



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
(ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX EEDI)
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ
ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΜΕΤΡΑ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελευθέριος Α. Πάγκαλος

Επιβλέπων : Απόστολος Παπανικολάου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα , Ιούνιος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
(ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX EEDI)
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ
ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΜΕΤΡΑ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελευθέριος Α. Πάγκαλος

Επιβλέπων : Απόστολος Παπανικολάου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή :

.....
Απόστολος Παπανικολάου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κωνσταντίνος Σπύρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Ζαραφωνίτης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα , Ιούνιος 2011

.....
Ελευθέριος Α. Πάγκαλος
Διπλωματούχος Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Ελευθέριος Α. Πάγκαλος, 2011.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη

ΜΕΡΟΣ 1ο

1.0 Εισαγωγή.....	8
1.1 Ο μηχανισμός παραγωγής αερίων ρύπων από την ναυτιλία και τρόποι για την μείωση αυτών.....	9
1.2 Διαμόρφωση των εκπομπών αερίων από την Ναυτιλία.....	11
1.3 Γεωγραφικός επιμερισμός εκπομπών.....	13
1.4 Επιδράσεις στην ατμόσφαιρα και τον άνθρωπο.....	14
1.5 Μελλοντικές εξελίξεις	16
1.6 Συμπεράσματα.....	17
1.7 Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας.....	19

ΜΕΡΟΣ 2ο

2.1 Ανασκόπηση διεθνών κανονισμών για τον περιορισμό των αερίων ρύπων της Ναυτιλίας.....	20
2.2 Ιστορική εξέλιξη του δείκτη EEDI	22
2.3 Επεξήγηση των όρων στον τύπο υπολογισμού του EEDI.....	25
2.4 Μεθοδολογία προσδιορισμού του EEDI για τον υπάρχοντα στόλο.....	28

ΜΕΡΟΣ 3ο

3.1 Υπολογισμός του EEDI για τον υπάρχοντα στόλο (γραμμές αναφοράς).....	31
3.2 Υπολογισμός του EEDI για πλοία (tankers, bulk carriers, containerships) που κατασκευάζονται ή παραγέλλονται σήμερα.....	33
3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	51
3.4 Σχολιασμός παραγόντων που επηρεάζουν τον υπολογισμό του EEDI.....	52

ΜΕΡΟΣ 4ο

4.1	Είναι αναγκαία? Είναι δυνατή η μείωση ναυτιλιακών αερίων ρύπων?.....	54
4.2	Μέτρα που συντελούν στην σχεδίαση και κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων.....	62
4.3	Νέες ιδέες και απόψεις για σχεδίαση και κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων.....	80
4.4α	Μελέτη για τη κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων (FRATERNITY και SONIA)	90
4.4β	Σχολιασμος αποτελεσματος.....	97

ΜΕΡΟΣ 5ο

Βιβλιογραφία.....	98
-------------------	----

ΜΕΡΟΣ 6ο

Παραρτήματα.....	99	
6.1 Παράρτημα 1	Κορυφαίοι 30 κατασκευαστές (Ναυπηγεία) ανά κατηγορία μεγέθους για tankers, bulkers & containers.....	100
6.2 Παράρτημα 2	Quantum.....	114
6.3 Παράρτημα 3	Triality.....	139

Περίληψη

Με το ενδιαφέρον για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και την μόλυνση του περιβάλλοντος να αυξάνεται συνεχώς, γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη για έλεγχο και περιορισμούς στις πηγές που τα προκαλούν.

Η Ναυτιλία, παρά το γεγονός ότι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς είναι το ενεργειακά αποδοτικότερο, λόγω του συνεχώς αυξανόμενου μεγέθους της συνεισφέρει όλο και περισσότερο στις εκπομπές αερίων ρύπων, με φυσικό αποτέλεσμα την δρομολόγηση και θεσμοθέτηση μέτρων για περιορισμούς στις εκπομπές αυτές.

Στην Εργασία αυτή γίνεται καταρχήν μία καταγραφή των περιοριστικών μέτρων που έχουν ή πρόκειται να επιβληθούν στην Ναυτιλία, συμπεριλαμβανομένης της ιστορικής τους εξέλιξης, με έμφαση στον Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας στην Σχεδίαση νέων πλοίων (EEDI).

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία στην βάση δεδομένων LR-Fairplay γίνεται υπολογισμός του EEDI για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα από πλοία ορισμένων τύπων (tankers, bulk carriers και containerships) και μεγεθών που κατασκευάστηκαν τα τελευταία δύο χρόνια και είναι όμοια με αυτά που κατασκευάζονται ή παραγγέλλονται σήμερα στα Ναυπηγεία.

Τα υπολογισμένα με τον παραπάνω αναφερόμενο τρόπο EEDI συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές των Γραμμών Αναφοράς (Reference Line), όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί σύμφωνα με τις τελευταίες προτάσεις στον IMO.

Στη συνέχεια για συγκεκριμένα παραδείγματα πλοίων γίνεται υπολογισμός του EEDI σε δεύτερη, πιο ακριβείας προσέγγιση, στο πνεύμα των σχετικών οδηγιών του IMO (MEPC.1/Circ.681, Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships).

Καταγράφονται και σχολιάζονται οι παράμετροι και ο τρόπος που αυτές μπορούν να επηρεάσουν θετικά προς την κατεύθυνση της μείωσης του EEDI και γίνεται επίσης μία καταγραφή και σχολιασμός των Τεχνικών και Λειτουργικών μέτρων που μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων από την Ναυτιλία, όπως αυτά παρουσιάζονται σε διάφορες σχετικές μελέτες.

Παρουσιάζονται και σχολιάζονται νέες ιδέες και απόψεις για την κατασκευή αντιπροσωπευτικών τύπων πλοίου, όπου η επίδραση της εφαρμογής των παραπάνω αναφερομένων παραμέτρων στην μείωση εκπομπών αερίων ρύπων, στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στις οικονομικές επιπτώσεις, έχει μελετηθεί και ποσοτικοποιηθεί.

Τέλος στα παραπάνω αναφερόμενα συγκεκριμένα παραδείγματα πλοίων μελετάται η επίδραση της αναδρομικής εφαρμογής κάποιων τεχνικών και

λειτουργικών μέτρων στον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων και ειδικότερα στον υπολογισμό του EEDI.

ΜΕΡΟΣ 1ο

1.0 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή σαν συνέπεια της υπερθέρμανσης του πλανήτη μας καθώς και η τοπική η συνολική υποβάθμιση της ατμοσφαιρικής ποιότητας είναι περιβαλλοντικά προβλήματα υψηλά στην ημερήσια διάταξη τοπικών κυβερνήσεων και διεθνών οργανισμών.

Ήδη από το 1992 Επιτροπή του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) έθεσε τις αρχές για την σταθεροποίηση της γήινης ατμόσφαιρας μέσω της θεσμοθέτησης περιορισμών στις εκπομπές συγκεκριμένων αερίων ρύπων (Green House Gases) Αργότερα με το Πρωτόκολλο του Κyoto (Δεκεμβριος 1997) υπήρξε συμφωνία για περιορισμούς στις εκπομπές των 6 πιο επικίνδυνων αερίων ρύπων (CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs και SF₆) απο τις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες κατά συγκεκριμένα ποσοστά στην περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τις εκπομπές του 1990.

Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τα πλοία δεν περιλαμβάνονται στο Πρωτόκολλο αυτό.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα αέριους ρύπους που οδηγούν στα περιβαλλοντολογικά προβλήματα που αναφέρθηκαν προηγούμενα υπήρξαν αντικείμενο διάφορων μελετών.

Σύμφωνα με αυτές οι υπεύθυνες χημικές ενώσεις όσον αφορά στη ναυτιλία που προκαλούν τέτοιου είδους προβλήματα είναι βασικά : το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα οξειδία του αζώτου (NO_x) και το διοξείδιο του θείου (SO₂).

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι οι εκπομπές των CO₂, NO_x και SO₂ από τα πάσης φύσεως πλοία αντιστοιχούν σε περίπου 2% - 3% (ίσως ακόμη και 4%), 10% - 15%, και 4% - 9% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών στον πλανήτη αντίστοιχα.

Είναι λοιπόν επιβεβλημένη η επιβολή κανονισμών και η εύρεση κινήτρων ώστε να ελεγχθούν οι πηγές ρύπανσης με απώτερο στόχο τη μείωση των συνολικών εκπομπών. Οι εκπομπές αερίων για τα πλοία δεν έχουν ρυθμιστεί στο παρελθόν, αλλά ο διεθνής διακυβερνητικός οργανισμός IMO και τοπικές κυβερνήσεις (Ευρωπαϊκή Ένωση, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, κλπ) έχουν θεσπίσει πρόσφατα μερικές απαιτήσεις για τα πλοία.

Η εστίαση είναι μέχρι στιγμής κυρίως στις εκπομπές NO_x και SO₂. Μειώσεις του CO₂ εξετάζονται επίσης.

Στη συνέχεια και για τους αέριους ρύπους που προέρχονται από την Ναυτιλία αναφέρονται εν συντομία :

- ☆ Ο μηχανισμός παραγωγής και τρόποι για την μείωση
- ☆ Η ιστορική εξέλιξη και οι προβλέψεις για την μελλοντική εξέλιξη
- ☆ Η γεωγραφική κατανομή
- ☆ Ο μηχανισμός επίδρασης στην ατμόσφαιρα και τα προκαλούμενα προβλήματα
- ☆ Γενικά Συμπεράσματα

1.1 Ο μηχανισμός παραγωγής αερίων ρύπων από την ναυτιλία και τρόποι για την μείωση αυτών

Οι εκπομπές από μια μηχανή diesel ενός πλοίου περιλαμβάνουν κατά ένα μεγάλο μέρος διοξείδιο του άνθρακα και σε μικρότερο ποσοστό ποσότητες μονοξειδίου άνθρακα, οξείδια του θείου και του αζώτου.

Τα καυσαέρια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και αραιώνονται μέσω της αλληλεπίδρασης με τον περιβαλλοντα αέρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής οι ενεργές χημικές ενώσεις μετασχηματίζονται εν μέρει και αποτίθενται στο έδαφος και τις επιφάνειες ύδατος. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς φορτίων πετρελαίου, η εξάτμιση οδηγεί σε εκπομπές άλλου είδους πτητικών οργανικών ενώσεων. Η ναυτιλία εκπέμπει επίσης και άλλες πτητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις και συστήματα πυρασφάλειας στα πλοία, οι οποίες μπορούν να ασκήσουν αρνητικές επιδράσεις στη βιοποικιλότητα του περιβάλλοντος.

Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές των παραπάνω ουσιών, μέτρα μπορούν να ληφθούν πριν από τη διαδικασία καύσης του πετρελαίου από την προωστήρια εγκατάσταση και βοηθητικές ηλεκτρομηχανές (επεξεργασία καυσίμων πετρελαίου και τροποποιήσεις καυσίμων), κατά τη διάρκεια της καύσης (μείωση του σχηματισμού των ατμοσφαιρικών ρύπων στη διαδικασία καύσης) ή μέσω της μετέπειτα επεξεργασίας των καυσαερίων. Η κατανάλωση και οι εκπομπές μπορούν επίσης να μειωθούν με διάφορα βελτιωμένα τεχνικά μέσα (π.χ. αντιρρυπαντικά συστήματα, αποδοτικότητα μηχανών), μεθόδους λειτουργίας (π.χ. μειωμένη ταχύτητα), εναλλακτικά καύσιμα (π.χ. LNG) και εναλλακτικές λύσεις συστημάτων προώθησης (π.χ. πανιά).

Διάφορες τεχνολογίες ελέγχου εκπομπών και λειτουργικές στρατηγικές είναι σε χρήση ή αξιολογούνται αυτήν την περίοδο.

Οι έλεγχοι έχουν ταξινομηθεί ως πριν την καύση (pre-combustion), στην μηχανή (in-engine), μετά την καύση στη μηχανή (post-engine), σχεδίαση του πλοίου (vessel design).

Συνοπτική περιγραφή των ελέγχων αυτών σχετικά με τον ρύπο που προορίζεται για μείωση παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Stage	Control-technology	Target pollutant
Pre-combustion	Fuel water emulsification	NO _x
	Humid air motor	NO _x
	Combustion air saturation system	NO _x
In-engine	Aftercooler upgrades	NO _x
	Engine derating	NO _x
	Injection timing delay	NO _x
	Engine efficiency improvements	NO _x , SO _x , PM, CO ₂
Post-engine	Selective catalytic reduction	NO _x
	Seawater scrubbing	SO _x
	Diesel particulate filters	PM
	Diesel oxidation catalysts	PM
Vessel designs	Hull form	CO ₂ , energy ratio pollutants
	Propeller	CO ₂ , energy ratio pollutants

Εικόνα 1.1 Η ταξινόμηση των ελέγχων για τις εκπομπές των αερίων ρύπων κατά τη σχεδίαση ενός πλοίου

Πηγή : OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008

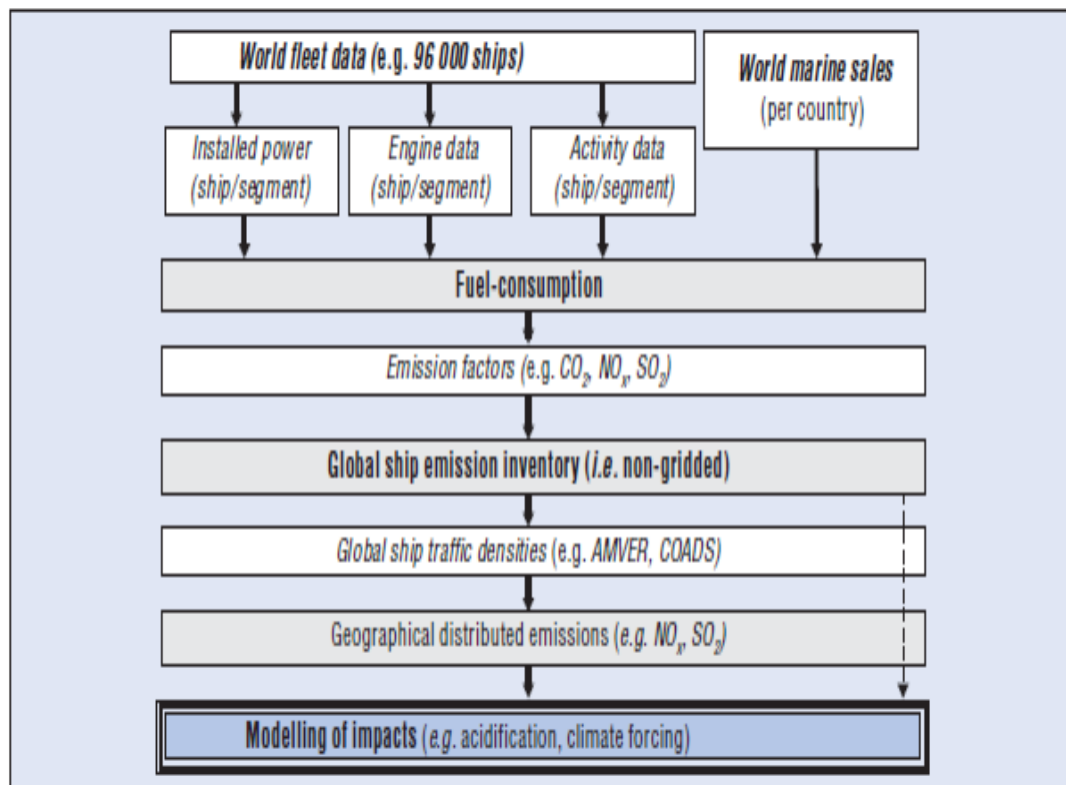
1.2. Διαμόρφωση των εκπομπών αερίων από την Ναυτιλία

Γενικά, οι εκπομπές των πάσης φύσης ρύπων πλοίων υπολογίζονται με την ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων και έπειτα πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση καυσίμου με τους παράγοντες εκπομπής ρύπων.

Οι υπολογισμένες εκπομπές μπορούν να διανεμηθούν γεωγραφικά βασισμένες σε στοιχεία που προκύπτουν από την κυκλοφορία των πλοίων.

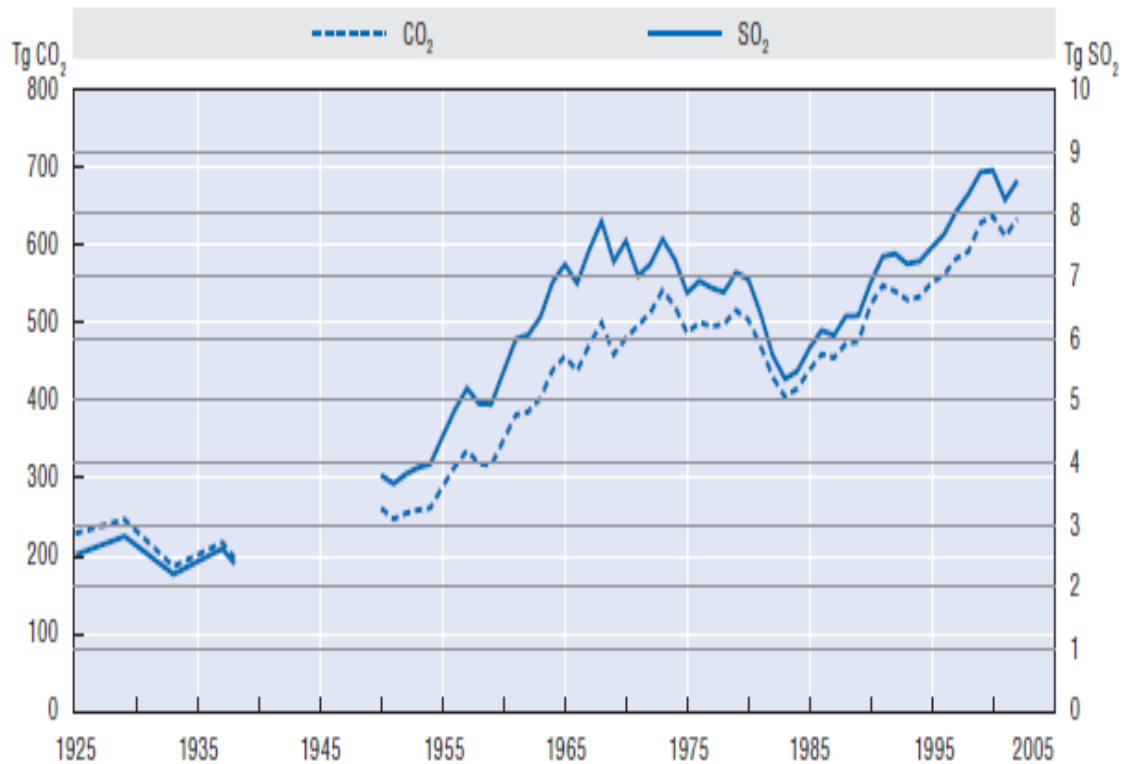
Οι κατάλογοι εκπομπής μπορούν κατόπιν αυτού να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογηθούν οι επιμέρους επιδράσεις των εκπομπών των πλοίων.

Το παρακάτω σχήμα επεξηγεί με ολοκληρωμένη προσέγγιση τις εκπομπές σκαφών και τις επιδράσεις.



Εικόνα 1.2 Οι εκπομπές των πλοίων και οι επιδράσεις τους
 Πηγή : OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008

Το σχήμα που ακολουθεί επεξηγεί τις ιστορικά συνολικές εκπομπές CO₂ και SO₂ από τα σκάφη, συμπεριλαμβανομένου του αλιευτικού και στρατιωτικού στόλου.



Εικόνα 1.3 Ιστορικά οι εκπομπές των πλοίων για τα CO₂ και SO₂
 Πηγή : OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008

Οι εκπομπές που παράγονται από τη ναυτική βιομηχανία είναι σημαντικός παράγων στις συνολικές εκπομπές, και σενάρια για τις μελλοντικές δραστηριότητες δείχνουν μια σημαντική αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές από το παγκόσμιο ναυτικό στόλο κατά τη διάρκεια των επόμενων 100 ετών.

Υπάρχει μια ολοένα αυξανόμενη πίεση στη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις για να συμβάλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη. Σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες τιμές ενέργειας, είναι αναμενόμενο να έχουμε εστίαση σε αποδοτικότερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον συστήματα για τα πλοία.

Με βάση τις εκτιμήσεις για την κατανάλωση καυσίμων για το 2050 (μεταξύ 453 και 810 Mt), οι σχετικές εκπομπές από το θαλάσσιο στόλο υπολογίζονται να κυμαίνονται από 1308 έως 2271 Tg για (CO₂), 17 ως 28 Tg για (NO_x) και 2 έως 12 Tg για (SO₂).

Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η Ναυτιλία το 2050 θα αποτελεί ένα σημαντικά υψηλότερο παράγοντα για τις παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές του CO₂.

Ενώ η μείωση της εκπομπής του CO₂ εξαρτάται κυρίως από βελτιωμένους τεχνικούς και λειτουργικούς όρους, εναλλακτικά καύσιμα και συστήματα προώθησης, η μείωση των NO_x και SO₂ μπορεί να επιτευχθεί μέσω συγκεκριμένων μέτρων μείωσης της ποσότητας εκπομπής (π.χ. μετέπειτα επεξεργασία των καυσαερίων).

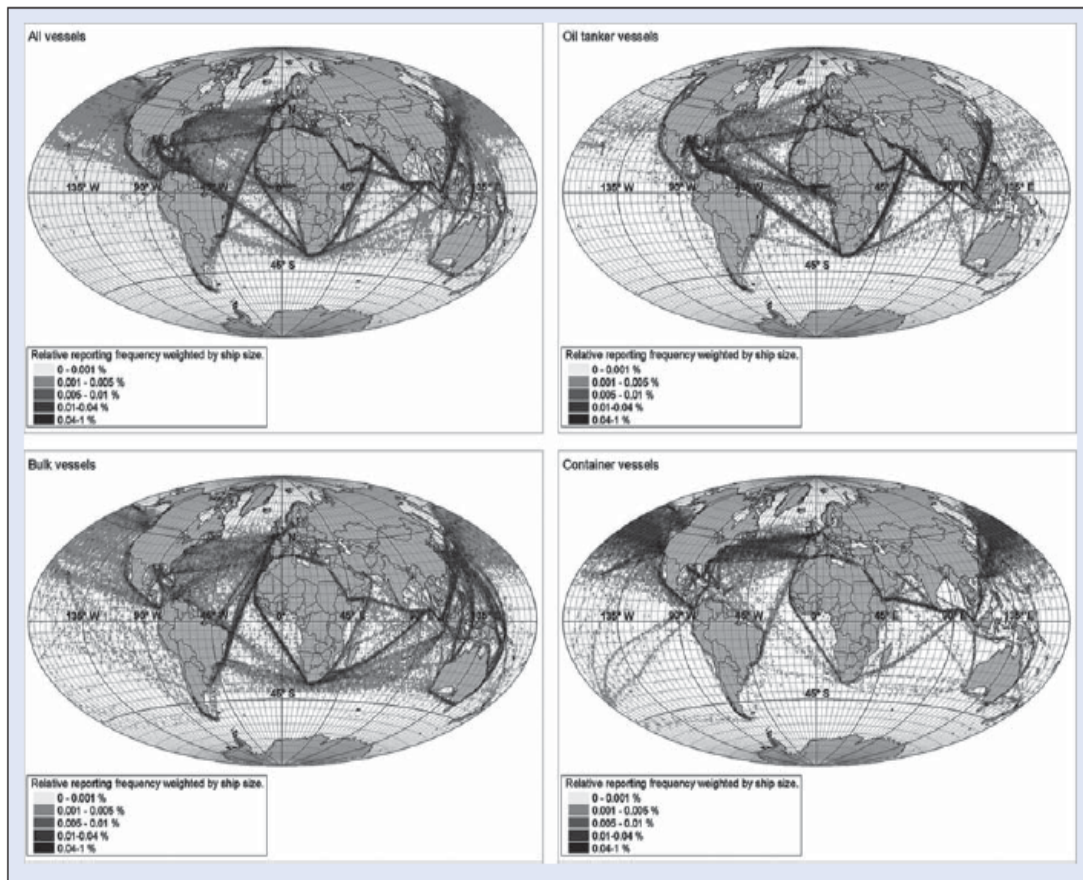
1.3 Γεωγραφικός επιμερισμός εκπομπών

Κατά το έτος 1999 έχουμε τις πρώτες γεωγραφικές απεικονίσεις των εκπομπών από τα πλοία με τη χρησιμοποίηση ενός καταλόγου ένδειξης της έντασης της κυκλοφορίας όσον αφορά τη ναυτιλία

Οι διαμορφωμένες εκπομπές καυσαερίων διανεμήθηκαν σύμφωνα με έναν υπολογισμένο δείκτη εκπομπής ανά περιοχή πλέγματος που αναφέρεται στη σχετική συχνότητα διέλευσης των σκαφών

Έχει υπολογιστεί ότι 80% της θαλάσσιας κυκλοφορίας είναι στο βόρειο ημισφαίριο, με 32% στον Ατλαντικό, 29% στον Ειρηνικό, 14% στον Ινδικό και 5% στη Μεσόγειο .

Το υπόλοιπο 20% της κυκλοφορίας στο νότιο ημισφαίριο είναι περίπου εξίσου διανεμημένο μεταξύ του Ατλαντικού, του Ειρηνικού και Ινδικού.



Εικόνα 1.4 α) Αναπαράσταση των εκπομπών αερίων από τα πλοία παγκοσμίως
 β) Αναπαράσταση των εκπομπών αερίων από τα tankers παγκοσμίως
 γ) Αναπαράσταση των εκπομπών αερίων από τα bulk carriers παγκοσμίως
 δ) Αναπαράσταση των εκπομπών αερίων από τα containerships παγκοσμίως
 Πηγή : OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008

1.4 Επιδράσεις στην ατμόσφαιρα και τον άνθρωπο

Οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται στον αέρα από ένα πλοίο συχνά μετασχηματίζονται χημικά σε δευτεροβάθμια είδη. Η μετεωρολογική κατάσταση της ατμόσφαιρας και η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι επίσης αποφασιστικά στάδια για την χημική εξέλιξη των ρύπων.

Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τα πλοία έχουν επιπτώσεις στα επίπεδα όζοντος (κλίμα, επιπτώσεις στην υγεία), θειικού άλατος (οξυνισμός, κλίμα, επιπτώσεις στην υγεία), νιτρικού άλατος (οξυνισμός, ευτροφισμός), NO₂ (ρύπανση, όζον προδρόμων και νιτρικό άλας), NMVOCs (ρύπανση, όζον), SO₂ (ρύπανση, θειικό άλας προδρόμων), μεθάνιο (κλίμα), και αερολύματα (ρύπανση, κλίμα).

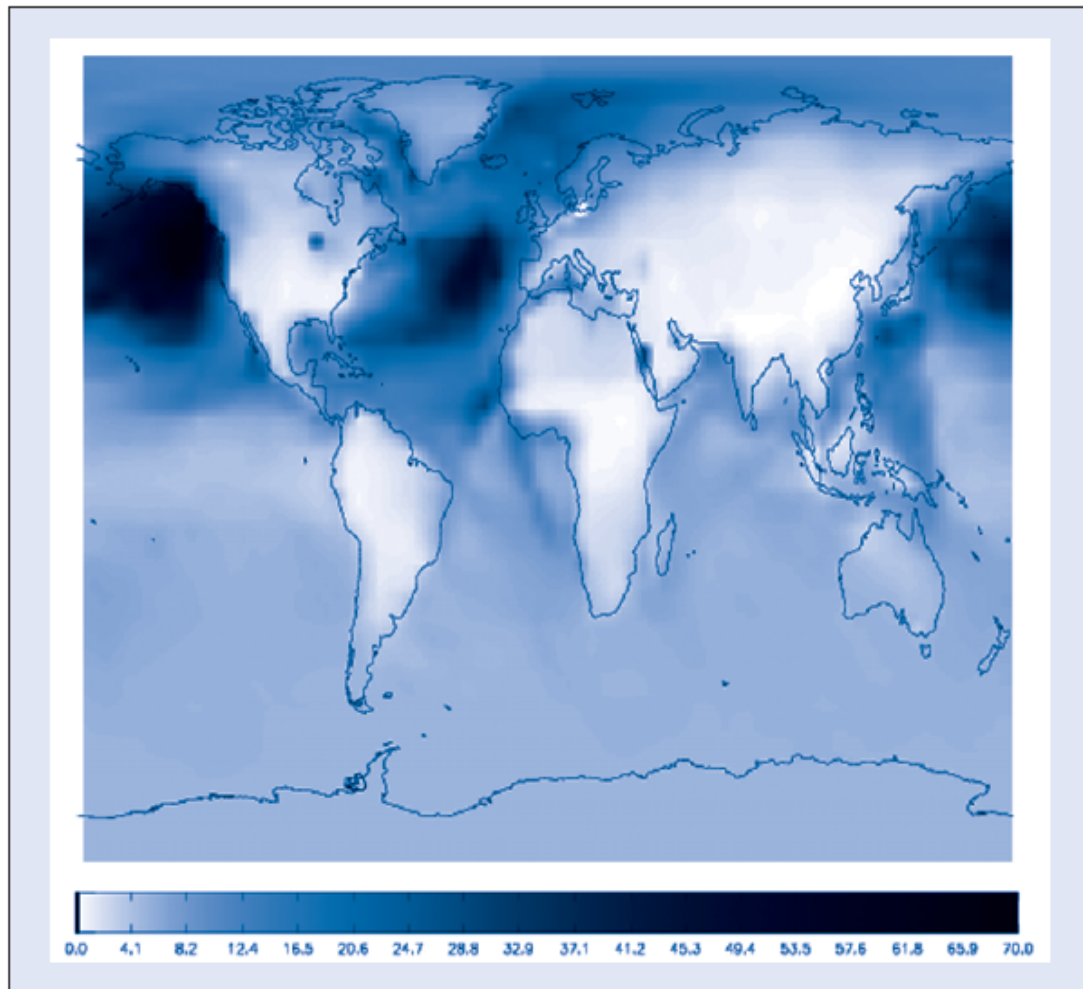
Οι δορυφορικές παρατηρήσεις δείχνουν τις υψηλές συγκεντρώσεις NO_x κατά μήκος σημαντικών θαλασσίων λεωφόρων όσον αφορά στη ναυτιλιακή δραστηριότητα. Οι εκτιμήσεις εκπομπών για τις διάφορες περιοχές βασισμένες σε αυτές τις παρατηρήσεις είναι σε καλή συμφωνία με τους καταλόγους εκπομπών.

Τα αρχικά συστατικά, όπως τα μόρια NO₂, κοβάλτιο, NMVOCs και SO₂, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στις παράκτιες περιοχές και λιμάνια με αυξημένη κυκλοφορία λόγω του αντίκτυπού τους στην ανθρώπινη υγεία όταν αυτά απαντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι ουσίες που διαμορφώνονται δευτεροβάθμια από τα αρχικά μόρια των εκπομπών των πλοίων έχουν την πίο μακροχρόνια χημική διάρκεια ζωής και μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα περισσότερο από μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Λόγω του φαινομένου αυτού μπορούν να επηρεάσουν την ατμοσφαιρική ποιότητα και πάνω από τη στεριά.

Οι υψηλότερες αυξήσεις στους βραχύβιους ρύπους όπως το NO₂ βρίσκονται κοντά σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία όπως είναι η Βόρεια Θάλασσα.

Τα επίπεδα όζοντος εξαρτώνται από τον κύκλο σχηματισμού του όζοντος. Η αφθονία του NO_x είναι κρίσιμη για το σχηματισμό του όζοντος αλλά ο αριθμός μορίων όζοντος που διαμορφώνονται επίσης από την παρουσία του κοβάλτιου. Το όζον είναι επίσης ένα σημαντικό αέριο θερμοκηπίου. Το όζον θεωρείται το τρίτο σημαντικότερο των αερίων θερμοκηπίου που συμβάλλουν στη παγκόσμια υπερθέρμανση από την προβιομηχανική εποχή.

Η έκθεση στα υψηλά επίπεδα όζοντος συνδέεται με επιδείνωση των υπαρχόντων αναπνευστικών προβλημάτων όπως το άσθμα, αυξανόμενη ευαισθησία (μολύνσεις, αλλεργιογόνα και ρύποι), θωρακικός πόνος και βήξιμο.



Εικόνα 1.5 Αναπαράσταση των εκπομπών αερίων από τα πλοία παγκοσμίως
 Πηγή : OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008

Η επαναλαμβανόμενη μακροπρόθεσμη έκθεση θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε πρόωρη γήρανση των πνευμόνων και χρόνιες αναπνευστικές ασθένειες, όπως το εμφύσημα και η χρόνια βρογχίτιδα. Υψηλά επίπεδα όζοντος μπορούν να οδηγήσουν επίσης σε μειώσεις των γεωργικών συγκομιδών και αύξηση της ευαισθησίας σε ασθένειες.

Το όζον μπορεί επίσης να βλάψει πολυμερή υλικά όπως τα διάφορα πλαστικά.

Τα επίπεδα του όζοντος παρουσιάζουν εποχικότητα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη.

Οι αυξήσεις στο όζον λόγω των εκπομπών πλοίων είναι μεγαλύτερες τον Ιούλιο όταν το φως του ήλιου οδηγεί σε μια ενεργό φωτοχημεία και μια σημαντική παραγωγή όζοντος στο βόρειο ημισφαίριο συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων περιοχών.

Σημαντικές αυξήσεις παρατηρούνται στις παράκτιες περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία (Βόρεια Θάλασσα, δυτικά της Γροιλανδίας, δυτική Μεσόγειος, το κανάλι Σουέζ, περσικός κόλπος).

Όσον αφορά τη διαμόρφωση του κλίματος, οι διαταραχές όζοντος στα μεγαλύτερα ύψη είναι σημαντικές.

Το όζον που παράγεται κοντά στις πηγές εκπομπής ή που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς είναι αυξημένο όπου η μεταφορά είναι γρηγορότερη.

Χαρακτηριστικές τροποσφαιρικές αυξήσεις λόγω της κυκλοφορίας σκαφών είναι 7% -14% στο βόρειο ημισφαίριο, και 2% - 7% στο νότιο ημισφαίριο.

Το υδροξύλιο (OH) είναι το κύριο οξειδωτικό στην τροπόσφαιρα. Αυτή η ουσία αντιδρά και αφαιρεί διάφορους ρύπους και αέρια θερμοκηπίου ένα από τα οποία είναι το μεθάνιο (CH₄).

Η ποσότητα OH εξαρτάται από μερικούς από αυτούς τους ρύπους όπως οι CH₄, NO_x, O₃ και κοβάλτιο.

Ενώ οι εκπομπές κοβαλτίου και CH₄ τείνουν να μειώσουν τα τρέχοντα κατά μέσο όρο επίπεδα OH, οι εκπομπές NO_x τείνουν να αυξήσουν το OH.

Λόγω των μεγάλων εκπομπών NO_x από τη ναυτιλία, η ναυτιλία συντελεί σε αυξήσεις στις συγκεντρώσεις OH.

Δεδομένου ότι η αντίδραση με το OH είναι η σημαντικότερη απώλεια μεθανίου από την ατμόσφαιρα, οι εκπομπές πλοίων μειώνουν τη συγκέντρωση του μεθανίου. Οι μειώσεις του μεθανίου λόγω της ναυτιλίας κατά διαφορετικούς υπολογισμούς ποικίλλουν μεταξύ 1,5% και 5%.

Υπάρχει πολλή ανησυχία για τις επιδράσεις στην υγεία των λεπτών και πολύ λεπτών αερίων ρύπων στις μολυσμένες περιοχές.

Μερικές βραχυ - και μακροπρόθεσμες επιρροές επάνω στον άνθρωπο μπορεί να είναι ασθένεια και θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακών προβλημάτων αλλά και διάφορες παθήσεις των πνευμόνων (καρκίνος πνευμόνων, κ.λ.π.).

Υπάρχουν εκτιμήσεις για 20.000 έως 104.000 πρόωρους θάνατους κάθε χρόνο που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική μόλυνση λόγω της ναυτιλίας.

1.5 Μελλοντικές εξελίξεις

Τα περισσότερα σενάρια για το κοντινό μέλλον, δηλαδή για τα επόμενα 10 - 20 έτη, δείχνουν ότι οι κανονισμοί και τα μέτρα για την μείωση των εκπομπών θα ξεπεραστούν από την αύξηση στο μέγεθος του παγκόσμιου στόλου και της κυκλοφορίας των πλοίων, με συνέπεια μια παγκόσμια αύξηση στις εκπομπές.

Αν δεν υποθέσουμε καμία αλλαγή στις εκπομπές από άλλες πηγές, υπολόγίζεται ότι τα σενάρια για τη ναυτιλία οδηγούν σε αύξηση περισσότερο από 20% στις εκπομπές NO₂ από το 2000 ως το 2015 σε μερικές παράκτιες περιοχές. Οι αυξήσεις σε όζον είναι γενικά μικρές.

Ο Cofala (2007) υπολόγισε ότι αυτή τη στιγμή τα πλοία είναι υπεύθυνα για την απόθεση του 10% - 20% του θείου στις ευρωπαϊκές παράκτιες περιοχές. Τα ποσοστά αυτά προέβλεψε ότι θα αυξηθούν σε περισσότερο από 30% στις θαλάσσιες περιοχές και μέχρι 50% στις παράκτιες περιοχές έως το 2020.

Υστερα από τη χρήση αποτελεσμάτων από δέκα μοντέλα ανάλυσης της χημικής σύστασης της ατμοσφαιρας μελετες έχουν καταληξει σε δύο μελλοντικά σενάρια εκπομπής αερίων από τα πλοία. Στο πρώτο σενάριο, οι εκπομπές σκαφών σταθεροποιούνται σε επίπεδα 2000, ενώ στο άλλο, οι εκπομπές σκαφών αυξάνονται με ένα σταθερό ετήσιο ποσοστό αύξησης 2,2% μέχρι το 2030.

1.6 Συμπεράσματα

Η ναυτιλιακή δραστηριότητα έχει αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα, και αυτήν την περίοδο έχει μια σημαντική συμβολή στις ατμοσφαιρικές εκπομπές των ρύπων και των αερίων θερμοκηπίου.

Οι πληροφορίες για την ιστορική εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας και τις εκπομπές αερίων ρύπων είναι περιορισμένες, με λίγα στοιχεία να έχουν δημοσιευτεί πριν από το 1950 και να υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις όσον αφορά στις εκτιμήσεις που καλύπτουν τις τελευταίες τρεις δεκαετίες (οι υπολογισμένες εκπομπές CO₂ από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα το 1870 είναι 30 Tg και 206 Tg το 1913).

Λόγω της μεγάλης οικονομικής ανάπτυξης και της μετάβασης από το πανί στα ατμό-τροφοδοτούμενα πλοία στα χρόνια που ακολουθούν, οι παγκόσμιες εκπομπές του CO₂ από τα πάσης φύσης πλοία υπολογίστηκαν να είναι 229 Tg το 1925 και 634 Tg το 2002.

Οι αντίστοιχες εκπομπές SO₂ υπολογίστηκαν να είναι περίπου 2,5 Tg το 1925 και 8,5 Tg το 2002.

Οι κύριες εξελίξεις κατά τη διάρκεια αυτή ήταν ότι το πετρέλαιο αντικατέστησε τον άνθρακα, και είχαμε τη μετάβαση σε έναν νηζελοκίνητο στόλο.

Η πλειοψηφία των σημερινών εκπομπών σκαφών εμφανίζεται στο βόρειο ημισφαίριο μέσα στο καθορισμένο με σαφήνεια σύστημα των διεθνών διαδρομών θάλασσας.

Η δραστηριότητα για την περίοδο 1970-2000 δείχνει ότι το μέγεθος και ο βαθμός χρησιμοποίησης του στόλου, που συνδυάζεται με τη μετατόπιση στις μηχανές

diesel, είναι δύο σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

Ο κύριος λόγος για τις μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των διαφορετικών εκτιμήσεων για τη χρήση και κατανάλωση πετρελαίου είναι ο υποτιθέμενος αριθμός ημερών εν πλω. Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι ο αριθμός ημερών εν πλω εξαρτάται έντονα από τον τύπο και το μέγεθος σκαφών.

Οι πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι οι εκπομπές του CO₂, NO_x και του SO₂ αντιστοιχούν σε περίπου 2%- 3% (ίσως ακόμη και 4%), 10% -15%, και 4% -9% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών.

Οι εκπομπές NO₂, κοβαλτίου, NMVOCs και SO₂ καθώς και όλων των παραγώγων τους προκαλούν προβλήματα στις παράκτιες περιοχές και στα λιμάνια με τη σημαντική κυκλοφορία λόγω των υψηλών επιπέδων ρύπανσης και των επιδράσεών τους στην ανθρώπινη υγεία.

Απόλυτες αυξήσεις στο όζον επιφάνειας (O₃) λόγω της κυκλοφορίας των πλοίων παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών στις περιοχές με σημαντική κυκλοφορία πλοίων.

Μερικές από αυτές τις περιοχές πάσχουν ήδη από τα υψηλά επίπεδα όζοντος λόγω της ρύπανσης από κοντινούς ρυπαντές στη στεριά .

Εντούτοις, πρέπει να τονιστεί ότι οι αβεβαιότητες είναι μεγάλες, ειδικότερα για τα έμμεσα αποτελέσματα, και η θερμοκρασία είναι μόνο ένα πρώτο μέτρο των αλλαγών του κλίματος. Είναι επίσης σημαντικό να έχει κανείς κατά νου ότι οι επιδράσεις από τα διαφορετικά συστατικά ενεργούν σε διαφορετικό βαθμό για διαφορετικές χρονικές περιόδους και διαφορετικές περιοχές.

Οι προβλέψεις μέχρι το έτος 2020 δείχνουν μια αύξηση των εκπομπών στη της τάξης του 30%.

Για το έτος 2050, μια μελέτη έχει υπολογίσει τις εκπομπές να κυμαίνονται από 1308 έως 2271 Tg για το CO₂, 17- 28 Tg για τα NO_x, και 2 έως 12 Tg για το SO₂.

Τα περισσότερα σενάρια για τα επόμενα 10-20 έτη δείχνουν μια αύξηση στην κυκλοφορία η οποία θα οδηγήσει σε μια σημαντική παγκόσμια αύξηση στις εκπομπές από τη ναυτιλία. Η σχετική συμβολή στους ρύπους (όζον, NO₂, μόρια) από τη ναυτιλία προβλέπεται να αυξηθεί, ειδικά στις περιοχές όπως η Αρκτική και η Νοτιοανατολική Ασία.

1.7 Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας

- ☆ Ανασκόπηση διεθνών κανονισμών – παράγοντες εξέλιξης
- ☆ Καταγραφή και σχολιασμός σχεδιαστικών και επιχειρησιακών μέτρων για την μείωση ναυτιλιακών αέριων ρύπων
- ☆ Σχολιασμός κατάστασης επιπέδου EEDI βασικών τύπων πλοίων
- ☆ Μελέτη εφικτότητας μειωμένου EEDI

ΜΕΡΟΣ 2ο

2.1 Ανασκόπηση διεθνών κανονισμών για τον περιορισμό των αερίων ρύπων της Ναυτιλίας

Η ανάπτυξη των σχετικών διεθνών κανονισμών έχει ανατεθεί απο τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών στον Διακυβερνητικό Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) που δημιουργήθηκε απο τα Ηνωμένα Έθνη το 1945 με σκοπό τον συντονισμό και βελτίωση θεμάτων της Ναυτιλίας μέσα από την προώθηση σχετικών Συμβάσεων αποδεκτών από τα κράτη-μέλη του που τις υιοθετούν.

Μία από τις Συμβάσεις αυτές είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Αποφυγή Ρύπανσης απο τα Πλοία (MARPOL) με τα 6 Παραρτήματα της, όπως έγινε αποδεκτή αρχικά το 1973 και τροποποιήθηκε αργότερα με τα Πρωτόκολλα του 1978 και 1997.

Ο IMO μέσα από τις Επιτροπές για την Προστασία του Θαλασίου Περιβάλλοντος (Marine Environmental Protection Committees - MEPC) συντονίζει ήδη από το 1973 θέματα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος.

Με το Παράρτημα 6 της MARPOL έχουν ήδη τεθεί σε εφαρμογή (από τον Μάιο του 2005) οι περιορισμοί που σχετίζονται με τους αέριους ρύπους SOx και NOx.

