

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ
ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΑΛΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗ Ε.**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2017

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ
ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΑΛΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΜ:4746

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Η καθηγήτρια

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	Σελίδα 3
Abstract.....	Σελίδα 4
Πρόλογος.....	Σελίδα 5
Κεφάλαιο 1^ο	Σελίδα 6
1.1 Κανονισμοί για τον περιορισμό οξειδίων θείου SOx	Σελίδα 7
1.2 Κανονισμοί για τον περιορισμό οξειδίων θείου SOx.....	Σελίδα 9
1.3 Ρύποι που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	Σελίδα 9
Κεφάλαιο 2^ο	Σελίδα 10
2.1 Εισαγωγή στα υβριδικά καύσιμα.....	Σελίδα 10
2.2 Χαρακτηριστικά	Σελίδα 10
2.3 Διαχείριση και αποθήκευση.....	Σελίδα 11
2.4 Κινηματικό ιζώδες και λιπαντικά χαρακτηριστικά	Σελίδα 11
2.5 Συμβατότητα και Σταθερότητα	Σελίδα 12
2.6 Διαδικασία αλλαγής καυσίμου	Σελίδα 13
2.7 Διαθεσιμότητα	Σελίδα 14
2.8 Γενικές οδηγίες για την χρήση υβριδικών καυσίμων	Σελίδα 14
Κεφάλαιο 3^ο	Σελίδα 16
3.1 Εισαγωγή στα βιοκαύσιμα	Σελίδα 16
3.2 Βιοντίζελ-FAME	Σελίδα 17
3.3 DME- Διμεθυλαιθέρας	Σελίδα 19
Κεφάλαιο 4^ο	Σελίδα 21
4.1 Εισαγωγή στο LNG	Σελίδα 21

4.2 Πλεονεκτήματα LNG	Σελίδα 22
4.3 Μειονεκτήματα LNG	Σελίδα 24
4.4 Προοπτικές	Σελίδα 25
Κεφάλαιο 5^ο	Σελίδα 27
5.1 Εισαγωγή Μεθανόλης	Σελίδα 27
5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεθανόλης	Σελίδα 28
Επίλογος- Συμπεράσματα	Σελίδα 30
Βιβλιογραφία	Σελίδα 32

Περίληψη

Αντικείμενο της εν λόγω πτυχιακής εργασίας είναι οι νέες τάσεις στην επιλογή καυσίμων για την πρόωση των εμπορικών πλοίων.

Αρχικά, στην παρούσα μελέτη, παρατίθεται η τρέχουσα και η αναδύομενη Διεθνής και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, η οποία θέτει νέους όρους που ωθούν στην επιλογή εναλλακτικών καυσίμων από τα πλοία με στόχο να μειωθούν αισθητά οι εκπομπές που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα.

Έπειτα από τη σύντομη παραπάνω ανάλυση, ακολουθεί η παρουσίαση των επιλογών που έχουν οι πλοιοκτήτες σε καύσιμα, τα οποία είναι λιγότερο ρυπογόνα, έχουν όμως διαφορετικές απαιτήσεις και διαφέρουν στην τιμή, τη διαθεσιμότητα και σε μία σειρά παραγόντων που αναλύονται διεξοδικώς.

Πρώτη αναφορά εναλλακτικών καυσίμων αποτελεί αυτή των υβριδικών. Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους, η συμβατότητα τους, η διαθεσιμότητα, η αποθήκευση και ο τρόπος διαχείρισης τους στους κινητήρες των πλοίων. Στην επόμενη ενότητα, ορίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα χρήσης Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου και διερευνώνται οι τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε το καύσιμο αυτό να χρησιμοποιείται ως το κύριο καύσιμο των πλοίων στο μέλλον. Στο τρίτο μέρος του κυρίου θέματος αναπτύσσονται γενικότερα τα χαρακτηριστικά των βιοκαυσίμων και ειδικότερα του βιοντίζελ και του διμεθυλαιθέρα. Τέλος, αναφορά έγινε στη μεθανόλη, τις προοπτικές του συγκεκριμένου καυσίμου, και στον τύπο της μηχανής που λειτουργεί με μεθανόλη.

Συνοψίζοντας στον επίλογο, έγινε σύγκριση των παραπάνω επιλογών και προτάθηκε το καύσιμο που βάση των ρύπων, της τιμής και της διαθεσιμότητάς του θα μπορούσε να αποτελέσει την κύρια εναλλακτική επιλογή του μαζούτ που χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον σήμερα τα πλοία.

Abstract

The focus of this paper will be the new trends of fuels in the maritime industry for the propulsion of the merchant navy fleet.

Initially, the present study lists current and emerging international and European legislation, which sets new conditions that drive alternative fuels from ships to significantly reduce emissions that pollute the atmosphere.

After the short analysis above follows the presentation of ship owners' choices on fuels, which are less polluting, but have different specifications and differ in price, availability and also a number of factors that are thoroughly analyzed.

First reference to alternative fuels is that of the hybrids. This chapter analyzes their characteristics, their compatibility, availability, storage, how they are handled and their performance so far in marine engines. In the next section, we define the advantages and disadvantages of using Liquefied Natural Gas and investigate the ways in which this fuel could be used as the main fuel of ships in the future. In the third part of the main topic, the characteristics of biofuels, in particular biodiesel and dimethyl ether, are developed. Finally, reference was made to methanol, the prospects of the particular fuel, and the type of methanol-powered engine.

In the conclusion of this paper, we compared the above options and we suggested a fuel based on the current price, availability, emissions that could dominate the fuel market in the maritime industry.

Πρόλογος

Η ναυτιλία συγκαταλέγεται στους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τρόπους μεταφοράς παγκοσμίως στον τομέα των μεταφορών. Στον τελευταίο, καταλαμβάνει τη μερίδα του λέοντος, καθώς θεωρείται ο οικονομικότερος και ο λιγότερο ενεργοβόρος τρόπος μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων. Λόγω της υψηλής αξίας του συγκεκριμένου τομέα, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και ανάπτυξη του. Για την επίτευξη του εν λόγω στόχου, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο περιορισμός των αρνητικών συνεπειών των πλοίων στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος, η οποία συντελείται με την εκπομπή ρυπογόνων αερίων στην ατμόσφαιρα.

Το συγκεκριμένο ζήτημα ρυθμίστηκε από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), ο οποίος με βασικό στόχο τη μείωση των εκπομπών του θείου, των οξειδίων του αζώτου και διάφορων μικροσωματιδίων των πλοίων, στοιχεία που επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον, θέσπισε την συμφωνία MARPOL, η οποία εφαρμόστηκε αρχικά σε ορισμένες πυκνοκατοικημένες περιοχές (λιμένες και εσωτερικές πλωτές οδούς). Αξίζει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη ενέργεια έγινε με δεδομένο ότι ο αριθμός των πλοίων μέχρι το 2050 θα έχει διπλασιαστεί. Και όπως είναι λογικό ο μεγαλύτερος φόβος και κίνδυνος είναι να μη διπλασιαστούν και οι ρύποι των πλοίων.

Σύμφωνα με τον παραπάνω συλλογισμό, θα μπορούσαν να τεθούν τρεις επιλογές για τη μείωση των επιβλαβών ρύπων των πλοίων. Η πρώτη, είναι η μείωση της παγκόσμιας ναυτιλιακής δραστηριότητας με την μείωση παράλληλα των αναγκών μεταφοράς ή την εύρεση άλλων τρόπων μεταφοράς. Επιλογή που είναι απίθανο να υλοποιηθεί εξαιτίας των αυξημένων αναγκών του διεθνούς εμπορίου, και εξαιτίας της αδυναμίας εύρεσης εναλλακτικής λύσης. Η δεύτερη επιλογή αφορά την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Και εδώ αυτή η επιλογή μπορεί να χαρακτηριστεί ουτοπική, από τη στιγμή που οι αποδόσεις των πλοίων τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αυξηθεί αρκετά, αλλά η ζήτηση είναι πολύ μεγαλύτερη από τις απαιτούμενες βελτιώσεις. Και η τρίτη έχει να κάνει με την χρήση εναλλακτικών καυσίμων.

Αυτή η επιλογή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η πιο ρεαλιστική από τις υπόλοιπες. Το εγχείρημα αυτό απαιτεί αρκετές αλλαγές στα ήδη υπάρχοντα πλοία και ακόμα περισσότερες μελέτες για τη δημιουργία κατάλληλων και αξιόπιστων κινητήρων στα καινούρια πλοία. Επιπλέον, απαιτούνται τεράστια κεφάλαια για τη δημιουργία των υποδομών που χρειάζονται ώστε αυτά τα καύσιμα να χρησιμοποιούνται ευρέως στα πλοία. Η διαθεσιμότητα, ο ανεφοδιασμός και η

μεταφορά είναι επίσης ζητήματα που χρήζουν προβληματισμού και εντάσσονται σε ιδιαίτερα χρονοβόρες διαδικασίες.

Πέραν όμως των παραπάνω εμποδίων, τα εναλλακτικά καύσιμα αποτελούν μονόδρομο, μιας και όπως διαπιστώθηκε οποιαδήποτε άλλη λύση δεν είναι εφικτή. Αν προσθέσουμε και τον οικονομικό παράγοντα, θα παρατηρήσουμε ότι εκτός από φιλικότερα στο περιβάλλον, τα εναλλακτικά καύσιμα μπορεί να είναι και πιο οικονομικά στο μέλλον, παράγοντας που αποτελεί σημαντική βάση πριν από οποιαδήποτε αλλαγή σε άλλο καύσιμο (πέραν του μαζούτ και του ντίζελ) για τους πλοιοκτήτες.

Στα εναλλακτικά καύσιμα εντάσσονται τα υβριδικά, τα βιοκαύσιμα, το LNG και το μεθάνιο. Θα γίνει εκτενής αναφορά στα παραπάνω καύσιμα και θα συγκριθούν: τα χαρακτηριστικά τους, οι ρύποι τους και η τιμή τους σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιεί η ναυτιλία. Το βασικό ερώτημα που καλούμαστε να απαντήσουμε είναι αν εν τέλει αξίζει η προσπάθεια της μετάβασης αυτής και φυσικά ποια θα είναι η πιο συμφέρουσα, εφικτή και φιλική στο περιβάλλον λύση από τα καύσιμα που θα αναλυθούν.

