύντομες εκθέσεις (30 λεπτά) σε συγκεντρώσεις έως 26 mg/m<sup>3</sup> (100ppm) προκαλούν πιο σημαντικές αναπνευστικές αλλαγές, οι οποίες είναι συνήθως πλήρως αναστρέψιμες μετά το τέλος της έκθεσης<sup>9</sup>. (Corn, M., N. Kotsko, D. Stanton, W. Bell and A. P. Thomas. 1972)

Στην Ευρώπη έχουν καταγραφεί θάνατοι βοοειδών μετά από περιστατικά ατμοσφαιρικής ρύπανσης (SO<sub>x</sub>, θειικό οξύ, όξινη ομίχλη). Υπάρχουν ορισμένες αναφορές δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία βοοειδών σε φάρμες κοντά σε εργοστάσια παραγωγής όξινων αερίων. Ωστόσο σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει έκθεση σε πολλές διαφορετικές χημικές ουσίες όχι μόνο SO<sub>x</sub>, επίσης αντιπροσωπεύουν συνθήκες συγκεντρώσεων που υπερβαίνουν τις τυπικές συγκεντρώσεις στο περιβάλλον<sup>10</sup>. (Alberta Environmental Centre. 1996)

Παρ' όλα αυτά η εφαρμογή θείου στις καλλιέργειες μπορεί να μειώσει την πρόσληψη σεληνίου από τα φυτά (απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για τα ζώα), επομένως το SO<sub>x</sub> μπορεί να επηρεάσει την περιεκτικότητα σεληνίου των κτηνοτροφικών φυτών. Η ανεπάρκεια σεληνίου μπορεί να οδηγήσει σε ασθένεια των λευκών μυών, μειωμένη αύξηση βάρους, διάρροια, αδύναμα νεογνά, μειωμένη

---

<sup>8</sup> Amdur, M.O. 1978. Effects of Sulfur Oxides on Animals. In: Nriagu, J.O. (ed.) Sulfur in the Environment. Part II: Environmental Impacts. John Wiley & Sons, Toronto. pp 61-74

<sup>9</sup> Corn, M., N. Kotsko, D. Stanton, W. Bell and A. P. Thomas. 1972. Response of Cats to Inhaled Mixtures of SO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>-NaCl Aerosol in Air. Arch. Environ. Health., 24: 248-256

<sup>10</sup> Alberta Environmental Centre. 1996. Cattle and the Oil Industry in Alberta: A Literature Review with Recommendations for Environmental Management. Prepared for the Alberta Cattle Commission, July 1996



γονιμότητα, κατακράτηση πλακούντα, αποβολές/ θνησιγένεια και μείωση της ανοσολογικής ανταπόκρισης.<sup>11</sup> (Khan, A.A. and M.M. Schuler. 1997.)

Όσων αφορά το περιβάλλον το SO<sub>x</sub> έχει σοβαρές επιπτώσεις κυρίως λόγω της όξινης βροχής που δημιουργείτε όταν SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα και αντιδρούν με νερό, οξυγόνο και άλλα χημικά δημιουργώντας θειικό και νιτρικό οξύ<sup>12</sup>. Η όξινη βροχή έχει πολλές οικολογικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα σε υγροτόπους, λίμνες, ποτάμια, ρυάκια και γενικότερα υδάτινα περιβάλλοντα. Η όξινη βροχή κάνει αυτά τα νερά πιο όξινα, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερη απορρόφηση αλουμινίου από το έδαφος, το οποίο μεταφέρετε σε λίμνες και ρυάκια. Ο συνδυασμός αυτός κάνει τους υδροβιότοπος τοξικούς για ορισμένους υδρόβιους οργανισμούς.<sup>13</sup>

Η όξινη βροχή και η ομίχλη βλάπτουν επίσης τα δάση, ειδικά αυτά που βρίσκονται σε υψηλά υψόμετρα. Οι όξινες εναποθέσεις στερούν από το έδαφος βασικά θρεπτικά συστατικά όπως το ασβέστιο και απελευθερώνουν αλουμίνιο στο έδαφος το οποίο καθιστά δύσκολο για τα δέντρα να απορροφήσουν νερό. Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής σε συνδυασμό με άλλους στρεσογόνους παράγοντες, αφήνουν τα δέντρα και τα φυτά λιγότερα υγιή, πιο ευάλωτα σε χαμηλές θερμοκρασίες, έντομα και ασθένειες. Οι ρύποι αυτοί μπορεί επίσης να επηρεάσουν την αναπαραγωγική ικανότητα των δέντρων.

### 1.3. Εξωτερικό κόστος SO<sub>x</sub> των πλοίων

Έχοντας αναφερθεί στις παραπάνω επιπτώσεις του διοξειδίου του θείου πρέπει να σημειωθεί ότι μελέτες έχουν δείξει πως η ναυτιλιακή βιομηχανία ευθύνεται για το 13% της παγκόσμιας παραγωγής SO<sub>x</sub>. Επιπλέον μια μελέτη του 2018 του περιοδικού Nature έχει διαπιστώσει ότι η ρύπανση που προέρχεται από τα πλοία προκαλεί έως και 400.000 πρόωρους θανάτους ετησίως, από καρκίνο έως και καρδιακές παθήσεις. Η έρευνα διαπίστωσε επίσης ότι η μείωση της παραγωγής SO<sub>x</sub>

---

<sup>11</sup> Khan, A.A. and M.M. Schuler. 1997. Biochemical Toxicology of Oilfield Chemicals In Cattle. In: Chalmers, G.A. (ed.), A Literature Review and Discussion of the Toxicological Hazards of Oilfield Pollutants in Cattle. Alberta Research Council, ARCV97-R2, Vegreville, Alberta. pp. 149-161

<sup>12</sup> <https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain>

<sup>13</sup> Acid Rain, Christina Nunez, National Geographic, February 2019, <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/acid-rain>

από τα πλοία θα μπορούσε να μειώσει κατά περισσότερο από το ένα τρίτο τον αριθμό αυτών των θανάτων.

Η ίδια μελέτη υπολόγισε ότι 200 από τα μεγαλύτερα πλοία του κόσμου παράγουν την ίδια ποσότητα θείου με όλα τα αυτοκίνητα του κόσμου μαζί.<sup>14</sup>

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε ότι το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο περιεκτικότητας θείου για τα αυτοκίνητα είναι 10ppm δηλαδή 0,001% για την Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/EK., σε σύγκριση με το 0,1% που ισχύει στις περιοχές SECA γεγονός που επιβεβαιώνει το συμπέρασμα της προαναφερθείσας έρευνας.

<b>Regulatory step</b>	<b>Application date in Europe (new models)</b>	<b>Corresponding maximum sulfur (S) level</b>
<b>Euro II</b>	1996	S 500 ppm
<b>Euro III</b>	2000	S 350 ppm
<b>Euro IV</b>	2005	S 50 ppm
<b>Euro V</b>	2008	S 10 ppm
<b>Euro VI</b>	2013	S 10 ppm

Πηγή: Diesel sulfur content impacts on Euro VI soot-free vehicles: Considerations for emerging markets, Απρίλιος 2020

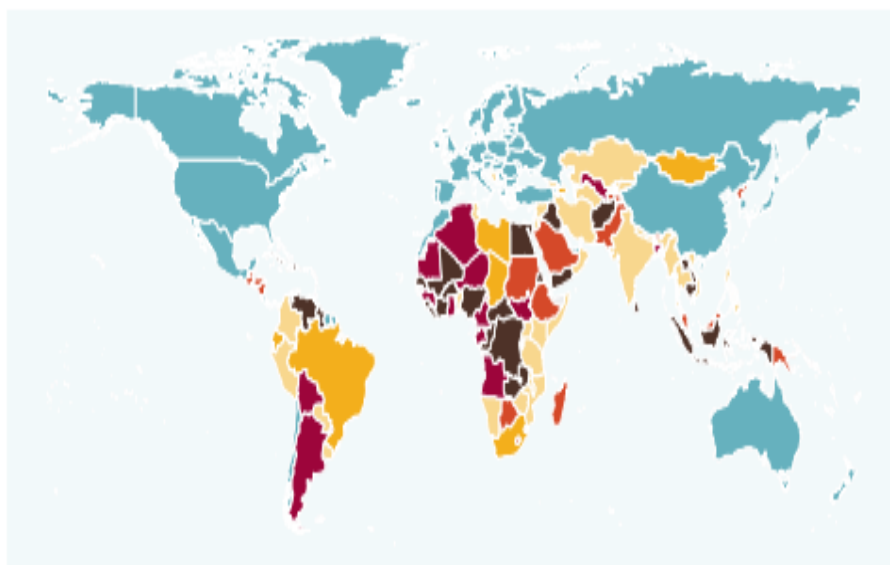
Επιπλέον όλο και περισσότερες χώρες επιβάλουν μέτρα για την μείωση του θείου στον παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τα επιτρεπόμενα όρια θείου σε καύσιμα diesel σε παγκόσμιο επίπεδο.

---

<sup>14</sup> Shipping Sector gears itself for new emission regulations, Deutsche, October 2019, <https://www.dw.com/en/shipping-sector-gears-itself-for-new-emissions-regulations/a-50836212>

Estimated average diesel sulfur content in 2019

- ≤15 ppm
- 16-50 ppm
- 51-350 ppm
- 351-500 ppm
- 501-2,000 ppm
- 2,001-10,000 ppm



Πηγή: Diesel sulfur content impacts on Euro VI soot-free vehicles: Considerations for emerging markets, Απρίλιος 2020

Βλέποντας τον παρακάτω πίνακα από το EEA Technical Report 2013, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι εκπομπές των πλοίων είναι υπεύθυνες για περίπου το ήμισυ των συγκεντρώσεων NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> που παρατηρούνται στην επιφάνεια της θάλασσας και σχεδόν το 15% στις παραθαλάσσιες περιοχές.

### Μέση συγκέντρωση των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων στις θαλάσσιες επιφάνειες και παράκτιες περιοχές

	Sea surfaces		Coastal areas	
	Annual mean (μg/m <sup>3</sup> )	% contribution from shipping sector	Annual mean (μg/m <sup>3</sup> )	% contribution from shipping sector
NO <sub>x</sub>	1.99	42	3.98	14
SO <sub>x</sub>	0.41	44	0.66	16
SO <sub>4</sub>	1.42	15	1.51	10
BC	0.18	8.6	0.30	3.4
OC	0.43	6.1	0.84	2.1
PM <sub>2.5</sub>	6.52	6.3	6.92	4.9
O <sub>3</sub>	96.8	5.4	99.8	3.5

Πηγή: <https://www.eea.europa.eu/publications/the-impact-of-international-shipping/file>

Από τα παραπάνω μπορούμε με ασφάλεια να συμπεράνουμε ότι οι εκπομπές SO<sub>x</sub> των πλοίων συνδέονται άμεσα με τις αρνητικές επιπτώσεις του SO<sub>x</sub> κυρίως στις θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές.

Γιατί όμως υπάρχει τόσο μεγάλη διαφορά στα εκπομπές του θείου σε σχέση με άλλα μέσα μεταφοράς; Η διαφορά αυτή οφείλετε κυρίως στην χρήση του HSFO (High Sulfur Fuel Oil) ή αλλιώς μαζούτ που χρησιμοποιούν τα πλοία. Το HFO είναι το αποτέλεσμα ή το υπόλειμμα από τη διαδικασία απόσταξης και πυρόλυσης του πετρελαίου. Το HFO παράγεται από τα υπολείμματα πηγών πετρελαίου από τη στιγμή που οι υδρογονάνθρακες υψηλότερης ποιότητας εξαχθούν μέσω διεργασιών όπως η θερμική και η καταλυτική πυρόλυση. Ως το τελικό υπόλειμμα της διαδικασίας πυρόλυσης, το HFO περιέχει επίσης μείγματα των ακόλουθων ενώσεων σε διάφορους βαθμούς: "παραφίνες, κυκλοπαραφίνες, αρωματικές ουσίες, ολεφίνες και ασφατένια καθώς και μόρια που περιέχουν θείο, οξυγόνο, άζωτο και/ή οργανομέταλλα.

Δεδομένης της αυξημένης περιεκτικότητας του HSFO σε θείο η αντίδραση της καύσης οδηγεί στο σχηματισμό διοξειδίου του θείου SO<sub>2</sub> που τελικά ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Για αυτό το λόγο η ναυτιλία που χρησιμοποιεί αυτό το καύσιμο ήδη από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα έχει τόσο υψηλά ποσοστά εκπομπών θείου.

#### 1.4. Θετικές επιδράσεις SO<sub>x</sub> των πλοίων

Κάθε τόσο μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις εγγέουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του θείου SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Το SO<sub>2</sub> οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και μετατρέπεται σε θειικό οξύ, το οποίο έχει αρκετά χαμηλή πίεση ατμού ώστε να σχηματίσει ένα σύννεφο σταγονιδίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διασκορπίζεται ένα μέρος του εισερχόμενου ηλιακού φωτός πίσω στο διάστημα και κατά συνέπεια να πέφτει η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης<sup>15</sup> ( J. Shepherd 2009) . Για παράδειγμα το 1815 μετά την κατακλυσμική έκρηξη του ηφαιστείου Tambora της Ινδονησίας , η πιο ισχυρή έκρηξη στην καταγεγραμμένη ιστορία, η παγκόσμια θερμοκρασία έπεσε έως και 3 βαθμούς Κέλσιου λόγω του ηφαιστειακού σύννεφου του Tabora. Ακόμα και ένα χρόνο μετά την έκρηξη, το μεγαλύτερο μέρος του βόρειου ημισφαιρίου παρουσίασε ασυνήθιστα χαμηλές θερμοκρασίες τους θερινούς μήνες. Σε μέρη της

---

<sup>15</sup> J. Shepherd et al., Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty, Royal Society Policy document 10/09, Royal Society, London, UK, 2009

Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, το 1816 ήταν η χρονιά γνωστή ως ‘ η χρονιά χωρίς καλοκαίρι’’. <sup>16</sup>

Υπάρχουν ορισμένες έρευνες που μελετούν την χρήση γεωμηχανικής στην στρατόσφαιρα (Stratospheric Geoengineering) για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της μείωση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Δηλαδή την συνεχή διοχέτευση SO<sub>2</sub> στην στρατόσφαιρα για την δημιουργία στρατοσφαιρικών σύννεφων που θα αντανακλούν την ακτινοβολία του ήλιου. Παρ’ όλα αυτά οι έρευνες αυτές βρίσκονται σε πολύ πρώιμο στάδιο και οι επιπτώσεις από μια τέτοια ενέργεια θα μπορούσαν να είναι επικίνδυνες.

Πως συνδέονται όμως τα παραπάνω με την ναυτιλία; Σε παγκόσμιο επίπεδο οι συνδυασμένες εκπομπές των πλοίων έχουν μια καθαρή επίδραση ψύξης στον πλανήτη κυρίως λόγω των εκπομπών SO<sub>2</sub> και των σύννεφων που δημιουργούν, τα οποία αντανακλούν την ακτινοβολία του ήλιου. <sup>17</sup>

Μια έρευνα του πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον εξέτασε δορυφορικά δεδομένα από μια ναυτιλιακή λωρίδα στον Νότιο Ατλαντικό από το 2003 ως το 2015. Διαπίστωσε ότι τα σωματίδια από τις εκπομπές των πλοίων βοήθησαν στην πιο εύκολη δημιουργία σύννεφων γύρω από αυτή την θαλάσσια διαδρομή εμποδίζοντας 2W επιπλέον ηλιακής ενέργειας , κατά μέσο όρο, να φτάσουν σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του ωκεανού. Η μελέτη αφήνει να εννοηθεί ότι χωρίς την επίδραση των εκπομπών SO<sub>x</sub> των πλοίων η Γη μπορεί να είχε ήδη θερμανθεί κατά 1,5 βαθμού Κέλσιου. <sup>18</sup>

Όμως η ψυκτική επίδραση του SO<sub>2</sub> διαρκεί μερικές δεκαετίες ενώ η θερμική επίδραση του CO<sub>2</sub> διαρκεί για αιώνες. Αν συνεχιστούν οι εκπομπές το CO<sub>2</sub> θα συσσωρευτεί στην ατμόσφαιρα. Με την πάροδο του χρόνου, η επίδραση του CO<sub>2</sub> θα

---

<sup>16</sup> Do volcanoes affect weather? | U.S. Geological Survey, <https://www.usgs.gov/faqs/do-volcanoes-affect-weather>

<sup>17</sup> International Shipping should cut air pollutants and greenhouse gases together , European Environmental Agency, May 2013, <https://www.eea.europa.eu/highlights/international-shipping-should-cut-air>

<sup>18</sup> The Engineer, Shipping emissions cloud formation, <https://www.theengineer.co.uk/shipping-emissions-cloud-formation/>

κυριαρχήσει, αν συνεχιστούν τα τρέχοντα επίπεδα εκπομπών η καθαρή ψυκτική επίδραση της ναυτιλίας θα μετατραπεί σε καθαρή υπερθέρμανση.<sup>19</sup>

Με τον νέο κανονισμό του IMO για τις εκπομπές SO<sub>2</sub> όπως αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια θα έχει ως αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση στους πρόωρους θανάτους που συνδέονται με την μόλυνση που προέρχεται από τα πλοία. Όμως η μείωση των εκπομπών θείου από μόνη της θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Δηλαδή αν δεν μειωθούν και οι εκπομπές των CO<sub>2</sub> των πλοίων η υπερθέρμανση που θα προέρχεται από την ναυτιλία θα αυξηθεί με πολύ ταχείς ρυθμούς.

## 2.Θεσμικό πλαίσιο ελέγχου αερίων εκπομπών των πλοίων

### 2.1 IMO (International Maritime Organization)

Το 1948 υιοθετήθηκε, στο διεθνές συνέδριο του ΟΗΕ στην Γένοβα, μια σύμβαση με την ονομασία Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization) . Η σύμβαση τέθηκε σε εφαρμογή στις 17 Μαρτίου 1958 αφού επικυρώθηκε από 21 χώρες, με σκοπό την ανάπτυξη διεθνών συνθηκών για την βελτίωση της ασφάλειας στις θαλάσσιες μεταφορές. Το 1982 η ονομασία αλλάζει σε Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization-IMO) . Ο IMO πλέον έχει 167 μέλη και 3 συνεργαζόμενα μέλη και στόχος του όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα του είναι ο εξής: ‘‘να παρέχει μηχανισμούς συνεργασίας μεταξύ των κυβερνήσεων στον τομέα των κυβερνητικών ρυθμίσεων και πρακτικών σχετιζόμενων με τεχνικά θέματα κάθε είδους τα οποία επηρεάζουν την ναυτιλία που δραστηριοποιείται στο διεθνές εμπόριο, να ενθαρρύνει και να διευκολύνει την γενική υιοθέτηση των καλύτερων δυνατών προτύπων σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια στην θάλασσα,

---

<sup>19</sup> Shoals ahead for international shipping, Jan Fuglestedt, Stig Bjørnløw Dalsøren, April 2010, <https://www.cicero.oslo.no/no/posts/klima/shoals-ahead-for-international-shipping>

την αποτελεσματικότητα της ναυσιπλοΐας και τέλος την πρόληψη αλλά και τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία’’<sup>20</sup>

Η δουλειά του IMO ξεκινά από το 1960 με την υιοθεσία μιας νέας εκδοχής του SOLAS (Safety Of Life At Sea) και συνεχίζεται το 1973 με την MARPOL (International Conventions for the Prevention of Pollution from Ships) και την τροποποίηση αυτής το 1978, το GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) που υιοθετήθηκε το 1988 και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία τον Φεβρουάριο του 1999 έτσι ώστε τώρα ένα πλοίο το οποίο βρίσκεται σε κίνδυνο οπουδήποτε στον κόσμο έχει ουσιαστικά εγγυημένη βοήθεια. Το Φεβρουάριο του 1997 τίθενται σε ισχύ οι τροπολογίες του STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping for seafarers) και αργότερα η αναθεώρηση αυτού το 2010.<sup>21</sup>

Αυτές είναι μερικές από τις μεγαλύτερες συνεισφορές του IMO στον χώρο της παγκόσμιας ναυτιλίας, με τον πιο πρόσφατο κανονισμό να τίθεται σε εφαρμογή από 01 Ιανουαρίου 2020. Φυσικά αναφερόμαστε στον κανονισμό για τον περιορισμό των εκπομπών του θείου από τα πλοία. Ο περιορισμός αυτός έχει ξεκινήσει ήδη από το 1994 με την MEPC 36 και το 1995 με την MEPC 37 όπου συζητήθηκε για πρώτη φορά ο περιορισμός του θείου στο 3-5%. Ενώ το 1997 υιοθετήθηκε Annex VI Regulation 14 της MARPOL 73/78 που εφαρμόστηκε στις 19 Μαΐου 2005, που περιόρισε την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο στο 4,5% σε ανοικτές θάλασσες και σε 1,5% στις Περιοχές Ελέγχουν Εκπομπών Θείου (SOx Emission Control Areas, SECA). Από 01 Αυγούστου του 2006 η Βαλτική Θάλασσα γίνεται η πρώτη πλήρης εφαρμοσμένη SECA, ένα χρόνο αργότερα στις 11 Αυγούστου του 2007 ακολουθούν η Βόρεια Θάλασσα και η Μάγχη με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2005/33.

<sup>22</sup>

Το 2008 ο IMO υιοθετεί τις νέες τροπολογίες της MARPOL 73/78 Annex VI Regulation 14, με την εφαρμογή τους να ξεκινά από 01 Ιουλίου 2010 με τον περιορισμό της περιεκτικότητας θείου στις SECA να ορίζεται στο 1,0% και από 01 Ιανουαρίου του 2012 η περιεκτικότητα σε θείο για τις ανοικτές θάλασσες ορίζεται

---

<sup>20</sup> Brief History of IMO, Imo.org, <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>

<sup>21</sup> Brief History of IMO, Imo.org, <https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>

<sup>22</sup> Regulations & Guidelines, Egcsa.com, <https://www.egcsa.com/regulatory>

στο 3,5% . Επίσης αποφασίστηκε να μειωθεί περαιτέρω η περιεκτικότητα σε θείο στο 0,5 % σε ανοιχτές θάλασσες και στο 0,1% στις SECA μετά την 01 Ιανουαρίου 2020, με την απόφαση τον Οκτώβριο του 2016 από τα μέλη να μην γίνει καμία καθυστέρηση στην εφαρμογή του κανονισμού.

Με τον καινούριο κανονισμό έχουμε τις εξής θετικές αλλαγές:

1. Καθαρός αέρας, μείωση κατά 77% στις εκπομπές θείου των πλοίων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ετήσια μείωση θείου στην ατμόσφαιρα κατά 8,5 εκατομμύρια μετρικούς τόνους
2. Θετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, άμεση μείωση πρόωρων θανάτων, καρδιαγγειακών παθήσεων και πνευμονικές νόσους
3. Υψηλότερης ποιότητας καύμα

Για να συμμορφωθούν με τον νέο κανονισμό οι πλοιοκτήτες πρέπει είτε να χρησιμοποιήσουν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, είτε να εγκαταστήσουν εναλλακτικές μεθόδους μείωσης του θείου (scrubbers). Τα διυλιστήρια μπορούν να αναμειγνύουν πετρέλαιο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο με πετρέλαιο με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο από το απαιτούμενο ώστε να παράγουν καύσιμα που να είναι συμβατά με τον κανονισμό.

Όσον αφορά τα scrubbers, τα οποία είναι συστήματα καθαρισμού καυσαερίων, έχουν σχεδιαστεί για να αφαιρούν τα οξείδια του θείου από τα καυσαέρια του κινητήρα και του λέβητα των πλοίων. Ένα πλοίο που έχει εγκαταστήσει scrubbers μπορεί να χρησιμοποιήσει καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως πριν την 01 Ιανουαρίου 2020, γιατί το scrubber θα μειώνει τις εκπομπές του θείου στα επιτρεπόμενα όρια. Μέχρι τα μέσα Ιουλίου 2020, περίπου 2.359 συστήματα είχαν επίσημα δηλωθεί στον IMO ως εγκεκριμένες ισοδύναμες μέθοδοι από τις σημαίες.

Η επιβολή του νέο κανονισμού εμπίπτει στην αρμοδιότητα των κυβερνήσεων και των εθνικών αρχών των κρατών μελών που είναι μέλη της MARPOL Annex VI. Οι σημαίες (τα κράτη νηολόγησης των πλοίων) και οι αρμόδιες αρχές (Port State Control) έχουν το δικαίωμα και την υποχρέωση να επιβάλουν τον κανονισμό. Ο IMO είχε υιοθετήσει το 2019 κατευθυντήριες γραμμές για τα Port State Control με το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο της MARPOL Annex VI.



Πριν από την έναρξη ισχύος του κανονισμού ο ΙΜΟ συνεργάστηκε με τα κράτη μέλη καθώς και με μέλη της βιομηχανίας (συμπεριλαμβανομένης της ναυτιλιακής βιομηχανίας και της βιομηχανίας προμήθειας καυσίμων και δύλισης) για τον εντοπισμό και μετριασμό των μεταβατικών ζητημάτων, ώστε τα πλοία να μπορούν να ανταποκριθούν στον κανονισμό. Μαζί ανέπτυξαν συστήματα καθοδήγησης και τυποποιημένα έντυπα για την αναφορά μη διαθεσιμότητας συμβατών καυσίμων εάν ένα πλοίο δεν μπορεί να προμηθευτεί τα κατάλληλα καύσιμα, καθώς και μεθόδους επαλήθευσης και ελέγχου.

Σε γενικές γραμμές ο ΙΜΟ είχε προετοιμάσει και είχε προσφέρει όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες στο κοινό σχετικά με τον νέο κανονισμό, τους τρόπους συμμόρφωσης καθώς και τρόπους ελέγχου για την επιβεβαίωση της συμμόρφωσης.

## 2.2.Ευρωπαϊκή Ένωση

Από το 2012 η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει πάρει ουσιαστικά και αυστηρά μέτρα για την μείωση της περιεκτικότητας του θείου στα καύσιμα των πλοίων με την Οδηγία 2012/33 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Επιπρόσθετα σε ορισμένα οικοσυστήματα τα οποία θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα όπως η Βαλτική και η Βόρεια θάλασσα η μείωση της περιεκτικότητας θείου στο 0,1% έχει ήδη εφαρμοστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2015. Το οποίο μείωσε της εκπομπές SO<sub>2</sub> σε αυτές στις περιοχές στο μισό και βελτίωσε την υγεία των κατοίκων στις παράκτιες περιοχές και στα λιμάνια, ενώ οι συνολικές οικονομικές επιπτώσεις στον κλάδο παρέμειναν ελάχιστες.<sup>23</sup>

Με την οδηγία 2016/802 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου στις 11 Μαΐου 2016, που σχετίζεται με την μείωση την περιεκτικότητας σε θείο ορισμένων υγρών καυσίμων, ο νέος κανονισμός εφαρμόζεται πλήρως από τα κράτη μέλη τα οποία σύμφωνα με την οδηγία έχουν τις εξής υποχρεώσεις:

1. Να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων στα θαλάσσια χωρικά ύδατα τους,

---

<sup>23</sup> Clean air in 2020: 0.5% sulfur cap for ships enters into force worldwide, European Commission, January 2020, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_19\\_6837](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_6837)

αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και στις ζώνες ελέγχου ρύπανσης, αν η περιεκτικότητα αυτών των καυσίμων σε θείο υπερβαίνει:

-το 3,5% από 18 Ιουνίου 2014

-το 0,5% από 01 Ιανουαρίου 2020

2. Να λάβουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι δεν θα χρησιμοποιηθούν καύσιμα πλοίων στα θαλάσσια χωρικά ύδατα τους, αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και στις ζώνες ελέγχου ρύπανσης που εμπίπτουν σε περιοχές SECA, αν η περιεκτικότητα αυτών των καυσίμων σε θείο υπερβαίνει:

-το 1% μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2019

-το 0,1% από 01 Ιανουαρίου 2020

3. Να εφαρμόσουν τον κανονισμό σε περίπτωση που χαρακτηριστούν νέες περιοχές ή λιμάνια από τον IMO ως SECA μέσα σε 12 μήνες από την στιγμή που θα χαρακτηριστεί η περιοχή ως SECA.

