

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : Καινοτόμες Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας
Στα Πλοία**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
Γκαγκαλνά Ευαγγελία
Α.Μ 4683.**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Διβινής Νικόλαος**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Περίληψη

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, εισήγαγε την έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία. Παραθέτει τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας, τα πιστοποιητικά που πρέπει να έχει το πλοίο , αλλά και τα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών ρύπων. Επίσης μεταξύ άλλων επιβάλλει την τήρηση Σχεδίου Ενεργειακής Διαχείρισης (SEEMP).

Το Lloyd's Register ως φορέας πιστοποίησης προτείνει μέτρα για την σωστή εναρμόνιση με τους κανονισμούς που αφορούν σε διάφορες κατηγορίες, όπως στην ταχύτητα του πλοίου, στην βελτιστοποίηση της διαχείρισης του πλοίου σε επίπεδο πλευστότητας μέχρι και στην βελτιστοποίηση των μηχανικών μερών αλλά και την εκπαίδευση των πληρωμάτων στην ενεργειακή διαχείριση.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να περιγραφούν συνοπτικά καινοτόμες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία και πιο συγκεκριμένα στον τομέα της βελτιστοποίησης των μηχανικών μερών και εξοπλισμού του πλοίου. Επίσης παρουσιάζεται το ρυθμιστικό πλαίσιο εντός του οποίου δημιουργούνται οι νέες αυτές τεχνολογίες και ονοματίζονται τα προγράμματα που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας στα πλοία.

Abstract

The International Maritime Organization introduced the term of energy conservation in ships. It gives guidelines in energy conservation, the necessary certifications that a ship must have as well as the allowable emission limits. In addition it enforces ship compliance with SEEMP. Lloyd's Register Marine provides marine classification services ensuring that internationally recognized safety and environmental standards are maintained at every stage of a ship's life. These categories are for example ship's velocity, improvement of mechanical parts and ship equipment and sea man training in energy management.

The aim of the present work is to report in brief and analyze (the most important) energy conservation innovative technologies of improvement of mechanical parts and ship equipment.

Finally, a presentation is made of the regulating frame that these new technologies are created and it briefly describes the programs concerning with the ship energy conservation.

Εισαγωγή

Στο κατώφλι των καιρών, μιας παγκοσμιοποιημένης οικονομίας, με την τεχνολογία να αναπτύσσεται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς και την ευκολία να χαρακτηρίζει πλέον τις περισσότερες συναλλαγές, μεταφορές, ακόμα την καθημερινότητα, το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τις διοικήσεις, και έχει κοινωνικές διαστάσεις παρά κατεξοχήν περιβαλλοντικές όπως οι περισσότεροι θεωρούν. Η ναυτιλία από την απαρχή της αποτελεί πηγή πλούτου, και για τους λόγους αυτούς είναι πολλοί εκείνοι που επένδυσαν στον τομέα αυτό προκειμένου να αυξήσουν τα κέρδη τους. Παρά την πολύχρονη ύπαρξή της μέσα στους αιώνες, οι περιβαλλοντικές συνέπειες από τη λειτουργία της, δηλαδή τους πλόες των πλοίων, μονάχα τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αρχίσει να γίνονται αντικείμενο έρευνας των αρμόδιων διοικήσεων και οργανισμών. Είναι κοινά αποδεκτό ότι εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς είναι το λιγότερο ρυπογόνο, και το περισσότερο ασφαλές.

Για να κινηθεί ένα πλοίο, όπως όλα τα πετρελαιοκίνητα μέσα, χρειάζεται ενέργεια, δηλαδή πετρέλαιο. Η καύση του πετρελαίου εκπέμπει κάποιες ουσίες στο περιβάλλον, λιγότερο βλαβερές από εκείνες που εκπέμπουν οι επίγειες εγκαταστάσεις κυρίως επειδή τα καύσιμα των πλοίων διυλίζονται με προσφιλέστερα προς το περιβάλλον προϊόντα πετρελαίου, και αυτές διαχέονται στην ατμόσφαιρα προκαλώντας μόλυνση. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου μέχρι τώρα υπήρχαν μόνο οι λεγόμενες Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών Emission Controlled Areas (ECA) που αφορούσαν κάποια λιμάνια, αλλά και μεγαλύτερες θαλάσσιες περιοχές, όπου επιβάλλεται στα πλοία να καίνε άλλου είδους καύσιμα. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός International Maritime Organization (IMO), μετά από χρόνιες μελέτες εισήγαγε της έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία στο παράρτημα VI της Διεθνούς Συμβάσεως περί Προλήψεως Ρυπάνσεως της Θάλασσας από τα Πλοία (MARPOL 73/78) όπου αφορά σε Κανονισμούς για την Πρόληψη Ρύπανσης του Αέρα από τα Πλοία. Εκεί παραθέτει τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας από τα πλοία, τα πιστοποιητικά που πρέπει να έχει το πλοίο, αλλά και τα επιτρεπτά όρια εκπομπών, γενικά, και στις περιοχές Ελέγχου Εκπομπών. Εκτός αυτών επιβάλλει στους Πλοιοκτήτες, και τους Διαχειριστές των πλοίων την τήρηση Σχεδίου Ενεργειακής Διαχείρισης Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), το Δείκτη

Απόδοσης Ενεργειακού Σχεδιασμού Energy Efficiency Design Index (EEDI), και τέλος το Δείκτη Ενεργειακής Λειτουργίας Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI).

Το Lloyd's Register ως φορέας πιστοποίησης σε κατεξοχήν ναυτιλιακές δραστηριότητες, έχει εκδώσει οδηγίες προκειμένου για τη σωστή εναρμόνιση των πλοίων με τους νέους κανονισμούς. Σύμφωνα με τους Lloyd's η εξοικονόμηση ενέργειας στα πλοία μπορεί να επιτευχθεί ποικιλοτρόπως, ενώ η ευθύνη για την κατάλληλη εφαρμογή των προτεινόμενων εναλλακτικών είναι αμοτεροβαρώς κατανεμημένη τόσο στον Πλοίαρχο και το πλήρωμά του, όσο και στη Διαχειρίστρια εταιρία. Οι λύσεις που προβάλλει αφορούν τόσο στη λειτουργία τους πλοίου, όσο και στην κατασκευή, αλλά και σε εξωτερικούς παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα μέτρα που προτείνονται αφορούν:

1. Στην ταχύτητα του πλοίου
2. Στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης του πλοίου σε επίπεδο πλευστότητας
3. Στη βέλτιστη απόδοση της γάστρας και της προπέλας του πλοίου
4. Στη βελτιστοποίηση των μηχανικών μερών και του εξοπλισμού του πλοίου
5. Στη βέλτιστη διαχείριση του φορτίου υπό την έννοια της φόρτωσής του στα αμπάρια, τις δεξαμενές και το κατάστρωμά
6. Στη γενική επαγρύπνηση του ανθρώπινου παράγοντα με την έννοια της σωστής χρήσης των χώρων ενδιαίτησης, την εκπαίδευση των πληρωμάτων στην ενεργειακή διαχείριση.

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα μέτρα που βρίσκονται στην 4^η κατηγορία, δηλαδή ό,τι σχετίζεται με την μηχανολογική κατάσταση του πλοίου, και τον εξοπλισμό του και πως αυτά και η λειτουργία τους μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη ενεργειακή διαχείριση, αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτά αφορούν στην κύρια μηχανή, στις βοηθητικές μηχανές των πλοίων, αλλά και στον υπόλοιπο εξοπλισμό όπως ο λέβητας του πλοίου, και πως αυτά μπορούν να λειτουργούν με τη βέλτιστη ενεργειακή χρήση, τη δυνατότητα ανάκτησης της αποβαλλόμενης ενέργειας και μετατροπής της σε άλλου είδους ενέργεια. Εκτός της μηχανολογικής προσέγγισης, τα καύσιμα που χρησιμοποιεί ένα πλοίο μπορούν να συμβάλλουν στη λιγότερη ρύπανση του αέρα. Με την είσοδο του φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία οι δυνατότητες για

υψηλή ενεργειακή απόδοση είναι ικανοποιητικά αρκετές, όμως ακόμα αντιμετωπίζονται με αμφιβολία από τους Πλοιοκτήτες και τους Διαχειριστές κυρίως λόγω του σύντομου χρόνου που βρίσκονται στην αγορά, αλλά επειδή προϋποθέτουν και μετασκευές στα πλοία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 SEEMP- Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου

Τα πλοία σαν κινούμενες εταιρίες που μεταφέρουν φορτίο από το ένα λιμάνι σε άλλο, ένα ή περισσότερα, ανάλογα με τις οδηγίες των εκάστοτε ναυλωτών, πλην άλλων διακινδυνεύουν τη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, σαν αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων τους, ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν μελετηθεί οι αέριοι ρύποι που εκπέμπουν, και το επίπεδο μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Η θαλάσσια μεταφορά θεωρείται η λιγότερο ρυπογόνα επιλογή μέσου μεταφοράς εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα μέσα, παρ' όλ' αυτά οι συνέπειες της, μπορεί να αποβούν τραγικές και εξαιρετικά κοστοβόρες. Οι ρύποι που εκπέμπονται από ένα πλοίο και κανόνες για την πρόληψη της μόλυνσης του αέρα από τα πλοία οργανώνονται κάτω από το παράρτημα VI της MARPOL 73/78, Διεθνούς Σύμβασης για την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία καθώς και από τις αποφάσεις των συνεδριάσεων της Επιτροπής Περιβάλλοντος (MEPC¹) του IMO μέσα στα χρόνια που ξεκινούν από το 2008 με την 58^η και συνεχίζουν με την 60^η, την 62^η, την 63^η, την 64^η και προσφάτως με την 66^η όπου και εξετάζεται η επιμήκυνση του χρονικού περιθωρίου προκειμένου για την πλήρη συμμόρφωση των πλοιοκτητών και διαχειριστών με τους κανονισμούς του Παραρτήματος VI της MARPOL 73/78 που σχετίζονται με τις εκπομπές θείου μέχρι το 2025. Το Εγχειρίδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης του Πλοίου (SEEMP²) περιέχεται στον κανονισμό 22 του παραρτήματος και εγκρίθηκε το 2011 από τον IMO, έχει καταστεί υποχρεωτικό δε από το 2013. Ο Βασικός σκοπός του Εγχειριδίου είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου μέσω της λειτουργίας του πλοίου είτε αυτό αφορά το μηχανολογικό εξοπλισμό, είτε άλλες πρακτικές, είτε τη χρήση συγκεκριμένων καυσίμων, λιγότερο ρυπογόνων, με την ενθάρρυνση της διαχειρίστριας. Αυτό προσαρμόζεται ανάλογα με το είδος του πλοίου, αλλά και τις πλόες που πραγματοποιεί. Εάν ένα πλοίο κινείται κυρίως εντός των περιοχών ελέγχου εκπομπών θα πρέπει να έχει διαφορετικές πρακτικές που ακολουθεί απ' ότι ένα πλοίο που προσεγγίζει λιγότερο αυστηρά σε κανονισμούς λιμάνια. Για να επιτευχθεί καλύτερη ενεργειακή απόδοση, ο κοινός νους αναγνωρίζει την αναγκαιότητα

¹ Marine Environment Protection Committee

² Ship Energy Efficiency Management Plan

για την κατανάλωση λιγότερων καυσίμων. Από την 1/1/2013 όλα τα πλοία άνω των 400 κόνων υποχρεούνται να εκδίδουν ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενέργειας (IEEC³) από την εκάστοτε Σημαία Νηολόγησης, είτε από Εγκεκριμένο Οργανισμό όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς του παραρτήματος. Το εγχειρίδιο αυτό προορίζεται έχει συγκεκριμένο σκελετό σα βάση, και ανάλογα τις ανάγκες της κάθε εταιρίας, προσαρμόζεται, ώστε να αποδίδει τα μέγιστα δυνατά, και να ελαχιστοποιεί το ποσοστό ρύπανσης της ατμόσφαιρας.

Μεταξύ άλλων. Το εγχειρίδιο αυτό περιλαμβάνει μέτρα και ενέργειες προκειμένου για υψηλή ενεργειακή απόδοση που συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Ενέργειες του πληρώματος, το οποίο εμπεριέχει την ανάλογη εκπαίδευση, και γνώση του προσωπικού και της εταιρίας, ευθύνες και πρακτικές
- Οδηγίες για τον έλεγχο των εκπομπών και στοχοθέτηση, καθώς και την εισαγωγή του Δείκτη Λειτουργίας Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI⁴)
- Την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης μέσω της βελτιστοποίηση του ταξιδιού
- Μέτρα που σχετίζονται με τη γάστρα και τα συστήματα πρόωσης
- Μέτρα που αφορούν στο μηχανολογικό εξοπλισμό του πλοίου
- Στην καλύτερη δυνατή διαχείριση του φορτίου
- Στην καλύτερη δυνατή διαχείριση των πηγών ενέργειας στους χώρους ενδιαίτησης

Άλλα μέτρα, όπως αφίσες με οδηγίες, φόρμες παρακολούθησης, οδηγό ενεργειών και άλλα μέτρα ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εταιρίας, πλοίου.