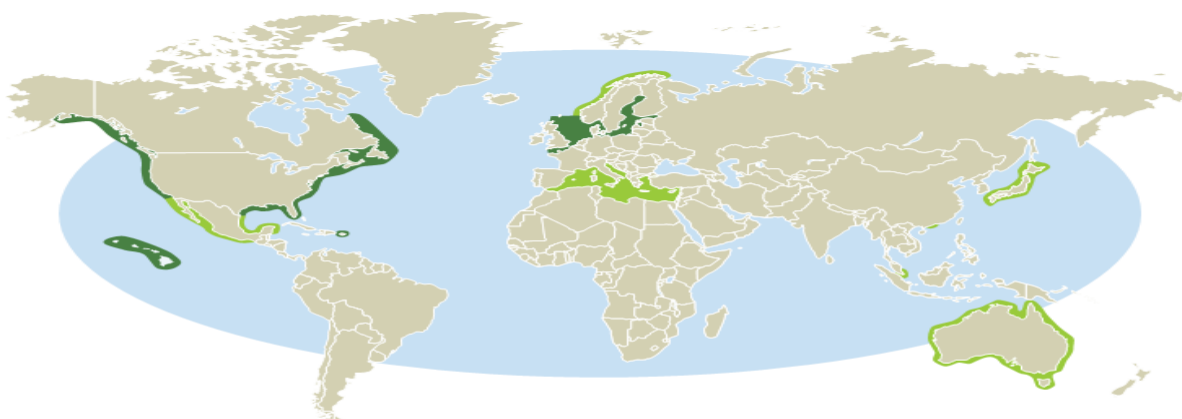
Κεφάλαιο 1ο

1.1 Ισχύοντες και επερχόμενοι κανονισμοί που επηρεάζουν την επιλογή καυσίμων.

1.1.1 Κανονισμοί για τον περιορισμό οξειδίων θείου SOx.

Το μαζούτ (H.F.O Heavy fuel oil) είναι γνωστό ως ένα αποδοτικό καύσιμο εμπορικών πλοίων με υψηλή ενεργειακή απόδοση και χαμηλό κόστος. Οι δυσμενείς επιπτώσεις της όξινης βροχής στην φύση και στην πολιτισμική κληρονομία οδήγησαν στην ανάγκη για περιορισμό των ποσοστών του θείου σε καύσιμα μέσω μεταφοράς και εγκαταστάσεων ξηράς, από την δεκαετία του 60 σε εθνικό επίπεδο ανά χώρα . Αυτό είχε ως συνέπεια η ναυτιλία να γίνει ο βασικός χρήστης βαρέων καυσίμων με υψηλό ποσοστό θείου.

Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (IMO- International Maritime Organization), ύστερα από πολλές διαβουλεύσεις, αποφάσισε να θέσει μέτρα για τον περιορισμό ρύπων που οφείλονται στα υψηλά επίπεδα θείου και μικροσωματιδίων στα ναυτιλιακά καύσιμα σε παράκτιες περιοχές, δηλαδή: στη Βόρεια Αμερική, στην Καραϊβική και στη βαλτική θάλασσα (A1), οι οποίες ονομάστηκαν ECA (Emission Control Areas). Σε περιοχές περιορισμού θείου (SECA- Sulphur Emission Control Areas) το μέγιστο επιτρεπτό όριο θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα έχει καθοριστεί ως 0.1% (κατά βάρος) και τέθηκε σε λειτουργία τον Ιανουάριο του 2015. Στις περιοχές SECA η νομοθεσία επιτρέπει τον καθαρισμό των καυσαερίων με την χρήση μηχανημάτων scrubber για να επιτευχθεί ο στόχος των χαμηλών ρύπων. Περιοχές όπως η Μεσόγειος θάλασσα, η Ιαπωνία , το Μεξικό και η Αυστραλία μπορεί να προστεθούν μελλοντικά στις περιοχές ECA όπως φαίνεται στην εικόνα A1.



An Emission Control Area can be designated for SO_x and PM or NO_x, or all three types of emissions from ships, subject to proposal from a Party to Annex VI.

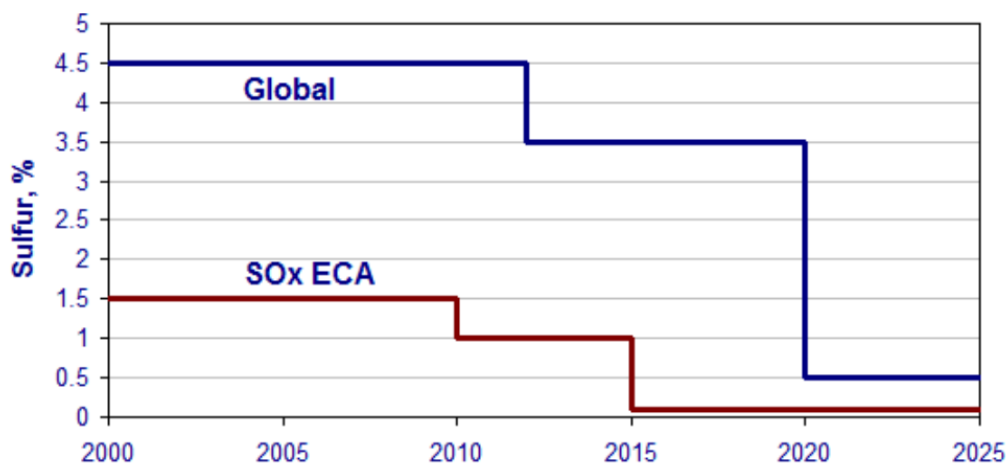
Existing Emission Control Areas include:

- Baltic Sea (SO_x, adopted: 1997 / entered into force 2005)
- North Sea (SO_x, 2005/2006)
- North American ECA, including most of US and Canadian coast (NO_x and SO_x, 2016/2012)
- US Caribbean ECA, including Puerto Rico and the US Virgin Islands (NO_x and SO_x, 2011/2014)

- Existing ECA area
- Potential future ECA area

A1: Υπάρχουσες και προτεινόμενες περιοχές περιορισμένων ρύπων (ECA) (Πηγή: IMO)

Συμφώνα με την διεθνή σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) Annex VI τα ποσοστά θείου σε παγκόσμιο επίπεδο από το 2012 δεν θα πρέπει να ξεπερνούν το 3.5% ενώ από το 2020 το μέγιστο όριο έχει οριστεί στο 0.5% όπως φαίνεται από την εικόνα A2.

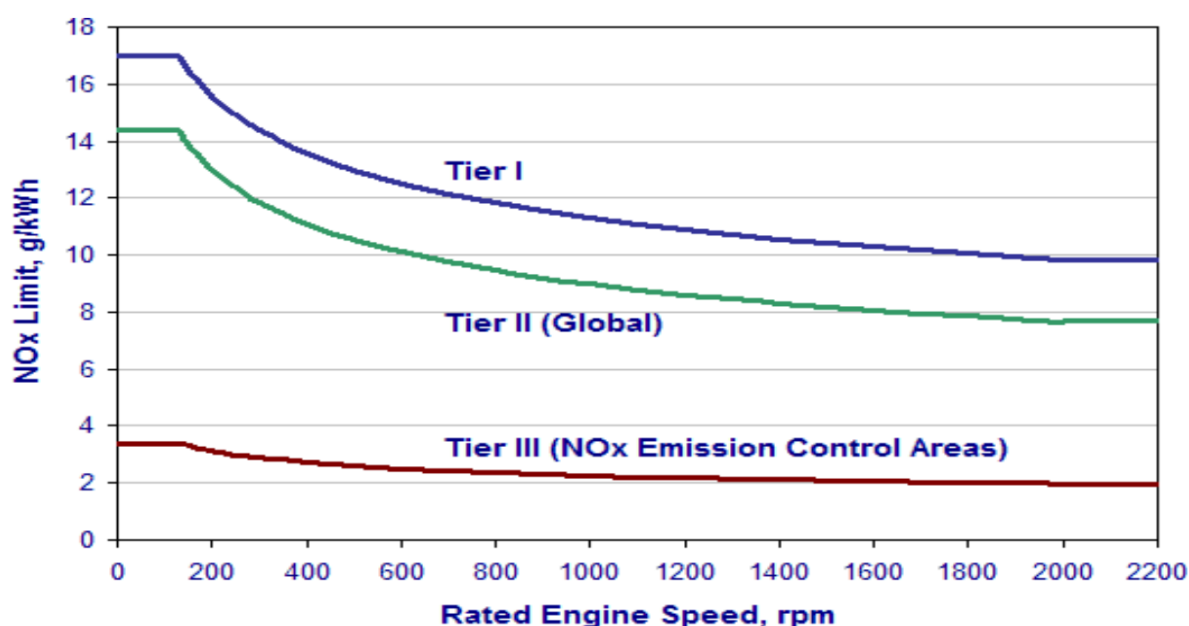


A2 : Επιτρεπτά ποσοστά Θείου σε περιοχές ECA και παγκοσμίως (Πηγή: IMO)

Υπάρχουν βέβαια και τοπικές νομοθεσίες που περιορίζουν περαιτέρω την χρήση ρυπογόνων καυσίμων σε παράκτιες περιοχές. Ένα παράδειγμα αποτελεί η νομοθεσία της πολιτείας της Καλιφόρνιας, η οποία ξεκίνησε να περιορίζει τους ρύπους των εμπορικών πλοίων από το 2009 εντός 24 ναυτικών μιλίων από την ακτογραμμή της. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές ECA η Καλιφόρνια απαγορεύει την χρήση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων για να επιτευχθούν οι στόχοι χαμηλών ρύπων.

1.1.2 Κανονισμοί για τον περιορισμό οξειδίων του αζώτου NOx

Οι πρώτοι κανονισμοί για τον περιορισμό οξειδίων του αζώτου τέθηκαν σε λειτουργία σε μηχανές που παρασκευαστήκαν μετά το έτος 2000 (Tier I). Τα πρότυπα Tier II εφαρμόζονται σε μηχανές μετά το 2011 και παρουσιάζουν μείωση ρύπων NOx κατά 20%. Η μείωση επιτυγχάνεται με την βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανάφλεξης. Οι κατασκευαστές εξετάζουν παραμέτρους που περιλαμβάνουν τον χρονισμό ψεκασμού πετρελαίου, την περιοχή ροής ακροφυσίου, τον χρονισμό βαλβίδας καυσαερίων και τον όγκο συμπίεσης κυλίνδρου. Τα πρότυπα Tier III θα ισχύουν για πλοία που κατασκευαστήκαν μετά το 2016 και σκοπεύουν να μειώσουν τα επίπεδα οξειδίων του αζώτου κατά 80% σε σύγκριση με τα πρότυπα Tier I όπως φαίνεται στην εικόνα A3.