Και στις δύο περιπτώσεις έχει ακολουθηθεί μία μέθοδος τριών βημάτων – περιορισμοί που εξελίσσονται προς το αυστηρότερο με την πάροδο του χρόνου.

Σε λεπτομέρεια οι περιορισμοί αυτοί φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Sulphur limit for fuel oil	Sulphur content	Enforcement
Global	4.50% 3.50% 0.50%	[Prior to 1 January 2012] [1 January 2012] [1 January 2020] ¹
ECA (SECA)	1.50% 1.00% 0.10%	[Prior to 1 July 2010] [1 July 2010] [1 January 2015] ²

¹ Subject to a review of fuel availability in 2018, with the option to delay the 0.5% sulphur global cap by five years
² Also applies to all EU ports and inland waterways from Jan. 1 2010 (EU Directive 99/32 Amendment)

Abatement technology (eg Scrubbers) is an "equivalent measure".

This means that an Administration may allow abatement technologies, but the Administration (and not the ship) has to acknowledge that:

- They have equivalent efficiency in terms of SO_x, PM and NO_x emissions
- That they operate within the requirements of the IMO guidelines
- That they do not harm the environment (potential water discharge issue)



Εικόνα 2.1 Περιορισμοί παγκοσμίως για την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο των πλοίων

Πηγή : IMO, GHG Study 2007

NO _x limit for fuel oil	Requirement	Enforcement
<u>Tier I</u>	17.0 g/kWh (=today's)	Ships built 1-Jan-00 to 1-Jan-11
<u>Tier II</u>	14.4 g/kWh	Ships built after 1-Jan-11
<u>Tier III</u>	3.4 g/kWh	Ships built after 1-Jan-16 and operating in ECAs

Ships (>5MW) built 1-Jan-90 to 1-Jan-00 to comply with Tier I, provided approved method for NO_x reduction is available and cost effective

Εικόνα 2.2 Περιορισμοί παγκοσμίως για την περιεκτικότητα οξειδίων του αζώτου στο καύσιμο των πλοίων

Πηγή : IMO, GHG Study 2007

Για τον περιορισμό των SO_x υφίστανται ήδη τοπικοί / εθνικοί κανονισμοί η εφαρμογή των οποίων περιορίζεται βεβαία τοπικά.

Συγκεκριμένα από τον Ιανουάριο του 2010 εφαρμόζονται αυστηρότατοι περιορισμοί (μέγιστη περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα 0,1%) για όλα τα πλοία που ελλιμενίζονται σε Ευρωπαϊκούς λιμένες, καθώς και αντίστοιχες αυστηρότητας κανονισμοί για πλοία που ευρίσκονται σε συγκεκριμένες περιοχές των Αμερικανικών Ακτών.

Σε σχέση με τον απομένοντα βασικό αέριο ρυπαντή (CO₂) και παρά το γεγονός ότι η Ναυτιλία αποτελεί τον πλέον αποδοτικό ενεργειακά μέσο μαζικής μεταφοράς με σχετικά χαμηλή συνεισφορά στις συνολικές εκπομπές, ο IMO έχει ήδη δρομολογήσει και συζητά μέτρα για τον έλεγχο και τον περιορισμό εκπομπών από τα πλοία.

Τα μέτρα αυτά συνίστανται σε :

- ☆ Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός Δείκτη Σχεδίασης CO₂ για νέα πλοία
- ☆ Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός Δείκτη Λειτουργίας CO₂ για κάθε πλοίο
- ☆ Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός Σχεδίου Διαχείρισης Ενέργειας για κάθε πλοίο
- ☆ Εφαρμογή «εμπορικών» μέτρων (Market Based Measures - MBMs), όπως η πληρωμή ενός τέλους (levy) από κάθε πλοίο ανάλογα με την συνολική ποσότητα εκπομπών CO₂ σε μία χρονική περίοδο

Λεπτομέρειες για το πρώτο από αυτά τα μέτρα, που φαίνεται ότι θα είναι και το πρώτο που θα εφαρμοσθεί υποχρεωτικά, αναφέρονται παρακάτω.

2.2 Ιστορική εξέλιξη του δείκτη EEDI

Ο Σχεδιαστικός Δείκτης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index ή EEDI) είναι ένα μέτρο της αποδοτικότητας της σχεδίασης ενός νέου πλοίου σε σχέση με τις εκπομπές CO₂.

Μετρείται σε ποσότητα (γραμμάρια) που εκπέμπεται στο περιβάλλον ανά μονάδα μεταφερόμενου φορτίου (tonne) και μονάδα απόστασης (nautical mile) που μεταφέρεται το φορτίο.

Εκφράζει δηλαδή κατά κάποιον τρόπο το περιβαλλοντολογικό κόστος σε σχέση με το όφελος για την κοινωνία.

Ο δείκτης EEDI έχει αναπτυχθεί από τον IMO κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2-3 ετών μέσω μιας σειράς MEPC ως εξής .

MEPC 57 – Απρίλιος 2008

Στη σύνοδο αυτή ο EEDI παρουσιάστηκε αρχικά ως "δείκτης εκπομπών του CO₂" από την Ιαπωνία.

Η τιμή του είχε μονάδες γραμμαρια του CO₂ ανά μεταφορική εργασία (γραμμάρια / τόνο-μίλι).

Η βασική ιδέα ήταν ο δείκτης να επιτρέψει μια προκαταρκτική αξιολόγηση της απόδοσης σκαφών στο στάδιο σχεδιασμού ακόμα με την διαδικασία υπολογισμού να είναι απλή και ικανή για ευρεία εφαρμογή και αντανακλούσε τις προσπάθειες από όλους τους συμμετόχους να μειωθούν οι εκπομπές του CO₂ με την απεικόνιση της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός σκάφους σε πραγματική χρήση.

Ιαπωνία και Δανία ανέλαβαν να παρουσιάσουν τους δείκτες εκπομπών του CO₂ στη 1η συνεδρίαση της Ομάδας Εργασίας σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τα σκάφη.

Η βασική μορφή της εξίσωσης που προέκυψε είχε την απλουστευμένη μορφή:

$$\text{Attained design CO}_2 \text{ index} = \frac{C_F \text{ SFC } P}{\text{Capacity } V_{ref}}$$

Η Δανία επεκτάθηκε επάνω στις ιδέες της Ιαπωνίας και χώρισε τις εκπομπές σε εκείνες που προέρχονται από την πρωτοστάσια εγκατάσταση και εκείνες που παρήχθησαν από τις ηλεκτρογεννήτριες.

Αυτή η εξίσωση παρουσιάστηκε ως εξής :

$$\text{Attained design CO}_2 \text{ index} = \frac{\prod_{j=1}^M f_j \sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} + \prod_{k=1}^L f_k \sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi}}{\text{Capacity } V_{ref}}$$

MEPC 58 – Οκτώβριος 2008

Στη σύνοδο αυτή ο EEDI εμπλουτίστηκε αρχικά με ένα νέο παράγοντα για τις καιρικές συνθήκες, f_w , όπως προβλέπεται και στην υποβολή της Ιαπωνίας :

$$\text{Attained new ship design CO}_2 \text{ index} = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left(\prod_{k=1}^L f_k \right) \left(\sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right)}{\text{Capacity} \times V_{ref} \times f_w}$$

Οι συζητήσεις και υποβολές στην σύνοδο αυτή καθόρισαν καλύτερα κάθε μια από τις μεταβλητές και την προσαρμογή τους στους διαφορετικούς τύπους σκαφών.

Ένας πρόσθετος παράγοντας που αντιπροσωπεύει τις "καινοτόμες τεχνολογίες όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας" εισήχθη από τις Ηνωμένες Πολιτείες στη ίδια σύνοδο με αποτέλεσμα η προκύπτουσα εξίσωση να είναι η ακόλουθη:

Proposed new ship design CO₂ index =

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left(\sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right) - \left(\sum_{eff=1}^{Neff} f_{eff} C_{Feff} SFC_{eff} P_{eff} \right)}{\text{Capacity} \times V_{ref} \times f_w}$$

Με το πέρας της MEPC 58, ο δείκτης εκπομπής CO₂ ονομάστηκε πλέον δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index) .

Προστέθηκαν ένας άλλος όρος ακόμα στον αριθμητή για να εκπροσωπήσει τις μηχανές και τις μειώσεις σε κατανάλωση λόγω των τεχνολογιών ανάκτησης

θερμότητας από τα καυσαέρια και ένας παράγοντας στον παρονομαστή για να αποτελέσει τα τεχνικά ή ρυθμιστικά όρια στην χωρητικότητα .

Η αναθεωρημένη εξίσωση έγινε:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + P_{AE} C_{FAE} SFC_{AE}^* + \left(\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTIi} - \sum_{i=1}^{nWHR} P_{WHRi} \right) C_{FAE} SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff} P_{eff} C_{FMEi} SFC_{MEi} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

MEPC 59 – Ιουλιος 2009

Στη σύνοδο αυτή ο EEDI έλαβε την σημερινή του μορφή

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^* \right) + \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE,eff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

και από τα κράτη-μέλη ζητήθηκε να γίνει προαιρετική εφαρμογή του δείκτη έτσι ώστε αυρός να δοκιμασθεί στην πράξη και να αποκτηθεί σχετική εμπειρία.

Στην ίδια Σύνοδο αναπτύχθηκε προσωρινή οδηγία (MEPC 1/Circ. 681, "Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships.") με λεπτομέρειες για τον τρόπο υπολογισμού του EEDI για νέα πλοία, καθώς και προσωρινή οδηγία (MEPC 1/Circ. 682, "Interim Guidelines for voluntary verification of the Energy Efficiency Design Index for New Ships.") με λεπτομέρειες για τον τρόπο ελέγχου και επαλήθευσης του υπολογισμού του EEDI από ανεξάρτητους Οργανισμούς.

MEPC 60 – Μάρτιος 2010

Στη σύνοδο αυτή συζητήθηκε διεξοδικά η υποχρεωτική εφαρμογή του EEDI καθώς και οι συνέπειες που θα είχε μία πιθανή τέτοια απόφαση.

Ο υπολογισμός της βασικής γραμμής αναφοράς του EEDI (reference line) για τον υπάρχοντα στόλο συζητήθηκε επίσης χωρίς να καταστεί δυνατή μία τελική συμφωνία και για αυτό το θέμα.

MEPC 61 – Οκτώβριος 2010

Στη σύνοδο αυτή παρουσιάσθηκε και συζητήθηκε ένα αρχικό κείμενο κανονισμών για την υποχρεωτική εφαρμογή του EEDI χωρίς να καταστεί δυνατή η συμφωνία για ένα χρονοδιάγραμμα εφαρμογής.

Στους παραπάνω αναφερόμενους κανονισμούς περιλαμβάνονται οι ορισμοί του επιτυγχανόμενου και απαιτούμενου EEDI για κάθε πλοίο.

Ο απαιτούμενος ορίζεται να είναι αυτός που αντιστοιχεί στη βασική γραμμή αναφοράς (reference line) για την φάση 0 (έως 31.12.2014), μειωμένος κατά 10% σε σχέση με αυτό που αντιστοιχεί στη βασική γραμμή αναφοράς για την φάση 1 (από 01.01.2015 έως 31.12.2019), μειωμένος κατά 20% σε σχέση με αυτό που αντιστοιχεί στη βασική γραμμή αναφοράς για την φάση 2 (από 01.01.2020 έως 31.12.2024) και μειωμένος κατά 30% σε σχέση με αυτό που αντιστοιχεί στη βασική γραμμή αναφοράς για την φάση 3 (από 01.01.2025 και μετά).

Επτά συνολικά τύποι πλοίων περιλαμβάνονται στο πρώτο αυτό σχέδιο κανονισμών bulk carriers, tankers, gas tankers, container ships, general cargo vessels, refrigerated cargo vessels και combination carriers.

2.3 Επεξήγηση των όρων στον τύπο υπολογισμού του EEDIΠαράγοντες μετατροπής (CF_{ME} and CF_{AE})

Είναι αδιάστατοι παράγοντες μετατροπής της ποσότητας καυσίμων (gr) που καταναλώνονται σε κύρια μηχανή και βοηθητικές μηχανές αντιστοίχα ποσότητα CO₂ (gr) που εκπέμπεται στο περιβάλλον. Εκφράζουν δηλαδή την ισοδύναμη εκπομπή του CO₂ από την καύση μιας δεδομένης μάζας των καυσίμων.

Εξαρτώνται από την περιεκτικότητα των καυσίμων σε άνθρακα και οι τιμές τους για τα βασικά καύσιμα της Ναυτιλίας έχουν υπολογισθεί (με την υπόθεση της τέλει καύσης) ως εξής

Καύσιμο	Προδιαγραφή καυσίμου	Περιεχόμενο σε C	C _F
Diesel / Gas oil	ISO 8217 Grades DMX - DMC	0,875	3,20600
Light Fuel oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA - RMD	0,860	3,15104
Heavy Fuel oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME - RMK	0,850	3,11440

Στον υπολογισμό του EEDI χρησιμοποιούνται οι τιμές εκείνες που αντιστοιχούν στο καύσιμο που έχει χρησιμοποιηθεί στις δοκιμές για την έκδοση του πιστοποιητικού EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention) κύριων και βοηθητικών μηχανών.

Ειδική κατανάλωση καυσίμων (SFC_{ME} and SFC_{AE})

Είναι η πιστοποιημένη ειδική κατανάλωση καυσίμων (gr/kWh) για τις κύριες και τις βοηθητικές μηχανές αντιστοίχα.

Στον υπολογισμό του EEDI χρησιμοποιούνται οι τιμές εκείνες που αναφέρονται στο πιστοποιητικό EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention) των μηχανών και αντιστοιχούν στο 75 % του MCR για τις κύριες μηχανές και στο 50 % του MCR για τις βοηθητικές μηχανές.

Όταν υπάρχουν περισσότερες η διαφορετικού μεγέθους μηχανές χρησιμοποιείται ο ανηγμένος μέσος όρος.

Σε περίπτωση μη ύπαρξης πιστοποιητικού EIAPP χρησιμοποιούνται οι τιμές εκείνες που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή των μηχανών.

Ισχύς (P_{ME}, P_{AE}, P_{PTO} and P_{PTI})

Είναι η ισχύς (kW) των κύριων, βοηθητικών μηχανών, γεννητριας και ηλεκτρικού κινητήρα (που είναι συνδεδεμένοι στον προωστήριο άξονα) αντίστοιχα.

Στον υπολογισμό του EEDI χρησιμοποιούνται :

Για τις κύριες μηχανές το 75% του MCR , μείον την ισχύ των οποιωνδήποτε εγκαταστημένων γεννητριών

Για τις βοηθητικές μηχανές η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται στο πλοίο κατά το ταξίδι σε πλήρως έμφορτη κατάσταση σε ταχύτητα V_{ref} όπως αυτή ορίζεται παρακάτω.

Η ηλεκτρική αυτή ισχύς υπολογίζεται εμπειρικά ίση με $(0,025 \times MCR) + 250$, όταν MCR μεγαλύτερο η ίσο με 10000 kW και $0,05 MCR$, όταν MCR μικρότερο από 10000 kW, εκτός και εάν οι παραπάνω τιμές απέχουν πολύ από τις πραγματικά απαιτούμενες πάνω στο πλοίο

Για γεννήτριες (που είναι συνδεδεμένες στον προωστήριο άξονα) το 75% της ονομαστικής ισχύος διαιρεμένο με τον συντελεστή απόδοσης της γεννήτριας

Για ηλεκτρικούς κινητήρες (που είναι συνδεδεμένοι στον προωστήριο άξονα) το 75% της ονομαστικής ισχύος διαιρεμένο με τον συντελεστή απόδοσης του κινητήρα

Ταχύτητα (V_{ref})

Είναι η ταχύτητα (knots) του πλοίου σε έμφορτη κατάσταση που αντιστοιχεί στη χωρητικότητα που αναφέρεται παρακάτω, στο 75% του MCR των κύριων μηχανών και σε κανονικές καιρικές συνθήκες σε βαθιά νερά.

Χωρητικότητα (Capacity)

Είναι ίση με το deadweight (tonnes) του πλοίου στο μέγιστο επιτρεπόμενο από την Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης βύθισμα (summer load line draft) για bulk carriers, tankers, gas tankers, general cargo vessels, refrigerated cargo vessels και combination carriers.

Για container ships είναι ίση με το 65% του deadweight (tonnes) του πλοίου, όπως αυτό ορίσθηκε προηγουμένως.

Καινοτόμες τεχνολογίες ενεργειακής εξοικονόμησης (P_{eff} , PAE_{eff} , και f_{eff})

Οι καινοτόμες τεχνολογίες που οδηγούν σε μειώσεις μηχανικής ή ηλεκτρικής ισχύος εκπροσωπούνται με τον P_{eff} και τον όρο PAE_{eff} αντίστοιχα.

Ένας παράγοντας διαθεσιμότητας, f_{eff} , δίνεται για κάθε τεχνολογία για να υπολογίσει το ποσοστό του χρόνου για το οποίο η τεχνολογία είναι διαθέσιμη κατά τη διάρκεια της πλεύσης .

Παράγοντες διορθώσεων (f_i , f_j , and f_w)

Ο f_i παράγοντας εκπροσωπεί τις συγκεκριμένες σχεδιαστικές ιδιαιτερότητες του σκάφους και ο παράγοντας f_j εκπροσωπεί οποιοδήποτε τεχνικό ή ρυθμιστικό όριο στην χωρητικότητα .

Αυτήν την περίοδο, αυτοί οι παράγοντες χρησιμοποιούνται μόνο για τα σκάφη που σχεδιάζονται για λειτουργία σε πάγο .

Ο f_w είναι ένας παράγοντας που εκπροσωπεί τη μείωση στην ταχύτητα σε ορισμένες συνθήκες θάλασσας .

2.4 Μεθοδολογία προσδιορισμού του EEDI για τον υπάρχοντα στόλο

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των εξισώσεων για τον EEDI προτάθηκε αρχικά στη MEPC 58/4/8 από τη Δανία.

Στο GHG-WG 2/2/7, η Δανία αναβάθμισε τη μεθοδολογία για να ενσωματώσει την πιο πρόσφατη έκδοση των εξισώσεων EEDI παρέχοντας τις εξισώσεις για έξι διαφορετικούς τύπους σκαφών .

Αυτές οι εξισώσεις χρησιμοποίησαν τα στοιχεία από τη βάση δεδομένων σκαφών Fairplay του Lloyd's Register για να αναπτύξουν ένα αντιπροσωπευτικό EEDI για όλα τα σκάφη ενός συγκεκριμένου τύπου που ναυπηγήθηκαν μεταξύ των ετών 1998-2007.

Προκειμένου να αποκτηθεί η βασική γραμμή EEDI για κάθε σημείο στοιχείων, υποθέσεις απαιτήθηκαν για να καλύψουν την έλλειψη δεδομένων από την LRFP.

Μερικές από τις υποθέσεις αυτές είναι :

Παράγοντες μετατροπής (CF_{ME} and CF_{AE})

Ένας ενιαίος τύπος καυσίμων, HFO, υποτίθεται ότι χρησιμοποιείται σε όλες τις μηχανές, και προωστήριες και βοηθητικές .

Κατά την έκδοση του GHG-WG 2/2/7, η τιμή 3,13 γραμ. CO₂ / γραμ. καυσίμου χρησιμοποιήθηκε ως παράγοντας στην εξίσωση EEDI .

Ειδική κατανάλωση καυσίμων (SFC_{ME} and SFC_{AE})

Με τα SFCs όχι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων LRFP, μια σταθερή τιμή 190 gr/kW-hr υποτίθεται για όλες τις προωστήριες εγκαταστάσεις .

Η κατανάλωση των βοηθητικών μηχανών υποτίθεται σταθερή 210 gr/kW-hr.

Ισχύς (P_{ME} and P_{AE})

Όπως στον τύπο EEDI, η P_{ME} λαμβάνεται ως το 75% της MCR στη βάση δεδομένων.

P_{AE} αναπτύσσεται με τον ίδιο εμπειρικό τύπο όπως χρησιμοποιείται στον τύπο EEDI

Ταχύτητα (V_{ref})

Η ταχύτητα που χρησιμοποιείται είναι η ταχύτητα που εμφανίζεται στη βάση δεδομένων LRFP

Χωρητικότητα

Η χωρητικότητα παραμένει το deadweight στο μεγαλύτερο βύθισμα λειτουργίας. Αυτή η τιμή είναι συνήθως διαθέσιμη στη βάση δεδομένων LRFP.

Καινοτόμες τεχνολογίες (P_{eff} , PAE_{eff} , και f_{eff})

Καμία καινοτόμος τεχνολογία δεν χρησιμοποιήθηκε, ακόμα κι αν τα στοιχεία είναι διαθέσιμα στη βάση δεδομένων.

Παράγοντες διορθώσεων (f_i , f_j , and f_w)

Όλες οι διορθώσεις τίθενται ίσες με τη μονάδα (1) .

Οι τιμές δεικτών βασικών γραμμών υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την ταχύτητα, χωρητικότητα, MCR της προωστήριας μηχανής .

Η εξίσωση WG 2/2/7, είναι :

$$\text{Average Index Value} = 3.13 \cdot \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + 210 \cdot P_{AE}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

Τα στοιχεία χωρίς τιμές παραλείπονται.

Μια ενιαία γραμμή αναφοράς (reference line) σχεδιάζεται έπειτα μέσω των τιμών (αντιπροσωπεύοντας τον μέσο όρο αυτών) υπό τη μορφή:

$$\text{Baseline value} = a \cdot \text{Capacity}^{-c}$$

Στην πιο πρόσφατη υποβολή της Δανίας και της Ιαπωνίας στον IMO ,κατά την MEPC 60/4/7, έχουν συστήσει μικρές αλλαγές στην ανωτέρω μεθοδολογία για την παραγωγή των γραμμών αναφοράς.

Οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ του GHG-WG 2/2/7 και MEPC 60/4/7 είναι ότι η τιμή Cf αναθεωρείται από 3,13 σε 3.1144 , η σταθερά της βοηθητικής μηχανής SFC αναθεωρείται από 210 σε 215 g/kW-hr .

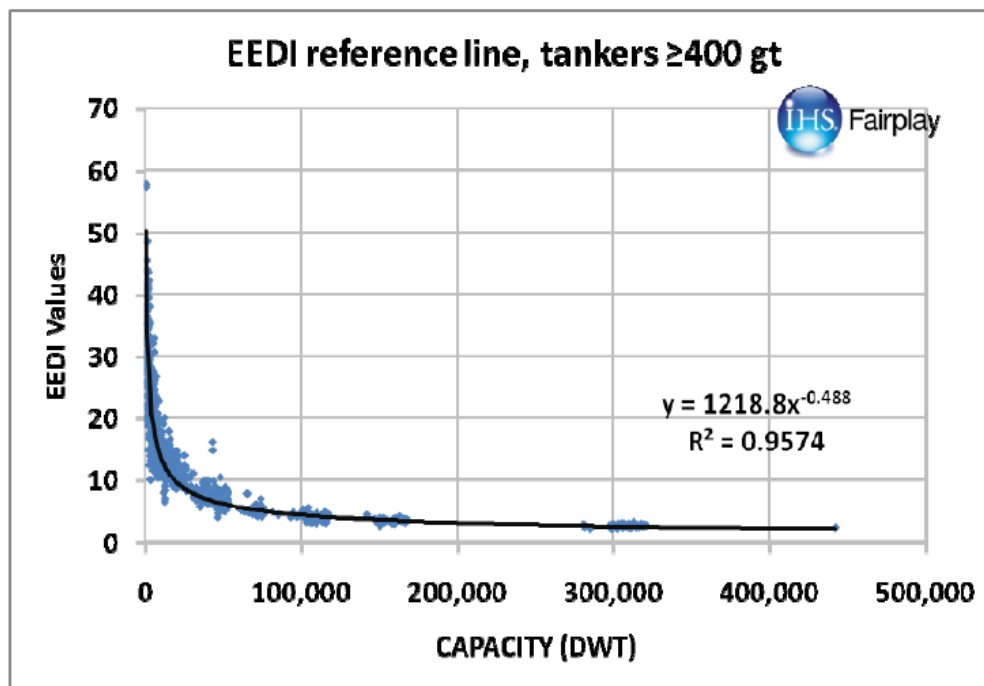
Διάφορες άλλες δευτερεύουσες αλλαγές προτάθηκαν επίσης.

ΜΕΡΟΣ 3ο

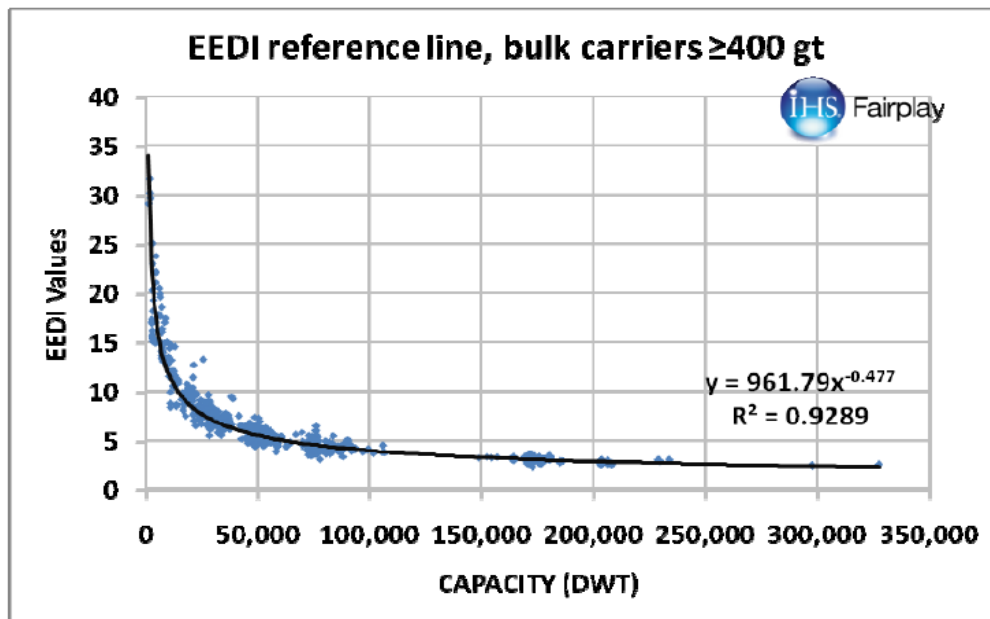
3.1 Υπολογισμος του EEDI για τον υπάρχοντα στόλο

Με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε προηγουμένως και λαμβάνοντας υπ'όψιν τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα στο Fairplay υπολογίσθηκε το EEDI ανά κατηγορία πλοίου για όλα τα πλοία με μέγεθος πάνω από 400 GRT και χαράχθηκαν οι σχετικές γραμμές αναφοράς.

Για τις τρεις πιο διαδεδομένες μορφές πλοίων (tankers, bulk carriers, containerships) οι γραμμές αναφοράς σύμφωνα με την τελευταία εξέλιξη τους (MEPC 62/6/4, 10 Ιανουαρίου 2011) φαίνονται παρακατω :

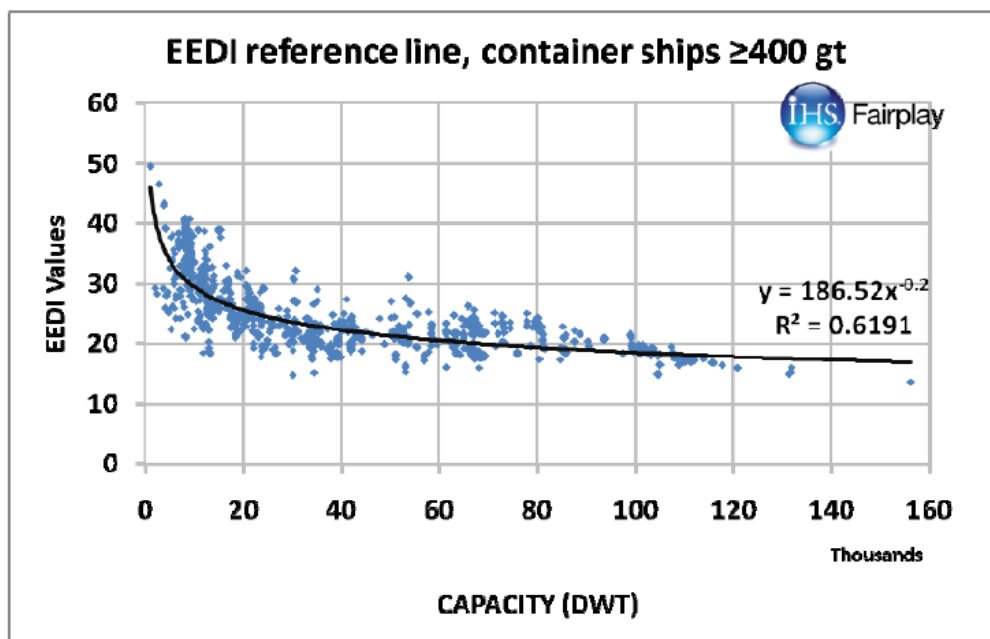


Εικόνα 3.1 Βασική γραμμή αναφοράς για τον δείκτη EEDI όσον αφορά στα tankers
Πηγή : IMO, MEPC 62/6/4, Calculation of parameters for determination of EEDI reference values, January 2011



Εικόνα 3.2 Βασική γραμμή αναφοράς για τον δείκτη EEDI όσον αφορά στα Bulk carriers

Πηγή : IMO, MEPC 62/6/4, Calculation of parameters for determination of EEDI reference values, January 2011



Εικόνα 3.3 Βασική γραμμή αναφοράς για τον δείκτη EEDI όσον αφορά στα containerships

Πηγή : IMO, MEPC 62/6/4, Calculation of parameters for determination of EEDI reference values, January 2011

3.2 Υπολογισμός του EEDI για πλοία (tankers, bulk carriers, containerships) που κατασκευάζονται ή παραγγέλλονται σήμερα

Για την ευρύτερη δυνατή αντιπροσώπευση των πλοίων της κατηγορίας αυτής ευρέθησαν μέσα από την βάση δεδομένων του CLARKSONS οι 30 μεγαλύτεροι σύγχρονοι κατασκευαστές ανά τύπο και μέγεθος πλοίου (Παράρτημα 1)

Από κάθε κατασκευαστή και για κάθε κατηγορία πλοίου επιλέχθηκε ένα πλοίο με ημερομηνία κατασκευής από 2009 και μετά (πίνακες 3.2 A1-3)

Με τον τρόπο αυτό παρ'όλο που το δείγμα που προέκυψε αποτελείται από περιορισμένο αριθμό πλοίων εξασφαλίστηκε (λόγω των μεγάλων σειρών πλοίων που κατασκευάζονται από τους εν λόγω κατασκευαστές – συνολικά περισσότερα από 1344 πλοία ευρίσκονται σήμερα υπό παραγγελία στους κατασκευαστές αυτούς - καθώς και λόγω της επιρροής που οι μεγάλοι αυτοί κατασκευαστές - σαν leader της αγοράς - έχουν στους υπόλοιπους κατασκευαστές) μια καλή αντιπροσώπευση των πλοίων που μπορεί κανείς να κατασκευάσει σήμερα.

Για τα πλοία που αναφέρονται παραπάνω ευρέθησαν από το Fairplay τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό του EEDI (πίνακες 3.2 B1-3) και έγινε ο υπολογισμός του με βάση τα στοιχεία αυτά (πίνακες 3.2 Γ1-3).

Στους ίδιους πίνακες φαίνονται και το EEDI της γραμμής αναφοράς για πλοία με την ίδια χωρητικότητα.

Σε σχηματική μορφή τα ίδια αποτελέσματα φαίνονται στα σχήματα 3.2 Δ 1-3 .

Πίνακας 3,2 Α1. TANKERS – Αντιπροσωπευτικό δείγμα νέων πλοίων

	Yard	Country	Total No of ships	Average age	No of ships on order	Selected Ship	IMO No	Year of built	Owners
VLCC	Daewoo	South Korea	136	6	29	ELECTRA GLORY	9352573	2009	GMM
	Hyundai H.I.	South Korea	121	7	22	LEONIDAS	9410234	2009	Andriaki Shipping
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	47	0	23	MAERSK NEWTON	9358292	2009	A.P.Moller
	Samsung H.I.	South Korea	41	7	6	MAZYONAH	9365776	2009	NITC
	SWS	China P.R.	26	-1	20	TAI HUNG SAN	9559406	2010	Ocean Tankers
Suezmax	Samsung H.I.	South Korea	107	4	42	FRATERNITY	9416733	2009	Euronav
	Hyundai H.I.	South Korea	105	7	17	MARAN PYTHIA	9402902	2009	Maran Tankers
	Daewoo	South Korea	73	8	16	SCF SAMOTLOR	9421972	2010	SCF Group
	Hyundai Samho	South Korea	70	3	9	VIOLANDO	9429285	2009	Andriaki Shipping
	Jiangsu Rongsheng	China P.R.	45	0	20	REEF	9466582	2010	GEDEN
Aframax	Samsung H.I.	South Korea	175	6	41	MINERVA GLORIA	9382750	2009	Minerva Marine
	SWS	China P.R.	32	3	0	SCORPIO	9389071	2009	Cardiff
	Sumitomo H.I.	Japan	90	6	12	BLUE SKY	9413016	2009	Estoril
	Tsuneishi Zosen	Japan	61	4	12	KARAVAS	9420631	2010	Polyar
	Daewoo	South Korea	53	8	1	SKS DELTA	9426312	2010	KG Jebsen
Panamax	New Century S/Y	China P.R.	61	3	0	SCIROCCO	9407835	2009	Dynacom
	STX Shipbuild.	South Korea	59	2	13	KAREI	9467794	2010	Prime Marine
	Hyundai Mipo	South Korea	18	0	0	MEGACORE PHILOTHEA	9456927	2011	Omega Navigation
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	33	2	7	BW ZAMBESI	9393101	2010	BW Maritime
	Sungdong S.B.	South Korea	28	1	11	ALPINE PERSEFONE	9379961	2008	Oceangold
Handy	Hyundai Mipo	South Korea	397	4	49	OCEAN CYCNET	9396098	2010	Interorient
	STX Shipbuild.	South Korea	198	4	24	SCF AMUR	9333436	2007	SCF Group
	Guangzhou S.Y. Int.	China P.R.	155	3	38	TORM ALICE	9465966	2010	Torm
	Shin Kurushima	Japan	151	7	16	SEAEXPRESS	9344019	2007	Thenamaris

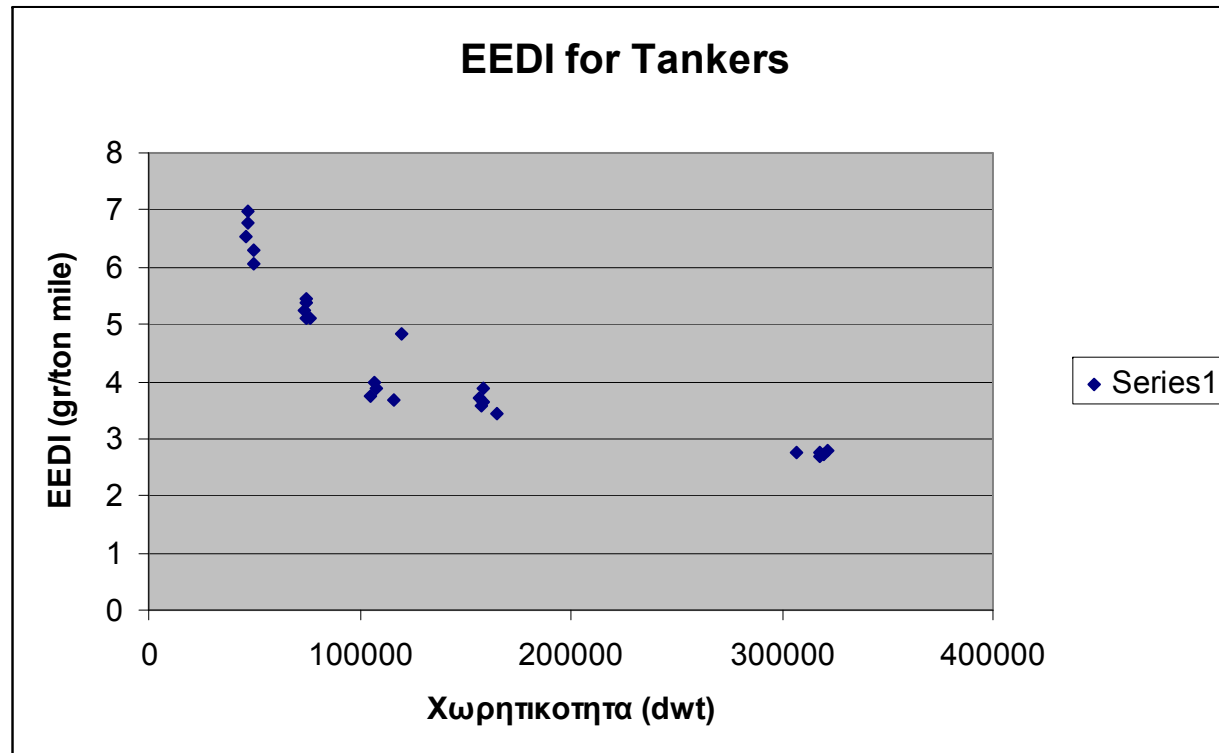
Πίνακας 3,2 Β1. TANKERS – Διαθέσιμα στοιχεία από LR Fairplay

					LR FAIRPLAY				
	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	DWT (tonnes)	Speed (knots)	ME Type	ME MCR (KW)	Daily consumption (tonnes)
VLCC	Daewoo	South Korea	ELECTRA GLORY	9352573	321300	15,30	Sulzer 7RT flex 84T-D	29400	105,00
	Hyundai H.I.	South Korea	LEONIDAS	9410234	318325	15,50	Sulzer 7RTX 82T	29340	
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	MAERSK NEWTON	9358292	307284	16,10	Sulzer 7RTA 84T	29400	
	Samsung H.I.	South Korea	MAZYONAH	9365776	319901	15,70	B&W 6S90MC-C	29340	
	SWS	China P.R.	TAI HUNG SAN	9559406	317924	16,10	B&W 6S90MC-C	29340	98,80
Suezmax	Samsung H.I.	South Korea	FRATERNITY	9416733	157667	15,50	B&W 6S70MC-C	18660	
	Hyundai H.I.	South Korea	MARAN PYTHIA	9402902	158266	15,00	B&W 6S70MC-C	19620	
	Daewoo	South Korea	SCF SAMOTLOR	9421972	158070	15,20	B&W 6S70MC-C	18660	
	Hyundai Samho	South Korea	VIOLANDO	9429285	164763	15,50	B&W 6S70MC-C	18660	
	Jiangsu Rongsheng	China P.R.	REEF	9466582	156597	15,10	B&W 6S70MC-C	18660	
Aframax	Samsung H.I.	South Korea	MINERVA GLORIA	9382750	115873	15,00	B&W 6S60MC-C	13560	49,10
	SWS	China P.R.	SCORPIO	9389071	107157	15,00	B&W 6S60MC-C	13560	46,30
	Sumitomo H.I.	Japan	BLUE SKY	9413016	105491	14,80	B&W 6S60MC-C	12350	
	Tsuneishi Zosen	Japan	KARAVAS	9420631	107505	15,40	B&W 6S60MC-C	13560	43,70
	Daewoo	South Korea	SKS DELTA	9426312	119456	15,20	B&W 6S70ME-C	18660	
Panamax	New Century S/Y	China P.R.	SCIROCCO	9407835	73382	14,00	B&W 5S50MC-C7	11300	
	STX Shipbuild.	South Korea	KAREI	9467794	74540	15,80	B&W 6S60MC-C	13560	
	Hyundai Mipo	South Korea	MEGACORE PHILOTHEA	9456927	74606	16,00	B&W 6S60MC-C8	13560	
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	BW ZAMBESI	9393101	76578	14,80	B&W 6S60MC-C	12240	44,40
	Sungdong S.B.	South Korea	ALPINE PERSEFONE	9379961	74269	15,30	B&W 6S60MC	12240	44,90
Handy	Hyundai Mipo	South Korea	OCEAN CYCNET	9396098	46925	14,50	B&W 6S50MC-C	9960	32,00
	STX Shipbuild.	South Korea	SCF AMUR	9333436	47095	14,20	B&W 6S60MC-C	9480	
	Guangzhou S.Y. Int.	China P.R.	TORM ALICE	9465966	50216	15,00	Sulzer 7RT flex 50	9960	
	Shin Kurushima	Japan	SEAEXPRESS	9344019	45976	15,10	B&W 6S50MC-C	9480	
	SPP	South Korea	MISS MARILENA	9428334	50096	14,90	B&W 6S50MC-C	9480	35,00

Πίνακας 3,2 Γ1. TANKERS – EEDI βασισμένο σε στοιχεία από LR Fairplay

	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	Capacity (tonnes)	Vref (knots)	ME MCR (KW)	SFC (gr/kWh)		EEDI	Ref. line	Deviation
								ME	AE			
MLCC	Daewoo	South Korea	ELECTRA GLORY	9352573	321300	15,30	29400	190	215	2,7884	2,5036	11,4%
	Hyundai H.I.	South Korea	LEONIDAS	9410234	318325	15,50	29340	190	215	2,7725	2,5150	10,2%
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	MAERSK NEWTON	9358292	307284	16,10	29400	190	215	2,7707	2,5587	8,3%
	Samsung H.I.	South Korea	MAZYONAH	9365776	319901	15,70	29340	190	215	2,7237	2,5089	8,6%
	SWS	China P.R.	TAI HUNG SAN	9559406	317924	16,10	29340	190	215	2,6726	2,5165	6,2%
Suezmax	Samsung H.I.	South Korea	FRATERNITY	9416733	157667	15,50	18660	190	215	3,5850	3,5435	1,2%
	Hyundai H.I.	South Korea	MARAN PYTHIA	9402902	158266	15,00	19620	190	215	3,8767	3,5370	9,6%
	Daewoo	South Korea	SCF SAMOTLOR	9421972	158070	15,20	18660	190	215	3,6464	3,5391	3,0%
	Hyundai Samho	South Korea	VIOLANDO	9429285	164763	15,50	18660	190	215	3,4306	3,4682	-1,1%
	Jiangsu Rongsheng	China P.R.	REEF	9466582	156597	15,10	18660	190	215	3,7051	3,5553	4,2%
Aframax	Samsung H.I.	South Korea	MINERVA GLORIA	9382750	115873	15,00	13560	190	215	3,6893	4,1182	-10,4%
	SWS	China P.R.	SCORPIO	9389071	107157	15,00	13560	190	215	3,9894	4,2784	-6,8%
	Sumitomo H.I.	Japan	BLUE SKY	9413016	105491	14,80	12350	190	215	3,7502	4,3112	-13,0%
	Tsuneishi Zosen	Japan	KARAVAS	9420631	107505	15,40	13560	190	215	3,8732	4,2716	-9,3%
	Daewoo	South Korea	SKS DELTA	9426312	119456	15,20	18660	190	215	4,8251	4,0575	18,9%
Panamax	New Century S/Y	China P.R.	SCIROCCO	9407835	73382	14,00	11300	190	215	5,2285	5,1466	1,6%
	STX Shipbuild.	South Korea	KAREI	9467794	74540	15,80	13560	190	215	5,4447	5,1075	6,6%
	Hyundai Mipo	South Korea	MEGACORE PHILOTHEA	9456927	74606	16,00	13560	190	215	5,3718	5,1053	5,2%
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	BW ZAMBESI	9393101	76578	14,80	12240	190	215	5,1215	5,0407	1,6%
	Sungdong S.B.	South Korea	ALPINE PERSEFONE	9379961	74269	15,30	12240	190	215	5,1081	5,1166	-0,2%
Handy	Hyundai Mipo	South Korea	OCEAN CYCNET	9396098	46925	14,50	9960	190	215	6,9875	6,4016	9,2%
	STX Shipbuild.	South Korea	SCF AMUR	9333436	47095	14,20	9480	190	215	6,7788	6,3903	6,1%
	Guangzhou S.Y. Int.	China P.R.	TORM ALICE	9465966	50216	15,00	9960	190	215	6,3119	6,1933	1,9%
	Shin Kurushima	Japan	SEAEXPRESS	9344019	45976	15,10	9480	190	215	6,5299	6,4657	1,0%
	SPP	South Korea	MISS MARILENA	9428334	50096	14,90	9480	190	215	6,0734	6,2005	-2,1%