³ International Energy Efficient Certificate)

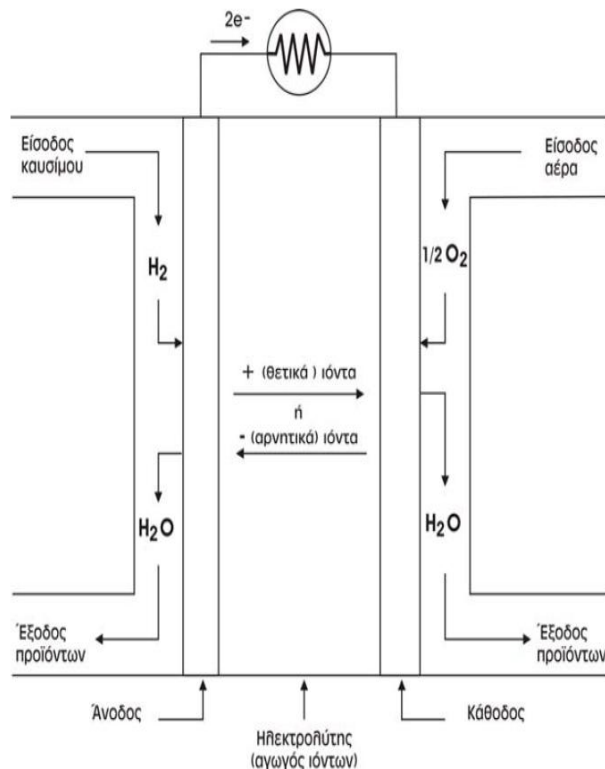
⁴ Energy Efficiency Operational Indicator

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μηχανολογικός Εξοπλισμός

Η αύξηση των τιμών των αέριων ρύπων, η επιβολή κανονισμών για την πρόληψη περιβαλλοντικής μόλυνσης, η ανάγκη μείωσης των τιμών στοιχείων των καυσίμων, ως αποτέλεσμα της λειτουργίας των πλοίων, βρίσκει τόσο τους πλοιοκτήτες όσο και τους κατασκευαστές στην αναζήτηση λύσεων προκειμένου για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς. Μεταξύ των εναλλακτικών για πλότες περισσότερο πράσινους με λιγότερο οικολογικό αποτύπωμα, είναι και η ανακατασκευή του μηχανολογικού εξοπλισμού του πλοίου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πλοίο είναι μείζονος σημασίας για την κίνησή του, αλλά και η ισχύς που παράγουν οι ηλεκτρογεννήτριες θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να καλύπτει τις ανάγκες του πλοίου για ηλεκτρική ενέργεια. Τα πλοία συνηθίζεται να έχουν δύο ηλεκτρογεννήτριες για λόγους ασφαλείας. Εκτός από τις κύριες μηχανές, υπάρχουν και τα βοηθητικά μηχανήματα όπου περιλαμβάνονται μηχανήματα ασφαλείας, προώσεων, χειρισμών, και φορτίου, και είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του πλοίου. Για την εξοικονόμηση ενέργειας έχουν προταθεί διάφορες λύσεις, όπως η ηλεκτρική πρόωση, οι κυψέλες καυσίμων, τεχνολογίες ανάκτησης της αποβαλλόμενης ενέργειας, η υβριδική παραγωγή ενέργειας, η λίπανση με αέρα, η διαχείριση των υγρών. Από τις πιο δημοφιλείς είναι οι κυψέλες καυσίμων και η ηλεκτροπρόωση, ενώ και οι υπόλοιπες βρίσκουν εφαρμογή στα πλοία σε μικρότερο βαθμό. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται δύο από τις τεχνολογίες αυτές. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τεχνολογίες αυτές είναι γνωστές στη βιομηχανία, δεν είχαν μέχρι τώρα χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία. Σε κάθε περίπτωση η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας θα πρέπει να συνδυάζεται με άλλες παραμέτρους όπως η ηλικία του πλοίου, η περιοχή πλεύσης του, αλλά και το κόστος της επένδυσης.

2. 1 Κυψέλες Καυσίμου-Fuel Cells

Οι κυψέλες καυσίμου θεωρούνται από τις βασικές επιλογές προκειμένου για ενεργειακή απόδοση που σχετίζονται με την κύρια μηχανή του πλοίου. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου και του οξειδωτικού σε ηλεκτρισμό χωρίς τη διαδικασία μεσολάβησης της καύσης, η οποία και καταναλώνει ενέργεια. Η τεχνική αυτή εγγυάται υψηλή θερμική απόδοση και η εφαρμογή της μπορεί να αντικαταστήσει επαρκώς τις έως τώρα χρησιμοποιούμενες μηχανές εσωτερικής καύσης. Τα αποτελούμενα μέρη μιας κυψέλης καυσίμου είναι ο ηλεκτρολύτης, το ηλεκτρόδιου καθόδου, και το ηλεκτρόδιο ανόδου.



Σχήμα 1 Αρχή Λειτουργίας Κυψέλης Καυσίμου

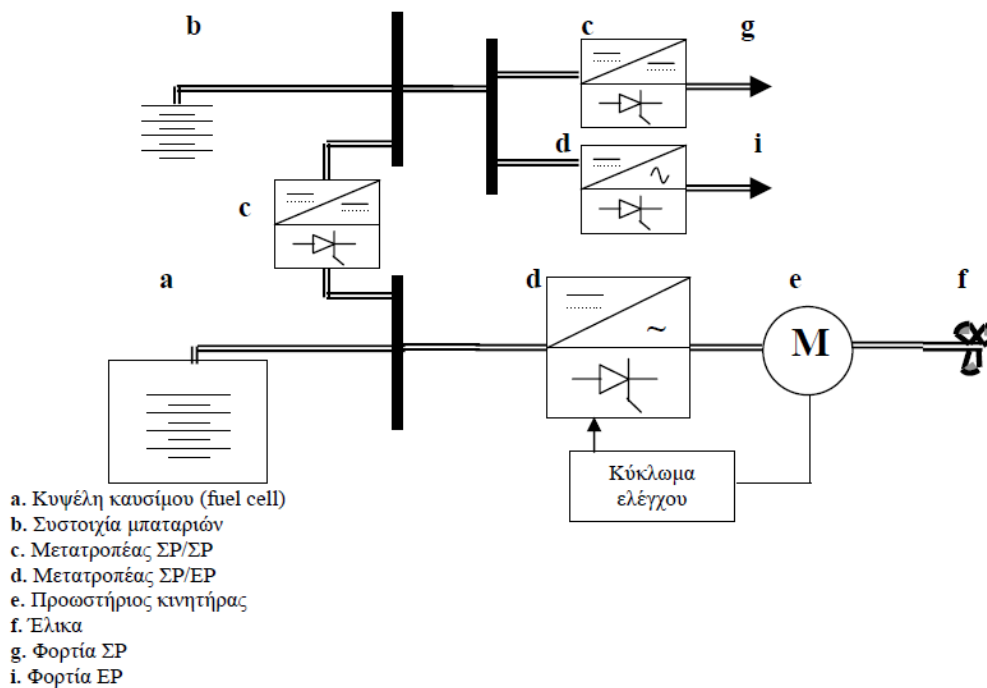
Περίληπτικά, όπως φαίνεται στο σχήμα, η λειτουργία των κυψελών βασίζεται στην οξείδωση του καυσίμου κατά την άνοδο, υδρογόνου, και την αναγωγή του οξειδωτικού μέσου κατά την κάθοδο, οξυγόνου. Θα πρέπει να τονισθεί ότι ο ηλεκτρολύτης όπως περιγράφει και το σχήμα είναι αγωγός ιόντων, επιτρέπει δηλαδή την διέλευση των

ιόντων, και όχι των ηλεκτρονίων καθώς σε αυτή την περίπτωση η εφαρμογή αυτή δε θα λειτουργούσε λόγω της διέλευσης των ηλεκτρονίων από το εσωτερικό κύκλωμα. Η διάταξη αυτή παράγει ηλεκτρική ενέργεια, και θερμότητα και στα εμπορικά πλοία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν εναλλακτικό καύσιμο, είτε για πρόωση, την ηλεκτροπρόωση.

Οι κυψέλες καυσίμων πλεονεκτούν έναντι άλλων συστημάτων παραγωγής ενέργειας καθώς έχουν υψηλό ποσοστό απόδοσης, με την έννοια ότι η μετατροπή χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται κατευθείαν. Επιπλέον, είναι υψηλά αξιόπιστες, καθώς δεν αποτελούνται από ανεξάρτητα μέρη, αλλά αντιμετωπίζονται σα σύνολο, γεγονός που τις καθιστά και οικονομικά αρεστές λόγω του χαμηλού κόστους συντήρησης. Το γεγονός του συνόλου μιας εγκατάστασης κυψελών καυσίμου σημαίνει λιγότερους κραδασμούς, και χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, καθώς τα μόνα κινούμενα μέρη είναι οι αντλίες, οι μετασχηματιστές και άλλα βοηθητικά που όμως υπάρχουν σε κάθε ενεργειακό σύστημα. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα, και παράλληλα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι εταιρίες, είναι η χωροταξική επιχειρησιακή δομή ενός συστήματος κυψελών καυσίμου. Τα Logistics που πρέπει να αντιμετωπίσουν προκειμένου για την εγκατάσταση του συστήματος. Αυτό απαντάται επιτυχώς, καθώς οι κυψέλες καυσίμου σαν ανεξάρτητες μονάδες μπορούν να τοποθετηθούν στο διαθέσιμο χώρο, χωρίς μετατροπές. Στο επίπεδο εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα, τα συστήματα αυτά είναι το λιγότερο ρυπογόνα εν αντιθέσει με άλλα παραγωγής ενέργειας. Βέβαια, αυτό είναι ανάλογο και του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση που το καύσιμο είναι το υδρογόνο, το τελικό προϊόν που εκπέμπεται είναι υδρατμοί, και αντίστοιχα έχουμε και διοξείδιο του άνθρακα, ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του υδρογόνου, ενώ οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου είναι σχεδόν ανύπαρκτες λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος του συστήματος.

Στα μειονεκτήματα των κυψελών καυσίμου αναγνωρίζουμε το υψηλό κόστος των κυψελών, το οποίο ισχύει για όλους τους τύπους κυψελών, άσχετα από τον τύπο κυψέλης καυσίμου, το χρόνο ωφέλιμης ζωής εν συγκρίσει με τα μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενα ενεργειακά συστήματα, η παραγωγή του καυσίμου, η οποία είναι λιγότερη, όμως υπάρχουν διάφορες επιλογές παραγωγής υδρογόνου, είτε με ηλεκτρόλυση, είτε

βιολογική, είτε με αναμόρφωση υδρογονανθράκων, και επομένως υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της παραγωγής ανάλογα με την εναλλακτική που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Τέλος οι κυψέλες καυσίμων συγκεντρώνουν σχετικά χαμηλή ισχύ. Η παρακάτω εικόνα περιγράφει το γενικό διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με κυψέλες καυσίμου σε ένα πλοίο.

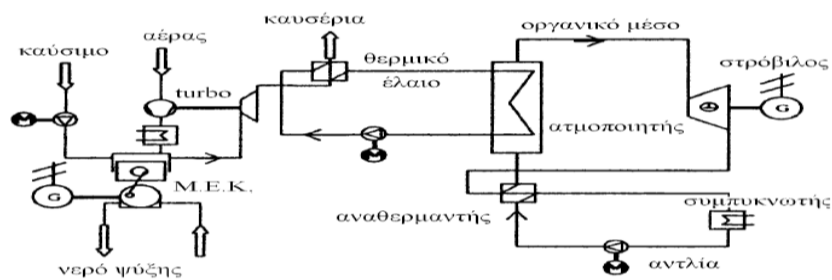


Σχήμα 2 Διάγραμμα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Πλοίο με Κυψέλες Καυσίμου

Τα τελευταία χρόνια οι έρευνες για τη ναυπήγηση πλοίων με κυψέλες καυσίμων έχει απασχολήσει τους κατασκευαστές, ιδιαίτερα στην Αμερική, την Ευρώπη και την Ιαπωνία, και οι προβλέψεις δείχνουν αύξηση της ζήτησης για τέτοιου είδους πλοία μέχρι το 2020.