A3: Περιορισμοί ρύπων οξειδίων του αζώτου NOx MARPOL Annex VI

1.1.3 Ρύποι που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η ναυτιλία δεν συμπεριλαμβάνεται στις διαβουλεύσεις των Ηνωμένων Εθνών για τη μείωση των ρύπων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά λειτουργεί ως ξεχωριστή οντότητα υπό την εποπτεία του IMO. Το κεφάλαιο 4 της MARPOL Annex VI εισάγει δύο νέους μηχανισμούς με σκοπό να θέσει πρότυπα για την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων. (A) Τον δείκτη σχεδιασμού ενεργειακής αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index- EEDI) για νέα πλοία και (B) το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan – SEEMP) που ισχύει για όλα τα πλοία. Οι παραπάνω κανονισμοί ισχύουν για τα πλοία που έχουν ολική χωρητικότητα άνω των 400 τόνων και βρίσκονται σε λειτουργία από την 1η Ιανουαρίου του 2013.

Κεφάλαιο 2^ο

Υβριδικά Καύσιμα

2.1 Εισαγωγή στα υβριδικά καύσιμα

Τα υβριδικά καύσιμα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως η πιο εφικτή επιλογή εναλλακτικού καύσιμου καθώς οι υπόλοιπες επιλογές (LNG και βιοκαύσιμα) υστερούν στη βιωσιμότητά τους αλλά και σε λογιστικούς και τεχνολογικούς παράγοντες. Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν πολλές ώριμες επιλογές για την ολική αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων και συνεπώς αναγκαστικά η πλειονότητα των πλοίων αναπόφευκτα οδηγείται στην χρήση αποσταγμάτων πετρελαίου όπως το MGO-Marine Gas Oil και το MDO-Marine Diesel Oil. Χαρακτηριστικό άλλωστε είναι ότι πολλοί πλοιοκτήτες για να συμμορφωθούν στους κανονισμούς ECA-SOx αλλά και για να μειωθεί το λειτουργικό ρίσκο από τη χρήση αποσταγμάτων πετρελαίου σε μηχανές που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα καταφεύγουν στη χρήση υβριδικών καυσίμων.

2.2 Χαρακτηριστικά

Αρκετοί προμηθευτές καυσίμων ανακοίνωσαν υβριδικά καύσιμα τα όποια περιέχουν μέγιστο όριο 0,10% m/m θείου. Ο παρακάτω πίνακας αναλύει τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων καυσίμων.

Characteristics	Unit	Limit	SK ULSFO BP 0.1							
			HDME 50 (EXXONMOBIL)	Fuel Oil (Chemoil)	DMB (Chemoil)	Fuel Oil (Chemoil)2	ULSFO (Shell)	(SK Energy)	RMD (BP)	Eco Marine Fuel (Lukoil)
Kinematic viscosity at 50 °C	mm ² /s	min/max	25 to 45	16.84	10.5	26.3	10-60	30*40	6-13	65
Density at 15 °C	kg/m ³	max	895 to 915	0.8589	0.885	0.896	790-910	0.928	850-890	0.91
Cetane index	—	min			40					
CCAI	—		795 to 810			795	800	790*800	760-820	860
Sulphur	mass %	max	0.1	0.084	0.085	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.095
Flash point	°C	min	70	>60	70	>60	>60	70	60	60
Hydrogen sulfide	mg/kg	max	1		0.1		<2		2	2
Acid number	mg KOH/g	max	0.1		0.1	2.35	<0.5		2.5	2.5
Total sediment existent	mass %	max	0.01	0.01	0.05	0	0.01-0.05	0.02	—	
Total sediment aged	mass %	max	0.01	0.01		0.01	0.01-0.05	0.02	0.07	0.1
Oxidation stability	g/m ³	max	0.01							
Carbon residue: micro method	mass %	max	0.3	<0.10	0.1	3.8	2	6	4	14
Cloud point	°C	max	—							
Pour point (upper)	W	°C	9 to 15	-20	-4	-6	18	20*25	+27	20
		S °C	9 to 15							
Appearance	—	—	brown/ green - opaque	Not Clear and bright	Not Clear and bright	Not Clear and bright		Black	—	
Water	volume %	max	0.05		0.05		0.05	0.2	0.3	0.1
Ash	mass %	max	0.01	0.003	0.005	0.06	0.01	0.05	0.04	0.07
Lubricity, (wsd 1,4) at 60 °C	µm	max	320		310					
Vanadium	mg/kg	max	1			<1	2	0.7	50	2
Sodium	mg/kg	max	1	4		1	10	2	50	2
Al & Si	mg/kg	max	3	<3		<10	12-20	10*20	25	17
Calcium	mg/kg	max	1	13		175	free of ULO	5		free of ULO
Phosphorus				7		<1	free of ULO			free of ULO
Zinc	mg/kg	max	1	2		<1	free of ULO	1		free of ULO
Calc. Gross Specific Energy	mg/kg								45.2	

(Λεζάντα: Το κινηματικό ιξώδες οριοθετείται στους 50°C για την πλειοψηφία των υβριδικών καυσίμων. Πηγή: Loyds Register Marine)

2.3 Διαχείριση και αποθήκευση

Τα καύσιμα αυτά είναι προϊόντα ανάμιξης και έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τα προϊόντα αποστάγματος. Διατηρούν την καθαριστική ιδιότητα των αποσταγμάτων, μετατοπίζοντας έτσι τα υπολείμματα που έχουν συσσωρευτεί στις σωληνώσεις και στις δεξαμενές, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στο βούλωμα των φίλτρων και σε άλλα τεχνικά ζητήματα (ζημιές στο σύστημα τροφοδότησης, μπεκ). Γι' αυτό το λόγο πριν την αποθήκευση αυτών των καυσίμων συνιστάται ο καθαρισμός της δεξαμενής από τα υπολείμματα των καυσίμων τα οποία συνήθως συσσωρεύονται στον πυθμένα της δεξαμενής.

Αν και όπως είπαμε έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα προϊόντα αποστάγματος, η σύσταση όμως της πλειονότητας των υβριδικών καυσίμων είναι παραφινική, πράγμα το οποίο διαπιστώνεται και από το σημείο ροής τους (δηλαδή τη χαμηλότερη θερμοκρασία ροής του καυσίμου). Για τον παραπάνω λόγο η αποθήκευσή τους πρέπει να γίνεται σε θερμαινόμενες δεξαμενές. Γενικά δε πρέπει να αποθηκεύονται σε δεξαμενές που υπόκεινται σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες (όπως οι πλευρικές δεξαμενές, ακόμα και εάν αυτές θερμαίνονται) .

Επιπλέον αυτά τα καύσιμα πρέπει να περάσουν από το σύστημα καθαρισμού (Purifier) λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητά τους (για την σωστή επιλογή δίσκων βαρύτητας – gravity disks) και το ιξώδες τους, με στόχο να επιτευχτεί βέλτιστη προθέρμανση του καυσίμου. Για την σωστή λειτουργία των purifier, οφείλουμε να συμβουλευτούμε τις οδηγίες του κατασκευαστή, πριν την αλλαγή σε υβριδικά καύσιμα.

2.4 Κινηματικό ιξώδες και λιπαντικά χαρακτηριστικά

Οι δυο αυτές κατηγορίες αποτελούν τις σημαντικότερες προκλήσεις των υβριδικών καυσίμων. Κατά τη διάρκεια της αλλαγής από συμβατικό καύσιμο σε απόσταγμα, το ιξώδες πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά (μαζί με την θερμοκρασία του καυσίμου για την αποφυγή του θερμικού σοκ) με στόχο τη διατήρηση της υδροδυναμικής μεμβράνης λίπανσης που βρίσκεται ανάμεσα στα κινητά μέρη της αντλίας πετρελαίου και του συστήματος έγχυσης καυσίμου (injector).

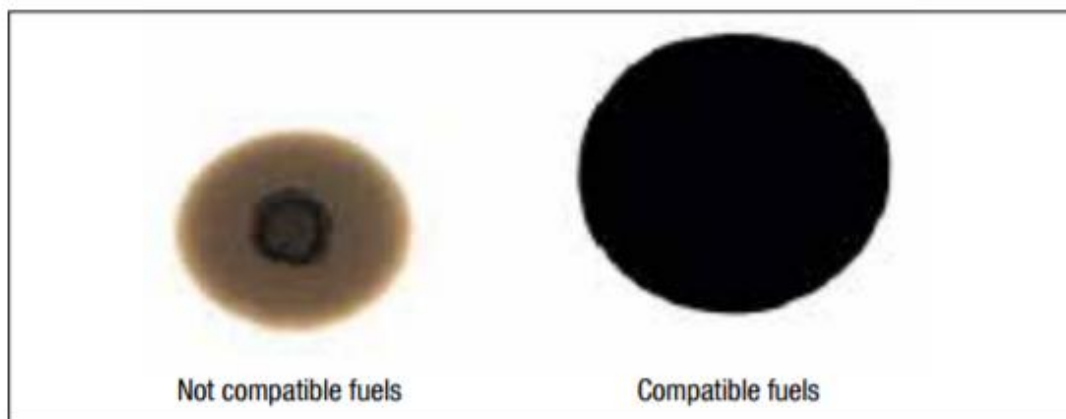
Τα νέα τύπου υβριδικά καύσιμα έχουν αρκετά καλές λιπαντικές ιδιότητες και συγκριτικά υψηλό ιξώδες. Για αυτό το λόγο, σε φυσιολογική θερμοκρασία μηχανοστασίου, μπορούν να διατηρήσουν την μεμβράνη λίπανσής τους, περιορίζοντας έτσι την ανάγκη για ύπαρξη

coolers/chillers. Βέβαια το υψηλό ιξώδες προϋποθέτει τη θέρμανση του καυσίμου, πράγμα το οποίο συμβαίνει και στα συμβατικά καύσιμα, με στόχο το ιξώδες να συμβαδίζει με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Τέλος, για να μην δημιουργηθούν προβλήματα στην καύση, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην τιμή του ιξώδους, διότι αυτό διαφέρει συγκριτικά από τον ένα προμηθευτή στον άλλον.

2.5 Συμβατότητα και Σταθερότητα.

Όταν αναφερόμαστε στην ανάμιξη των υβριδικών με άλλα είδη καυσίμου πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την συμβατότητα και την σταθερότά τους. Βασική προϋπόθεση είναι οι δεξαμενές να είναι όσο το δυνατό πιο άδειες και πριν γίνει οποιαδήποτε προσπάθεια ανάμιξης καυσίμου και να υλοποιηθεί ένα τεστ συμβατότητας.