4. Να είναι υπεύθυνα για την επιβολή του κανονισμού όσον αφορά:

-σκάφη που φέρουν την σημαία τους

-σε περίπτωση που κάποιο κράτος μέλος συνορεύει με περιοχή SECA να ελέγχει όλα τα σκάφη όλων των σημαιών στα λιμάνια του

5. Να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι τα καύσιμα πλοίων δεν χρησιμοποιούνται στα χωρικά τους ύδατα, αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και τις ζώνες ελέγχου ρύπανσης που εμπίπτουν εκτός των ορίων SECA, από επιβατικά πλοία που εκτελούν τακτικά δρομολόγια από και προς οποιοδήποτε λιμένα της Ένωσης αν η περιεκτικότητα σε θείο αυτών των καυσίμων υπερβαίνει το 1,5% κατά μάζα έως 01 Ιανουαρίου 2020

6. Να απαιτούν την σωστή συμπλήρωση των ημερολογίων των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των εργασιών αλλαγής καυσίμου

7. Να εξασφαλίσουν την διαθεσιμότητα καυσίμων πλοίων που συμμορφώνονται με τον κανονισμό και να ενημερώνει την Ένωση για την διαθεσιμότητα αυτών των καυσίμων στους λιμένες και στα τερματικά της

8. Αν διαπιστωθεί από κάποιο κράτος μέλος ότι κάποιο πλοίο δεν συμμορφώνεται με τον κανονισμό, η αρμόδια αρχή του κράτους μέλους δικαιούται να απαιτήσει από το πλοίο να:

-παρουσιάζουν ένα αρχείο ενεργειών που έγιναν για την προσπάθεια επίτευξης συμμόρφωσης

-παρέχει αποδεικτικά στοιχεία ότι προσπάθησε να αγοράσει καύσιμα που συμμορφώνονται με τον κανονισμό, σύμφωνα με το πρόγραμμα του ταξιδιού και αν τα καύσιμα δεν ήταν διαθέσιμα στην τοποθεσία που είχε προγραμματιστεί να αποδείξει ότι έγιναν προσπάθειες εναλλακτικών πηγών για τέτοιου είδους καύσιμα και ότι παρά τις καλύτερες προσπάθειες τους δεν κατάφεραν να προμηθευτούν τα κατάλληλα καύσιμα

Το πλοίο σε αυτή την περίπτωση δεν θα χρειαστεί να παρεκκλίνει από την πορεία του ή να καθυστερήσει αδικαιολόγητα το ταξίδι του προκειμένου να επιτύχει την συμμόρφωση .

Αν το πλοίο παρέχει τα προαναφερθέντα στοιχεία το κράτος μέλος μπορεί να λάβει υπ' όψιν τις σχετικές περιστάσεις και τα αποδεικτικά στοιχεία που υποβλήθηκαν και να καθορίσει τα κατάλληλα μέτρα που πρέπει να ληφθούν.

Το πλοίο πρέπει να ειδοποιήσει το κράτος της σημαίας του καθώς και το λιμάνι προορισμού του όταν δεν μπορεί να προμηθευτεί τα κατάλληλα καύσιμα για την συμμόρφωση στον κανονισμό.

9. Τα κράτη μέλη σύμφωνα με το Regulation 18 του Annex VI της MARPOL 74/78 πρέπει να:

-τηρούν ένα δημοσίως διαθέσιμο μητρώο τοπικών προμηθευτών καυσίμων πλοίων

-διασφαλίζουν ότι η περιεκτικότητα σε θείο όλων των καυσίμων πλοίων που πωλούνται στην επικράτεια τους τεκμηριώνεται από τον προμηθευτή με ένα δελτίο παράδοσης συνοδευόμενο από ένα σφραγισμένο δείγμα καυσίμου υπογεγραμμένο από τον εκπρόσωπο του πλοίου παραλαβής

-λαμβάνουν μέτρα κατά των προμηθευτών που διαπιστώθηκε ότι παραδίδουν καύσιμα που δεν συμφωνούν με το δελτίο παράδοσης καυσίμων

-να λαμβάνουν μέτρα για να συμμορφωθούν τυχόν μη συμμορφούμενα καύσιμα πλοίων που ανακαλύφθηκαν

10. Να διασφαλίσουν ότι τα πετρέλαια ντίζελ πλοίων δε διατίθενται στην επικράτεια τους αν η περιεκτικότητά τους σε θείο υπερβαίνει το 1,5%

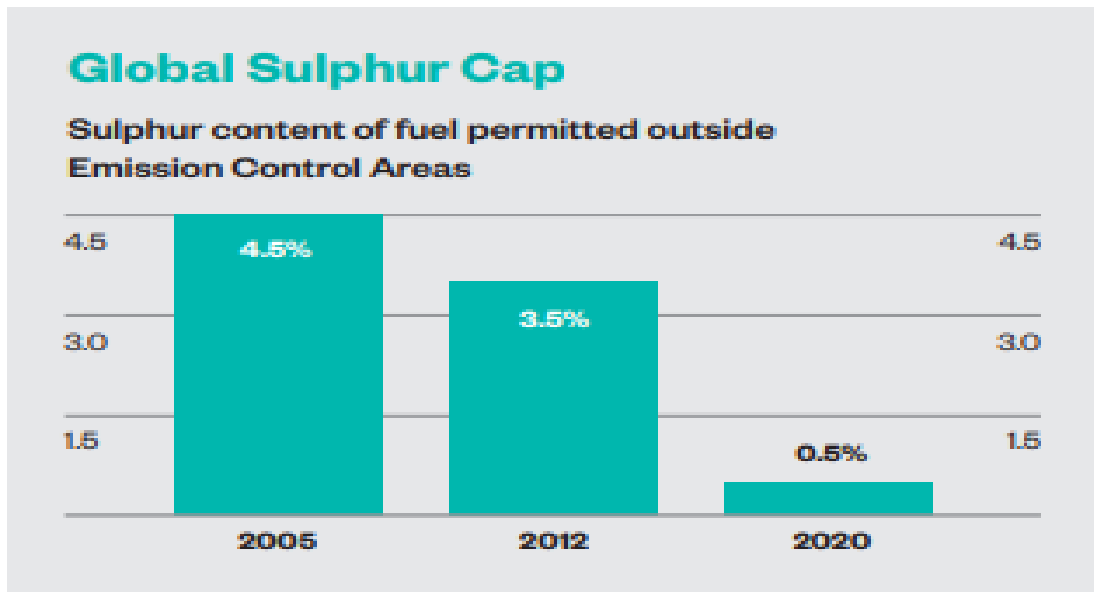
11. Να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να διασφαλίσουν ότι τα πλοία που ελλιμενίζονται σε λιμένες της Ένωσης δεν χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο πάνω από 0,1%, δίνοντας επαρκή χρόνο στο πλήρωμα να ολοκληρώσει κάθε λειτουργία αλλαγής καυσίμου το συντομότερο δυνατό μετά την άφιξη στο αγκυροβόλιο και όσον το δυνατό πιο αργά μετά πριν από την αναχώρηση
12. Να επιτρέπουν την χρήση εναλλακτικών μεθόδων μείωσης των εκπομπών των πλοίων (scrubbers) όλων των σημαιών στους λιμένες, χωρικά ύδατα, αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και ζώνες ελέγχου ρύπανσης, ως εναλλακτική λύση στην χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.
13. Να διασφαλίσουν ότι τα πλοία που χρησιμοποιούν τις εναλλακτικές μεθόδους επιτυγχάνουν συνεχώς μειώσεις του διοξειδίου του θείου που είναι τουλάχιστον ισοδύναμες με αυτές που θα μπορούσαν να επιτευχθούν με την χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας θείου
14. Να ενθαρρύνουν, ως εναλλακτική λύση για την μείωση των εκπομπών θείου, την χρήση χερσαίων συστημάτων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από τα ελλιμενισμένα πλοία
15. Να εγκριθεί η χρήση εναλλακτικών μεθόδων μείωση του θείου που συμμορφώνονται με τον κανονισμό και τις οδηγίες του IMO, καθώς και τα αποτελέσματα τυχόν δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν, επιπτώσεις στο περιβάλλον, στα οικοσυστήματα κλειστών λιμένων και εκβολών ποταμών και την δυνατότητα παρακολούθησης και τις αποτελεσματικότητάς τους

Επιπλέον μελλοντικές δράσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών θείου των πλοίων περιλαμβάνουν την επέκταση των SECA και σε άλλες θαλάσσιες περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως η Μεσόγειος .

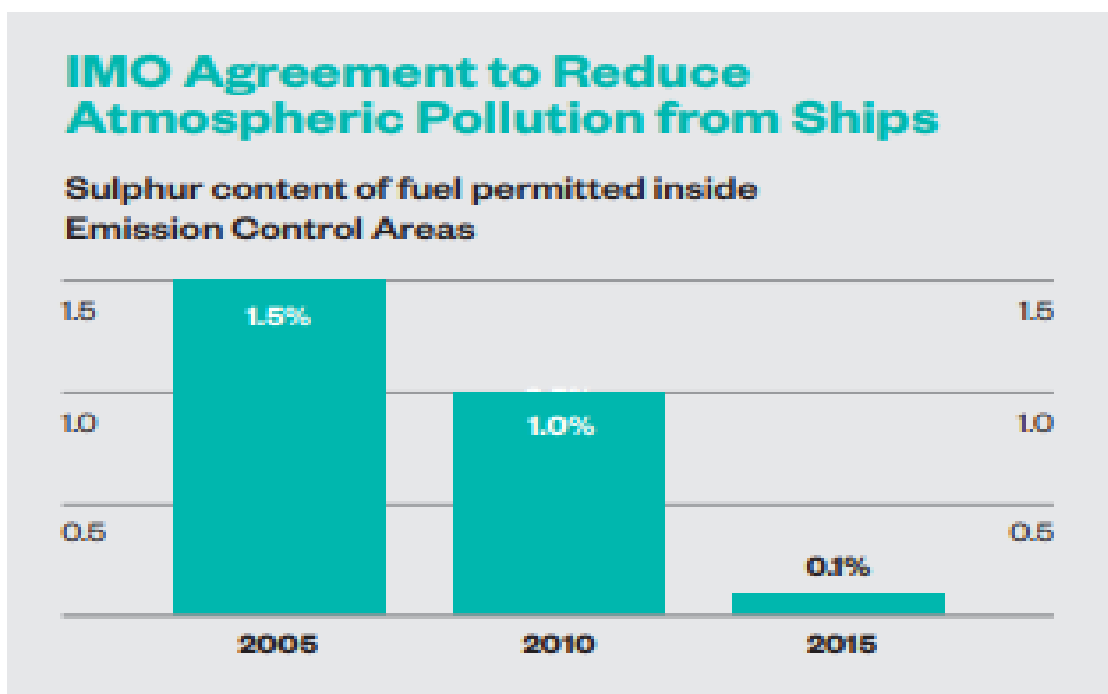
### 2.3.Κανονισμός SO<sub>x</sub>

Όπως αναφέραμε στα προηγούμενα κεφάλαια τις 19 Μαΐου 2005 το Annex VI της MARPOL τέθηκε σε ισχύ και τον Οκτώβριο του 2008 τροποποιήθηκε με σημαντικά πιο αυστηρούς κανονισμούς . Οι αναθεωρήσεις τέθηκαν σε ισχύ από 01 Ιουλίου 2010 και εισήγαγαν σταδιακές μειώσεις στην περιεκτικότητα θείου των καυσίμων των πλοίων, αρχικά μειώνοντας στις εκπομπές στο 4,5% σε ανοικτές

θάλασσες και 1% σε περιοχές SECA, μετά την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2012 3,5% σε ανοικτές θάλασσες, το 2015 0,1% σε περιοχές SECA και από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020 0,5% σε ανοικτές θάλασσες.



Πηγή (International Chamber of Shipping, Shaping the Future of Shipping, <https://www.ics-shipping.org/> )



Πηγή (International Chamber of Shipping, Shaping the Future of Shipping, <https://www.ics-shipping.org/>)

Επιπλέον είναι υποχρεωτικό όλα τα καύσιμα που βρίσκονται επάνω στα πλοία, τα οποία προορίζονται για χρήση του πλοίου, να μην υπερβαίνουν το 0,5% σε περιεκτικότητα θείου. Αυτό δεν ισχύει για τις παρακάτω περιπτώσεις:

-Πλοία που χρησιμοποιούν scrubbers

-Πλοία που κάνουν τεστ για εναλλακτικές μεθόδους μείωσης του θείου στα καύσιμα

-Πλοία που έχουν δηλώσει μη διαθεσιμότητα συμβατών καυσίμων με τον κανονισμό

-Πλοία που κουβαλούν μη συμβατά με τον κανονισμό καύσιμα σαν φορτίο

Τα πλοία (πλοιοκτήτες) μπορούν να ακολουθήσουν μια από τις παρακάτω μεθόδους για να συμμορφωθούν με τον κανονισμό:

-Χρήση καυσίμων με μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο είτε 0,5% εκτός SECA είτε 0,1% εντός SECA, δηλαδή:

- MGO (Marine Gas Oil)
- ULSFO (Ultra Low Sulfur Fuel Oil)
- VLSFO (Very Low Sulfur Oil)

-Χρήση εναλλακτικών μεθόδων μείωσης του θείου, όπως τα scrubbers

-Χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως LNG, Methanol, Ethanol, Bio-Fuel

-Χρήση ενέργειας από την στεριά όταν είναι δεμένα στα λιμάνια

## 2.4 Sulfur Emission Control Area (SECA)



Πηγή : <https://www.thormarinetrading.com>

Στον παραπάνω χάρτη μπορούμε να δούμε με σκούρο μπλέ χρώμα της περιοχές που έχουν ήδη χαρακτηρηστεί ως SECA ή ECA, αλλά και με γαλάζιο χρώμα της περιοχές που πρόκειται να χαρακτηρηστούν ως SECA μέσα στα επόμενα χρόνια. Οι περιοχές που έχουν ήδη χαρακτηρηστεί ως SECA είναι οι εξής:

1. Βαλτική θάλασσα, ισχύς από 19 Μαΐου 2005, δηλαδή η περιοχή της βαλτικής με τον κόλπο της Βοθνίας, τον κόλπο της Φιλανδίας και την είσοδο στην Βαλτική που από τον παράλληλο του Skaw στο Skagerrak στους  $57^{\circ}44.8' N$
2. Βόρεια θάλασσα και η Μάγνη, ισχύς από 11 Αυγούστου 2007, δηλαδή η εξής οριοθετημένη περιοχή:
  - a. Βόρεια θάλασσα νότια του γεωγραφικού πλάτους  $62^{\circ}N$  και γεωγραφικού μήκους  $4^{\circ}W$
  - b. Το Skagerrak το νότιο όριο του οποίου καθορίζεται ανατολικά του Skaw κατά το γεωγραφικό πλάτος  $57^{\circ}44.8' N$
  - c. Η Μάγνη με γεωγραφικό μήκος  $5^{\circ}W$  και γεωγραφικό πλάτος  $48^{\circ}30' N$

3. Ανατολική ακτή της Νότιας Αμερικής, με ισχύς από 1 Αυγούστου 2012, οι ακριβής συντεταγμένες σύμφωνα με τον IMO βρίσκονται στο Παράρτημα 1
4. Δυτική Ακτή της Νότιας Αμερικής, με ισχύς από 1 Αυγούστου 2012, οι ακριβής συντεταγμένες σύμφωνα με τον IMO βρίσκονται στο Παράρτημα 2
5. Νησιά της Χαβάης, με ισχύς από 1 Αυγούστου 2012, οι ακριβής συντεταγμένες σύμφωνα με τον IMO βρίσκονται στο Παράρτημα 3
6. Καραϊβική, με ισχύς από 01 Ιανουαρίου 2014, οι ακριβής συντεταγμένες σύμφωνα με τον IMO βρίσκονται στο Παράρτημα 4<sup>24</sup>

## 2.5. Sulfur Emission Control Area (SECA) στην Κίνα

Η Κίνα έχει επίσης ορίσει τον Δεκέμβριο του 2015 τρεις περιοχές όπου θα επιβάλλονταν αυστηροί περιορισμοί σε εκπομπές Sox και NOx. Οι περιοχές SECA που έχουν οριστεί από την Κίνα είναι οι εξής:

1. Δέλτα του ποταμού Pearl



Πηγή (<https://dieselnet.com/news/2015/12cn.php>)

2. Δέλτα του ποταμού Yangtze

<sup>24</sup> Emission Control Areas, Atobviac.com,  
[https://atobviac.com/helpFiles/WebService/index.html?seca\\_and\\_eca\\_areas.htm](https://atobviac.com/helpFiles/WebService/index.html?seca_and_eca_areas.htm)





Πηγή (<https://www.motorship.com/china-advances-yangtze-eca-implementation/1055477.article> )

### 3. Κόλπος Βοχαι



Πηγή (<https://dieselnet.com/standards/cn/marine.php> )

Οι παραπάνω περιοχές έχουν οριστεί από εγχώρια κινεζική νομοθεσία και όχι από την το Annex VI της MARPOL. Παρακάτω θα δούμε την σταδιακή εφαρμογή των κανονισμών :

- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2016 έχουμε μια αυστηρότερη επιβολή των υφιστάμενων διεθνών και εγχώριων απαιτήσεων. Τα λιμάνια εντός των περιοχών ελέγχου των εκπομπών θέσουν το όριο των καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο στο 0,5%

- Από 1<sup>η</sup> Απριλίου του 2016 στα μεγαλύτερα λιμάνια του Δέλτα του Ποταμού Yangtze:
  1. Shanghai
  2. Ningbo
  3. Zhoushan
  4. Suzhou
  5. Nantong

Πρέπει τα πλοία που βρίσκονται ελλιμενισμένα στα λιμάνια αυτά να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη από 0,5%. Εξαιρείτε 1 ώρα μετά την άφιξη και 1 ώρα πριν την αναχώρηση. Οι αρχές ενθαρρύνουν τα πλοία να καίνε καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη από 0,1% ενώ βρίσκονται στο αγκυροβόλιο και 0,5% όταν λειτουργούν εντός της περιοχής ελέγχου των εκπομπών

- Από 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2016 τα πλοία που ελλιμενίζονται στο λιμάνι της Shenzhen πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,5% .
- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2017 πλοία ελλιμενισμένα σε κύρια λιμάνια περιοχών ελέγχου των εκπομπών πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο με περιεκτικότητα σε θείο κάτω από 0,5% εκτός από 1 ώρα μετά την άφιξη και 1 ώρα πριν την αναχώρηση.
- Από 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου του 2017 όλα τα πλοία που καταπλέουν σε οποιοδήποτε λιμάνι εντός του Δέλτα του Yangtze πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη από 0,5% κατά τον ελλιμενισμό, εκτός από 1 ώρα μετά την άφιξη και 1 ώρα πριν την αναχώρηση
- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2018, όλα τα πλοία ελλιμενισμένα σε οποιοδήποτε λιμάνι εντός μιας περιοχής ελέγχου εκπομπών θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,5%, εκτός από 1 ώρα μετά την άφιξη και 1 ώρα πριν την αναχώρηση
- Από 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2018 όλα τα πλοία που εισέρχονται στις ακόλουθες περιοχές δεν πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο πάνω από 0,5%:
  - a) Δέλτα του ποταμού Yangtze

- b) Λιμάνι της Shanghai
- c) Suzhou και Nantong SECA
- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2019 που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές ελέγχου εκπομπών θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα που να μην υπερβαίνουν το 0,5% σε περιεκτικότητα θείου. Με εξαίρεση τα χωρικά ύδατα του Χονγκ Κονγκ, Μακάο και Ταϊβάν
- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020 τα πλοία που εισέρχονται σε περιοχές ελέγχου εκπομπών εσωτερικής ναυσιπλοΐας δεν πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα που να υπερβαίνουν το 0,1% σε περιεκτικότητα θείου. Ωστόσο αυτή η απαίτηση ισχύει για τα πλοία εσωτερική ναυσιπλοΐας από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2019, αυτές οι περιοχές είναι οι εξής:
  - a) Κύριες γραμμές του ποταμού Yangtze
  - b) Οι κύριες γραμμές του ποταμού Xijiang
- Από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2022 στα χωρικά ύδατα του Hainan εντός της παράκτιας περιοχής SECA τα πλοία θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη από 0,1%<sup>25</sup>

Στα επόμενα θα αναλυθούν οι μέθοδοι συμμόρφωσης στον κανονισμό καθώς και οι προκλήσεις που παρουσιάζει η κάθε μέθοδος.

---

<sup>25</sup> China: Fuel Sulphur Cap and Emission Control Areas, Nepia.com, November 2020, <https://www.nepia.com/industry-news/china-fuel-sulphur-cap-and-emission-control-areas>

## 3.Μέτρα ελέγχου εκπομπών SOx και επιπτώσεις

### 3.1.LSFO (Low Sulfur Fuel Oil)

Με εξαίρεση μια μειοψηφία πλοίων που επέλεξαν να χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο (LNG) ή να εγκαταστήσουν συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers), η πλειοψηφία των πλοίων χρησιμοποιούν καύσιμα περιεκτικότητας σε θείου 0,5% ή μικρότερη.<sup>26</sup>

Το παραπάνω αναμένεται να μειώσει δραματικά τις εκπομπές θείου της βιομηχανίας και να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, ιδίως για την υγεία των παράκτιων πληθυσμών. Παρόλα αυτά, η αλλαγή αυτή έχει βαθύ αντίκτυπο στα ναυτιλιακά οικονομικά και στη δομή του κλάδου.

Τα καύσιμα είναι μακράν το μεγαλύτερο κόστος ενός χειριστή πλοίων (operator) και η τιμή των συμμορφούμενων καυσίμων έχει αποδειχθεί έως και 50% ακριβότερη από αυτή των καυσίμων που χρησιμοποιούνταν από τα περισσότερα πλοία τα τελευταία 40 χρόνια.

Αυτή η αλλαγή συνεπάγεται ένα μέλλον πολλαπλών καυσίμων για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο τα καύσιμα που είναι συμβατά με τον κανονισμό είναι τα εξής:

- MGO (Marine Gas Oil)
- ULSFO (Ultra Low Sulfur Fuel Oil)
- VLSFO (Very Low Sulfur Oil)

#### 3.1.1.MGO (Marine Gas Oil)

Το Marine Gas Oil που χρησιμοποιείται στα πλοία είναι ένα συστατικό μείγματος του ελαφρού κύκλου (gas) oil (LCGO, Light Cycle Gas Oil) που περιέχει περίπου 60% αρωματικά. Λόγω της υψηλής αρωματικής φύσης, η πυκνότητα ενός

---

<sup>26</sup> 2020 Global Sulphur Cap, Ics-shipping.org, <https://www.ics-shipping.org/current-issue/2020-global-sulphur-cap>

πετρελαίου εσωτερικής καύσης θαλάσσης που αναμιγνύεται με LCGO (Light Cycle Gas Oil) θα είναι υψηλότερη από το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης από ένα διυλιστήριο ατμοσφαιρικής απόσταξης. Η πυκνότητα του MGO θα είναι συνήθως 860 kg/m<sup>3</sup> (στους 15°C).

Το παραπάνω θεωρείται επίσης ως καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ή LSFO επειδή η περιεκτικότητα του κυμαίνεται περίπου μεταξύ 0,10 και 1,50 m/m %.

Μερικά από τα προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπίσει το πλοίο με την χρήση του MGO είναι τα ακόλουθα:

- Η μικροβιακή μόλυνση, που προκαλείται από βακτήρια και μύκητες, Λόγω της παρουσίας βακτηρίων, τα συστήματα καυσίμου θα δημιουργήσουν προβλήματα όπως βουλωμένα φίλτρα καυσίμου και ακανόνιστη λειτουργία του κινητήρα. Κάποιες από τις ενδείξεις μικροβιολογικής μόλυνσης είναι οι εξής:
  - Θολή εμφάνιση στην επιφάνεια του καυσίμου
  - Αιωρούμενες ακαθαρσίες στο καύσιμο
  - Παρουσία γαλακτώματος ή γλοιώδους διεπαφής μεταξύ νερού και πετρελαίου εσωτερικής καύσης
  - Δυσοσμία από την αποστράγγιση της δεξαμενής με ελαφρά εκροή λάσπης κατά τη λειτουργία αποστράγγισης
- Το ιξώδες (viscosity) του Marine Gas Oil είναι πολύ χαμηλό σε σύγκριση με τον παράγοντα σχεδιασμού της αντλίας που οδηγεί σε ανεπαρκή υδροδυναμική λίπανση, προκαλώντας φθορά και γρατσουνιές. Η μείωση του ιξώδους (viscosity) του καυσίμου μπορεί να προκαλέσει αύξηση της διαρροής καυσίμου μεταξύ του εμβόλου της αντλίας και της κάννης.
- Η διαρροή μπορεί να οδηγήσει σε θερμή εκκίνηση και η χαμηλή ρύθμιση καυσίμου προκαλεί δυσκολίες εκκίνησης, ειδικά σε φθαρμένες αντλίες καυσίμου.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> A Guide To Marine Gas Oil and LSFO Used On Ships, Marineinsight.com, December 2020, <https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>

Χρησιμοποιώντας MGO και καύσιμα απόσταξης αυξάνεται σημαντικά το κόστος καυσίμων και μπορεί επίσης να χρειαστεί αναβάθμιση σε μονάδα επεξεργασίας καυσίμων λόγω του σημαντικά χαμηλότερου ιξώδους του καυσίμου.

Οι δεξαμενές καυσίμου που χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως για το HSFO πρέπει να καθαρίζονται προσεκτικά πριν από τον ανεφοδιασμό του MGO για να αποφευχθούν προβλήματα μόλυνσης και μη συμμόρφωσης.

Το κύριο μέλημα με τη χρήση MGO ή αποσταγμάτων σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα στα λιμάνια και το κόστος αυτών των καυσίμων.<sup>28</sup>

### 3.1.2.ULSFO (Ultra Low Sulfur Fuel Oil)

ULSFO: Προϊόντα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,10%.