Σχήμα 3.2 Δ1



Πίνακας 3,2 Α2. BULKERS – Αντιπροσωπευτικό δείγμα νέων πλοίων

	Yard	Country	Total No of ships	Average age	No of ships on order	Selected Ship	IMO No	Year of built	Owners
Cape size	Hyundai H.I.	South Korea	133	13	13	C.DISCOVERY	9521203	2010	Chang Myung Shipping
	Shanghai Waigaoqiao	China P.R.	126	2	27	SONIA	9397743	2009	Neda
	Namura Shipbuilding	Japan	90	4	3	FRONTIER KOTOBUKI	9532082	2011	Nippon Yusen
	Daewoo	South Korea	89	9	6	ARIADNE	9464144	2009	Neda
	Imabari S.B.	Japan	78	2	11	SAIKO	9446087	2010	World Marine
Panamax	Tsuneishi Zosen	Japan	231	6	54	ATTALLIA	9423360	2010	Andriaki
	Imabari S.B.	Japan	217	8	34	KM IMABARI	9544401	2009	Shoei Kisen
	Oshima S.B. Co.	Japan	186	3	49	ANDROMEDA	9426714	2011	Transocean Maritime
	Sanoyas	Japan	124	7	16	FISCARDO	9442378	2010	Minerva Marine
	STX Shipbuild.	South Korea	47	0	33	INSPIRATION	9545285	2010	Aegean Bulk
Handymax	Oshima S.B. Co.	Japan	332	9	24	NIKKEI DRAGON	9355501	2009	Tamai SS
	Mitsui SB	Japan	208	8	31	TOMOSHIO	9397884	2009	Nereus Shipping
	Tsuneishi Cebu	Philippines	142	3	41	CARMENCITA	9403176	2009	Ugland Marine
	Dayang S.B.	China P.R.	90	1	19	MAGNUM FORTUNE	9488970	2009	Meedway
	Hantong Shipyard	China P.R.	67	0	28	VALERIE	9427897	2008	Densan
Handy	Imabari S.B.	Japan	201	13	38	BRIGHT HOPE	9573945	2010	Grand Union
	Hakodate Dock	Japan	154	10	35	UNION ANTON	9494814	2010	Union Commercial
	SPP Shipbuilding	South Korea	68	0	49	SEA MELODY	9580118	2010	Order Shipping
	Hyundai Mipo	South Korea	57	0	49	SHAH	9522910	2010	ADNACO
	Jiangmen Nanyang	China P.R.	45	0	25	SENTOSA BULKER	9527996	2010	Lauritzen

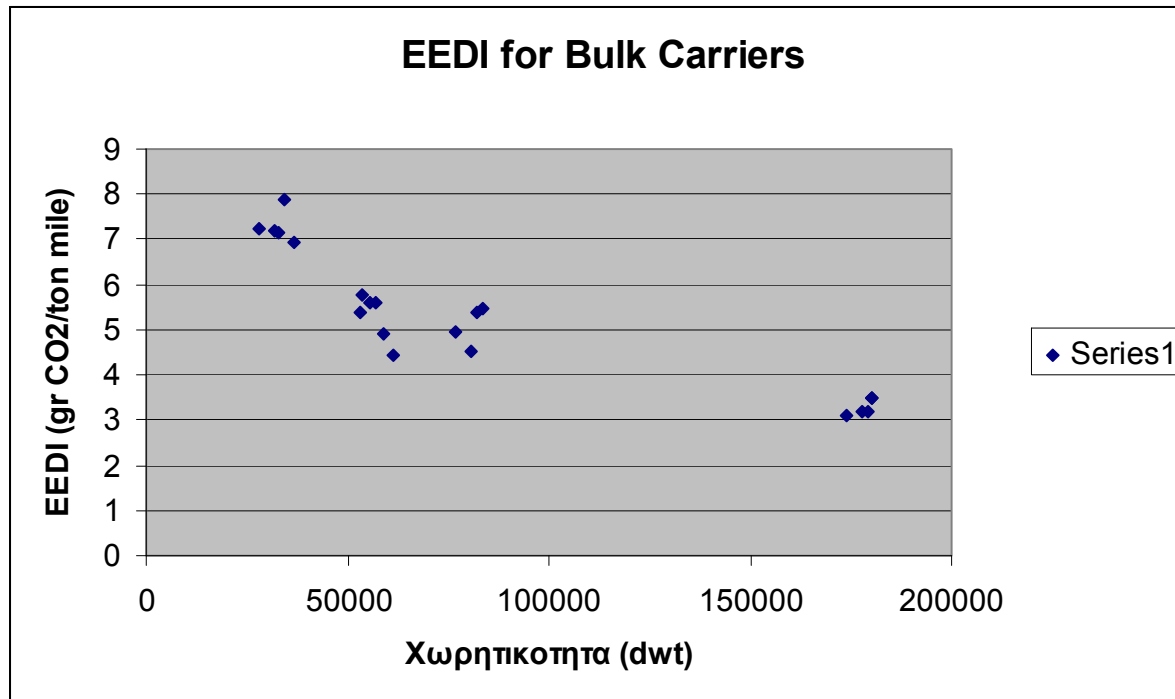
Πίνακας 3,2 Β2. BULKERS – Διαθέσιμα στοιχεία από LR Fairplay

	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	LR FAIRPLAY				
					DWT (tonnes)	Speed (knots)	ME Type	ME MCR (KW)	Daily consumption (tonnes)
Cape size	Hyundai H.I.	South Korea	C.DISCOVERY	9521203	179185	15,30	B&W 6S70MC-C	18660	
	SWS	China P.R.	SONIA	9397743	177974	14,00	B&W 6S70MC-C	16860	65,30
	Namura Shipbuilding	Japan	FRONTIER KOTOBUKI	9532082	174000	14,80	B&W 6S70MC-C	16860	59,00
	Daewoo	South Korea	ARIADNE	9464144	180010	14,00	B&W 6S70MC-C	18660	62,00
	Imabari S.B.	Japan	SAIKO	9446087	180178	14,00	B&W 6S70MC-C	18660	70,00
Panamax	Tsuneishi Zosen	Japan	ATTALLIA	9423360	82171	14,50	B&W 6S60MC-C	13560	38,50
	Imabari S.B.	Japan	KM IMABARI	9544401	76619	15,25	B&W 6S60MC-C	12240	
	Oshima S.B. Co.	Japan	ANDROMEDA	9426714	61501	14,50	B&W 6S50MC-C	8208	31,00
	Sanoyas	Japan	FISCARDO	9442378	83448	14,00	B&W 6S60MC-C	13560	31,40
	STX Shipbuild.	South Korea	INSPIRATION	9545285	80700	14,40	B&W 7S50MC-C	11060	
Handymax	Oshima S.B. Co.	Japan	NIKKEI DRAGON	9355501	52950	13,00	B&W 5S50MC-C	7686	
	Mitsui SB	Japan	TOMOSHIO	9397884	55688	14,50	B&W 6S50MC-C	9480	31,00
	Tsuneishi Cebu	Philippines	CARMENCITA	9403176	58773	14,00	B&W 6S50MC-C	8400	33,00
	Dayang S.B.	China P.R.	MAGNUM FORTUNE	9488970	53631	14,70	B&W 6S50MC-C	9480	30,10
	Hantong Shipyard	China P.R.	VALERIE	9427897	57000	14,20	B&W 6S50MC-C	9480	30,10
Handy	Imabari S.B.	Japan	BRIGHT HOPE	9573945	28201	14,00	B&W 6S42MC	5850	
	Hakodate Dock	Japan	UNION ANTON	9494814	32077	14,40	Mitsubishi 6UEC45LSE	6840	25,30
	SPP Shipbuilding	South Korea	SEA MELODY	9580118	34468	14,00	B&W 5S50MC-C	7900	28,00
	Hyundai Mipo	South Korea	SHAH	9522910	36940	14,80	B&W 6S46MC-C	7860	
	Jiangmen Nanyang	China P.R.	SENTOSA BULKER	9527779	32755	13,50	B&W 6S42MC	6480	

Πίνακας 3,2 Γ2. BULKERS – EEDI βασισμένο σε στοιχεία από LR Fairplay

	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	Capacity DWT	Vref (knots)	ME MCR (KW)	SFC (gr/kWh)		EEDI	Reference line	Deviation
								ME	AE			
Cape size	Hyundai H.I.	South Korea	C.DISCOVERY	9521203	179185	15,30	18660	190	215	3,1957	3,0009	6,5%
	Shanghai Waigaoqiao	China P.R.	SONIA	9397743	177974	14,00	16860	190	215	3,1835	3,0106	5,7%
	Namura Shipbuilding	Japan	FRONTIER KOTOBUKI	9532082	174000	14,80	16860	190	215	3,0802	3,0432	1,2%
	Daewoo	South Korea	ARIADNE	9464144	180010	14,00	18660	190	215	3,4764	2,9944	16,1%
	Imabari S.B.	Japan	SAIKO	9446087	180178	14,00	18660	190	215	3,4732	2,9930	16,0%
Panamax	Tsuneishi Zosen	Japan	ATTALLIA	9423360	82171	14,50	13560	190	215	5,3818	4,3527	23,6%
	Imabari S.B.	Japan	KM IMABARI	9544401	76619	15,25	12240	190	215	4,9677	4,5004	10,4%
	Oshima S.B. Co.	Japan	ANDROMEDA	9426714	61501	14,50	8208	190	215	4,4266	4,9979	-11,4%
	Sanoyas	Japan	FISCARDO	9442378	83448	14,00	13560	190	215	5,4887	4,3208	27,0%
	STX Shipbuild.	South Korea	INSPIRATION	9545285	80700	14,40	11060	190	215	4,5272	4,3904	3,1%
Handymax	Oshima S.B. Co.	Japan	NIKKEI DRAGON	9355501	52950	13,00	7686	190	215	5,3855	5,3678	0,3%
	Mitsui SB	Japan	TOMOSHIO	9397884	55688	14,50	9480	190	215	5,6142	5,2402	7,1%
	Tsuneishi Cebu	Philippines	CARMENCITA	9403176	58773	14,00	8400	190	215	4,9050	5,1072	-4,0%
	Dayang S.B.	China P.R.	MAGNUM FORTUNE	9488970	53631	14,70	9480	190	215	5,7502	5,3352	7,8%
	Hantong Shipyard	China P.R.	VALERIE	9427897	57000	14,20	9480	190	215	5,6009	5,1824	8,1%
Handy	Imabari S.B.	Japan	BRIGHT HOPE	9573945	28201	14,00	5850	190	215	7,2479	7,2494	0,0%
	Hakodate Dock	Japan	UNION ANTON	9494814	32077	14,40	6840	190	215	7,1822	6,8175	5,3%
	SPP Shipbuilding	South Korea	SEA MELODY	9580118	34468	14,00	7900	190	215	7,8866	6,5877	19,7%
	Hyundai Mipo	South Korea	SHAH	9522910	36940	14,80	7860	190	215	6,9273	6,3736	8,7%
	Jiangmen Nanyang	China P.R.	SENTOSA BULKER	9527779	32755	13,50	6480	190	215	7,1275	6,7498	5,6%

Σχήμα 3.2 Δ2



Πίνακας 3,2 Α3. CONTAINERS – Αντιπροσωπευτικό δείγμα νέων πλοίων

	Yard	Country	Total No of ships	Average age	No of ships on order	Selected Ship	IMO No	Year of built	Owners
Post-Panamax	Hyundai H.I.	South Korea	285	4	54	CMA CGM ANDROMEDA	9410727	2009	CMA CGM
	Samsung H.I.	South Korea	188	3	69	HANJIN KOREA	9408853	2010	Hanjin Shipping
	Daewoo	South Korea	131	2	55	MSC SAVONA	9460356	2010	Reederei C-P Offen
	Hyundai Samho	South Korea	81	1	31	MAERSK EDISON	9463011	2011	Zodiac Maritime
	Koyo Dock K.K.	Japan	68	5	8	CMA CGM RACINE	9406647	2010	Danaos
Panamax	Hyundai H.I.	South Korea	166	8	24	CMA CGM OPAL	9386483	2009	Diorix
	Samsung H.I.	South Korea	127	7	2	ZIM MONACO	9389708	2009	Danaos
	Hanjin H.I.	South Korea	97	7	5	HANJIN ALGECIRAS	9443047	2011	Danaos
	Jiangsu New YZJ	China P.R.	48	0	28	APL MELBOURNE	9431812	2010	Norddeutsche
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	39	3	6	MOL DEVOTION	9352420	2009	Rickmers Rederei
Sub-Panamax	Hyundai Mipo	South Korea	55	4	2	MAERSK JAIPUR	9343974	2008	Cido Shipping
	STX Shipbuild.	South Korea	30	4	0	NYK ROSA	9419644	2009	Nippon Yusen Kaisha
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	23	1	7	CALICANTO BRIDGE	9435038	2010	Seaspan
	Guangzhou Wenchong	China P.R.	15	-1	10	STADT CADIZ	9445904	2010	Thien & Heyenea
	Naikai	Japan	11	1	4	HANJIN CHENNAI	9532276	2010	ST Ocean Shipping
Handy	Guangzhou Wenchong	China P.R.	82	4	16	CAPE NABIL	9436185	2010	Shoeller Holdings
	Imabari S.B.	Japan	66	7	0	PENANG BRIDGE	9470753	2009	Daiwa Kissen
	CSBC	Taiwan	54	5	8	MAERSK WISEBADEN	9410272	2010	Cido Shipping
	Jinling Shipyard	China P.R.	40	4	0	SAMIN 1	9420370	2009	HDS Lines
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	39	4	2	JOST	9477347	2010	Peter Dohle

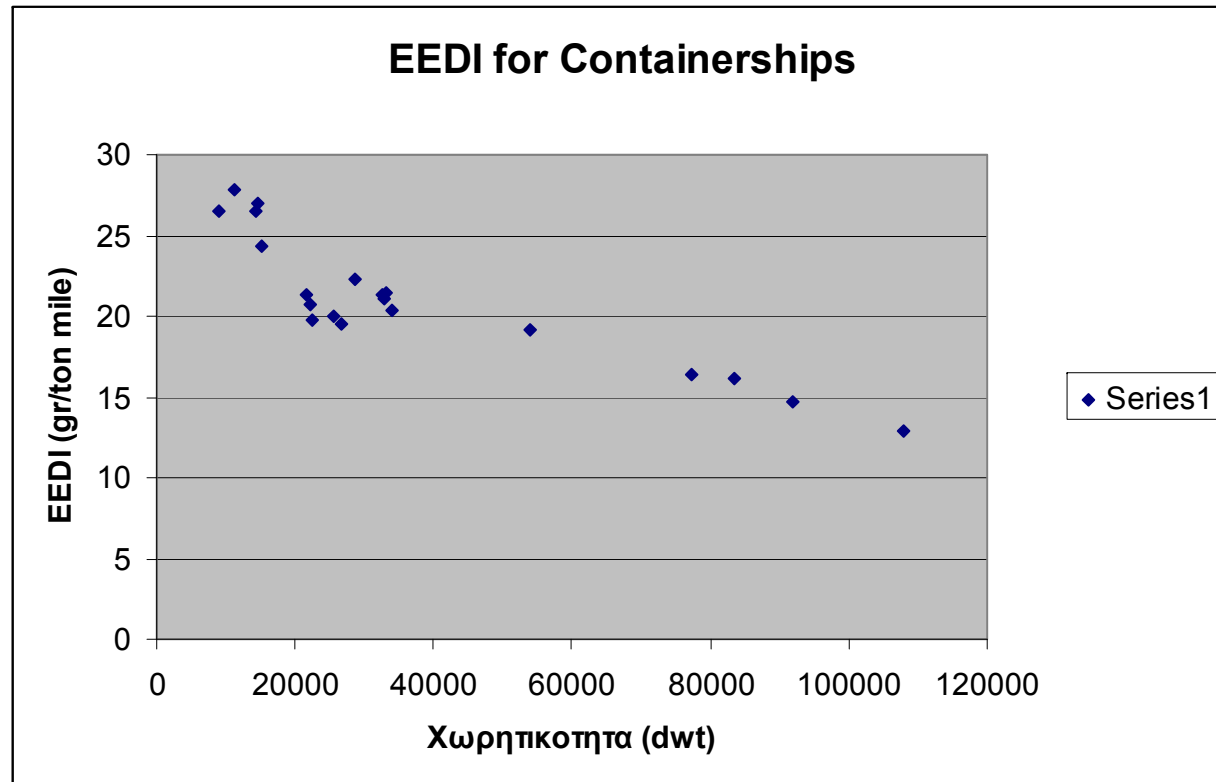
Πίνακας 3,2 Β3. CONTAINERS – Διαθέσιμα στοιχεία από LR Fairplay

	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	LR FAIRPLAY				
					DWT (tonnes)	TEU	Speed (knots)	ME Type	ME MCR (KW)
Post-Panmax	Hyundai H.I.	South Korea	CMA CGM ANDROMEDA	9410727	128550	11356	24,70	B&W 12K98ME-C	72191
	Samsung H.I.	South Korea	HANJIN KOREA	9408853	118800	9954	25,10	Wartsila 12RT flex 96C	68640
	Daewoo	South Korea	MSC SAVONA	9460356	165887	14000	24,00	B&W 12K98MC-C	72240
	Hyundai Samho	South Korea	MAERSK EDISON	9463011	141448	13102	24,70	B&W 12K98MC-C	72240
	Koyo Dock K.K.	Japan	CMA CGM RACINE	9406647	83217	6570	25,60	B&W 10K98MC-C	57199
Panamax	Hyundai H.I.	South Korea	CMA CGM OPAL	9386483	52408	4360	24,50	B&W 8K90MC-C	36500
	Samsung H.I.	South Korea	ZIM MONACO	9389708	50829	4253	24,00	B&W 8K90MC-C	36580
	Hanjin H.I.	South Korea	HANJIN ALGECIRAS	9443047	44144	3398	23,00	Wartsila 7RT flex 82C	31640
	Jiangsu New YZJ	China P.R.	APL MELBOURNE	9431812	50278	4256	24,40	B&W 8K90MC-C	36560
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	MOL DEVOTION	9352420	50596	4250	24,50	B&W 8K90MC-C	36560
Sub-Panamax	Hyundai Mipo	South Korea	MAERSK JAIPUR	9343974	39446	2824	23,00	B&W 7K80MC-C	25228
	STX Shipbuild.	South Korea	NYK ROSA	9419644	34528	2664	23,00	B&W 7S70MC-C	21733
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	CALICANTO BRIDGE	9435038	34195	2546	22,00	B&W 6K80MC-C	21660
	Guangzhou Wenchong	China P.R.	STADT CADIZ	9445904	41234	2758	22,30	Wartsila 8RT flex 68D	25040
	Naikai	Japan	HANJIN CHENNAI	9532276	33100	2553	22,20	B&W 7S70MC-C	21735
Handy	Guangzhou Wenchong	China P.R.	CAPE NABIL	9436185	23550	1740	20,00	B&W 7S60MC-C	15820
	Imabari S.B.	Japan	PENANG BRIDGE	9470753	21927	1708	19,70	B&W 7S60MC-C	15820
	CSBC	Taiwan	MAERSK WISEBADEN	9410272	22314	1713	19,00	B&W 7S60MC-C	15806
	Jinling Shipyard	China P.R.	SAMIN 1	9420370	13739	1118	19,60	B&W 7L58/64	9730
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	JOST	9477347	17157	1338	19,30	B&W 8S50ME-C	12640

Πίνακας 3,2 Γ3. CONTAINERS – EEDI βασισμένο σε στοιχεία από LR Fairplay

	Yard	Country	Selected Ship	IMO No	DWT (tonnes)	Capacity (65% DWT)	Vref (knots)	ME MCR (KW)	SFC (gr/kWh)		EEDI	Reference line	Deviation
									ME	AE			
Post-Panamax	Hyundai H.I.	South Korea	CMA CGM ANDROMEDA	9410727	128550	83558	24,70	72191	190	215	16,1902	19,3343	-16,3%
	Samsung H.I.	South Korea	HANJIN KOREA	9408853	118800	77220	25,10	68640	190	215	16,3960	19,6417	-16,5%
	Daewoo	South Korea	MSC SAVONA	9460356	165887	107827	24,00	72240	190	215	12,9208	18,3730	-29,7%
	Hyundai Samho	South Korea	MAERSK EDISON	9463011	141448	91941	24,70	72240	190	215	14,7238	18,9681	-22,4%
	Koyo Dock K.K.	Japan	CMA CGM RACINE	9406647	83217	54091	25,60	57199	190	215	19,1445	21,0912	-9,2%
Panamax	Hyundai H.I.	South Korea	CMA CGM OPAL	9386483	52408	34065	24,50	36500	190	215	20,3418	23,1347	-12,1%
	Samsung H.I.	South Korea	ZIM MONACO	9389708	50829	33039	24,00	36580	190	215	21,4571	23,2766	-7,8%
	Hanjin H.I.	South Korea	HANJIN ALGECIRAS	9443047	44144	28694	23,00	31640	190	215	22,3333	23,9424	-6,7%
	Jiangsu New YZJ	China P.R.	APL MELBOURNE	9431812	50278	32681	24,40	36560	190	215	21,3251	23,3274	-8,6%
	Dalian Shipbuilding	China P.R.	MOL DEVOTION	9352420	50596	32887	24,50	36560	190	215	21,1046	23,2981	-9,4%
Sub-Panamax	Hyundai Mipo	South Korea	MAERSK JAIPUR	9343974	39446	25640	23,00	25228	190	215	19,9857	24,4873	-18,4%
	STX Shipbuild.	South Korea	NYK ROSA	9419644	34528	22443	23,00	21733	190	215	19,7142	25,1483	-21,6%
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	CALICANTO BRIDGE	9435038	34195	22227	22,00	21660	190	215	20,7423	25,1970	-17,7%
	Guangzhou Wenchong	China P.R.	STADT CADIZ	9445904	41234	26802	22,30	25040	190	215	19,5744	24,2712	-19,4%
	Naikai	Japan	HANJIN CHENNAI	9532276	33100	21515	22,20	21735	190	215	21,3077	25,3616	-16,0%
Handy	Guangzhou Wenchong	China P.R.	CAPE NABIL	9436185	23550	15308	20,00	15820	190	215	24,3448	27,1482	-10,3%
	Imabari S.B.	Japan	PENANG BRIDGE	9470753	21927	14253	19,70	15820	190	215	26,5450	27,5387	-3,6%
	CSBC	Taiwan	MAERSK WISEBADEN	9410272	22314	14504	19,00	15806	190	215	27,0222	27,4428	-1,5%
	Jinling Shipyard	China P.R.	SAMIN 1	9420370	13739	8930	19,60	9730	190	215	26,5574	30,2381	-12,2%
	Jiangsu Yangzijiang	China P.R.	JOST	9477347	17157	11152	19,30	12640	190	215	27,8238	28,9238	-3,8%

Σχήμα 3.2 Δ3



Στην συνέχεια έγινε μία προσπάθεια για ορισμένα από τα πλοία του παραπάνω δείγματος (συγκεκριμένα για το πλοίο FRATERNITY, το οποίο είναι ένα suezmax tanker και το πλοίο SONIA, το οποίο είναι ένα cape size bulk carrier) να γίνει ένας πιο ακριβής υπολογισμός του EEDI σύμφωνα με τις οδηγίες που περιλαμβάνονται στο MEPC 1/Circ. 681, "Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships").

Ευρέθηκαν από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες τα σχετικά πιστοποιητικά και τα πρωτόκολλα δοκιμών για τις κύριες μηχανές EIAPP (Nox Technical File) και από αυτά ευρέθησαν με ακρίβεια οι ειδικές καταναλώσεις στο 75% του MCR καθώς και ο παράγοντας μετατροπής (CFME) του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε κατά τις δοκιμές.

Σχετικό απόσπασμα φαίνεται παρακάτω.

Με τον ίδιο τρόπο ευρέθησαν τα αποτελέσματα των δοκιμών (sea trials) κατά την παράδοση των πλοίων και με βάση αυτά έγινε μία καλύτερη προσέγγιση της ταχύτητας αναφοράς (V_{ref}) όπως φαίνεται στα σχεδιαγράμματα που ακολουθούν.

Υπολογίσθηκε και πάλι το EEDI με βάση τις ειδικές καταναλώσεις, παράγοντες μετατροπής του καυσίμου και ταχύτητες αναφοράς που ευρέθησαν με τον τρόπο αυτό και τα συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Ship	Unit	FRATERNITY	SONIA
IMO No		9416733	9397743
Capacity	t	157667	177974
Main Engine MCR)	Kw	18660	16860
V από Fairplay	knots	15,50	14,00
V_{ref}	knots	16,01	15,28
SFC ME	gr/kWh	171,9	169,2
Cf καυσίμου ME	gr CO ₂ / gr fuel	3,206	3,1144
EEDI από Reference line	gr CO ₂ / t nm	3,5435	3,0106
EEDI από Fairplay	gr CO ₂ / t nm	3,5850	3,1835
Απόκλιση από reference line		1,2%	5,7%
EEDI από δοκιμές πλοίου	gr CO ₂ / t nm	3,2511	2,6156
Απόκλιση από reference line		-8,3%	-13,1%

Εικόνα 3.4 Πιστοποιητικά και τα πρωτόκολλα δοκιμών για τη κύρια μηχανή του πλοίου FRATERNITY

Πηγή : Πλοιοκτήτρια εταιρεία του πλοίου FRATERNITY

Diesels Engine

MAN

Calculation of NOx values according to IMO guidelines (NOx Technical Code, Marpol 73/78 Annex VI)

Manufacturer	Diesels Engine Co	Customer	SH	Test Cycle	EC	Class	LR
Engine	6570MCC-M67	Engine No.	ML-4843	Power	15000 kW	Speed	91 rpm
Input data							
Date of measurement	date						
Time of measurement	t						
Lead	L						
C content of fuel	87.97 [Mass%]						
H content of fuel	11.95 [Mass%]						
S content of fuel	0.25 [Mass%]						
N content of fuel	0.09 [Mass%]						
O content of fuel	0.53 [Mass%]						
Concentration NOx in dry exhaust	573.70 [ppm]						
Concentration NOx in wet exhaust	853.00 [ppm]						
Concentration O2 in dry exhaust	15.79 [Vol %]						
Concentration O2 in wet exhaust	15.73 [Vol %]						
Concentration CO2 in dry exhaust	3.95 [Vol %]						
Concentration CO2 in wet exhaust	4.22 [Vol %]						
Concentration CO in dry exhaust	403.93 [ppm]						
Concentration HC in wet exhaust	63.93 [ppm]						
Concentration C in dry exhaust	44.40 [mg/m ³]						
Concentration C in wet exhaust	44.40 [mg/m ³]						
Fuel mass flow	500.4 [kg/h]						
Rel. humidity of intake air	63.2 [%]						
Temperature of intake air	22.8 [°C]						
measured at 8000 (8000 & 8000)							
Total barometric pressure	101.5 [kPa]						
Suction air temperature before TC blow	25.4 [°C]						
Temperature of scavenge air receiver	31 [°C]						
Reference temperature of scavenge air receiver	44 [°C]						
Scavenging pressure (relative)	0.52 [bar]						
Power	4955 [kW]						
Correction and Calculation factors							
Dry/wet correction	0.98						
Correction for humidity and temp.	1.09						
Wet exhaust density	1.286						
NOx according E2- or E3-Mode							
Method 2, Carbon/Oxygen balance	10.78						
IMO-NOx	12.51						

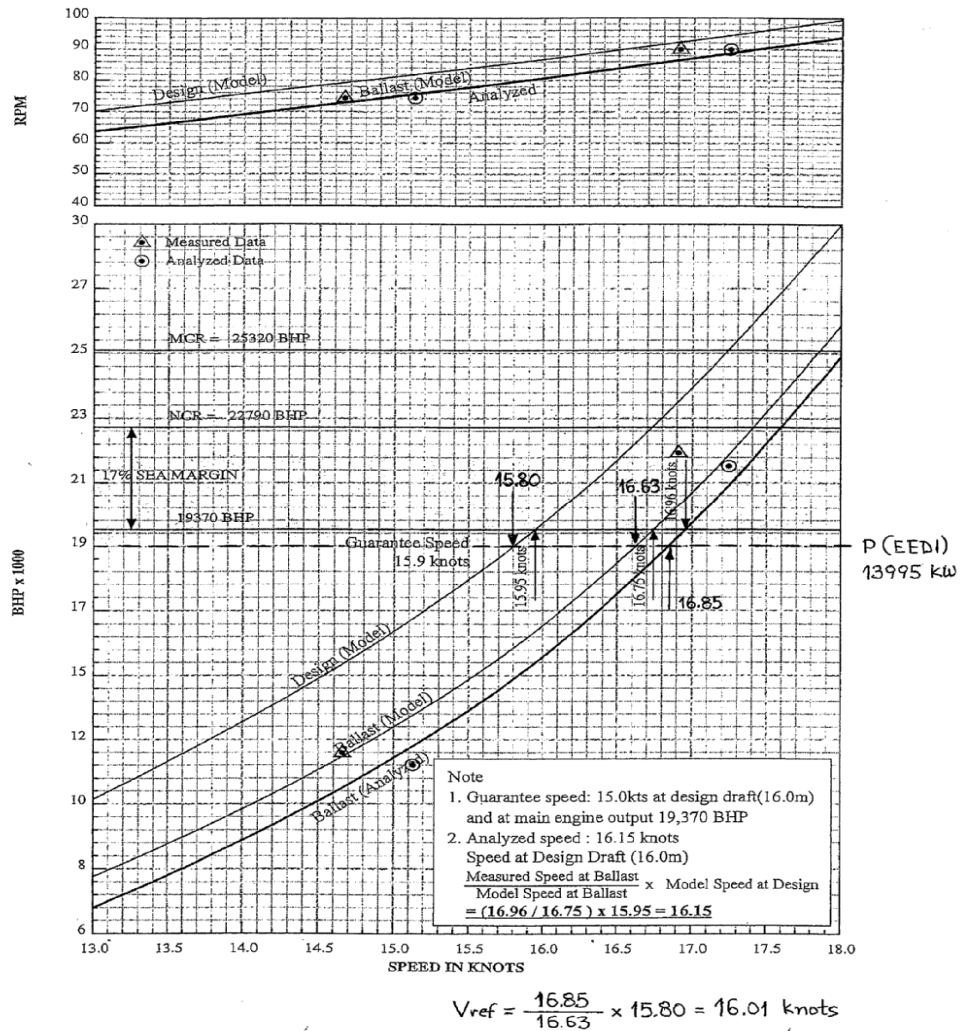
Test Cycle	Power	EC	Class	LR
2009-09-30	2009-09-30	2009-09-30	2009-09-30	
10-09-10-10	10-09-10-40	11-09-11-10	12-09-12-30	
25	80	75	100	

NOx	g/kWh
0.98	0.98
1.09	1.04
1.286	1.291

NOx	g/kWh
10.78	12.21
12.51	13.43
	11.22

SAMSUNG

3.2 Speed-Power-RPM Curve FRATERNITY



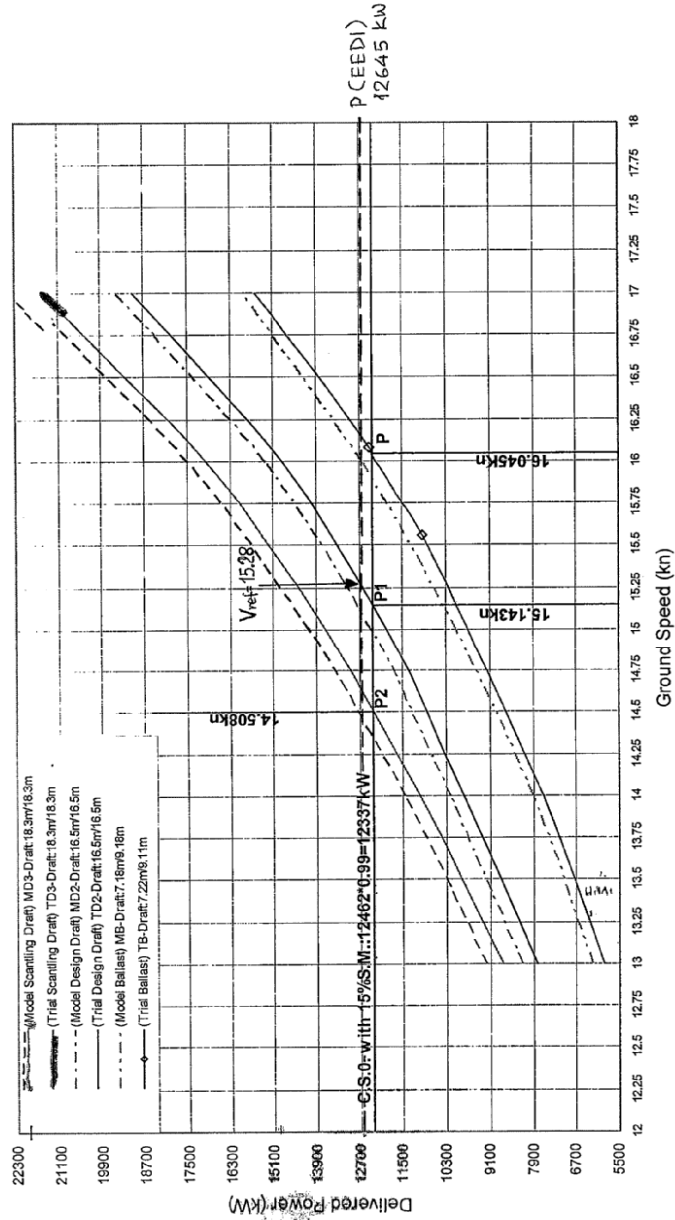
CONFIDENTIAL : Unauthorized use or disclosure of this material results in civil or criminal liabilities.

5

Εικόνα 3.5 Αποτελέσματα δοκιμών (sea trials) του πλοίου
 Πηγή: Πλοιοκτήτρια εταιρεία του πλοίου FRATERNITY

Εικόνα 3.6 Αποτελέσματα δοκιμών (sea trials) του πλοίου SONIA
 Πηγή : Πλοιοκτήτρια εταιρεία του πλοίου SONIA

SWS-177,000DWT Bulk Carrier "SONIA"
 Ship speed estimation at different draft-Head Wind Bft 0(0.00m/s)



3.3 Σχολιασμος αποτελεσματος

Το EEDI που υπολογίσθηκε με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία από το Fairplay στα tankers είναι γενικά σε συμφωνία με την γραμμή αναφοράς, όπως αυτή προτείνεται από το MEPC 62/6/4 παρουσιάζοντας αποκλίσεις έως περίπου 10% πάνω και κάτω από την γραμμή αναφοράς για όλα τα πλοία με εξαίρεση τα VLCC, όπου παρατηρείται ότι γενικά έχουν EEDI πάνω από την γραμμή αναφοράς (της τάξεως του 10 %).

Στα bulkers παρατηρούνται γενικά αποκλίσεις πάνω από την γραμμή αναφοράς που για κάποια μεγαλύτερα πλοία υπερβαίνουν και το 20%.

Στα containers παρατηρείται μία διαφορετική εικόνα με την πλειονότητα των πλοίων να έχουν EEDI πάνω από την γραμμή αναφοράς και τα μεγαλύτερα εξ αυτών να παρουσιάζουν διαφορές μεγαλύτερες και του 20%.

Από τον υπολογισμό του EEDI για τα δύο πλοία (SONIA και FRATERNITY) με βάση ακριβέστερα στοιχεία από τις δοκιμές των συγκεκριμένων πλοίων φαίνεται ότι γενικά ο υπολογισμός του EEDI με βάση τα στοιχεία του Fairplay δίνει γενικά πιο συντηρητικές τιμές.

Αυτό οφείλεται κατά πρώτον στην ταχύτητα, αφού η υπηρεσιακή ταχύτητα που φαίνεται στο Fairplay είναι γενικά μικρότερη από την ταχύτητα αναφοράς όπως αυτή ορίζεται στο MEPC 1/Circ. 681, "Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships.") και τατά δεύτερον στις χαμηλότερες από 190 gr/kWh ειδικές καταναλώσεις για τις κύριες μηχανές που προκύπτουν από τα σχετικά πρωτόκολλα δοκιμών.

3.4 Σχολιασμος παραγόντων που επηρεάζουν τον υπολογισμό του EEDI

Ταχύτητα

Καθώς είναι γνωστό ότι η απαιτούμενη ισχύς για την πρόωση ενός πλοίου είναι ανάλογη με τον κύβο της ταχύτητας, από τον τύπο υπολογισμού του EEDI (αριθμητής ανάλογος της ισχύος και επομένως του κυβου της ταχύτητας με τον παρονομαστή ευθέως ανάλογο αυτής) είναι προφανές ότι η τιμή του EEDI είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε σχέση με την τιμή της ταχύτητας.

Συγκεκριμένα σε μείωση της ταχύτητας κατά 10% (περίπου 1,5 knots για tankers / bulkers και περίπου 2,5 knots για containers μεγέθους panamax και πάνω) η μείωση στο EEDI είναι περίπου 19%.

Εαν μάλιστα πάρουμε υπ'όψιν και το γεγονός ότι η γραμμή αναφοράς με την τιμή της οποίας γίνεται η σύγκριση του EEDI κάθε πλοίου είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα, εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι η ταχύτητα θα είναι ένας βασικός παράγοντας επηρεασμού της τιμής του EEDI.

Οι ενδιασμοί που υπάρχουν ως προς την μείωση της ταχύτητας αναφέρονται αρχικά στην εξασφάλιση μίας ελάχιστης ταχύτητας που είναι απαραίτητη από αποψη ασφάλειας της ναυσιπλοίας και κατά δεύτερο στο ότι η δραστική μείωση της ταχύτητας θα οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του απαιτούμενου αριθμού πλοίων με δυσμενείς συνέπειες όχι μόνο στην ασφάλεια της ναυσιπλοίας και πάλι αλλά και στην δημιουργία πρόσθετων ρύπων από την βιομηχανία που θα υποστηρίξει την κατασκευή και συντήρηση των πλοίων αυτών καθώς και των επί πλέον υποδομών που θα απαιτηθούν.

Ισχύς πρόωσης

Η τιμή του EEDI είναι ευθέως ανάλογη της εγκαταστημένης ισχύος.

Στον τύπο υπολογισμού λαμβάνεται υπ'όψιν το 75 % του MCR με την λογική της ύπαρξης ενός ικανοποιητικού περιθωρίου ισχύος για να χρησιμοποιηθεί όταν οι καιρικές συνθήκες ή κάποια άλλη ανάγκη θα το απαιτήσουν.

Οι ενδιασμοί που υπάρχουν στο σημείο αυτό είναι ότι ενδεχομένως θα υπάρξουν σχεδιαστές που θα επιλέξουν την εγκατάσταση κύριας μηχανής χαμηλότερης ισχύος για να εξασφαλίσουν το απαιτούμενο EEDI και στην συνέχεια θα χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση μεγαλύτερο (από το 75%) ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος με αποτέλεσμα την ύπαρξη θέματος ασφάλειας σε περίπτωση ανάγκης.

Δεδομένου ότι η εγκατάσταση γεννήτριας που κινείται από την κύρια μηχανή μειώνει ανάλογα την τιμή της ισχύος που λαμβάνεται υπ'όψιν στον υπολογισμό του EEDI ενδιασμοί εκφράζονται ακόμη και για την τοποθέτηση τέτοιων

γεννητριών όχι για να χρησιμοποιηθούν κατά την λειτουργία του πλοίου, αλλά μόνο για την μείωση της τιμής του EEDI στα απαιτούμενα επίπεδα.

Ακόμη ενδοιασμοί υπάρχουν και για την «τεχνητή» μείωση της ισχύος που λαμβάνεται υπ'όψιν στον υπολογισμό του EEDI με μεταφορά ισχύος από την κύρια μηχανή στις βοηθητικές με την έννοια της απομάκρυνσης εξαρτημένων από την κύρια μηχανή αντλιών και λοιπών βοηθητικών μηχανημάτων.

Χωρητικότητα

Στα μεγάλα tankers και bulkers είναι συνήθως το βάρος του φορτίου αυτό που έχει καθορίσει τις κύριες διαστάσεις του πλοίου και επομένως το μέγιστο βύθισμα είναι συνήθως πολύ κοντά στο μέγιστο που επιτρέπεται από την Σύμβαση Γραμμής Φορτώσεως. Αυτό σημαίνει ότι ενδεχόμενη αύξηση του βυθίσματος παρ'όλο που θα επηρεάσει θετικά τον υπολογισμό του EEDI (καθώς η αύξηση της χωρητικότητας είναι συγκριτικά μεγαλύτερη από την αύξηση της απαιτούμενης ισχύος) είναι δύσκολη να επιτευχθεί καθώς προυποθέτει σημαντική αύξηση κόστους κατασκευής.

Σε άλλα πλοία όμως όπως τα panamax bulkers and tankers, οι κύριες διαστάσεις των οποίων εξαρτώνται από περιορισμούς στο πλάτος του πλοίου, καθώς και τα containers, οι διαστάσεις των οποίων προκύπτουν από την ανάγκη μεγάλων σε όγκο χώρων φορτίου, είναι σχετικά εύκολο να αυξηθεί το μέγιστο βύθισμα με τις ευνοϊκές συνέπειες που έχει αυτό στον υπολογισμό του EEDI χωρίς να απαιτηθεί ιδιαίτερα σημαντική δαπάνη.

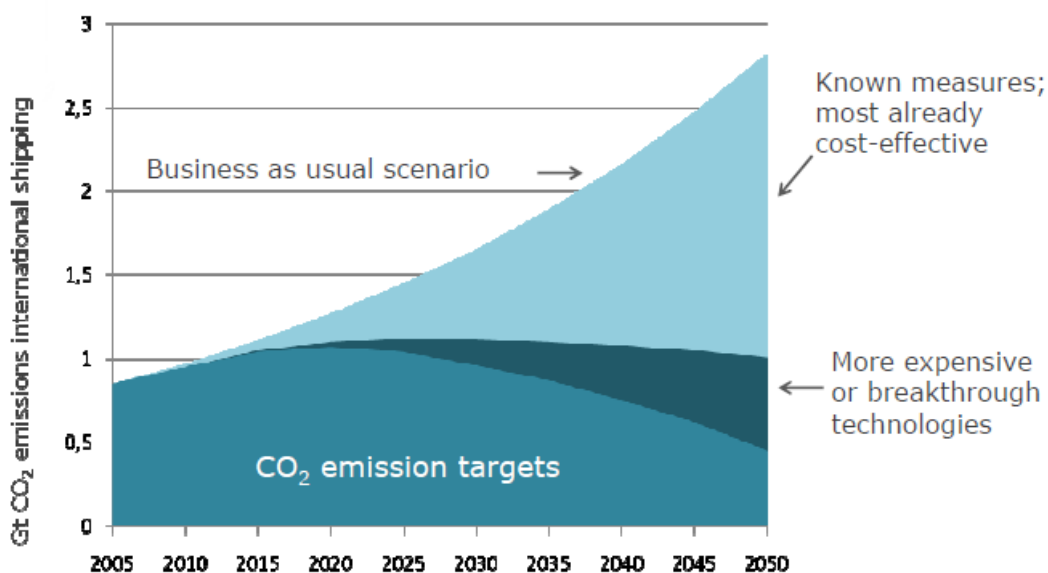
Κάποιοι ενδοιασμοί που έχουν διατυπωθεί σχετικά με ενδεχόμενη προσπάθεια μείωσης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής για να αυξηθεί έτσι η χωρητικότητα και να μειωθεί η τιμή του EEDI δεν φαίνεται να έχουν ιδιαίτερη βάση καθώς από υπολογισμούς προκύπτει ότι απαιτείται αλλαγή του βάρους κατά 5% για να πιευχθεί μείωση της τιμής του EEDI κατά 1 %.

ΜΕΡΟΣ 4ο

4.1 Είναι αναγκαία? Είναι δυνατή η μείωση ναυτιλιακών αερίων ρύπων?

Όπως έχει ήδη σημειωθεί και προηγουμένως παρά το γεγονός ότι η Ναυτιλία αποτελεί τον πλέον αποδοτικό ενεργειακά μέσο μαζικής μεταφοράς με σχετικά χαμηλή συνεισφορά (2,7 % το 2007) στις συνολικές εκπομπές, CO₂, η αύξηση της ναυτιλιακής δραστηριότητας λόγω της παγκοσμιοποίησης της οικονομίας οδηγεί σε σημαντική αύξηση των προερχομένων από αυτή αερίων ρύπων.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται σχηματικά η εξέλιξη της ποσότητας των ρύπων αυτών (περίπου 300% αύξηση των ρύπων έως το 2050) εάν συνεχίσουμε χωρίς περιορισμούς καθώς και τους επιθυμητούς στόχους που έχουν τεθεί.