Εξαιτίας της παραφινικής τους φύσης, παρουσιάζεται ιδιαίτερος κίνδυνος ασυμβατότητας συμβατικών και υβριδικών καυσίμων. Με την προϋπόθεση ότι το ποσοστό αναλογίας των προς ανάμιξη καυσίμων είναι χαμηλό, είναι πολύ πιθανόν να μην παρουσιαστούν σοβαρά προβλήματα. Σύμφωνα με τη συνήθη διαδικασία, το καύσιμο θα περάσει από το σύστημα καθαρισμού αφού πρώτα περάσει από τη δεξαμενή κατακαθίσεως (settling tank). Αν όμως προηγουμένως έχει χρησιμοποιηθεί μαζούτ, η αλλαγή σε υβριδικό καύσιμο προϋποθέτει να γίνεται προσεκτικά, με διαρκή έλεγχο και να πραγματοποιηθεί σε περιοχή χαμηλού κινδύνου.



Τεστ συμβατότητας δύο καυσίμων πηγή: Guidelines for operation on fuels with less than 0.10% Sulphur

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός, ότι τα υβριδικά καύσιμα παρουσιάζουν χαμηλές τιμές υπολειμμάτων (sediments) και αντοχής στη οξείδωση (oxidation stability). Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου και με την παρατεταμένη θέρμανση, μένει να επιβεβαιωθεί αν θα υπάρξει αλλοίωση του καυσίμου.

2.6 Διαδικασία αλλαγής καυσίμου

Τα υβριδικά καύσιμα έχουν να αντιμετωπίσουν δύο σημαντικές προκλήσεις. Η πρώτη αφορά την μετάβαση από τα συμβατικά καύσιμα στα προϊόντα απόσταξης και η δεύτερη τη συνεχή λειτουργία των κινητήρων.

Τα υβριδικά καύσιμα, εξαιτίας του υψηλού ιξώδους τους, μπορούν να αντέξουν, κατά τη διάρκεια της μετάβασής τους, στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μέσα στο σύστημα του καυσίμου, χωρίς να πέσουν κάτω από το ελάχιστο όριο του ιξώδους. Πρέπει ωστόσο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτές τις διαδικασίες, διότι αν οι θερμοκρασίες και το αντίστοιχο ιξώδες δεν ελεγχθούν σωστά, είναι πολύ πιθανόν να διακοπεί η λειτουργία της αντλίας και δυνητικά να υπάρξει απώλεια ενέργειας. Το παραπάνω είναι ένα αρκετά συχνό πρόβλημα που συναντάμε κατά τη διάρκεια της μετάβασης σε προϊόντα απόσταξης.

Επιπρόσθετα, ανάλογα με το υβριδικό καύσιμο που χρησιμοποιεί το εκάστοτε πλοίο, θα πρέπει το πλήρωμα να είναι ιδιαίτερα προσεκτικό στην αλλαγή της θερμοκρασίας για να αποφευχθεί οποιοσδήποτε κίνδυνος για θερμικό σοκ, ειδικά όταν ανεβαίνει το ποσοστό των προϊόντων του θείου πάνω από 0.10% . Δεν πρέπει η αλλαγή της θερμοκρασίας να υπερβαίνει τους 2 °C καθώς τυχόν απότομες και ξαφνικές αλλαγές μπορεί να οδηγήσουν στην υπερθέρμανση των αντλιών καυσίμου και/ή των εγχυτήρων (injectors) και να τους κάνει να κολλήσουν.

Τέλος, επειδή αυτά τα καύσιμα θεωρούνται αξιόπιστα και έχουν καθαριστικές ιδιότητες (όπως ακριβώς και τα κανονικά καύσιμα αποστάγματος) , τείνουν να μεταφέρουν οποιαδήποτε λάσπη και απολύματα που έχουν συσσωρευτεί στις δεξαμενές του συστήματος του καυσίμου και στους αγωγούς, οδηγώντας σε υψηλότερα επίπεδα απόθεσης της λάσπης στα αρχικά στάδια της μετάβασης. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να δοθεί προσοχή στην λειτουργία των φίλτρων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της μετάβασης.

2.7 Διαθεσιμότητα

Η διαθεσιμότητα αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα επιλογής καυσίμου για την πρόωση των πλοίων. Για το λόγο αυτό το καύσιμο θα πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλους τους λιμένες που λειτουργεί το πλοίο. Επίσης, το πλοίο θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει τις κατάλληλες ποσότητες καυσίμου για να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς ECA καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, έτσι ώστε να μην απαιτείται δεύτερο είδος καυσίμου αποφεύγοντας τυχόν ζητήματα ασυμβατότητας. Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τη διαθεσιμότητα υβριδικών καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Supplier	Product	Availability
LUKOIL Oil Company	Eco Marine Fuels (EMF)	Russia
BP	0.1 RMD	
Shell	ULSFO 0.1	Available in ARA, Rotterdam, Antwerp, Montreal and US Gulf Coast, New York Harbour and Singapore
ExxonMobil	HDME 50	ARA, USA
CEPSA	DMB 0.1	Tenerife, Las Palmas, Barcelona, Algeciras, Huelva, Gibraltar, Ceuta,
SK Energy	0.1 ULSFO	
Chemoil	0.10% S FO (RMG380 compliant)	New York/Savannah
Chemoil	0.10% S FO (RMD80 compliant)	Mexico/Houston
Chemoil	0.10% S DMB (DMB compliant)	Los Angeles/Long Beach

2.8 Γενικές οδηγίες για την χρήση υβριδικών καυσίμων

Αρκετοί προμηθευτές καυσίμων έχουν ανακοινώσει τη διαθεσιμότητα των υβριδικών τύπων καυσίμων για την κάλυψη του ορίου 0,10% σε θείο. Μέχρι στιγμής, έχουν υπάρξει πολλές ερωτήσεις και λίγες απαντήσεις σχετικά με τις επιδόσεις και την τιμή των νέων καυσίμων, πέρα από τα στοιχεία και τις πληροφορίες που κυκλοφόρησαν από τις ίδιες τις εταιρείες. Τα καύσιμα αυτά σήμερα δοκιμάζονται από μια σειρά από ναυτιλιακές εταιρείες. Οι εκθέσεις σχετικά με τις επιδόσεις τους απέβησαν άκαρπες, αλλά δεν υπήρξαν οποιεσδήποτε αναφορές των τεχνικών προβλημάτων που αφορούν την απόδοση και είναι γενικά παραδεκτό ότι τα υβριδικά καύσιμα των πλοίων έχουν μεγάλες δυνατότητες, φθηνότερη και πιο φιλική στους κινητήρες εναλλακτική λύση από τα άλλα αποστάγματα.

Στο πλαίσιο αυτό, οι παρακάτω είναι κάποιες γενικές κατευθυντήριες γραμμές, αν κάποιο πλοίο αποφασίσει να χρησιμοποιήσει υβριδικά καύσιμα:

-Στην πρώτη περίπτωση, πρέπει ζητούν τις απόψεις από τους κατασκευαστές των μηχανών και των βοηθητικών λεβήτων τους οποίους θα χρησιμοποιηθούν τα καύσιμα.

-Επιπλέον, πρέπει να ζητήσουν συμβουλές από τους προμηθευτές : των λιπαντικών που χρησιμοποιούνται στα μηχανήματα, το σύστημα επεξεργασίας λαδιού του καυσίμου (διαχωριστές / φίλτρα) και τα εξαρτήματα του συστήματος υδροσυλλεκτών (διαχωριστές ελαιώδη νερού και μόνιτορ εκκένωσης λαδιού).

-Τα υβριδικά καύσιμα των πλοίων δεν αντιδρούν με οποιοδήποτε από τα μέταλλα / κράματα / seals που συνήθως βρίσκονται στα συστήματα πετρελαίου ή στο χώρο καύσης.

-Δεν υπάρχει κάτι που να υποδεικνύει ότι τα υβριδικά καύσιμα των πλοίων δεν θα έχουν τα συνήθη χαρακτηριστικά θερμοκρασίας / στερεοποίησης. Σημείωση: Η ελάχιστη θερμοκρασία (10°C πάνω από το δοκιμαζόμενο σημείο ροής) πρέπει να διατηρηθεί όχι μόνο κατά την αποθήκευση, αλλά και σε ολόκληρο το σύστημα διακίνησης του καυσίμου, συμπεριλαμβανομένων και των συνδέσεων με τους αισθητήρες πίεσης, των οργάνων και των γραμμών αποστράγγισης.

Οι διαθέσιμες μέχρι σήμερα πληροφορίες δεν αναφέρουν αν τα καύσιμα, όταν βρίσκονται σε μια ρευστή κατάσταση, μπορεί να περιέχουν αιωρούμενα στερεά κηρώδη συστατικά που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα σε φίλτρα ή άλλα μικρά κενά στην καθαρισμό. Τα στοιχεία που δίνονται για τα υβριδικά καύσιμα των πλοίων είναι οι τυπικές τιμές, δεν είναι οι τιμές των προδιαγραφών τους .

Κεφάλαιο 3^ο

Βιοκαύσιμα

3.1 Εισαγωγή στα βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια σημαντική επιλογή για την επίτευξη χαμηλότερων ποσοστών άνθρακα στην ναυτιλία, καθώς είναι πιθανόν να μειώσουν τη επίδραση των εκπομπών του πλοίου στην ποιότητα του αέρα. Γι αυτό το λόγο, η EMSA- (European Maritime safety Agency) (Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια στην Θάλασσα) αξιολογεί ότι τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν σαφέστατα να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό καύσιμο στην ναυτιλία. Για να προσδιορίσουμε τις προοπτικές των καυσίμων αυτών για τα πλοία, θα προσπαθήσουμε να αποσαφηνίσουμε την εικόνα των τεχνικών χαρακτηριστικών και των οργανωτικών περιορισμών των βιοκαυσίμων τόσο στο ίδιο το πλοίο, όσο και στην αλυσίδα εφοδιασμού προς το πλοίο. Η οικονομική ανάλυση και η βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων θα πρέπει να συμπεριληφθούν σε αυτή την εικόνα, καθώς επίσης και μια μικρή επισκόπηση των παρόντων αλλά και των πιθανών πολιτικών για την τόνωση της χρήσης βιοκαυσίμων στην ναυτιλία.

Υψίστης σημασίας αποτελούν για τα βιοκαύσιμα τα εξής : Πρώτον, είναι παγκοσμίως διαθέσιμα (όλοι οι μεγάλοι λιμένες ή σταθμοί καυσίμων στην Ευρώπη διαθέτουν εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων) δεύτερον, μπορούν να δημιουργηθούν από άφθονους τύπους βιομάζας και τρίτον, μπορούν να βελτιστοποιηθούν για να ταιριάζουν με τους υφιστάμενους δίαυλους διανομής και η χρήση τους είναι εφικτή σε όλα τα μέσα μεταφοράς. Επιπλέον, σύμφωνα με τη οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργεια RED-(Renewable Energy Directive), υπάρχει υποχρέωση να χρησιμοποιούνται τα βιοκαύσιμα σε όλες τις οδικές μεταφορές και αυτή η υποχρέωση είναι πολύ πιθανόν να επιτευχθεί και στον τομέα θαλάσσιων μεταφορών.