Καθώς το όριο περιεκτικότητας σε θείο στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών μειώθηκε στο 0,10% το 2015, εμφανίστηκαν στην αγορά ορισμένες εναλλακτικές λύσεις αντί του MGO – που μέχρι τότε θεωρούνταν σχεδόν η μόνη συμβατή επιλογή καυσίμου. Μερικά από αυτά τα καύσιμα θα είχαν ενσωματωθεί στον πίνακα απόσταξης του προτύπου ISO 8217 ναυτιλιακών καυσίμων με εξαίρεση μόνο μία ή δύο παραμέτρους, κυρίως επειδή υπερέβησαν το μέγιστο όριο ιξώδους (viscosity) των 11 cSt για να πληρούν μια προδιαγραφή αποστάγματος. Οι ονομασίες που δόθηκαν σε αυτά τα προϊόντα ποικίλλουν. Μερικοί τα ονόμασαν όλα UltraLow Sulfur Fuel Oil (ULSFO), αλλά κάποιοι αντιτάχθηκαν σε αυτήν την περιγραφή γιατί στην πραγματικότητα ορισμένα είναι αποστάγματα.

Η βασικός λειτουργική διαφοροποίηση είναι εάν το καύσιμο πρέπει ή όχι να διατηρηθεί θερμαινόμενο για να παραμείνει υγρό στις δεξαμενές καυσίμων των πλοίων και κατά τη μεταφορά στο πλοίο. Οπότε καταλήγουμε στο παρακάτω βασικό διαχωρισμό:

- Το υπολειμματικό μαζούτ RM (residual marine fuel oil) είναι ένας τύπος πετρελαίου ντίτζελ που χρειάζεται θέρμανση για χρήση

---

<sup>28</sup> A Guide To Marine Gas Oil and LSFO Used On Ships, Marineinsight.com, December 2020, <https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>

- Απόσταγμα πετρελαίου ναυτιλίας DM (distillate marine fuel oil), το οποίο δεν απαιτεί προθέρμανση για χρήση. Μπορεί περαιτέρω να ταξινομηθεί ως καύσιμο DMA που είναι διαυγές και φωτεινότερο στην εμφάνιση.

Αυτοί οι δύο τύποι καυσίμων μπορούν να χωριστούν περαιτέρω σε ομάδες, ανάλογα με την περιεκτικότητα τους σε θείο.

Αυτοί οι τύποι καυσίμων είναι ως επί το πλείστον είναι καθαρά αποστάγματα. Ωστόσο, θα μπορούσαν επίσης να είναι υβρίδια - πετρελαίου εσωτερικής καύσης αναμειγμένο με υπολειμματικό πετρέλαιο. Γενικά, αυτά τα καύσιμα λειτουργούν καλά με τυπικές διαμορφώσεις κινητήρα, αν και μπορεί να απαιτούν λειτουργικές αλλαγές. Για παράδειγμα, τα αποστάγματα έχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα ιξώδους (viscosity), που χρειάζονται προσεκτική διαχείριση. Επίσης, ορισμένα από τα νέα υβρίδια χρησιμοποιούν προϊόντα που δεν χρησιμοποιούνται παραδοσιακά σε θαλάσσιες εφαρμογές, εισάγοντας αβεβαιότητα σχετικά με τη σταθερότητα, τη συμβατότητα και τη μόλυνση. Λόγω της δυνητικά υψηλής ζήτησης για αυτά τα καύσιμα, ο ναυτιλιακός τομέας μπορεί να βρεθεί σε ανταγωνισμό με άλλες βιομηχανίες και αυτά τα καύσιμα να είναι μια ακριβή επιλογή.<sup>29</sup>

### 3.1.3.VLSFO (Very Low Sulfur Fuel Oil)

VLSFO: Προϊόντα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,5%

Το VLSFO όπως και το HSFO είναι μείγμα και πρέπει να αναμειχθεί για να πλήρη τις προδιαγραφές του ISO 8217 για να μπορεί να διατεθεί στην αγορά. Το VLSFO έχει χαμηλότερη πυκνότητα και ιξώδες (viscosity) από το HSFO, διότι για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε θείο πρέπει να αναμειχθούν πιο ελαφριά και με χαμηλότερο ιξώδες αποθέματα μείγματος. Παρόλα αυτά υπάρχουν διάφορες παραλλαγές ανάλογα με το μείγμα συστατικών που χρησιμοποιείται.<sup>30</sup>

Τα διυλιστήρια θα έχουν πάντα την ανάγκη να χρησιμοποιούν προληπτικά τα υπολείμματά τους. Για τη δημιουργία καλής ποιότητας συμβατών καυσίμων είναι

---

<sup>29</sup> A Guide To Marine Gas Oil and LSFO Used On Ships, Marineinsight.com, December 2020, <https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-marine-gas-oil-and-lsfo-used-on-ships>

<sup>30</sup> VLSFO: Facts Versus Fiction, Unni Einemo, Ship & Bunker, March 2021, <https://shipandbunker.com/news/world/566831-vlsfo-fact-versus-fiction>

δυνατή η ανάμειξη κατάλληλων υπολειμματικών προϊόντων με αποστάγματα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Αυτά τα μείγματα μπορούν να περιέχουν έως και 40% υπόλειμμα, αλλά μπορούν να διατηρούν την περιεκτικότητα σε θείο κάτω από 0,50%.

Ωστόσο, συνοδεύονται από υψηλό κίνδυνο αστάθειας και ενδέχεται να είναι υπερευαίσθητα στην ανάμειξη τους με άλλα καύσιμα επί του σκάφους.<sup>31</sup>

#### 3.1.4. Ship Implementation Plan (SIP)

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environmental Protection Committee) ενέκρινε το MEPC.1-Circ.878, που είναι ουσιαστικά ένας οδηγός για την ανάπτυξη ενός σχεδίου εφαρμογής για την συνεπή εφαρμογή του κανονισμού από τα πλοία (Ship Implementation Plan).

Ένα σχέδιο εφαρμογής για ένα πλοίο (Ship Implementation Plan) θα μπορούσε να καλύψει διάφορα στοιχεία σχετικά με το συγκεκριμένο πλοίο, όπως για παράδειγμα:

- Εκτίμηση του κινδύνου που εμπεριέχει η αλλαγή καυσίμων και σχέδιο μετριασμού
- Τροποποιήσεις του συστήματος καυσίμων και καθαρισμός δεξαμενών
- Εξέταση της χωρητικότητας των καυσίμων και ικανότητα διαχωρισμού
- Δυνατότητα προμήθειας συμβατών καυσίμων
- Σχέδιο αλλαγής καυσίμου
- Καταγραφή και αναφορά

Τα ακόλουθα ζητήματα είναι μερικά από θέματα που οι operators χρειάζεται να αντιμετωπίσουν σχετικά με τα καύσιμα, τα οποία πρέπει να αξιολογηθούν και να αντιμετωπιστούν από τα πλοία:

- Η τεχνική δυνατότητα των πλοίων να χειρίζονται διαφορετικούς τύπους καυσίμων, για παράδειγμα η καταλληλότητα των αντλιών καυσίμων να

---

<sup>31</sup> Marine fuels in the low-sulphur era, Alfalaval.com, <https://www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/oil-treatment/fuel-line/marine-fuels-in-the-low-sulphur-era>



χειριστούν καύσιμα υψηλότερου και χαμηλότερου ιξώδους, περιορισμοί στα καύσιμα που είναι κατάλληλα για χρήση σε λέβητες πλοίων, ιδιαίτερα η χρήση καυσίμων απόσταξης σε μεγάλους λέβητες

- Συμβατότητα διαφορετικών τύπων καυσίμων, για παράδειγμα παραφινικά και αρωματικά καύσιμα που περιέχουν ασφαλένια μπορούν να αναμειχτούν σε ανεφοδιασμό ή αλλαγή καυσίμου
- Χρήση καυσίμων που δεν είναι συμβατά με τον κανονισμό σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας συμβατών καυσίμων
- Η άρτια εκπαίδευση του πληρώματος στις διαδικασίες αλλαγής καυσίμων

Ένα Ship Implementation Plan, παράδειγμα του οποίου βρίσκετε στο Παράρτημα 5, πρέπει να περιέχει τα ακόλουθα:

- Διαδικασίες για τον διαχωρισμό διαφορετικών τύπων καυσίμων και καυσίμων από διαφορετικές πηγές
- Λεπτομερείς διαδικασίες για την δοκιμή συμβατότητας και τον διαχωρισμό των καυσίμων από διαφορετικές πηγές μέχρι να επιβεβαιωθεί η συμβατότητα
- Διαδικασίες μετάβασης από ένα τύπο καυσίμου σε άλλο
- Σχέδιο για την αντιμετώπιση τυχόν μηχανικών περιορισμών όσον αφορά τον χειρισμό συγκεκριμένων καυσίμων και ότι τα διάφορα καύσιμα μπορούν να διαχειρίζονται με ασφάλεια στο πλοίο
- Διαδικασίες για την επαλήθευση της απόδοσης της μηχανής όταν λειτουργεί με καύσιμα που έχουν χαρακτηρίστηκα με τα οποία το πλοίο δεν έχει προηγούμενη εμπειρία<sup>32</sup>

Επιπλέον σύμφωνα με το MEPC.1-Circ.878 η δεξαμενή και το σύστημα καυσίμου των πλοίων ενδέχεται να χρειαστούν προσαρμογές. Συνιστάται ένα πλήρως διαχωρισμένο σύστημα καυσίμων για καύσιμα απόσταξης και μικτά καύσιμα, επειδή μπορεί να απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Η διαμόρφωση της δεξαμενής και το σύστημα διαχωρισμού καυσίμων επιτρέπουν επίσης την καλύτερη διαχείριση των δυνητικά ασυμβίβαστων καυσίμων.

---

<sup>32</sup> IMO MEPC.1/Circ.878, 9 November 2018

### 3.1.5. Αποστάγματα (Distillates)

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν αποστάγματα, μπορούν να ληφθούν τα υπ' όψιν τα ακόλουθα:

- Η μείωση του ιξώδους (viscosity) του καυσίμου μπορεί να προκαλέσει αύξηση της διαρροής του καυσίμου μεταξύ του εμβόλου της αντλίας καυσίμου και της κάννης των κινητήρων ντίζελ. Οι εσωτερικές διαρροές στο σύστημα ψεκασμού καυσίμου μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της πίεσης του καυσίμου στον κινητήρα, γεγονός που μπορεί να έχει συνέπειες στην απόδοση του κινητήρα. Για τον λόγο αυτό πρέπει να γίνονται επαρκείς δοκιμές, σωστή συντήρηση και πιθανή εγκατάσταση εξοπλισμού ψύξης (coolers)
- Εγκαταστάθηκαν επίσης αντλίες καυσίμου και ακροφύσια έγχυσης κατάλληλα για πετρέλαιο με χαμηλό ιξώδες (viscosity). Τα καύσιμα με πολύ χαμηλό ιξώδες (viscosity) μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη φθορά ή φράξιμο των αντλιών καυσίμου
- Ενώ ορισμένα συμβατά καύσιμα δεν χρειάζονται θέρμανση άλλα (συμπεριλαμβανομένων ορισμένων αποσταγμάτων) απαιτούν θέρμανση. Ως εκ τούτου ήταν συνετό να αναθεωρηθούν οι ρυθμίσεις θέρμανσης για τα καύσιμα απόσταξης και, κατά περίπτωση, να διατηρηθούν οι υπάρχουσες ρυθμίσεις θέρμανσης
- Ορισμένα μέρη του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου, όπως αντλίες καυσίμου, εξαρτήματα σωληνώσεων και παρεμβύσματα επισκευάστηκαν για να διασφαλιστεί η ακεραιότητά τους<sup>33</sup>

### 3.1.6. Αναμειγμένα Υπολειμματικά Καύσιμα (Blended Residual Fuels)

Νέα αναμειγμένα καύσιμα με 0,5% περιεκτικότητα σε θείο προσφέρονται ως εναλλακτική στα συμβατά καύσιμα απόσταξης, όταν τέτοια καύσιμα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν:

---

<sup>33</sup> IMO MEPC.1/Circ.878, 9 November 2018

- Οι τεχνικές προδιαγραφές τέτοιων καυσίμων είναι είτε εντός των ορίων που καθορίζονται από το ISO 8217 είτε έχουν εκδοθεί με επίσημη τεκμηρίωση που δεν δηλώνει αντίρρηση στη χρήση τους από τους κατασκευαστές κινητήρων
- Πριν προμηθευτούν τέτοιου είδους καύσιμα οι operators πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά τις συγκεκριμένες τεχνικές και λειτουργικές προκλήσεις που μπορεί να έχει αυτός ο τύπος καυσίμου
- Οι πυκνότητα αυτών των καυσίμων είναι γενικά χαμηλότερη από αυτή των συμβατικών υπολειμματικών καυσίμων. Αυτό απαιτεί την προσαρμογή των φυγοκεντρικών για να διασφαλιστεί ο επαρκής καθαρισμός του καυσίμου<sup>34</sup>

### 3.1.7. Καθαρισμός δεξαμενών

Τα περισσότερα πλοία χρησιμοποιούσαν καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο και υψηλό ιξώδες (HFO) που βασίζεται κυρίως σε υπολειμματικά καύσιμα. Τέτοια καύσιμα τείνουν να προσκολλώνται στο εσωτερικό των δεξαμενών καυσίμων σχηματίζοντας στρώματα ημι-στερεών ουσιών που περιέχουν ιζήματα και ασφαλτενική λάσπη, τέτοια υπολείμματα στερεοποιούνται σε διάφορα μέρη του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των αγωγών, των δεξαμενών καθίζησης και εξυπηρέτησης.

Ορισμένα από τα καύσιμα που συμμορφώνονται με το όριο του θείου 0,5% είναι πολύ παραφινικά λόγω των ακατέργαστων πηγών ανάμειξης των συστατικών και της υψηλής περιεκτικότητας σε αποστάγματα. Αν τέτοια καύσιμα φορτωνόταν σε δεξαμενές HFO που δεν έχουν καθαριστεί υπήρχε πιθανότητα να διαλύσουν και να αποσπάσουν ιζήματα και ασφαλτενική λάσπη σε δεξαμενές αποθήκευσης, δεξαμενές καθίζησης και αγωγούς, που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε προβλήματα λειτουργίας του καθαριστή (purifier) και των φίλτρων και σε ακραίες περιπτώσεις σε προβλήματα τροφοδοσίας καυσίμου με αποτέλεσμα την απώλεια ισχύος.

Εναλλακτικά μπορούν να ακολουθηθούν ειδικές διαδικασίες αλλαγής καυσίμων ώστε τα νέα καύσιμα να φορτωθούν αποτελεσματικά και με ασφάλεια

<sup>34</sup> IMO MEPC.1/Circ.878, 9 November 2018

πάνω από το υπάρχον καύσιμο HFO και να ξεπλένουν σταδιακά το σύστημα καυσίμου έως ότου η περιεκτικότητα σε θείο να φτάσει σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Οι δεξαμενές καυσίμου καθαρίζονται συνήθως σε τακτική βάση για την απομάκρυνση ιζημάτων και λάσπης κατά το dry docking ή όποτε απαιτούνται επιθεωρήσεις στις δεξαμενές καυσίμων. Ωστόσο δεν ήταν εφικτό για την πλειοψηφία των πλοίων που χρησιμοποιούσαν HFO να πραγματοποιήσουν dry dock κοντά στην διορία της 01 Ιανουαρίου 2020 ώστε να καθαριστούν οι δεξαμενές. Ο χρόνος που απαιτείται για τον καθαρισμό των δεξαμενών δεν μπορεί να καθοριστεί επακριβώς καθώς εξαρτάται από τον χρόνο που έχει περάσει από την τελευταία φορά που έγινε καθαρισμός την κατάσταση της επίστρωσης της κάθε δεξαμενής και της αποτελεσματικότητας της ίδιας τη διαδικασίας καθαρισμού. Υπάρχουν οι ακόλουθοι τρεις τρόποι για τον καθαρισμό των δεξαμενών:

### **1. Χειροκίνητος καθαρισμός κατά της διάρκεια του dry dock**

Ο χρόνος που απαιτείται ποικίλλει, μπορεί να χρειαστεί 2 έως 4 μέρες ανά δεξαμενή. Εκτός από τον καθαρισμό των δεξαμενών πρέπει να καθαριστούν και όλες οι σωληνώσεις του συστήματος, συνολικά μπορεί να χρειαστούν 1-2 εβδομάδες. Ένα πλοίο που έχει καθαρίσει όλες τις δεξαμενές και το σύστημα καυσίμων μπορεί να αρχίσει να φορτώνει συμβατά καύσιμα αμέσως και να αναμένει ότι θα είναι πλήρως συμβατό αμέσως. Ωστόσο εάν έχουν καθαριστεί μόνο οι δεξαμενές, μπορεί να χρειαστούν 2 έως 5 μέρες για να ξεπλυθούν οι σωληνώσεις του συστήματος καυσίμου

### **2. Χειροκίνητος καθαρισμός κατά την διάρκεια της λειτουργίας**

Κατά την διάρκεια του χειροκίνητου καθαρισμού εν λειτουργία η εκτίμηση του κινδύνου και τα μέτρα ασφαλείας είναι πρωταρχικής σημασίας. Ο απαιτούμενος χρόνος ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος των δεξαμενών και του χρόνου που έχει περάσει από την τελευταία φορά που καθαρίστηκε η δεξαμενή καθώς και από τον αριθμό του πληρώματος που είναι διαθέσιμο για την εκτέλεση ασφαλών εργασιών καθαρισμού των δεξαμενών. Η δεξαμενή πρέπει να ελεγχθεί αφού καθαριστεί και να επιθεωρηθούν τα πηνία θέρμανσης, να πραγματοποιηθούν δοκιμές πίεσης και επισκευές όπως απαιτούνται.

Για δεξαμενές μεσαίου μεγέθους αν ο καθαρισμός γίνει από τα μέλη του πληρώματος θα χρειαστεί κατά μέσο όρο 4 με 7 μέρες ανά δεξαμενή, ενώ αν ο καθαρισμός γίνει από εξωτερικά συνεργεία θα χρειαστεί κατά μέσο όρο 2 με 4 μέρες ανά δεξαμενή. Επιπλέον οι δεξαμενές πρέπει να είναι άδειες για να καθαριστούν, επομένως ο χρόνος που απαιτείται για το άδειασμα τους πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά την εκτίμηση του συνολικού απαιτούμενου χρόνου. Εκτός από τον καθαρισμό των δεξαμενών πρέπει να καθαριστούν και όλες οι σωληνώσεις του συστήματος καυσίμου. Ο καθαρισμός των υπόλοιπων σωληνώσεων και του συστήματος του καυσίμου μετά τον καθαρισμό όλων των δεξαμενών μπορεί να διαρκέσει άλλες 1 με 2 ημέρες

### **3. Χειροκίνητος καθαρισμός κατά τη διάρκεια της λειτουργίας με εξειδικευμένα πρόσθετα**

Ως εναλλακτική λύση στον χειροκίνητο καθαρισμό μπορεί να γίνει σταδιακός καθαρισμός, των ιζημάτων και της ασφαλενικής λάσπης από της δεξαμενές HFO και τα συστήματα καυσίμων, με πρόσθετα.<sup>35</sup>

Κατά μέσο όρο ο καθαρισμός μιας δεξαμενής 500 m<sup>3</sup> κοστίζει στην Κίνα 6.000 USD ενώ στην Σιγκαπούρη 9.000 USD<sup>36</sup> ένα κόστος που οι ναυτιλιακές εταιρίες που επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν VLSFO και ULSFO επωμίστηκαν εξ' ολοκλήρου.

#### **3.1.8. Τιμές VLSFO**

Με τον νέο κανονισμό η πλειοψηφία των πλοιοκτητών επέλεξε την χρήση του VLSFO για την συμμόρφωση στον κανονισμό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του κατά 25-35% στις αρχές του Δεκεμβρίου του 2019 λίγο πριν την

<sup>35</sup> IMO MEPC.1/Circ.878, 9 November 2018

<sup>36</sup> The newsletter for Innospec Fuel Specialties, Innospec.com, [https://innospec.com/wp-content/uploads/2020/09/marine\\_fuel\\_watch\\_issue\\_3\\_en.pdf](https://innospec.com/wp-content/uploads/2020/09/marine_fuel_watch_issue_3_en.pdf)

πλήρης εφαρμογή του κανονισμού, ενώ συγκριτικά η ζήτηση του HSFO άρχισε να πέφτει ήδη από τα τέλη Σεπτεμβρίου 2019.<sup>37</sup>

Παρ' όλα αυτά από τα μέσα Σεπτεμβρίου 2019 παρατηρήθηκε μια αύξηση στις τιμές του HSFO. Αυτό συνέβη διότι οι φορτηγίδες που ανεφοδιάζουν τα πλοία με καύσιμα (barges) άρχισαν να μετατοπίζονται προς την μεταφορά VLSFO οπότε υπήρχαν λιγότερες φορτηγίδες για την μεταφορά HSFO. Έτσι οι πλοιοκτήτες έπρεπε να πληρώσουν premium για την μεταφορά του HSFO πέρα από την τιμή του καυσίμου.

Στα κύρια σημεία ανεφοδιασμού καυσίμων οι τιμές των καυσίμων κυμαινόταν περίπου USD 15-30 /ton πάνω από τις δημοσιευμένες τιμές του φορτίου. Η συνεχιζόμενη μετάβαση στην αγορά των φορτηγίδων οδήγησε σε περιορισμούς σε αυτό το κομμάτι του συστήματος παράδοσης HSFO με αποτέλεσμα να έχουμε ακραία υψηλά premium για την μεταφορά πάνω από τις τιμές του φορτίου, πάνω από USD 70/ton στην Fujairah, περισσότερο από USD 80/ ton στο Rotterdam και κοντά στα USD 100/ton στην Singapore.<sup>38</sup>

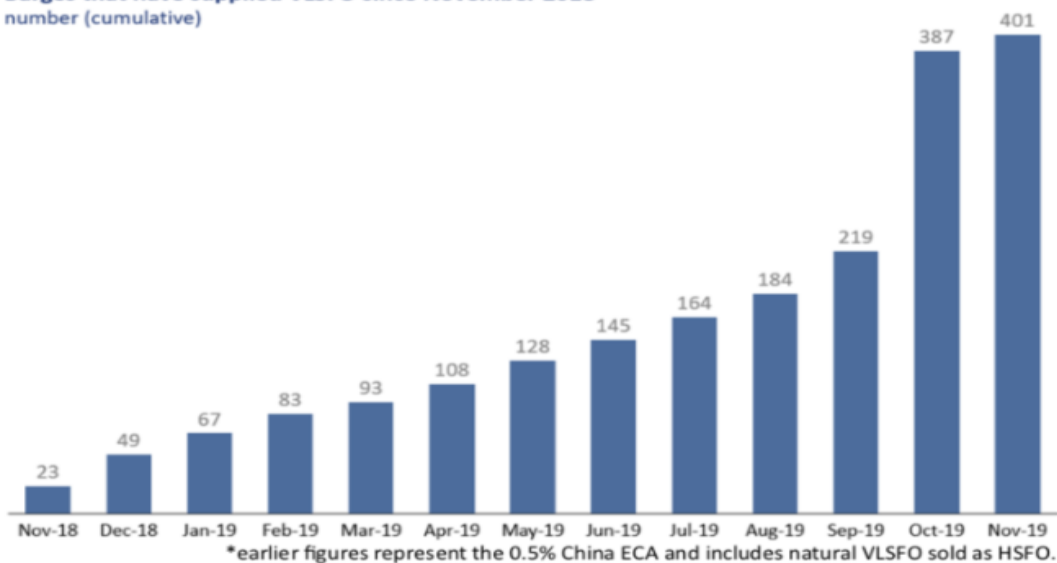
Μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου 2019 περίπου 2-4 φορτηγίδες άλλαζαν σε VLSFO κάθε εβδομάδα όμως μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου 2019 ο ρυθμός αυξήθηκε στις 40 φορτηγίδες ανά βδομάδα.

---

<sup>37</sup> Price Impacts on HSFO already well underway; VLSFO & MGO will be next, Steve Christy, Integr8 Fuels , November 2019, <https://integr8fuels.com/price-impacts-on-hsfo-already-well-underway-vlsfo-mgo-will-be-next>

<sup>38</sup> Price Impacts on HSFO already well underway; VLSFO & MGO will be next, Integr8 Fuels, Steve Christy, November 2019, <https://integr8fuels.com/price-impacts-on-hsfo-already-well-underway-vlsfo-mgo-will-be-next>

**Barges that have supplied VLSFO since November 2018**  
number (cumulative)



Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Μετά την μετάβαση αυτή η τιμή του HSFO έπεσε αισθητά τον Οκτώβριο ενώ η τιμή του VLSFO ανέβηκε, για παράδειγμα στο Rotterdam ήταν περίπου USD 480-500/ton, ενώ στο Gibraltar, Fujairah και Singapore ανέβηκαν πάνω από USD 540-560/ton. Η διαφορά του VLSFO με το HSFO έφτασε γύρω στα USD 230-240/ton.



Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι στην διάρκεια του Δεκεμβρίου 2019 η διαφορά του VLSFO με το MGO μειώθηκε έως και USD 10/ton αυτό έδειχνε μια τάση της αγοράς που θα μπορούσε να κινηθεί προς το MGO ως την καλύτερη μέθοδο συμμόρφωσης στον κανονισμό.<sup>39</sup>

Παρ' όλα αυτά στις αρχές Φεβρουαρίου 2020 οι τιμές του VLSFO άρχισαν να πέφτουν ακλουθώντας βέβαια τις τιμές του αργού πετρελαίου κυρίως όμως λόγω της αβεβαιότητας που έφερε στην αγορά η πανδημία του Covid-19. Συγκριτικά οι τιμές του VLSFO στις αρχές του Ιανουαρίου 2020 ανατολικά του Suez ήταν κατά μέσο όρο USD 750/ton ενώ στις αρχές Φεβρουαρίου 2020 ήταν περίπου USD 500/ton βλέπουμε δηλαδή μία πτώση της τάξεως 25-35%.

Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές στις τιμές του VLSFO σε διαφορετικά λιμάνια κυρίως λόγω του καινούργιου κανονισμού, για παράδειγμα στις αρχές του Ιανουαρίου 2020 το VLSFO στην Singapore ήταν περίπου USD 60/ton λιγότερο από ότι στην Fujairah, λίγο αργότερα οι τιμή του VLSFO την Νότιο Κορέα ήταν περίπου USD 60/ton κάτω από της Singapore. Παρ' όλο που οι τιμές φάνηκε να σταθεροποιούνται για κάποιο χρονικό διάστημα στα μέσα Φεβρουαρίου 2020 οι τιμές στην Νότιο Κορέα αυξήθηκαν κατά περίπου USD 30/ton σε σχέση με της Singapore με την Fujairah να ακολουθεί το ίδιο μοτίβο.<sup>40</sup>

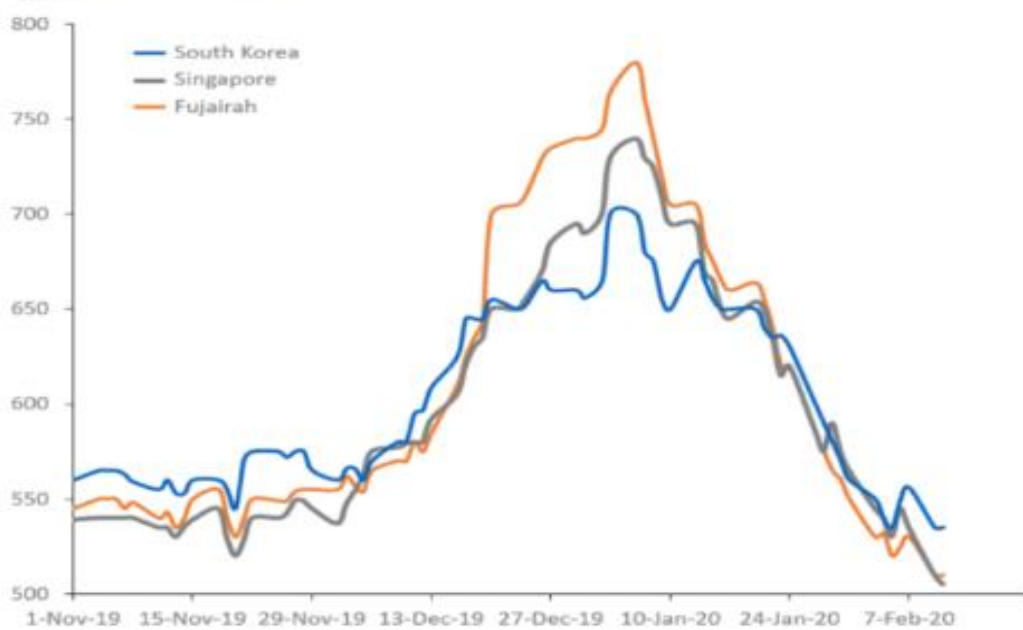
---

<sup>39</sup> VLSFO pricing & availability needs careful watching, Integr8 Fuels, Steve Christy, December 2019, <https://integr8fuels.com/vlsfo-pricing-availability-needs-careful-watching>

<sup>40</sup> VLSFO prices now more settled, but still plenty to look at when buying bunkers, Integr8 Fuels, Steve Christy, February 2020, <https://integr8fuels.com/vlsfo-prices-are-now-settled-but-there-is-still-plenty-to-look-at-when-buying-bunkers>



**VLSFO delivered prices**  
\$/ton



Πηγή: <https://integr8fuels.com>

**VLSFO delivered prices relative to Singapore**

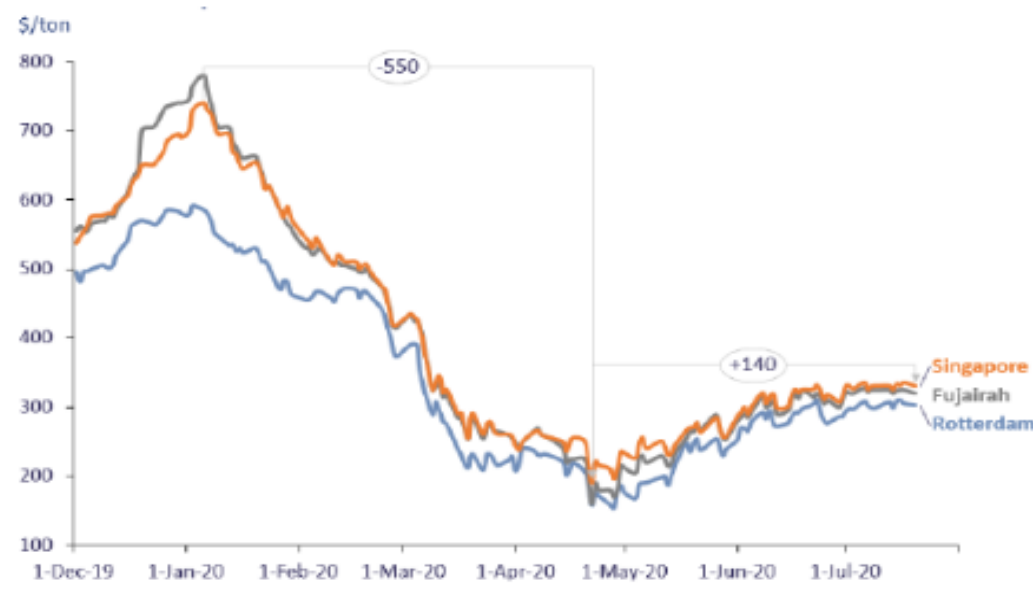


Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Από τον Μάρτιο 2020 και λόγω της πανδημίας του Covid-19 οι τιμές του VLSFO μειώθηκαν δραματικά, για παράδειγμα στην Singapore η τιμές του VLSFO

έπεσαν στα 190 USD/ton ενώ τον Ιούλιο κυμαίνονταν στα 320 USD/ton.

**Fig 1 - VLSFO delivered prices, \$/ton**

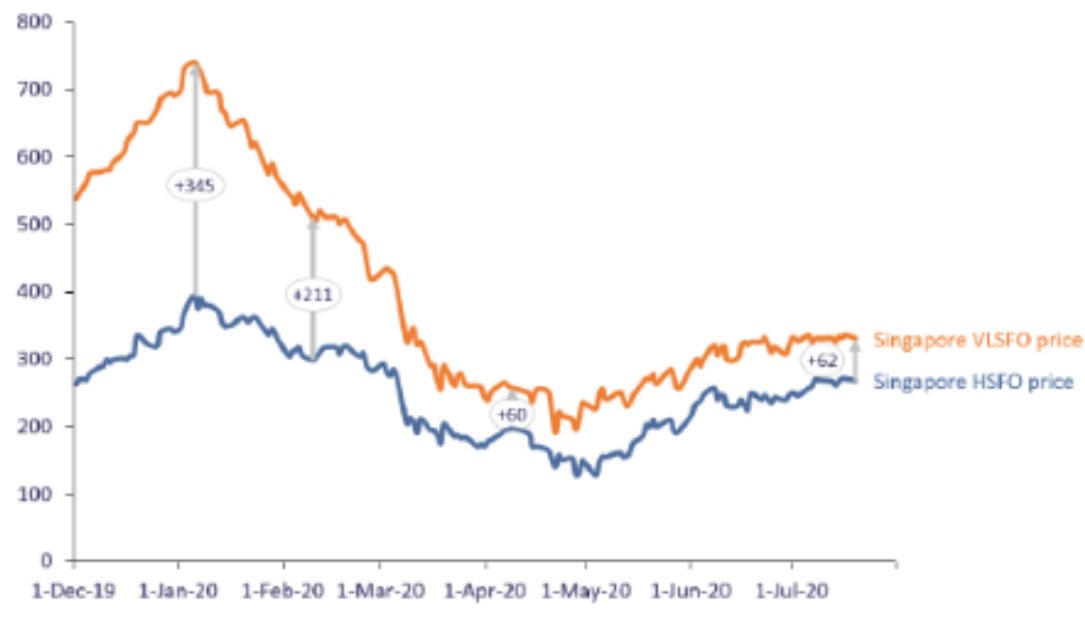


Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Παράλληλα με την μείωση στις τιμές του VLSFO παρατηρήθηκε και μείωση στις τιμές του HSFO μέχρι τις αρχές του Απριλίου 2020 ενόψει της συμφωνίας της Σαυδικής Αραβίας και Ρωσίας για την μείωση της παραγωγής από 01 Μαΐου 2020. Μετά την μείωση της παραγωγής η τιμή του HSFO αυξήθηκε σταδιακά. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά μεταξύ VLSFO και HSFO μειώθηκε σημαντικά και κυμαίνονταν γύρω στα 60-70 USD/ton από τα περίπου 345 USD/ton τον Ιανουάριο 2020.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> We have finally seen some stability in bunker prices, but there is still a lot happening out there, Integr8 Fuels, Steve Christy, July 2020, <https://integr8fuels.com/we-have-finally-seen-some-stability-in-bunker-prices>

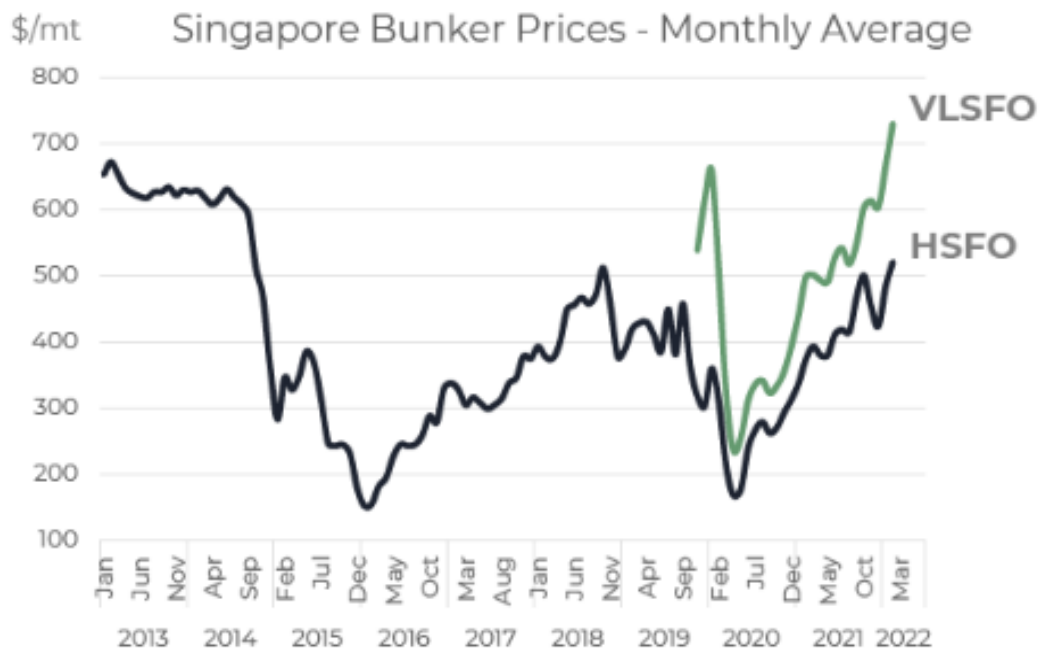
**Fig 3 - HSFO vs VLSFO prices in Singapore**



Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Ένα χρόνο μετά και έχοντας μια καλύτερη εικόνα των επιπτώσεων του νέου κανονισμού, μπορούμε να πούμε ότι η μετάβαση ήταν σχετικά ομαλή. Για παράδειγμα από την ιστοσελίδα του IMO μπορούμε να δούμε ότι τα FONAR's (Fuel Oil Non Availability Report) έπεσαν από περίπου 50 τον Ιανουάριο του 2020 σε λιγότερο από 5 τον Απρίλιο του 2020. Φυσικά η πανδημία του Covid-19 επηρέασε αισθητά την αγορά. Επιπλέον οι τιμές του VLSFO ήταν ασταθής, όπως είπαμε και προηγουμένως υπήρξε μια δραματική αύξηση στις τιμές του VLSFO στις αρχές που έφτασε τα 615-660 USD/ton και την διαφορά με τον HSFO να ξεπερνά τα 345 USD/ton. Μετά την μείωση των τιμών στα περίπου 250 USD/ton, τον Μάρτιο και Απρίλιο του 2020 λόγω της πανδημίας, παρατήθηκε μια σταδιακή αύξηση των τιμών. Έτσι φτάνοντας στον Νοέμβριο του 2021 είδαμε και πάλι τις τιμές του VLSFO να αγγίζουν τα 600 USD/ton, αυτό οφείλονταν κυρίως στις μειώσεις της παραγωγής αργού πετρελαίου από τις OPEC+ χώρες σε συνδυασμό με την απώλεια των αμερικανικών προμηθειών αργού και την τελική ανάκαμψη της ζήτησης του πετρελαίου. Η υψηλές αυτές τιμές έρχονται ως αποτέλεσμα της χαμηλής παραγωγής και υψηλής ζήτησης που επήλθε μετά την χαλάρωση των μέτρων για την πανδημία. Έχοντας πλέον φτάσει 2 χρόνια μετά την εφαρμογή του κανονισμού βιώνουμε πλέον την μεγαλύτερη αύξηση στις τιμές με το VLSFO να φτάνει στην Singapore περίπου

750-770 USD/ton και το HSFO τα 540-550 USD/ton, ακολουθώντας την τιμή του αργού πετρελαίου (100 USD/bbl). Οι απότομη αυτή αύξηση ήταν αποτέλεσμα της εισβολής της Ρωσίας στην Ουκρανία η οποία έχει φέρει μια γενικότερη αναστάτωση στην παγκόσμια αγορά.<sup>42</sup>



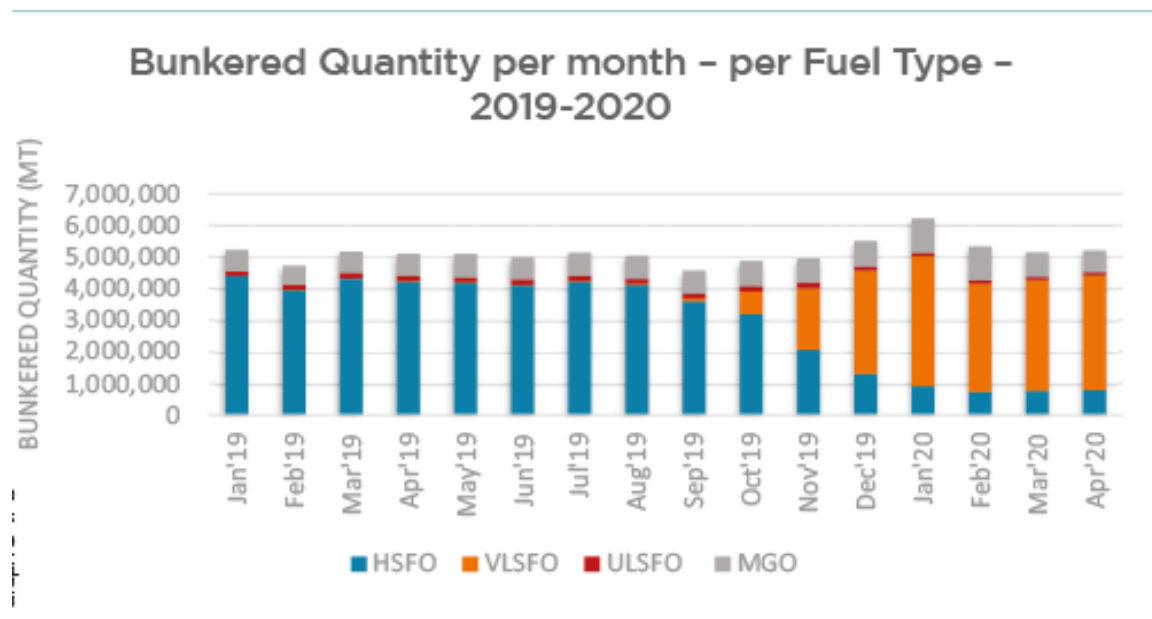
Πηγή: <https://integr8fuels.com>

Γενικότερα υπήρξαν αρκετοί παράγοντες που επηρέασαν τις τιμές του VLSFO τα τελευταία χρόνια πέρα από τον κανονισμό του IMO καθώς και την βιομηχανία της Ναυτιλίας γενικότερα κάνοντας δύσκολη την ανάλυση της αγοράς. Έτσι δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά πως θα κυμαίνονταν οι τιμές του VLSFO υπό φυσιολογικές συνθήκες και κατά ποιο ποσοστό επηρέασε την αγορά ο κανονισμός του IMO. Το μόνο σίγουρο είναι ότι η αγορά του VLSFO και του Bunkering γενικότερα θα πρέπει να αντιμετωπίσει τους επόμενους μήνες που θα είναι αρκετά ασταθείς.

<sup>42</sup> VLSFO Prices Are At An All-time High – Politics Have Trumped Oil Fundamentals, Integr8 Fuels, Steve Christy, February 2022, <https://integr8fuels.com/vlsfo-prices-are-at-an-all-time-high-politics-have-trumped-oil-fundamentals>

### 3.1.9. Τιμές MGO

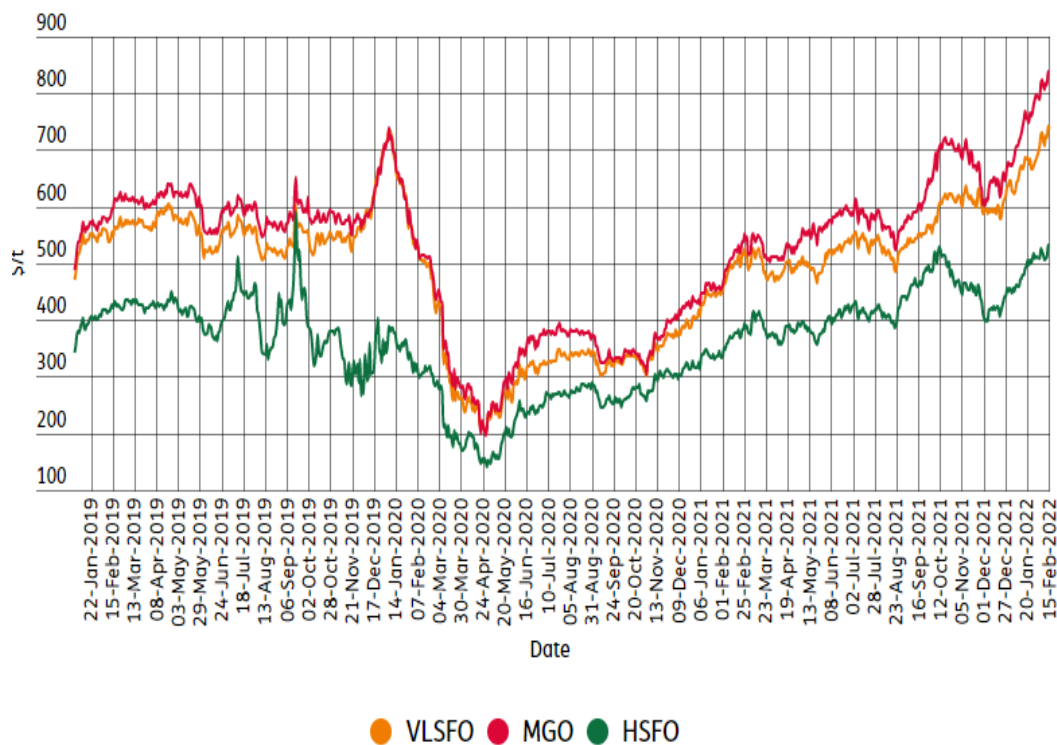
Παρόλο που υπήρχαν ανησυχίες για την ποιότητα του VLSFO και τα προβλήματα που ενδεχομένως να δημιουργούσε στις μηχανές των πλοίων είναι πλέον ξεκάθαρο ότι η αγορά κινείται ξεκάθαρα προς την κατεύθυνση του VLSFO.αυτό φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα:



Πηγή: <https://www.bunkerspot.com/features-regulation/item/learning-curve>

Μετά την 1η Ιανουαρίου 2020, το 67% όλων των καυσίμων που ελέγχθηκαν από τη VPS ήταν VLSFO. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το μερίδιο αγοράς των MGO ήταν 16% με το HSFO στο 15% και το ULSFO μόνο στο 2% .

Όπως μπορούμε να δούμε από το παρακάτω διάγραμμα που μας δείχνει τις τιμές του VLSFO, MGO και HSFO στην Singapore είχαν σχεδόν τις ίδιες τιμές από, τον Δεκέμβριο του 2019 μέχρι τον Ιούνιο του 2020, με το VLSFO παρόλα αυτά το ποσοστό της αγοράς του δεν αυξήθηκε σημαντικά. Ενώ από τον Μάρτιο του 2021 μέχρι και τώρα η διαφορά στην τιμή του MGO σε σχέση με το VLSFO αυξάνεται σταδιακά με μικρές εξαιρέσεις.



Πηγή: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1139878/Bunker-prices-climb-to-highest-point-since-early-2020>

Τους τελευταίους μήνες τα πλοία που μεταφέρουν LNG συμβάλλουν στην αύξηση της ζήτησης για VLSFO και MGO καθώς αλλάζουν το μείγμα καυσίμων τους και επιλέγουν όλο και περισσότερο συμβατικά καύσιμα αντί για ακριβό φυσικό αέριο.

Το LNG έχει χάσει την ανταγωνιστικότητά του ως προς τις τιμές από την MGO και σε μεγαλύτερο βαθμό ως προς το VLSFO. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι χειριστές πλοίων LNG να περιορίσουν τη χρήση του boil-off, το οποίο έχει πλέον μεγαλύτερη αξία ως φορτίο, και να αυξήσουν τις αγορές VLSFO και MGO χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.<sup>43</sup>

### 3.2.Scrubbers

<sup>43</sup> Bunker prices climb to highest point since early 2020, Lloyd's List, Bridget Diakun, February 2022, <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1139878/Bunker-prices-climb-to-highest-point-since-early-2020>

Η δεύτερη επιλογή για την συμμόρφωση στον κανονισμό είναι η εγκατάσταση συστημάτων scrubber ή συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (Exhaust Gas Cleaning Systems, EGCS), υπάρχουν τέσσερεις διαφορετικοί τύποι scrubber που έχουν εγκριθεί από τον IMO, στην αγορά την δεδομένη στιγμή:

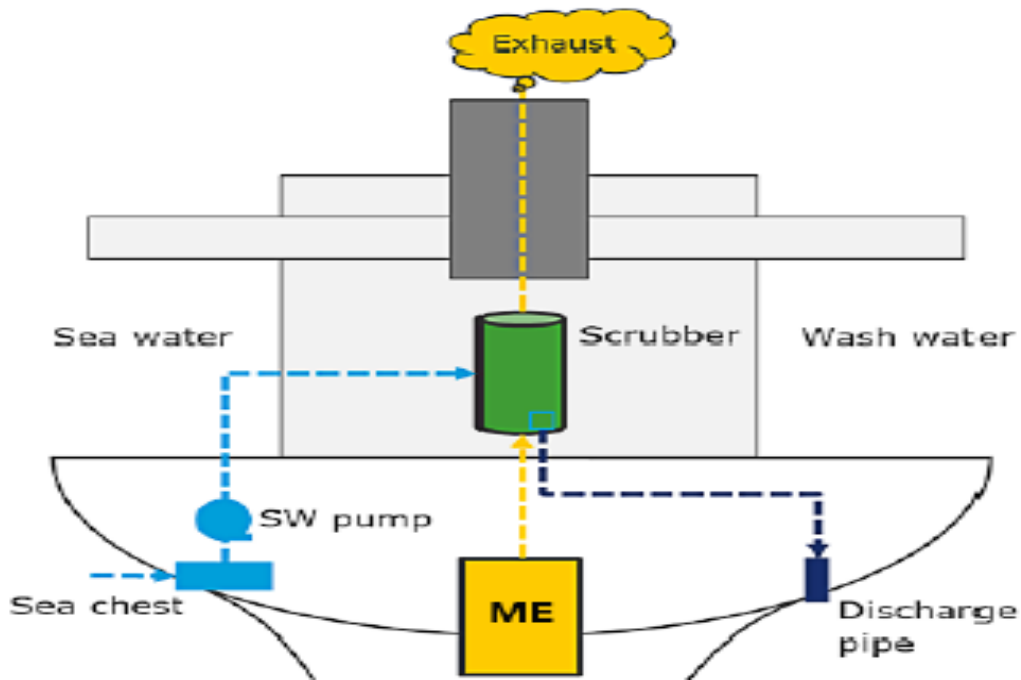
1. Seawater Scrubbers (open loop) : χρησιμοποιεί ακατέργαστο θαλασσινό νερό, με τη φυσική αλκαλικότητα του θαλασσινού νερού εξουδετερώνει το θείο
2. Fresh water Scrubbers (closed loop): δεν εξαρτώνται από τον τύπο του νερού στο οποίο λειτουργεί το πλοίο επειδή τα καυσαέρια εξουδετερώνονται με την χρήση καυστικής σόδας, η οποία προστίθεται σε γλυκό νερό σε ένα κλειστό σύστημα
3. Hybrid Scrubbers: δίνουν την δυνατότητα χρήσης και των δύο συστημάτων open loop ή closed loop
4. Dry Scrubbers: δεν χρησιμοποιούν καθόλου υγρά στην διαδικασία, τα καυσαέρια καθαρίζονται με ενυδατωμένο κοκκοποιημένο ασβέστη

Στην συνέχεια θα αναλύσουμε τους τρόπους λειτουργίας των διαφορετικών συστημάτων scrubbers αλλά και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε συστήματος.

### 3.2.1. Fresh Water (Open Loop)

Τα open loop συστήματα μπορούν να ανταπεξέλθουν και στις δύο απαιτήσεις του κανονισμού σε θείο 0,5% σε διεθνή ύδατα και 0,1% σε περιοχές SECA και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις περιοχές με επαρκή αλκαλικότητα θαλασσινού νερού, εκτός εάν υπάρχουν περιορισμοί στην απόρριψη νερού που χρησιμοποιεί το σύστημα. Σε αυτό το σύστημα μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού αντλούνται στον πύργο καθαρισμού. Ο πύργος καθαρισμού έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίσει επαρκή χρόνο κράτησης των καυσαερίων. Τα ακροφύσια ψεκασμού διασκορπίζουν το θαλασσινό νερό με ένα σχέδιο που έχει φτιαχτεί για να μεγιστοποιήσει την εξουδετέρωση των όξινων αερίων. Το νερό που χρησιμοποιείται αποστραγγίζεται από τον πυθμένα του πύργου καθαρισμού και εξέρχεται από το πλοίο μέσω σωλήνων εκκένωσης. Ορισμένα συστήματα open loop περιλαμβάνουν

επίσης εξοπλισμό για την επεξεργασία του νερού.<sup>44</sup>



Πηγή: LNG VS SCRUBBER TECHNOLOGY IN FUTURE GREEN SHIPS, D. Kolich & F. Kurtovic University of Rijeka, Croatia

### Πλεονεκτήματα

- Έχει πολύ λίγα κινούμενα μέρη, το σχέδιο είναι απλό και εύκολο στην εγκατάσταση
- Εκτός από τους ελέγχους de-fouling και λειτουργίας, το σύστημα απαιτεί πολύ λιγότερη συντήρηση
- Αυτό το σύστημα δεν απαιτεί αποθήκευση απορριμμάτων

### Μειονεκτήματα

- Η ψύξη των καυσαερίων είναι ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα αυτού του τύπου
- Η λειτουργία του συστήματος εξαρτάται από την αλκαλικότητα του διαθέσιμου νερού και δεν είναι κατάλληλη για χρήση σε όλες τις συνθήκες, έτσι το θαλασσινό νερό που είναι σε υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, το γλυκό νερό ακόμα και το υφάλμυρο νερό, δεν είναι αποτελεσματικό και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Για αυτούς τους λόγους δεν θεωρείται κατάλληλη

<sup>44</sup> Det Norske Veritas.: "Global sulphur cap 2020", Norway, 2018.