Εικόνα 4.1 Επίπεδα εκπομπών CO₂ για διάφορα μελλοντικά σενάρια
 Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Έχει επίσης ήδη αναφερθεί ότι νομοθεσία για τον υποχρεωτικό περιορισμό εκπομπών αερίων ρύπων έχει ήδη δρομολογηθεί και θεωρητικά τουλάχιστον μπορεί να τεθεί σε εφαρμογή μέσα στα επόμενα δύο χρόνια.

Το σημαντικό επομένως ερώτημα είναι εάν η μείωση αυτή είναι δυνατή και με ποιούς τρόπους μπορεί να επιτευχθεί.

Η Ένωση Ναυπηγών και Ναυτικών Μηχανολόγων (SNAME) σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Ναυτικής Μηχανολογίας και Τεχνολογίας (IMarEST) έκαναν μία σε βάθος ανάλυση της σχέσης κόστους – απόδοσης 50 τεχνικών και λειτουργικών μέτρων που έχουν την δυνατότητα να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων.

Η μελέτη αυτή που δημοσιεύθηκε τον Ιούλιο του 2010 έδειξε την εφαρμοσιμότητα των μέτρων αυτών στους διάφορους τύπους πλοίων.

Απέδειξε ακόμη ότι πολλά από τα μέτρα αυτά μπορούν το ένα ανεξάρτητα από το άλλο η και συνολικά όλα μαζί να οδηγήσουν σε σημαντικές μειώσεις επομπών CO₂ όχι μόνο χωρίς αύξηση του κόστους αλλά ακόμη και με μείωση αυτού.

Ενδεικτικά από τα μέτρα που εξετάστηκαν στην παραπάνω αναφερόμενη Μελέτη σημειώνονται εδώ τα :

Λειτουργικά μέτρα (μέτρα που δεν απαιτούν τεχνικές μεταροπές πάνω στο πλοίο)

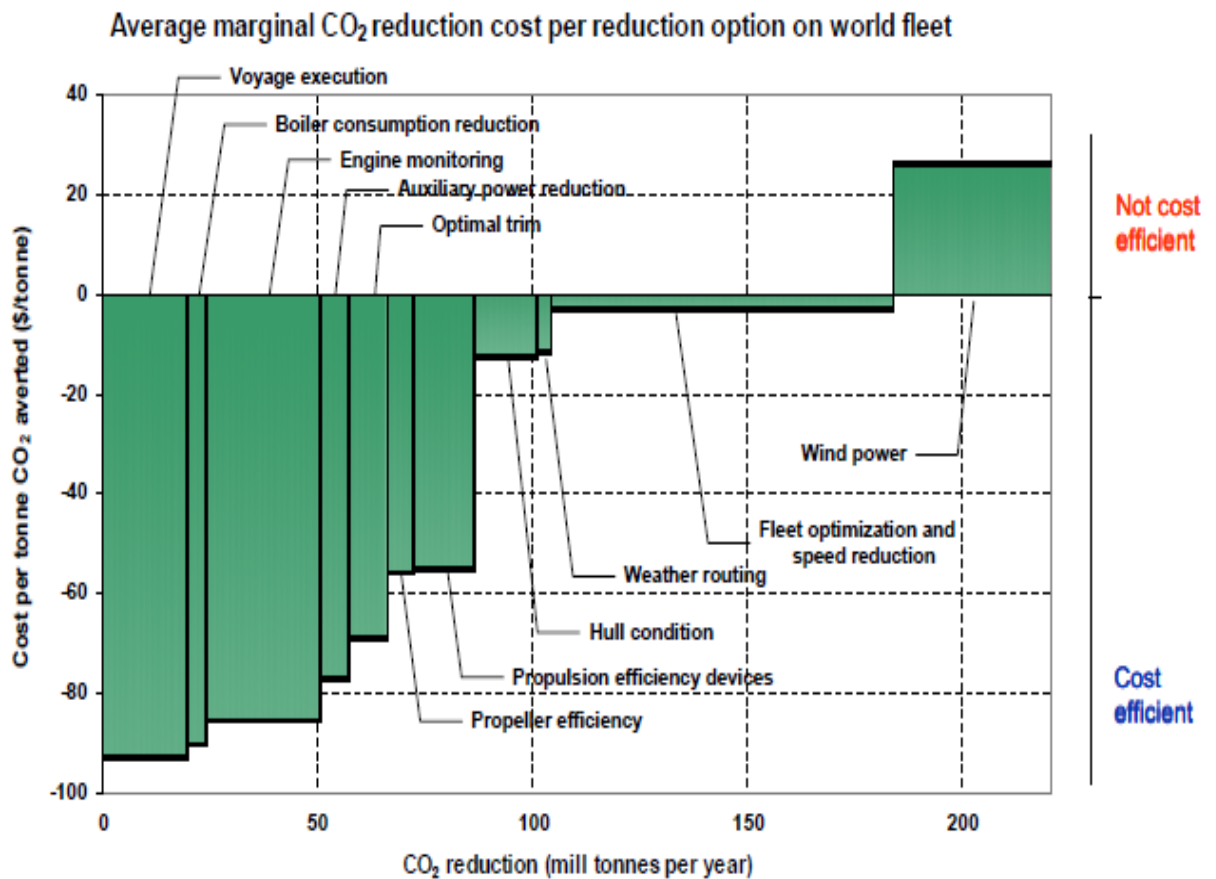
- ☆ Μείωση ταχύτητας ανάλογα τις υποχρεώσεις του πλοίου
- ☆ Βελτιστοποίηση ποσότητας θαλασσίου έρματος και διαγωγής
- ☆ Οικονομία μεγέθους
- ☆ Προσαρμογή ταχύτητας / πορείας ανάλογα με καιρικές συνθήκες
- ☆ Βελτιστοποίηση χρήσης αυτόματου πιλότου
- ☆ Αύξηση ευαισθητοποίησης στο θέμα της κατανάλωσης ενέργειας
- ☆ Συντήρηση / καθαρισμός προπέλας
- ☆ Συντήρηση / καθαρισμός επιφάνειας γάστρας

Τεχνικά μέτρα

- ☆ Χρήση ελαφρών συνθετικών η μεταλλικών υλικών
- ☆ Βελτιστοποίηση κυρίων διαστάσεων
- ☆ Οικονομία μεγέθους
- ☆ Χρήση βελτιωμένων / ειδικών χρωμάτων για την βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας
- ☆ Βελτιστοποίηση ανοιγμάτων γάστρας
- ☆ Μείωση προβλεπόμενης υπηρεσιακής ταχύτητας
- ☆ Βελτιστοποίηση συνεργασίας σκάφους – προπέλας
- ☆ Χρησιμοποίηση συστήματος air lubrication σε βρεχόμενη επιφάνεια γάστρας
- ☆ Βελτιστοποίηση συστήματος πρόωσης
- ☆ Βελτιστοποίηση επί μέρους συστημάτων κύριας μηχανής
- ☆ Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια
- ☆ Χρησιμοποίηση αιολικής ενέργειας
- ☆ Υβριδική παραγωγή ενέργειας

- ☆ Χρησιμοποίηση ηλιακής ενέργειας
- ☆ Βελτιστοποίηση χρήσης ενεργειακών καταναλωτών πάνω στο πλοίο
- ☆ Έλεγχος ταχύτητας αντλιών και ανεμιστήρων
- ☆ Χρησιμοποίηση συστήματος καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)
- ☆ Χρήση λεβήτων παραγωγής ατμού βελτιωμένης απόδοσης
- ☆ Χρήση εναλλακτικών καυσίμων

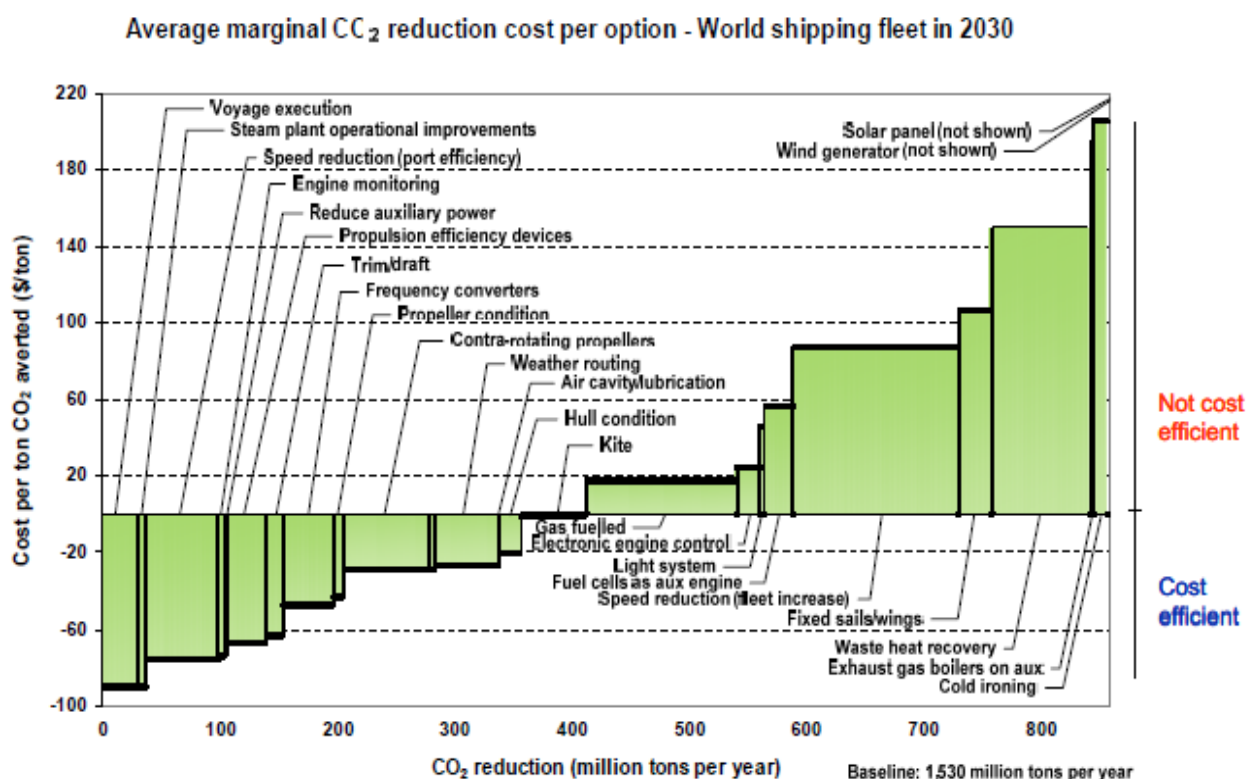
Τον Ιούνιο του 2009 ο DNV έδωσε στην δημοσιότητα μία Μελέτη που κατέδειξε τη δυνατότητα να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος παγκόσμιου στόλου κατά 15% με αποδοτικό τρόπο ως προς τις απαιτούμενες δαπάνες. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα σχετικά μέτρα καθώς και η σχέση κόστους απόδοσης κάθε μέτρου.



Εικόνα 4.2 Μεση μείωση των εκπομπών σε CO₂ για διάφορα επιχειρησιακά μέτρα
 Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Τον Δεκέμβριο του 2009 ο DNV έδωσε στην δημοσιότητα μία δεύτερη Μελέτη όπου λαμβάνοντας υπ'όψιν την εξέλιξη του παγκόσμιου στόλου έως το 2030 ο DNV υποστηρίζει ότι οι εκπομπές CO₂ μέχρι το 2030 μπορούν να μειωθούν κατά 30% κάτω από τη βασική γραμμή με έναν οικονομικώς αποδοτικό τρόπο, και κατά σχεδόν 60% εάν εφαρμοσθούν όλα τα προσδιορισμένα μέτρα (συμπεριλαμβανομένων και αυτών που απαιτούν πρόσθετο κόστος).

Ενώ δεν υπάρχει ένα μέτρο που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως πανάκεια, η συνολική και συνδυασμένη επίδραση όλων των μέτρων είναι είναι που δίνει το θεαματικό αυτό αποτέλεσμα.



Εικόνα 4.3 Μέσο κόστος των επιχειρησιακών μέτρων
Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται οι μειώσεις εκπομπών CO₂ που μπορούν να επιτευχθούν από συγκεκριμένα μέτρα σε σύγκριση με το κατ'επίσημη εκτίμηση κόστους τους για τον παγκόσμιο στόλο. Στο σύνολο 25 διαφορετικά μέτρα έχουν περιληφθεί στην ανάλυση, από τα οποία 17 θεωρούνται τεχνικά μέτρα και 8 λειτουργικά.

Ο στόλος από τη μελέτη του IMO GHG έχει χρησιμοποιηθεί ως βασική γραμμή για το 2009, και οι συνολικές εκπομπές του CO₂ από τον αναλυθέντα στόλο το 2009 υπολογίζονται να είναι 925 MT. Οι εκπομπές CO₂ για το 2030 υπολογίζονται από τον DNV σε 1.530 MT, λαμβάνοντας υπ'όψιν μια σημαντική αύξηση του παγκόσμιου στόλου σε αριθμό πλοίων κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής.

Η μέση αύξηση του στόλου εκτιμάται σε 2,3%, το οποίο είναι σημαντικά χαμηλότερο από τις ετήσιες αυξήσεις που έχουμε δει τα τελευταία χρόνια, αλλά είναι σε συμφωνία με τις αυξήσεις που έχουν παρατηρηθεί ιστορικά σε μακροχρόνια βάση.

Πολλά από τα λειτουργικά και τεχνικά μέτρα που έχουν αξιολογηθεί είναι έτοιμα προς εφαρμογή στα υπάρχοντα πλοία σήμερα.

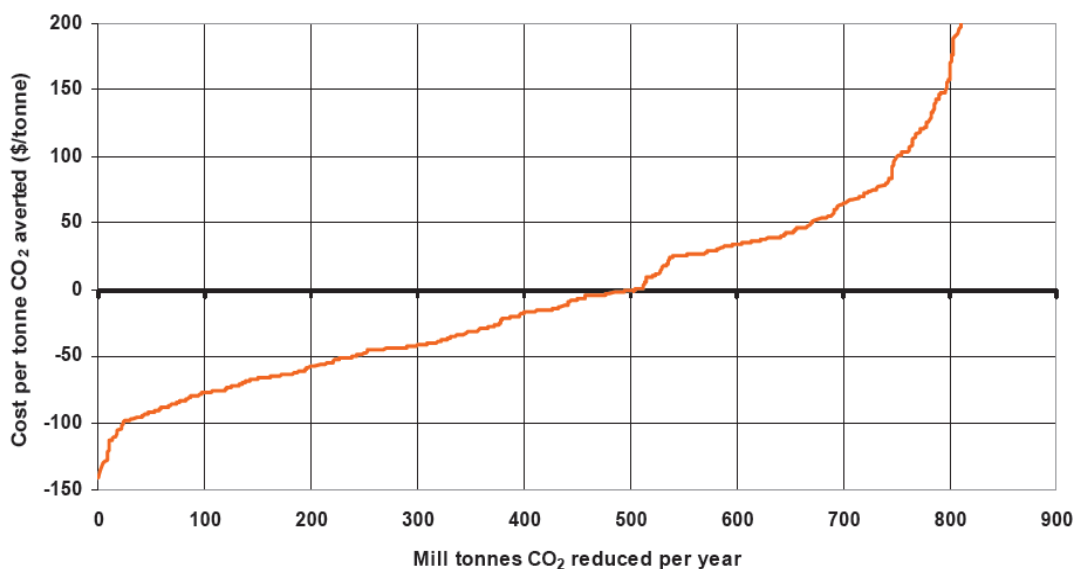
Άλλα μέτρα είναι διαθέσιμα για τα πλοία που κατασκευάζονται σήμερα.

Μερικά τέλος από τα μέτρα αυτά δεν είναι ακόμα διαθέσιμα, και αναμένεται να εφαρμοστούν σε μεγάλη κλίμακα σε ένα μεταγενέστερο στάδιο, π.χ. το 2015 ή το 2020.

Οι υποθέσεις ανά μέτρο σχετικά με τη μείωση εκπομπών, το κόστος και την ημερομηνία εφαρμογής, είναι βασισμένες σε έρευνα του DNV.

Σε αντίθεση με το προηγούμενο σχήμα όπου παρουσιάζεται η δυνατότητα μείωσης εκπομπών των μεμονωμένων μέτρων στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι συνολικές μειώσεις που μπορούν να επιτευχθούν με την πάροδο του χρόνου από το σύνολο των μέτρων.

Figure 2 – Detailed Abatement curves for world shipping fleet 2030



Εικόνα 4.4 Μέσο κόστος των επιχειρησιακών μέτρων

Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Στην ανάλυση του DNV, ο παγκόσμιος στόλος έχει διαιρεθεί σε 59 τομείς.

Αυτοί οι τομείς αντιπροσωπεύουν τους σημαντικότερους τύπους σκαφών που αποτελούν τον παγκόσμιο στόλο, όπως για παράδειγμα τα post-ranamax containerships, τα Suezmax tankers, τα σκάφη ανεφοδιασμού πλατφορμών, κ.λ.π.

Κάθε ένας από τους τομείς αυτούς έχει μοντελοποιηθεί χωριστά όσον αφορά:

- λειτουργικές υποθέσεις
- τη δυνατότητα για μείωση των εκπομπών του κάθε μέτρου
- το κόστος κάθε μέτρου
- το έτος κατά το οποίο τα μετρα θα είναι διαθέσιμα για εφαρμογή

Τα αποτελέσματα δαπανών και μείωσης των εκπομπών από τα διαφορετικά μέτρα ποικίλλουν σημαντικά από τον ένα τομέα στον άλλο, καθώς κάποια από τα μέτρα μπορεί να μην έχουν ακόμη και καμμία εφαρμογή σε ένα τομέα.

Για παράδειγμα τα kites στα containerships δεν έχουν καμμία εφαρμογή λόγω των υψηλών ταχυτήτων με τις οποίες κινούνται τα πλοία αυτά.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα επίπεδα μείωσης των εκπομπών σε σύγκριση με τα ανάλογα κόστη για την εφαρμογή των συγκεκριμένων μέτρων που απαιτούνται για την εξασφάλιση μιας δεδομένης μείωσης εκπομπής, ενώ αναφέρεται και το απομένον (μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μέτρου) επίπεδο εκπομπής.

Table 1 – Emission reduction and emission level in 2030 for specific abatement cost levels (based on Figure 2)

Abatement cost level [\$]	Emission reduction [%]	Emission level [MT]
Baseline	0	1,530
0	33	1,030
35	40	925 ^a
70	45	820 ^b
100	50	790
All options	56	670

a) equals 2009 emission level

b) equals 2005 emission level

Βασική υπόθεση στην οποία βασίζεται η Μελέτη αυτή είναι ότι η ναυτιλία αναμένεται να εξαρτάται από τα βασισμένα σε άνθρακα καύσιμα στις δεκαετίες που έρχονται μιας και τα μη συμβατικά καύσιμα, όπως η πυρηνική ενέργεια, τα

2ης γενιάς βιολογικά καύσιμα και το υδρογόνο δεν έχουν περιληφθεί σε αυτή την έρευνα αφού δεν θεωρούνται διαθέσιμα στην αγορά σε μεγάλη κλίμακα.

Καύσιμα εντούτοις που περιέχουν λιγότερη ποσότητα άνθρακα παραμένουν αποτελεσματικά για να μειώσουν τις εκπομπές του CO₂, και το περισσότερο ελπιδοφόρο από αυτά είναι το φυσικό αέριο.

Κατά μήκος της ακτής και στο ηπειρωτικό μέρος της Νορβηγίας σκάφη ανεφοδιασμού και σκάφη που κινούνται από αέριο καύσιμο είναι σε λειτουργία ήδη και συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση των ρυπογόνων εκπομπών.

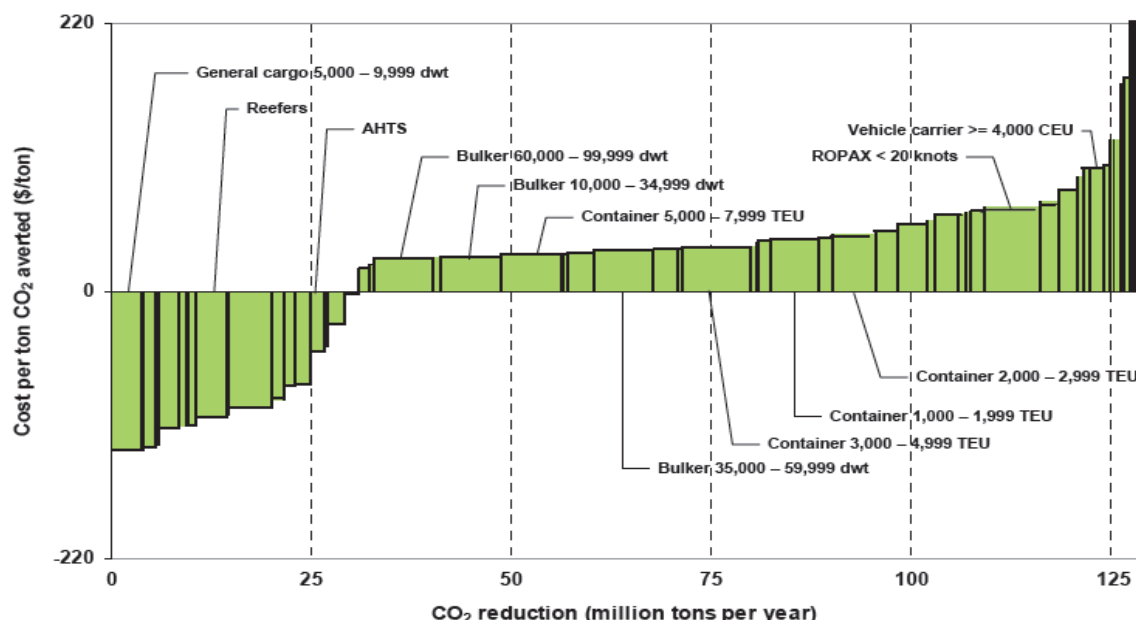
Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι καμπύλες μείωσης για σκάφη διαφόρων τύπων που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το φυσικό αέριο.

Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι το μέτρο αυτό είναι πιο αποδοτικό για τα μικρότερα σκάφη όπως τα πλοία ψυγεία και πλοία γενικού φορτίου.

Η συνολική δυνατότητα μείωσης με την γενικευμένη χρήση αυτού του μέτρου παρουσιάζεται να είναι 125 MT, ή 8% των συνολικών εκπομπών για το 2030, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα άλλα οικονομικώς πιο αποδοτικά μέτρα πρώτα πρίν τη στροφή προς το αέριο.

Για 17 από τους 59 τύπους σκαφών είναι οικονομικώς αποδοτικό να εγκατασταθούν μηχανές που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το φυσικό αέριο.

Figure 3 – Abatement curves for Gas Fuelled vessels – all ship segments modelled



Εικόνα 4.5 Μέσο κόστος των επιχειρησιακών μέτρων για διάφορους τύπους πλοίων
Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Τα γενικά συμπεράσματα από την παραπάνω αναφερόμενη Μελέτη είναι :

Οι προβλέψεις σχετικά με τις μελλοντικές εκπομπές περιλαμβάνουν σημαντική αβεβαιότητα. Σημαντικοί παράμετροι που προκαλούν την αβεβαιότητα αυτή είναι ο ρυθμός εφαρμογής νέων τεχνολογιών, το ποσοστό αύξησης στόλου και βέβαια πάνω από όλα η τιμή των καυσίμων (στην συγκεκριμένη μελέτη μια τιμή καυσίμων 350 \$/t για ένα τυποποιημένο bunker πετρέλαιου και 500 \$/t για ένα υψηλής ποιότητας bunker πετρέλαιου έχει χρησιμοποιηθεί). Μια ανάλυση ευαισθησίας δείχνει ότι αυξάνοντας την τιμή καυσίμων σε 500 \$/ t (τυποποιημένη ποιότητα) και 700 \$/ t (υψηλή ποιότητα) θα αύξαναν την οικονομικώς αποδοτική μείωση εκπομπής από 500 σε 625 MT.

Η εφαρμογή των 25 διαφορετικών μέτρων που παρουσιάζονται στην Μελέτη στον υπάρχοντα στόλο και τα πλοία που θα κατασκευασθούν στην περίοδο 2010 ως 2030 θα οδηγήσει μείωση των εκπομπών κατά 500 MT ή 30% κάτω από τη βασική γραμμή με έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο, και κοντά σε 60% εάν όλα τα μέτρα συμπεριληφθούν. Με την αναμενόμενη μέτρια αύξηση του υπάρχοντος στόλου, η εφαρμογή των περισσότερων από τα μέτρα που παρουσιάζονται σε αυτήν την μελέτη θα είναι απαραίτητη για να εξασφαλίσει ουδέτερη αύξηση όσον αφορά στην εκπομπή CO₂ από τη ναυτιλία.

Ο DNV θεωρεί ότι τα σημαντικότερα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα σήμερα έχουν περιληφθεί, αλλά και άλλα μέτρα μπορούν να προστεθούν στη μελέτη για να επεκτείνουν περαιτέρω τα αποτελέσματα. Περαιτέρω, αναμένεται ότι πολλά νέα μέτρα θα προκύψουν στις επόμενες δύο δεκαετίες, και μερικά από αυτά θα μπορούν να έχουν μια σημαντική επίδραση επίσης πριν από το 2030.

Εάν η Ναυτιλία ακολουθήσει την αναμενόμενη ανάπτυξη για τα επόμενα 20 χρόνια, θα απαιτηθεί πρόσθετη προσπάθεια, πέρα από τα μέτρα που συμπεριλήφθηκαν στην Μελέτη αυτή για να γίνει δυνατή η μείωση των εκπομπών CO₂ σημαντικά κάτω από τα σημερινά επίπεδα. Ενώ δεν υπάρχει ένα μέτρο που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως πανάκεια, η συνολική και συνδυασμένη επίδραση όλων των μέτρων είναι αυτή που θα δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Νέες τεχνολογίες που θα προσφέρουν πιο ικανοποιητικές λύσεις στο πρόβλημα των εκπομπών CO₂ αναμένεται να ανακαλυφθούν στην περίοδο 2030 – 2050.

4.2 Μέτρα που συντελούν στην σχεδίαση και κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων

Η συνολική αξιολόγηση της λειτουργίας ενός πλοίου, και επομένως και ο βαθμός ενεργειακής αποδοτικότητας που το χαρακτηρίζει, βασίζονται στην συνδυασμένη λειτουργία και τις αλληλεπιδράσεις της γάστρας μαζί με τα προσαρτήματα της, της κύριας μηχανής και της έλικας.

Η βελτίωση επομένως του βαθμού ενεργειακής αποδοτικότητας και η σχεδίαση/κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων περνάει αναγκαστικά από την βελτιστοποίηση των παρακάτω παραγόντων :

Σχεδίαση γάστρας

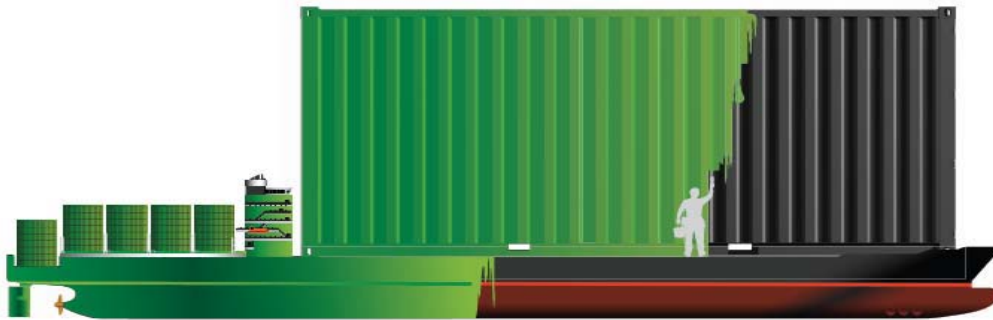
- Βελτιστοποίηση γραμμών και μορφής σε σχέση με την συνολική αντίσταση
- Βελτιστοποίηση επιφάνειας της γάστρας ώστε να έχουμε μειωμένη αντίσταση τριβής
- Βελτιστοποίηση σχεδίασης βολβού πλήρης για αποδοτική λειτουργία σε συνδυασμό βυισμάτων και ταχυτήτων
- Βελτιστοποίηση διαγωγής και βυθίσματος

Συνδυασμός γάστρας και έλικας

- Βελτιστοποίηση συνδυασμένης απόδοσης γάστρας, έλικας και πηδαλίου με πιθανή χρήση ενεργειακά αποδοτικών προσαρτημάτων γάστρας διατηρώντας θόρυβο και δονήσεις σε αποδεκτά επίπεδα
- Βελτιστοποίηση απώλειας ταχύτητας σε κυματισμούς με στόχο την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου περιθωρίου ισχύος (sea margin)

Μηχανολογική εγκατάσταση

- Βελτιστοποίηση σχεδίασης κύριας μηχανής για μικρότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου
- Βελτιστοποίηση βοηθητικών συστημάτων και ενεργειακών καταναλωτών
- Χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας που χάνεται
- Χρήση φυσικού αερίου σαν καύσιμο για τις κύριες μηχανές



A coat of green paint is not enough.

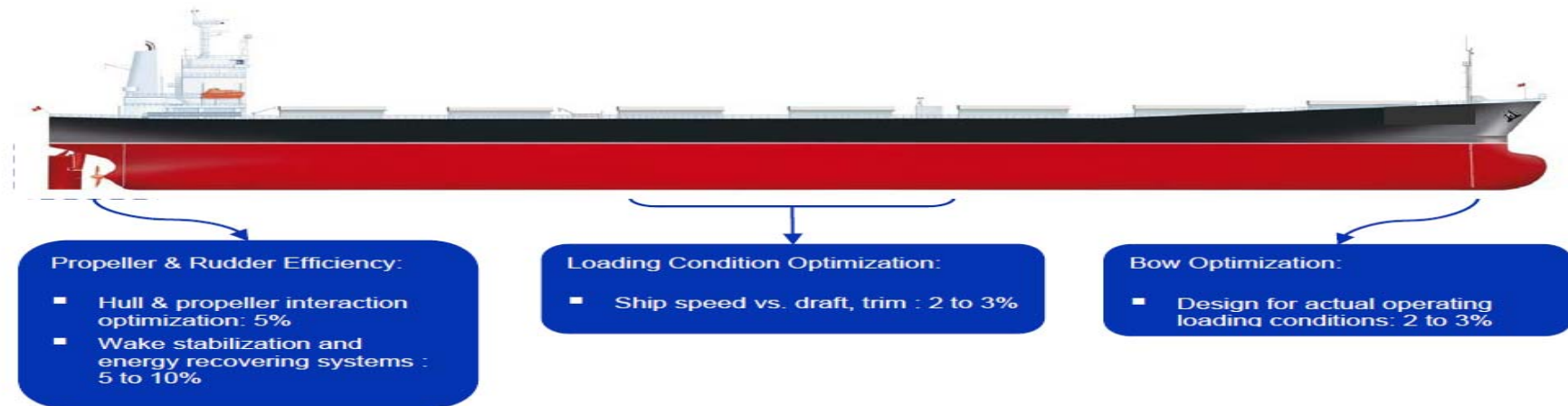
Παρακάτω εξετάζονται σε λεπτομέρεια πιθανά μέτρα που μπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας tankers, bulk carriers και containerships.

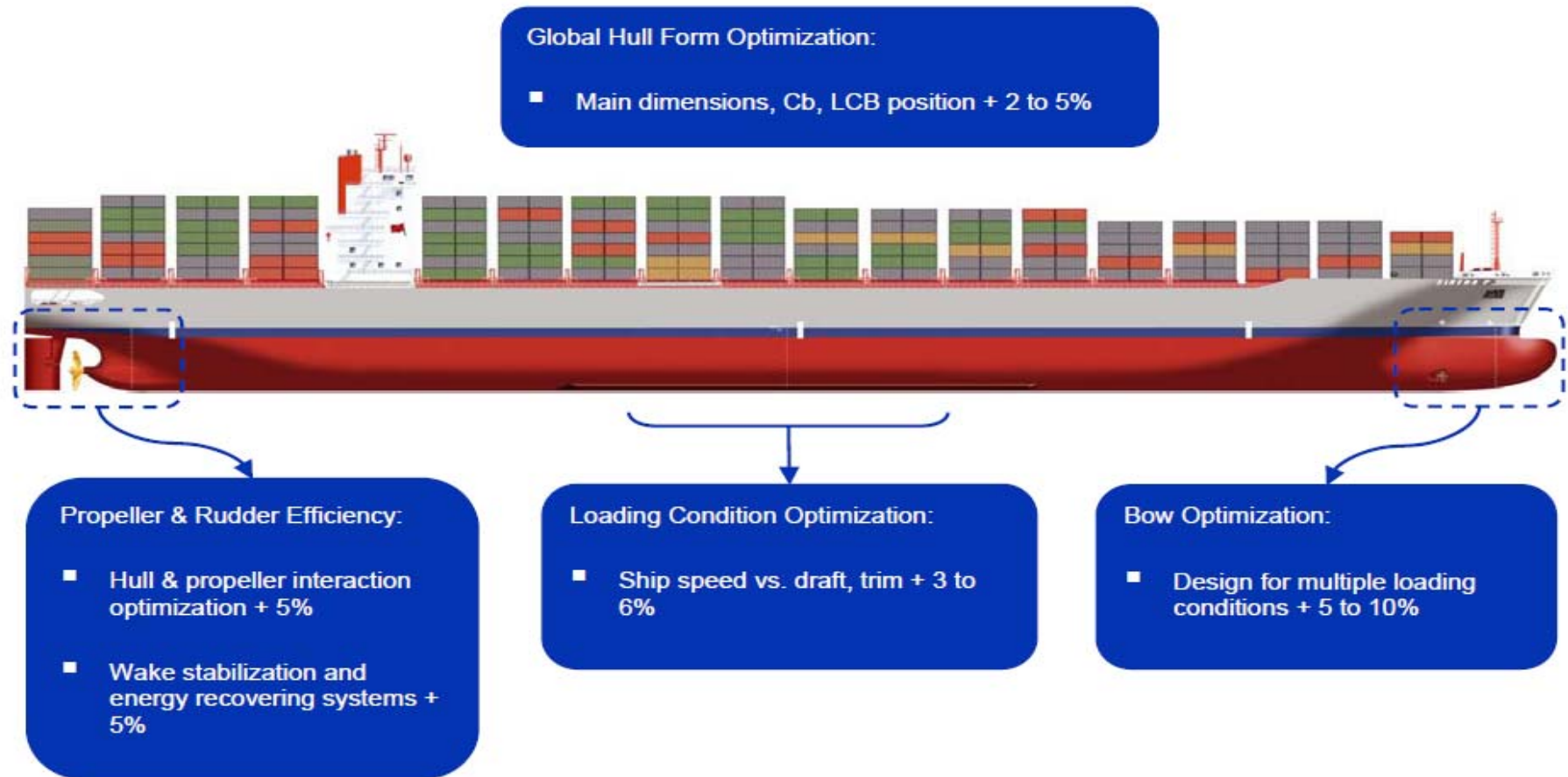
Τα Tankers και τα Bulk Carriers χαρακτηρίζονται από “γεμάτες” μορφές γαστρών με υψηλό block coefficient με σκοπό τη μεγιστοποίηση του χώρου για το φορτίο και τα οποία κινούνται με μέτριου μεγέθους ταχύτητες.

Αντίθετα τα Containerships θεωρούνται ως ήδη βελτιστοποιημένα πλοία όσον αφορά στη μορφή της γάστρας τους για να διατηρούν την υψηλή τους ταχύτητα.

Στις εικόνες παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά κάποιοι πιθανοί τρόποι για εξοικονόμηση καυσίμων για τους τρεις αυτούς τύπους πλοίων.

(Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping)





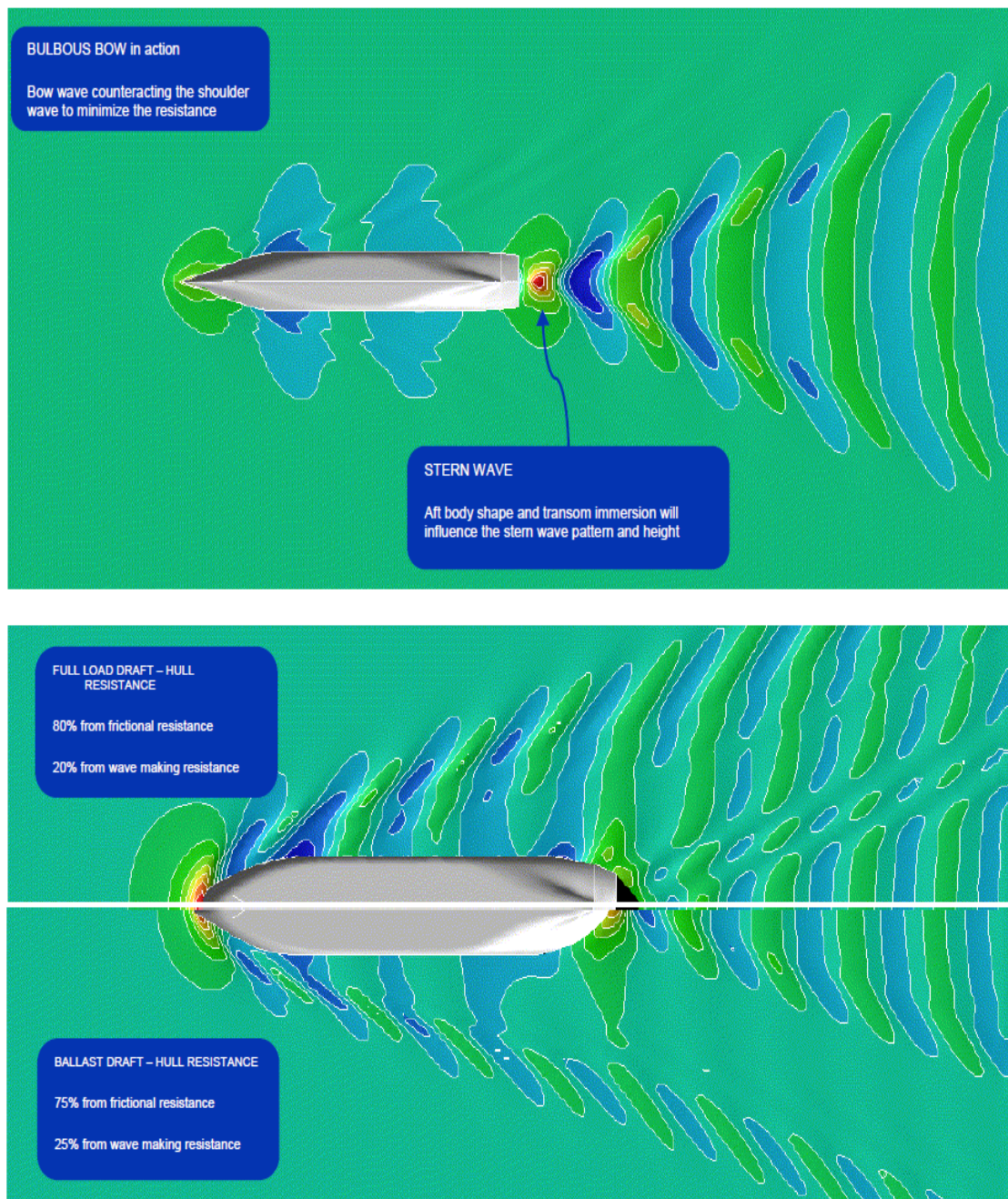
Βελτιστοποίηση μορφής γάστρας, βολβού και συνδυασμού διαγωγής/βυθίσματος

Η αντίσταση, ως γνωστόν, συνίσταται κυρίως από την αντίσταση τριβής (εξαρτώμενη βασικά από το μέγεθος της βρεχόμενης επιφάνειας και την ποιότητα της επιφάνειας), την πρόσθετη αντίσταση κύματος (εξαρτώμενη βασικά από την σχεδίαση της πλώρης), την αντίσταση δημιουργίας κυματισμών (εξαρτώμενη βασικά από την σχεδίαση της πρύμνης) και την αντίσταση αέρος (εξαρτώμενη βασικά από την έκταση και την μορφή των εξάλων).

Η διαδικασία βελτιστοποίησης γαστρών, όσον αφορά την αντίσταση, πρέπει επομένως να εστιάσει στις ακόλουθες περιοχές:

- Στην ίδια τη γάστρα με σκοπό να ελαχιστοποιήσει την βρεχόμενη επιφάνεια και στην μείωση της τριβής της γάστρας με νέο, αποδοτικότερο σύστημα επιστρώματος ή μέσω νέων τεχνολογιών όπως air cavity sheet ή micro bubbles.
- Στον σχεδιασμό των γραμμών της πρύμνης με σκοπό να ελαχιστοποιήσει την αντίσταση δημιουργίας κυματισμών
- Στο σχεδιασμό του βολβού για να εξασφαλίσει βέλτιστη απόδοση όχι μόνο για το βύθισμα σχεδίασης αλλά και σε ελαφρύτερες καταστάσεις φόρτωσης
- Στους κατάλληλους συνδυασμούς διαγωγής και βυθίσματος για τις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης με σκοπό την ελαχιστοποίηση της αντίστασης κυματισμού, που είναι ιδιαίτερα σημαντικό κυρίως για τις λεπτόγραμμες γάστρες που λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες όπως τα Containerships.



Οι εικόνες παρακάτω (από σχετική παρουσίαση του DNV) παρουσιάζουν χαρακτηριστικά την μορφή των δημιουργούμενων κυματισμών από Containerships και Tankers/Bulk Carriers αντίστοιχα.



Εικόνα 4.6 Μορφή δημιουργούμενων κυματισμών σε διαφορες καταστάσεις φόρτωσης
Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η σημασία της κατάλληλης σχεδίασης του βολβού και των γραμμών στο πρωραίο τμήμα του σκαφους, αφού στο πλοίο του συγκεκριμένου παραδείγματος υπολογίσθηκε μία συνολική μείωση στην απαιτούμενη ισχύ πρόωσης της τάξεως του 15%.

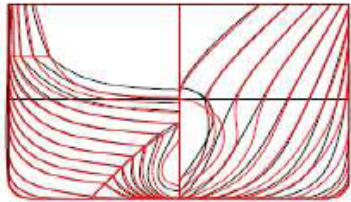
Optimisation of Foreship

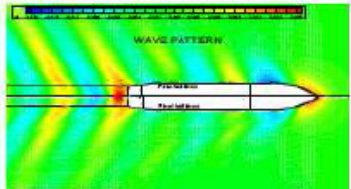
A 100m Tanker were optimised to reduce the wave making resistance. The resulting hull form showed significant lower resistance, with the same main dimensions and deadweight !