Μπορούμε να συναντήσουμε πολλά είδη βιοκαυσίμων. Αρχικά, το βιοντίζελ, το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει το MGO-Marine Gas Oil και MDO-Marine Diesel Oil, χρησιμοποιείται σε κινητήρες χαμηλής έως μέσης ταχύτητας (Ρυμουλκά , μεταφορείς μικρών αποστάσεων). Στη συνέχεια, το DME-Di-methyl Ether (Διμεθυλαιθέρας) μπορεί και αυτό να αντικαταστήσει το MDO-MGO και να χρησιμοποιηθεί σε όλων των ειδών των κινητήρων. Το SVO-Straight Vegetable Oil, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην θέση του μαζούτ (HFO Heavy fuel oil) σε κινητήρες χαμηλής ταχύτητας. Ένα άλλο βιοκαύσιμο είναι το Bio-LNG ή αλλιώς βιομεθάνιο, το οποίο είναι συμβατό με κινητήρες LNG. Επιπροσθέτως, υπάρχει και βιοαιθανόλη, η οποία χρησιμοποιείται σε κύριες ή βοηθητικές μηχανές υψηλής ταχύτητας. Τέλος, σε αυτά

εντάσσεται και η μέθοδος πυρόλυσης. Εμείς στον παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με το βιοντίζελ και το DME, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στη μεθανόλη.

Γενικά, τα βιοκαύσιμα έχουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τα συμβατικά καύσιμα των πλοίων καθώς και διαφορετική πυκνότητα ανά τύπο βιοκαυσίμου. Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο όρο απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα βιοκαυσίμων για τη κάλυψη του ίδιου τελικού ενεργειακού περιεχομένου σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιεί η εμπορική ναυτιλία.

3.2 Βιοντίζελ-FAME

Το βιοντίζελ ή αλλιώς μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων (δηλαδή: FAME-Fatty Acid Methyl Ester) παράγεται από φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, φύκια, διάφορες ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά και από ποικιλία ανακυκλώσιμων ελαίων. Το βιοντίζελ εντάσσεται στην ευρεία κατηγορία των ανανεώσιμων καυσίμων και αποτελεί το πιο διαδεδομένο βιοκαύσιμο. Συνήθως χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε ντιζελοκίνητες και αυτό γιατί έχει παραπλήσια χημική σύσταση με το ορυκτό ντίζελ, δηλαδή το πετρέλαιο κίνησης που προέρχεται από την διύλιση του αργού πετρελαίου. Θεωρείται το καθαρότερο καύσιμο μετά το αέριο, λόγω των μειωμένων ρύπων που εκλύονται κατά την καύση του. Η διαλυτική του ιδιότητα έχει ως συνέπεια τη μείωση των κατάλοιπων καύσης και των επικαθίσεων στον κινητήρα. Επομένως, ένα χαμηλό ποσοστό μείγματος συμβάλει στη καλή λειτουργία των κινητήρων και στην αυξανόμενη απόδοσή τους. Συνοπτικά, δρα ως βελτιωτικό καύσης.

Για τις ναυτιλιακές εγκαταστάσεις από τεχνικής πλευράς το μείγμα του βιοντίζελ (μέχρι 20%) μπορεί να χαρακτηριστεί ως το πιο ελπιδοφόρο εναλλακτικό καύσιμο βιολογικής προέλευσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες ντίζελ των πλοίων και να αναμειχτεί με καύσιμα απόσταξης. Σύμφωνα με τον IMO, τα μείγματα βιοντίζελ έως 20% μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς καμία αλλαγή στο σύστημα καύσης των μηχανών. Πλέον πολλοί κατασκευαστές ναυτιλιακών κινητήρων έχουν πιστοποιήσει τους κινητήρες τους για να λειτουργούν με βιοντίζελ ή με μείγμα βιοντίζελ και αποσταγμάτων πετρελαίου (MGO, MDO). Από την άλλη, για ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις σημαντική είναι η συμβουλή του κατασκευαστή για την ποσοστό βιοντίζελ που μπορούν να κάψουν οι κινητήρες.

Όσον αφορά την ποιότητά του, το βιοντίζελ, ενδέχεται σε κάποιες περιπτώσεις, να εμφανίσει ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία οφείλονται στην μεγάλη υγροσκοπική και οξειδωτική του συμπεριφορά. Αλλά και πάλι, η ανάπτυξη βακτηρίων ή η δημιουργία συσσωματιδίων κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης που μπορεί να

συμβεί κάτω από ειδικές συνθήκες, είναι αντιμετώπισιμη. Επιπλέον, έναντι των υπολοίπων αποσταγμάτων, το βιοντίζελ βρίσκεται σε μειονεκτική θέση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τέλος, τα υπολείμματα του μεθυλεστέρα των λιπαρών οξέων (FAME) μπορεί να προσκολληθούν σε εκτεθειμένες επιφάνειες, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και τα φίλτρα.

Επιπλέον, το βιοντίζελ μπορεί να καταστρέφεται με το πέρασμα του χρόνου και να σχηματίζει ρύπους με τη μορφή υπεροξειδίων, οξέων και άλλων αδιάλυτων σωματιδίων. Εάν το βιοντίζελ αποθηκεύεται για περισσότερο από δύο μήνες, πρέπει να παρακολουθείται και να ελέγχεται τακτικά ώστε να διαπιστώνεται ότι παραμένει εντός των προδιαγραφών. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα με το FAME είναι η βιωσιμότητα, επειδή η παραγωγή του FAME βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή φοινικέλαιου, η οποία συχνά έρχεται σε σύγκρουση με τη διατήρηση δασικών εκτάσεων.

Το σημείο ανάφλεξης αποτελεί σημαντικό δείκτη ασφαλείας κατά την αποθήκευση, τη μεταφορά και τη καύση του καυσίμου. Το ναυτιλιακό καύσιμο, το οποίο έχει σημείο ανάφλεξης κάτω των 60 ° C, δεν επιτρέπεται να αποθηκεύεται κάτω από το κατάστρωμα, σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (ή αλλιώς SOLAS-Safety Of Life At Sea). Το σημείο ανάφλεξης των ναυτιλιακών καυσίμων, αναμεμιγμένο με τουλάχιστον 5% κατ'όγκο βιοντίζελ, θα μπορούσε να φθάσει τους 63 βαθμούς κελσίου ή και παραπάνω, γεγονός που όχι μόνο συμβαδίζει με τη σύμβαση SOLAS του IMO, αλλά επίσης μειώνει τα προβλήματα, όπως ο κίνδυνος πυρκαγιάς που μπορεί να προκληθεί από το κατώτερο σημείο ανάφλεξης του καυσίμου. Συνεπώς, το βιοντίζελ είναι ασφαλέστερο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας και της αποθήκευσης.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή για την τυποποίηση (ECS-European Committee for Standardization) δημοσίευσε τις παρακάτω προδιαγραφές για το FAME, το πιο γνωστό είδος βιοντίζελ EN14214.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Κατώτατο Όριο	Ανώτατο Όριο
Περιεχόμενο εστέρος	% m/m	96.5	-
Πυκνότητα στους 15 °C	kg/m ³	860	900
Ιξώδες στους 40 °C	mm ² /s	3.5	5.0
Σημείο ανάφλεξης	°C	> 101	-
Περιεκτικότητα σε θείο	mg/kg	-	10
Αριθμός κετανίων	-	51,0	-
Περιεκτικότητα σε νερό	mg/kg	-	500
Περιεκτικότητα σε φωσφόρο	mg/kg	-	4

Στο τέλος θα μπορούσαμε να προσθέσουμε ότι χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η απόφαση του Αμερικανικού πολεμικού ναυτικού για την ένταξη του βιοντίζελ στο στόλο τους. Το πολεμικό πλοίο USS William P. Lawrence χρησιμοποιεί για την πρόωσή του μείγμα βιοντίζελ. Στρατηγικά άλλωστε η χρήση βιοντίζελ είναι προτιμότερη, διότι η παραγωγή του γίνεται εγχώρια και σε περίπτωση αδυναμίας εφοδιασμού πετρελαίου, εξαιτίας μίας κατάστασης κρίσεως-πολέμου, μπορεί να φανεί ιδιαίτερα επωφελής. Για το παραπάνω λόγο, η χρήση βιοντίζελ στα πλοία του αμερικανικού στόλου αποτελεί παραπάνω συμβολική κίνηση παρά κίνηση ουσιαστικά αναγκαία



3.3 DME- Διμεθυλαιθέρας

Ο Διμεθυλαιθέρας (DME-Dimethyl Ether) αποτελεί ένα υψηλής πυκνότητας υγρό καύσιμο το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει το πετρέλαιο ντίζελ, στην παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στα χερσαία μέσα μεταφοράς, αλλά και στην ναυτιλία. Όταν καίγεται στον αέρα παράγει (σχετικά) ελάχιστες ποσότητες οξειδίων του αζώτου (NO_x) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO), αν και η παραγωγή αιθάλης και υδρογονανθράκων είναι σημαντική. Γενικά, συμπεριφέρεται ως ένα σχετικά «καθαρό» καύσιμο, όταν καίγεται σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η εταιρία MAN Diesel & Turbine έχει αναπτύξει κινητήρες (ME-LGI-Liquid Gas Injection) με δυνατότητα καύσης DME οι οποίοι είναι συμβατοί με τα πρότυπα Tier III του IMO. Σε αντίθεση με το CNG (Compressed Natural Gas) και το LNG (Liquid Natural Gas) το DME μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κινητήρες συμπίεσης, σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα και σε κινητήρες ντίζελ.

Το DME δεν είναι καρκινογόνο, διαλύεται γρήγορα στην ατμόσφαιρα και δεν συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε περίπτωση διαρροής, δεν μολύνει το νερό καθώς δεν βυθίζεται στο πυθμένα της θάλασσας. Σε συνθήκες περιβάλλοντος έχει αέρια μορφή, προϋποθέτει πίεση 5 bar για παραμείνει σε υγρή μορφή και δεν απαιτεί κρυογονική αποθήκευση. Ο διμεθυλαιθέρας συμπεριφέρεται παρόμοια με το προπάνιο, συνεπώς έχει τις ίδιες απαιτήσεις χειρισμού και αποθήκευσης με το LNG. Αποθηκεύεται και μεταφέρεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε δεξαμενές παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία του προπανίου. Γι αυτό το λόγο, δεν χρειάζεται να δημιουργηθούν καινούριες υποδομές για την αποθήκευση και τη μεταφορά του. Σημαντικό, επίσης είναι και το γεγονός ότι η τιμή του DME έναντι του ντίζελ είναι αρκετά χαμηλότερη στην πλειονότητα των παγκοσμίων αγορών.