2.2 Ανάκτηση Αποβαλλόμενης Ενέργειας

Σε απάντηση των απαιτήσεων για εξοικονόμηση ενέργειας και μικρότερα ποσοστά εκπομπών ρύπων, τα συστήματα ανάκτησης της αποβαλλόμενης ενέργειας ως αποτέλεσμα της λειτουργίας του πλοίου, αποτελούν μια καινοτόμο λύση. Περιληπτικά αυτά, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με τη δέσμευση της θερμικής ενέργειας των εκπεμπόμενων ρύπων και μετατροπής της σε ηλεκτρική. Με τη λειτουργία της κύριας μηχανής έχουμε απώλειες από τα καυσαέρια και το κεντρικό σύστημα ψύξης. Ουσιαστικά η ανάκτηση της αποβαλλόμενης ενέργειας είναι η διαδικασία κατά την οποία η θερμότητα που απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα, επανακτάται και αξιοποιείται ξανά. Συστήματα τέτοιου είδους μπορεί να είναι ανάκτηση ενέργειας από μηχανές εσωτερικής καύσης, στροβιλοσυμπιεστές, σύστημα νερού ατμού, χρήση οργανικού ρευστού σαν μέσο ανάκτησης ενέργειας, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές και το οργανικό στοιχείο αντικαθιστά το νερό στον κύκλο. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά και σα συστήματα ORC⁵. Στα θετικά της μεθόδου συγκαταλέγονται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, η παραγωγή μεγάλης ισχύος από στερεά καύσιμα, καθώς και ο βαθμός απόδοσης που φτάνει μόνο μέχρι 17%. Ο κύκλος Rankine έχει ερευνηθεί τα τελευταία χρόνια καθώς με την καύση βιομάζας έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εικόνα παρακάτω περιγράφει σύστημα ανάκτησης θερμότητας από μηχανή εσωτερικής καύσεως.



Σχήμα 3 Σύστημα Ανάκτησης Θερμότητας από MEK

⁵ Organic Rankine Cycle

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Καύσιμα

Το κόστος των καυσίμων, μαζί με εκείνο των πληρωμάτων, συνηθίζει να προβληματίζει τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές των πλοίων, φυσικά ανάλογα και με τον τύπο εκμετάλλευσης, ναύλωσης του πλοίου. Μέχρι τώρα οι μόνες απαγορεύσεις για το είδος καυσίμου που καίει το πλοίο, αφορούσαν συγκεκριμένες περιοχές, τις λεγόμενες περιοχές ελέγχου των ρύπων, εντός των οποίων τα πλοία υποχρεούνταν να χρησιμοποιούν άλλου είδους καύσιμο, λιγότερο ρυπογόνο. Με τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης των πλοίων και τους νέους κανονισμούς από τον IMO, όπως αυτές έχουν επικυρωθεί, και τεθεί σε ισχύ, τα πλοία προοδευτικά, θα πρέπει να χρησιμοποιούν λιγότερο ρυπογόνα καύσιμα σε μεγαλύτερες περιοχές, και μελλοντικά αυτό θα ισχύει καθολικά, σε όλη τις θαλάσσιες πλεύσιμες περιοχές. Τα λιγότερο ρυπογόνα καύσιμα, ενόητο είναι πως κοστίζουν περισσότερο, και επομένως το ήδη αυξημένο κόστος των πετρελαίων αμβλύνεται παραπάνω. Σε απάντηση αυτού και προκειμένου οι εταιρίες να αντιμετωπίσουν τόσο τους αυστηρότερους κανονισμούς, όσο και το δαιδαλώδες πρόβλημα του κόστους των καυσίμων, στρέφονται στην αναζήτηση διαφορετικών, εναλλακτικών καυσίμων, προσφιλέστερων προς το περιβάλλον, και οικονομικά πιο προσιτών. Το HFO είναι το πιο σύνηθες είδος καυσίμου που χρησιμοποιεί το 80% των ποντοπόρων πλοίων, το οποίο όμως είναι υψηλό σε περιεκτικότητα θείου. Το ποσοστό αυτό υπολογίζεται να μειωθεί τα επόμενα χρόνια, και ως εκ τούτου να χρησιμοποιούνται άλλου είδους καύσιμα, περισσότερο εξευγενισμένα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, το 2015 τα πλοία που εκτελούν πλόες, ή εισέρχονται εντός των περιοχών ελέγχου των εκπομπών, και δεν είναι εξοπλισμένα με πλυντηρίδες, υποχρεούνται να χρησιμοποιούν τέτοιου είδους καύσιμα, όπου η συγκέντρωση σε θείο να φτάνει το 0,1%. Σε παγκόσμιο επίπεδο, μέχρι το 2020, είτε το 2025, ανάλογα πότε θα είναι το χρονικό περιθώριο που τελικά θα δοθεί από τον IMO, υπολογίζεται πως η ζήτηση για HFO θα εκλείψει, καθώς το επιτρεπτό ποσοστό θείου για τα καύσιμα των πλοίων θα είναι 0,5% σε όλες τις πλεύσιμες θαλάσσιες περιοχές. Επιπλέον το είδος αυτό του καυσίμου προορίζεται κατεξοχήν για τα πλοία, ενώ άλλα πιο εξευγενισμένα είδη καυσίμων έχουν άλλο μεγαλύτερο αγοραστικό κοινό.

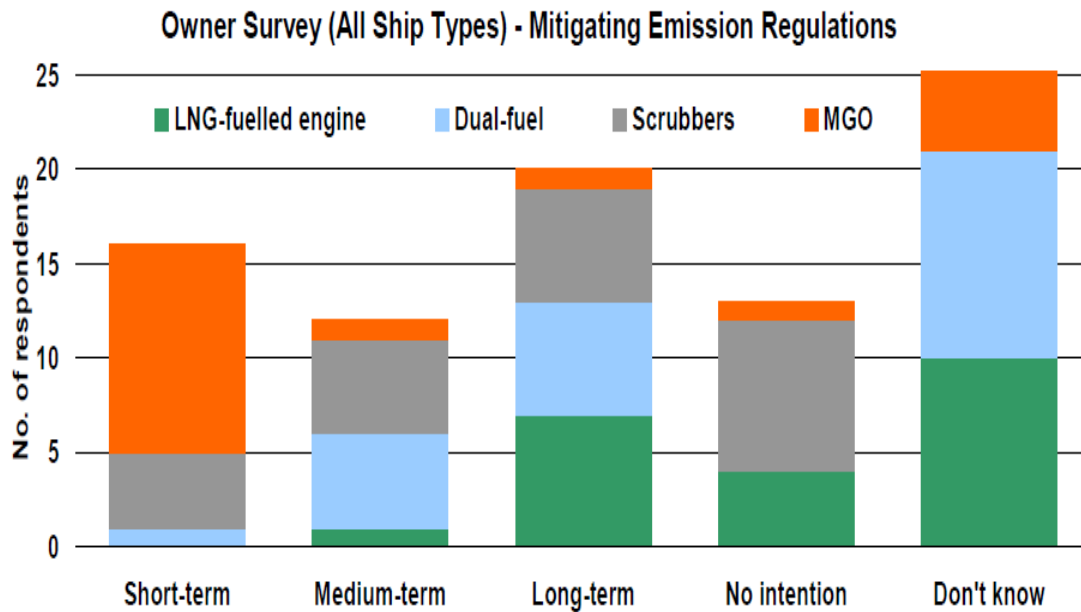
Η τάση προς αναζήτηση άλλων μορφών ενέργειας, προσφιλέστερων προς το περιβάλλον, έχει δημιουργήσει την ανάγκη για μετατροπή των υπαρχόντων καυσίμων, είτε τη δημιουργία νέων μορφών. Η ευρεία χρήση του HFO από τα πλοία, έχει πλέον μειωθεί, και αναμένεται να φθίνει περισσότερο στην απαγωγή των νέων κανονισμών. Το βαρύ πετρέλαιο ή μαζούτ, όπως ονομάζεται, είναι προϊόν κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, περιέχει μεγάλες ποσότητες θείου, υψηλό ιξώδες και πυκνότητα, και η διαφοροποίησή του με τα άλλα υπολείμματα απόσταξης έγκειται στην περιεκτικότητά του σε θείο. Σε απάντηση των καιρών, τα διυλιστήρια ερευνούν μεθόδους, και εναλλακτικές για τη κατάλληλη σύνθεση των υδρογονανθράκων, τον τρόπο απόσταξης, και διαχωρισμού των συστατικών ώστε να παραχθούν, νέα πιο εξευγενισμένα καύσιμα, τα οποία θα είναι και κατάλληλα για τις μηχανές των πλοίων. Τα αποτελέσματα των ενεργειών έφεραν στην αγορά καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, τα λεγόμενα LSFO⁶, τα οποία είναι το LSHFO ; MGO⁷, MDO⁸. Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι αποτελέσματα μίξεων προϊόντων πετρελαίου χαμηλού σε θείο, κυλινδρέλαιου, gas oil, και άλλων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο συστατικών από άλλες πηγές. Θα πρέπει να σημειωθεί πως τόσο η ποιότητα, όσο και η πυκνότητα αυτού του είδους του πετρελαίου, είναι χαμηλότερη από εκείνης του μαζούτ, γίνονται όμως προσπάθειες για την βελτίωσή τους.

⁶ Low Sulphur Fuel Oil

⁷ Marine Gas Oil

⁸ Marine Diesel Oil

Μερικές από τις επιλογές για εναλλακτικές μορφές καυσίμων είναι η χρήση του υγροποιημένου αερίου, και τα βιοκαύσιμα, το υγραέριο LPG, η χρήση υδρογονανθράκων, τα πυρηνικά καύσιμα, η μεθανόλη. Παρακάτω περιγράφονται κάποια από αυτά, η χρήση τους, και η δυνατότητά τους να χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικά



καύσιμα. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον οίκο Lloyd's, στη σχετική ερώτηση των πλοιοκτητών προκειμένου για την αντιμετώπιση των κανονισμών που αφορούν τις εκπομπές του θείου, ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα.

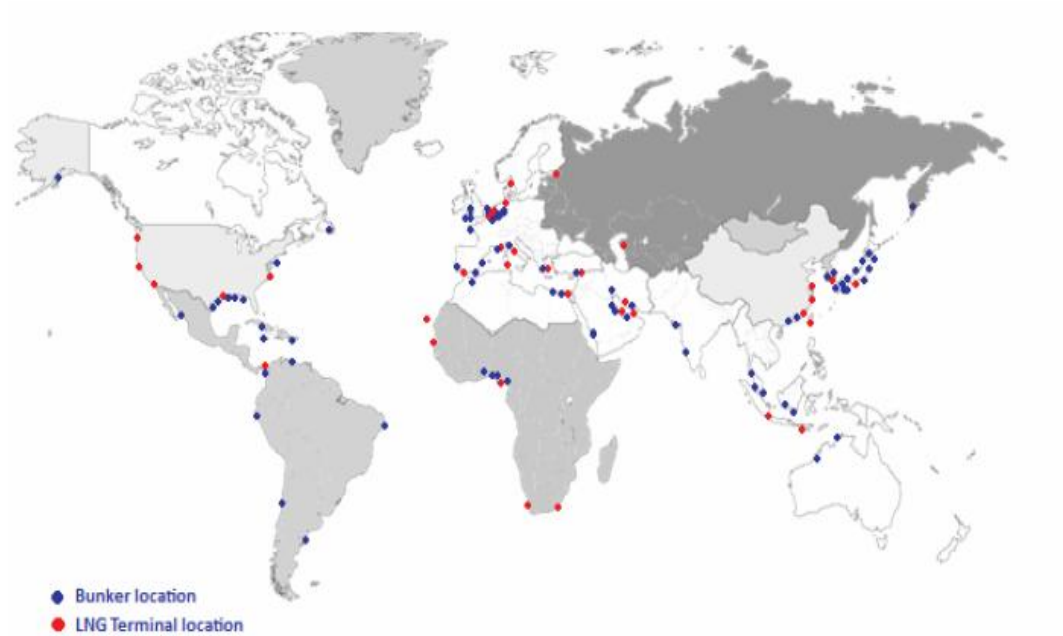
Σχήμα 4 Επιλογές Χρήσης Καυσίμων-Έρευνα Lloyds

Όπως φαίνεται κι από το διάγραμμα, το μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκεται να επιλέγει τη λύση του MGO σα ναυτιλιακό καύσιμο, σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, και η επιλογή του LNG μόνο μακροπρόθεσμα φαίνεται να είναι περισσότερο πραγματοποιήσιμη, ενώ είναι αρκετοί εκείνοι που θα προτιμήσουν τη λύση του διπλού καυσίμου, καθώς και των πληντυρίδων ως ύστατη επιλογή για τα πλοία που θα παραμείνουν στη χρήση του μαζούτ. Όλες οι επιλογές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, και πρέπει να ληφθούν υπόψη κι άλλες παράμετροι όπως η ηλικία του πλοίου, οι περιοχές που πραγματοποιεί πλόες, ακόμα και η απόδοση από μια επένδυση μετασκευής του πλοίου.