The results were as follows:

- Wave resistance reduced 25%
- Power reduced 15%
- Speed increased 0.7 knots

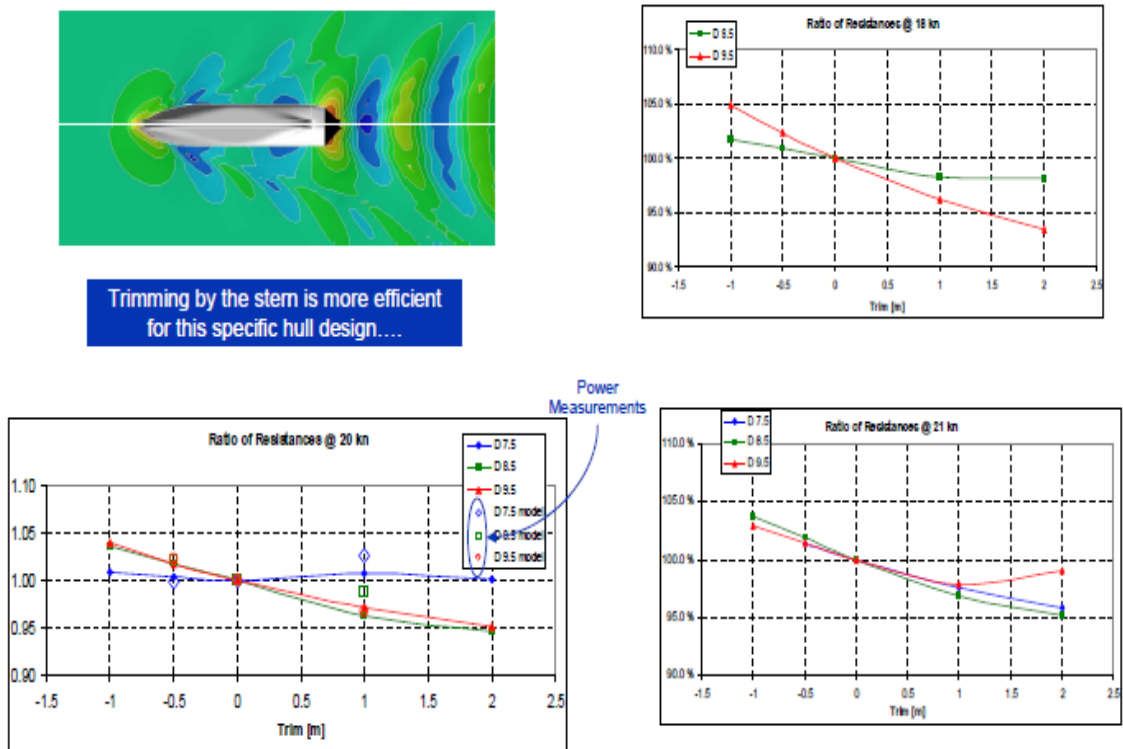


Black lines : Initial hull lines
Red lines : Optimised hull lines



Εικόνα 4.7 Βέλτιστος σχεδιασμός βολβού για μείωση απαιτούμενης ισχύος για πρόωση
Πηγή: DTU

Στο σχήμα που ακολουθεί (από σχετική παρουσίαση του DNV) φαίνεται η σημασία της κατάλληλης επιλογής διαγωγής για τα διάφορα βυθίσματα και ταχύτητες, αφού έχουν υπολογισθεί διαφορές έως και πάνω από 5% στην συνολική αντίσταση σε κάποιους συνδυασμούς βυθίσματος και ταχύτητας.



Εικόνα 4.8 Η σημασία της σωστής διαγωγής σε συνδυασμό βυθισμάτων και ταχύτητας
 Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Αλληλεπίδραση της γάστρας και της έλικας

Η αποδοτικότητα του προωστήριου συστήματος συνδέεται άμεσα με την υδροδυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της γάστρας, της προπέλας και του πηδαλίου καθώς ο ομόρρους του σκάφους επηρεάζει την απόδοση της προπέλας και του πηδαλίου. Η βελτιστοποίηση των διαστάσεων και της μορφής της της προπέλας περιορίζεται από τα επίπεδα ανεκτού θορύβου και δονήσεων στη πρύμνη του σκάφους και φθοράς (από cavitation) της προπέλας.

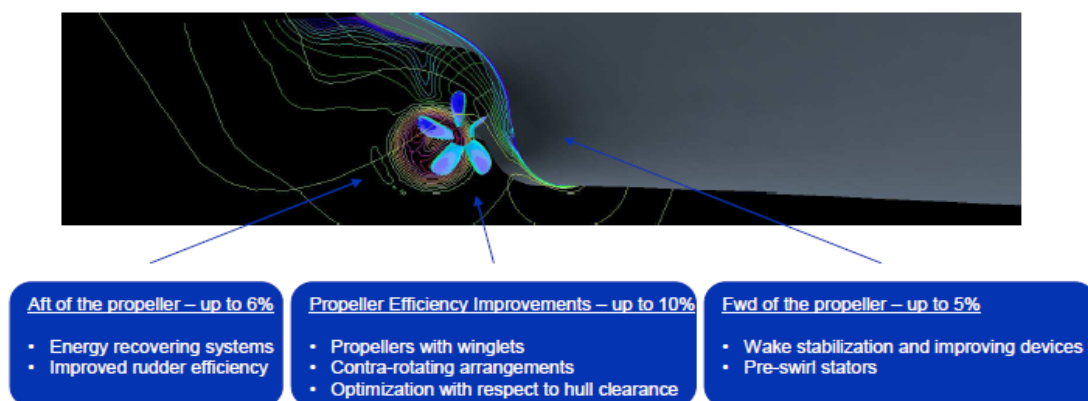
Οι αριθμητικές προσομοιώσεις που χρησιμοποιούν CFD μπορούν να προβλέψουν ακριβώς τη διανομή του ομόρρου για κάθε συγκεκριμένο σχέδιο γάστρας συμπεριλαμβανομένης της ταχύτητας και την περιστροφή μορίων ύδατος στην εισαγωγή της προπέλας.

Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για :

Σχεδιασμό της οπίσθιας μορφής της γάστρας και των προσαρτημάτων για την βελτίωση του ομόρρου και αύξηση της αποδοτικότητας της προωστήριας εγκατάστασης .

Υπολογισμό της αλληλεπίδρασης μεταξύ γάστρας και προωστήριας εγκατάστασης με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης της προπέλας και την γενικότερη βελτιστοποίηση της λειτουργίας της προωστήριας εγκατάστασης. Μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ προωστήρα και πηδαλίου με σκοπό την μείωση των ενεργειακών απωλειών .

Στο σχήμα που ακολουθεί (από σχετική παρουσίαση του DNV) παρουσιάζονται οι πιθανές βελτιώσεις στην απόδοση του προωστήριου συστήματος.



- The fuel efficiency increase of each measure will vary as it depends on the hull form, vessel speed and loading condition (trim and draft)

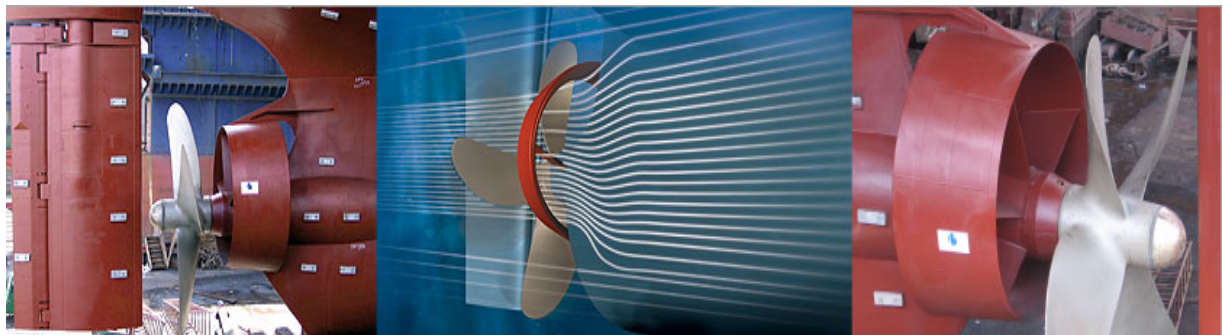
Εικόνα 4.9 Τρόποι για βελτίωση της απόδοσης του προωστήριου συστήματος
Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή συσκευών και εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της αποδοτικότητας του προωστήριου συστήματος. Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

- ☆ Fins / ducts τοποθετημένα στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας με σκοπό την εξομάλυνση και βελτίωση του ομόρρου για να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης της έλικας



Ανάλογη και με τους ίδιους σκοπούς κατασκευή το Mewis Duct της Becker φαίνεται στις φωτογραφίες που ακολουθούν.

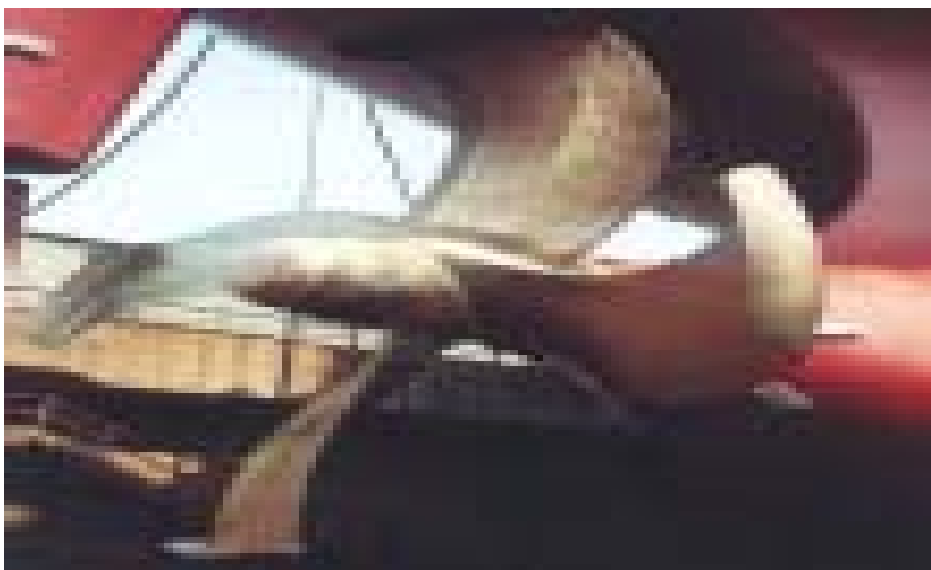


Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι το επιτυγχανόμενο όφελος στην απαιτούμενη ισχύ πρόωσης είναι από 3% σε μικρά γενικής χρήσης πλοία έως 9% σε μεγάλα tankers και bulk carriers.

- ☆ Pre-swirl stators τοποθετημένα στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας με σκοπό την ανάκτηση της ενέργειας swirl στην ροή προς την προπέλα.



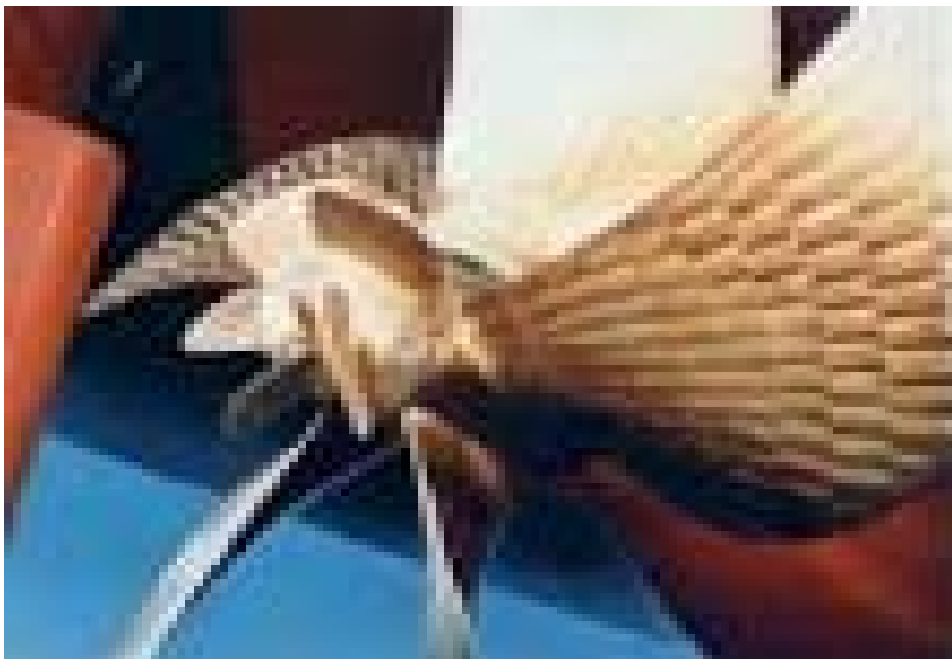
- ☆ Έλικες με winglets (παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στα φτερά των αεροπλάνων) με σκοπό να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης της έλικας



- ☆ Διπλές έλικες με επικάλυψη και αντίστροφη φορά περιστροφής με σκοπό την μερική ανάκτηση της απώλειας ενέργειας λόγω της περιστρεφόμενης ροής που προκαλείται από την πρωραία έλικα.



- ☆ Έλικες με boss cap fin με σκοπό την μερική ανάκτηση της απώλειας ενέργειας λόγω της περιστρεφόμενης ροής που προκαλείται από την έλικα.



- ☆ propeller – rudder transition bulbs με σκοπό την εξομάλυνση της ροής και μείωση των απωλειών



- ☆ Τοποθέτηση thrust fins στα πηδάλια με σκοπό την μερική ανάκτηση της απώλειας ενέργειας λόγω της περιστρεφόμενης ροής που προκαλείται από την έλικα και δημιουργία πρόσθετης ώσης.



- ☆ Αναδιπλούμενα πηδάλια με σκοπό την μερική ανάκτηση της απώλειας ενέργειας λόγω της περιστρεφόμενης ροής που προκαλείται από την έλικα και μείωση του από το πηδάλιο.



Μηχανολογική εγκατάσταση

Το βασικό πρόβλημα που έχουν να λύσουν οι σχεδιαστές της μηχανολογικής εγκατάστασης είναι η βελτιστοποίηση της απόδοσης αυτής όχι μόνο για μία συγκεκριμένη ταχύτητα και συνεπώς μια συγκεκριμένη φόρτιση της μηχανής με ένα παραδοσιακό περιθώριο για κακή κατάσταση θάλασσας, αλλά η βελτιστοποίηση της απόδοσης αυτής σε πλήρη και σε μερική φόρτιση της μηχανής.

Οι διάφοροι κατασκευαστές μηχανών έχουν λύσει αυτό το πρόβλημα διαφορετικά και κατά συνέπεια η λύση που εγκαθιστούν σε κάθε πλοίο ποικίλει. Η γνώση του επιχειρησιακού profile του πλοίου συμπεριλαμβανομένων των logistics είναι κρίσιμης σημασίας για την επιλογή της βέλτιστης λύσης.



Η χρήση μηχανών με ηλεκτρονικό έλεγχο φαίνεται να δίνει εκτός άλλων πλεονεκτημάτων και μειωμένες (της τάξεως του 1% – 1,5%) ειδικές καταναλώσεις καυσίμων, όπως φαίνεται στο σχήμα (από σχετική παρουσίαση της SNAME) που ακολουθεί.

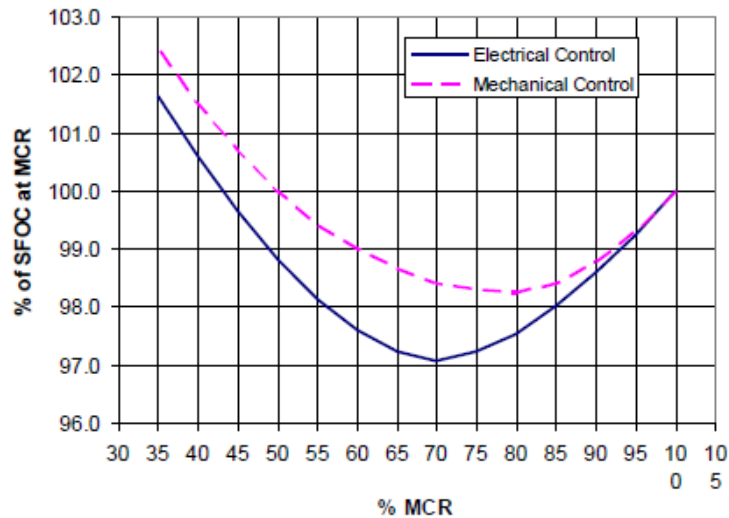
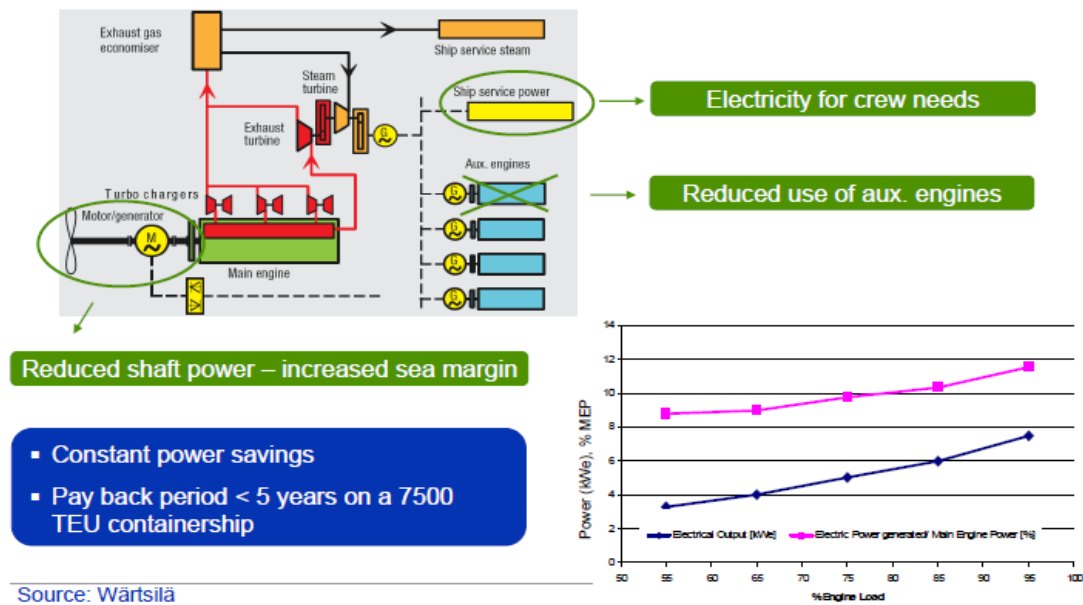


Figure A1-1: Specific Fuel Consumption of Mechanically Controlled and Electronically Controlled Two-Stroke Diesel Engines (Larkin et al, 2010)

Εικόνα 4.10 Ειδική κατανάλωση καυσίμου από μηχανικά και ηλεκτρονικά ελεγχόμενη κύρια μηχανή
Πηγή: SNAME

Η εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης απωλειών θερμικής ενέργειας δίνει επίσης λύσεις στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

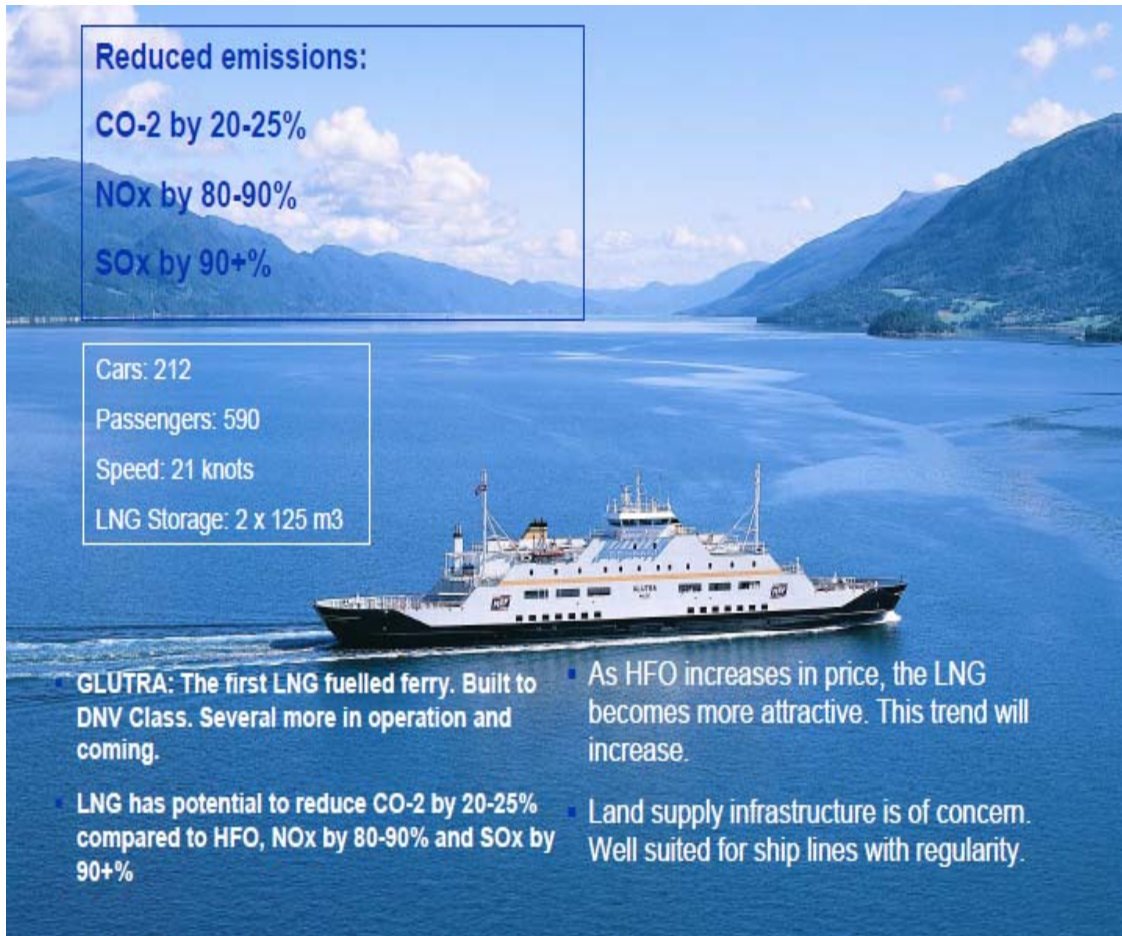
Στο παράδειγμα που ακολουθεί (από σχετική παρουσίαση της Wartsila) για ένα πλοίο container 7500 TEU με εγκαταστημένη ισχύ 68 000 kW φαίνεται να υπάρχει μία συνολική ανάκτηση ενέργειας της τάξεως του 10% της εγκαταστημένης ισχύος με αποτέλεσμα ο χρόνος αποπληρωμής του πρόσθετου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση του συγκεκριμένου συστήματος ανάκτησης απωλειών θερμικής ενέργειας να είναι μικρότερη από 5 χρόνια.



Εικόνα 4.11 Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης απωλειών θερμικής ενέργειας
Πηγή: Wärtsilä

Η χρήση φυσικού αερίου σαν καύσιμο για κύριες μηχανές φαίνεται ότι αποτελεί μία αξιόπιστη λύση για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός πλοίου στο κοντινό μέλλον, ενώ η χρήση άλλων εναλλακτικών καυσίμων, όπως bio-fuels, πυρηνικής ενέργειας φαίνεται να αποτελούν ενδεχόμενες λύσεις για το πιο μακρινό μέλλον.

Στο παράδειγμα που ακολουθεί (από σχετική παρουσίαση του DNV) για ένα πλοίο μεταφοράς επιβατών/οχημάτων φαίνεται να υπάρχουν σημαντικότερες μειώσεις στο σύνολο των αερίων ρύπων (20%-25% για το CO₂, 80%-90% για τα Nox και πάνω από 90% για τα SO_x).



Reduced emissions:

- CO₂ by 20-25%
- NO_x by 80-90%
- SO_x by 90+%

Cars: 212
 Passengers: 590
 Speed: 21 knots
 LNG Storage: 2 x 125 m³

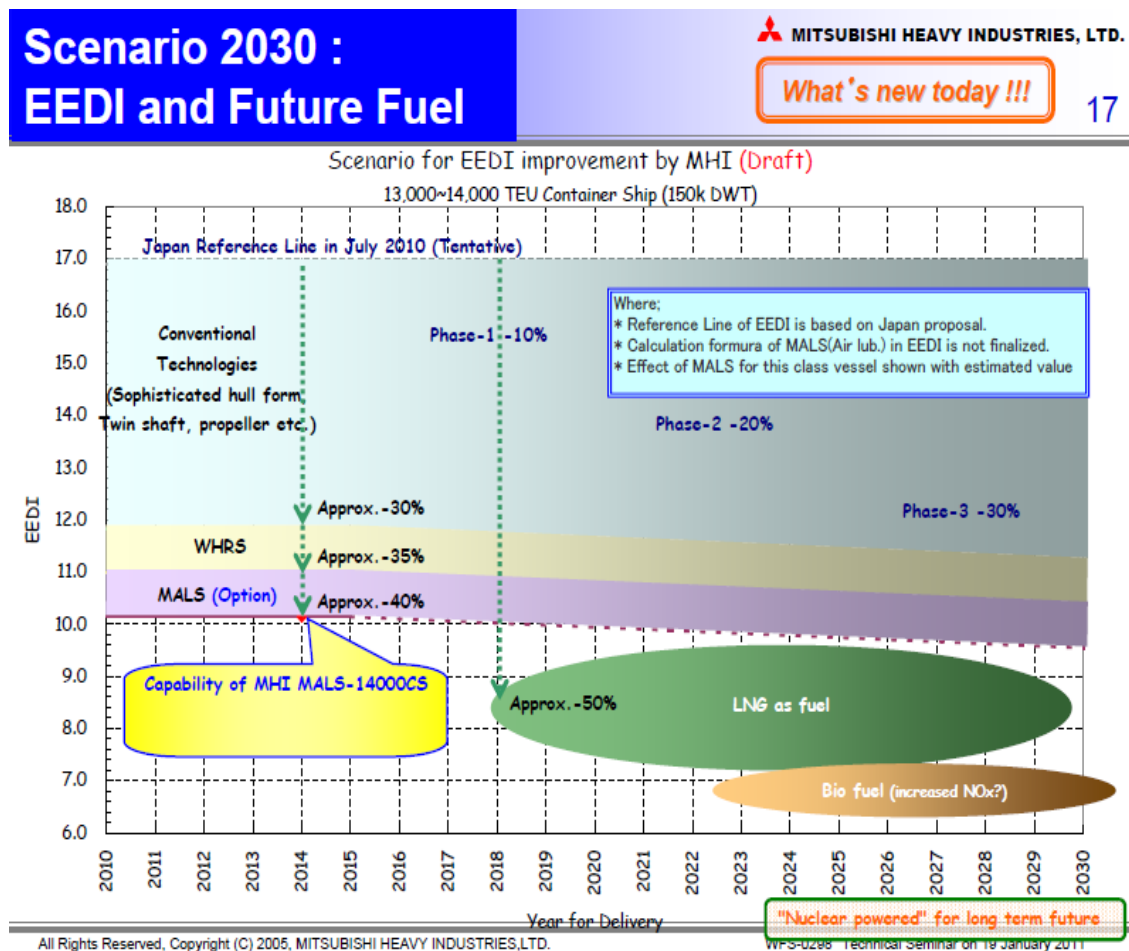
GLUTRA: The first LNG fuelled ferry. Built to DNV Class. Several more in operation and coming.

- LNG has potential to reduce CO₂ by 20-25% compared to HFO, NO_x by 80-90% and SO_x by 90+%
- As HFO increases in price, the LNG becomes more attractive. This trend will increase.
- Land supply infrastructure is of concern. Well suited for ship lines with regularity.

Εικόνα 4.12 Μειώσεις αερίων ρύπων σε επιβατηγό
 Πηγή: DNV, Pathways to low carbon shipping

Τις παραπάνω αναφερόμενες απόψεις σχετικά με την χρήση του φυσικού αερίου και των άλλων εναλλακτικών καυσίμων με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός πλοίου φαίνεται ότι συμμερίζονται και οι κατασκευαστές μηχανών.

Χαρακτηριστική είναι η άποψη της Mitsubishi, όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.13 Μειώσεις αερίων ρύπων σε containership 13000-14000TEU

Πηγή: MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, The Latest Developments and Technical Review of Technologies for Marine Products, January 2011

4.3 Νέες ιδέες και απόψεις για σχεδίαση και κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων

Πλοίο Container μεταφορικής ικανότητας 7450 TEU

Η A.P.Moller - Maersk, που είναι σήμερα η μεγαλύτερη ναυτιλιακή εταιρεία στον κόσμο με συνολικό στόλο περισσότερα από 800 πλοία ένα μεγάλο ποσοστό των οποίων είναι πλοία Container, πρότεινε την κατασκευή ενός τέτοιου πλοίου με

Μεγαλύτερη διάμετρο προπέλας
 Σχεδίαση γραμμών για το συγκεκριμένο επιχειρησιακό profile
 Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμικής ενέργειας καυσαερίων
 Μείωση υπηρεσιακής ταχύτητας

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω αναφερόμενα μέτρα η A.P.Moller βεβαιώνει, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ότι επιτυγχάνεται βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμων κατά 23%.

Example - A.P. Møller Maersk – Eco-efficient new design

- New 7450 TEU container vessels - notably different from standard design :
- Fuel reduction:
 - Greater diameter propeller – 5 %
 - Tailor made hull design for intended route – 8%
 - Waste Heat recovery – 9%
 - Slow running main engine – 3%
- Total fuel reduction estimated to 23%

Πλοίο Container μεταφορικής ικανότητας 18000 TEU

Η ίδια εταιρεία (A.P.Moller - Maersk) θέλοντας να εκμεταλευθεί κυρίως την «οικονομία μεγέθους» ανάγγειλε την κατασκευή 10 + 20 πλοίων Container μεταφορικής ικανότητας 18000 TEU με τα παρακάτω χαρακτηριστικά

- ☆ Παράδοση 2013 - 2015
- ☆ Λειτουργία στην γραμμή Ασία – Ευρώπη
- ☆ Υπηρεσιακή ταχύτητα 18,4 κόμβοι
- ☆ Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμικής ενέργειας καυσαερίων, με βάση το οποίο εκτιμάται ότι η απαιτούμενη ισχύς μειώνεται κατά 10%

Κατά την εκτίμηση των Πλοιοκτητών οι εκπομπές CO₂ από τα συγκεκριμένα πλοία ανά TEU θα είναι 50% μικρότερη από τα σημερινά επίπεδα, η δε κατανάλωση ενέργειας ανά τόνο μεταφερομένου φορτίου θα είναι 37 φορές μικρότερη από αυτή που απαιτείται σήμερα για αερομεταφορά.

Πλοίο Container μεταφορικής ικανότητας 5000 - 5500 TEU

Με την χρήση κατάλληλου software (Parametric Design Tool) που αναπτύχθηκε πρόσφατα στο ΕΜΠ προτάθηκαν δύο βελτιωμένες σχεδιάσεις Πλοίων Container μεταφορικής ικανότητας 5000 - 5500 TEU με τα παρακάτω χαρακτηριστικά

	Συμβατικό Design	NTUA Design	
		21 Knots	16 Knots
Μήκος (m)	263,00	233,00	230,00
Πλάτος (m)	40,00	45,60	44,00
Βύθισμα (m)	14,00	13,50	13,00
Cb	0,61	0,59	0,78
TEU	5500	5500	4978
DWT		64800	84400
DWT/TEU		11,78	16,95
Ισχύς-MCR (Kw)	55000	29000	17200
Ταχύτητα (knots)	25	21	16
EEDI	24,530	16,300	9,725
Αριθμός πλοίων για συγκεκριμένο μεταφορικό έργο	4,9	5,6	6,9
Κόστος επένδυσης (mUSD)	89	82	71
Διάρκεια επένδυσης	20	20	20
Μέσο κόστος ανά TEU (USD)	1070	1056	1086

Από τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής είναι προφανές ότι σημαντικές μειώσεις της ταχύτητας και βελτιστοποίηση των διαστάσεων της γάστρας έχουν σαν αποτέλεσμα δραστικές μειώσεις στο EEDI, αλλά μικρή επίδραση στο μεταφορικό κόστος ανά TEU.

Πλοίο Container μεταφορικής ικανότητας 9000 TEU στην γραμμή Far East – Panama - New York (Quantum)

Τον Απρίλιο του 2010 ο DNV ανακοίνωσε ορισμένες ιδέες για την σχεδίαση ενός τέτοιου πλοίου, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω (περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις ιδέες αυτές καθώς και οι σχετικές μελέτες περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 2).

Στην συγκεκριμένη γραμμή υπολογισθηκε ότι το ίδιο μεταφορικό έργο μπορεί να επιτευχθεί με 6 πλοία και υπηρεσιακή ταχύτητα 25 κόμβων η 7 πλοία και υπηρεσιακή ταχύτητα 21 κόμβων η 8 πλοία και υπηρεσιακή ταχύτητα 17 κόμβων (εννοείται πλοία του ίδιου μεγέθους).

Λαμβάνοντας υπόψη ακόμη και το επιπλέον κόστος που προκύπτει από την πιο μακρόχρον παραμονή των μεταφερόμενων αγαθών στη θάλασσα στις περιπτώσεις των λιγότερο γρήγορων πλοίων η βέλτιστη λύση αποδεικνύεται να είναι ο στόλος των 7 πλοίων με την ταχύτητα των 21 κόμβων.

Η μελέτη διάφορων συνδυασμών μήκους, πλάτους και Cb έδειξε σαν βέλτιστη λύση την αύξηση του πλάτους σε συνδυασμό με μείωση του μήκους και του Cb.

Η χρησιμοποίηση τετράφτερης προπέλας σε αντικατάσταση της εξάφτερης που συνηθίζεται για πλοία αυτού του μεγέθους / τύπου υποστηρίζεται ότι αυξάνει τον συντελεστή απόδοσης της προπέλας κατά περίπου 2%.

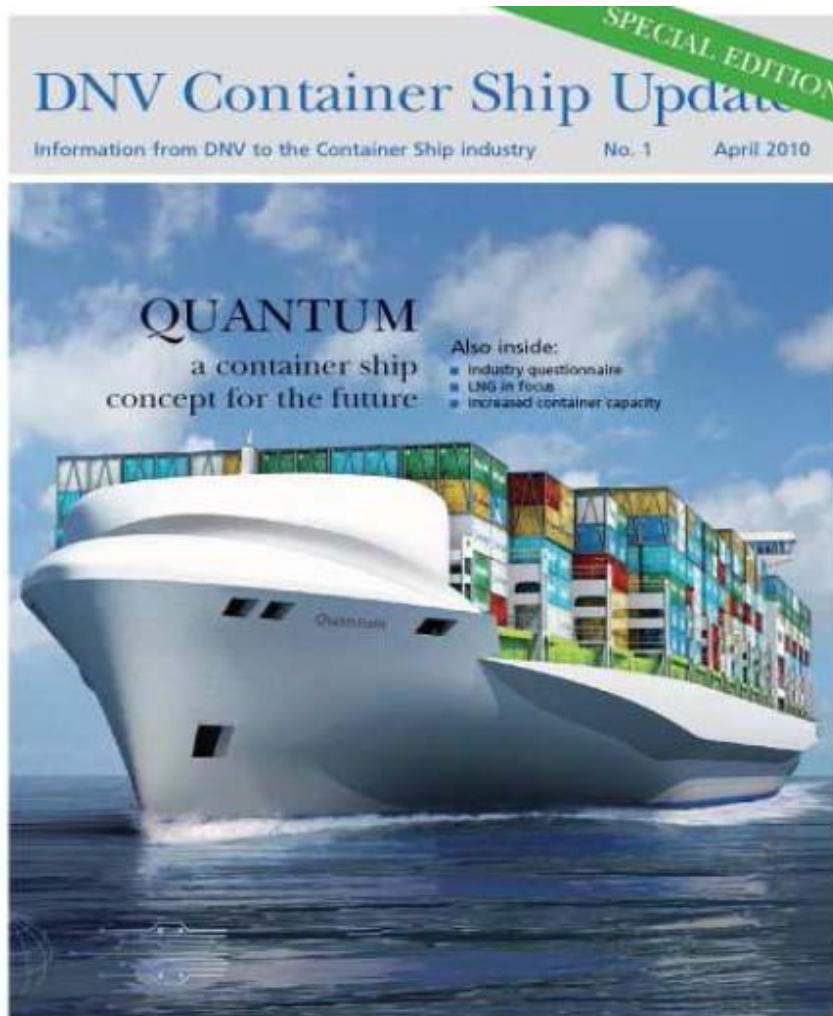
Η χρησιμοποίηση ελαφρύτερων συνθετικών η μεταλλικών υλικών, κυρίως για την κατασκευή της ενδιάιτησης, των καλλυμάτων κυτών και των σωληνώσεων υποστηρίζεται ότι μειώνει την απαίτηση για καύσιμα από 0,5% έως και 3,5%.

Η εγκατάσταση κύριας μηχανής αλλά και βοηθητικών μηχανών που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο εκτός από πετρέλαιο και φυσικό αέριο υποστηρίζεται ότι μειώνει σημαντικά τις εκπομπές CO₂, Nox και Sox (κατά αντίστοιχα).

Η εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων και η χρήση αυτής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υποστηρίζεται ότι βελτιώνει κατά 13% την συνολική απόδοση της μηχανολογικής εγκατάστασης.

Η τοποθέτηση της ενδιάιτησης συμπεριλαμβανομένης της γέφυρας ναυσιπλοίας στο πρωραίο τμήμα του πλοίου χωριστά από το μηχανοστάσιο που παραμένει στο πρυμναίο τμήμα φαίνεται να έχει σαν αποτέλεσμα μία σημαντική αύξηση της

μεταφορικής ικανότητας του πλοίου σε αριθμό TEU (κατά το DNV 10% έως 13%) χωρίς άλλη αλλαγή σε διαστάσεις του πλοίου ή την εγκαταστημένη ισχύ.



Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μία σύγκριση των χαρακτηριστικών του Quantum με τα δύο βελτιωμένα που προτάθηκαν από το ΕΜΠ, όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω :

	Συμβατικό Design	NTUA Design		DNV design
		21 Knots	16 Knots	Quantum
Μήκος (m)	263,00	233,00	230,00	314,20
Πλάτος (m)	40,00	45,60	44,00	48,00
Βύθισμα (m)	14,00	13,50	13,00	13,50
Cb	0,61	0,59	0,78	0,58
TEU	5500	5500	4978	9100
DWT		64800	84400	98618
DWT/TEU		11,78	16,95	10,84
Ισχύς-MCR (Kw)	55000	29000	17200	40598
Ταχύτητα (knots)	25	21	16	22
EEDI	24,530	16,300	9,725	11,593
EEDI Γραμμής Αναφοράς		21,548	20,438	19,812
Απόκλιση		-24,4%	-52,4%	-41,5%

Παρατηρούμε ότι :

- ☆ Η μείωση του υπολογιζόμενου EEDI είναι σημαντικώτατη για όλα τα προτεινόμενα Design σε σχέση με το συμβατικό Design
- ☆ Ενώ το συμβατικό Design έχει EEDI πολύ κοντά στην γραμμή αναφοράς, όλα τα προτεινόμενα Design έχουν EEDI σημαντικά κάτω από αυτή (24,4% - 52.4%)
- ☆ Το διαθέσιμο μέσο βάρος ανά TEU είναι συγκρίσιμο για τα πλοία με παρόμοιο Cb, αλλά σημαντικά μεγαλύτερο για το πλοίο με το μεγάλο Cb

Πλοίο VLCC tanker (Triality)

Τον Ιανουάριο του 2011 ο DNV ανακοίνωσε ορισμένες ιδέες για την σχεδίαση ενός τέτοιου πλοίου, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω (περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις ιδέες αυτές καθώς και οι σχετικές μελέτες περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 3).

Οι ιδέες αυτές αποσκοπούν στην σχεδίαση ενός πλοίου που να έχει μειωμένες εκπομπές αερίων ρύπων, να απαιτεί για την κατασκευή του υπάρχουσα μόνο τεχνολογία και η κατασκευή του να είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Η γάστρα του πλοίου έχει μία μορφή V, η οποία εξασφαλίζει το απαιτούμενο από τους κανονισμούς και την ασφαλή ναυσιπλοία βύθισμα στην άφορτη κατάσταση χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη ballast. Η ίδια μορφή έχει σαν αποτέλεσμα ο μέσος όρος της βρεχόμενης επιφάνειας στο σύνολο του κυκλικού ταξιδιού από τον λιμένα φόρτωσης στον λιμένα παράδοσης του φορτίου και πάλι πίσω στον λιμένα φόρτωσης να είναι σημαντικά μικρότερος (κατά 16%) σε σχέση με ένα συμβατικό πλοίο της ίδιας μεταφορικής ικανότητας.

Ο διαχωρισμός των δεξαμενών φορτίου έχει γίνει με τέτοιο τρόπο (δεξαμενές μεγάλου μήκους και μικρού πλάτους) ώστε δεν απαιτείται η ύπαρξη ballast για την διατήρηση των τάσεων μέσα στα αποδεκτά όρια κατά την διάρκεια της φόρτωσης.

Η εγκατάσταση κύριας μηχανής αλλά και βοηθητικών μηχανών και λεβήτων ατμοπαραγωγής που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο εκτός από πετρέλαιο και φυσικό αέριο έχει τα ίδια ευεργετικά αποτελέσματα όσον αφορά τις εκπομπές καυσαερίων με αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως για την περίπτωση του Quantum.

Η χρησιμοποίηση της χαμηλής θερμοκρασίας του φυσικού αερίου σε εναλλάκτες θερμότητας για :

- ☆ Την υγροποίηση των εξατμίσεων από το φορτίο (για ένα πλοίο του μεγέθους αυτού υπολογίζονται σε 500 εως 600 τόννους ανά ταξίδι), οι οποίες στην συνέχεια είτε χρησιμοποιούνται ως καύσιμο στους λέβητες παραγωγής ατμού, είτε επιστρέφονται στις δεξαμενές φορτίου
- ☆ Την ψύξη του αέρα καύσης για την κύρια μηχανή, η οποία εκτιμάται ότι βελτιώνει τον συνολικό βαθμό απόδοσης αυτής κατά 3% περίπου
- ☆ Στο σύστημα κλιματισμού, στα ψυγεία προμηθειών, κ.λ.π.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω μέτρων οι εκπομπές αερίων ρύπων σε σχέση με ένα συμβατικό πλοίο της ίδιας μεταφορικής ικανότητας κατά το DNV μειώνονται ως εξής :

- ☆ CO₂ κατά 34%
- ☆ NO_x κατά 82%
- ☆ SO_x κατά 94%

Ταυτόχρονα και σύμφωνα με τους υπολογισμούς του DNV, παρά το που απαιτείται μία μεγαλύτερη επένδυση για την αρχική κατασκευή του πλοίου, λόγω του αυξημένου κόστους της κύριας μηχανής, του πρόσθετου βάρους της μεταλλικής κατασκευής και του κόστους των πρόσθετων εγκαταστάσεων που απαιτούνται, λαμβάνοντας υπόψη το μειωμένο λειτουργικό κόστος παρουσιάζεται να υπάρχει στο τέλος μία μείωση της παρούσας αξίας της συνολικής επένδυσης (για 20 χρόνια χρήσης του πλοίου και ένα μέσο σενάριο αύξησης τιμής πετρελαίου και φυσικού αερίου) κατά 24 εκατομμύρια δολларια.



Πλοίο Handy bulk carrier (Seahorse 35)



Τον Δεκέμβριο του 2009 δημοσιεύθηκε μία μελέτη που παράγγειλε το Δανικό Ναυτιλιακό Ινστιτούτο, όπου παρουσιάζονται ιδέες για μέτρα που μπορούν να εφαρμοσθούν σε ένα υπάρχον ήδη γνωστό design, το Seahorse 35, τα βασικά χαρακτηριστικά του οποίου είναι.

- ☆ μεταφορική ικανότητα 35 000 DWT
- ☆ 5 κύτη φορτίου
- ☆ 4 X 30 τόννους γερανοί κατασρώματος
- ☆ ισχύς πρόωσης MCR

Τα ακόλουθα μέτρα μελετήθηκαν σε σχέση με την επίδραση τους στις εκπομπές αερίων ρύπων, την κατανάλωση ενέργειας και τις οικονομικές επιπτώσεις στο συγκεκριμένο τύπο πλοίου.

- ☆ Βελτιστοποίηση προπέλας συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης δακτυλίου και αναδιπλούμενου πηδαλίου
- ☆ μείωση ισχύος κύριας μηχανής
- ☆ Χρησιμοποίηση τεχνολογίας «Water in fuel – WIF»

- ☆ Ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR)
- ☆ Εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμικής ενέργειας καυσαερίων (WHR)
- ☆ Εγκατάσταση συστήματος καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)
- ☆ Εγκατάσταση συστήματος απεύθείας προσαγωγής αέρα για την κύρια μηχανή
- ☆ Βελτιστοποίηση συστήματος ψύξης
- ☆ Λειτουργία βοηθητικών μηχανών με MGO
- ☆ Εγκατάσταση βραστήρα (αφαλάτωση θαλασσινού νερού) υψηλής απόδοσης
- ☆ Εγκατάσταση συστήματος επεξεργασίας θαλασσίου έρματος

Οι μειώσεις στις εκπομπές αερίων ρύπων που επιτεύχθηκαν με την εφαρμογή των παραπάνω αναφερομένων μέτρων φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

	normal at sea %	annual basis %
total ship		
FO consumption	-7,7	-7,2
CO2 emission	-7,7	-7,2
SOx emission	-98,7	-98,6
NOx emission	-81,6	-79,1
PM emission	-90,9	-86,0

Δεδομένου ότι τα πρόσθετα μηχανήματα που τοποθετήθηκαν έχουν ένα συνολικό βάρος περίπου 160 τόννων η μεταφορική ικανότητα του πλοίου μειώθηκε αντίστοιχα.