Ο παρακάτω πίνακας αναλύει τα χαρακτηριστικά του καύσιμου DME:

Χαρακτηριστικά	Μονάδες Μέτρησης	Τιμές
Πυκνότητα σε υγρή μορφή	kg/m ³	660
Σημείο βρασμού	°C σε 1 bar	-24.9
Κινηματικό ιξώδες	cSt σε 20°C	0.19-0.25
Αριθμός Κετανίων	-	55
Θερμοκρασία αυτανάφλεξης	°C	350
Στοιχειομετρική αναλογία	Αέρας/Καύσιμο	9
Σημείο ανάφλεξης	°C	-41

Πηγή: MAN B&W ME-LGI Series

Κεφάλαιο 4^ο

Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο-LNG

4.1 Εισαγωγή στο LNG

Κατά πολλούς το LNG λογίζεται ως το καύσιμο του μέλλοντος μιας και συνεχώς γίνεται λόγος ότι θα αποτελέσει το πιο δημοφιλές καύσιμο της ναυτιλίας. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια, σύμφωνα με μελέτες, το LNG ελαχιστοποιεί τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx) κατά 90%, ενώ εκμηδενίζει τις εκπομπές του οξειδίου του θείου (SOx) και των μικροσωματιδίων. Επίσης, οι κινητήρες που λειτουργούν με LNG σε σύγκριση με τους κινητήρες των πλοίων που χρησιμοποιούν μαζούτ ή ντίζελ έχουν μειωμένες εκπομπές CO₂ κατά 25-30%.

Αν αναλογιστούμε την σημερινή αξία του LNG στην αγορά στις αναπτυγμένες περιοχές των ΗΠΑ και της Ευρώπης, θα διαπιστώσουμε ότι προσφέρεται σε ανταγωνιστικές τιμές σε σύγκριση με το μαζούτ (HFO) και ακόμα πιο ανταγωνιστικές σε σύγκριση με το LSHFO (low sulphur heavy fuel oil). Σημαντικό είναι επίσης να τονίσουμε ότι σχεδόν όλες οι μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες έχουν στην κατοχή τους εμπορικά πλοία που κινούνται με LNG, ενώ άλλες προετοιμάζονται για το ίδιο.

Μέσα από μία διαδικασία ψύξης του φυσικού αερίου δημιουργείται το LNG, συνεπώς η διαθεσιμότητα αυτού του καυσίμου εξαρτάται αποκλειστικά από τα αποθέματα φυσικού αερίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα αποθέματα αυτά, όπως θα διατυπώσουμε και εν συνεχεία, κρίνονται επαρκή, καθώς αν τα συγκρίνουμε με αυτά του πετρελαίου είναι σαφώς περισσότερα, μιας και παρουσιάζουν με τα χρόνια, αυξανόμενη γεωγραφική εξάπλωση οι εξορύξεις φυσικού αερίου.

4.2 Πλεονεκτήματα LNG

- Φιλικότερο προς το περιβάλλον:

Σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα, το LNG έχει μία σειρά πλεονεκτημάτων, όπως μειωμένους ρύπους SO_x, NO_x, PM (particular matter- μικροσωματίδια) και CO₂ που προέρχονται από τις εξατμίσεις των κινητήρων. Ενδεικτικά, σε ποσοστό επι τις εκατό, οι μειώσεις αυτές κυμαίνονται σε : 95% για το SO_x, σχεδόν 100% στον αριθμό των μικροσωματιδίων, 25% για το CO₂ και τέλος 90% για το NO_x. Για την διατήρηση των μειωμένων εκπομπών CO₂ απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η αποφυγή οποιασδήποτε ενδεχόμενης διαρροής μεθανίου κατά τη διάρκεια αποθήκευσης ή χρήσης του LNG.

- Νομοθεσία

Εξαιτίας των παραπάνω περιβαλλοντολογικών πλεονεκτημάτων, τα πλοία που χρησιμοποιούν το LNG , συμμορφώνονται στις απαιτήσεις που ορίζει η MARPOL Annex VI για τις διεθνείς μεταφορές, καθώς και για την λειτουργία των πλοίων στις περιοχές ECA, μιας και οι εκπομπές θείου είναι πολύ χαμηλότερες από αυτές που επιβάλλει η νομοθεσία. Επιπροσθέτως το LNG έχει μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου (Nox), συμβαδίζοντας πάλι με τα επίπεδα που ορίζει η MARPOL Annex VI, χωρίς να χρειάζεται κατεργασία των καυσαερίων. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο ταυτίζεται με τις διατάξεις της οδηγίας που αφορούν το θείο και παράλληλα ευνοείται η ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2014/94.

- Διαθεσιμότητα

Σε γενικές γραμμές, οι πηγές φυσικού αερίου είναι πολλές και τα αποθέματα σε παγκόσμιο επίπεδο είναι επαρκή για να τροφοδοτήσουν την αγορά LNG για αρκετές δεκαετίες. Την παρούσα περίοδο, οι βασικοί εξαγωγείς του LNG είναι : το Κατάρ, η Νιγηρία, η Μαλαισία, η Αυστραλία και η Ινδονησία. Με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η διαθεσιμότητα του LNG στις αγορές λόγω της εξόρυξης όλο και περισσότερων πηγών φυσικού αερίου. Το κατά πόσο θα είναι διαθέσιμο το LNG εξαρτάται και από τις υποδομές παραγωγής του αλλά και από τις μεθόδους μεταφοράς του. Αυτό αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι οι μονάδες υγροποίησης του LNG, τα πλοία που μεταφέρουν LNG και οι σταθμοί ανεφοδιασμού είναι έτοιμα να αντιμετωπίζουν την

επερχόμενη ζήτηση από τη ναυτιλία για να εδραιωθεί το LNG ως εναλλακτικό καύσιμο. Χαρακτηριστική άλλωστε είναι και η υπερπληρότητα των πλοίων που μεταφέρουν LNG παγκοσμίως.

- Κόστος

Η τιμή του LNG αναμένεται να είναι χαμηλότερη από αυτή του MGO (Marine Gas Oil), του οποίου η χρήση είναι απαραίτητη στις περιοχές ECA, αν δεν ληφθούν περαιτέρω μέτρα για τη μείωση των εκπομπών οξειδίου του αζώτου. Το κόστος του LNG στην Ευρώπη και στην Αμερική υποδεικνύει ότι η τιμή του, με βάση το ενεργειακό του περιεχόμενο θα μπορούσε να είναι χαμηλότερη από αυτή του μαζούτ (HFO), ακόμα και αν ληφθεί υπόψιν η συγκριτικά μικρής κλίμακας διανομή του LNG.

- Τεχνολογία

Όλες οι τεχνολογίες που αφορούν την υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο έχουν σημειώσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία. Άλλωστε έχουν λάβει χώρα πολλές έρευνες που αφορούν την προώθηση νέων μηχανών εσωτερικής καύσης και τη μείωση της διαρροής μεθανίου (methane slip) που έχει πολύ επιβλαβές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

- Μεταφορά

Η κύρια μέθοδος μεταφοράς του LNG σε υγρή μορφή πραγματοποιείται μέσω πλοίου ή βυτιοφόρου. Σύμφωνα με τα οικονομικά κριτήρια, η μεταφορά του μέσω αγωγού είναι εφικτή μόνο σε πολύ μικρές αποστάσεις. Ένα μεγάλης σημασίας πλεονέκτημα του LNG είναι ότι μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις, χωρίς να απαιτούνται υποδομές δικτύων αγωγών.

4.3 Μειονεκτήματα LNG

- Ασυμβατότητα με υπάρχων είδη κινητήρων

Για να χρησιμοποιηθεί το φυσικό αέριο ως κύριο καύσιμο και να είναι συμβατό σε ήδη υφιστάμενους κινητήρες πλοίων, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η τροποποίηση των παραδοσιακών αυτών κινητήρων και του συστήματος καυσίμου.

- Υψηλά κόστη επένδυσης

Για τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου, η απαιτούμενη επένδυση που χρειάζεται είναι 10-30% μεγαλύτερη συγκριτικά με την αντίστοιχη για πλοίο που χρησιμοποιεί συμβατικό καύσιμο. Το αυξημένο αυτό κόστος οφείλεται στην ανάπτυξη νέων κινητήρων που αξιοποιούν αέρια καύσιμα, συστήματα τροφοδότησης αερίου καυσίμου καθώς και δεξαμενές αποθήκευσης LNG, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και οι σωληνώσεις που απαιτούν την ύπαρξη μόνωσης για να διατηρήσουν το καύσιμο σε χαμηλή θερμοκρασία και συνεπώς σε υγρή μορφή.

- Μέτρα ασφαλείας

Οι κανονισμοί ασφαλείας που αφορούν το LNG είναι εκτενέστεροι και αυστηρότεροι σε σύγκριση με αυτούς των συμβατικών καυσίμων, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα αυξημένα λειτουργικά κόστη και περιορισμούς όπως ανεφοδιασμό με συγκεκριμένες προϋποθέσεις ασφαλείας, ειδικές ζώνες ασφαλείας κ.α.

- Προδιαγραφές στο σχεδιασμό του πλοίου

Η ενεργειακή πυκνότητα του LNG είναι μικρότερη συγκριτικά από το MGO σε ποσοστό 30-40% όπως και για το ντίζελ και τη βενζίνη σε MJ ανά μονάδα όγκου. Το γεγονός αυτό προϋποθέτει, κάθε δεξαμενή LNG να καταλαμβάνει δύο έως τρεις φορές περισσότερο χώρο από τις δεξαμενές συμβατικών καυσίμων, με στόχο την επίτευξη παρόμοιας αυτονομίας.

- Διαρροή μεθανίου (methane slip)

Η διαρροή μεθανίου προκαλείται όταν δεν πραγματοποιείται σωστή καύση, δηλαδή ένα μέρος του καύσιμου δεν καταφέρνει να καεί στην μηχανή. Αυτό οδηγεί στο να διαφύγει στην ατμόσφαιρα, μαζί με τα υπόλοιπα καυσαέρια, μία μικρή ποσότητα μεθανίου. Παρόλο που υπάρχουν και ριζικές εξελίξεις σε καινούριους κινητήρες, οι οποίοι αποσκοπούν σε μηδενικές διαρροές μεθανίου, πρέπει να δίδεται συνεχώς ιδιαίτερη σημασία στο συγκεκριμένο ζήτημα και να υπάρχουν συνεχείς βελτιώσεις μιας και το μεθάνιο αποτελεί πολύ ρυπογόνο αέριο.