3.1 LNG

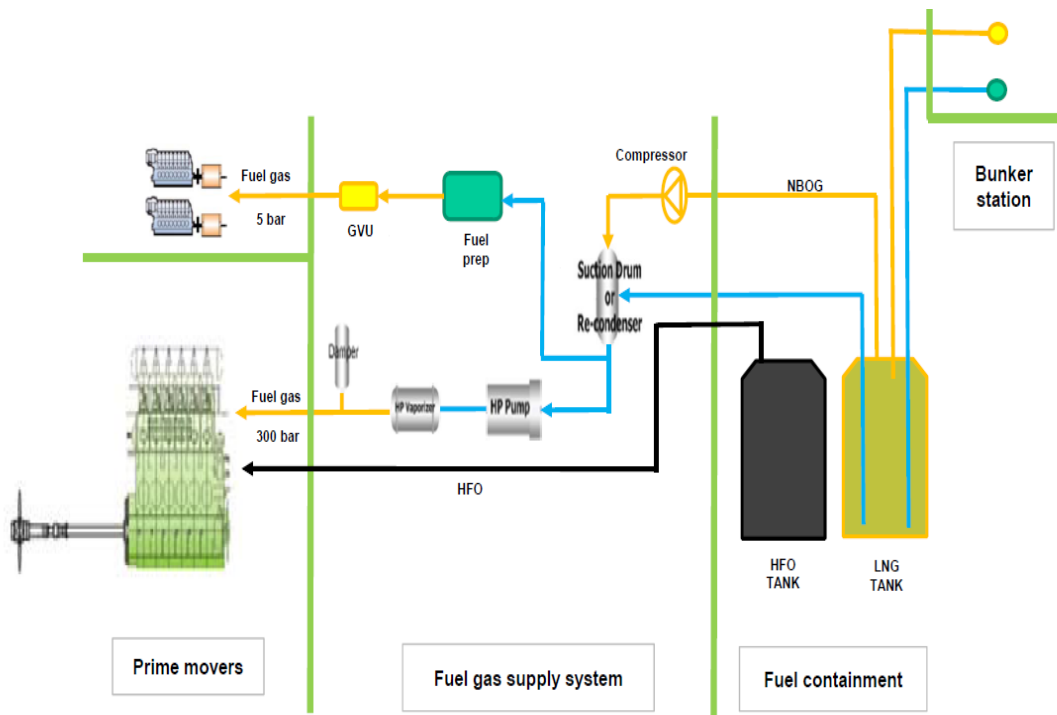
Το υγροποιημένο φυσικό αέριο, Liquefied Natural Gas, ανήκει στα υγροποιημένα αέρια, και περιλαμβάνει στοιχεία τόσο από τα υγρά του φυσικού αερίου, όσο κι από τα υγροποιημένα αέρια του πετρελαίου. Ιστορικά, οι πρώτες προσπάθειες για την εισαγωγή του στη βιομηχανία και εμπορία του χρονολογούνται πίσω στο 1964 όπου γινόταν μεταφορά από την Αλγερία στη Χάβρη της Γαλλίας. Στα κύρια συστατικά του υγροποιημένου αερίου είναι το μεθάνιο, για αυτό και ο βρασμός του πραγματοποιείται στους $- 160 \text{ C}.$ Το LNG είναι άοσμο και άχρωμο, ενώ προκειμένου για την εμπορευματοποίησή του, χρειάζεται αυτό να είναι ελεύθερο στερεών μολυσματικών ουσιών, όπως ενώσεων θείου, επομένως προσφιλέστερο προς το περιβάλλον. Στην υγρή μορφή του εντοπίζονται συγκεντρώσεις πεντανίου και υδρογονανθράκων, που αυτά εξαλείφονται, λόγω του χαμηλού σημείου βρασμού του υγροποιημένου αερίου. Η παραγωγή του υγροποιημένου φυσικού αερίου γίνεται απλά με ψύξη όπου ο παραγωγός δύναται να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορες επιλογές ψύξης, όπως υγροποίησης των αναγκών αιχμής, και υγροποίησης της βάσης φόρτωσης. Η αποθήκευσή του είναι σημαντικό κομμάτι στην όλη εμπορία του, καθώς λόγω της φύσης του, είναι ικανό να διαβρώσει τις δεξαμενές όπου βρίσκεται, και επομένως να υπάρξει διαρροή. Στις δεξαμενές αποθήκευσης υπάρχει κίνδυνος ασφαλείας από το σχηματισμό νεφελώματος ατμών του το οποίο μπορεί να αναφλεγεί, και να προκαλέσει έκρηξη. Τα πλοία που μεταφέρουν υγροποιημένο αέριο, έχουν δεξαμενές σε σχήμα σφαίρας κατασκευασμένες από ατσάλι, είτε πρισματικές ώστε κατά τη διάρκεια του πλου να εκμηδενίζεται η πιθανότητα κινδύνου. Κάθε δεξαμενή είναι ανεξάρτητη, και στηρίζεται σε στηρίγματα, ενώ υπάρχει μόνωση με αδρανές αέριο άζωτο το οποίο και ελέγχεται τακτικά για πιθανή διαρροή. Το υγροποιημένο αέριο, πλην των περιβαλλοντικών του προδιαγραφών, πλεονεκτεί και σε επίπεδο κόστους. Είναι πολλοί εκείνοι που έχουν χαρακτηρίσει το υγροποιημένο αέριο ως το καύσιμο του μέλλοντος, και ακόμα περισσότεροι εκείνοι που έχουν σπεύσει να επενδύσουν στη ναυπήγηση πλοίων μεταφοράς του φορτίου αυτού. Στην Ελλάδα, ερευνάται η περίπτωση να μετατραπεί ο επιβατηγός στόλος ώστε τα πλοία να χρησιμοποιούν υγροποιημένο αέριο ως καύσιμο. Στην Αμερική από το 2015, το

επιτρεπόμενο ποσοστό σε θείο για τα πλοία δε θα ξεπερνά το 0,1% σε όλα τα λιμάνια. Το LNG βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο επίπεδο τόσο στη χρήση του ως καύσιμο, όσο και στα φορτία, δηλαδή στη μεταφορά του. Επιπλέον, σε σύγκριση με τα άλλα ναυτιλιακά καύσιμα, δεν είναι διαθέσιμο παρά μόνο σε ορισμένα λιμάνια πετρέλευσης, όπως φαίνεται κι από την εικόνα παρακάτω.



Σχήμα 5 Σημεία Πώλησης LNG και Λιμένες Πετρέλευσης

Στην εικόνα οι κόκκινες τελείες δείχνουν τα σημεία που είναι διαθέσιμο υγροποιημένο αέριο, και οι μπλε τελείες τα σημεία που πραγματοποιούνται πετρελεύσεις. Οι πλοιοκτήτες για την ώρα βλέπουν με σκεπτικισμό τη εναλλακτική του υγροποιημένου αερίου σε ναυτιλιακό καύσιμο, καθώς δεν υπάρχουν ακόμα υποδομές, ούτε είναι ευρύ σε χρήση ώστε να έχουν μια σφαιρική εικόνα αποτελεσμάτων χρήσης του. Το LNG είναι εύφλεκτο καύσιμο, και η διαχείρισή του φαίνεται να απασχολεί τους πλοιοκτήτες κυρίως λόγω της ανεπαρκούς εκπαίδευσης. Το διάγραμμα παρακάτω δείχνει ένα τυπικό δίκτυο πλοίου που χρησιμοποιεί το υγροποιημένο αέριο σαν κύριο καύσιμο των μηχανών του.



Σχήμα 6 Δίκτυο Πλοίου χρήσης LNG

Το πρώτο πλοίο που χρησιμοποιεί το LNG σαν καύσιμο είναι το MT Argonon, ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς χημικών, μήκους 110 μέτρων και 6.100 dwt όπου έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει το ταξίδι Ρότερνταμ-Βασιλεία χωρίς να χρειαστεί καύσιμα.

3.2 Μεθανόλη

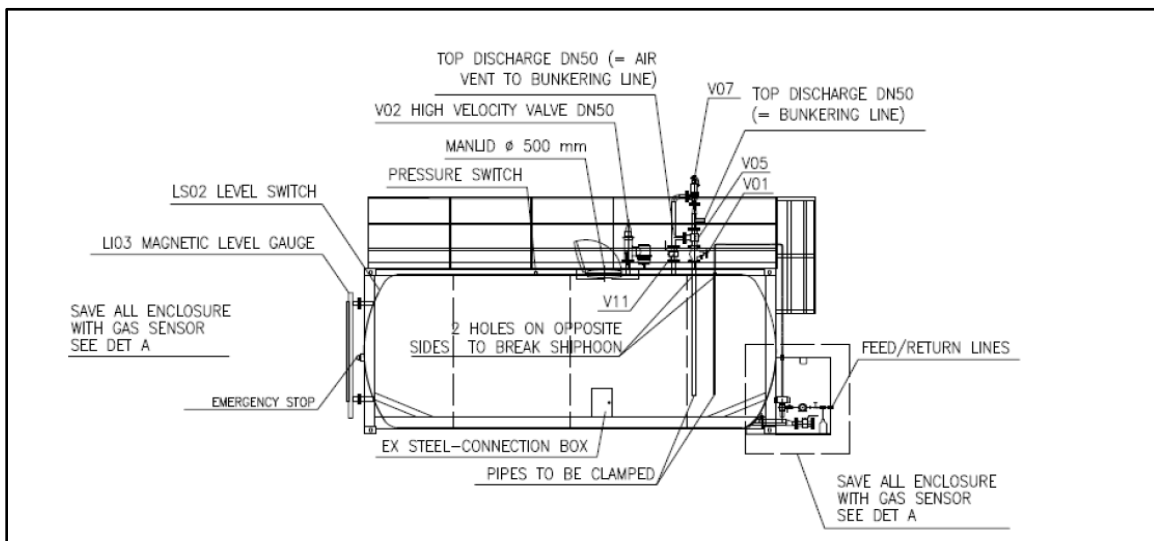
Η μεθανόλη, γνωστή και ως μεθυλική αλκοόλη, είναι ένα εύφλεκτο πτητικό αέριο σε θερμοκρασία δωματίου με χαρακτηριστική οσμή. Συναντάται στην ατμόσφαιρα και αλληλεπιδρά με τον αέρα και την ηλιακή ενέργεια και οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η χρήση της σαν εναλλακτικό ναυτιλιακό καύσιμο έχει μελετηθεί τα τελευταία χρόνια σε αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Η Stena Line, μια εταιρία που επιχειρεί στην επιβατηγό ναυτιλία με βάση της το Γκέτεμποργκ της Σουηδίας, χρησιμοποιεί πειραματικά σε ένα σκάφος της μεθανόλη με σκοπό να μετασκευάσει εντός του 2014 το πρώτο επιβατηγό της έτσι ώστε να λειτουργεί αποκλειστικά με μεθανόλη. Ανάλογη αντιμετώπιση για το προϊόν αυτό έρχεται από τον επικεφαλής των υπηρεσιών ανάλυσης πετρελαίων, FOBAS⁹, των Lloyd's Douglas Raitt, ο οποίος φαίνεται να ενισχύει την άποψη ότι η μεθανόλη μπορεί ικανοποιητικά να αντικαταστήσει τα ναυτιλιακά καύσιμα, αφήνοντας ταυτόχρονα ένα μηδενικό αρνητικό αποτύπωμα στο περιβάλλον, αφού δεν περιέχει καθόλου θείο. Η παγκόσμια κατανάλωση είναι ποσοτικά στο μισό έναντι της παραγωγής, το οποίο την κάνει να είναι αρκετά φθηνή, λόγω υπερπροσφοράς. Σχετικά με τις υποδομές που χρειάζονται, αυτές είναι λιγότερο κοστοβόρες έναντι εκείνων για υγροποιημένο αέριο, και επομένως περισσότερο ελκυστικές για επένδυση. Στα θετικά της μεθανόλης μπορούμε να αναγνωρίσουμε το χαμηλό της κόστος, το περιβαλλοντικό της αποτέλεσμα σε σχέση με άλλα ναυτιλιακά καύσιμα, την ευχρηστία της ιδιαίτερα στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών όπου επιβάλλεται η αλλαγή χρήσης καυσίμων εντός των περιοχών αλλά και εντός των λιμένων. Στα αρνητικά της συγκαταλέγονται κυρίως οι υποδομές, και οι εγκαταστάσεις υποδοχής στα διάφορα σημεία εφοδιασμού καυσίμων, καθώς και η διαχείρισή της, σαν εύφλεκτο προϊόν, αλλά και η πιθανότητα δηλητηρίασης. Κανόνες για τη μεταφορά της έχουν εκδοθεί από τον IMO και βρίσκονται στους κώδικες IBC¹⁰ Code, IGC¹¹ Code, ενώ η αποδοχή της για χρήση στη ναυτιλία, επιβεβαιώνεται και από τη σύμβαση της

⁹ Fuel Oil Bunker Analysis and Advisory Service

¹⁰ International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk

¹¹ International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk

SOLAS¹² στο κεφάλαιο II-2¹³. Η ερευνητική ομάδα της CEESA¹⁴, με βάση τη Δανία ισχυρίζεται πως η μεθανόλη θα είναι η πιο περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποτελεσματική και αποδοτική λύση προκειμένου για την κίνηση, όχι μόνο στον τομέα της ναυτιλίας, αλλά και σε άλλα μέσα. Οι μηχανές διπλής καύσης είναι ήδη στην αγορά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να αποθηκεύσουν μεθανόλη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σε συνεργασία με διάφορους ναυτιλιακούς φορείς έχει χρηματοδοτήσει METHAPU¹⁵ έργο, το οποίο και εξετάζει την περίπτωση χρήσης της μεθανόλης σε ναυτιλιακό καύσιμο. Οι εικόνες παρακάτω, περιγράφουν το δίκτυο σε ένα πλοίο που δυνητικά θα χρησιμοποιεί μεθανόλη σαν καύσιμο, και την δεξαμενή μεθανόλης τοποθετημένη επάνω στο κατάστρωμα του πλοίου Udine, ενός οχηματαγωγού που χρησιμοποιεί μεθανόλη.