τεχνολογία για περιοχές όπως η Βαλτική όπου τα επίπεδα αλατότητας δεν είναι υψηλά

- Απαιτείται πολύ μεγάλος όγκος θαλασσινού νερού για να επιτευχθεί αποτελεσματικός καθαρισμός και ως εκ τούτου το σύστημα καταναλώνει πολύ υψηλή ισχύ
- Σε πολλές περιοχές η χρήση open loop scrubber έχει απαγορευτεί<sup>45</sup>:
  - Κίνα (χωρικά ύδατα)
  - Σιγκαπούρη (εντός ορίων λιμένων)
  - Μαλαισία (χωρικά ύδατα)
  - Πακιστάν (εντός ορίων λιμένων)
  - Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (όρια λιμένων Fujairah και Abu Dhabi)
  - Μπαχρέιν (εντός ορίων λιμανιού)
  - Αίγυπτος (Διώρυγα του Σουέζ)
  - Γιβραλτάρ (τοπικά ύδατα)
  - Ισπανία (λιμάνι Algeciras)
  - Πορτογαλία (ύδατα λιμανιών)
  - Γαλλία (ορισμένα λιμάνια)
  - Βέλγιο (λιμένες και εσωτερικά ύδατα)
  - Ιρλανδία (νερά λιμένων στο Κορκ, το Δουβλίνο και το Γουότερφορντ)
  - Σκωτία (λιμάνια στο Forth και Tay)
  - Νορβηγία (heritage fjords)
  - Σουηδία (λιμάνι Brofjorden)
  - Γερμανία (θαλάσσιοι λιμένες δίπλα σε εσωτερικές πλωτές οδούς και εσωτερικές πλωτές οδούς)
  - Λιθουανία (ύδατα λιμανιών)
  - Βερμούδες (χωρικά ύδατα)
  - Παναμάς (το κανάλι του Παναμά)
  - Η.Π.Α. (ύδατα λιμένων του Κονέκτικατ και ύδατα της Καλιφόρνια)

---

<sup>45</sup> List of countries that restrict the use of open loop scrubbers, Safety4sea, September 2020, <https://safety4sea.com/list-of-countries-that-restrict-the-use-of-open-loop-scrubbers>

### 3.2.2. Fresh Water (Closed Loop)

Τα closed loop συστήματα παρέχουν ευελιξία διότι μπορούν να λειτουργήσουν σε περιοχές με χαμηλή αλκαλικότητα και σε περιοχές που δεν επιτρέπεται η ρήψη του χρησιμοποιημένου νερού.

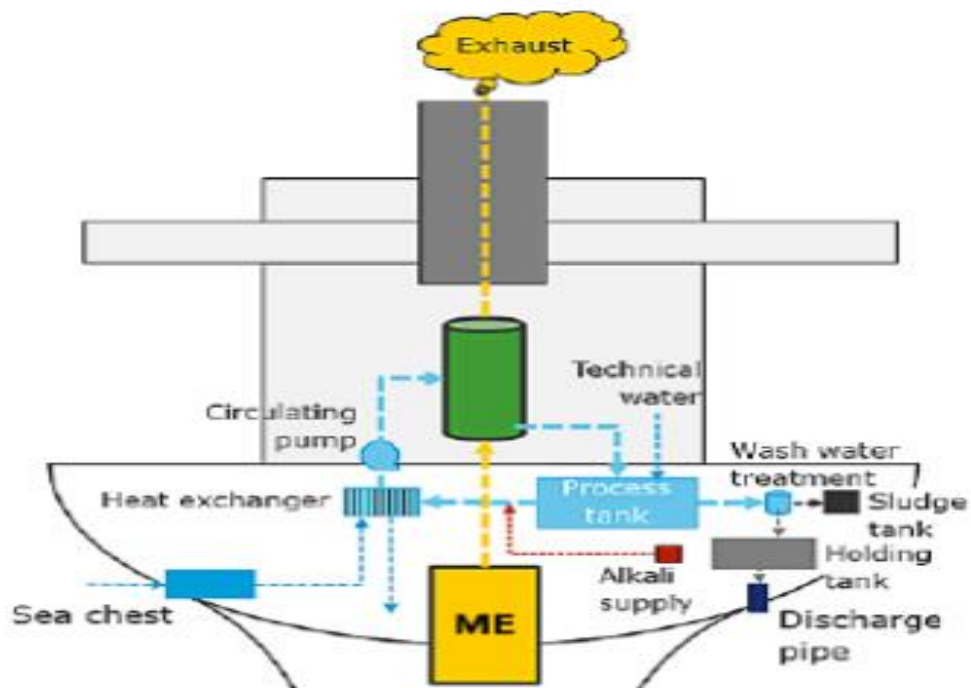
Ένα closed loop σύστημα χρησιμοποιεί γλυκό νερό επεξεργασμένο με μια χημική ουσία (συνήθως υδροξείδιο του νατρίου) αντί για θαλασσινό νερό ως μέσο καθαρισμού. Το SO<sub>x</sub> από τα καυσαέρια μετατρέπεται σε αβλαβές θειικό νάτριο. Πριν από την επανακυκλοφορία για χρήση, το νερό περνά από ένα σύστημα πλύσης κλειστού κυκλώματος και διοχετεύεται μέσα από μια δεξαμενή επεξεργασίας όπου καθαρίζεται.

Τα πλοία μπορούν είτε να μεταφέρουν γλυκό νερό σε δεξαμενές είτε να παράγουν το απαιτούμενο νερό από γεννήτριες γλυκού νερού που υπάρχουν επί του πλοίου. Μικρές ποσότητες νερού αφαιρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε δεξαμενές αποθήκευσης όπου μπορεί να προστεθεί φρέσκο νερό για να αποφευχθεί η συσσώρευση θειικού νατρίου στο σύστημα.

Ένα closed loop σύστημα απαιτεί σχεδόν τον μισό όγκο νερού από τα open loop ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες δεξαμενές. Αυτές περιλαμβάνουν μια δεξαμενή επεξεργασίας ή μια ρυθμιστική δεξαμενή, μια δεξαμενή συγκράτησης μέσω της οποίας απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα και επίσης μια δεξαμενή αποθήκευσης ικανή να ρυθμίσει τη θερμοκρασία της μεταξύ 20° και 50°C για το υδροξείδιο του νατρίου που χρησιμοποιείται συνήθως ως υδατικό διάλυμα 50%<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup> Det Norske Veritas.: “Global sulphur cap 2020”, Norway, 2018



Πηγή: LNG VS SCRUBBER TECHNOLOGY IN FUTURE GREEN SHIPS, D. Kolich & F. Kurtovic University of Rijeka, Croatia

### Πλεονεκτήματα

- Απαιτείται πολύ λιγότερη συντήρηση
- Είναι ανεξάρτητο από το περιβάλλον λειτουργίας του σκάφους
- Χρειάζεται λιγότερο νερό σε σχέση με τα open loop συστήματα
- Το νερό που χρησιμοποιείται δεν χρειάζεται να απορριφθεί τόσο συχνά

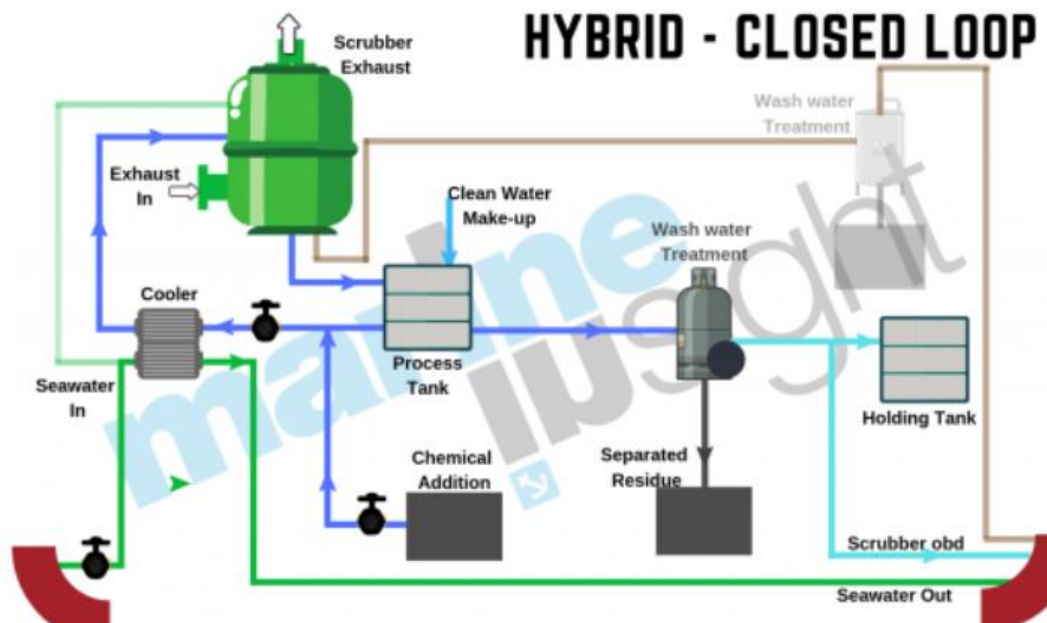
### Μειονεκτήματα

- Απαιτεί αποθηκευτικό χώρο (δεξαμενή αποθήκευσης) για τη συγκράτηση των λυμάτων μέχρι να μπορέσει να απορριφθεί
- Η συναρμολόγηση του συστήματος, ειδικά για κινητήρες διπλού καυσίμου, μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκη

### 3.2.3. Hybrid Scrubbers

Τα υβριδικά (Hybrid) συστήματα μπορούν να λειτουργούν όπως τα open αλλά και τα closed loop συστήματα. Αυτά τα συστήματα λειτουργούν σε όπως τα open loop στη θάλασσα και όπως τα close loop σε ζώνες και λιμάνια SECA και η χρήση

τους μπορεί να αλλάξει με ευκολία. Καθώς το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με καύσιμα χαμηλότερου κόστους για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους και σε όλο τον κόσμο, μπορούν να ξεπεράσει το υψηλό αρχικό τους κόστος προκειμένου να ανταποκριθεί οικονομικά στους διεθνείς κανονισμούς<sup>47</sup>.



Πηγή: <https://www.marineinsight.com/tech/scrubber-system-on-ship>

### Πλεονεκτήματα

- Κατάλληλο για μεγάλα και σύντομα ταξίδια σε όλο τον κόσμο
- Τα πλοία με υβριδικά συστήματα μπορούν να περνούν περισσότερο χρόνο σε ζώνες SECA και σε λιμάνια από αυτά με συστήματα open loop

### Μειονεκτήματα

- Απαιτούνται περισσότερες δομικές τροποποιήσεις για να χρησιμοποιηθεί αυτό το σύστημα.
- Απαιτεί μεγάλο χώρο αποθήκευσης για χημικά και πρόσθετα.
- Το σύστημα έχει υψηλό χρόνο και κόστος εγκατάστασης.
- 

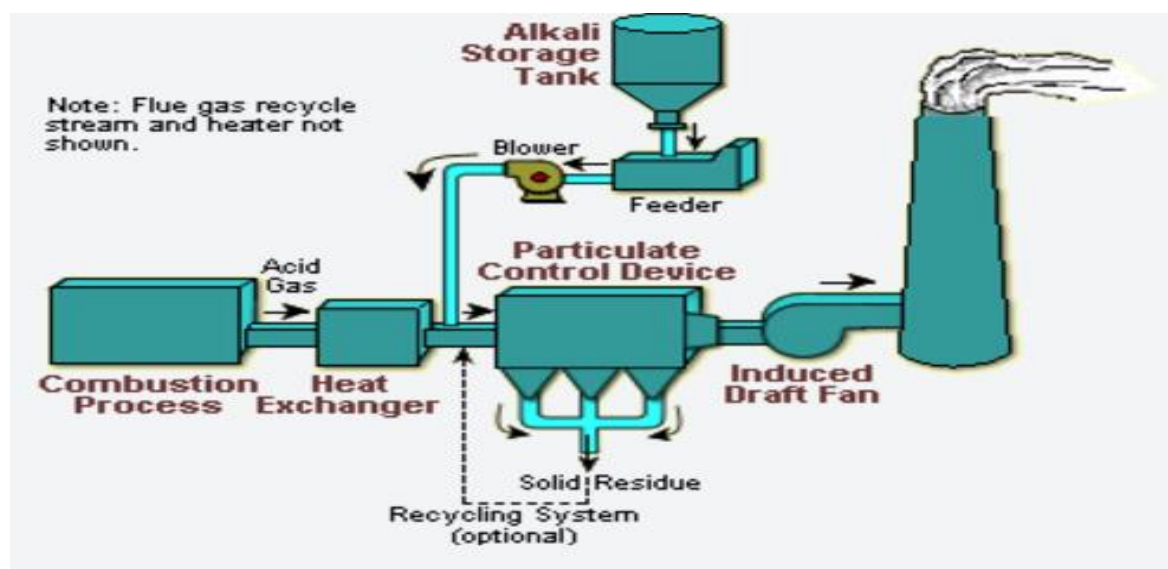
<sup>47</sup> A Guide To Scrubber System On Ship, Marine Insight, Sargun Sethi, March 2022, <https://www.marineinsight.com/tech/scrubber-system-on-ship>

### 3.2.4. Ξηρά (Dry) Scrubbers

Τα συστήματα scrubber ξηρού τύπου δεν χρησιμοποιούν ως υλικό καθαρισμού, αντίθετα, χρησιμοποιούνται σφαιρίδια ένυδρου ασβέστη για την απομάκρυνση του θείου. Επιπλέον τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε θερμοκρασίες που είναι πολύ πιο υψηλές από αυτές που λειτουργούν τα υγρά συστήματα open loop, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα να καίει τυχόν υπολείμματα αιθάλης και λιπαρότητας.

Το ασβέστιο που υπάρχει στους κόκκους καυστικής ασβέστη αντιδρά με το διοξείδιο του θείου στα καυσαέρια για να σχηματίσει θειικό ασβέστιο. Το θειώδες ασβέστιο στη συνέχεια οξειδώνεται στον αέρα για να σχηματίσει αφυδατωμένο θειικό ασβέστιο, το οποίο με το νερό σχηματίζει γύψο. Τα χρησιμοποιημένα pellets αποθηκεύονται επί του σκάφους για απόρριψη στα λιμάνια, ωστόσο δεν θεωρούνται απόβλητα καθώς ο σχηματιζόμενος γύψος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα και ως δομικό υλικό.

Τα συστήματα ξηρών scrubber καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από τα υγρά συστήματα, καθώς δεν απαιτούν αντλίες κυκλοφορίας. Ωστόσο, ζυγίζουν πολύ περισσότερο από τα υγρά συστήματα.<sup>48</sup>



Πηγή: <http://www.waterwisesys.com/scrubbers.html>

<sup>48</sup> A Guide To Scrubber System On Ship, Marine Insight, Sargun Sethi, March 2022, <https://www.marineinsight.com/tech/scrubber-system-on-ship>

### Πλεονεκτήματα

- Υπάρχει αποτελεσματική απομάκρυνση των οξειδίων του αζώτου και του θείου
- Αυτός ο τύπος συστήματος δεν έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υγρών αποβλήτων που πρέπει να απορριφθούν στη θάλασσα.
- Ο γύψος που λαμβάνεται μετά τη διαδικασία καθαρισμού καυσαερίων μπορεί να πωληθεί για χρήση σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές

### Μειονεκτήματα

- Απαιτούν σημαντική αποθήκευση επί του σκάφους για τον χειρισμό των ξηρών αντιδρώντων και των προϊόντων που σχετίζονται με τη διαδικασία
- Πρέπει να υπάρχει άμεσα διαθέσιμη παροχή των αντιδρώντων
- Τα αντιδρώντα που χρησιμοποιούνται είναι δαπανηρά, ειδικά η ουρία για τη μείωση των NOx και το υδροξείδιο του ασβεστίου για τη μείωση του SOx

#### 3.2.5. Κανονισμοί IMO για Scrubbers

Στις 15 Μαΐου του 2015 ανέπτυξε ορισμένες οδηγίες σχετικά με τις προδιαγραφές που πρέπει να έχουν τα συστήματα scrubber με τα Resolutions MEPC.130 (53), MEPC.170 (57), MEPC.184 (59) 2009 και MEPC.259 (68). Οι οποίες παρέχουν καθοδήγηση για την παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> των καυσαερίων για ποικίλες περιεκτικότητες σε θείο του καυσίμου ώστε να παρέχεται ισοδυναμία με τα προβλεπόμενα ειδικά όρια εκπομπών SOx όπως ορίζονται από τον κανονισμό.

Η αναθεώρηση του 2008 στο Παράρτημα VI MARPOL αφαίρεσε τη συγκεκριμένη αναφορά στον EGCS από τον κανονισμό 14 και η έγκριση ενός EGCS πραγματοποιείται πλέον σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού 4 του παραρτήματος ως «ισοδύναμο». Οι σημαίες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τυχόν σχετικές κατευθυντήριες γραμμές που έχουν αναπτυχθεί από τον IMO κατά την αξιολόγηση του εξοπλισμού και να κοινοποιούν στον IMO (για κυκλοφορία σε όλα τα μέρη της διοίκησης) τις λεπτομέρειες αυτής της αξιολόγησης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι κατευθυντήριες γραμμές του 2015 δεν είναι κανονισμοί. Ωστόσο,

γίνεται κατανοητό ότι οι εγκαταστάσεις scrubber που πληρούν αυτές τις οδηγίες θα γίνουν αποδεκτές ως ισοδύναμες από τις διάφορες αρμόδιες αρχές. Αυτή η ισοδυναμία πρέπει να επιβεβαιώνεται από την σημαία κάθε πλοίου στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί σύστημα scrubber.

Έχουν αναπτυχθεί δύο βασικά σχήματα συμμόρφωσης που χρησιμοποιούνται για την έγκριση συστημάτων scrubber, Σχέδιο Α ή Σχέδιο Β δίνοντας την επιλογή στον κατασκευαστή. Η έγκριση πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις αρχικές και συνεχιζόμενες απαιτήσεις έρευνας των κατευθυντήριων γραμμών από, ή για λογαριασμό, μιας σημαίας, συνήθως από μια class society αναγνωρισμένη από τον IMO.

Τα δύο σχέδια είναι τα εξής:

1. Σχήμα Α, βασισμένο στην αρχική πιστοποίηση της μονάδας απόδοσης εκπομπών σε συνδυασμό με συνεχή έλεγχο των παραμέτρων λειτουργίας και καθημερινή παρακολούθηση των εκπομπών καυσαερίων
2. Σχήμα Β, βασισμένο στην συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών καυσαερίων μαζί με τον καθημερινό έλεγχο των παραμέτρων λειτουργίας

Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να παρακολουθείται και να καταγράφεται η κατάσταση του απορριπτόμενου νερού πλύσης που χρησιμοποιείται στη διαδικασία καθαρισμού.<sup>49</sup>

### **Σχέδιο Α**

Για τις εγκρίσεις Σχεδίου Α, το σύστημα πρέπει να πιστοποιηθεί ότι πληροί την οριακή τιμή εκπομπών που καθορίζεται από τον κατασκευαστή για συνεχή λειτουργία με καύσιμο της καθορισμένης μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο. Υπάρχουν μηχανισμοί στο πλαίσιο των κατευθυντήριων γραμμών για τη μείωση των δοκιμών εκπομπών για «σειριακά κατασκευασμένες μονάδες» παρόμοιου σχεδιασμού όπου υπάρχει συμφωνημένη ρύθμιση «συμμόρφωσης παραγωγής».

Εναλλακτικά, είναι δυνατό για τον κατασκευαστή να λάβει «έγκριση γκάμας προϊόντων» για τον σχεδιασμό ίδιων συστημάτων scrubber, πραγματοποιώντας

---

<sup>49</sup> IMO Resolution MEPC.130(53) – Guidelines for Onboard Exhaust Gas-SOx Cleaning Systems; July 22, 2005

δοκιμές εκπομπών στις υψηλότερες, ενδιάμεσες και χαμηλότερες βαθμολογίες χωρητικότητας. Αυτή η πιστοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή μετά την εγκατάσταση επί του πλοίου και εγκρίνεται με την έκδοση πιστοποιητικού συμμόρφωσης με τις εκπομπές SOx (SOx Emissions Compliance Certificate SECC) για λογαριασμό της αρχής σημαίας του πλοίου. Η βάση της έγκρισης και οι παράμετροι λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος, μαζί με τις διαδικασίες επιθεώρησης, πρέπει να περιέχονται στο EGCS - Τεχνικό Εγχειρίδιο για το Σχέδιο Α (ETM-A), το οποίο πρέπει επίσης να εγκριθεί.

Το σύστημα πρέπει να επιθεωρηθεί μετά την εγκατάσταση για να επιβεβαιωθεί ότι ο καθαριστής έχει εγκατασταθεί σύμφωνα με το ETM-A και διαθέτει το σχετικό SECC. Αυτό θα επιτρέψει την τροποποίηση και την επανέκδοση του πιστοποιητικού MARPOL Annex VI του πλοίου για την πρόληψη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας (International Air Pollution Prevention, IAPP) για να αντικατοπτρίζει την εγκατάσταση του συστήματος. Η συνεχής συμμόρφωση επαληθεύεται με συνεχή παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος, καθημερινούς ελέγχους των εκπομπών καυσαερίων και συνεχή παρακολούθηση της εκροής υδάτων πλύσης.

Οι πλοιοκτήτες υποχρεούνται να τηρούν ένα Αρχείο του συστήματος, στο οποίο η συντήρηση και η εξυπηρέτηση του συστήματος πρέπει να καταγράφονται και να διατίθενται για επιθεώρηση.<sup>50</sup>

### **Σχέδιο Β**

Το Σχέδιο Β δεν απαιτεί προπιστοποίηση για την τήρηση της οριακής τιμής εκπομπών, αλλά πρέπει να αποδεικνύει τη συμμόρφωση με τις ισοδύναμες τιμές εκπομπών με τις απαιτήσεις περιεκτικότητας σε θείο καυσίμου των κανονισμών 14.1 και 14.4 της MARPOL Annex VI Regulation 14 σε οποιοδήποτε σημείο φόρτωσης, συμπεριλαμβανομένης της μεταβατικής λειτουργίας, με επαλήθευση της αναλογίας SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>. Αυτό πρέπει να πραγματοποιείται συνεχόμενα με τη χρήση ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης καυσαερίων που είναι εγκεκριμένο από την σημαία και το οποίο καταγράφει δεδομένα σε ρυθμό όχι μικρότερο από 0,0035 Hz.

---

<sup>50</sup> IMO Resolution MEPC.130(53) – Guidelines for Onboard Exhaust Gas-SOx Cleaning Systems; July 22, 2005



Παρόμοια με το Σχήμα Α, τα συστήματα scrubber του Σχεδίου Β πρέπει να παρέχονται με εγκεκριμένο Τεχνικό Εγχειρίδιο EGC -B (ETM-B) που θα αναφέρει λεπτομερώς τις παραμέτρους και τα όρια λειτουργίας συστήματος. Το σύστημα πρόκειται να επιθεωρηθεί μετά την εγκατάσταση και στα συνήθη διαστήματα ετήσιας, ενδιάμεσης και ανανεωτικής έρευνας της MARPOL AnnexVI, με τον ίδιο τρόπο που εξετάζεται το Σχήμα Α για την έκδοση του Πιστοποιητικού ΙΑΡΡ. Η συνεχής συμμόρφωση επαληθεύεται με συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών καυσαερίων, ημερήσιους επιτόπιους ελέγχους των παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος και με συνεχή παρακολούθηση της εκροής υδάτων πλύσης. Τα πλοία του Σχεδίου Β θα πρέπει να τηρούν Αρχείο με τον ίδιο τρόπο όπως το Σχέδιο Α.<sup>51</sup>

Επιπλέον, ένα εγκεκριμένο εγχειρίδιο παρακολούθησης επί του σκάφους (Onboard Monitoring Manual, OMM) πρέπει επίσης να διατηρείται για κάθε εγκατεστημένο scrubber.

Το OMM θα πρέπει να εγκρίνεται από την σημαία του πλοίου και πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες παραμέτρους<sup>52</sup>:

- Δεδομένα για τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα παρακολούθησης εκπομπών του scrubber και υδάτων πλύσης, συμπεριλαμβανομένης, της συντήρησης και της βαθμονόμησης
- Θέσεις όπου πρόκειται να γίνουν οι μετρήσεις καυσαερίων και νερού πλύσης, μαζί με τυχόν απαραίτητες υποστηρικτικές υπηρεσίες ή συστήματα
- Δεδομένα για τους αναλυτές που θα χρησιμοποιηθούν στα συστήματα εκπομπών και υδάτων πλύσης, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων λειτουργίας, σέρβις και συντήρησης
- Διαδικασίες για ελέγχους μηδενικού αναλυτή και εύρους
- Άλλες πληροφορίες και δεδομένα που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων παρακολούθησης
- • Λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο επιθεώρησης των συστημάτων παρακολούθησης

---

<sup>51</sup> IMO Resolution MEPC.130(53) – Guidelines for Onboard Exhaust Gas-SOx Cleaning Systems; July 22, 2005

<sup>52</sup> IMO Resolution MEPC.259(68) – 2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems; May 15, 2015

Επιπρόσθετα οι κατευθυντήριες γραμμές του IMO του 2015 απαιτούν να παρέχονται συσκευές καταγραφής δεδομένων ως μέρος οποιασδήποτε εγκατάστασης συστημάτων scrubber. Ακολουθούν λεπτομερώς ορισμένα από τα βασικά δεδομένα συστήματος που πρόκειται να παρακολουθούνται συνεχώς και να καταγράφονται αυτόματα σε σχέση με την Παγκόσμια Συντονισμένη ώρα (Universal Coordinated Time , UTC) και τη θέση του πλοίου από το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (Global Navigational Satellite System , GNSS)<sup>53</sup>:

- Πίεση και ρυθμός ροής νερού πλύσης στη σύνδεση εισόδου του συστήματος
- Πίεση καυσαερίων πριν και πτώση πίεσης του συστήματος
- Φορτίο κινητήρα ή/και λέβητα
- Θερμοκρασία καυσαερίων πριν και μετά το σύστημα
- Καυσαέρια SO<sub>2</sub> (ppm) και CO<sub>2</sub> (%)
- pH νερού πλύσης και θολότητα
- Θερμοκρασία

Η συσκευή εγγραφής δεδομένων θα πρέπει να είναι στιβαρή, ανθεκτική σε παραβιάσεις, μόνο για ανάγνωση και ικανή να καταγράφει με ρυθμό όχι μικρότερο από 0,0035 Hz. Θα πρέπει να μπορεί να συντάσσει αναφορές για καθορισμένες χρονικές περιόδους και τα δεδομένα θα πρέπει να διατηρούνται για περίοδο τουλάχιστον 18 μηνών από την ημερομηνία καταγραφής. Εάν η μονάδα αλλάξει κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, ο πλοιοκτήτης θα πρέπει να διασφαλίσει ότι τα απαιτούμενα δεδομένα διατηρούνται επί του πλοίου και είναι διαθέσιμα όπως απαιτείται. Η συσκευή θα πρέπει να μπορεί να κατεβάζει ένα αντίγραφο των καταγεγραμμένων δεδομένων και αναφορών σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα. Το αντίγραφο των δεδομένων και των εκθέσεων θα πρέπει να διατίθεται στη σημαία ή στις αρχές ελέγχου από το κράτος λιμένα (PSC) κατόπιν αιτήματος.<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> IMO Circular MSC.1/Circ.1221 – Validity of Type Approval Certification for Marine Products; December 11, 2006

<sup>54</sup> IMO Resolution MEPC.259(68) – 2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems; May 15, 2015,

## Κριτήρια για την απόρριψη νερών πλύσης

Οι κατευθυντήριες γραμμές του IMO του 2015 καθορίζουν τα κριτήρια ποιότητας του νερού πλύσης που απορρίπτετε και τις απαιτήσεις παρακολούθησης για μια σειρά παραμέτρων:

- ΡΗ, το pH του νερού πλύσης που απορρίπτεται από τη διαδικασία καθαρισμού κατά την εκκένωση στη θάλασσα δεν πρέπει να είναι χαμηλότερο από 6,5, εκτός κατά τη διάρκεια ελιγμών ή διέλευσης όπου η διαφορά μπορεί να είναι έως και 2 μονάδες pH. Το pH πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς με ηλεκτρόδιο και μετρητή pH με ανάλυση 0,1 μονάδων pH και αντιστάθμιση θερμοκρασίας, με το ηλεκτρόδιο και τον μετρητή να πληρούν τα πρότυπα που αναφέρονται στις κατευθυντήριες γραμμές
- Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες, η απόρριψη νερού πλύσης πρέπει επίσης να παρακολουθείται για πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH), όπου η μέγιστη συνεχής συγκέντρωση PAH δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 50μg/L PAH<sub>phe</sub> πάνω από τη συγκέντρωση PAH του νερού εισόδου. Η συγκέντρωση PAH θα πρέπει να μετράται κατάντη του εξοπλισμού επεξεργασίας νερού (δηλαδή μετά από οποιονδήποτε εξοπλισμό επεξεργασίας νερού), αλλά ανάντη οποιασδήποτε μονάδας αραίωσης νερού πλύσης ή άλλης μονάδας δοσομέτρησης αντιδραστηρίων, εάν χρησιμοποιείται, πριν από την απόρριψη. Αυτή η οριακή τιμή ισχύει για ρυθμούς ροής νερού πλύσης EGCS κανονικοποιημένους σε 45 t/MWh, όπου το MW αναφέρεται στη μέγιστη συνεχή βαθμολογία ή στο 80 τοις εκατό της ονομαστικής ισχύος της μονάδας καύσης πετρελαίου.
- Θολότητα/αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη, η θολότητα του νερού πλύσης EGCS δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 FNU (νεφλομετρικές μονάδες φορμαζίνης, formazin nephelometric units) ή 25 NTU (νεφλομετρικές μονάδες θολότητας, nephelometric turbidity units ) πάνω από τη θολότητα του νερού εισόδου. Αυτό θα πρέπει να μετράται συνεχώς χρησιμοποιώντας εξοπλισμό που πληροί τις απαιτήσεις των προτύπων που αναφέρονται στις κατευθυντήριες γραμμές του IMO του 2015. Η θολότητα στο νερό πλύσης πρέπει να μετράται κατάντη οποιουδήποτε εξοπλισμού επεξεργασίας νερού,

αλλά πριν από την αραίωση του νερού πλύσης πριν από την εκκένωση. Το σύστημα επεξεργασίας θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο ώστε να ελαχιστοποιεί τα αιωρούμενα σωματίδια όπως τέφρα και βαρέα μέταλλα.