Το κόστος της συνολικής επένδυσης για την εφαρμογή (αγορά και τοποθέτηση) των παραπάνω αναφερομένων μέτρων υπολογίσθηκε σε 5,2 εκατομύρια

δολάρια που αντιστοιχεί στο 22% περίπου του συνολικού κόστους για την κατασκευή ενός τέτοιου πλοίου σήμερα.

Από την άλλη πλευρά υπολογίστηκε σε 100 000 περίπου το ετήσιο όφελος από την λειτουργία του πλοίου.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι ότι με την εφαρμογή των παραπάνω αναφερομένων μέτρων.

- ☆ Οι εκπομπές NOx και SOx μειώθηκαν σε ποσοστά που προσέγγισαν το 90%
- ☆ Οι εκπομπές CO2 όμως μειώθηκαν κατά 7,2% μόνο
- ☆ Ο μόνος πρακτικός τρόπος για σημαντική μείωση των εκπομπών CO2 είναι η μείωση της ταχύτητας (για να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών CO2 κατά 30% εκτιμήθηκε ότι η ταχύτητα θα έπρεπε να μειωθεί κατά 2 κόμβους)
- ☆ Οι μειώσεις εκπομπών NOx και SOx επιτεύχθηκαν με αύξηση του κόστους επένδυσης αλλά και του κόστους λειτουργίας, αφού η εγκατάσταση των απαιτούμενων συστημάτων αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας
- ☆ Το αυξημένο λειτουργικό κόστος από την τοποθέτηση των απαιτούμενων συστημάτων για την μείωση των εκπομπών NOx και SOx αντισταθμίζεται με το παραπάνω (για αυτό προκύπτει τελικά όφελος) από την εγκατάσταση συστήματος ανάκτησης θερμικής ενέργειας καυσαερίων (WHR).

4.4α Μελέτη για τη κατασκευή φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων (FRATERNITY και SONIA) .

Στην συνέχεια γίνεται μία προσπάθεια για τα δύο προαναφερθέντα πλοία FRATERNITY (suezmax tanker) και SONIA (cape size bulk carrier) να γίνει μια μελέτη εφαρμογής τεχνικών και λειτουργικών μέτρων ώστε να επιτύχουμε αφενός μείωση του EEDI (σύμφωνα με τις οδηγίες που περιλαμβάνονται στο MEPC 1/Circ. 681, "Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships") και αφεταίρου οικονομικότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον λειτουργία των δύο πλοίων .

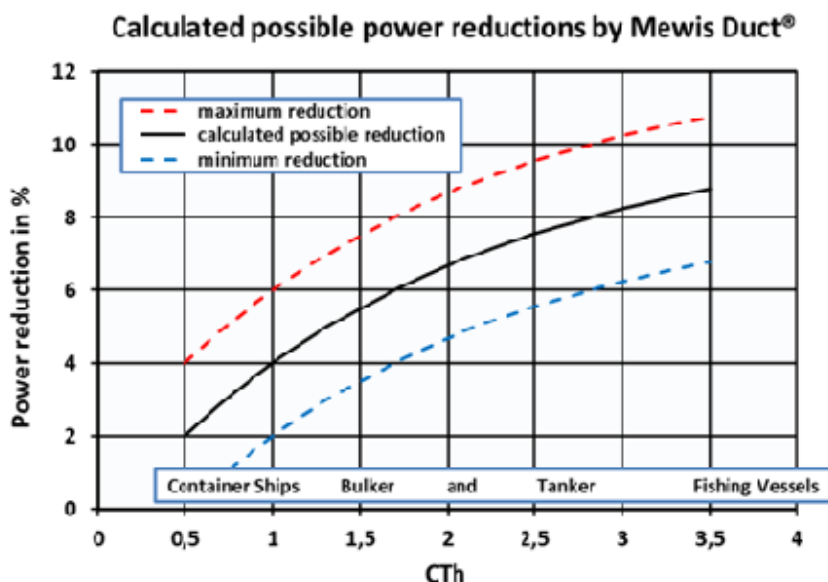
Από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες διαθέτω όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την διενέργεια της προκειμένης μελέτης . Παραθέτω εκ νέου τα συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα με τον EEDI με βάση τις ειδικές καταναλώσεις, παράγοντες μετατροπής του καυσίμου και ταχύτητες αναφοράς που ευρέθησαν

Ship	Unit	FRATERNITY	SONIA
IMO No		9416733	9397743
Capacity	t	157667	177974
Main Engine (MCR)	Kw	18660	16860
V από Fairplay	knots	15,50	14,00
Vref	knots	16,01	15,28
SFC ME	gr/kWh	171,9	169,2
Cf καυσίμου ME	gr CO2 / gr fuel	3,206	3,1144
EEDI από Reference line	gr CO2 / t nm	3,5435	3,0106
EEDI από Fairplay	gr CO2 / t nm	3,5850	3,1835
Απόκλιση από reference line		1,2%	5,7%
EEDI από δοκιμές πλοίου	gr CO2 / t nm	3,2511	2,6156
Απόκλιση από reference line		-8,3%	-13,1%

Συγκεκριμένα επιλέγονται :

- Η αναδρομική τοποθέτηση στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας και των δύο πλοίων του Mewis duct της Becker με σκοπό την εξομάλυνση και βελτίωση του ομόρρου για να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης της έλικας .
- Η μείωση της υπηρεσιακής ταχύτητας κατά 2 κόμβους μετά την επιβεβαίωση των κατασκευαστών ότι οι κύριες μηχανές των πλοίων αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασφαλώς σε χαμηλότερα φορτία .
- Η χρησιμοποίηση ειδικών χρωμάτων (Silicon της Jotun) η οποία σύμφωνα με τους παραγωγούς των χρωμάτων εξασφαλίζει μείωση στη συνολική αντίσταση τριβής του πλοίου έως και 3% στη συνολική περίοδο ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς δεξαμένισμους .
- Η βελτιστοποίηση της διαγωγής κατά την διάρκεια των πλόων χωρίς φορτίο .
- Η ευαισθητοποίηση των πληρωμάτων όσον αφορά την χρησιμοποίηση ενεργειακών καταναλωτών επί των πλοίων όσο και η εγκαθίδρυση μιας πολιτικής όσον αφορά στη χρήση των ηλεκτρομηχανών και των λεβήτων παραγωγής ατμού .

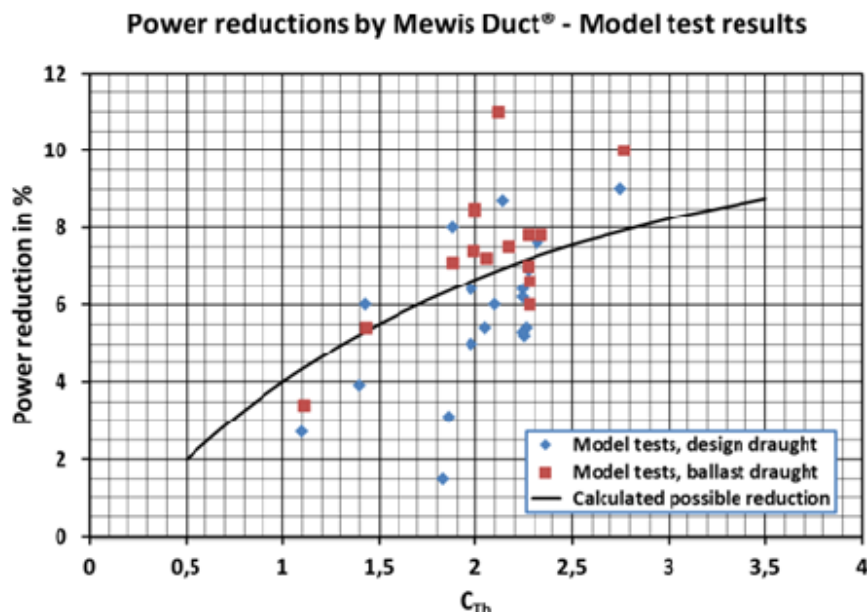
Κατά τους θεωρητικούς υπολογισμούς των κατασκευαστών του Mewis duct η μείωση της απαίτησης για εγκατεστημένη ισχύ σε bulk carriers και tankers είναι συνάρτηση του συντελεστή ώσεος και έχει τιμές σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα .



Εικόνα 4.14 Αναμενόμενες μειώσεις στην απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ μετά την εφαρμογή του MEWIS DUCT

Πηγή: Κατασκευάστρια εταιρεία Becker

Κατά τους ίδιους κατασκευαστές απαελέσματα δοκιμών με μοντέλα για 35 περίπου πλοία στα οποία ήδη έχει τοποθετηθεί το Mewis duct (βλ. διάγραμμα παρακάτω) επαλήθευσαν την ορθότητα των παραπάνω θεωρητικών υπολογισμών .



Εικόνα 4.15 Αναμενόμενες μειώσεις στην απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ μετά την εφαρμογή του MEWIS DUCT σε συνδυασμό του συντελεστή ώσεως της προπέλας του πλοίου

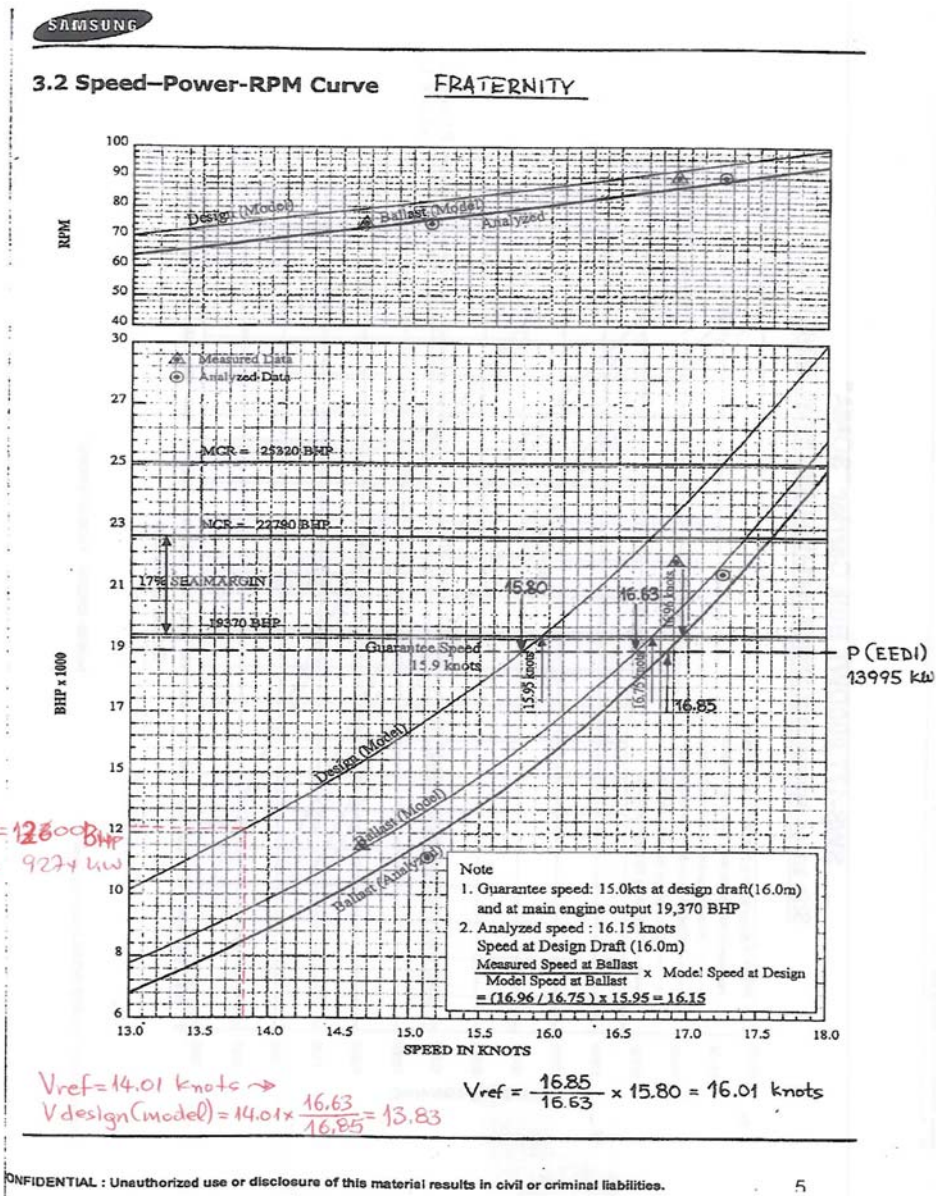
Πηγή: Κατασκευάστρια εταιρεία Becker

Σύμφωνα με πληροφορίες από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες των δύο παραπάνω πλοίων οι συντελεστές ώσης για τα πλοία αυτά είναι 1.25 για το πλοίο FRATERNITY και 1.32 για το πλοίο SONIA .

Με βάση τα δεδομένα αυτά από το παραπάνω διάγραμμα υπολογίζεται μείωση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος για την ταχύτητα δοκιμών κατά 4.8% για το πλοίο FRATERNITY και 5.2% για το πλοίο SONIA .

Ακόμα ως λειτουργικό μέτρο για να επιτύχουμε αφενός μείωση του EEDI (σύμφωνα με τις οδηγίες που περιλαμβάνονται στο MEPC 1/Circ. 681, "Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships") και αφεταίρου οικονομικότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον λειτουργία των δύο πλοίων επιλέγουμε σύμφωνα με τα προαναφερθέντα τη μείωση της υπηρεσιακής ταχύτητας και στα δύο πλοία κατά δύο κόμβους (λεγόμενο slow steaming) .

Επομένως η ταχύτητα του πλοίου FRATERNITY γίνεται από 16.01knots => 14.01knots και του πλοίου SONIA γίνεται από 15.28knots => 13.28knots .



Εικόνα 4.16 Αποτελέσματα δοκιμών (sea trials) του πλοίου Πηγή: Πλοιοκτήτρια εταιρεία του πλοίου FRATERNITY

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που γίνονται στα δύο παραπάνω διαγράμματα η νέα απαίτηση σε εγκατεστημένη ισχύ στα δύο πλοία ώστε να επιτύχουν τις νέες ζητούμενες υπηρεσιακές ταχύτητες θα είναι οι εξής :

- P = 12300 BHP = 9052,8 Kw για το πλοίο FRATERNITY .
- P = 8350 kW για το πλοίο SONIA .

Οι παραπάνω απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ μειώνονται ακόμα περισσότερο με την τοποθέτηση του MEWIS DUCT της BECKER (πιο συγκεκριμένα μείωση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος κατά 4.8% για το πλοίο FRATERNITY και 5.2% για το πλοίο SONIA) .

Εν συνεχεία παρατίθενται οι υπολογισμοί που προκύπτουν και η αντίστοιχη μεταβολή του δείκτη EEDI για κάθε ένα μέτρο ξεχωριστά , αλλά και η επίδραση της εφαρμογής των δύο μέτρων ταυτόχρονα :

FRATERNITY		MCR	MEWIS DUCT	ΜΕΙΩΣΗ Vref ΚΑΤΑ 2 KNOTS	ΕΠΙΔΡΑΣΗ 2 ΜΕΤΡΩΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ
P me	13995	18660	13323,24	6789,6	6463,699
P ae	716,5		716,5	716,5	716,5
DWT	157667		157667	157667	157667
V ref	16,01		16,01	14,01	14,01
EEDI	3,251138		3,104475	1,917549	1,836239
CF me	3,206		3,206	3,206	3,206
SFC me	171,9		171,9	171,9	171,9
SFC ae	215		215	215	215

SONIA		MCR	MEWIS DUCT	ΜΕΙΩΣΗ Vref ΚΑΤΑ 2 KNOTS	ΕΠΙΔΡΑΣΗ 2 ΜΕΤΡΩΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ
P me	12645	16860	11987,46	6262,5	5936,85
P ae	671,5		671,5	671,5	671,5
DWT	177974		177974	177974	177974
V ref	15,28		15,28	13,28	13,28
EEDI	2,615609		2,488195	1,586506	1,5139
CF me	3,1144		3,1144	3,1144	3,1144
SFC me	169,2		169,2	169,2	169,2
SFC ae	215		215	215	215

Ακολουθεί πίνακας με συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων ύστερα από την εφαρμογή των δύο παραπάνω μέτρων που έχουν επίδραση στην διαμόρφωση του δείκτη EEDI :

Ship	Unit	FRATERNITY	SONIA
IMO No		9416733	9397743
Capacity	t	157667	177974
Main Engine (MCR)	Kw	18660	16860
V από Fairplay	knots	15,50	14,00
Vref	knots	16,01	15,28
SFC ME	gr/kWh	171,9	169,2
Cf καυσίμου ME	gr CO2 / gr fuel	3,206	3,1144
EEDI από Reference line	gr CO2 / t nm	3,5435	3,0106
EEDI από Fairplay	gr CO2 / t nm	3,5850	3,1835
Απόκλιση από reference line		1,2%	5,7%
EEDI από δοκιμές πλοίου	gr CO2 / t nm	3,2511	2,6156
Απόκλιση από reference line		-8,3%	-13,1%
EEDI μετά τοποθέτηση MEWIS DUCT	gr CO2 / t nm	3,104	2,488
EEDI μετά μείωση ταχύτητας κατά 2 κόμβους	gr CO2 / t nm	1,918	1,587
EEDI μετά την συνολική εφαρμογή των μέτρων	gr CO2 / t nm	1,836	1,514
Απόκλιση από reference line μετά την συνολική εφαρμογή των μέτρων		-51,8%	-50,3%

Για την επίτευξη μιας λειτουργίας φιλικότερης προς το περιβάλλον των δύο πλοίων FRATERNITY και SONIA θα προτείναμε την θέσπιση των εξής μέτρων :

- Χρησιμοποίηση ειδικών χρωμάτων (Silicon της Jotun) η οποία σύμφωνα με τους παραγωγούς των χρωμάτων εξασφαλίζει μείωση στη συνολική αντίσταση τριβής του πλοίου έως και 3% στη συνολική περίοδο ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς δεξαμενισμούς .
- Βελτιστοποίηση της διαγωγής κατά την διάρκεια των πλόων χωρίς φορτίο.
- Η ευαισθητοποίηση των πληρωμάτων όσον αφορά την χρησιμοποίηση ενεργειακών καταναλωτών επί των πλοίων όσο και η εγκαθίδρυση μιας πολιτικής όσον αφορά στη χρήση των ηλεκτρομηχανών και των λεβήτων παραγωγής ατμού .

Πρέπει να καταστεί σαφές ωστόσο πως τα τρία προαναφερθέντα μέτρα τα οποία είναι λειτουργικά και όχι τεχνικά δεν έχουν καμία επίδραση στην τελική διαμόρφωση του EEDI λόγω της τελικής φόρμουλας που έχει επικρατήσει κατά την MEPC 59 όπου οι παραπάνω παράμετροι δεν προσμετρούνται .

Πρέπει να τονιστεί επίσης πως η επιλογή όλων των παραπάνω μέτρων , λειτουργικών και τεχνικών , έγινε με γνώμονα την άμεση λειτουργικότητα , οικονομική εφικτότητα και αποτελεσματικότητα και πρόκειται για μέτρα τα οποία δεν απαιτούν σημαντικές αλλαγές και ανακατατάξεις του πλοίου και των συστημάτων του , μέτρα τα οποία εύκολα μια πλοιοκτήτρια εταιρεία θα θέσπιζε για βέλτιστη περιβαλλοντική λειτουργία των πλοίων της .

4.4β Σχολιασμος αποτελεσματος

Συνολικά τα παραπάνω αποτελέσματα που αναγραφονται στο δοθέντα τελικό πίνακα μας δείχνουν πως η θέσπιση πρακτικών λειτουργικών μέτρων , όπως η μείωση της υπηρεσιακής ταχύτητας κατά δύο κόμβους , ή η θέσπιση οικονομικά άμεσα εφικτών τεχνικών μέτρων όπως η τοποθέτηση του MEWIS DUCT της BECKER μπορούν να επιφέρουν σημαντική (έως και 50%) μείωση του δείκτη EEDI και να οδηγήσουν σε λειτουργία οικονομικότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων .

ΜΕΡΟΣ 5οΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 5.1 OECD, Globalisation, Transport and the Environment, November 2008
- 5.2 IMO, GHG Study , www.imo.org/environment/mainframe.asp , 2007
- 5.3 IMO, GHG Study www.imo.org/environment/mainframe.asp , 2009
- 5.4 LR-Fairplay
- 5.5 IMO, MEPC.1/Circ.681, Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships, August 2009
- 5.6 IMO, MEPC.1/Circ.682, Interim Guidelines for Voluntary Verification of the Energy Efficiency Design Index, August 2009
- 5.7 IMO, MEPC.1/Circ.683, Guidance for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), August 2009
- 5.8 IMO, MEPC.1/Circ.684, Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI), August 2009
- 5.9 IMO, MEPC 58/4, Report of the outcome of the first Interseesional Meeting of the Working Group on Greenhouse Gas Emissions from Ships, July 2008
- 5.10 IMO, MEPC 61/INF.18, Marginal abatement costs and cost-effectiveness of energy-efficiency measures, July 2010
- 5.11 IMO, MEPC 61/5/2, Report on a trial verification of the Energy Efficiency Design Index (EEDI), June 2010
- 5.12 IMO, MEPC 62/6/4, Calculation of parameters for determination of EEDI reference values, January 2011
- 5.13 DNV, Container Ship Update , www.dnv.com/dnvcontainershipupdate
- 5.14 DNV, Tanker Ship Update, www.dnv.com/dnvtankerupdate , April 2010
- 5.15 DNV, Pathways to low carbon shipping , www.dnv.com.cn/binaries
- 5.16 Soren Schnack, Hans Otto Kristensen, 35000 dwt Bulk Carrier exhaust gas emission reduction study, December 2009
- 5.17 John Larkin, Yoshi Ozaki, Kirsi Tikka, Keith Michel, Influence of Design Parameters on the Energy Efficiency Design Index (EEDI), February 2010
- 5.18 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, The Latest Developments and Technical Review of Technologies for Marine Products, January 2011
- 5.19 GL, Attractions to using gas as fuel and challenges ahead, October 2010
- 5.20 E.Boulougouris, A.Papanikolaou, A.Pavlou, Energy Efficiency Parametric Design Tool in the frame of Holistic Ship Design Optimization Pim.sageup.com/content/early/2011/
- 5.21 Panos Zachariadis, The new emissions Regulations discussed at IMO, and their potential implications on shipping

ΜΕΡΟΣ 6ο

6.1 Παράρτημα 1 - Κορυφαίοι 30 κατασκευαστές (Ναυπηγεία) ανά κατηγορία μεγέθους για tankers, bulkers & containers

6.2 Παράρτημα 2 – Quantum

6.3 Παράρτημα 3 – Triality

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΚΟΡΥΦΑΙΟΙ 30 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ (ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ)

ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΓΙΑ
TANKERS, BULKERS & CONTAINERS

VLCC Tanker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Daewoo	Okpo	136	6	South Korea
2	Hyundai H.I.	Ulsan	121	7	South Korea
3	I.H.I.	Kure	57	9	Japan
4	Dalian Shipbuilding	Dalian	47	0	China P.R.
5	Universal S.B.	Ariake	43	3	Japan
6	Samsung H.I.	Geoje	41	7	South Korea
7	Hitachi Zosen	Ariake	40	14	Japan
8	Mitsubishi H.I.	Nagasaki	36	11	Japan
9	Hyundai Samho	Samho	35	4	South Korea
10	Shanghai Waigaoqiao	Shanghai	26	-1	China P.R.
11	Mitsui SB	Chiba	22	7	Japan
12	Shanghai Jiangnan	Changxing	20	1	China P.R.
13	Kawasaki H.I.	Sakaide	17	10	Japan
14	STX Shipbuild.	Jinhae	13	-2	South Korea
15	Bohai Shipbld.	Huludao	12	0	China P.R.
16	Jinhai Heavy Ind.	Zhoushan	11	-2	China P.R.
17	Nantong Cosco KHI	Nantong	10	5	China P.R.
18	Imabari S.B.	Saijo	9	3	Japan
19	Odense Lindo	Lindo	9	17	Denmark
20	Dalian New Yard	Dalian	7	7	China P.R.
21	NKK Corp.	Tsu	6	15	Japan
22	Guangzhou Longxue	Longxue Island	6	0	China P.R.
23	Sumitomo H.I.	Oppama	6	16	Japan
24	Hyundai H.I.	Gunsan	6	-2	South Korea
25	Jiangsu Rongsheng	Nantong	4	-2	China P.R.
26	New Times S.B.	Jingjiang	4	-2	China P.R.
27	Sasebo H.I.	Sasebo	4	20	Japan
28	Universal S.B.	Tsu	4	7	Japan
29	HHIC-Phil. Inc.	Subic Bay	2	-3	Philippines
30	Namura Shipbuilding	Imari	2	1	Japan

Suezmax Tanker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Samsung H.I.	Geoje	107	4	South Korea
2	Hyundai H.I.	Ulsan	105	7	South Korea
3	Daewoo	Okpo	73	8	South Korea
4	Hyundai Samho	Samho	70	3	South Korea
5	Jiangsu Rongsheng	Nantong	45	0	China P.R.
6	Universal S.B.	Tsu	18	4	Japan
7	New Times S.B.	Jingjiang	16	0	China P.R.
8	Atlantico Sul	Suape	13	-1	Brazil
9	Bohai Shipbld.	Huludao	13	1	China P.R.
10	NKK Corp.	Tsu	12	10	Japan
11	A.E.S.A.	Puertoreal	9	16	Spain
12	A.E.S.A.	Sestao	6	14	Spain
13	Ishibras	Rio De Janiero	6	18	Brazil
14	I.H.I.	Chita	6	19	Japan
15	Mitsui SB	Chiba	6	16	Japan
16	Hyundai H.I.	Gunsan	6	-1	South Korea
17	Sungdong S.B.	Tongyoung	6	-1	South Korea
18	Sasebo H.I.	Sasebo	5	11	Japan
19	Namura Shipbuilding	Imari	4	12	Japan
20	CSBC	Kaohsiung	4	19	Taiwan
21	Harland & Wolff	Belfast	4	18	United Kingdom
22	Jurong Shipyard	Singapore	4	20	Singapore
23	NG Avondale	New Orleans	4	7	United States
24	Gen. Dynamics NASSCO	San Diego	4	6	United States
25	Universal S.B.	Ariake	3	4	Japan
26	Brodosplit	Split	3	5	Croatia
27	Sun SB & DD	Chester	3	33	United States
28	Fincantieri	Marghera	3	16	Italy
29	Dalian New Yard	Dalian	3	14	China P.R.
30	Santierul Naval	Constantza	2	22	Romania

Aframax Tanker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Samsung H.I.	Geoje	175	6	South Korea
2	Hyundai H.I.	Ulsan	168	7	South Korea
3	Sumitomo H.I.	Oppama	90	6	Japan
4	Tsuneishi Zosen	Numakuma	61	4	Japan
5	Daewoo	Okpo	53	8	South Korea
6	Hyundai Samho	Samho	45	6	South Korea
7	Namura Shipbuilding	Imari	43	12	Japan
8	Koyo Dock K.K.	Mihara	37	13	Japan
9	Sasebo H.I.	Sasebo	34	5	Japan
10	Shanghai Waigaoqiao	Shanghai	32	3	China P.R.
11	Dalian Shipbuilding	Dalian	21	2	China P.R.
12	Hudong Zhonghua	Shanghai	20	1	China P.R.
13	Dalian New Yard	Dalian	20	9	China P.R.
14	Imabari S.B.	Marugame	19	15	Japan
15	B. & W.	Copenhagen	16	23	Denmark
16	Mitsui SB	Chiba	15	7	Japan
17	New Times S.B.	Jingjiang	15	2	China P.R.
18	Sungdong S.B.	Tongyoung	13	0	South Korea
19	Stocznia Gdynia	Gdynia	10	20	Poland
20	NKK Corp.	Tsu	10	12	Japan
21	Onomichi Dockyd	Onomichi	10	16	Japan
22	Sanoyas	Mizushima	10	12	Japan
23	Brodosplit	Split	10	7	Croatia
24	Brod. 3 Maj	Rijeka	9	19	Croatia
25	Imabari S.B.	Saijo	9	8	Japan
26	Atlantico Sul	Suape	9	-3	Brazil
27	Hanjin H.I.	Busan	8	1	South Korea
28	STX Shipbuild.	Jinhae	7	2	South Korea
29	Halla Eng.	Samho	7	12	South Korea
30	New Century S/Y	Jingjiang	6	0	China P.R.

Panamax Tanker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	New Century S/Y	Jingjiang	61	3	China P.R.
2	STX Shipbuild.	Jinhae	59	2	South Korea
3	Hyundai H.I.	Ulsan	43	13	South Korea
4	Dalian Shipbuilding	Dalian	33	2	China P.R.
5	Sungdong S.B.	Tongyoung	28	1	South Korea
6	Daewoo	Okpo	24	7	South Korea
7	Onomichi Dockyd	Onomichi	21	8	Japan
8	Brodosplit	Split	20	3	Croatia
9	Samsung H.I.	Geoje	19	9	South Korea
10	Hyundai Mipo	Ulsan	18	0	South Korea
11	Dalian Shipyard	Dalian	18	12	China P.R.
12	Hudong Zhonghua	Shanghai	13	8	China P.R.
13	Eisa Shipyard	Rio De Janeiro	12	-2	Brazil
14	Minami Nippon	Usuki	11	2	Japan
15	Koyo Dock K.K.	Mihara	10	10	Japan
16	SPP Plant & Shipbldg	Sacheon	10	0	South Korea
17	New Times S.B.	Jingjiang	9	1	China P.R.
18	Sumitomo H.I.	Oppama	9	5	Japan
19	Zaliv Shipyard	Kerch	9	22	Ukraine
20	Namura Shipbuilding	Imari	8	16	Japan
21	Dalian New Yard	Dalian	7	8	China P.R.
22	Hitachi Zosen	Ariake	7	26	Japan
23	Hudong S.Y.	Shanghai	7	16	China P.R.
24	SPP Shipbuilding	Tongyoung	6	0	South Korea
25	Universal S.B.	Maizuru	5	7	Japan
26	Kertch Shipyard	Kertch	5	19	Ukraine
27	Mitsubishi H.I.	Nagasaki	5	25	Japan
28	Jiangnan S.Y.	Shanghai	4	21	China P.R.
29	Sasebo H.I.	Sasebo	4	10	Japan
30	IMICO	Neka	3	0	Iran

Handysize Tanker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Hyundai Mipo	Ulsan	397	4	South Korea
2	STX Shipbuild.	Jinhae	198	4	South Korea
3	Guangzhou S.Y. Int.	Guangzhou	155	3	China P.R.
4	Shin Kurushima	Onishi	151	7	Japan
5	Onomichi Dockyd	Onomichi	116	8	Japan
6	SLS Shipbuilding	Chungmu	92	1	South Korea
7	Fukuoka S.B.	Fukuoka	72	6	Japan
8	Kitanihon Zosen	Hachinohe	71	2	Japan
9	21c S.B. Co.	Tongyoung	66	2	South Korea
10	Samho Tongyoung	Tongyoung	61	3	South Korea
11	Shin Kurushima	Akitsu	61	6	Japan
12	Brod. 3 Maj	Rijeka	58	11	Croatia
13	Dalian Shipyard	Dalian	52	16	China P.R.
14	Hanjin H.I.	Busan	52	23	South Korea
15	Usuki Zosen	Usuki	51	4	Japan
16	Brod. Uljanik	Pula	50	15	Croatia
17	Asakawa S.B.	Imabari	49	9	Japan
18	SPP Plant & Shipbldg	Sacheon	47	1	South Korea
19	Hyundai H.I.	Ulsan	46	18	South Korea
20	Minami Nippon	Usuki	45	12	Japan
21	Iwagi Zosen	Iwagi	44	3	Japan
22	Brodosplit	Split	42	19	Croatia
23	Kherson Shipyard	Kherson	38	20	Ukraine
24	Shina S.B.	Chungmu	38	6	South Korea
25	Santierul Naval	Constantza	36	1	Romania
26	SPP Shipbuilding	Tongyoung	34	2	South Korea
27	Lindenau	Kiel	34	11	Germany
28	Fukuoka S.B.	Nagasaki	33	2	Japan
29	Daedong S.B.	Chinhae	32	11	South Korea
30	Bohai Shipbld.	Huludao	32	6	China P.R.

Capesize Bulker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Hyundai H.I.	Ulsan	133	13	South Korea
2	Shanghai Waigaoqiao	Shanghai	126	2	China P.R.
3	Namura Shipbuilding	Imari	90	4	Japan
4	Daewoo	Okpo	89	9	South Korea
5	Imabari S.B.	Saijo	78	2	Japan
6	Universal S.B.	Tsu	63	2	Japan
7	Koyo Dock K.K.	Mihara	62	4	Japan
8	NKK Corp.	Tsu	61	16	Japan
9	CSBC	Kaohsiung	61	15	Taiwan
10	Sungdong S.B.	Tongyoung	58	0	South Korea
11	Mitsui SB	Chiba	49	9	Japan
12	Kawasaki H.I.	Sakaide	49	13	Japan
13	Jinhai Heavy Ind.	Zhoushan	47	-1	China P.R.
14	Dalian Shipbuilding	Dalian	46	0	China P.R.
15	Unknown Yard	Unknown	39	18	China P.R.
16	Hyundai Samho	Samho	38	4	South Korea
17	STX Shipbuild.	Jinhae	37	0	South Korea
18	Sasebo H.I.	Sasebo	37	8	Japan
19	New Times S.B.	Jingjiang	35	-1	China P.R.
20	Jiangsu Rongsheng	Nantong	34	-1	China P.R.
21	I.H.I.	Kure	34	15	Japan
22	Daehan S.B.	Haenam	32	0	South Korea
23	HHIC-Phil. Inc.	Subic Bay	31	-1	Philippines
24	Nantong Cosco KHI	Nantong	31	0	China P.R.
25	Universal S.B.	Ariake	29	2	Japan
26	Jiangnan Changxing	Changxing Island	28	-1	China P.R.
27	Beihai Shipyard	Qingdao	26	1	China P.R.
28	Samsung H.I.	Geoje	25	18	South Korea
29	Bohai Shipbld.	Huludao	23	1	China P.R.
30	Oshima S.B. Co.	Oshima	22	0	Japan

Panamax Bulker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Tsuneishi Zosen	Numakuma	231	6	Japan
2	Imabari S.B.	Marugame	217	8	Japan
3	Oshima S.B. Co.	Oshima	186	3	Japan
4	Sanoyas	Mizushima	124	7	Japan
5	Sasebo H.I.	Sasebo	105	10	Japan
6	Hyundai H.I.	Ulsan	97	16	South Korea
7	Namura Shipbuilding	Imari	93	12	Japan
8	Hudong Zhonghua	Shanghai	87	2	China P.R.
9	Jiangnan S.Y.	Shanghai	68	10	China P.R.
10	Sumitomo H.I.	Oppama	64	15	Japan
11	Jiangsu New YZJ	Jingjiang	63	0	China P.R.
12	Tsuneishi Zhoushan	Zhoushan	54	-1	China P.R.
13	STX Shipbuild.	Jinhae	47	0	South Korea
14	Hitachi Zosen	Maizuru	46	17	Japan
15	Jinhai Heavy Ind.	Zhoushan	42	-1	China P.R.
16	Jiangnan SY Group	Changxing	41	0	China P.R.
17	Daewoo	Okpo	41	13	South Korea
18	Hyundai Samho	Samho	41	4	South Korea
19	Jiangsu Eastern	Jingjiang	39	-1	China P.R.
20	Sungdong S.B.	Tongyoung	39	0	South Korea
21	Universal S.B.	Maizuru	38	2	Japan
22	Koyo Dock K.K.	Mihara	37	24	Japan
23	B. & W.	Copenhagen	35	24	Denmark
24	Hashihama Zosen	Tadotsu	35	21	Japan
25	CSBC	Kaohsiung	32	13	Taiwan
26	Jiangsu Rongsheng	Nantong	32	-1	China P.R.
27	COSCO Dalian	Dalian	31	-1	China P.R.
28	Hudong S.Y.	Shanghai	31	12	China P.R.
29	Jinling Shipyard	Nanjing	30	0	China P.R.
30	Hitachi Zosen	Ariake	29	24	Japan

Handymax Bulker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Oshima S.B. Co.	Oshima	332	9	Japan
2	Mitsui SB	Tamano	208	8	Japan
3	Tsuneishi Zosen	Numakuma	149	12	Japan
4	Tsuneishi Cebu	Cebu	142	3	Philippines
5	Sanoyas	Mizushima	97	17	Japan
6	Dayang S.B.	Yangzhou	90	1	China P.R.
7	Kawasaki S.B.	Kobe	68	6	Japan
8	CIC (Jiangsu)	Jiangdu	68	-1	China P.R.
9	Hantong Shipyard	Nantong	67	0	China P.R.
10	Mitsui SB	Chiba	67	11	Japan
11	Chengxi Shipyd.	Jiangyin	63	1	China P.R.
12	I.H.I.	Yokohama	56	2	Japan
13	Daewoo	Okpo	55	19	South Korea
14	Nantong Cosco KHI	Nantong	53	5	China P.R.
15	Tsuneishi Zhoushan	Zhoushan	53	0	China P.R.
16	STX Dalian	Dalian	51	-1	China P.R.
17	STX Shipbuild.	Jinhae	46	0	South Korea
18	Shanghai S.Y.	Shanghai	45	2	China P.R.
19	Hyundai H.I.	Ulsan	45	21	South Korea
20	Imabari S.B.	Marugame	45	16	Japan
21	COSCO Zhoushan	Zhoushan	43	0	China P.R.
22	Bohai Shipbld.	Huludao	38	0	China P.R.
23	Hyundai Mipo	Ulsan	36	0	South Korea
24	Iwagi Zosen	Iwagi	35	4	Japan
25	Qingshan Shipyard	Wuhan	32	0	China P.R.
26	Jinling Shipyard	Nanjing	32	0	China P.R.
27	Taizhou Sanfu	Taizhou	31	-1	China P.R.
28	Hashihama Zosen	Tadotsu	29	19	Japan
29	COSCO Guangdong	Guangzhou	27	0	China P.R.
30	Hyundai Vinashin	Nha Trang	26	-1	Vietnam

Handysize Bulker Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Imabari S.B.	Imabari	201	13	Japan
2	Hakodate Dock	Hakodate	154	10	Japan
3	Saiki Hvy. Ind.	Saiki	152	7	Japan
4	Kanda S.B. Co.	Kawajiri	135	7	Japan
5	Shin Kurushima	Onishi	90	19	Japan
6	Shin Kochi H.I.	Kochi City	87	12	Japan
7	Shikoku Dock.	Takamatsu	86	10	Japan
8	Varna Shipyard	Varna	73	27	Bulgaria
9	Imabari S.B.	Marugame	70	20	Japan
10	SPP Shipbuilding	Tongyoung	68	0	South Korea
11	Tianjin Xingang	Tianjin	61	9	China P.R.
12	Hyundai Mipo	Ulsan	57	0	South Korea
13	Kanasashi K.K.	Toyohashi	57	22	Japan
14	Hyundai H.I.	Ulsan	55	28	South Korea
15	Naikai S.B.	Setoda	47	16	Japan
16	Shimanami S.B.	Hakata	47	2	Japan
17	Oshima S.B. Co.	Oshima	46	17	Japan
18	Jiangmen Nanyang	Jiangmen	45	0	China P.R.
19	Tsuneishi Zosen	Numakuma	44	28	Japan
20	I.H.I.	Aioi	44	28	Japan
21	Jiangnan S.Y.	Shanghai	40	26	China P.R.
22	Stocz. Szczecin	Szczecin	39	22	Poland
23	Shanghai S.Y.	Shanghai	38	11	China P.R.
24	NKK Corp.	Shimizu	37	29	Japan
25	Osaka S.B. Co.	Osaka	36	31	Japan
26	Weihai Samjin	Weihai	36	0	China P.R.
27	Sasebo H.I.	Sasebo	34	27	Japan
28	Tsuji H.I.	Jiangsu	32	0	China P.R.
29	Minami Nippon	Shitanoe	31	28	Japan
30	Yamanishi Zosen	Ishinomaki	30	3	Japan

Post-Panamax Container Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Hyundai H.I.	Ulsan	285	4	South Korea
2	Samsung H.I.	Geoje	188	3	South Korea
3	Daewoo	Okpo	131	2	South Korea
4	Hyundai Samho	Samho	81	1	South Korea
5	Koyo Dock K.K.	Mihara	68	5	Japan
6	Odense Lindo	Lindo	61	8	Denmark
7	Hanjin H.I.	Busan	56	6	South Korea
8	I.H.I.	Kure	49	6	Japan
9	CSBC	Kaohsiung	44	2	Taiwan
10	Mitsubishi H.I.	Kobe	41	8	Japan
11	Hudong Zhonghua	Shanghai	28	2	China P.R.
12	Mitsubishi H.I.	Nagasaki	24	8	Japan
13	HHIC-Phil. Inc.	Subic Bay	16	-1	Philippines
14	Shanghai S.Y.	Shanghai	14	-2	China P.R.
15	Nantong Cosco KHI	Nantong	14	1	China P.R.
16	STX Shipbuild.	Jinhae	13	-1	South Korea
17	Sungdong S.B.	Tongyoung	13	-1	South Korea
18	Jiangnan Changxing	Changxing Island	13	-1	China P.R.
19	Daewoo- Mangalia	Mangalia	12	0	Romania
20	Kawasaki H.I.	Sakaide	11	12	Japan
21	HDW	Kiel	6	19	Germany
22	CSBC	Keelung	6	-2	Taiwan
23	Dalian Shipbuilding	Dalian	6	-1	China P.R.
24	SPP Plant & Shipbldg	Sacheon	4	-2	South Korea
25	Zhejiang Ouhua	Zhejiang	4	1	China P.R.
26	Jiangsu Rongsheng	Nantong	4	-1	China P.R.
27	Dalian New Yard	Dalian	4	7	China P.R.
28	Kv. Warnowwerft	Warnemunde	3	11	Germany
29	STX Dalian	Dalian	3	-2	China P.R.
30	Bremer Vulkan	Veogesack	2	23	Germany

Panamax Container Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Hyundai H.I.	Ulsan	166	8	South Korea
2	Samsung H.I.	Geoje	127	7	South Korea
3	Hanjin H.I.	Busan	97	7	South Korea
4	Daewoo	Okpo	67	11	South Korea
5	CSBC	Kaohsiung	56	11	Taiwan
6	Jiangsu New YZJ	Jingjiang	48	0	China P.R.
7	Hyundai Samho	Samho	47	4	South Korea
8	Dalian Shipbuilding	Dalian	39	3	China P.R.
9	Shanghai S.Y.	Shanghai	32	2	China P.R.
10	HDW	Kiel	31	16	Germany
11	Jiangnan Changxing	Changxing Island	25	0	China P.R.
12	Szczecin. Nowa	Szczecin	21	5	Poland
13	I.H.I.	Kure	21	18	Japan
14	Odense Lindo	Lindo	20	24	Denmark
15	Hyundai Mipo	Ulsan	19	3	South Korea
16	Mitsubishi H.I.	Kobe	18	13	Japan
17	Mitsubishi H.I.	Nagasaki	15	19	Japan
18	Volkswerft	Stralsund	14	6	Germany
19	Onomichi Dockyd	Onomichi	13	21	Japan
20	HHIC-Phil. Inc.	Subic Bay	12	1	Philippines
21	Daewoo- Mangalia	Mangalia	11	3	Romania
22	Zhejiang S.B.	Ningbo	10	2	China P.R.
23	Hudong Zhonghua	Shanghai	10	6	China P.R.
24	Dalian New Yard	Dalian	10	5	China P.R.
25	Kawasaki H.I.	Sakaide	9	16	Japan
26	Koyo Dock K.K.	Mihara	9	18	Japan
27	Imabari S.B.	Imabari	9	22	Japan
28	STX Shipbuild.	Jinhae	8	3	South Korea
29	Mitsui SB	Chiba	8	19	Japan
30	Shanghai Chengxi	Shanghai	7	4	China P.R.