Σχήμα 7 Δεξαμενή Μεθανόλης

¹² Safe of Life at Sea

¹³ SOLAS II-2 Part B Reg. 4.2.1.1 except as otherwise permitted by this paragraph no oil fuel with a flashpoint less than 60 C shall be used;

Reg. 4.2.1.4 in cargo ships the use of fuel having a lower flashpoint than otherwise specified in paragraph 2.1, for example crude oil, may be permitted provided that such fuel is not stored in a machinery space and subject to the approval by the Administration of the complete installation.

¹⁴ Coherent Energy and Environmental System Analysis

¹⁵ Methanol Auxiliary Power Unit



Σχήμα 8 MV Udine-Δεξαμενή Μεθανόλης

Ο πίνακας περιγράφει τα κυριότερα εναλλακτικά καύσιμα, τη σύστασή τους, τον τρόπο παραγωγής τους, και κάποια σχόλια προς γνώση του αναγνώστη.

| Fuel name* | Fuel type | Feedstock | Production technology | Comments |
|------------|--|---|--------------------------------------|--|
| MDO | Marine distillate including marine diesel and gas oil | Oil | Refinery | It is composed of lighter distillate fractions than residual fuel, and has lower sulphur content. |
| Bio_MDO | Biodiesel (1st generation) Biodiesel (2nd generation) | Rapeseed oil (1st generation) Lignocellulose/Wood (2nd generation) | Trans esterification Gasification | It is commercially available, can be blended with marine distillates and be fully compatible with the engines, it has the potential of reducing GHG emissions |
| HFO | Marine residual oil | Oil | Refinery | It is the main marine fuel used, is very competitive in price, has high environmental impacts |
| Bio_HFO | Straight vegetable oil (SVO) | Rapeseed oil | Pressing | It is an easily accessible fuel able to substitute HFO to reduce GHG emissions |
| LSHFO | Low sulphur fuel oil | Oil | Refinery | Still competitive in price as HFO and lower sulphur emissions (<1.5%), assumed to meet 0.5% sulphur limit from date of global sulphur |
| Bio_LSHFO | Straight vegetable oil (SVO) | Same as Bio_HFO | Same as Bio_HFO | Same as Bio_HFO |
| LNG | Liquefied natural gas | Natural gas | Extraction and liquefaction | It has lower GHG emissions than oil derived fuels, is competitive in prices, and is already used in part of the fleet. |
| Bio_LNG | Biogas | Lignocellulose/wood biomass | Gasification | It has the same benefits as LNG but with the additional life cycle environmental impact reductions. |
| H2 | Hydrogen | Methane | Steam methane reforming with CCS | It has no carbon emissions in the point of operation |
| Bio_H2 | Hydrogen | Lignocellulose/wood biomass | Gasification | It has the potential of being a carbon negative fuel. |
| MeOH | Methanol | Methane | Reforming and synthesis | It has lower carbon content on a mass basis and has good compatibility with dual fuel engines |
| Bio-MeOH | Methanol | Lignocellulose/wood biomass | Gasification | It has the potential of being a carbon negative fuel and its liquid physical form gives it an advantage from the storage point of view. It can be used as feedstock for other alternative fuels production (DME) and as additive for conventional fuels. |

*The names of these fuel types are for the purposes of this study only and may differ from formal definitions, either existing or under development (e.g. ISO Marine Fuel Standards)

Σχήμα 9 Εναλλακτικοί Τύποι Καυσίμων-UCLL/Lloyds Register

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Νηογνώμονες

Η θέση των νηογνώμωνων, όπως συμβαίνει σε κάθε περίπτωση νέων κανονισμών, είναι συμβουλευτική με την έννοια ότι εκδίδουν οδηγίες προς τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές των πλοίων προκειμένου για τη σωστή συμμόρφωση στους κανονισμούς. Κατά γενική ομολογία όλες οι Κλάσεις, βασίζονται στις οδηγίες του IMO για την έκδοση των δικών τους οδηγιών, όπου εκεί διαφοροποιούνται ανάλογα με τις προτάσεις που παραθέτουν προς στους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές. Ο Bureau Veritas σε ότι αφορά το μηχανολογικό εξοπλισμό για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, προτείνει τη παραμετροποίηση του συστήματος πρόωσης για λιγότερη κατανάλωση καυσίμων, την αποκοπή του turbocharger, για πλοία με μεγάλες κύριες μηχανές που έχουν συνήθως περισσότερα του ενός turbocharger, και την εισαγωγή της έννοιας της μεταβλητής περιοχής της τουρμπίνας, VTA¹⁶, όπου η περιοχή ανάλογα με το φορτίο, προοδευτικά μεγαλώνει μέχρι η μηχανή να πετύχει τα κανονικά επίπεδα MCR¹⁷. Οι Lloyd's προτείνουν τη βελτιστοποίηση της κύριας και βοηθητικής μηχανής, καθώς και μεθόδους ανάκτησης της χαμένης θερμότητας, ενώ ο DNV, παραπέμπει στη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας πάλι με ανάλογες διαδικασίες. Ο Κορεάτικος KR και ο Ιαπωνικός νηογνώμονας NKClass συμμετέχουν σε αρκετά ερευνητικά προγράμματα για την εύρεση καινοτομιών που θα μειώνουν το ναυτιλιακό αποτύπωμα στο περιβάλλον. Η Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων (IACS¹⁸) με την M59 εγκύκλιο αναφέρεται στις προϋποθέσεις για τη χρήση μηχανών διπλής καύσης, αφού η εναλλακτική αυτή ισχυροποιείται έναντι εκείνης του LNG σαν το μόνο καύσιμο, ή τη χρήση των πληντυρίδων. Η πιστοποίηση που παρέχεται από τις Κλάσεις και επικυρώνει ένα πλοίο και την αντίστοιχη πλοιοκτήτρια είναι το πιστοποιητικό Ενεργειακής Διαχείρισης, βάσει του προτύπου ISO 50001, η εισαγωγή του οποίου πραγματοποιήθηκε το 2011 από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης. Τα πρώτα ελληνικά πλοία που πιστοποιήθηκαν με το πρότυπο ISO 50001 ανήκουν στην Arcadia Shipmanagement Co, η οποία πιστοποιείται από το Νορβηγικό νηογνώμονα DNV και παρατίθεται ενδεικτικά το αντίστοιχο έγγραφο.

¹⁶ Variable Turbine Area

¹⁷ Maximum Continuous Revolution

¹⁸ International Association of Classification Societies



DNV BUSINESS ASSURANCE

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate No. 120981-2012-AE-NOR-DNV

This is to certify that the Management System of

Arcadia Shipmanagement Co Ltd

at

8, Dragatsaniou Street, GR-10559 Athens, Greece

has been found to conform to the Management System Standard:

ISO 50001:2011

This Certificate is valid for the following product or service ranges:

Shore-based management of oil-tankers

Initial Certification date:

2012.08.14

This Certificate is valid until:

2014.05.22

The audit has been performed under the supervision of

F. Healy
Lead Auditor

Place and date:

Høvik, 2012.08.14

for the Accredited Unit:
**DET NORSKE VERITAS
CERTIFICATION AS, NORWAY**


Jan-Kåld Brembo
Management Representative

Lack of fulfilment of conditions as set out in the Certification Agreement may render this Certificate invalid.

ACCREDITED BY: DET NORSKE VERITAS CERTIFICATION AS, VERITANSVEI 1, 1321, HØVIK, NORWAY. TEL: +47 6757 9900. WWW.DNVAS.NO

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ρυθμιστικό Πλαίσιο

Η ανάγκη για μακρά βιωσιμότητα έτρεψε τα κανονιστικά όργανα στην θεσμοθέτηση τέτοιων κανόνων, ώστε να μειωθεί η ρύπανση στο επίπεδο που αυτή αφορά τις εκπομπές ρύπων από τους ναυτικούς κινητήρες. Οι ατμοσφαιρικοί αυτοί ρύποι μπορούν να συγκεντρωθούν στους παρακάτω:

- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια PM¹⁹
- Οξείδια του θείου SO_x
- Οξείδια του αζώτου NO_x
- Διοξείδιο του άνθρακα CO₂
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Πτητικές ενώσεις (VOC²⁰)

Για την αντιμετώπιση και τον περιορισμό των παραπάνω έχουν εκδοθεί αντίστοιχοι κανόνες προς συμμόρφωση.

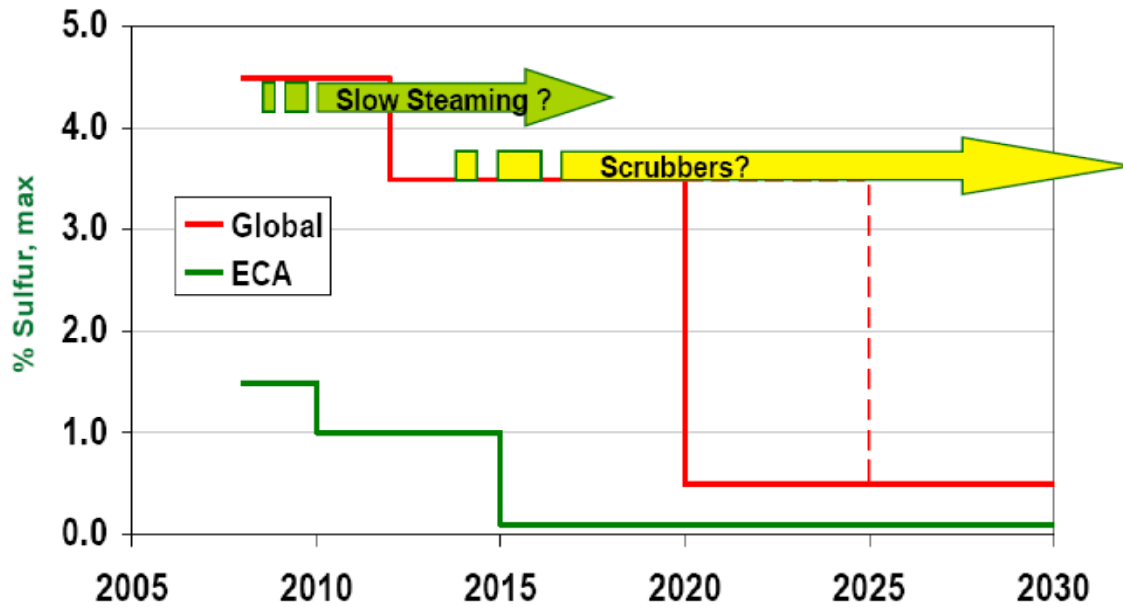
Συνοπτικά, ο IMO το 2008 εξέδωσε το παράρτημα VI της MARPOL 73/78, όπου αναφέρεται στους κανονισμούς για την πρόληψη του αέρα από τα πλοία. Αυτός εξετάστηκε λεπτομερώς, και τέθηκε σε ισχύ μετά τη συμπλήρωση των ανάλογων επικυρώσεων από τις διάφορες χώρες-μέλη του οργανισμού. Συνοδευτικά με τους κανονισμούς του παραρτήματος VI MARPOL 73/78, έχουν εκδοθεί οδηγίες για την εφαρμογή του από την Ναυτιλιακή Περιβαλλοντική Επιτροπή Προστασίας, εντός των οποίων περιγράφονται πολιτικές και δράσεις που πρέπει να υιοθετήσουν οι εταιρίες. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχει εκδοθεί η οδηγία 2012/33/EK για την περιεκτικότητα των καυσίμων του πλοίου σε θείο. Σύμφωνα με αυτή εντός των περιοχών ελέγχου των ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το μέγιστο ποσοστό σε θειάφι θα είναι 0,1% με έτος έναρξης το 2015, και μέγιστο ποσοστό σε θειάφι εντός των ευρωπαϊκών υδάτων το 0,5% με έτος έναρξης το 2020. Μέγιστο ποσοστό το 3,5% σε περιοχές εντός των κρατών μελών, εκτός κι αν τα πλοία είναι εξοπλισμένα με πληντυρίδες. Σε περίπτωση παραβίασης των κανόνων, θα υπάρχει πρόστιμο και άλλες κυρώσεις. Η Ευρωπαϊκή επιτροπή με απόφασή της το 2013 ανακοίνωσε της σύσταση του φόρουμ για τη βιώσιμη ναυτιλία ESSF²¹, σκοπός του οποίου είναι η εφαρμογή πολιτικών που θα ενισχύσουν τη βιωσιμότητα και αφορούν τη ναυτιλία. Η αρκετά περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένη Αμερική έχει και αυτή κανονισμό για τους αέριους ρύπους. Συγκεκριμένα, στην πολιτεία της Καλιφόρνιας

¹⁹ Particulate Material

²⁰ Volatile Organic Component

²¹ The European Sustainable Shipping Forum

έχει εκδώσει κανονισμούς για τα πλοία που πλέουν εντός των 24 μιλίων από την ακτογραμμή, και στα οποία επιβάλλεται να χρησιμοποιούν MDO σύστασης μικρότερης από 0,5% σε θειάφι και MGO με μέγιστη περιεκτικότητα σε θειάφι 1,5%. Ο πίνακας που ακολουθεί απεικονίζει τις διάφορες ημερομηνίες για τη σταδιακή καθολική εφαρμογή των κανόνων των αέριων ρύπων.