- Έλλειψη υποδομών

Η παρούσα έλλειψη εκτενούς δικτύου διανομής LNG καθιστά δύσκολο για τα πλοία να βασίζονται στο LNG σαν βασικό καύσιμο πρόωσης, ειδικά όταν τα πλοία δεν εκτελούν ταξίδια ακτογραμμής. Προς το παρόν έχουν εδραιωθεί ελάχιστες μονάδες και πλοία ανεφοδιασμού και η πλειονότητά τους συγκεντρώνεται στις περιοχές ECA, όπως για παράδειγμα στη Βαλτική Θάλασσα (Νορβηγία). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, για να προωθήσει ένα δίκτυο διανομής LNG έχει ορίσει οδηγίες όπως η 2014/94 η οποία αναγκάζει κάθε κράτος-μέλος να διαβεβαιώσει, σύμφωνα με την εκάστοτε εθνική νομοθεσία, ότι κάθε λιμένας θα διαθέτει δίκτυο διανομής LNG μέχρι τις 31.12.2025 και σε λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας έως 31.12.2030.

- Διαδικασίες εξουσιοδότησης

Για να κατασκευαστεί μία μονάδα ανεφοδιασμού LNG απαιτούνται συγκεκριμένες εγκρίσεις και γραφειοκρατία από τις εκάστοτε κρατικές αρχές, γεγονός που καθυστερεί το συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα των έργων αυτών και προκαλεί αβεβαιότητα σχετικά με το κόστος και τον χρόνο υλοποίησής τους.

4.4 Προοπτικές

Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες από του οποίους εξαρτάται η εισαγωγή του LNG ως βασικού καύσιμου στα πλοία. Πρώτον, ναυπήγηση καινούργιων πλοίων που θα χρησιμοποιούν LNG, παρά η μετατροπή των υφιστάμενων πλοίων. Και δεύτερον, η εισαγωγή του LNG στα πλοία να ξεκινήσει από συγκεκριμένους τομείς της ναυτιλίας. Το γεγονός αυτό θα βοηθήσει στην

σταδιακή ανάπτυξη συστημάτων ανεφοδιασμού καυσίμων LNG και δώσει τη δυνατότητα ορισμένα λιμάνια να δεχτούν τα συστήματα ομαλότερα.

Για να αποτελέσει το LNG βασικό καύσιμο πρόωσης των πλοίων και να εδραιωθεί στο χώρο αυτό, πρέπει να επιλυθούν ορισμένα ζητήματα και να ληφθούν επουσιώδεις επενδυτικές αποφάσεις.

Πρώτα από όλα η τροφοδοσία θα πρέπει να γίνεται και σε διεθνείς λιμένες, αλλά και σε χαμηλότερης κλίμακας λιμένες. Δεύτερον, οι πλοιοκτήτες πρέπει να παραγγέλνουν πλοία που χρησιμοποιούν το LNG και όχι το μαζούτ, ως βασικό καύσιμα πρόωσης. Και τρίτον όλα τα νευραλγικά λιμάνια θα πρέπει να έχουν τερματικούς σταθμούς και επιχειρήσεις ανεφοδιασμού. Σε περίπτωση λοιπόν που το LNG εδραιωθεί ως καύσιμο πλοίου, παραπάνω προτάσεις αποτελούν αναγκαίες λύσεις, καθώς είναι απαραίτητο να υπάρχουν περισσότερες προμήθειες και μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα.

Σημαντικό βήμα εξίσου θα μπορούσε να ήταν και η συμφωνία προμήθειας LNG μεταξύ προμηθευτή και διαχειριστή πλοίου, να κατασκευαστούν καινούρια πλοία που χρησιμοποιούν αυτό το καύσιμο, να κατασκευαστεί χώρος στο λιμάνι με σκοπό να δημιουργηθεί τερματικός σταθμός και να δοθούν οι απαιτούμενες άδειες.

Για να μπορέσει το LNG να εδραιωθεί ως καύσιμο πρόωσης των πλοίων πρέπει να συντρέχουν και μερικές ακόμα προϋποθέσεις. Αρχικά, τα εμπλεκόμενα μέρη να επικεντρωθούν σε μακροχρόνια προοπτική. Στη συνέχεια, να δοθούν κίνητρα δημοσίως ότι αποτελεί ένα από τα πιο περιβαλλοντολογικά φιλικό καύσιμο για τα πλοία. Και τέλος, να τονιστούν τα πλεονεκτήματα από πλευράς κόστους στις εφαρμογές του LNG.

Κεφάλαιο 5ο

Μεθανόλη

5.1 Εισαγωγή Μεθανόλης

Η μεθανόλη αποτελεί ένα αρκετά ενδιαφέρον καύσιμο πλοίων για τους πλοιοκτήτες, επειδή δεν περιέχει θείο και βρίσκεται σε υγρή μορφή στο περιβάλλον, γεγονός που καθιστά πολύ εύκολη την αποθήκευση της στα πλοία. Έτσι για τα πλοία που πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO(ECA), η μεθανόλη θα μπορούσε να είναι μία εφικτή λύση για την ικανοποίηση των απαιτήσεων που έχουν οριστεί σχετικά με το θείο. Οι εκπομπές και τα πλεονεκτήματα της μεθανόλης είναι παρόμοια με αυτά του LNG, ωστόσο το κόστος εγκατάστασης στο πλοίο είναι αρκετά χαμηλότερο σε σύγκριση με του LNG .

Επιπλέον, η μεθανόλη μπορεί να παραχθεί από βιομάζα. Σύμφωνα με τον EEDI-Energy Efficiency Design Index, για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η μεθανόλη θα αποτελεί στο μέλλον ένα βασικό καύσιμο που θα χρησιμοποιούν τα πλοία.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι και το γεγονός ότι η βιο- μεθανόλη, μπορεί να παραχθεί από βιομάζες και να αναμειχθεί με μεθανόλη, η οποία προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Είναι συνεπώς ένα φιλικό στο περιβάλλον καύσιμο , το οποίο είναι και ιδιαίτερα οικονομικό.

Σήμερα έχουν παραχθεί ήδη αρκετοί κινητήρες που μπορούν να λειτουργήσουν με μεθανόλη (ME-LGI). Συγκεκριμένα η MAN εξαιτίας του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για χρήση εναλλακτικών καυσίμων έχει αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό τους παραπάνω κινητήρες .

Μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές, χωρίς συμπίεση, πράγμα που όπως είπαμε διευκολύνει τη μεταφορά της. Γι' αυτούς τους λόγους η δημιουργία των απαραίτητων υποδομών είναι σχετικά εύκολη.

Αυτή τη στιγμή η τιμή της μεθανόλης είναι υψηλότερη από αυτή του βαρέος πετρελαίου, γι' αυτό θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι λογική η χρήση της, ως επί το πλείστον σε περιοχές ECA. Σε αυτές τις περιοχές είναι κατά 30% οικονομικότερη η χρήση μεθανόλης από το marine gas oil (MGO) και έτσι θεωρείται λογικός ο εκσυγχρονισμός των πλοίων γι αυτόν το σκοπό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εταιρία Stena Line, η οποία με στόχο να μειώσει τις εκπομπές σε θείο αναβάθμισε ένα από τα πλοία της (Stena Germanica), ώστε να μπορεί να

χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο καύσιμο. Σε αυτό το πλοίο ο κινητήρας δέχεται δύο καύσιμα : marine gasoil (ως εφεδρικό) και μεθανόλη (ως κύριο καύσιμο).



Παρόλα αυτά πρέπει να τονιστεί ότι η μεθανόλη είναι τοξική, διαβρωτική και καταλαμβάνει τον διπλάσιο χώρο από το marine diesel oil (MDO). Για τους παραπάνω λοιπόν λόγους πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της συντήρησης και σε περίπτωση διαρροών.

5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεθανόλης.

Η μεθανόλη χαρακτηρίζεται από μικρό αριθμό κετανίων, (σύμφωνα και με τον παρακάτω πίνακα) και το σημείο ανάφλεξης της είναι χαμηλό. Γι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ME-LGI οι οποίοι είναι κινητήρες που δέχονται δύο ειδών καυσίμων. Σε αυτούς τους κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη καυσίμων , με βάση το χαμηλό σημείο ανάφλεξης τους (LFL -low flashpoint liquid) . Τα καύσιμα γι αυτούς τους κινητήρες κατηγοριοποιούνται με βάση την πίεση που ασκείται στους 60 βαθμούς Κελσίου.

Η μεθανόλη έχει σημείο ανάφλεξης τους 11 °C , αυτό όμως δεν συμμορφώνεται με το SOLAS- Safety Of Life At Sea . Το γεγονός αυτό είναι διαχειρίσιμο από τη στιγμή που χρησιμοποιούνται διπλά τοιχώματα σε όλα τα εξαρτήματα, από τα οποία περνάει η μεθανόλη και οποιεσδήποτε ενδεχόμενες διαρροές συλλέγονται. Συνολικά λοιπόν είναι πολύ ευκολότερος ο χειρισμός της μεθανόλης από ότι του LNG.

Fuel properties

Property	DME	Methanol	Ethanol	Diesel	HFO 45	Gasoline
Chemical formula	CH ₃ -O-CH ₃	CH ₃ -OH	C ₂ H ₅ -OH	C8-C25	-	C4-C12
Fuel carbon (wt%)	52.2	38	52	85	-	86
Fuel hydrogen (wt%)	13	12	13	15	-	14
Fuel oxygen (wt%)	34.8	50	35	0	-	0
Molar mass (kg/kmol)	46	32	46	183	-	114
Liquid density (kg/m ³)	660	798	794	840	982	740
Lower heating value (MJ/kg)	22.8	20.1	27.0	42.7	40.9	-
Boiling temperature (°C at 1 bar)	-24.9	65	78	180-360	-	27-245
Vapour pressure (bar at 20°C)	5.3	0.13	0.059	<1	-	0.25-0.45
Critical pressure (bar)	53.7	81	63	30	-	-
Critical temperature (°C)	127	239.4	241	435	-	-
Kinematic viscosity (cSt at 20°C)	0.19-0.25	0.74	1.2	2.5-3.0	-	0.6
Surface tension (N/m at 20°C)	0.012	0.023	0.022	.027	-	-
Bulk modulus (N/mm ² at 20°C 2MPa)	1,549	823	902	553	-	1,300
Cetane number	55	<5	8	38-53	-	-
Octane number	Low	109	109	15-25	-	90-100
Auto ignition temperature in air (°C)	350	470	362	250-450	-	250-460
Heat of vaporisation (kJ/kg at 1 bar)	467	1,089	841	250	-	375
Minimum ignition energy (mJ at φ=1)	0.33	0.21	0.65	0.23	-	0.8
Stoichiometric air/fuel ratio	9	6.5	9.1	14.6	13.5	14.7
Peak flame temperature (°C at 1 bar)	1,780	1,890	1,920	2,054	-	2,030
Flamability limits (vol%)	3.4-18.28	6-36	3-19	0.5-7.5	-	1.4-7.6
Flash point (°C)	-41	12	14	52	-	-45