Sub-Panamax Container Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Hyundai H.I.	Ulsan	73	14	South Korea
2	Hyundai Mipo	Ulsan	55	4	South Korea
3	Stocznia Gdynia	Gdynia	53	10	Poland
4	CSBC	Kaohsiung	52	18	Taiwan
5	Aker Ostsee	Wismar	44	5	Germany
6	Volkswerft	Stralsund	37	7	Germany
7	STX Shipbuild.	Jinhae	30	4	South Korea
8	Daewoo	Okpo	29	15	South Korea
9	Kv. Warnowwerft	Warnemunde	26	11	Germany
10	Jiangsu Yangzijiang	Jiangyin	23	1	China P.R.
11	HDW	Kiel	22	12	Germany
12	Aker MTW Werft	Wismar	22	9	Germany
13	Thyssen Nordsee	Emden	19	14	Germany
14	Flender Werft	Lubeck	18	20	Germany
15	Naikai S.B.	Setoda	18	5	Japan
16	Guangzhou Wenchong	Huangpu	15	-1	China P.R.
17	I.H.I.	Kure	14	27	Japan
18	Mitsubishi H.I.	Nagasaki	14	26	Japan
19	Samsung S.B.	Busan	13	22	South Korea
20	Tsuneishi Zosen	Numakuma	12	23	Japan
21	Naikai S.B.	Innoshima	11	1	Japan
22	Jurong Shipyard	Tanjong Kling	10	5	Singapore
23	Flensburger S.B	Flensburg	10	15	Germany
24	Jiangsu New YZJ	Jingjiang	10	2	China P.R.
25	Nordseewerke	Emden	9	4	Germany
26	Samsung H.I.	Geoje	9	12	South Korea
27	Xiamen S.B.	Xiamen	9	2	China P.R.
28	Zhejiang Yangfan	Zhoushan	8	2	China P.R.
29	Kawasaki H.I.	Sakaide	8	26	Japan
30	SSW Fahr	Bremerhaven	8	7	Germany

Handy Container Top Yards

Rank	Yard	Location	Number	Age	Country
1	Stocz. Szczecin	Szczecin	104	15	Poland
2	Guangzhou Wenchong	Huangpu	82	4	China P.R.
3	Imabari S.B.	Imabari	66	7	Japan
4	CSBC	Keelung	54	5	Taiwan
5	Peene Werft	Wolgast	49	5	Germany
6	Jinling Shipyard	Nanjing	40	4	China P.R.
7	Jiangsu Yangzijiang	Jiangyin	39	4	China P.R.
8	Shin Kurushima	Onishi	37	13	Japan
9	Dae Sun S.B.	Pusan	35	2	South Korea
10	Kv. Warnowwerft	Warnemunde	33	21	Germany
11	Sedef Gemi End.	Tuzla	30	5	Turkey
12	J. J. Sietas	Hamburg	29	9	Germany
13	Hyundai H.I.	Ulsan	26	21	South Korea
14	Zhejiang Ouhua	Zhejiang	26	2	China P.R.
15	Sainty (Jiangsu) SB	Jiangdu	25	0	China P.R.
16	Bremer Vulkan	Veegesack	24	23	Germany
17	Evergreen H.I.	Nagasaki	23	11	Japan
18	Kouan S.B.	Taizhou	23	2	China P.R.
19	Jiangdong Shipyard	Wuhu	22	3	China P.R.
20	Stocznia Gdansk	Gdansk	22	21	Poland
21	CSBC	Kaohsiung	22	15	Taiwan
22	Hanjin H.I.	Ulsan	21	11	South Korea
23	Stocznia Gdynia	Gdynia	21	13	Poland
24	HDW	Kiel	19	24	Germany
25	Thyssen Nordsee	Emden	19	18	Germany
26	Qingshan Shipyard	Wuhan	18	3	China P.R.
27	Hyundai Mipo	Ulsan	18	2	South Korea
28	Seebeckwerft	Bremerhaven	18	21	Germany
29	Mathias Thesen	Wismar	18	20	Germany
30	Meeres-Technik	Wismar	17	15	Germany

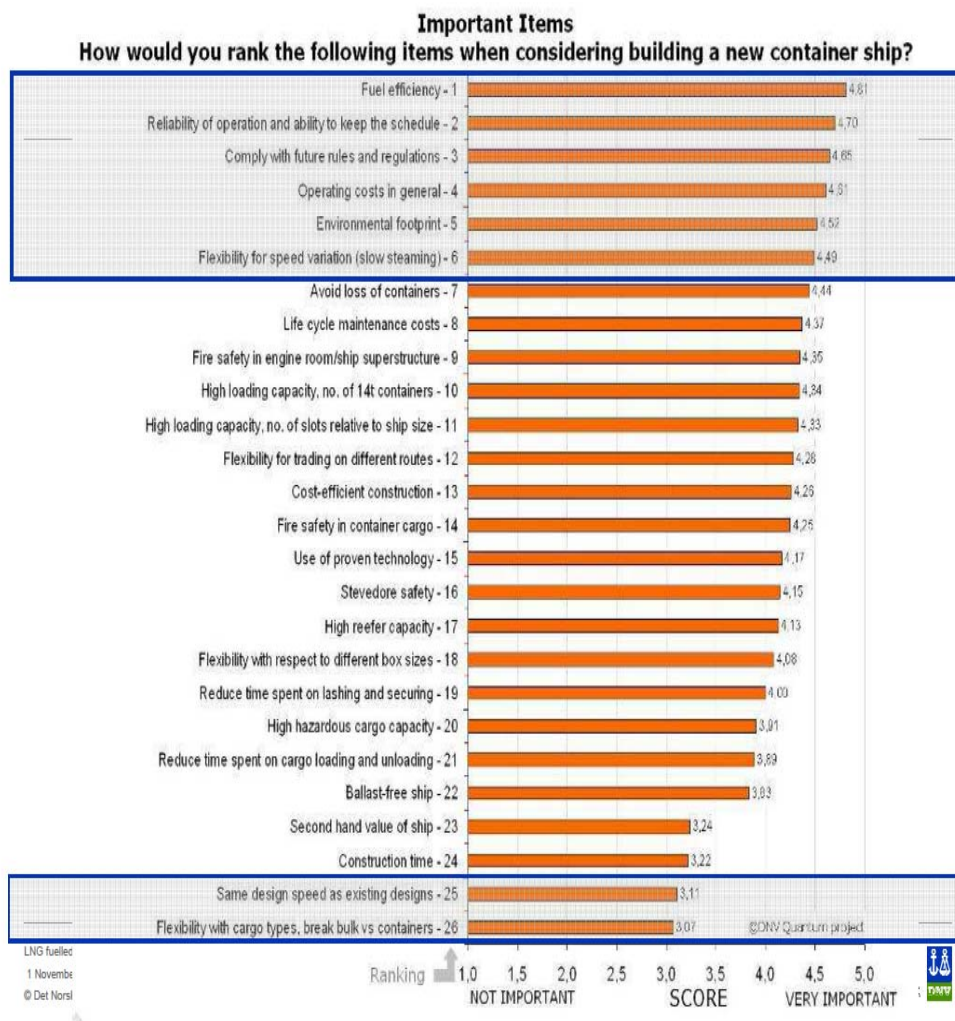
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΙΔΕΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ LNG FUELLED 9000ΤΕΥ CONTAINERSHIP



Οι αλλαγές στην παγκόσμια οικονομία, τα ολοένα αυξανόμενα κόστη των καυσίμων, οι διάφοροι νέοι κανονισμοί που θεσπίζονται με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και η γενικότερη αίσθηση και βούληση για λειτουργία της πάσης φύσης βιομηχανίας με τρόπο φιλικότερο προς το περιβάλλον έχουν επιφέρει αλλαγές και στον τρόπο που σχεδιάζονται τα newbuildings αλλά και στον τρόπο που τα λειτουργούν οι πλοιοκτήτες .

Σύμφωνα με ερωτηματολόγιο (βλέπε παρακάτω)

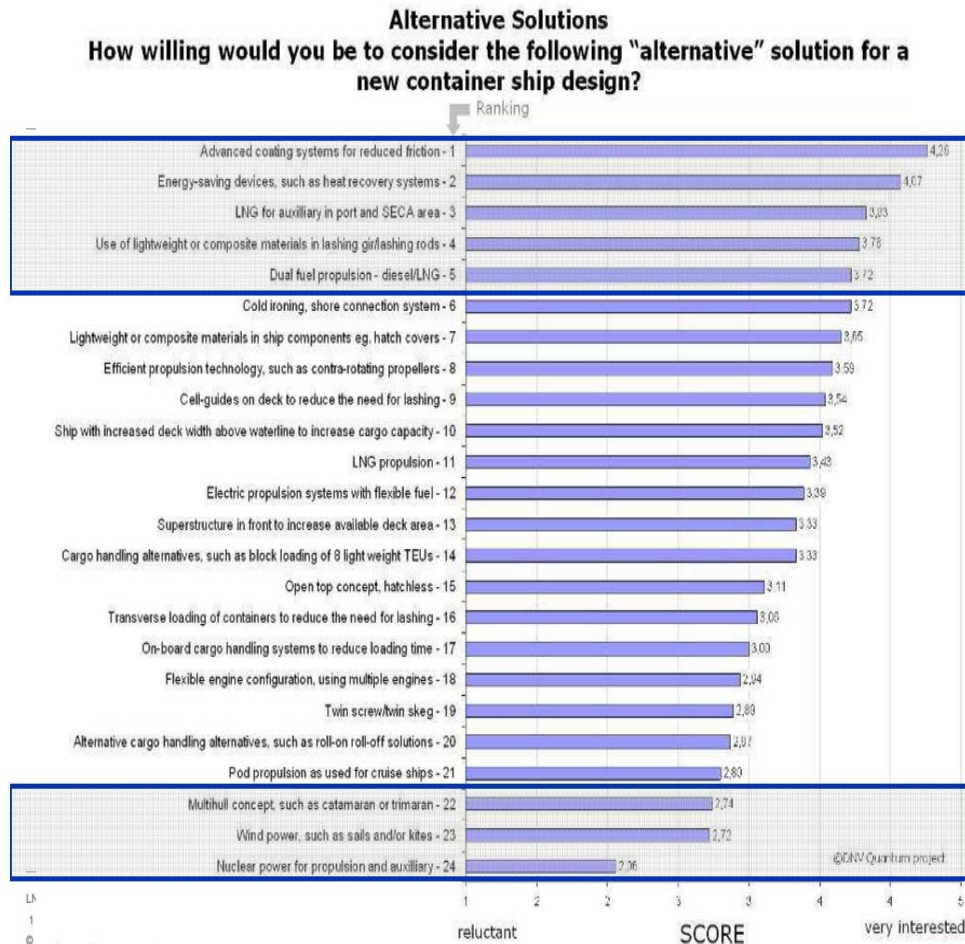


που απευθύνθηκε σε Πλοιοκτήτες containerships σχετικά με τα σπουδαιότερα θέματα που τους απασχολούν όταν πρόκειται να παραγγείλουν ένα πλοίο ευρέθηκαν ότι αυτά είναι:

☆ Η εξοικονόμηση καυσίμου

- ☆ Η λειτουργική αξιοπιστία και η ικανότητα του νέου πλοίου να παραμένει μέσα στο πρόγραμμα
- ☆ Η ταύτιση του νέου πλοίου με τους νέους κανονισμούς και διατάξεις που έρχονται να θεσπιστούν
- ☆ Το γενικότερο λειτουργικό κόστος
- ☆ Η συμπεριφορά του νέου πλοίου όσον αφορά τις περιβαλλοντολογικές επιδράσεις του
- ☆ Η δυνατότητα του νέου πλοίου να λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων (slow steaming)

Στην ερώτηση στους ίδιους πλοιοκλήτες (βλέπε ερωτηματολόγιο παρακάτω)



ποιά από τα νέα εναλλακτικά μέτρα θα εμisteυόντουσαν να ενσωματώσουν στις παραγγελίες των νέων πλοίων τους ευρέθηκαν ότι αυτά είναι:

- ☆ Προηγμένα συστήματα επίστρωσης της γάστρας για μειωμένη τριβή και επομένως αντίσταση
- ☆ Διάφορα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας όπως για παράδειγμα τα heat recovery systems
- ☆ Χρησιμοποίηση φυσικού αερίου ως καύσιμο μέσα στα λιμάνια και στις περιοχές SECA
- ☆ Χρήση ελαφρών υλικών για την κατασκευή διάφορων τμημάτων του πλοίου

- ☆ Κύριες μηχανές με δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου και πετρελαίου ως καύσιμο

Ανάλυση διαφορετικών στόλων με πλοία containership 9000 TEU διαφορετικών ταχυτήτων που εκτελούν συνολικά το ίδιο μεταφορικό έργο έδειξε πως τα συνολικά έξοδα λειτουργίας για στόλο με ταχύτητα υπηρεσίας τους 17 κόμβους είναι μικρότερα σε σύγκριση με αυτούς των 21 και 25 κόμβων.

	Cost (M\$) (Fuel Price 500\$/ton)		
	V=25 knots 6 ships	V=21 knots 7 ships	V=17 knots 8 ships
CapEx	54,3	61,0	67,0
OpEx	14,2	16,6	19,0
Fuel Cost	134,4	106,8	87,5
Total	203,0	184,4	173,5

Ενώ αν συνυπολογισθεί και το inventory cost συμφέρουσα είναι η ταχύτητα των 21 κόμβων.

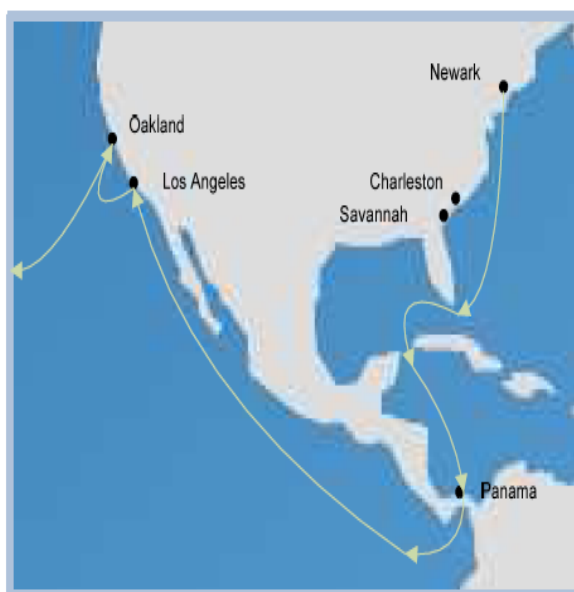
	Cost (M\$) (Fuel Price 500\$/ton)		
	V=25 knots 6 ships	V=21 knots 7 ships	V=17 knots 8 ships
CapEx	54,3	61,0	67,0
OpEx	14,2	16,6	19,0
Fuel Cost	134,4	106,8	87,5
InvEx	97,4	113,7	129,9
Total	300,4	298,1	303,4

Με βάση τα παραπάνω αναπτύχθηκε η ιδέα του Quantum 9000 TEU



Οι παράμετροι της σχεδίασης είναι :

DESIGN PARAMETER	TARGET VALUE
Container slots	9000 TEU
Design speed	V=22 knots
Limitations	Max B=49m, Max T=15.2m, Max height = 56m
Engine	Two-stroke gas engine (MAN MI-GI)



Δηλαδή η σχεδίαση ενός containership 9000 TEU με ταχύτητα υπηρεσίας 22 κόμβους υπό τους εξής περιορισμούς :

- ☆ Μέγιστο πλάτος $B=49\text{m}$
- ☆ Μέγιστο βύθισμα $T=15.2\text{m}$
- ☆ Μέγιστο ύψος $H=56\text{m}$

με προβλεπόμενη προωστήρια εγκατάσταση two-stroke gas engine (της σειράς MAN MI-GI).

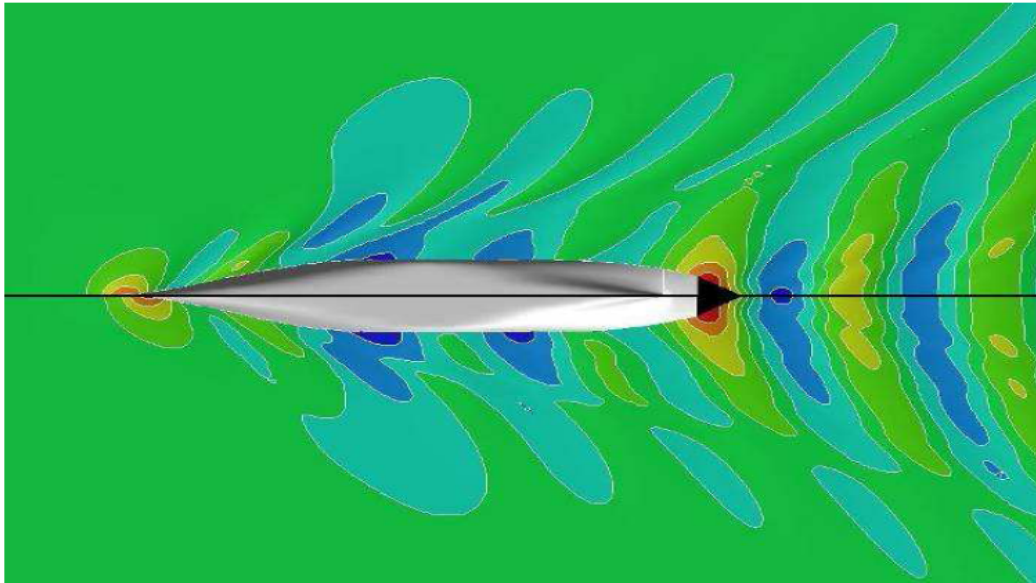
Οι παραπάνω περιορισμοί έχουν προκύψει από την προδιαγραφόμενη λειτουργία του πλοίου στην γραμμή που απεικονίζεται στην παραπάνω εικόνα.

Το προφίλ λειτουργίας του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου περιλαμβάνει επίσης χρόνο φορτοεκφόρτωσης τις 5.5 ημέρες και συνολικό χρόνο ταξιδιού τις 63 ημέρες (ή 9 εβδομάδες).

	ORIGIN	DESTINATION	ACCUMULATED			SAILING			LOADING/	REFUELING	WAITING	
			LEG TIME [days]	LEG TIME [days]	DISTANCES [nm]	10 [kn]	12 [kn]	21,5 [kn]	MANOEUVRING TIME [days]	UNLOADING TIME [days]		MDO/LNG [Days]
Leg 1	Kaohsiung	Hong Kong	1,75	2	342	0,2	0,0	1	0,08	0,7	0	0,21
Leg 2	Hong Kong	Shanghai	3,23	5	845	0,2	0,0	2	0,08	1,2	0	0,21
Leg 3	Shanghai	Yokohama	3,41	8	1036	0,2	0,0	2	0,08	1,0	0	0,25
Leg 4	Yokohama	Balboa, Panama	17,33	26	7687	0,1	0,0	15	0,08	0,2	1	1,13
Leg 5	Balboa, Panama	Cristobal, Panama	1,00	27	39	0,2	0,0	0	0,08	0,4	0	0,33
Leg 6	Cristobal, Panama	Savannah	3,87	31	1563	0,2	0,0	3	0,08	0,3	0	0,38
Leg 7	Savannah	Charleston	2,05	33	100	0,2	0,0	0	0,08	0,6	1	0,13
Leg 8	Charleston	Newark	2,23	35	629	0,2	0,0	1	0,08	0,7	0	0,13
Leg 9	Newark	Cristobal, Panama	4,90	40	1972	0,2	0,0	4	0,08	0,4	0	0,46
Leg 10	Cristobal, Panama	Balboa, Panama	0,92	41	39	0,2	0,0	0	0,08	0,3	0	0,33
Leg 11	Balboa, Panama	Los Angeles	6,85	48	2912	0,0	0,1	6	0,08	0,4	0	0,67
Leg 12	Los Angeles	Oakland	1,70	49	375	0,0	0,1	1	0,08	0,6	0	0,21
Leg 13	Oakland	Kaohsiung	13,79	63	6200	0,1	0,1	12	0,08	0,5	0	1,13
			WEEKS:	9	DAYS:	1,66	0,3	45,1	1,1	7,4	2,0	5,5

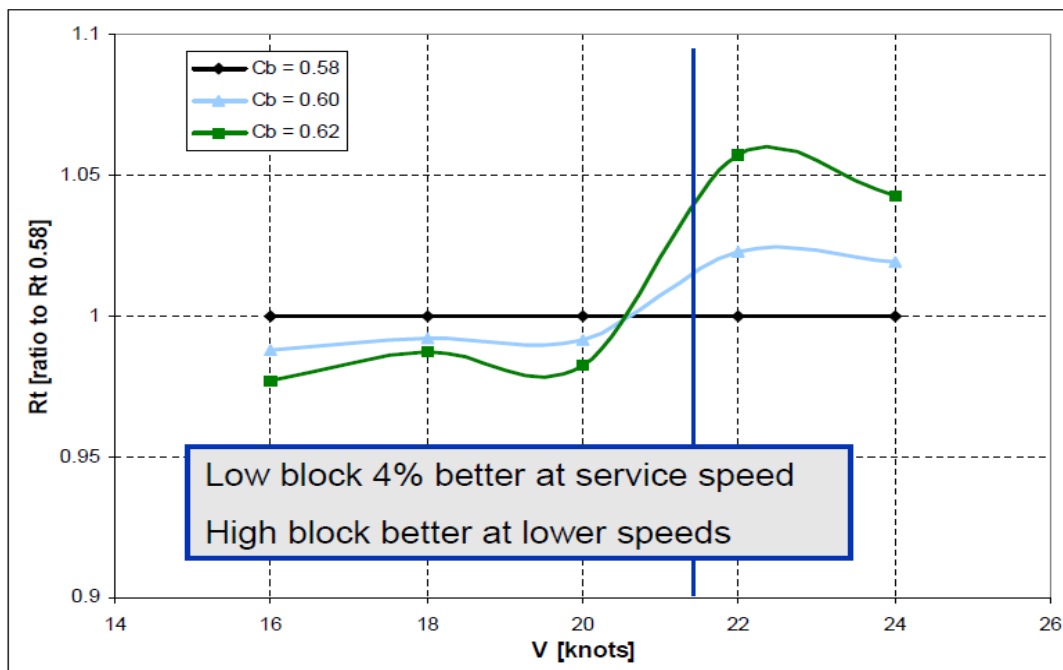
Αρχικά στον σχεδιασμό των κυρίων διαστάσεων του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου με σκοπό την βελτιστοποίηση του όσον αφορά τον δείκτη EEDI θα ασχοληθούμε με τον συντελεστή C_b .

Παρακάτω απεικονίζονται τα υπολογιζόμενα κυματολογικά ίχνη που θα έχει το νεοσχεδιαζόμενο πλοίο κατά την κίνηση του με ταχύτητα 22 κόμβων με συντελεστή $C_b = 0.58$ στην επάνω απεικόνιση και συντελεστή $C_b = 0.6$ στην κάτω απεικόνιση.



Wave pattern at 22 knots: $C_b=0.58$ (Top) vs Hull with $C_b=0.6$ (Bottom)

Στην παρακάτω ανάλυση γίνονται υπολογισμοί όσον αφορά στην αντίσταση του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου για συντελεστές C_b που κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 0.58 και 0.62.

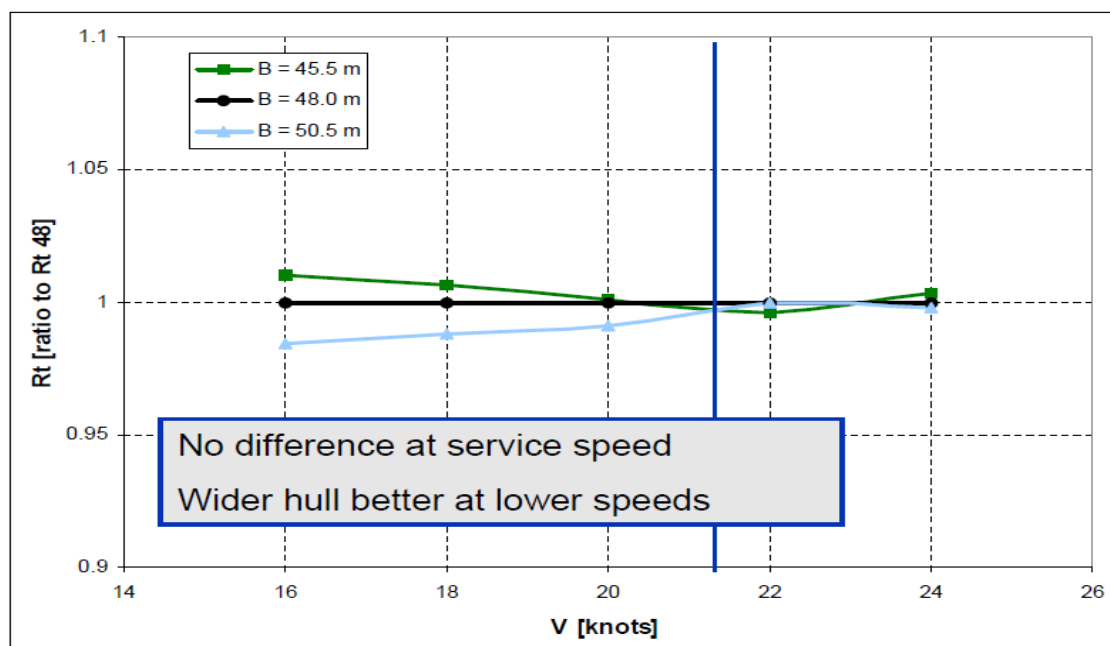


Παρατηρούμε πως βέλτιστη αντίσταση παρουσιάζεται κατά την κίνηση του πλοίου στην ταχύτητα υπηρεσίας 22 κόμβων με $C_b = 0.58$ όπου η γάστρα του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου είναι λιγότερο 'γεμάτη' αφού έχει μικρότερο συντελεστή C_b .

Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζει μια απόκλιση 4 % από την αντίσταση που θα είχε το νεοσχεδιαζόμενο πλοίο σε $C_b = 0.62$. Παρ' όλα αυτά παρατηρούμε ακόμα πως για λειτουργία του συγκεκριμένου πλοίου σε χαμηλότερες ταχύτητες από αυτήν της υπηρεσίας βέλτιστοι είναι μεγαλύτεροι συντελεστές C_b .

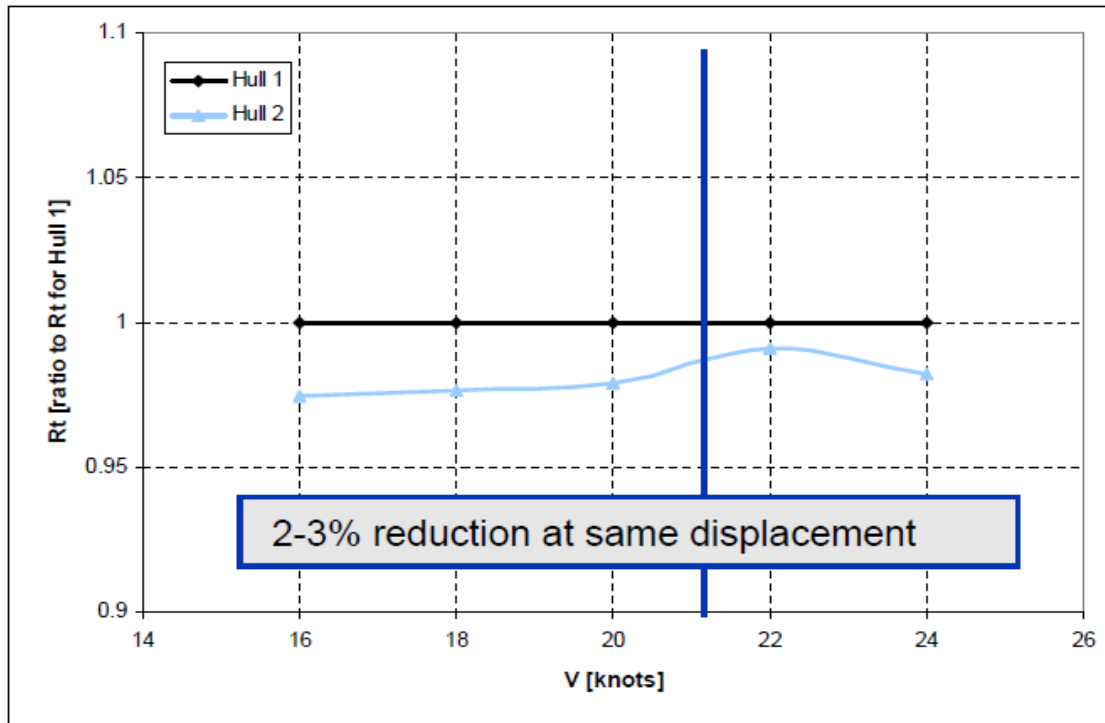
Επόμενο βήμα στην εκλογή των κυρίων διαστάσεων του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου είναι ο καθορισμός του πλάτους B . Με αρχική τιμή τα 45.5 μέτρα εκλέγουμε και τις επόμενες πιθανές τιμές που είναι τα 48 μέτρα και τα 50.5 μέτρα (η διαφορά των τιμών είναι σταθερή και ίση με 2.5 μέτρα και αυτό συμβαίνει διότι πρόκειται για πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και μικρότερες διαφορές στις πιθανές τιμές όσον αφορά στο πλάτος δεν θα είχαν κάποια πρακτική σημασία λόγω του προκαθορισμένου μεγέθους των εμπορευματοκιβωτίων).

Το παρακάτω διάγραμμα αντίστασης – ταχύτητας απεικονίζει τις αλλαγές στην αντίσταση οι οποίες προκαλούνται από το διαφορετικό πλάτος. Όπως παρατηρούμε σημαντικές αλλαγές στην αντίσταση δεν προκαλούνται κατά την μεταβολή του πλάτους από 45.5 έως 50.5 μέτρα.



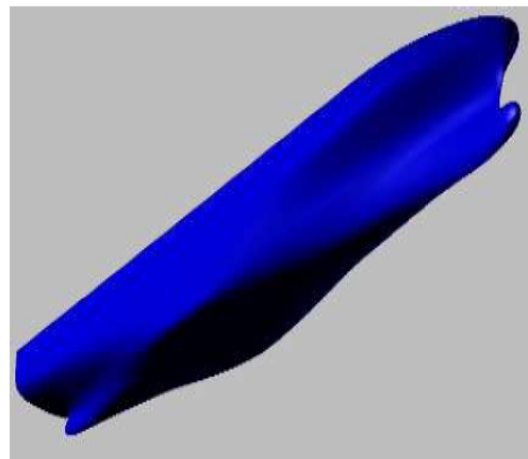
Τέλος αν συμπεριλάβουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, δηλαδή $C_b = 0.58$, πλάτος $B = 48$ μέτρα στην ταχύτητα υπηρεσίας 22 κόμβων παρατηρούμε πως βέλτιστο για τη συνολική διαμόρφωση της γάστρας όσον αφορά στην βελτιστοποίηση της αντίστασης είναι κατά το δυνατόν μικρότερο μήκος, το οποίο

οδηγεί σε μια μείωση της αντίστασης της τάξης του 2-3% (αναφερόμαστε φυσικά σε ίδιο συνολικά εκτόπισμα).

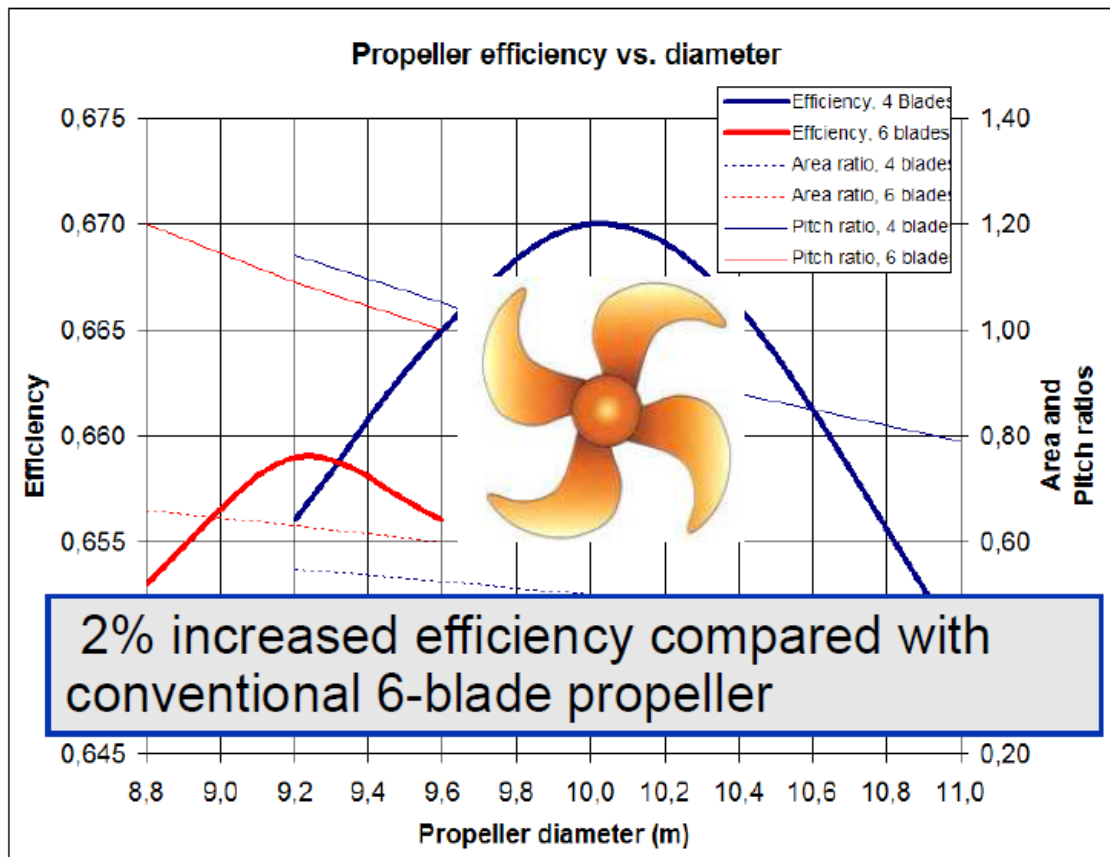


Συνολικά επομένως η εκλογή των κυρίων διαστάσεων και η συνολική διαμόρφωση της γάστρας αναγράφεται στον πίνακα που ακολουθεί .

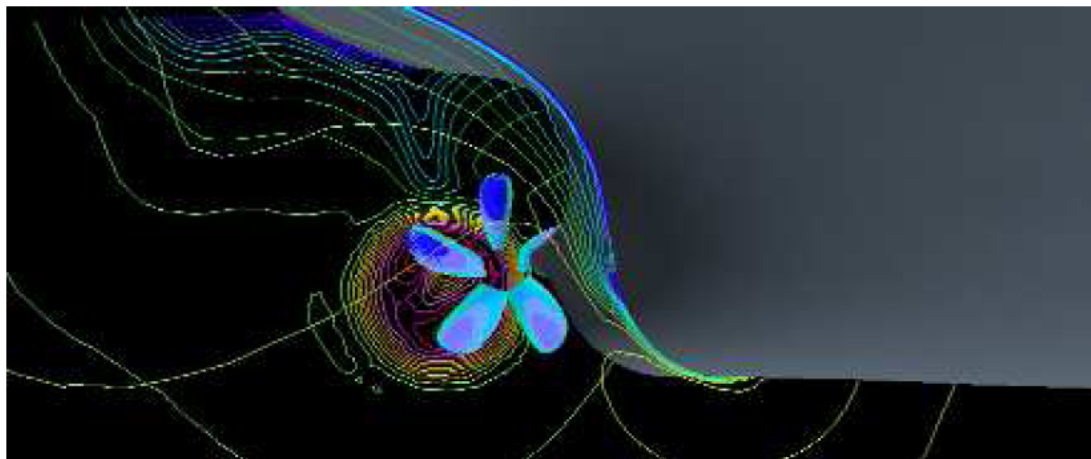
Hull parameter	Design value
Length, overall	$L_{oa}=314.2\text{m}$
Breadth	$B=48\text{m}$
Design draft	$D_d=13.5\text{m}$
Scantling draft	$D_{sc}=15.0\text{m}$
Deadweight, design	$DW_d=81155\text{ tons}$
Deadweight, scantling	$DW_d=98618\text{ tons}$
Block coefficient, design	$C_b=0.58$
Block coefficient, scantling	$C_b=0.59$

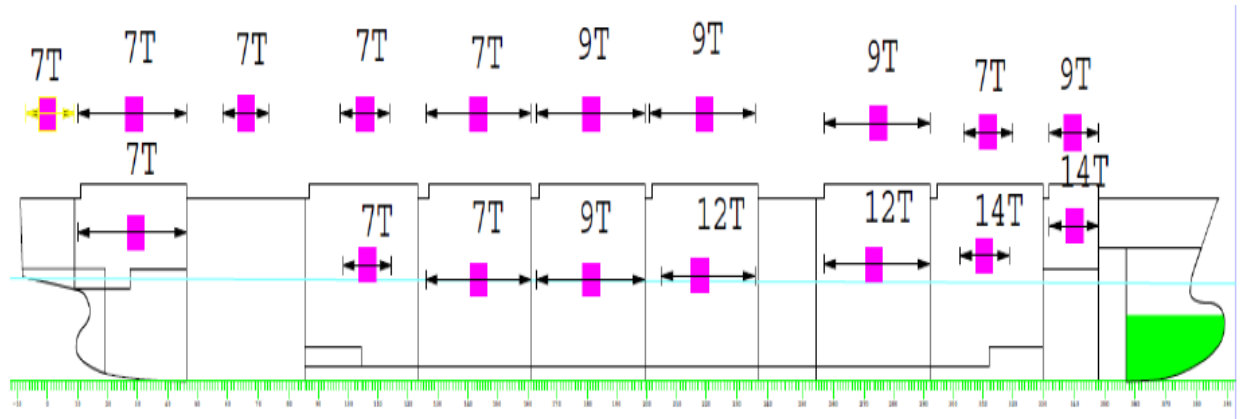


Εν συνεχεία περνάμε στον σχεδιασμό της προπέλας. Για το συγκεκριμένο πλοίο η σχεδιαζόμενη προπέλα μπορεί να έχει 4 ή 6 πτερύγια. Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα 2% αυξημένη απόδοση παρουσιάζει η προπέλα με τα 4 πτερύγια έναντι εκείνης με τα 6 πτερύγια.

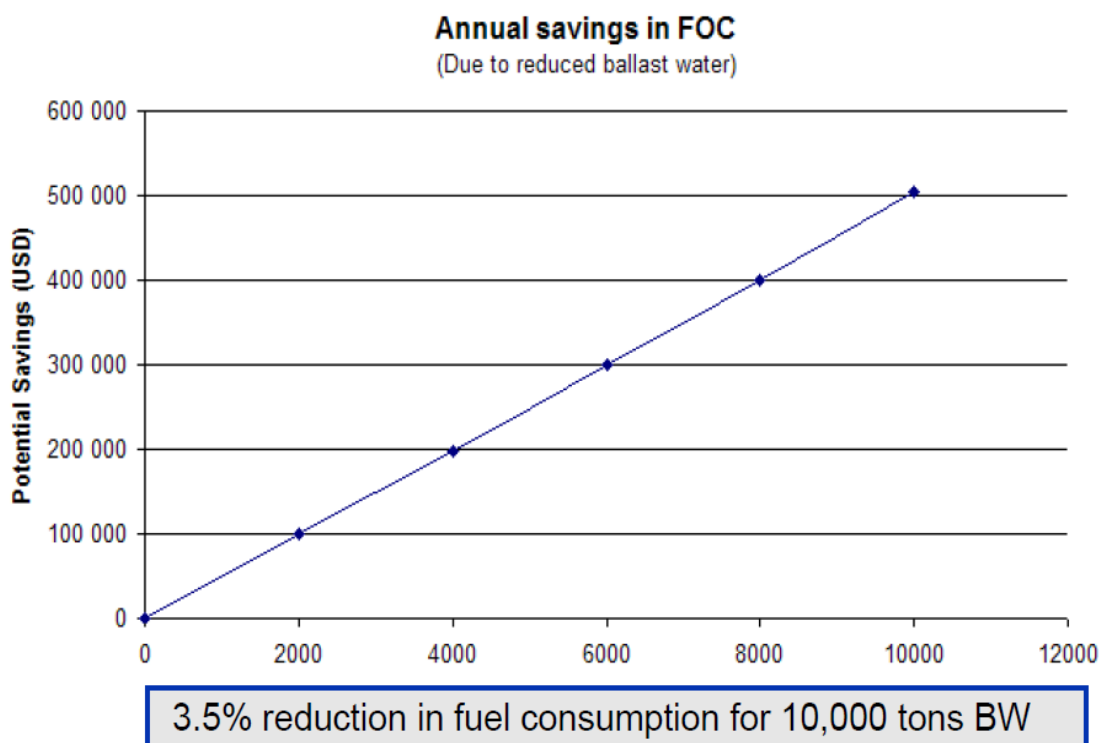


Περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης της τετράπτερης έλικας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του συστήματος CFD όπως φαίνεται στην παρακάτω απεικόνιση.

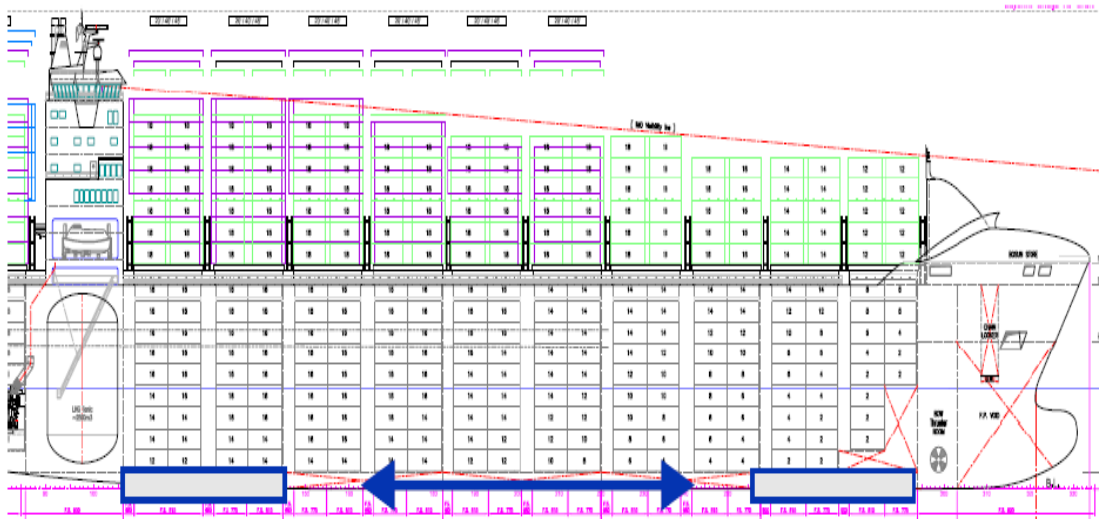




Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται αναλυτικά το ετήσιο κέρδος που θα έχει ο πλοιοκτήτης σε USD ανά τόνο σε Ballast Water (έρματος). Πιο συγκεκριμένα για 10000 τόνους έρματος προκύπτει μια μείωση 3.5% στην κατανάλωση καυσίμου, πρόκειται δηλαδή για σημαντικότερη μείωση στην συνολική κατανάλωση καυσίμου που αντιστοιχεί και σε σημαντική μείωση του συντελεστή EEDI.



Ένας δεύτερος τρόπος περιορισμού του έρματος θα ήταν η μόνιμη αποθήκευση του σε κάποιες δεξαμενές και η μεταφορά του μεταξύ αυτών κατά τη διάρκεια του ταξιδιού από δεξαμενή σε δεξαμενή με στόχο την μεταβολή της διαγωγής προς την επιθυμητή κάθε φορά κατεύθυνση. Αλλαγή του έρματος θα μπορεί να γίνεται μόνο κατά την διάρκεια του δεξαμενισμού.



Περαιτέρω μείωση στο συνολικό βάρος της κατασκευής του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου θα μπορούσε να επιτευχθεί με χρήση ελαφρών υλικών με προφανή στόχο την μείωση της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου και άρα αντίστοιχη μείωση στις εκπομπές ρύπων από το πλοίο.

Η τάση τη σημερινή περίοδο είναι ολοένα αυξανόμενη χρήση ελαφρών υλικών σε διάφορες εφαρμογές που η σημερινή τεχνολογία και τεχνογνωσία επιτρέπει με αποτέλεσμα την αύξηση της ολικής χωρητικότητας του πλοίου και την βελτίωση της ευστάθειας του.