Σχήμα 10 Στάδια Εφαρμογής του MARPOL VI

Στην Ελλάδα το παράρτημα της MARPOL VI έχει επικυρωθεί με το νόμο Ν. 3104/2003 Κύρωση του Πρωτοκόλλου του 1997 που τροποποιεί τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη Ρύπανσης από τα Πλοία του 1973, όπως τροποποιήθηκε από το πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή, που δημοσιεύτηκε στις 10 Φεβρουαρίου του έτους 2003 στο ΦΕΚ. 28 Αντίστοιχα το 2010 υπεγράφη Προεδρικό Διάταγμα για την αποδοχή των τροποποιήσεων του παραρτήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Προγράμματα

Στα πλαίσια έρευνας προκειμένου για την ανάπτυξη πολιτικών και δράσεων περιβαλλοντικά προσανατολισμένων και τη συμμόρφωση με τους διεθνείς και εθνικούς κανόνες για την ρύπανση του αέρα από τα πλοία, σε συγχρηματοδότηση με την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και άλλους φορείς, έχουν αναπτυχθεί διάφορα έργα οι ομάδες των οποίων μελετούν, και ερευνούν τις εκπομπές αερίων από τα πλοία, πως αυτές επηρεάζουν το περιβάλλον, αλλά και τρόπους για την αντιμετώπιση της πρόκλησης αυτής, τόσο βραχυπρόθεσμα, αλλά και σε μακροχρόνια κλίμακα.

Το eGreenShip υλοποιήθηκε με πόρους από την Ευρωπαϊκή Ένωση, και εθνικές χρηματοδοτήσεις. Αυτό πρόκειται για ένα σύστημα με τη συνεργασία με του Πολυτεχνείου της Κρήτης, του τμήματος Ναυπηγικής του ΤΕΙ της Αθήνας και της εταιρίας Avaca Τεχνολογίες, το οποίο συλλέγει πληροφορίες και επεξεργάζεται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τις διάφορες παραμέτρους του πλοίου, οι οποίες στη συνέχεια αναλύονται, διαγιγνώσκονται όποιες βλάβες και αναζητούνται λύσεις αντιμετώπισης βάσει οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων.

Το EffShip πρόκειται για ένα αντίστοιχα περιβαλλοντικά προσανατολισμένο πρόγραμμα που στοχεύει στην εξοικονόμηση ενέργειας από τα πλοία. Αυτό υλοποιείται με τη συμμετοχή της Σουηδικής συμβουλευτικής εταιρίας SSPA, της ScandiNAOS που ειδικεύεται στο σχεδιασμό πλοίων, της Wartsila κατασκευάστριας μηχανών, της S-MAN εταιρίας σε συστήματα θέρμανσης, της DEC Marine εταιρία που παρέχει λύσεις μείωσης του διοξειδίου του αζώτου, της Chalmers που καλύπτει θέματα εκπαίδευσης, της StoraEnso εταιρίας πώλησης προϊόντων χάρτου, και τέλος της Gotenburg Energy εταιρίας παραγωγής και παροχής ενέργειας.

Μεγάλη δράση στην πράσινη τεχνολογία εντοπίζεται και από τον κορεάτικο νηογνώμονα, του οποίου το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης απαριθμεί οκτ ολίγα προγράμματα, ο προϋπολογισμός των οποίων ανέρχεται σε υψηλά επίπεδα κόστους. Οι εικόνες παρακάτω δείχνουν τη λίστα με τα εν λόγω προγράμματα.

| Project Name | Organizer | Fund | Period |
|---|------------------|---------------|-----------|
| Development of the key technology for a ship drag reduction and propulsion efficiency improvement | MOERI KR | 18.6 Mil. EUR | 2011~2015 |
| Development of New Propulsion System for Fuel Saving of Ships | SHI KR | 9.0 Mil. EUR | 2011~2015 |
| Development of energy saving devices to improve resistance and propulsion performances for various types of ships and real ship application | HHI KR | 9.0 Mil. EUR | 2011~2015 |
| Development to the mid-low temperature waste heat recovery power system for ships | SGT(POSCO) KR | 12.8 Mil. EUR | 2011~2015 |
| Development of Enabling Technology for Hybrid Power Source with Fuel Cell | KR | 3.2 Mil. EUR | 2011~2013 |

| Project Name | Organizer | Fund | Period |
|--|-----------|---------------|-----------|
| Development of TCS(Testing, Certification and Standards) System for Green Ship | KR | 25.6 Mil. EUR | 2011~2015 |
| Development of Waste Heat Recovery System Using Thermo-Electric Technology | (KR) | 7.7 Mil. EUR | 2012~2015 |
| Development of Emission Free Ship(incl. Gas Fuel Supply and Storage System and Application Technology of Renewable Energy) | (KR) | 38.4 Mil. EUR | 2012~2015 |
| Development of Power Management System for Green Ship with Electric Propulsion System | (KR) | 9.6 Mil. EUR | 2012~2016 |
| Development of Carbon Capture and Storage System | (KR) | 14.8 Mil. EUR | 2013~2017 |
| Development of reduction technology for Black Carbon and Particulate Matter | (KR) | 6.4 Mil. EUR | 2012~2015 |
| Development Best Practice for each Ship Type with Various Navigation Route | (KR) | 12.8 Mil. EUR | 2012~2016 |

Σχήμα 11 Προγράμματα Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Πλοία, Κορεάτικος Νηογνώμονας

Αρκετή ενασχόληση δείχνει να έχει και ο Ιαπωνικός νηογνώμονας, οποίος συμμετέχει σε παραπάνω από 6 προγράμματα σε συνεργασία με διάφορους φορείς, επιγραμματικά με τις Mitsui OSK Lines, Mitsubishi, αλλά και με άλλους όπως η Universal Shipbuilding, το Japan Marine Science, Kawasaki Technology, Sanyo Electric.

Συμπεράσματα

Στα πλοία για να μειώσουμε την συνολική κατανάλωση καυσίμου ακολουθούμε 2 βασικές μεθόδους. Η πρώτη αφορά την βελτιστοποίηση της γάστρας του πλοίου ώστε να έχει μικρότερη αντίσταση στο νερό, άρα ζήτηση ενέργειας από τις μηχανές του πλοίου. Η δεύτερη βελτιστοποιεί την προπέλα του πλοίου για να έχει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης κατά την περιστροφή της επομένως και αυτή να ζητά με τη σειρά της λιγότερη ενέργεια από την μηχανή. Αυτές όλες οι μέθοδοι αφορούν μείωση ζήτησης ενέργειας. Στην θερμική μηχανή Ντήζελ, οι κατασκευαστές έχουν κάνει τροποποιήσεις στη γεωμετρία, στην καύση στην εναλλαγή αερίων που μειώνουν για δεδομένη ζήτηση ενέργειας, το απαιτούμενο καύσιμο. Συνεπώς έχουμε μείωση του καυσίμου. Στις θερμικές μηχανές έχουμε άνω του 55% θερμικές απώλειες, υπάρχουν τρόποι εξοικονόμησης από τα καυσαέρια. Ο πιο συνήθης τρόπος είναι η παραγωγή ατμού με ένα καζάνι (exhaust gas boiler) ο οποίος ατμός χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του πλοίου. Σε μεγάλες ισχύες, η εγκατάσταση μίας στροβιλογεννήτριας που στρέφεται με την ορμή των καυσαερίων και δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα, οπότε έχουμε τα συστήματα ανάκτησης της αποβαλλόμενης ενέργειας (heat recovery systems). Οι κυψέλες καυσίμου, παράγουν ηλεκτρισμό μέσω χημικών αντιδράσεων. Αυτές δεν έχουν κινούμενα μέρη συνεπώς έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, άρα χρησιμοποιούν λιγότερο καύσιμο για να παράξουν την ίδια ισχύ. Στις περιπτώσεις των εναλλακτικών καυσίμων, αναπτύχθηκαν η μεθανόλη και το υδροποιημένο αέριο, τα οποία και τα δύο φαίνονται να έχουν ολοένα και αυξανόμενους υποστηρικτές. Για εκείνους που θα συνεχίσουν στη χρήση πετρελαιοειδών, παρά τις προβλέψεις για αύξηση στις τιμές των ορυκτών καυσίμων, θα πρέπει να είναι ιδιαιτέρως σχολαστικοί στις διαδικασίες μετάβασης μεταξύ διαφορετικών βαθμών πετρελαίων, ενώ θα πρέπει να επιβεβαιώνεται πως τα πετρέλαια που λαμβάνονται τηρούν τις προδιαγραφές του ISO 8217 για τα ναυτιλιακά καύσιμα.

Η βελτιστοποίηση τόσο του προφίλ του πλοίου σε επίπεδο αρχιτεκτονικής, αλλά και χωροταξικής διάταξης των μερών που το αποτελούν μπορεί να συνδράμει στην καλύτερη αξιοποίηση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, ώστε αυτή να επαναχρησιμοποιείται.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός, τα καύσιμα που χρησιμοποιεί, καθώς και τα συστήματα πρόωσης αποδεικνύονται ακρογωνιαίος λίθος προς μια φιλικότερη προς το περιβάλλον ναυτιλία, αφού η κατάλληλη προσαρμογή τους στους νέους κανόνες είναι απαραίτητη. Το πλοίο είναι το οικονομικότερο και λιγότερο ρυπογόνο μέσο μεταφοράς, και ο όγκος απασχόλησής του είναι δαιδαλώδης, αν μόνο αναλογιστούμε ότι τα 2/3 του εμπορίου μεταφέρονται δια θαλάσσης. Τα παραπάνω είναι θεωρητικές οδηγίες και εκείνοι που καλούνται να απαντήσουν στις προκλήσεις των καιρών είναι οι απασχολούμενοι στο ναυτιλιακό χώρο, οι εφοπλιστές θα πρέπει να συνεργαστούν, να επενδύσουν στην κινητή αυτή επιχείρηση που λέγεται πλοίο, αλλά και στον ανθρώπινο παράγοντα, να στοχοθετήσουν στη βιωσιμότητα, και να πορευτούν ως έτσι. Πρόσφατα παραδόθηκαν δύο δεξαμενόπλοια πλοιοκτησίας της Aegean Shipping Management, τα MT Green Planet και MT Green Sea, τα οποία είναι εξοπλισμένα με τεχνολογίες για τη μείωση των ρύπων, και των οποίων οι κύριες μηχανές αποδίδουν υψηλά μέσω ενός ηλεκτρονικά ελεγχόμενου συστήματος λειτουργίας. Οι προσπάθειες προς μια λιγότερο ρυπογόνα και περισσότερο αποδοτική ναυτιλία επιβάλλεται να βρίσκει αρωγούς όλους τους κανονιστικούς φορείς και αυτό να μεταφράζεται σε ανάλογες δράσεις.

Βιβλιογραφία

- (2012). *Additional Class Notation on SEEMP*. Bureau Veritas .
- (n.d.). *ARGONON-Sustainable Ship*. Argonon Shipping.
- Bertram, V. (2012). *Practicle Ship Hydrodynamics 2nd Edition*. Oxford: Elsevier.
- Carlton, J. (2012). *Marine Propellers and Propulsion 3rd Edition*. Oxford: Elsevier ltd.
- (2010). *ClassNK Approach to Reducing Green House Gas Emmissions from Ships* .
ClassNK.
- (2011). *Coherent Energy & Environmental System Analysis*. CEESA.
- (2008). *EffShip Project Description*.
- (2013). *European Decision- Setting up the Group of Experts on MARitime transport Sunstainability- The ESSF*. European Commission.
- (2013). *Future Scenarios Towards 2030 For Deep Sea Shipping*. Oslo: DNV.
- Gert Jan Zondervan, Bram Starke. (n.d.). *Advances in Full Scale Wake Field Predictions and The Implications for the Propeller Design*. Wangeningen: MARIN.
- (2014). *Global Marine Trends 2030*. London: Lloyds Register in Association with UCL.
- Hughes, E. (2013). *A New Chapter of MARPOL Annex VI- requirements of Technical and Operational Measures To Improve The Energy Efficiency of International Shipping*. London: IMO.
- (2012). *Innovatinve Ship Design for Sustainable Growth- Green Shipping Technology*.
KR Register.
- (2009). *MARPOL 73/78 Annexi VI: Technical & Operational Implications*. Hovik: DNV.
- MARPOL Annex VI and NTC 2008 With Guidelines for Implementation*. (2013). London:
IMO.
- MARPOL Consolidated Edition 2011*. (2011). London: IMO.
- MEPC 1/Circ. 684. (2009, August 19). *Guidelines For Voluntary Use Of The Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)*. London: IMO.
- (2011). *Methanol as a Marine Fuel-The METHAPU Project* . Lloyds Register.