- Νιτρικά, δείγματα απόρριψης νερού πλύσης πρέπει να ληφθούν εντός τριών μηνών από μια έρευνα ανανέωσης ενός συστήματος scrubber και να αναλυθούν για δεδομένα απόρριψης νιτρικών. Το πιστοποιητικό ανάλυσης πρέπει να διατηρείται ως μέρος του Αρχείου του συστήματος scrubber για να επαληθεύεται ότι το σύστημα επεξεργασίας νερού πλύσης εμποδίζει την απόρριψη νιτρικών αλάτων πέρα από ένα επίπεδο που ισοδυναμεί με 12 τοις εκατό απομάκρυνση NOx από την εξάτμιση ή 60 mg/l κανονικοποιημένο για ρυθμός ροής απόρριψης 45t/MWh.

Τα υπολείμματα από το νερό πλύσης του συστήματος πρέπει να συλλέγονται επί του σκάφους και να παραδίδονται στην ξηρά σε κατάλληλες εγκαταστάσεις υποδοχής που οι αρχές υποχρεούνται να παρέχουν σύμφωνα με τον κανονισμό 17 του Annex VI της MARPOL. Απαγορεύεται η απόρριψη αυτών των υπολειμμάτων στη θάλασσα ή η αποτέφρωσή τους στο πλοίο. Επίσης, απαιτείται από τις Κατευθυντήριες γραμμές του IMO η αποθήκευση και η απόρριψη τέτοιων υπολειμμάτων να καταγράφεται στο Αρχείο καταγραφής του συστήματος scrubber, συμπεριλαμβανομένης της ημερομηνίας, της ώρας και της τοποθεσίας παράδοσης.<sup>55</sup>

### 3.2.6. Συντήρηση

Η όλη διαδικασία καθαρισμού των καυσαερίων λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό των scrubber. Θαλασσινό νερό και χημικά ψεκάζονται χρησιμοποιώντας ακροφύσια πάνω από τα καυσαέρια. Μαζί με το θαλασσινό νερό υπάρχουν επίσης συχνά θαλάσσιοι οργανισμοί που μπορούν να φράξουν τα ακροφύσια. Το φράξιμο των ακροφυσίων ψεκασμού είναι ένα κοινό πρόβλημα με τα υγρά scrubber. Για το λόγο αυτό χρειάζεται να ελέγχονται τακτικά. Επιπλέον, δεν πρέπει ποτέ να χύνονται

---

<sup>55</sup> IMO Resolution MEPC.259(68) – 2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems; May 15, 2015

απόβλητα πουθενά στο υγρό scrubber, τα φίλτρα θα πρέπει να διατηρούνται καθαρά και ο εξοπλισμός να πλένεται καθημερινά για να αφαιρούνται τυχόν υπολείμματα.<sup>56</sup>

Μια διαδικασία συντήρησης που πρέπει να γίνεται σε εβδομαδιαία βάση είναι η αποστράγγιση, ο καθαρισμός και η επαναπλήρωση του κάρτερ με καθαρό νερό και πρέπει να ελέγχονται και οι αντλίες. Το νερό είναι το κρίσιμο συστατικό των υγρών scrubber. Λειτουργεί ως ο πραγματικός καθαριστικός παράγοντας καθώς παγιδεύει αέρια και σωματίδια. Απαιτείται σταθερή παροχή νερού για την αντικατάσταση της υπερχειλίσης μολυσμένου νερού. Ως αποτέλεσμα, η στάθμη του νερού πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά. Ο καθαρισμός πρέπει να είναι τακτικός και ενδεδειγμένος για αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι πρέπει να εισέλθουν στο σύστημα για να έχουν πρόσβαση στα ακροφύσια, απαιτεί τη χρήση επαρκούς εξοπλισμού ασφαλείας λόγω των επικίνδυνων χημικών ουσιών που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Ένα παράδειγμα μολυσμένου ακροφύσιου καλυμμένο με θαλάσσιους οργανισμούς, απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία. Κάθε ακροφύσιο πρέπει να καθαριστεί, πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα πρέπει να απενεργοποιηθεί, πράγμα που σημαίνει ότι ο κινητήρας του πλοίου πρέπει να απενεργοποιηθεί και το ταξίδι του πλοίου διακόπτεται προσωρινά ενώ τα ακροφύσια καθαρίζονται. Αυτό γίνεται συνήθως όταν το πλοίο φτάνει στο λιμάνι για να μην σταματήσει το πλοίο στη μέση του ταξιδιού του.<sup>57</sup>

---

<sup>56</sup> Tien Anh Tran.: “Research of the Scrubber Systems to Clean Marine Diesel Engine Exhaust Gases on Ships”, Vietnam Maritime University 2017

<sup>57</sup> Tien Anh Tran.: “Research of the Scrubber Systems to Clean Marine Diesel Engine Exhaust Gases on Ships”, Vietnam Maritime University 2017



Πηγή: LNG VS SCRUBBER TECHNOLOGY IN FUTURE GREEN SHIPS

D. Kolich & F. Kurtovic University of Rijeka, Croatia

### 3.2.7. Εγκατάσταση και κόστος

Πριν την εφαρμογή του κανονισμού για τον έλεγχο των εκπομπών του θείου δεν υπήρχε μεγάλη ζήτηση για την εγκατάσταση συστημάτων scrubber παρ' όλο που υπήρχαν ήδη κανονισμοί για τις περιοχές SECA. Είναι χαρακτηριστικό ότι μέχρι τον Μάιο του 2018 μόνο 983 πλοία είχαν προβεί στην εγκατάσταση των συστημάτων αυτών στην παγκόσμια αγορά. Ενώ μέχρι τον Ιούλιο της ίδιας χρονίας ο αριθμός ανέβηκε στα 1.561 από τα οποία τα 988 ήταν τύπου open loop.<sup>58</sup>

Ερχόμενοι στην 01 Ιανουαρίου 2020 ο αριθμός έχει ανέβει στα 2.011 ενώ μέχρι τον Μάρτιο 2021 σχεδόν διπλασιάστηκε στα 3.935. Οι χρόνοι αποπληρωμής από επενδύσεις σε συστήματα scrubber λέγεται ότι ήταν μεταξύ 12 και 18 μηνών.

Σύμφωνα με τον BIMCO μεταξύ των κύριων ναυτιλιακών τομέων, το 15,9% του συνόλου των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (28,7% σε TEU), το 11,4% του συνόλου των πλοίων ξηρού φορτίου (22,7% στο DWT), το 24,5% του συνόλου των δεξαμενόπλοιων αργού πετρελαίου (29,9% στο DWT) και το 4,2% του συνόλου

---

<sup>58</sup> IMO 2020: How Many Ships Have Scrubbers?, Ship & Bunker, July 2018, <https://shipandbunker.com/news/world/811942-imo-2020-how-many-ships-have-scrubbers>

των δεξαμενόπλοιων προϊόντων πετρελαίου (13,4% σε DWT) είναι τώρα εξοπλισμένα με συστήματα scrubber για την αφαίρεση των οξειδίων του θείου από τα καυσαέρια.<sup>59</sup>

Βέβαια μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την εγκατάσταση συστημάτων scrubber υπάρχει στην αγορά των νεόκτιστων πλοίων με 231 νέες παραγγελίες παγκοσμίως το 2021 για νεόκτιστα, ενώ η εγκατάσταση σε ήδη υπάρχοντα πλοία έχει μειωθεί μετά το πέρας του 2020, κυρίως λόγω των υψηλών κερδών και υψηλής ζήτησης με αποτέλεσμα οι πλοιοκτήτες να αναβάλουν τα dry dock.<sup>60</sup>

Η εγκατάσταση των συστημάτων scrubber γίνεται συνήθως κατά την διάρκεια του dry dock, χρειάζεται περίπου 15-30 ημέρες ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου αν και τα κρουαζιερόπλοια χρειάζονται συνήθως περισσότερο χρόνο. Παράλληλα το κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται περίπου στα 1-10 εκατομμύρια δολάρια ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου. Συνεπώς δεν είναι μόνο μια πολύ μεγάλη επένδυση αλλά χρειάζεται και αρκετός χρόνος για την εγκατάσταση ο οποίος θα μπορούσε να αξιοποιηθεί αλλιώς.<sup>61</sup>

Επιπλέον η εργασία στα παρασκήνια ξεκινά τέσσερις έως έξι μήνες πριν από οποιαδήποτε πραγματική εγκατάσταση του συστήματος. Πρέπει να κανονιστεί μια επίσκεψη από τον κατασκευαστή του συστήματος αρκετούς μήνες πριν το πλοίο φτάσει στο ναυπηγείο. Το επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου που δείχνει ξεκάθαρα πού πρέπει να εγκατασταθούν όλα τα αντικείμενα στο πλοίο. Αυτό είναι το πιο δύσκολο μέρος ολόκληρου του έργου, επειδή τυχόν συγκρούσεις απαιτούν αλλαγές σχεδιασμού της τελευταίας στιγμής και τροποποιήσεις των σωλήνων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις.

Πραγματοποιείται ανάλυση υπολογιστικής δυναμικής ρευστών (Computational Fluid Dynamics CFD) για τον προσδιορισμό της τοποθέτησης των

---

<sup>59</sup> BIMCO: Scrubber-fitted ships nearly double in 15 months, Offshore Energy, Jasmina Ovcina, March 2021, <https://www.offshore-energy.biz/bimco-scrubber-fitted-ships-nearly-double-in-15-months>

<sup>60</sup> Scrubber Orders are Low: Wärtsilä, Ship & Bunker, January 2022, <https://shipandbunker.com/news/world/214046-scrubber-orders-are-low-wartsila>

<sup>61</sup> Scrubber installation waiting list 'very long' as IMO 2020 kicks in: Wartsila, Hellenicshippingnews.com, January 2020, <https://www.hellenicshippingnews.com/scrubber-installation-waiting-list-very-long-as-imo-2020-kicks-in-wartsila/#:~:text=A%20scrubber%20installation%20allows%20a.cost%20low%20sulfur%20LSFO%20fuel>

νέων ανοιγμάτων εκκένωσης στη θάλασσα προκειμένου να πληρούνται οι οδηγίες του IMO για την επίτευξη τιμής pH 6,5, τέσσερα μέτρα μακριά από την πλευρά του πλοίου σε συνθήκες πλεύσης. Αυτός είναι ένας θεωρητικός υπολογισμός που διενεργείται από εγκεκριμένες εταιρείες.

Ορισμένοι ιδιοκτήτες έχουν επιλέξει την επιλογή "γυμνό scrubber". Αυτό δεν έχει κανένα ατσάλινο περίβλημα στο κατάστρωμα. Με αυτήν την επιλογή, απαιτούνται ειδικά όργανα στις εκτεθειμένες περιοχές για την αντιμετώπιση των καιρικών συνθηκών.

Αφού το πλοίο φτάσει στο ναυπηγείο οι εργασίες ξεκινούν με την τροποποίηση των υπάρχοντων σωλήνων εξάτμισης. Οι αποσβεστήρες παράκαμψης εγκαθίστανται για να επιτρέπουν στο αέριο να ρέει μέσω του scrubber, ενώ έχουν τη δυνατότητα παράκαμψης του scrubber στην απίθανη περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης. Αυτό διατηρεί το πλοίο πλήρως λειτουργικό σε όλες τις συνθήκες. Το scrubber είναι τοποθετείται στη θέση του και συνδέεται με τη σωλήνωση της εξάτμισης. το υπάρχον φουγάρο του πλοίου πρέπει να τροποποιηθεί για να καλύψει αυτές τις αλλαγές. Το προστατευτικό περίβλημα τελικά τοποθετείται στη θέση του και "ράβεται" στην υπάρχουσα δομή του φουγάρου με συγκόλληση. Η τοποθέτηση των συστημάτων ελέγχου του νέου εξοπλισμού μαζί με την ηλεκτρική καλωδίωση πραγματοποιείται σε συνδυασμό με όλες τις άλλες εργασίες που εκτελούνται. Ο εξοπλισμός παρακολούθησης και μέτρησης εγκαθίσταται στα σχετικά τμήματα των σωλήνων και στο ίδιο το scrubber. Αφού γίνει η εγκατάσταση ξεκινούν οι δοκιμές στην θάλασσα (sea trials) αυτός ο χρόνος χρησιμοποιείται ταυτόχρονα για την εκπαίδευση των μηχανικών του πλοίου στην λειτουργία του συστήματος. Για τα scrubber υγρού τύπου συλλέγονται δείγματα λυμάτων και αποστέλλονται σε ανεξάρτητο εργαστήριο για ανάλυση και ένα τελικό διεθνές πιστοποιητικό πρόληψης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκδίδεται μόλις ληφθούν τα αποτελέσματα των δοκιμών νερού.<sup>62</sup>

Αξίζει τελικά να γίνει εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος; Για να απαντήσουμε σε αυτή την ερώτηση θα πρέπει να ανατρέξουμε στην διαφορά του

---

<sup>62</sup> What Is The Scrubber Fitting Process? Find Out With This Detailed Explanation, Pacific Green Technologies, <https://www.pacificgreen-group.com/articles/what-scrubber-fitting-process-find-out-detailed-explanation>



HSFO με το VLSFO. Για παράδειγμα την προηγούμενη χρονιά η διαφορά ξεκίνησε στα 79,5 USD/ton και έκλεισε στα 153 USD/ton με το μέσο όρο να βρίσκεται στα περίπου 112 USD/ton , ενώ το 2020 ήταν στα 92 USD/ton. <sup>63</sup>

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα container 1000 TEU το οποίο καταναλώνει κατά μέσο όρο 30 τόνους καυσίμου την ημέρα, με την διαφορά του HSFO και του VLSO στα περίπου (όπως κινήθηκε κατά μέσο όρο της δύο προηγούμενες χρονιές) 100 USD/ton τότε έχουμε ένα ημερήσιο κόστος κατανάλωσης  $30 \text{ tones} \times 100 \text{ USD/ton} = 3.000 \text{ USD/ημέρα}$ . Αν υποθέσουμε ότι το πλοίο ταξιδεύει 300 ημέρες το χρόνο τότε έχουμε ένα κόστος  $3.000 \text{ USD/ημέρα} \times 300 \text{ ημέρες} = 900.000 \text{ USD/χρόνο}$ .

Με το κόστος ενός συστήματος scrubber στα 2 εκατομμύρια δολάρια ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης είναι 15-17 μήνες.

Επιπλέον αν εξετάσουμε το παράδειγμα ενός μεγαλύτερου container 20.000 TEU που καταναλώνει κατά μέσο όρο 250 τόνους καυσίμου έχουμε ένα ημερήσιο κόστος κατανάλωσης  $250 \text{ tones} \times 100 \text{ USD/ton} = 25.000 \text{ USD/ημέρα}$ . Με 300 ημέρες ταξιδιού το χρόνο έχουμε  $25.000 \text{ USD} \times 300 \text{ ημέρες} = 7.500.000 \text{ USD /χρόνο}$ .

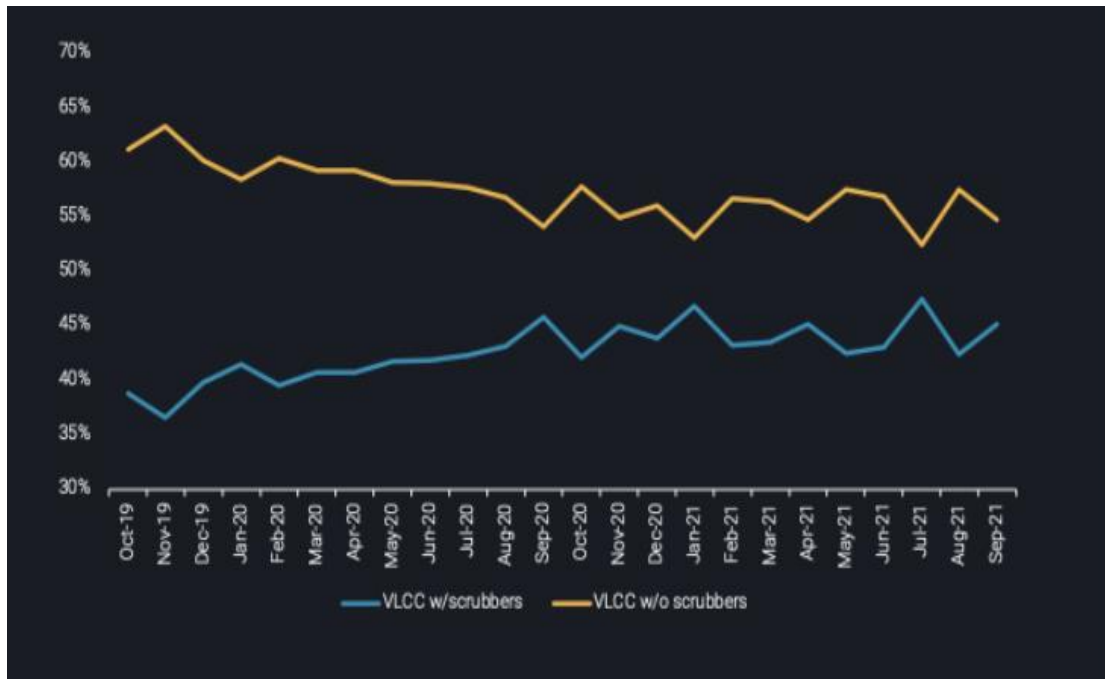
Με το κόστος ενός συστήματος scrubber για ένα τέτοιο πλοίο να είναι στα 8-10 εκατομμύρια δολάρια ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης ανέρχεται στους 13-15 μήνες.

Επιπλέον από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι τα VLCCs με συστήματα scrubber έχουν μια σταδιακή αύξηση στο μερίδιο αγοράς. Μέσα στο 2021 έφτασαν μέχρι και το 47% σε σύγκριση με το 37% το 2019, ενώ ταυτόχρονα οι τιμές του LSFO αυξήθηκαν σημαντικά αυτό έδωσε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στα πλοία με συστήματα scrubber που είχαν φθηνότερες HSFO τιμές. <sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> Price difference between heavy fuel and low-sulfur bunker oil increased in 2021, Shippingwatch.com, DAG HOLMSTAD, January 2022, <https://shippingwatch.com/suppliers/article13607391.ece>

<sup>64</sup> Scrubber-fitted VLCCs quietly gain market share, Vortexa.com, Arthur Richier, October 2021, <https://www.vortexa.com/insight/scrubber-fitted-vlccs-quietly-gain-market-share>



Πηγή : <https://www.vortexa.com/insight/scrubber-fitted-vlccs-quietly-gain-market-share>

Συνεπώς ειδικά για μεγάλα πλοία με υψηλές καταναλώσεις καυσίμων η εγκατάσταση συστημάτων scrubber είναι μια ικανοποιητική και εν τέλη βιώσιμη επιλογή.

### 3.3.LNG

Το LNG εισήχθη πρόσφατα ως εναλλακτική λύση στο βαρύ πετρέλαιο ως καύσιμο πλοίων. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) είναι μια φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας που εκπέμπει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από τον άνθρακα ή το πετρέλαιο. Το φυσικό αέριο ψύχεται στους μείον 162 βαθμούς Κελσίου και μετατρέπεται σε υγρό.

Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του όγκου του στο 1/600 του αρχικού του ως αέριο, δίνοντας την δυνατότητα μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων του δια θαλάσσης.

Ο όγκος του εμπορίου για το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το οποίο διαδραματίζει ηγετικό ρόλο στο διεθνές εμπόριο φυσικού αερίου, αναμένεται να αυξηθεί κατά 21% το 2025 σε σύγκριση με το 2019.

Η ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές αναμένεται να είναι αυξανόμενη, υποστηριζόμενη από την περαιτέρω αύξηση των εισαγωγών στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού καθώς και τη σταθερή ζήτηση για εισαγωγές στην Ευρώπη.<sup>65</sup> Η μετάβαση σε LNG απαιτεί μια δαπανηρή διαδικασία μετατροπής σε σύγκριση με άλλες λύσεις.

Αρχικά, απαιτεί μια τροποποίηση του κινητήρα πράγμα που μπορεί να μην είναι δυνατό για κάθε πλοίο το οποίο δεν είναι έτοιμο για LNG. Επιπλέον, υπάρχει ανεπάρκεια υποδομών ανεφοδιασμού LNG στα περισσότερα λιμάνια και επομένως θα πρέπει να υπάρχει εφεδρική δεξαμενή καυσίμου η οποία ενδέχεται να μειώνει την μεταφορική ικανότητα του πλοίου.

Σε μεγάλη κλίμακα, το LNG φαίνεται βιώσιμο μόνο για νεότευκτα πλοία τα οποία όπως αναφέραμε παραπάνω θα κληθούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα των περιορισμένων υποδομών ανεφοδιασμού.

Το LNG αποτελεί την πιο καθαρή από περιβαλλοντικής άποψης επιλογή, καθώς οι εκπομπές του σε άνθρακα είναι περίπου 20% λιγότερες από τα παραδοσιακά καύσιμα, αλλά παρόλα αυτά δεν είναι συμβατό με τον κανονισμό του IMO για το 2050 σχετικά με την μείωση των εκπομπών του άνθρακα στο 50%

Το 2021 αποτέλεσε μια χρονιά δραματικής προόδου και ανάπτυξης για το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο ως θαλάσσιο καύσιμο στον δρόμο προς την ανθρακοποίηση. Οι παραγγελίες για νεότευκτα πλοία LNG έφθασαν σε επίπεδα ρεκόρ ενώ οι υποδομές ανεφοδιασμού συνέχισαν να επεκτείνονται.

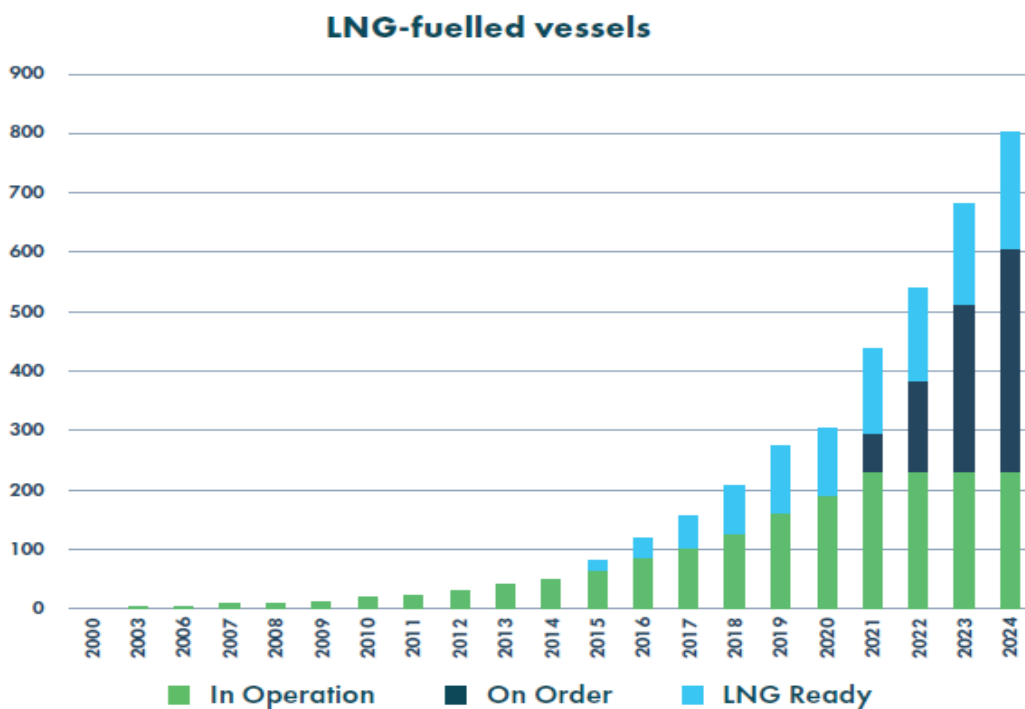
Οι παραγγελίες αυξήθηκαν δραματικά και προσέγγισαν το 30% της ολικής χωρητικότητας που παραγγέλθηκε σύμφωνα με την Clarksons.

Για ορισμένα τμήματα, όπως τα εξαιρετικά μεγάλα πλοία εμπορευματοκιβωτίων που στηρίζουν το παγκόσμιο εμπορικό σύστημα, περισσότερο από το 50% του βιβλίου παραγγελιών είναι είτε με καύσιμο LNG είτε έτοιμο για LNG.<sup>66</sup>

---

<sup>65</sup> Current status and future prospects of LNG fuel for ships, mol-service.com, June 2021, <https://www.mol-service.com/blog/lng-as-ships-fuel>

<sup>66</sup> LNG a fuel in transition, Sea-LNG.org, January 2022



Πηγή: LNG a fuel in transition,Sea-LNG.org, January 2022

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραγγελίες για πλοία εμπορευματοκιβωτίων με καύσιμα LNG πενταπλασιάστηκαν από τον Ιανουάριο του 2020. Αναμένεται ότι πάνω από το 90% των νέων Pure Car and Truck Carriers (PCTC) που θα εισέλθουν στην αγορά τα επόμενα χρόνια θα είναι LNG διπλού καυσίμου (DF).