Πινάκας : 2.1.2 Χαρακτηριστικά μεθανόλης. Πηγή : MAN ME-LGI

Επίλογος- Συμπεράσματα

Βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής ήταν η σύγκριση των εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά και να αποτελέσουν μία επιλογή, η οποία θα πληροί όλες τις προδιαγραφές της σημερινής αλλά και της μελλοντικής νομοθεσίας, θα είναι όμως και οικονομικά συμφέρουσα. Είναι γνωστό άλλωστε, όπως αναλύθηκε και παραπάνω, ότι η μετάβαση αυτή ενδεχομένως να είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς σε πολλές περιπτώσεις να χρειάζονται αρκετές μετατροπές στα πλοία για να υποδεχτούν τα νέα αυτά καύσιμα. Πέρα από αυτό, το κόστος των εναλλακτικών καυσίμων είναι μεγαλύτερο από το κόστος του μαζούτ που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον στη ναυτιλία σήμερα. Ένας ακόμη παράγοντας είναι και η διαθεσιμότητά τους, η οποία όπως διαπιστώσαμε σε όλες τις περιπτώσεις είναι αρκετά μικρή, σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον αναλύθηκαν και οι ιδιότητές τους κατά την καύση τους καθώς και οι απαιτήσεις για τη συντήρηση των κινητήρων.

Για να εισέλθουν δυναμικά στην αγορά των καυσίμων τα εναλλακτικά καύσιμα, πρέπει αντιμετωπιστούν πολλές παράμετροι και ζητήματα. Το σίγουρο είναι ότι οι άξονες που αφορούν το κόστος, την διαθεσιμότητα και τις ιδιότητές τους είναι οι βασικοί που θα καθορίσουν τελικά ποια θα είναι η καλύτερη επιλογή. Βέβαια δεν αρκούν μόνο αυτά και το σίγουρο είναι ότι δεν αρκεί απλά μία νομοθεσία που επιβάλει αλλαγές για να μην επιβαρυνθεί ανεπανόρθωτα το περιβάλλον. Αυτό που απαιτείται είναι η θέληση των πλοιοκτητών να χρησιμοποιήσουν αυτά τα καύσιμα. Έτσι θα αυξηθεί και η ζήτησή τους και αυτό μπορεί να αλλάξει πολλά πράγματα στον τομέα των καυσίμων στην ναυτιλία. Ας αναφερθούμε όμως ατομικά στις επιλογές που ορίστηκαν ως εναλλακτικά καύσιμα στην εργασία, για να καταλήξουμε πια ενδεχομένως να αποτελέσει την καλύτερη, από όλες τις πλευρές λύση.

Αρχικά, το LNG, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως η “καθαρότερη” λύση για το περιβάλλον. Η τιμή του συγκεκριμένου καυσίμου είναι αρκετά ανταγωνιστική και γι αυτό το λόγο ήδη αρκετά πλοία το χρησιμοποιούν. Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο που αναλύθηκε, απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές. Επιπλέον, λόγω της επικινδυνότητας και της διαφορετικής φύσης του καυσίμου, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαχείρισή του καθώς και στην εκπαίδευση του πληρώματος. Το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι η αναβάθμιση ενός πλοίου που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα σε πλοίο που χρησιμοποιεί LNG, είναι ασύμφορη. Γι αυτό το λόγο ένας πλοιοκτήτης θα αναγκαστεί να επενδύσει σε καινούριο πλοίο που χρησιμοποιεί το εν λόγω καύσιμο.

Όσον αφορά τη χρήση της μεθανόλης ως εναλλακτικό καύσιμο, θα μπορούσαμε να πούμε ότι σίγουρα δεν αποτελεί βιώσιμη λύση. Σε αυτό το γεγονός συμβάλουν δυο παράγοντες. Πρώτα από όλα το υψηλό κόστος αναβάθμισης του πλοίου και δεύτερον η τιμή της. Για να μπορέσει να χαρακτηριστεί ως οικονομικά εφικτή λύση, η τιμή της θα πρέπει να πέσει κάτω από 20% από αυτή του MGO. Βέβαια δεν πρέπει να παραλείψουμε το γεγονός ότι δεν περιέχει καθόλου θείο και μπορεί να αναμειχθεί με βιο-μεθανόλη.

Τα υβριδικά καύσιμα, ή αλλιώς ULSFO - ultra low sulphur fuel oil, είναι μια αρκετά “βολική” λύση για τους πλοιοκτήτες. Ο λόγος είναι ότι με την αποκλειστική τους χρήση, αποφεύγονται ζητήματα ασυμβατότητας με τους υπάρχοντες κινητήρες και βέβαια τηρούν και τις προδιαγραφές της MARPOL για τα ποσοστά θείου από το 2020 και μετά. Η τιμή τους μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τα συμβατικά, αλλά προς το παρόν σίγουρα η χρήση τους αποτελεί μία συμφέρουσα επιλογή στις ECA περιοχές.

Αναφορά έγινε και στα βιοκαύσιμα και ο κύριος λόγος ήταν η ευρεία εφαρμογή τους στις χερσαίες μεταφορές. Όπως είναι λογικό, επειδή αποτελεί μία δοκιμασμένη επιλογή στις χερσαίες μεταφορές, είναι πολύ πιθανόν να εισαχθούν και στη ναυτιλία. Με αφορμή το παράδειγμα που δόθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο και είχε να κάνει με τη χρήση βιοντίζελ ενός πλοίου πολεμικού ναυτικού στην Αμερική, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η χρήση των βιοκαυσίμων από το πολεμικό ναυτικό κάθε χώρας θα έδινε τη δυνατότητα της ανεξαρτησίας τους από τις πηγές πετρελαίου, σε περίπτωση κρίσης ή πολέμου.

Τέλος, το MGO και το LSMGO μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία προσωρινή λύση για τους πλοιοκτήτες καθώς μπορούσε να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε περιοχές ECA, άλλα λόγω του υψηλού κόστους και των τεχνικών προβλημάτων που προκαλεί στους κινητήρες, αποδείχθηκε ως μία μη βιώσιμη λύση.

Συνοψίζοντας, μετά από ενδελεχή ανάλυση όλων των παραπάνω επιλογών, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως η οικονομικότερη και καλύτερη επιλογή για το περιβάλλον, η χρήση του LNG ως κύριου καυσίμου, μόνο όμως για καινούρια πλοία που είναι συμβατά με αυτήν τη τεχνολογία. Στα πλοία που υπάρχουν ήδη, η καλύτερη επιλογή είναι η χρήση υβριδικών καυσίμων. Οι άλλες δύο επιλογές, της μεθανόλης και των βιοκαυσίμων δεν είναι ακόμα αρκετά ώριμες για να εισαχθούν στην αγορά, στο μέλλον όμως και ύστερα από τις απαραίτητες επενδύσεις που πρέπει να γίνουν, ενδεχομένως να αποτελούν κύριες λύσεις εναλλακτικών καυσίμων.

Βιβλιογραφία

Lloyd's Register Marine : ‘Using hybrid fuels for ECA-SOx compliance’

Διαθέσιμο στο : <http://www.lr.org>

MAN B&W : ‘Using Methanol Fuel in the MAN B&W ME-LGI Series’

Διαθέσιμο στο : <http://marine.man.eu>

European Commission : ‘Methane emissions from LNG-powered ships’

Διαθέσιμο στο : <https://lngforshipping.eu/>

International Maritime Organization : ‘IMO regulations to reduce air pollution from ships and the review of fuel oil availability’

Διαθέσιμο στο : <http://www.imo.org>

Bergström A, Berggren J., 2010 : “Switching to Low-Sulfur Fuels in the Commercial Marine Industry”

Διαθέσιμο στο : <http://www.colfaxfluidhandling.com>

European Commission : ‘White paper on transport’

Διαθέσιμο στο : <http://eur-lex.europa.eu>

U.S Energy Information Administration 2015 : ‘Marine Fuel Choice for OceanGoing Vessels within Emissions Control Areas’

Διαθέσιμο στο : <https://www.eia.gov>

Νορβηγικός Νηογνώμονας DNV GL : ‘Sulphur Limits 2015’

Διαθέσιμο στο : <https://www.dnvgl.com/>

MAN B&W : ‘Guidelines for Operation on Fuels with less than 0.1% Sulphur’

Διαθέσιμο στο : <http://marine.man.eu>

Νορβηγικός Νηογνώμονας DNV GL 2015 : ‘Latest developments and projects in the LNG industry’
Διαθέσιμο στο : <https://www.dnvgl.com/>

BioMCN 2011 ‘Bio-methanol’
Διαθέσιμο στο : <http://supermethanol.eu>

Νορβηγικός Νηογνώμονας DNV GL 2015 : ‘ Notice for Low-Sulphur ‘Hybrid’ Fuel operation’
Διαθέσιμο στο : <https://www.dnvgl.com/>

Argone National Laboratories 2013 : ‘Life Cycle Analysis of Conventional and Alternative Marine Fuels in GREET’
Διαθέσιμο στο : <https://greet.es.anl.gov/publications>

Lloyd’s Register Marine : ‘ Stena Germanica – the world’s first methanol powered ferry is delivered’
Διαθέσιμο στο : <http://www.lr.org/en/news-and-insight/news/Stena-Germanica-the-world-first-methanol-powered-ferry-is-delivered.aspx>

Chevron 2012 : ‘ Everything you need to know about marine fuels’
Διαθέσιμο στο : <http://www.chevronmarineproducts.com>

ABS 2010 : ‘Use of Low-Sulphur Marine Fuel for Main and Auxiliary Diesel Engines’
Διαθέσιμο στο : https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/pdfs/Regulatory/Docs/LowSulphurNote_Engine

H.E.C 2015 : ‘Analysis of Fuel Alternatives for Commercial Ships in the ECA Era’
Διαθέσιμο στο : <http://www.herbert.com/>

MAN diesel and turbo-DNV GL : ‘Costs and benefits of alternative fuels for an LR1 Product tanker’
Διαθέσιμο στο : <http://marine.man.eu>

Reuters 2016 : ‘ Great Green Fleet’ using biofuels deployed by U.S Navy
Διαθέσιμο στο : <http://www.reuters.com/article/us-usa-defense-greenfleet-idUSKCN0UY2U4>