- Molland, A. (2008). *The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation* . Oxford : Elsevier ltd.
- Passage Planning Guidelines*. (2014). London: Witherby Seamanship.
- Piciocchi, R. (2014). *LNG as a Marine Fuel*. ABS.
- Principles of Naval Engineering* . (1958). Bureau of Naval Personnel .
- Ralph McGill, William Remley, Kim Winther. (2013). *Alternative Fuel for Marine Applications*. IEA.
- (2013). *Requirments Concerning Machinery Installations*. IACS.
- Resolution MEPC 213(63). (2012, March 2). *2012 Guidelines For The Development Of A Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*. London: IMO.
- Second IMO Green Housse Gases Study . (2009). London: IMO.
- (2013). *SOx Reduction-Class Involment*. Hovik: DNV.
- Statutory Update. (2012, November 15). *Managing Risk*. Hovik: DNV.
- (2013). *STCW, A Guide to The Seafares Taking Into Account the 2010 Manila Amendments*. London: ITF.
- (2011). *The Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships*. ICCT.
- Yuji Ohta, Keiichi Shiraishi, Yoshihiro Ichiki. (2011). Development of Super Waste Heat Recovery System for Marine Diesel Engine. *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 48 Nr. 1*.
- Ένωση, Ε. (2012). *Οδηγία 2012/33/ΕΕ για την Τροποποίηση του 199/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων των πλοίων σε θείο*.

Παράρτημα Ι Οδηγίες για τη Δημιουργία Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου

MEPC 63/23
Annex 9, page 1

ANNEX 9

RESOLUTION MEPC.213(63)

Adopted on 2 March 2012

2012 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)

THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE,

RECALLING article 38(a) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Marine Environment Protection Committee (the Committee) conferred upon it by International Conventions for the prevention and control of marine pollution,

RECALLING ALSO that, at its sixty-second session, the Committee adopted, by resolution MEPC.203(62), amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI),

NOTING the amendments to MARPOL Annex VI adopted at its sixty-second session by inclusion of a new chapter 4 for regulations on energy efficiency for ships, are expected to enter into force on 1 January 2013 upon their acceptance on 1 July 2012,

NOTING ALSO that regulation 22 of MARPOL Annex VI, as amended, requires each ship to keep on board a ship specific Ship Energy Efficiency Management Plan taking into account guidelines developed by the Organization,

RECOGNIZING that the amendments to MARPOL Annex VI requires the adoption of relevant guidelines for smooth and uniform implementation of the regulations and to provide sufficient lead time for industry to prepare,

HAVING CONSIDERED, at its sixty-third session, the draft 2012 Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP),

1. ADOPTS the 2012 Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), as set out at annex to the present resolution;
2. INVITES Administrations to take the annexed Guidelines into account when developing and enacting national laws which give force to and implement provisions set forth in regulation 22 of MARPOL Annex VI, as amended;
3. REQUESTS the Parties to MARPOL Annex VI and other Member Governments to bring the annexed Guidelines related to the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) to the attention of masters, seafarers, shipowners, ship operators and any other interested groups;
4. AGREES to keep these Guidelines under review in light of the experience gained; and
5. REVOKES the Guidance circulated by MEPC.1/Circ.683, as from this date.

E:\MEPC\63\23.doc

ANNEX

2012 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A
SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)

CONTENTS

- 1 INTRODUCTION
 - 2 DEFINITIONS
 - 3 GENERAL
 - 4 FRAMEWORK AND STRUCTURE OF THE SEEMP
 - 5 GUIDANCE ON BEST PRACTICES FOR FUEL-EFFICIENT OPERATION OF SHIPS
- APPENDIX – A SAMPLE FORM OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)

1 INTRODUCTION

1.1 These Guidelines have been developed to assist with the preparation of Ship Energy Efficiency Management Plan (hereafter referred to as the "SEEMP") that are required by regulation 22 of Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78) (hereafter referred to as the "Convention").

1.2 A SEEMP provides a possible approach for monitoring ship and fleet efficiency performance over time and some options to be considered when seeking to optimize the performance of the ship.

1.3 These Guidelines should be used primarily by ships' masters, operators and owners in order to develop the SEEMP.

1.4 A sample form of a SEEMP is presented in the appendix for illustrative purposes.

2 DEFINITIONS

2.1 For the purpose of these Guidelines, the definitions in the Annex VI of the Convention apply.

2.2 "Company" means the owner of the ship or any other organization or person such as the manager, or the bareboat charterer, who has assumed the responsibility for operation of the ship from the shipowner.

2.3 "Safety Management system" means a structured and documented system enabling company personnel to implement effectively the company safety and environmental protection policy, as defined in paragraph 1.1 of International Safety Management Code.

3 GENERAL

3.1 In global terms it should be recognized that operational efficiencies delivered by a large number of ship operators will make an invaluable contribution to reducing global carbon emissions.

3.2 The purpose of a SEEMP is to establish a mechanism for a company and/or a ship to improve the energy efficiency of a ship's operation. Preferably, the ship-specific SEEMP is linked to a broader corporate energy management policy for the company that owns, operates or controls the ship, recognizing that no two shipping companies are the same, and that ships operate under a wide range of different conditions.

3.3 Many companies will already have an environmental management system (EMS) in place under ISO 14001 which contains procedures for selecting the best measures for particular vessels and then setting objectives for the measurement of relevant parameters, along with relevant control and feedback features. Monitoring of operational environmental efficiency should therefore be treated as an integral element of broader company management systems.

3.4 In addition, many companies already develop, implement and maintain a Safety Management System. In such case, the SEEMP may form part of the ship's Safety Management System.

3.5 This document provides guidance for the development of a SEEMP that should be adjusted to the characteristics and needs of individual companies and ships. The SEEMP is intended to be a management tool to assist a company in managing the ongoing environmental performance of its vessels and as such, it is recommended that a company develops procedures for implementing the plan in a manner which limits any onboard administrative burden to the minimum necessary.

3.6 The SEEMP should be developed as a ship-specific plan by the company. The SEEMP seeks to improve a ship's energy efficiency through four steps: *planning, implementation, monitoring, and self-evaluation and improvement*. These components play a critical role in the continuous cycle to improve ship energy management. With each iteration of the cycle, some elements of the SEEMP will necessarily change while others may remain as before.

3.7 At all times safety considerations should be paramount. The trade a ship is engaged in may determine the feasibility of the efficiency measures under consideration. For example, ships that perform services at sea (pipe laying, seismic survey, OSVs, dredgers, etc.) may choose different methods of improving energy efficiency when compared to conventional cargo carriers. The length of voyage may also be an important parameter as may trade specific safety considerations.

4 FRAMEWORK AND STRUCTURE OF THE SEEMP

4.1 Planning

4.1.1 Planning is the most crucial stage of the SEEMP, in that it primarily determines both the current status of ship energy usage and the expected improvement of ship energy efficiency. Therefore, it is encouraged to devote sufficient time to planning so that the most appropriate, effective and implementable plan can be developed.

Ship-specific measures

4.1.2 Recognizing that there are a variety of options to improve efficiency – speed optimization, weather routing and hull maintenance, for example – and that the best package of measures for a ship to improve efficiency differs to a great extent depending upon ship type, cargoes, routes and other factors, the specific measures for the ship to improve energy efficiency should be identified in the first place. These measures should be listed as a package of measures to be implemented, thus providing the overview of the actions to be taken for that ship.

4.1.3 During this process, therefore, it is important to determine and understand the ship's current status of energy usage. The SEEMP then identifies energy-saving measures that have been undertaken, and determines how effective these measures are in terms of improving energy efficiency. The SEEMP also identifies what measures can be adopted to further improve the energy efficiency of the ship. It should be noted, however, that not all measures can be applied to all ships, or even to the same ship under different operating conditions and that some of them are mutually exclusive. Ideally, initial measures could yield energy (and cost) saving results that then can be reinvested into more difficult or expensive efficiency upgrades identified by the SEEMP.

4.1.4 Guidance on Best Practices for Fuel-Efficient Operation of Ships set out in chapter 5, can be used to facilitate this part of the planning phase. Also, in the planning process, particular consideration should be given to minimize any onboard administrative burden.

Company-specific measures

4.1.5 The improvement of energy efficiency of ship operation does not necessarily depend on single ship management only. Rather, it may depend on many stakeholders including ship repair yards, shipowners, operators, charterers, cargo owners, ports and traffic management services. For example, "Just in time" – as explained in 5.5 – requires good early communication among operators, ports and traffic management service. The better coordination among such stakeholders is, the more improvement can be expected. In most cases, such coordination or total management is better made by a company rather than by a ship. In this sense, it is recommended that a company also establish an energy management plan to manage its fleet (should it not have one in place already) and make necessary coordination among stakeholders.

Human resource development

4.1.6 For effective and steady implementation of the adopted measures, raising awareness of and providing necessary training for personnel both on shore and on board are an important element. Such human resource development is encouraged and should be considered as an important component of planning as well as a critical element of implementation.

Goal setting

4.1.7 The last part of planning is goal setting. It should be emphasized that the goal setting is voluntary, that there is no need to announce the goal or the result to the public, and that neither a company nor a ship are subject to external inspection. The purpose of goal setting is to serve as a signal which involved people should be conscious of, to create a good incentive for proper implementation, and then to increase commitment to the improvement of energy efficiency. The goal can take any form, such as the annual fuel consumption or a specific target of Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). Whatever the goal is, the goal should be measurable and easy to understand.

4.2 Implementation

Establishment of implementation system

4.2.1 After a ship and a company identify the measures to be implemented, it is essential to establish a system for implementation of the identified and selected measures by developing the procedures for energy management, by defining tasks and by assigning them to qualified personnel. Thus, the SEEMP should describe how each measure should be implemented and who the responsible person(s) is. The implementation period (start and end dates) of each selected measure should be indicated. The development of such a system can be considered as a part of planning, and therefore may be completed at the planning stage.

Implementation and record-keeping

4.2.2 The planned measures should be carried out in accordance with the predetermined implementation system. Record-keeping for the implementation of each measure is beneficial for self-evaluation at a later stage and should be encouraged. If any identified measure cannot be implemented for any reason(s), the reason(s) should be recorded for internal use.

4.3 Monitoring

Monitoring tools

4.3.1 The energy efficiency of a ship should be monitored quantitatively. This should be done by an established method, preferably by an international standard. The EEOI developed by the Organization is one of the internationally established tools to obtain a quantitative indicator of energy efficiency of a ship and/or fleet in operation, and can be used for this purpose. Therefore, EEOI could be considered as the primary monitoring tool, although other quantitative measures also may be appropriate.

4.3.2 If used, it is recommended that the EEOI is calculated in accordance with the Guidelines developed by the Organization (MEPC.1/Circ.684), adjusted, as necessary, to a specific ship and trade.

4.3.3 In addition to the EEOI, if convenient and/or beneficial for a ship or a company, other measurement tools can be utilized. In the case where other monitoring tools are used, the concept of the tool and the method of monitoring may be determined at the planning stage.

Establishment of monitoring system

4.3.4 It should be noted that whatever measurement tools are used, continuous and consistent data collection is the foundation of monitoring. To allow for meaningful and consistent monitoring, the monitoring system, including the procedures for collecting data and the assignment of responsible personnel, should be developed. The development of such a system can be considered as a part of *planning*, and therefore should be completed at the planning stage.

4.3.5 It should be noted that, in order to avoid unnecessary administrative burdens on ships' staff, monitoring should be carried out as far as possible by shore staff, utilizing data obtained from existing required records such as the official and engineering log-books and oil record books, etc. Additional data could be obtained as appropriate.

Search and Rescue

4.3.6 When a ship diverts from its scheduled passage to engage in search and rescue operations, it is recommended that data obtained during such operations is not used in ship energy efficiency monitoring, and that such data may be recorded separately.

4.4 Self-evaluation and Improvement

4.4.1 *Self-evaluation and Improvement* is the final phase of the management cycle. This phase should produce meaningful feedback for the coming first stage, i.e. planning stage of the next improvement cycle.

4.4.2 The purpose of self-evaluation is to evaluate the effectiveness of the planned measures and of their implementation, to deepen the understanding on the overall characteristics of the ship's operation such as what types of measures can/cannot function effectively, and how and/or why, to comprehend the trend of the efficiency improvement of that ship and to develop the improved SEEMP for the next cycle.

4.4.3 For this process, procedures for self-evaluation of ship energy management should be developed. Furthermore, self-evaluation should be implemented periodically by using data collected through monitoring. In addition, it is recommended to invest time in identifying the cause-and-effect of the performance during the evaluated period for improving the next stage of the management plan.

5 GUIDANCE ON BEST PRACTICES FOR FUEL-EFFICIENT OPERATION OF SHIPS

5.1 The search for efficiency across the entire transport chain takes responsibility beyond what can be delivered by the owner/operator alone. A list of all the possible stakeholders in the efficiency of a single voyage is long; obvious parties are designers, shipyards and engine manufacturers for the characteristics of the ship, and charterers, ports and vessel traffic management services, etc., for the specific voyage. All involved parties should consider the inclusion of efficiency measures in their operations both individually and collectively.