Τα Tankers και τα φορτηγά πλοία (bulkers) ακολουθούν επίσης το παράδειγμα, με επταπλάσιες αυξήσεις και διπλάσιες αντίστοιχα στο 18μηνο.

Το ταχέως αναπτυσσόμενο βιβλίο παραγγελιών για πλοία με καύσιμα LNG αποδεικνύει ότι όλο και περισσότεροι πλοιοκτήτες κατανοούν ότι ο δρόμος για το LNG είναι σαφής και καλά καθορισμένος.

Δεδομένης της εκθετικής αύξησης των νεότευκτων πλοίων LNG, προβλέπεται πως η ζήτηση για τα καύσιμα θα τριπλασιαστεί σε περισσότερους από 3,5 εκατομμύρια τόνους έως το 2024.<sup>67</sup>

---

<sup>67</sup> LNG – A FUEL IN TRANSITION /A VIEW FROM THE BRIDGE / JANUARY 2022 /SEA-LNG.ORG

Προς υποστήριξη αυτής της ζήτησης η κατασκευές υποδομών ανεφοδιασμού LNG συνεχίστηκαν το 2021.

Ο ανεφοδιασμός LNG είναι διαθέσιμος σε 141 λιμάνια παγκοσμίως. Σύμφωνα με την Clarkson προβλέπεται ότι θα αυξηθούν στα 170 λιμάνια το 2022. Επίσης αυτή την στιγμή υπάρχουν 33 φορτηγίδες ανεφοδιασμού σε λειτουργία στην παρούσα φάση και 42 επιπλέον υπό κατασκευή ή στο στάδιο των διαπραγματεύσεων. Εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος της δεκαετίας το bunkering του LNG θα αντιπροσωπεύει το 10% της αγοράς bunkering.

Όλες οι υποδομές ανεφοδιασμού LNG καθώς και τα υποστηρικτικά συστήματα LNG μπορούν να μεταφέρουν, να αποθηκεύουν και να παραδίδουν βιοLNG και ανανεώσιμο συνθετικό LNG χωρίς τροποποιήσεις και πρόσθετες επενδύσεις. Το LNG προσφέρει μια βιώσιμη διαδρομή προς ένα μέλλον μηδενικών εκπομπών άνθρακα για τη ναυτιλία μέσω των παραλλαγών του bioLNG και των ανανεώσιμων πηγών συνθετικού LNG. Κυρίως, αυτή η καλά καθορισμένη και αποδεκτή οδός επιτρέπει στη ναυτιλία να σημειώσει πρόοδο προς την άμεση απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές. Το LNG προσφέρει σήμερα μείωση 23% στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα καύσιμα πλοίων με βάση το πετρέλαιο. Δεν χρειάζεται να περιμένουμε μια δεκαετία ή περισσότερο για άλλα, αδοκίμαστα και αναπόδεικτα καύσιμα.<sup>68</sup>

Το LNG είναι ένα καύσιμο σε μεταβατικό στάδιο ικανό να ανταποκρίνεται στους υπάρχοντες και αναμενόμενους κανονισμούς. Με τη μετάβαση στο LNG, οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να μειώσουν αμέσως τις εκπομπές άνθρακα με ορυκτό LNG και - σε συνδυασμό με άλλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης - να επιτύχουν τους στόχους απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές του IMO για το 2030.

Μακροπρόθεσμα έως το 2050, καθώς το LNG θα εξελίσσεται σε καύσιμο ουδέτερο από άνθρακα, θα είναι σε θέση να ανταπεξέρχεται στους ολοένα και πιο αυστηρούς κανονισμούς με την ολική μετατροπή σε βιοLNG ή ανανεώσιμο συνθετικό LNG. Εκτιμάται ότι τα πλοία που επιλέγουν LNG μπορούν να

---

<sup>68</sup> LNG – A FUEL IN TRANSITION /A VIEW FROM THE BRIDGE / JANUARY 2022 /SEA-LNG.ORG

επωφεληθούν για επτά συν έτη συμμόρφωσης με τις εκπομπές έναντι των συμβατικών καυσίμων πλοίων όπως τα HSFO, VLSFO και MGO.

### 3.3.1. Κόστος και εγκατάσταση συστήματος LNG

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το κόστος για την εγκατάσταση ενός συστήματος LNG σε ένα ήδη υπάρχον πλοίο είναι αστρονομικό για αυτό το λόγο τα περισσότερα πλοία με συστήματα LNG είναι νεότευκτά. Για παράδειγμα σύμφωνα με έρευνες θα κόστιζε 28 εκατομμύρια δολάρια για τη μετατροπή ενός υπάρχοντος πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων 8.500 TEU σε LNG σε σύγκριση με 13 εκατομμύρια δολάρια για ένα νέο ισοδύναμου μεγέθους. Συγκριτικά με τα scrubber για ένα πλοίο VLCC το κόστος τοποθέτησης ενός συστήματος scrubber open loop σε ένα πλοίο νέας κατασκευής είναι περίπου \$2,5-\$3,0 εκατομμύρια, ενώ το κόστος μετασκευής ενός scrubber σε ένα υπάρχον VLCC είναι περίπου \$4-\$4,5 εκατομμύρια.

69

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα με τη μετατροπή καυσίμου και την εγκατάσταση τεχνολογίας LNG είναι η κατάληψη του χώρου μηχανών που δεν είχε προβλεφθεί για τις σημερινές διαμορφώσεις του μηχανοστασίου των πλοίων. Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ο όγκος της δεξαμενής LNG, ο οποίος είναι 2,5 φορές μεγαλύτερος από αυτόν μιας δεξαμενής HFO.

Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες διαμορφώσεις συστημάτων LNG. Οι δύο βασικοί κινητήρες που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά είναι τύπος μόνο αερίου και τύπος διπλού καυσίμου. Τα συστήματα με αέριο μόνο ή κινητήρες Lean-Burn Spark Ignited (LBSI) έχουν σχεδιαστεί ως κινητήρες μεσαίας ή υψηλής ταχύτητας με εύρος ισχύος από 0,5 - 8 MW. Το κύριο μειονέκτημα των κινητήρων LBSI είναι το εφεδρικό καύσιμο ή η δυνατότητα να λειτουργεί με πετρέλαιο ντίζελ εάν δεν είναι διαθέσιμο LNG, εξηγώντας γιατί η ναυτιλιακή βιομηχανία προτιμά κινητήρες αερίου διπλού καυσίμου.<sup>70</sup>

Ο κινητήρας διπλού καυσίμου μπορεί να αλλάξει απρόσκοπτα από αέριο σε υγρό καύσιμο ανά πάσα στιγμή και φορτίο. Ακόμη και σε πλήρες φορτίο, καμία απώλεια ισχύος ή ταχύτητας κινητήρα δεν είναι μετρήσιμη και ο κινητήρας δεν

<sup>69</sup> Fearnleys.: “Liquefied Petroleum Gas”, June 2019, <https://www.fearnleys.com/services>

<sup>70</sup> D.Stenersen and O.Thonstad: “GHG and NOx emissions from gas fuelled engines”, Norway 2017.

σταματάει. Γενικά, ένας κινητήρας διπλού καυσίμου ξεκινά με υγρό καύσιμο και μεταβαίνει σε αέριο μετά από λίγα λεπτά. Οι κύριες διαφορές στο σχεδιασμό του κινητήρα είναι τα εξαρτήματα του θαλάμου καύσης, όπως η επένδυση κυλίνδρου, το έμβολο και η κυλινδροκεφαλή των συστημάτων τροφοδοσίας καυσίμου για αέριο και καύσιμο πετρελαίου και ειδικές ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου.

Επομένως, μια αναβάθμιση διπλού καυσίμου στη ναυτιλία θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τα ακόλουθα βήματα:

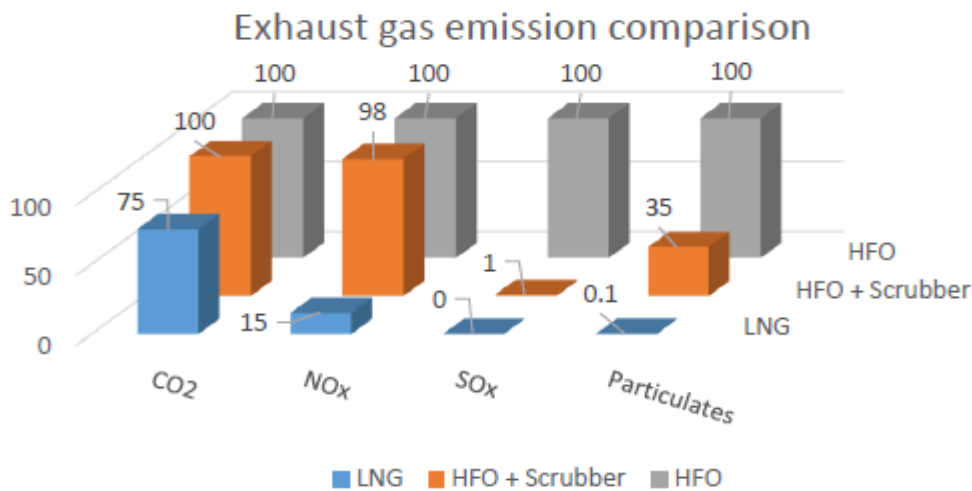
1. Μετατροπή του υπάρχοντος κύριου κινητήρα σε λειτουργία διπλού καυσίμου
2. Προσαρμογή συστημάτων του μηχανοστασίου
3. Εγκαταστάσεις ασφαλείας
4. Εγκατάσταση εξοπλισμού ανεφοδιασμού καυσίμων
5. Εγκατάσταση Μονάδας Προετοιμασίας Αερίου Καυσίμου
6. Προσαρμογή δεξαμενών HFO και MGO
7. Εγκατάσταση δεξαμενών LNG σε αμπάρια φορτίου

Οι μεγαλύτερες προκλήσεις με την τοποθέτηση LNG είναι κυρίως ο χώρος στο σκάφος που είναι εξαιρετικά περιορισμένος. Το μηχανοστάσιο είναι πολύ μικρό, επομένως ο ελιγμός των εξαρτημάτων μέσα και έξω είναι δύσκολος.

Τα στοιχεία δείχνουν ότι οι πλοιοκτήτες προτιμούν όλο και περισσότερο να επενδύουν σε νέα πλοία με καύσιμα LNG αντί να μετασκευάζουν συστήματα πρόωσης με καύσιμα LNG σε υπάρχοντα πλοία. Ένα πλοίο έτοιμο για LNG είναι μια καλή επιλογή σε περιπτώσεις όπου το LNG είναι απίθανο να είναι διαθέσιμο για άλλα λίγα χρόνια στην προβλεπόμενη περιοχή λειτουργίας του πλοίου ή εάν οι τρέχοντες εμπορικοί όροι δεν είναι επαρκώς ευνοϊκοί για την απαιτούμενη επιπλέον επένδυση. Κάνοντας ένα πλοίο νέας κατασκευής έτοιμο για LNG, προετοιμασμένο για οικονομική μετασκευή σε καύσιμο LNG με εγκεκριμένα σχέδια, οι πλοιοκτήτες μπορούν να κρατήσουν την τελική τους απόφαση και να καθυστερήσουν τη σημαντική επένδυση μέχρι μια χρονική στιγμή που οι όροι είναι ευνοϊκοί και το επίπεδο κινδύνου είναι δεκτό. Μια μικρή προσπάθεια και επένδυση εκ των προτέρων μπορεί να αποδώσει σε όρους αυξημένης ευελιξίας και εμπορευσιμότητας, εκτεταμένης εμπορικής διάρκειας ζωής και αυξημένης αξίας μεταχειρισμένων.

### 3.3.2 LNG VS Scrubbers

Οι κινητήρες αερίου ή διπλού καυσίμου που λειτουργούν με LNG έχουν 25% χαμηλότερο επίπεδο εκπομπών CO<sub>2</sub> όπως φαίνεται στην πρώτη μπλε στήλη στο παρακάτω διάγραμμα, ενώ η εγκατάσταση συστήματος scrubber δεν το μειώνει καθόλου.



Πηγή : LNG VS SCRUBBER TECHNOLOGY IN FUTURE GREEN SHIPS D. Kolich & F. Kurtovic University of Rijeka, Croatia

Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> είναι 85% χαμηλότερες κατά τη λειτουργία με LNG από ό,τι το HFO που φαίνεται στη δεύτερη μπλε στήλη στο παραπάνω διάγραμμα. Η τεχνολογία scrubber δεν αφαιρεί τα οξείδια του αζώτου ή μόνο μια πολύ μικρή ποσότητα από αυτά, περίπου 2%. Δεδομένου ότι το LNG δεν περιέχει θείο, οι εκπομπές SO<sub>x</sub> εξαλείφονται εντελώς όπως φαίνεται από την τρίτη μπλε στήλη από τα αριστερά με τιμή μηδέν. Ο σκοπός της εγκατάστασης του scrubber είναι να αφαιρέσει τις εκπομπές SO<sub>x</sub> και το κάνουν σχεδόν τέλεια εξαλείφοντας το 99% του SO<sub>x</sub> σε σύγκριση με το να μην έχουν scrubber.<sup>71</sup>

Τέλος, στο τέταρτο σύνολο στήλης από τα αριστερά του γραφήματος, τα scrubber έχουν 35% σωματιδιακή ύλη σε σύγκριση με το HFO χωρίς scrubber, το οποίο αντιπροσωπεύεται από το πορτοκαλί χρώμα. Η μπλε στήλη που αντιπροσωπεύει τα πλοία που κινούνται με καύσιμο LNG δείχνει μόνο 0,1%

<sup>71</sup> D.Stenersen and O.Thonstad: "GHG and NO<sub>x</sub> emissions from gas fuelled engines", Norway 2017



σωματιδιακή ύλη σε σύγκριση με τα κλασικά πλοία που κινούνται με HFO. Παρόλο που δεν υπάρχουν επίσημοι κανονισμοί για τα σωματίδια, η σχεδόν πλήρης εξάλειψη των σωματιδίων με τη μετάβαση σε καύσιμο LNG δεν μπορεί να υποτιμηθεί.

Αν μιλάμε απλώς για περιορισμούς θείου του IMO 2020, τα scrubber πληρούν τις απαιτήσεις, αλλά είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη ότι η πράσινη πρωτοβουλία πιθανότατα θα συνεχίσει να εξαπλώνεται στους κανονισμούς για τα NOx και τα σωματίδια. Επομένως, το LNG φαίνεται να είναι η πράσινη λύση για το παρόν και το πιο μακρινό μέλλον.

Παρόλα αυτά το υψηλό κόστος για την εγκατάσταση ενός συστήματος LNG και ο χώρος πολύ χρειάζεται για τις δεξαμενές, ο οποίος στα πλοία είναι ύψιστης σημασίας, αποτρέπουν τους πλοιοκτήτες από το να κινηθούν προς αυτή την κατεύθυνση. Αν και βλέπουμε ότι η αγορά των νεότευκτων κινείται προς την κατεύθυνση των LNG θα χρειαστούν αρκετά χρόνια ακόμα μέχρι να ωριμάσει αυτή η αγορά. Επιπλέον με τις τελευταίες εξελίξεις και την ραγδαία άνοδο της τιμής του LNG όπως είπαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο πολλά LNG πλοία που μεταφέρουν και καταναλώνουν LNG έχουν στραφεί στην αγορά VLSFO και MGO. Αυτή η αύξηση στην τιμή αλλά και η μείωση της προσφοράς θα θέσει επιπλέον τροχοπέδια. Όμως είναι πολύ πιθανό το μέλλον της ναυτιλίας να επικεντρωθεί εν τέλει στο LNG λόγω των ολοένα και αυξανόμενων μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος όπως ο κανονισμός για το θείο που όπως φαίνεται ήταν ο πρώτος από πολλούς ακόμα κανονισμούς που θα επιβληθούν στην βιομηχανία της ναυτιλίας.

## 4. Συμπεράσματα

Όπως είδαμε στην παρούσα εργασία ο κανονισμός του IMO για τον μείωση των εκπομπών του θείου έφερε αρκετή αναστάτωση στην ναυτιλιακή βιομηχανία. Κυρίως στην αγορά των καυσίμων αφού τα έξοδα για την αγορά καυσίμων που είναι συμβατά με τον κανονισμό εκτοξεύθηκαν ειδικά στην αρχή του 2020, ενώ παράλληλα χρειάστηκε να γίνουν και άλλες προετοιμασίες όπως ο καθαρισμός των δεξαμενών και η εγκατάσταση ψυκτικών για να γίνει η μετάβαση σε συμβατά καύσιμα. Παρόλα αυτά οι τιμές των καυσίμων έπεσαν στο 2<sup>ο</sup> τρίμηνο του 2020 κυρίως λόγω της πανδημίας του Covid-19 που ανατάραξε τόσο την ναυτιλιακή βιομηχανία όσο και την παγκόσμια οικονομία.

Όπως διαπιστώσαμε ορισμένοι πλοιοκτήτες επέλεξαν να προβούν στην εγκατάσταση scrubber η οποία όμως είναι μια δαπανηρή λύση αλλά εν τέλει αποτελεσματική ως προς την ανταπόκριση στον κανονισμό αλλά ως προς το κόστος των καυσίμων όπως φαίνεται από την διαφορά στην τιμή του VLSFO και του MGO με το HSFO. Ακόμα λιγότεροι επέλεξαν την εγκατάσταση συστημάτων LNG που φαίνεται παρόλα αυτά να έχει μέλλον στην ναυτιλιακή βιομηχανία. Αν και τους τελευταίους μήνες παρατηρήθηκε μία στροφή στην ζήτηση για LNG κυρίως λόγω του πολέμου Ρωσίας-Ουκρανίας που είχε ως αποτέλεσμα την δραματική αύξηση της τιμής του.

Αναλύσαμε επίσης τις καταστροφικές συνέπειες που του θείου στον άνθρωπο, το περιβάλλον αλλά και στα κτίρια και μνημεία. Σίγουρα λοιπόν αυτός ο κανονισμός επέφερε σοβαρές οικονομικές συνέπειες στην ναυτιλία οι οποίες μεταφέρθηκαν στα αγορά αλλά αν αναλογιστούμε τα οφέλη που θα έχουμε στο μέλλον (μείωση των πρόωρων ανθρώπινων θανάτων λόγω του θείου, μείωση σε υλικές ζημιές, μείωση των πρόωρων θανάτων των ζώων και μείωση της μόλυνσης των υδάτινων οικοσυστημάτων) μπορούμε να πούμε ότι το κοινωνικό όφελος ξεπερνά κατά πολύ το ιδιωτικό κόστος.

Επιπλέον στο μέλλον αναμένεται να επιβληθούν αρκετοί παρόμοιοι κανονισμοί όπως η μείωση του CO<sub>2</sub> κατά 30% μέχρι το 2030, έτσι η ναυτιλιακή βιομηχανία θα πρέπει να προσαρμοστεί και να ανανεώσει τον παγκόσμιο στόλο για να μπορέσει να ανταπεξέλθει, προς το παρόν η πιο αποτελεσματική λύση φαίνεται να είναι τα συστήματα Dual Fuel με LNG, βέβαια μιλάμε για μία επένδυση εκατομμυρίων η οποία φαίνεται να είναι αναγκαία, καθώς τα συστήματα scrubber που εγκαταστάθηκαν για τον κανονισμό του θείου δεν φαίνεται να είναι το ίδιο αποτελεσματικά στην μείωση του CO<sub>2</sub>.

Το μόνο σίγουρο είναι ότι τα επόμενα χρόνια θα είναι αρκετά απαιτητικά και οι πλοιοκτήτες πρέπει να κινηθούν άμεσα και αποφασιστικά ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις επερχόμενες προκλήσεις.

## 5. Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- Transportation Cost and Benefit Analysis II – Safety and Health Costs  
Victoria Transport Policy Institute, October 2021
- Handbook on the external costs of transport , Version 2019 – 1.1 , European Commission
- Nriagu, J.O. 1978. Deteriorative Effects of Sulfur Pollution on Materials. In Sulfur In The Environment Part II: Ecological Impacts, Nriagu, J.O. (ed.), John Wiley & Sons, Toronto
- Sereda, P.J. 1977. Effects of Sulphur on Building Materials. In Sulphur And Its Inorganic Derivatives In the Canadian Environment. Ad hoc Panel of Experts Management Subcommittee, NRC Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, National Research Council of Canada, Ottawa,
- Baedecker, P. A., E.O. Edney, P.J. Moran, T.C. Simpson, R.S. Williams, R.P. Hoaker, G. Kishiyama, D. Langmuir, E.S. McGee, V.G. Mossotti, M.J. Pavich, M.M. Reddy, K.J. Reimann, R. Schmiernund, C.A. Sciammarella, E.C. Spiker, M.L. Weseley, and C.A. Youngdahl. 1990. Effects of Acidic Deposition on Materials. NAPAP Report 19, Acidic Deposition: State of Science and Technology; National Acid Precipitation Assessment Program, Washington, DC
- Harter, P. 1986. Acidic Deposition – Materials and Health Effects. International Energy Agency (IEA) Coal Research, London, UK
- Lipfert, F.W. 1989. Atmospheric Damage to Calcareous Stones: Comparison and Reconciliation of Recent Experimental Findings. Atmos. Environ.
- Yihao Xie, Francisco Posada, Ray Minjares 2020, Diesel sulfur content impacts on Euro VI soot-free vehicles: Considerations for emerging markets
- Amdur, M.O. 1978. Effects of Sulfur Oxides on Animals. In: Nriagu, J.O. (ed.) Sulfur in the Environment. Part II: Environmental Impacts. John Wiley & Sons, Toronto
- Corn, M., N. Kotsko, D. Stanton, W. Bell and A. P. Thomas. 1972. Response of Cats to Inhaled Mixtures of SO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>-NaCl Aerosol in Air. Arch. Environ. Health.,
- Alberta Environmental Centre. 1996. Cattle and the Oil Industry in Alberta: A Literature Review with Recommendations for Environmental Management. Prepared for the Alberta Cattle Commission, July 1996
- Khan, A.A. and M.M. Schuler. 1997. Biochemical Toxicology of Oilfield Chemicals In Cattle. In: Chalmers, G.A. (ed.), A Literature Review and

- Discussion of the Toxicological Hazards of Oilfield Pollutants in Cattle. Alberta Research Council, Vegreville, Alberta.
- J. Shepherd et al., *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, Royal Society Policy document 10/09, Royal Society, London, UK, 2009
  - IMO MEPC.1/Circ.878, 9 November 2018
  - LNG VS SCRUBBER TECHNOLOGY IN FUTURE GREEN SHIPS, D. Kolich & F. Kurtovic University of Rijeka, Croatia
  - IMO Resolution MEPC.130(53) – Guidelines for Onboard Exhaust Gas-SOx Cleaning Systems; July 22, 2005
  - IMO Resolution MEPC.259(68) – 2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems; May 15, 2015
  - IMO Circular MSC.1/Circ.1221 – Validity of Type Approval Certification for Marine Products; December 11, 2006
  - Tien Anh Tran.: “Research of the Scrubber Systems to Clean Marine Diesel Engine Exhaust Gases on Ships”, Vietnam Maritime University 2017
  - D.Stenersen and O.Thonstad: “GHG and NOx emissions from gas fuelled engines”, Norway 2017

### Άρθρα

- Η Ε.Ε. υπέρ διεθνούς νομοθεσίας για πιο «πράσινη» ναυτιλία, [M.naftemporiki.gr](http://M.naftemporiki.gr)  
Daniel Albalade Congestion, Road Safety, and the Effectiveness of Public Policies in Urban Areas, September 2019,
- Sulfur Dioxide | Medical Management Guidelines | Toxic Substance Portal, Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Human Health Sciences, October 2014
- Acid Rain, Christina Nunez, National Geographic, February 2019
- Shipping Sector gears itself for new emission regulations, Deutsche, October 2019
- International Shipping should cut air pollutants and greenhouse gases together , European Environmental Agency, May 2013
- Shoals ahead for international shipping, Jan Fuglestvedt, Stig Bjørnløw Dalsøren, April 2010
- Clean air in 2020: 0.5% sulfur cap for ships enters into force worldwide, European Commission, January 2020
- China: Fuel Sulphur Cap and Emission Control Areas, Nepia.com, November 2020
- A Guide To Marine Gas Oil and LSFO Used On Ships, Marineinsight.com, December 2020
- VLSFO: Facts Versus Fiction, Unni Einemo, Ship & Bunker, March 2021

- Price Impacts on HSFO already well underway; VLSFO & MGO will be next, Steve Christy, Integr8 Fuels , November 2019
- VLSFO pricing & availability needs careful watching, Integr8 Fuels, Steve Christy, December 2019
- We have finally seen some stability in bunker prices, but there is still a lot happening out there, Integr8 Fuels, Steve Christy, July 2020
- VLSFO Prices Are At An All-time High – Politics Have Trumped Oil Fundamentals, Integr8 Fuels, Steve Christy, February 2022
- Bunker prices climb to highest point since early 2020, Lloyd's List, Bridget Diakun, February 2022
- List of countries that restrict the use of open loop scrubbers, Safety4sea, September 2020
- A Guide To Scrubber System On Ship, Marine Insight, Sargun Sethi, March 2022
- IMO 2020: How Many Ships Have Scrubbers?, Ship & Bunker, July 2018
- BIMCO: Scrubber-fitted ships nearly double in 15 months, Offshore Energy, Jasmina Ovcina, March 2021
- Scrubber Orders are Low: Wärtsilä, Ship & Bunker, January 2022
- Scrubber installation waiting list ‘very long’ as IMO 2020 kicks in: Wartsila, Hellenicshippingnews.com, January 2020
- Price difference between heavy fuel and low-sulfur bunker oil increased in 2021, Shippingwatch.com, DAG HOLMSTAD, January 2022
- Scrubber-fitted VLCCs quietly gain market share, Vortexa.com, Arthur Richier, October 2021
- Current status and future prospects of LNG fuel for ships, mol-service.com, June 2021
- LNG a fuel in transition,Sea-LNG.org, January 2022
- LNG – A FUEL IN TRANSITION /A VIEW FROM THE BRIDGE / JANUARY 2022 /SEA-LNG.ORG
- Fearnleys.: “Liquefied Petroleum Gas”, June 2019

### Ιστοσελίδες

- <https://www.pacificgreen-group.com>
- <http://www.waterwisesys.com>
- <https://www.marineinsight.com>
- <https://safety4sea.com>
- <https://lloydlist.maritimeintelligence.informa.com>
- <https://www.bunkerspot.com>
- <https://integr8fuels.com>

- <https://innospec.com>
- <https://www.thormarinetrading.com>
- <https://www.alfalaval.com>
- <https://www.ics-shipping.org>
- <https://dieselnet.com/news>
- <https://atobviac.com>
- <https://www.motorship.com>
- <https://www.imo.org/>
- <https://www.egcsa.com>
- <https://www.theengineer.co.uk>
- <https://www.usgs.gov>
- <https://www.eea.europa.eu>
- [www.frbsf.org](http://www.frbsf.org)
- <https://www.iatronet.gr>

## 6. Παραρτήματα

Παράρτημα 1 (Συντεταγμένες SECA Ακτές του Ειρηνικού των ΗΠΑ και του Καναδά)

Σημείο	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	32° 32' 10" N.	117° 06' 11" W.
2	32° 32' 04" N.	117° 07' 29" W.
3	32° 31' 39" N.	117° 14' 20" W.
4	32° 33' 13" N.	117° 15' 50" W.
5	32° 34' 21" N.	117° 22' 01" W.
6	32° 35' 23" N.	117° 27' 53" W.
7	32° 37' 38" N.	117° 49' 34" W.
8	31° 07' 59" N.	118° 36' 21" W.
9	30° 33' 25" N.	121° 47' 29" W.
10	31° 46' 11" N.	123° 17' 22" W.
11	32° 21' 58" N.	123° 50' 44" W.
12	32° 56' 39" N.	124° 11' 47" W.
13	33° 40' 12" N.	124° 27' 15" W.
14	34° 31' 28" N.	125° 16' 52" W.
15	35° 14' 38" N.	125° 43' 23" W.
16	35° 43' 60" N.	126° 18' 53" W.
17	36° 16' 25" N.	126° 45' 30" W.
18	37° 01' 35" N.	127° 07' 18" W.
19	37° 45' 39" N.	127° 38' 02" W.
20	38° 25' 08" N.	127° 52' 60" W.
21	39° 25' 05" N.	128° 31' 23" W.
22	40° 18' 47" N.	128° 45' 46" W.
23	41° 13' 39" N.	128° 40' 22" W.
24	42° 12' 49" N.	129° 00' 38" W.
25	42° 47' 34" N.	129° 05' 42" W.
26	43° 26' 22" N.	129° 01' 26" W.
27	44° 24' 43" N.	128° 41' 23" W.
28	45° 30' 43" N.	128° 40' 02" W.
29	46° 11' 01" N.	128° 49' 01" W.
30	46° 33' 55" N.	129° 04' 29" W.
31	47° 39' 55" N.	131° 15' 41" W.
32	48° 32' 32" N.	132° 41' 00" W.
33	48° 57' 47" N.	133° 14' 47" W.
34	49° 22' 39" N.	134° 15' 51" W.
35	50° 01' 52" N.	135° 19' 01" W.
36	51° 03' 18" N.	136° 45' 45" W.
37	51° 54' 04" N.	137° 41' 54" W.
38	52° 45' 12" N.	138° 20' 14" W.
39	53° 29' 20" N.	138° 40' 36" W.
40	53° 40' 39" N.	138° 48' 53" W.
41	54° 13' 45" N.	139° 32' 38" W.

42	54° 39' 25" N.	139° 56' 19" W.
43	55° 20' 18" N.	140° 55' 45" W.
44	56° 07' 12" N.	141° 36' 18" W.
45	56° 28' 32" N.	142° 17' 19" W.
46	56° 37' 19" N.	142° 48' 57" W.
47	58° 51' 04" N.	153° 15' 03" W.

Πηγή : [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx)

Παράρτημα 2 (Συντεταγμένες SECA Ακτές του Ατλαντικού τω ΗΠΑ, Καναδά, Γαλλίας και ακτής του Κόλπου του Μεξικού των ΗΠΑ)

Σημείο	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	60° 00' 00" N.	64° 09' 36" W.
2	60° 00' 00" N.	56° 43' 00" W.
3	58° 54' 01" N.	55° 38' 05" W.
4	57° 50' 52" N.	55° 03' 47" W.
5	57° 35' 13" N.	54° 00' 59" W.
6	57° 14' 20" N.	53° 07' 58" W.
7	56° 48' 09" N.	52° 23' 29" W.
8	56° 18' 13" N.	51° 49' 42" W.
9	54° 23' 21" N.	50° 17' 44" W.
10	53° 44' 54" N.	50° 07' 17" W.
11	53° 04' 59" N.	50° 10' 05" W.
12	52° 20' 06" N.	49° 57' 09" W.
13	51° 34' 20" N.	48° 52' 45" W.
14	50° 40' 15" N.	48° 16' 04" W.
15	50° 02' 28" N.	48° 07' 03" W.
16	49° 24' 03" N.	48° 09' 35" W.
17	48° 39' 22" N.	47° 55' 17" W.
18	47° 24' 25" N.	47° 46' 56" W.
19	46° 35' 12" N.	48° 00' 54" W.
20	45° 19' 45" N.	48° 43' 28" W.
21	44° 43' 38" N.	49° 16' 50" W.
22	44° 16' 38" N.	49° 51' 23" W.
23	43° 53' 15" N.	50° 34' 01" W.
24	43° 36' 06" N.	51° 20' 41" W.
25	43° 23' 59" N.	52° 17' 22" W.
26	43° 19' 50" N.	53° 20' 13" W.
27	43° 21' 14" N.	54° 09' 20" W.
28	43° 29' 41" N.	55° 07' 41" W.
29	42° 40' 12" N.	55° 31' 44" W.
30	41° 58' 19" N.	56° 09' 34" W.
31	41° 20' 21" N.	57° 05' 13" W.
32	40° 55' 34" N.	58° 02' 55" W.
33	40° 41' 38" N.	59° 05' 18" W.
34	40° 38' 33" N.	60° 12' 20" W.
35	40° 45' 46" N.	61° 14' 03" W.



36	41° 04' 52" N.	62° 17' 49" W.
37	40° 36' 55" N.	63° 10' 49" W.
38	40° 17' 32" N.	64° 08' 37" W.
39	40° 07' 46" N.	64° 59' 31" W.
40	40° 05' 44" N.	65° 53' 07" W.
41	39° 58' 05" N.	65° 59' 51" W.
42	39° 28' 24" N.	66° 21' 14" W.
43	39° 01' 54" N.	66° 48' 33" W.
44	38° 39' 16" N.	67° 20' 59" W.
45	38° 19' 20" N.	68° 02' 01" W.
46	38° 05' 29" N.	68° 46' 55" W.
47	37° 58' 14" N.	69° 34' 07" W.
48	37° 57' 47" N.	70° 24' 09" W.
49	37° 52' 46" N.	70° 37' 50" W.
50	37° 18' 37" N.	71° 08' 33" W.
51	36° 32' 25" N.	71° 33' 59" W.
52	35° 34' 58" N.	71° 26' 02" W.
53	34° 33' 10" N.	71° 37' 04" W.
54	33° 54' 49" N.	71° 52' 35" W.
55	33° 19' 23" N.	72° 17' 12" W.
56	32° 45' 31" N.	72° 54' 05" W.
57	31° 55' 13" N.	74° 12' 02" W.
58	31° 27' 14" N.	75° 15' 20" W.
59	31° 03' 16" N.	75° 51' 18" W.
60	30° 45' 42" N.	76° 31' 38" W.
61	30° 12' 48" N.	77° 18' 29" W.
62	29° 25' 17" N.	76° 56' 42" W.
63	28° 36' 59" N.	76° 47' 60" W.
64	28° 17' 13" N.	76° 40' 10" W.
65	28° 17' 12" N.	79° 11' 23" W.
66	27° 52' 56" N.	79° 28' 35" W.
67	27° 26' 01" N.	79° 31' 38" W.
68	27° 16' 13" N.	79° 34' 18" W.
69	27° 11' 54" N.	79° 34' 56" W.
70	27° 05' 59" N.	79° 35' 19" W.
71	27° 00' 28" N.	79° 35' 17" W.
72	26° 55' 16" N.	79° 34' 39" W.
73	26° 53' 58" N.	79° 34' 27" W.
74	26° 45' 46" N.	79° 32' 41" W.
75	26° 44' 30" N.	79° 32' 23" W.
76	26° 43' 40" N.	79° 32' 20" W.
77	26° 41' 12" N.	79° 32' 01" W.
78	26° 38' 13" N.	79° 31' 32" W.
79	26° 36' 30" N.	79° 31' 06" W.
80	26° 35' 21" N.	79° 30' 50" W.
81	26° 34' 51" N.	79° 30' 46" W.
82	26° 34' 11" N.	79° 30' 38" W.

83	26° 31' 12" N.	79° 30' 15" W.
84	26° 29' 05" N.	79° 29' 53" W.
85	26° 25' 31" N.	79° 29' 58" W.
86	26° 23' 29" N.	79° 29' 55" W.
87	26° 23' 21" N.	79° 29' 54" W.
88	26° 18' 57" N.	79° 31' 55" W.
89	26° 15' 26" N.	79° 33' 17" W.
90	26° 15' 13" N.	79° 33' 23" W.
91	26° 08' 09" N.	79° 35' 53" W.
92	26° 07' 47" N.	79° 36' 09" W.
93	26° 06' 59" N.	79° 36' 35" W.
94	26° 02' 52" N.	79° 38' 22" W.
95	25° 59' 30" N.	79° 40' 03" W.
96	25° 59' 16" N.	79° 40' 08" W.
97	25° 57' 48" N.	79° 40' 38" W.
98	25° 56' 18" N.	79° 41' 06" W.
99	25° 54' 04" N.	79° 41' 38" W.
100	25° 53' 24" N.	79° 41' 46" W.
101	25° 51' 54" N.	79° 41' 59" W.
102	25° 49' 33" N.	79° 42' 16" W.
103	25° 48' 24" N.	79° 42' 23" W.
104	25° 48' 20" N.	79° 42' 24" W.
105	25° 46' 26" N.	79° 42' 44" W.
106	25° 46' 16" N.	79° 42' 45" W.
107	25° 43' 40" N.	79° 42' 59" W.
108	25° 42' 31" N.	79° 42' 48" W.
109	25° 40' 37" N.	79° 42' 27" W.
110	25° 37' 24" N.	79° 42' 27" W.
111	25° 37' 08" N.	79° 42' 27" W.
112	25° 31' 03" N.	79° 42' 12" W.
113	25° 27' 59" N.	79° 42' 11" W.
114	25° 24' 04" N.	79° 42' 12" W.
115	25° 22' 21" N.	79° 42' 20" W.
116	25° 21' 29" N.	79° 42' 08" W.
117	25° 16' 52" N.	79° 41' 24" W.
118	25° 15' 57" N.	79° 41' 31" W.
119	25° 10' 39" N.	79° 41' 31" W.
120	25° 09' 51" N.	79° 41' 36" W.
121	25° 09' 03" N.	79° 41' 45" W.
122	25° 03' 55" N.	79° 42' 29" W.
123	25° 02' 60" N.	79° 42' 56" W.
124	25° 00' 30" N.	79° 44' 05" W.
125	24° 59' 03" N.	79° 44' 48" W.
126	24° 55' 28" N.	79° 45' 57" W.
127	24° 44' 18" N.	79° 49' 24" W.
128	24° 43' 04" N.	79° 49' 38" W.
129	24° 42' 36" N.	79° 50' 50" W.

<b>130</b>	24° 41' 47" N.	79° 52' 57" W.
<b>131</b>	24° 38' 32" N.	79° 59' 58" W.
<b>132</b>	24° 36' 27" N.	80° 03' 51" W.
<b>133</b>	24° 33' 18" N.	80° 12' 43" W.
<b>134</b>	24° 33' 05" N.	80° 13' 21" W.
<b>135</b>	24° 32' 13" N.	80° 15' 16" W.
<b>136</b>	24° 31' 27" N.	80° 16' 55" W.
<b>137</b>	24° 30' 57" N.	80° 17' 47" W.
<b>138</b>	24° 30' 14" N.	80° 19' 21" W.
<b>139</b>	24° 30' 06" N.	80° 19' 44" W.
<b>140</b>	24° 29' 38" N.	80° 21' 05" W.
<b>141</b>	24° 28' 18" N.	80° 24' 35" W.
<b>142</b>	24° 28' 06" N.	80° 25' 10" W.
<b>143</b>	24° 27' 23" N.	80° 27' 20" W.
<b>144</b>	24° 26' 30" N.	80° 29' 30" W.
<b>145</b>	24° 25' 07" N.	80° 32' 22" W.
<b>146</b>	24° 23' 30" N.	80° 36' 09" W.
<b>147</b>	24° 22' 33" N.	80° 38' 56" W.
<b>148</b>	24° 22' 07" N.	80° 39' 51" W.
<b>149</b>	24° 19' 31" N.	80° 45' 21" W.
<b>150</b>	24° 19' 16" N.	80° 45' 47" W.
<b>151</b>	24° 18' 38" N.	80° 46' 49" W.
<b>152</b>	24° 18' 35" N.	80° 46' 54" W.
<b>153</b>	24° 09' 51" N.	80° 59' 47" W.
<b>154</b>	24° 09' 48" N.	80° 59' 51" W.
<b>155</b>	24° 08' 58" N.	81° 01' 07" W.
<b>156</b>	24° 08' 30" N.	81° 01' 51" W.
<b>157</b>	24° 08' 26" N.	81° 01' 57" W.
<b>158</b>	24° 07' 28" N.	81° 03' 06" W.
<b>159</b>	24° 02' 20" N.	81° 09' 05" W.
<b>160</b>	23° 59' 60" N.	81° 11' 16" W.
<b>161</b>	23° 55' 32" N.	81° 12' 55" W.
<b>162</b>	23° 53' 52" N.	81° 19' 43" W.
<b>163</b>	23° 50' 52" N.	81° 29' 59" W.
<b>164</b>	23° 50' 02" N.	81° 39' 59" W.
<b>165</b>	23° 49' 05" N.	81° 49' 59" W.
<b>166</b>	23° 49' 05" N.	82° 00' 11" W.
<b>167</b>	23° 49' 42" N.	82° 09' 59" W.
<b>168</b>	23° 51' 14" N.	82° 24' 59" W.
<b>169</b>	23° 51' 14" N.	82° 39' 59" W.
<b>170</b>	23° 49' 42" N.	82° 48' 53" W.
<b>171</b>	23° 49' 32" N.	82° 51' 11" W.
<b>172</b>	23° 49' 24" N.	82° 59' 59" W.
<b>173</b>	23° 49' 52" N.	83° 14' 59" W.
<b>174</b>	23° 51' 22" N.	83° 25' 49" W.
<b>175</b>	23° 52' 27" N.	83° 33' 01" W.
<b>176</b>	23° 54' 04" N.	83° 41' 35" W.

177	23° 55' 47" N.	83° 48' 11" W.
178	23° 58' 38" N.	83° 59' 59" W.
179	24° 09' 37" N.	84° 29' 27" W.
180	24° 13' 20" N.	84° 38' 39" W.
181	24° 16' 41" N.	84° 46' 07" W.
182	24° 23' 30" N.	84° 59' 59" W.
183	24° 26' 37" N.	85° 06' 19" W.
184	24° 38' 57" N.	85° 31' 54" W.
185	24° 44' 17" N.	85° 43' 11" W.
186	24° 53' 57" N.	85° 59' 59" W.
187	25° 10' 44" N.	86° 30' 07" W.
188	25° 43' 15" N.	86° 21' 14" W.
189	26° 13' 13" N.	86° 06' 45" W.
190	26° 27' 22" N.	86° 13' 15" W.
191	26° 33' 46" N.	86° 37' 07" W.
192	26° 01' 24" N.	87° 29' 35" W.
193	25° 42' 25" N.	88° 33' 00" W.
194	25° 46' 54" N.	90° 29' 41" W.
195	25° 44' 39" N.	90° 47' 05" W.
196	25° 51' 43" N.	91° 52' 50" W.
197	26° 17' 44" N.	93° 03' 59" W.
198	25° 59' 55" N.	93° 33' 52" W.
199	26° 00' 32" N.	95° 39' 27" W.
200	26° 00' 33" N.	96° 48' 30" W.
201	25° 58' 32" N.	96° 55' 28" W.
202	25° 58' 15" N.	96° 58' 41" W.
203	25° 57' 58" N.	97° 01' 54" W.
204	25° 57' 41" N.	97° 05' 08" W.
205	25° 57' 24" N.	97° 08' 21" W.
206	25° 57' 24" N.	97° 08' 47" W.

Πηγή : [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx)

### Παράρτημα 3 (Συντεταγμένες SECA Χαβάης)

Σημείο	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	22° 32' 54" N.	153° 00' 33" W.
2	23° 06' 05" N.	153° 28' 36" W.
3	23° 32' 11" N.	154° 02' 12" W.
4	23° 51' 47" N.	154° 36' 48" W.
5	24° 21' 49" N.	155° 51' 13" W.
6	24° 41' 47" N.	156° 27' 27" W.
7	24° 57' 33" N.	157° 22' 17" W.
8	25° 13' 41" N.	157° 54' 13" W.
9	25° 25' 31" N.	158° 30' 36" W.
10	25° 31' 19" N.	159° 09' 47" W.
11	25° 30' 31" N.	159° 54' 21" W.
12	25° 21' 53" N.	160° 39' 53" W.
13	25° 00' 06" N.	161° 38' 33" W.

14	24° 40' 49" N.	162° 13' 13" W.
15	24° 15' 53" N.	162° 43' 08" W.
16	23° 40' 50" N.	163° 13' 00" W.
17	23° 03' 20" N.	163° 32' 58" W.
18	22° 20' 09" N.	163° 44' 41" W.
19	21° 36' 45" N.	163° 46' 03" W.
20	20° 55' 26" N.	163° 37' 44" W.
21	20° 13' 34" N.	163° 19' 13" W.
22	19° 39' 03" N.	162° 53' 48" W.
23	19° 09' 43" N.	162° 20' 35" W.
24	18° 39' 16" N.	161° 19' 14" W.
25	18° 30' 31" N.	160° 38' 30" W.
26	18° 29' 31" N.	159° 56' 17" W.
27	18° 10' 41" N.	159° 14' 08" W.
28	17° 31' 17" N.	158° 56' 55" W.
29	16° 54' 06" N.	158° 30' 29" W.
30	16° 25' 49" N.	157° 59' 25" W.
31	15° 59' 57" N.	157° 17' 35" W.
32	15° 40' 37" N.	156° 21' 06" W.
33	15° 37' 36" N.	155° 22' 16" W.
34	15° 43' 46" N.	154° 46' 37" W.
35	15° 55' 32" N.	154° 13' 05" W.
36	16° 46' 27" N.	152° 49' 11" W.
37	17° 33' 42" N.	152° 00' 32" W.
38	18° 30' 16" N.	151° 30' 24" W.
39	19° 02' 47" N.	151° 22' 17" W.
40	19° 34' 46" N.	151° 19' 47" W.
41	20° 07' 42" N.	151° 22' 58" W.
42	20° 38' 43" N.	151° 31' 36" W.
43	21° 29' 09" N.	151° 59' 50" W.
44	22° 06' 58" N.	152° 31' 25" W.
45	22° 32' 54" N.	153° 00' 33" W.

Πηγή : [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx)

Παράρτημα 4 (Συντεταγμένες SECA Καραϊβικής)

Σημείο	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	17° 18' 37" N.	67° 32' 14" W.
2	19° 11' 14" N.	67° 26' 45" W.
3	19° 30' 28" N.	65° 16' 48" W.
4	19° 12' 25" N.	65° 06' 08" W.
5	18° 45' 13" N.	65° 00' 22" W.
6	18° 41' 14" N.	64° 59' 33" W.
7	18° 29' 22" N.	64° 53' 51" W.
8	18° 27' 35" N.	64° 53' 22" W.
9	18° 25' 21" N.	64° 52' 39" W.
10	18° 24' 30" N.	64° 52' 19" W.
11	18° 23' 51" N.	64° 51' 50" W.

12	18° 23' 42" N.	64° 51' 23" W.
13	18° 23' 36" N.	64° 50' 17" W.
14	18° 23' 48" N.	64° 49' 41" W.
15	18° 24' 11" N.	64° 49' 00" W.
16	18° 24' 28" N.	64° 47' 57" W.
17	18° 24' 18" N.	64° 47' 01" W.
18	18° 23' 13" N.	64° 46' 37" W.
19	18° 22' 37" N.	64° 45' 20" W.
20	18° 22' 39" N.	64° 44' 42" W.
21	18° 22' 42" N.	64° 44' 36" W.
22	18° 22' 37" N.	64° 44' 24" W.
23	18° 22' 39" N.	64° 43' 42" W.
24	18° 22' 30" N.	64° 43' 36" W.
25	18° 22' 25" N.	64° 42' 58" W.
26	18° 22' 26" N.	64° 42' 28" W.
27	18° 22' 15" N.	64° 42' 03" W.
28	18° 22' 22" N.	64° 40' 60" W.
29	18° 21' 57" N.	64° 40' 15" W.
30	18° 21' 51" N.	64° 38' 23" W.
31	18° 21' 22" N.	64° 38' 16" W.
32	18° 20' 39" N.	64° 38' 33" W.
33	18° 19' 15" N.	64° 38' 14" W.
34	18° 19' 07" N.	64° 38' 16" W.
35	18° 17' 23" N.	64° 39' 38" W.
36	18° 16' 43" N.	64° 39' 41" W.
37	18° 11' 33" N.	64° 38' 58" W.
38	18° 03' 02" N.	64° 38' 03" W.
39	18° 02' 56" N.	64° 29' 35" W.
40	18° 02' 51" N.	64° 27' 02" W.
41	18° 02' 30" N.	64° 21' 08" W.
42	18° 02' 31" N.	64° 20' 08" W.
43	18° 02' 03" N.	64° 15' 57" W.
44	18° 00' 12" N.	64° 02' 29" W.
45	17° 59' 58" N.	64° 01' 04" W.
46	17° 58' 47" N.	63° 57' 01" W.
47	17° 57' 51" N.	63° 53' 54" W.
48	17° 56' 38" N.	63° 53' 21" W.
49	17° 39' 40" N.	63° 54' 53" W.
50	17° 37' 08" N.	63° 55' 10" W.
51	17° 30' 21" N.	63° 55' 56" W.
52	17° 11' 36" N.	63° 57' 57" W.
53	17° 04' 60" N.	63° 58' 41" W.
54	16° 59' 49" N.	63° 59' 18" W.
55	17° 18' 37" N.	67° 32' 14" W.

Πηγή : [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx)

**APPENDIX 1**

**INDICATIVE EXAMPLE FOR SHIP IMPLEMENTATION PLAN FOR ACHIEVING  
COMPLIANCE WITH THE 0.50% SULPHUR LIMIT ENTERING INTO FORCE ON  
1 JANUARY 2020 USING COMPLIANT FUEL OIL ONLY**

**Particulars of ship**

1. Name of ship:
2. Distinctive number or letters:
3. IMO Number:

**Planning and preparation (before 1 January 2020)**

**1 Risk assessment and mitigation plan**

- 1.1 Risk assessment (Impact of new fuels): YES/NO
- 1.2 Linked to onboard SMS YES/NO

**2 Fuel oil system modifications and tank cleaning (if needed)**

- 2.1 Schedule for meeting with manufacturers and/or classification societies:

- 2.2 Structural Modifications (Installation of fuel oil systems/tankage) required:  
YES/NO/NOT APPLICABLE

If YES, then:

- 2.2.1 Fuel oil storage system:

Description of modification:

Details of yard booking (as applicable), time schedules etc.:

Estimated date of completion of modification:

2.2.2 Fuel transfer, filtration and delivery systems:

Description of modification:

Details of yard booking (as applicable), time schedules etc.:

Estimated date of completion of modification:

2.2.3 Combustion equipment:

Description of modification:

Details of yard booking (as applicable), time schedules etc.:

Estimated date of completion of modification:



**2.3 Tank cleaning required: YES/NO/NOT APPLICABLE**

If YES, then:

Details of cleaning schedule (including, yard booking, time schedules etc., if applicable):

Estimated date of completion of cleaning:

**3 Fuel oil capacity and segregation capability:**

Following any required modifications as per Section 2:

3.1 Expected number of bunker tanks designated to store 0.50% sulphur compliant fuel oil:

3.2 Expected total storage capacity (m<sup>3</sup>) for 0.50% sulphur compliant fuel oil:

3.3 Expected number of bunker tanks designated to store 0.10% sulphur compliant fuel oil:

3.4 Expected total storage capacity (m<sup>3</sup>) for 0.10% sulphur compliant fuel oil:

3.5 Approximate total fuel oil content (m<sup>3</sup>) in the fuel oil transfer, purification and delivery systems:

**4 Procurement of compliant fuel oil**

4.1 Details of fuel purchasing procedure to source compliant fuels, including procedures in cases where compliant fuel oil is not readily available:

4.2 Estimated date for bunkering compliant fuel oil, not later than 24:00hrs 31 December 2019:

4.3 If fuel arranged by charterer, is there an intention to accept charter party contracts that do not have a specified obligation to provide compliant fuel oil after 1 June 2019 or other date to be identified: YES/NO

If YES, then:

Details of alternate steps taken to ensure that the charter party provides timely delivery of compliant fuel:

4.4 Is there confirmation from bunker supplier(s) to provide compliant fuel oil on the specified date: YES/NO

If NO, then:

Details of alternate steps taken to ensure timely availability of compliant fuel oil:

4.5 Details of arrangements (if any planned) to dispose of any remaining non-compliant fuel oil:

## 5 Fuel oil changeover plan

5.1 Consider whether a ship-specific fuel changeover plan is to be made available. The plan should include measures to offload or consume any remaining non-compliant fuel oil. The plan should also demonstrate how the ship intends to ensure that all its combustion units will be using compliant fuel oil no later than 1 January 2020.

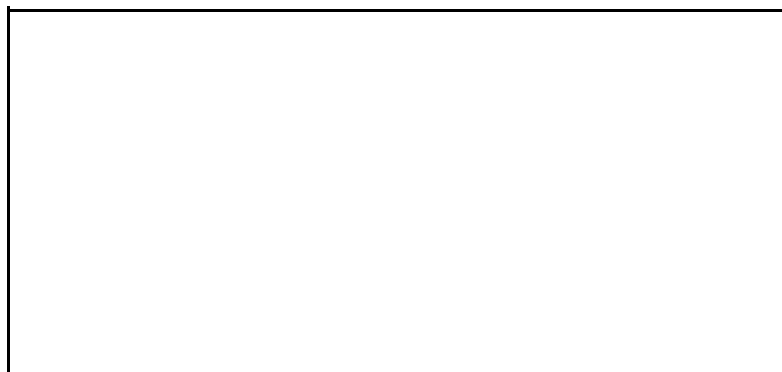
5.2 As per the ship-specific fuel changeover plan, the maximum time period required to changeover the ship's fuel oil system to use compliant fuel oil at all combustion units:

5.3 Expected date and approximate time of completion of the above-mentioned changeover procedure:

5.4 Consider availability of adequately trained officers and crew familiar with the ship's fuel system and fuel changeover procedures to carry out the fuel oil changeover procedure. If this cannot be confirmed, then consider whether there is a sufficient amount of time dedicated for ship-specific familiarization and training of new officers and crew.

**6 Documentation and reporting**

- 6.1 If there are modifications planned as per section 2, related documents including the shipboard fuel oil tank management plans and stability and trim booklets should be consequently updated.
- 6.2 The Implementation plan could be kept on board and updated as applicable.
- 6.3 If when following the Implementation plan the ship has to bunker and use non-compliant fuel oil due to unavailability of compliant fuel oil safe for use on board the ship, steps to limit the impact of using non-compliant fuel oil could be:



- 6.4 The ship should have a procedure for Fuel Oil Non-Availability Reporting (FONAR). The master and chief engineer should be conversant about when and how FONAR should be used and who it should be reported to.