Fuel-Efficient Operations

Improved voyage planning

5.2 The optimum route and improved efficiency can be achieved through the careful planning and execution of voyages. Thorough voyage planning needs time, but a number of different software tools are available for planning purposes.

5.3 IMO resolution A.893(21) (25 November 1999) on "Guidelines for voyage planning" provides essential guidance for the ship's crew and voyage planners.

Weather routing

5.4 Weather routing has a high potential for efficiency savings on specific routes. It is commercially available for all types of ship and for many trade areas. Significant savings can be achieved, but conversely weather routing may also increase fuel consumption for a given voyage.

Just in time

5.5 Good early communication with the next port should be an aim in order to give maximum notice of berth availability and facilitate the use of optimum speed where port operational procedures support this approach.

5.6 Optimized port operation could involve a change in procedures involving different handling arrangements in ports. Port authorities should be encouraged to maximize efficiency and minimize delay.

Speed optimization

5.7 Speed optimization can produce significant savings. However, optimum speed means the speed at which the fuel used per tonne mile is at a minimum level for that voyage. It does not mean minimum speed; in fact, sailing at less than optimum speed will consume more fuel rather than less. Reference should be made to the engine manufacturer's power/consumption curve and the ship's propeller curve. Possible adverse consequences of slow speed operation may include increased vibration and problems with soot deposits in combustion chambers and exhaust systems. These possible consequences should be taken into account.

5.8 As part of the speed optimization process, due account may need to be taken of the need to coordinate arrival times with the availability of loading/dischARGE berths, etc. The number of ships engaged in a particular trade route may need to be taken into account when considering speed optimization.

5.9 A gradual increase in speed when leaving a port or estuary whilst keeping the engine load within certain limits may help to reduce fuel consumption.

5.10 It is recognized that under many charter parties the speed of the vessel is determined by the charterer and not the operator. Efforts should be made when agreeing charter party terms to encourage the ship to operate at optimum speed in order to maximize energy efficiency.

Optimized shaft power

5.11 Operation at constant shaft RPM can be more efficient than continuously adjusting speed through engine power (see paragraph 5.7). The use of automated engine management systems to control speed rather than relying on human intervention may be beneficial.

Optimized ship handling

Optimum trim

5.12 Most ships are designed to carry a designated amount of cargo at a certain speed for a certain fuel consumption. This implies the specification of set trim conditions. Loaded or unloaded, trim has a significant influence on the resistance of the ship through the water and optimizing trim can deliver significant fuel savings. For any given draft there is a trim condition that gives minimum resistance. In some ships, it is possible to assess optimum trim conditions for fuel efficiency continuously throughout the voyage. Design or safety factors may preclude full use of trim optimization.

Optimum ballast

5.13 Ballast should be adjusted taking into consideration the requirements to meet optimum trim and steering conditions and optimum ballast conditions achieved through good cargo planning.

5.14 When determining the optimum ballast conditions, the limits, conditions and ballast management arrangements set out in the ship's Ballast Water Management Plan are to be observed for that ship.

5.15 Ballast conditions have a significant impact on steering conditions and autopilot settings and it needs to be noted that less ballast water does not necessarily mean the highest efficiency.

Optimum propeller and propeller inflow considerations

5.16 Selection of the propeller is normally determined at the design and construction stage of a ship's life but new developments in propeller design have made it possible for retrofitting of later designs to deliver greater fuel economy. Whilst it is certainly for consideration, the propeller is but one part of the propulsion train and a change of propeller in isolation may have no effect on efficiency and may even increase fuel consumption.

5.17 Improvements to the water inflow to the propeller using arrangements such as fins and/or nozzles could increase propulsive efficiency power and hence reduce fuel consumption.

Optimum use of rudder and heading control systems (autopilots)

5.18 There have been large improvements in automated heading and steering control systems technology. Whilst originally developed to make the bridge team more effective, modern autopilots can achieve much more. An Integrated Navigation and Command System can achieve significant fuel savings by simply reducing the distance sailed "off track". The principle is simple; better course control through less frequent and smaller corrections will minimize losses due to rudder resistance. Retrofitting of a more efficient autopilot to existing ships could be considered.

5.19 During approaches to ports and pilot stations the autopilot cannot always be used efficiently as the rudder has to respond quickly to given commands. Furthermore at certain stage of the voyage it may have to be deactivated or very carefully adjusted, i.e. heavy weather and approaches to ports.

5.20 Consideration may be given to the retrofitting of improved rudder blade design (e.g. "twist-flow" rudder).

Hull maintenance

5.21 Docking intervals should be integrated with ship operator's ongoing assessment of ship performance. Hull resistance can be optimized by new technology-coating systems, possibly in combination with cleaning intervals. Regular in-water inspection of the condition of the hull is recommended.

5.22 Propeller cleaning and polishing or even appropriate coating may significantly increase fuel efficiency. The need for ships to maintain efficiency through in-water hull cleaning should be recognized and facilitated by port States.

5.23 Consideration may be given to the possibility of timely full removal and replacement of underwater paint systems to avoid the increased hull roughness caused by repeated spot blasting and repairs over multiple dockings.

5.24 Generally, the smoother the hull, the better the fuel efficiency.

Propulsion system

5.25 Marine diesel engines have a very high thermal efficiency (~50%). This excellent performance is only exceeded by fuel cell technology with an average thermal efficiency of 60 per cent. This is due to the systematic minimization of heat and mechanical loss. In particular, the new breed of electronic controlled engines can provide efficiency gains. However, specific training for relevant staff may need to be considered to maximize the benefits.

Propulsion system maintenance

5.26 Maintenance in accordance with manufacturers' instructions in the company's planned maintenance schedule will also maintain efficiency. The use of engine condition monitoring can be a useful tool to maintain high efficiency.

5.27 Additional means to improve engine efficiency might include:

Use of fuel additives;
Adjustment of cylinder lubrication oil consumption;
Valve improvements;
Torque analysis; and
Automated engine monitoring systems.

Waste heat recovery

5.28 Waste heat recovery is now a commercially available technology for some ships. Waste heat recovery systems use thermal heat losses from the exhaust gas for either electricity generation or additional propulsion with a shaft motor.

5.29 It may not be possible to retrofit such systems into existing ships. However, they may be a beneficial option for new ships. Shipbuilders should be encouraged to incorporate new technology into their designs.

Improved fleet management

5.30 Better utilization of fleet capacity can often be achieved by improvements in fleet planning. For example, it may be possible to avoid or reduce long ballast voyages through improved fleet planning. There is opportunity here for charterers to promote efficiency. This can be closely related to the concept of "just in time" arrivals.

5.31 Efficiency, reliability and maintenance-oriented data sharing within a company can be used to promote best practice among ships within a company and should be actively encouraged.

Improved cargo handling

5.32 Cargo handling is in most cases under the control of the port and optimum solutions matched to ship and port requirements should be explored.

Energy management

5.33 A review of electrical services on board can reveal the potential for unexpected efficiency gains. However care should be taken to avoid the creation of new safety hazards when turning off electrical services (e.g. lighting). Thermal insulation is an obvious means of saving energy. Also see comment below on shore power.

5.34 Optimization of reefer container stowage locations may be beneficial in reducing the effect of heat transfer from compressor units. This might be combined as appropriate with cargo tank heating, ventilation, etc. The use of water-cooled reefer plant with lower energy consumption might also be considered.

Fuel Type

5.35 Use of emerging alternative fuels may be considered as a CO₂ reduction method but availability will often determine the applicability.

Other measures

5.36 Development of computer software for the calculation of fuel consumption, for the establishment of an emissions "footprint", to optimize operations, and the establishment of goals for improvement and tracking of progress may be considered.

5.37 Renewable energy sources, such as wind, solar (or photovoltaic) cell technology, have improved enormously in the recent years and should be considered for onboard application.

5.38 In some ports shore power may be available for some ships but this is generally aimed at improving air quality in the port area. If the shore-based power source is carbon efficient, there may be a net efficiency benefit. Ships may consider using onshore power if available.

5.39 Even wind assisted propulsion may be worthy of consideration.

5.40 Efforts could be made to source fuel of improved quality in order to minimize the amount of fuel required to provide a given power output.

Compatibility of measures

5.41 This document indicates a wide variety of possibilities for energy efficiency improvements for the existing fleet. While there are many options available, they are not necessarily cumulative, are often area and trade dependent and likely to require the agreement and support of a number of different stakeholders if they are to be utilized most effectively.

Age and operational service life of a ship

5.42 All measures identified in this document are potentially cost-effective as a result of high oil prices. Measures previously considered unaffordable or commercially unattractive may now be feasible and worthy of fresh consideration. Clearly, this equation is heavily influenced by the remaining service life of a ship and the cost of fuel.

Trade and sailing area

5.43 The feasibility of many of the measures described in this guidance will be dependent on the trade and sailing area of the vessel. Sometimes ships will change their trade areas as a result of a change in chartering requirements but this cannot be taken as a general assumption. For example, wind-enhanced power sources might not be feasible for short sea shipping as these ships generally sail in areas with high traffic densities or in restricted waterways. Another aspect is that the world's oceans and seas each have characteristic conditions and so ships designed for specific routes and trades may not obtain the same benefit by adopting the same measures or combination of measures as other ships. It is also likely that some measures will have a greater or lesser effect in different sailing areas.

5.44 The trade a ship is engaged in may determine the feasibility of the efficiency measures under consideration. For example, ships that perform services at sea (pipe laying, seismic survey, OSVs, dredgers, etc.) may choose different methods of improving energy efficiency when compared to conventional cargo carriers. The length of voyage may also be an important parameter as may trade specific safety considerations. The pathway to the most efficient combination of measures will be unique to each vessel within each shipping company.

APPENDIX

A SAMPLE FORM OF A SHIP EFFICIENCY ENERGY MANAGEMENT PLAN

| | | | |
|-----------------|--|-----------|--|
| Name of Vessel: | | GT: | |
| Vessel Type: | | Capacity: | |

| | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|--|
| Date of Development: | | Developed by: | |
| Implementation Period: | From: Until: | Implemented by: | |
| Planned Date of Next Evaluation: | | | |

1 MEASURES

| Energy Efficiency Measures | Implementation (Including the starting date) | Responsible Personnel |
|----------------------------|--|--|
| Weather Routing | <Example> Contracted with [Service providers] to use their weather routing system and start using on-trial basis as of 1 July 2012. | <Example> The master is responsible for selecting the optimum route based on the information provided by [Service providers]. |
| Speed Optimization | While the design speed (85% MCR) is 19.0 kt, the maximum speed is set at 17.0 kt as of 1 July 2012. | The master is responsible for keeping the ship's speed. The log-book entry should be checked every day. |
| | | |
| | | |

2 MONITORING

Description of monitoring tools

3 GOAL

Measurable goals

4 EVALUATION

Procedures of evaluation

(Annexes 10 to 34 to the report are contained in document MEPC 63/23/Add.1)

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|--|-----|
| Περίληψη | 1 |
| Abstract..... | 3 |
| Πρόλογος - Εισαγωγή..... | 4 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 SEEMP- Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου..... | 7 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μηχανολογικός Εξοπλισμός | 9 |
| 2. 1 Κυψέλες Καυσίμου-Fuel Cells | 10 |
| 2.2 Ανάκτηση Αποβαλλόμενης Ενέργειας | 13 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Καύσιμα..... | 14 |
| 3.1 LNG | 17 |
| 3.2 Μεθανόλη | 20 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Νηογνώμονες..... | 23 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ρυθμιστικό Πλαίσιο..... | 25 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Προγράμματα..... | 27 |
| Επίλογος - Συμπεράσματα | 29 |
| Βιβλιογραφία | 311 |
| Παράρτημα I Οδηγίες για τη Δημιουργία Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου..... | 33 |
| | |
| Σχήμα 1 Αρχή Λειτουργίας Κυψέλης Καυσίμου..... | 10 |
| Σχήμα 2 Διάγραμμα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Πλοίο με Κυψέλες Καυσίμου | 12 |
| Σχήμα 3 Σύστημα Ανάκτησης Θερμότητας από ΜΕΚ..... | 13 |
| Σχήμα 4 Επιλογές Χρήσης Καυσίμων-Έρευνα Lloyds | 16 |
| Σχήμα 5 Σημεία Πώλησης LNG και Λιμένες Πετρέλευσης..... | 18 |
| Σχήμα 6 Δίκτυο Πλοίου χρήσης LNG | 19 |
| Σχήμα 7 Δεξαμενή Μεθανόλης..... | 21 |
| Σχήμα 8 MV Udine-Δεξαμενή Μεθανόλης..... | 22 |
| Σχήμα 9 Εναλλακτικοί Τύποι Καυσίμων-UCLL/Lloyds Register | 22 |
| Σχήμα 10 Στάδια Εφαρμογής του MARPOL VI | 26 |
| Σχήμα 11 Προγράμματα Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Πλοία, Κορεάτικος Νηογνώμονας..... | 28 |