Μέχρι σήμερα τέτοια χρήση ελαφρών υλικών γίνεται κυρίως στις υπερκατασκευές των νεοσχεδιαζόμενων πλοίων αλλά και στα καπάκια των αμπαριών.

Μια περαιτέρω χρήση τέτοιων υλικών θα μπορούσε να επιφέρει μια συνολική μείωση στο συνολικό βάρος του νεοσχεδιαζόμενου πλοίου από 30-70% με αντίστοιχη μείωση 0.5-3.5% στην κατανάλωση καυσίμου, πρόκειται δηλαδή για σημαντικότερη μείωση στην συνολική κατανάλωση καυσίμου που αντιστοιχεί και σε σημαντική μείωση του συντελεστή EEDI.

Βέβαια μια τέτοια πράξη θα είχε και άλλα θετικά αποτελέσματα όπως τα μικρότερα κόστη συντήρησης του πλοίου λόγω μειωμένης καταπόνησης της γάστρας λόγω του μειωμένου πλέον βάρους.

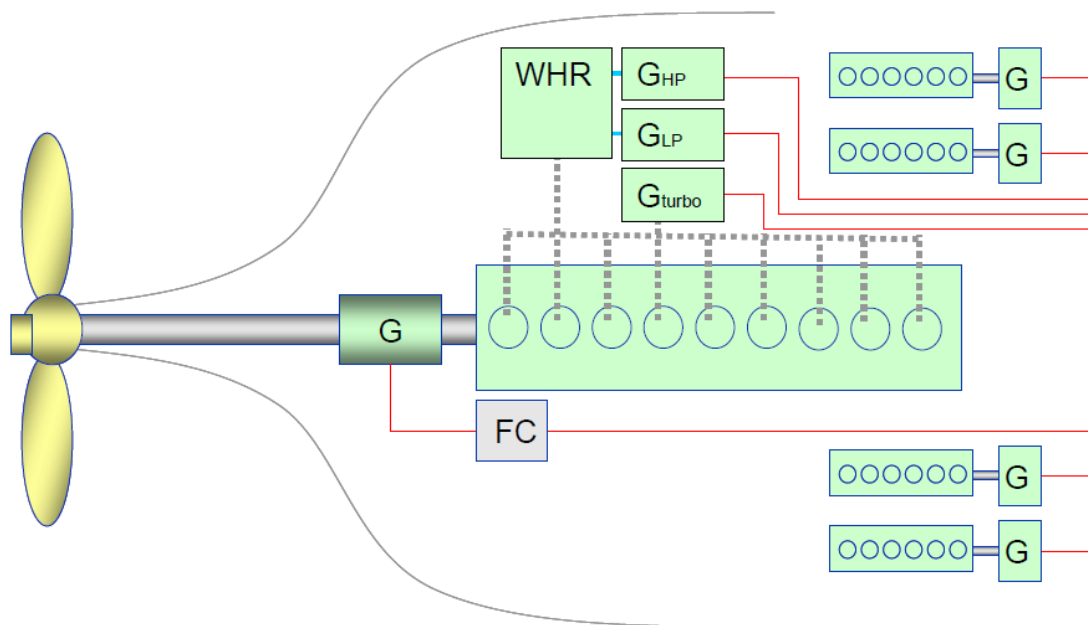


Μια τέτοια εφαρμογή στα καπάκια των αμπαριών (hatch covers) θα μπορούσε να επιφέρει μια ολική μείωση έως και 50% στο ολικό τους βάρος που για ένα τέτοιου μεγέθους νεοσχεδιαζόμενο πλοίο θα ήταν 1320 τόννοι και θα μπορούσε να φτάσει τους 660 τόννους.



Σχετικά με την κύρια μηχανή.

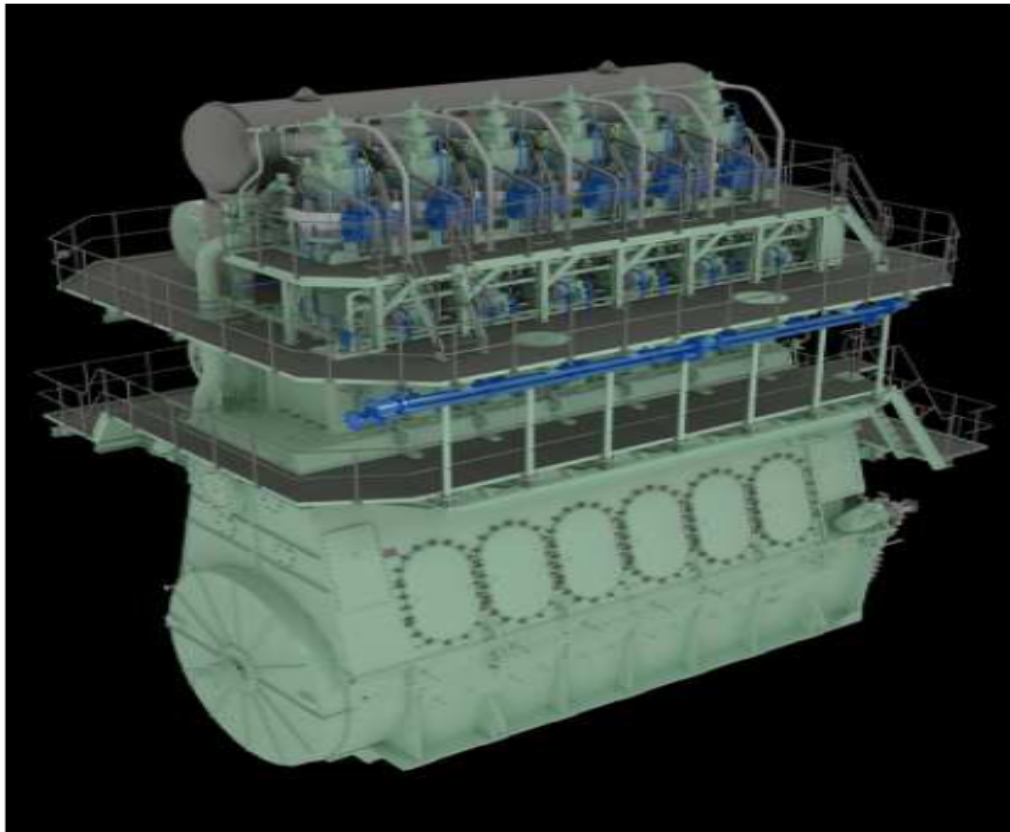
Ένα τυπικό διάγραμμα της κύριας μηχανής μαζί με τις βοηθητικές μηχανές φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



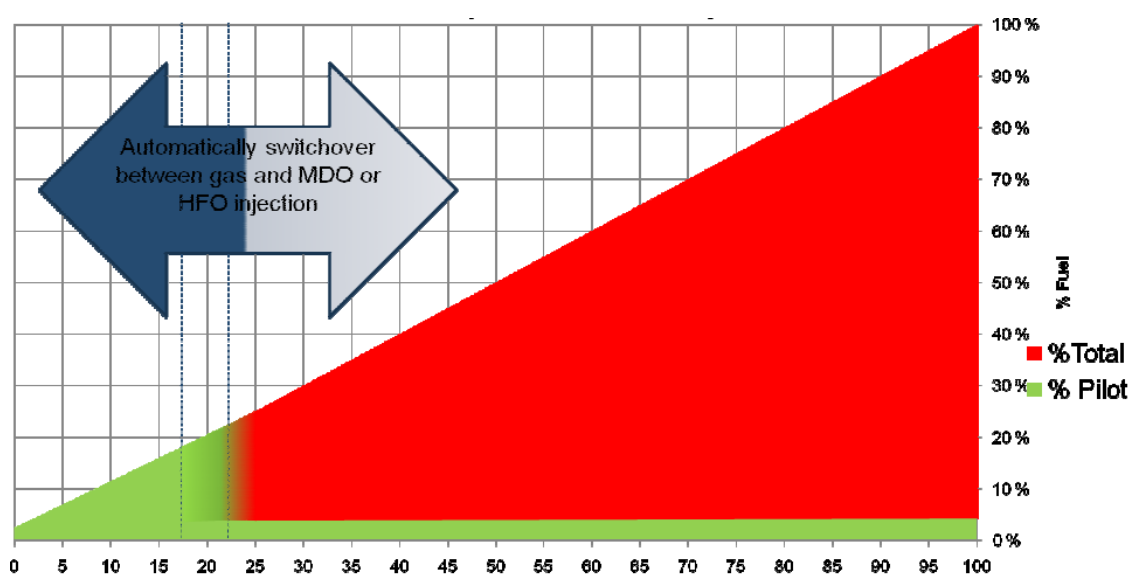
Ως κύρια μηχανή έχει επιλεγεί η 9S80ME-C92-GI της νέας σειράς της MAN ME-GI.

Το MCR της κύριας μηχανής είναι 40598 KW.

Η κύρια αυτή μηχανή επιλέχθηκε λόγω της δυνατότητας να δουλεύει αποδοτικά και με μικρή κατανάλωση καυσίμου, ενώ παρουσιάζει ακόμα υψηλή αξιοπιστία και δυνατότητα να καταναλώνει διαφορετικού είδους καύσιμα.

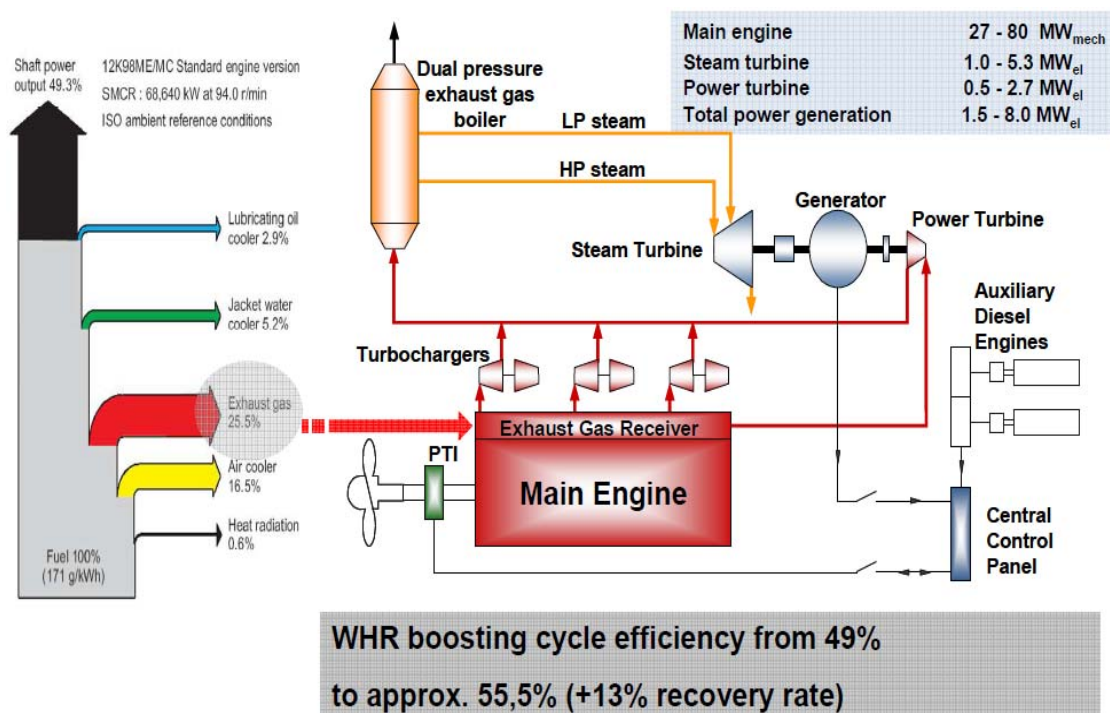


Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα που απεικονίζει την επί τοις εκατό κατανάλωση του καυσίμου σε σχέση με την επί τοις εκατό φόρτιση της μηχανής ως προς το MCR .

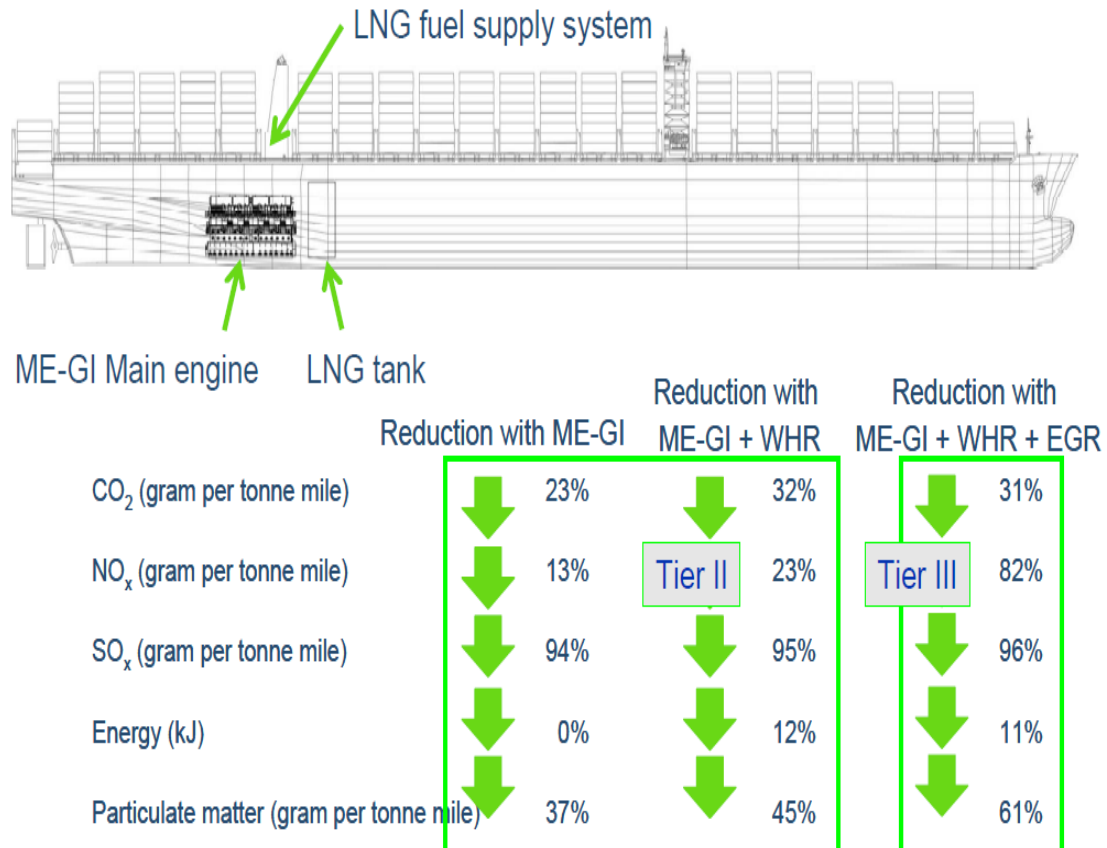


Το νεοσχεδιαζόμενο πλοίο θα μπορούσε να εφοδιαστεί επίσης με το σύστημα ανάκτησης θερμικής ενέργειας καυσαερίων (που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα), σύμφωνα με το οποίο θα είχαμε μια αύξηση της τάξης του 6.5% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εκμετάλλευση της θερμότητας που εκπέμπει η κύρια μηχανή (waste heat recovery).

Με την εφαρμογή επομένως του παρακάτω συστήματος θα μπορούσαν να καλυφθούν οι ανάγκες του νεοσχεδιασθέντος πλοίου σε ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια του ταξιδιού από την λειτουργία της κύριας μηχανής.



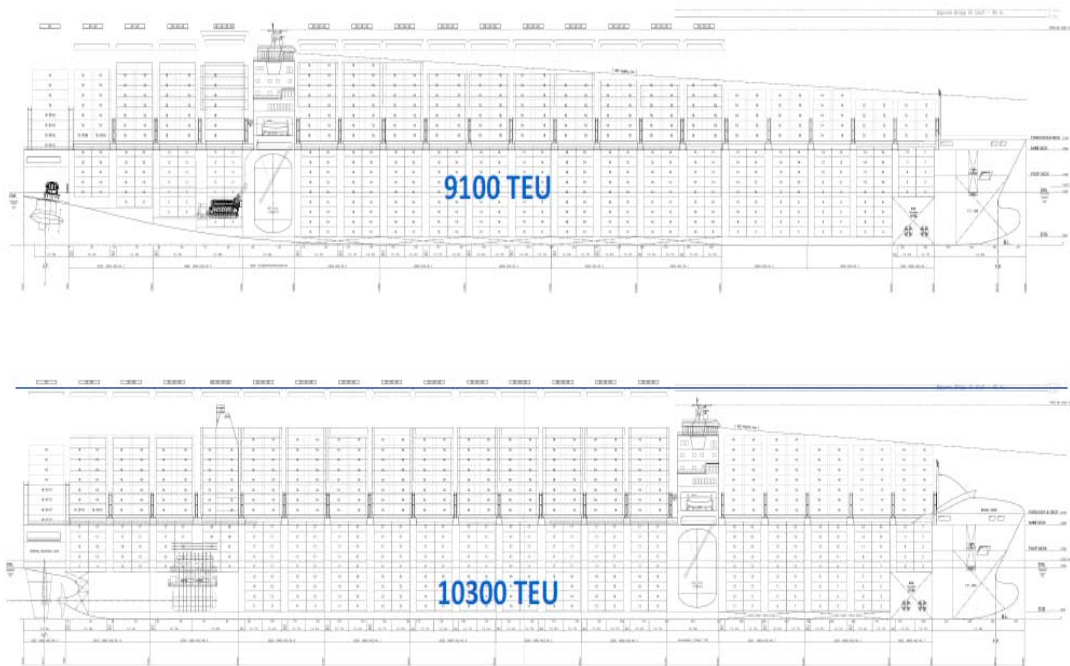
Όσον αφορά τις εκπομπές των διάφορων αερίων από την κύρια μηχανή αυτές αναγράφονται πιο συγκεκριμένα στον παρακάτω πίνακα .



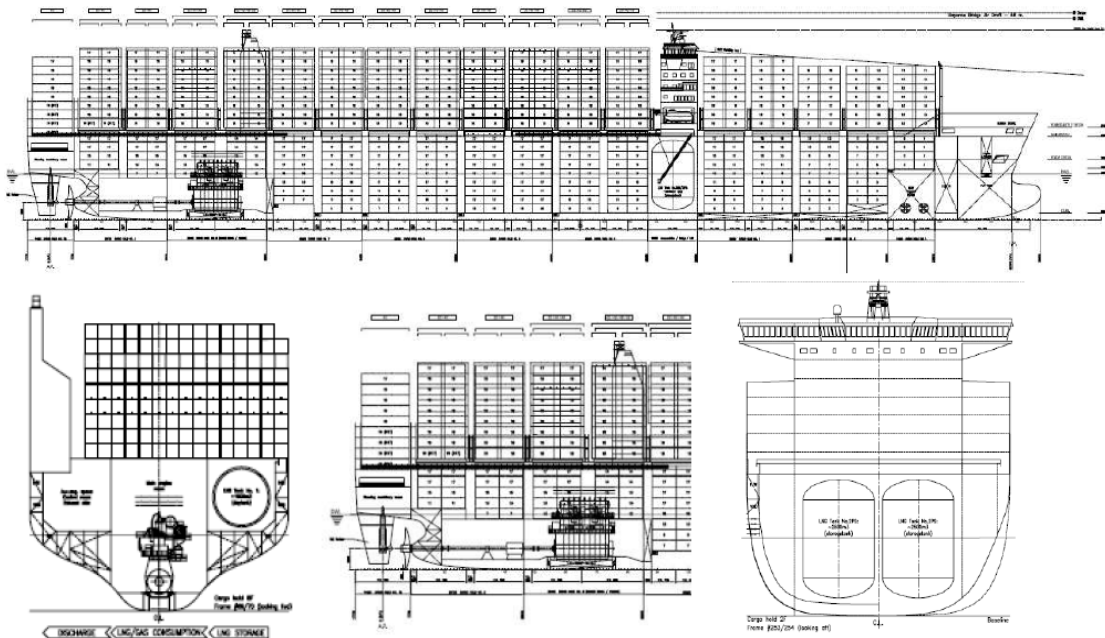
Σημαντικά οφέλη μπορούν επίσης να προκύψουν από τον σχεδιασμό του πλοίου με τον τρόπο που αυτός φαίνεται στο παρακάτω σχήμα έναντι του συνήθους σχεδιασμού όπου οι υπερκατασκευές βρίσκονται στο πίσω μέρος του πλοίου.

Όπως παρατηρούμε με τον νέο αυτό σχεδιασμό η χωρητικότητα του εν λόγω πλοίου μπορεί να αυξηθεί από 9100 TEU σε 10300 TEU χωρίς να μεταβληθεί τίποτα άλλο στο πλοίο πέρα από τη θέση των υπερκατασκευών.

Έχουμε δηλαδή μια αύξηση της ολικής χωρητικότητας κατά 10 – 13 %.



Παρακάτω παρατίθεται και το σχετικό σχέδιο γενικής διάταξης .



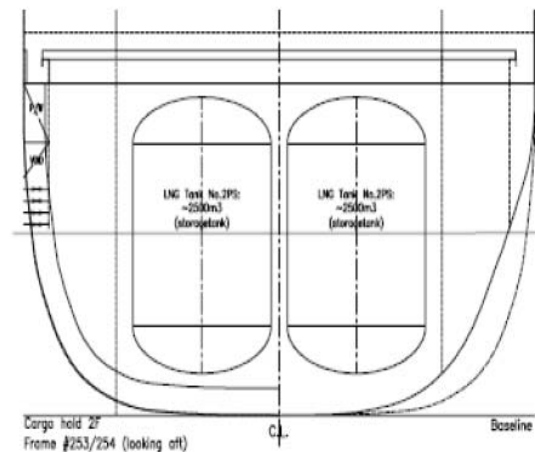
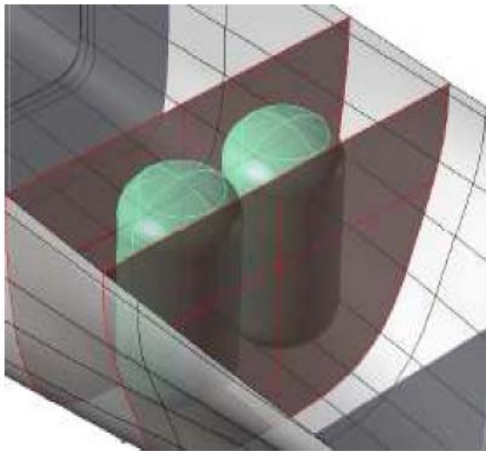
Ένα τέτοιο εγχείρημα θα είχε τα εξής πλεονεκτήματα :

- ☆ μεγιστοποίηση της μεταφορικής ικανότητας
- ☆ επίτευξη καλύτερης άνεσης για τα πληρώματα λόγω χαμηλότερων επιπέδων δόνησης
- ☆ ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων των καλυμμάτων των αμπαριών δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η περιοχή της πρύμνης για LNG δεξαμενές

Θα είχε όμως και τα εξής μειονεκτήματα :

- ☆ αυξανόμενο κόστος κατασκευής υπερκατασκευών
- ☆ λειτουργικές προκλήσεις
- ☆ υψηλότερες σειρές άρα λιγότερη σταθερότητα

Δεξαμενές αποθήκευσης φυσικού αερίου.





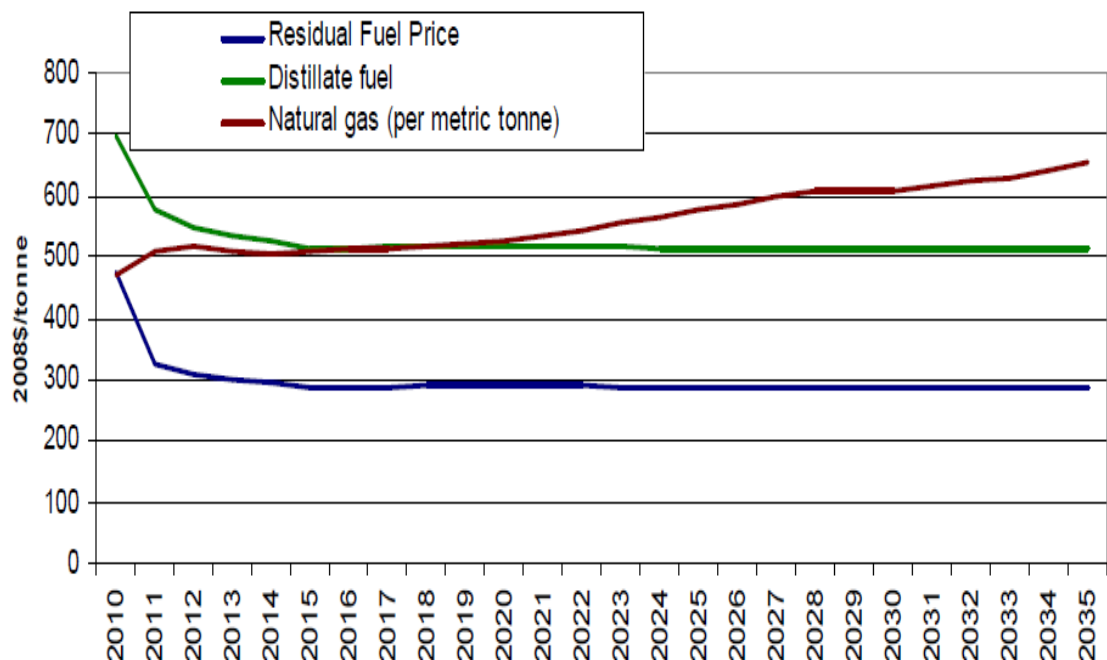
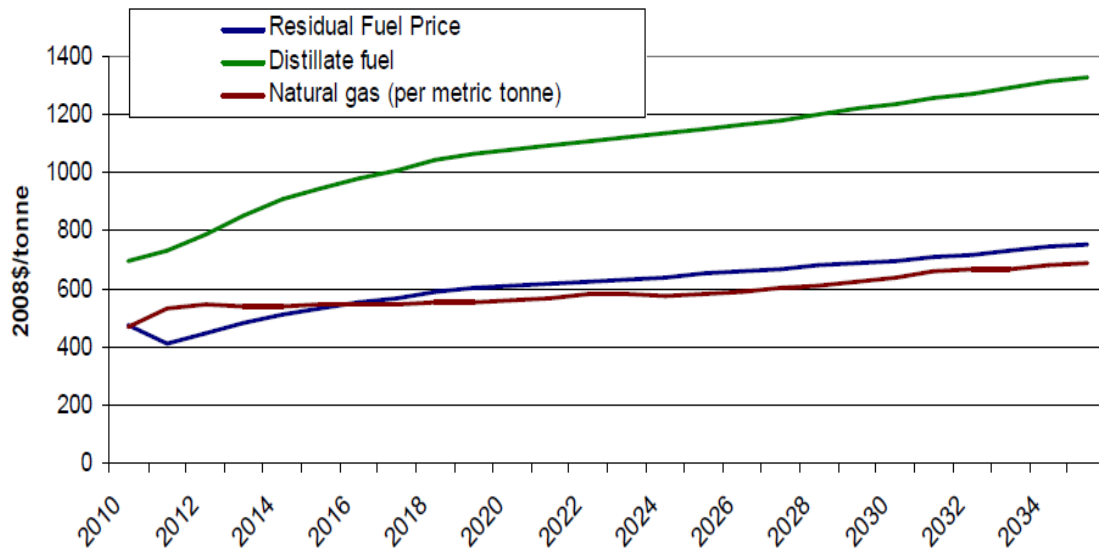
Πλεονεκτήματα:

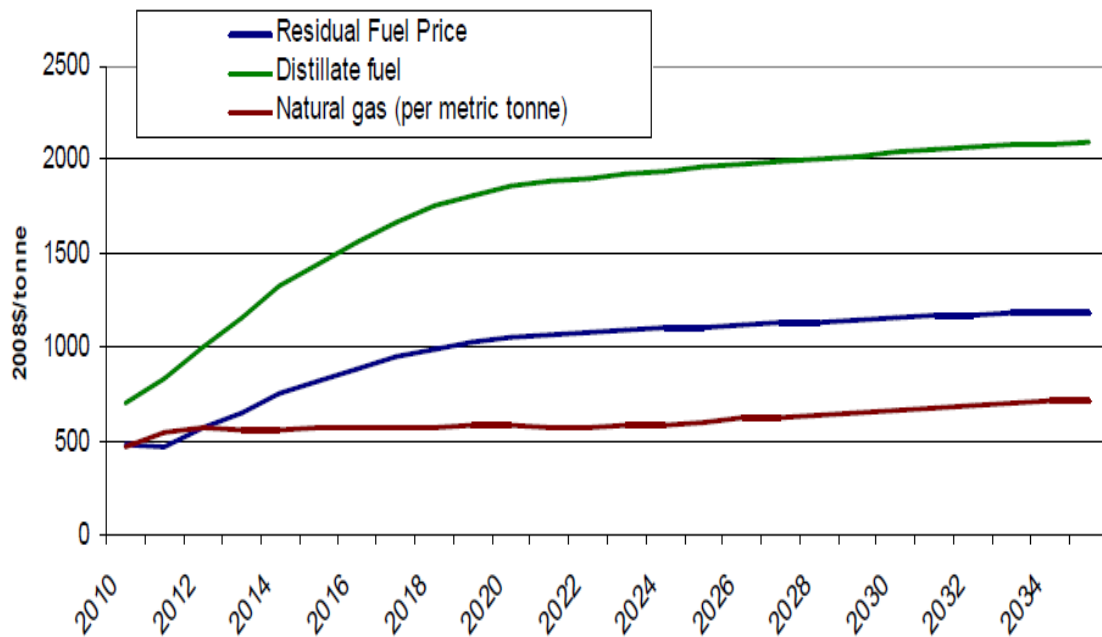
- ☆ Τυποποιημένες δεξαμενές, μακροχρόνια εμπειρία
- ☆ Πίεση που ενισχύεται σε περίπτωση μηδενικής κατανάλωσης
- ☆ Υψηλά ποσοστά bunkering
- ☆ Εύκολη εγκατάσταση

Μειονεκτήματα:

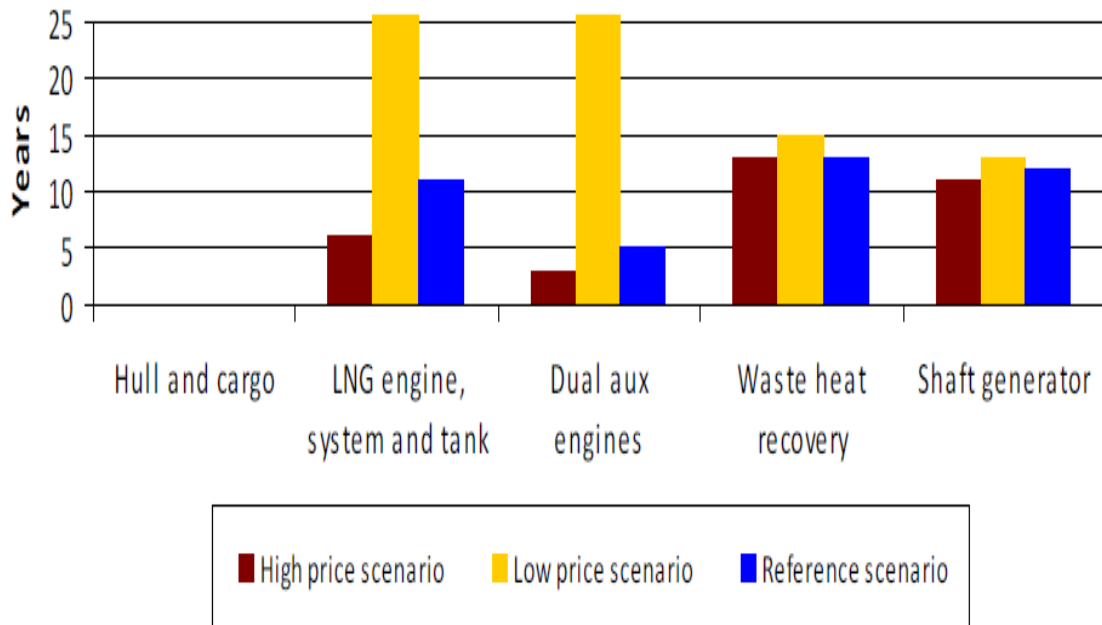
- ☆ Απαιτήσεις σε χώρο

Εν συνεχεία παρουσιάζονται τα μελλοντικά σενάρια πρόβλεψης των τιμών για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Παρουσιάζονται τρία σενάρια, αρχικά το σενάριο με τις μέσες προβλεπόμενες τιμές, εν συνεχεία το σενάριο με τις κατώτατες προβλεπόμενες τιμές και τέλος το σενάριο με τις ανώτατες προβλεπόμενες τιμές.

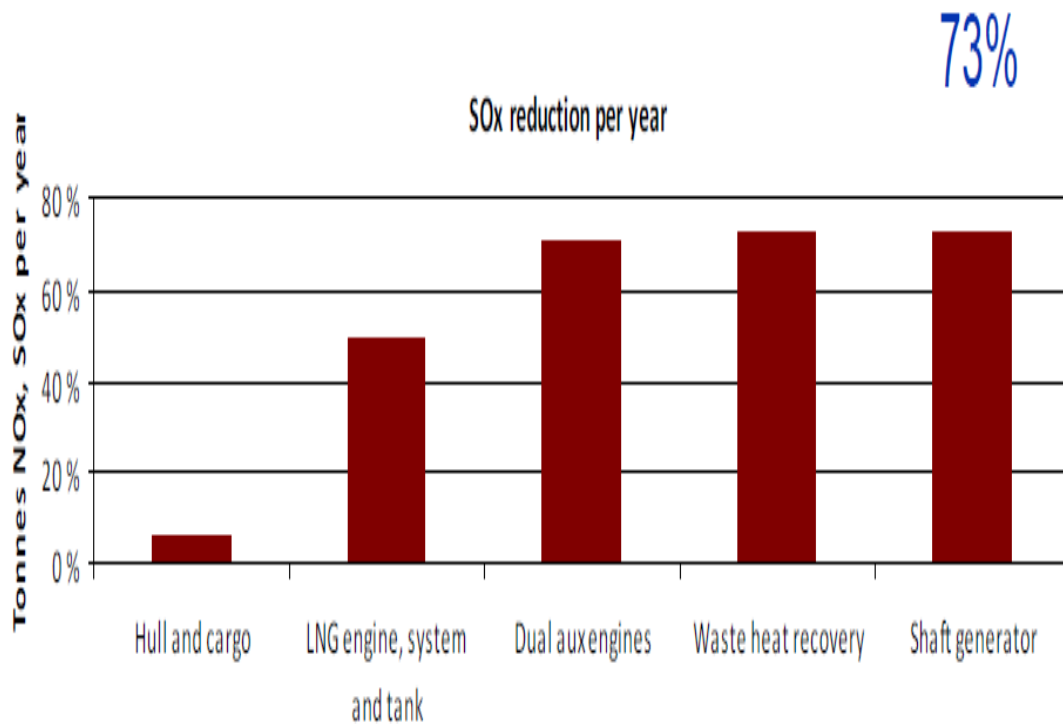




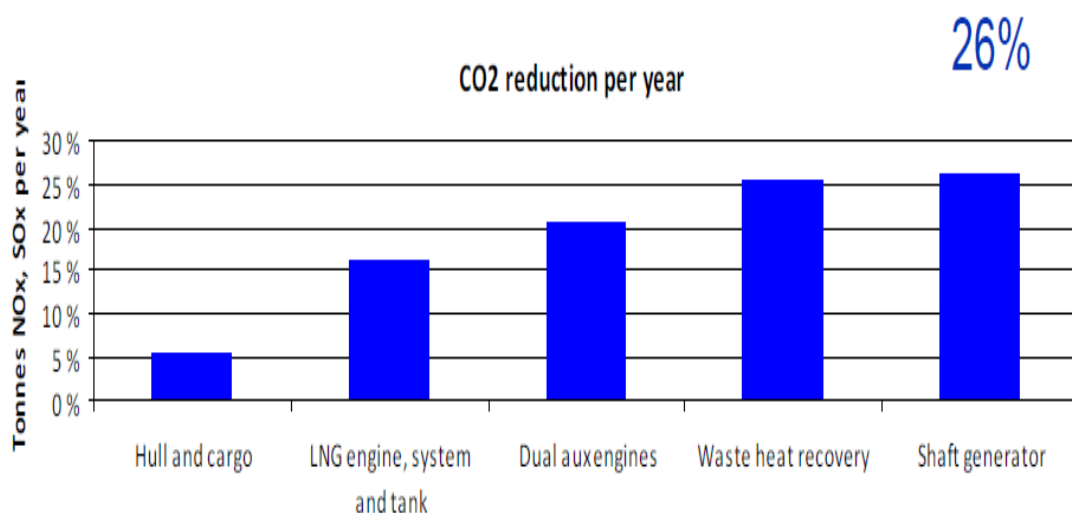
Σχηματικά αναπαρίστανται ακόμα τα σενάρια ανταπόδοσης της αξίας της επένδυσης σχετικά με τα τρία σενάρια διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.



Ακόμα παρατηρούμε στο παρακάτω σχήμα τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών σε SOx για κάθε διαφορετική επένδυση επάνω στο νεοσχεδιαζόμενο πλοίο, μια μείωση η οποία αγγίζει το 73% ετησίως.



Επίσης παρατηρούμε στο παρακάτω σχήμα τα ποσοστά μείωσης των εκπομπών σε CO2 για κάθε διαφορετική επένδυση επάνω στο νεοσχεδιαζόμενο πλοίο, μια μείωση η οποία αγγίζει το 26% ετησίως.



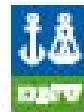
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΙΔΕΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ VLCC



Triality

Taking the environmental and economic performance of VLCCs a great step forward



MANAGING RISK

ΕΝΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ VLCC ΕΙΝΑΙ ΗΔΗ ΕΝΑ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.

Η ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΗ ΑΠΟΔΕΙΚΝΥΕΙ ΟΤΙ Η ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΥΤΗ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΒΕΛΤΙΩΘΕΙ ΑΚΟΜΗ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ.

To Triality VLCC

Αποτελεί μία καινοτομία που αποσκοπεί σε τρεις στόχους.

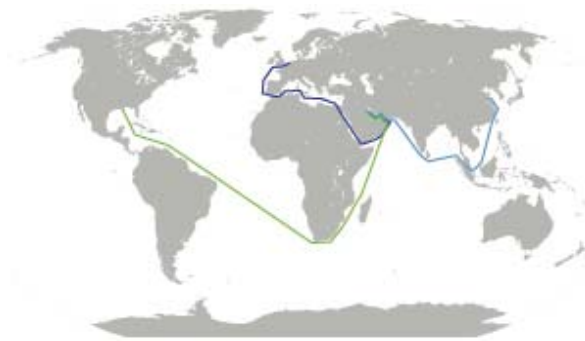
Να υπερέχει ως προς την φιλικότητα προς το περιβάλλον σε σχέση με τα συμβατικά VLCC

Να απαιτεί διαθέσιμη ήδη τεχνολογία

Να υπερέχει από οικονομικής άποψης σε σχέση με τα συμβατικά VLCC

Το Triality είναι ένα VLCC που έχει την ίδια ακτίνα λειτουργίας και μεταφοτική ικανότητα με τα συμβατικά VLCC.

Η παρούσα μελέτη έχει βασισθεί σε τρία σενάρια περιοχών λειτουργίας. Όλα έχουν κοινή αρχή, την περιοχή του Περσικού κόλπου, ενώ ο τερματισμός του έμφορτου ταξιδιού μπορεί να είναι στις Η.Π.Α., την Ευρώπη ή την Κίνα.



Η ιδέα του Triality συνίσταται σε διάφορα επί μέρους μέτρα, το κάθε ένα από τα οποία έχει συγκριθεί σε περιβαλλοντολογική και οικονομική βάση με αυτά που ισχύουν για ένα συμβατικό VLCC.

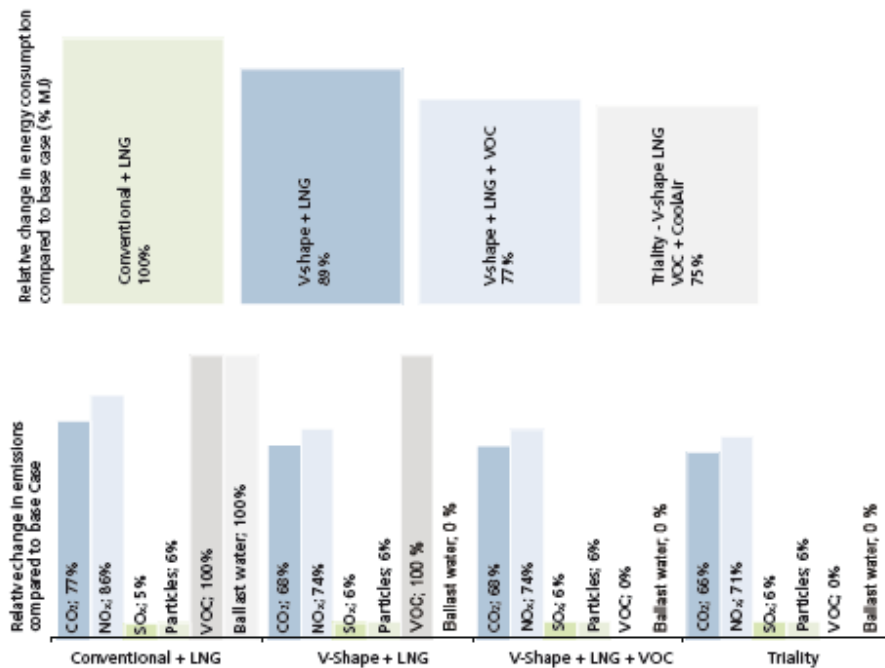
Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή του φυσικού αερίου σαν καύσιμο για την κύρια και τις βοηθητικές μηχανές σε ένα συμβατικό VLCC. Η κύρια μηχανή είναι μία υψηλής πίεσης διπλού καυσίμου (φυσικό αέριο και πετρέλαιο) αργόστροφη μηχανή, ενώ οι βοηθητικές μηχανές είναι χαμηλής πίεσης διπλού καυσίμου και οι λέβητες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά καύσιμα.

Το επόμενο βήμα, μετά την εισαγωγή του φυσικού αερίου σαν καύσιμο, είναι η σχεδίαση της γάστρας σε μία μορφή V που επιτρέπει την λειτουργία του πλοίου χωρίς έρμα. Το περιορισμένο βύθισμα οδηγεί σε κάποιες αλλαγές στην σχεδίαση της προωστήριας εγκατάστασης, για την οποία μία λύση με δύο προπέλες έχει επιλεγεί.

Τέλος έγινε εισαγωγή συστημάτων για την επανυγροποίηση των εξατμίσεων του φορτίου και την ψύξη του αέρα καύσης στην κύρια μηχανή. Κάθε βήμα βελτιώνει την σχεδίαση ταυτόχρονα και από οικονομική και περιβαλλοντολογική άποψη.

Με την εισαγωγή των παραπάνω αναφερομένων βημάτων, το κάθε ένα από τα οποία επιδρά θετικά στην κατανάλωση ενέργειας, η συνολική μείωση που επιτυγχάνεται είναι 25%.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι μειώσεις στις εκπομπές αερίων ρύπων που επιτυγχάνονται από το κάθε βήμα χωριστά.



Οι μειώσεις στις εκπομπές NO_x που αναφέρονται παραπάνω δεν περιλαμβάνουν τις θετικές επιπτώσεις από την τοποθέτηση συστημάτων επεξεργασίας.

Με την τοποθέτηση ενός απλού συστήματος επανακυκλοφορίας καυσαερίων από τις κύριες μηχανές μπορεί να επιτευχθεί μία πρόσθετη μείωση τουλάχιστον 82%, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται ήδη από τώρα εκπομπές που καλύπτουν τις απαιτήσεις (Tier III) που έχουν εφαρμογή για πλοία που θα κατασκευασθούν μετά το 2016

Οι εκπομπές CO₂ από το Triality VLCC σε σύγκριση με άλλα μεταφορικά μέσα, με βάση σχετική μελέτη του IMO, έχουν ως εξής :

Triality	3 g/tonkm
Φορηγό αυτοκίνητο	50 g/tonkm
Αεροπλάνο	540 g/tonkm
Φορηγό πλοίο (άνω των 8000 dwt)	15 g/tonkm

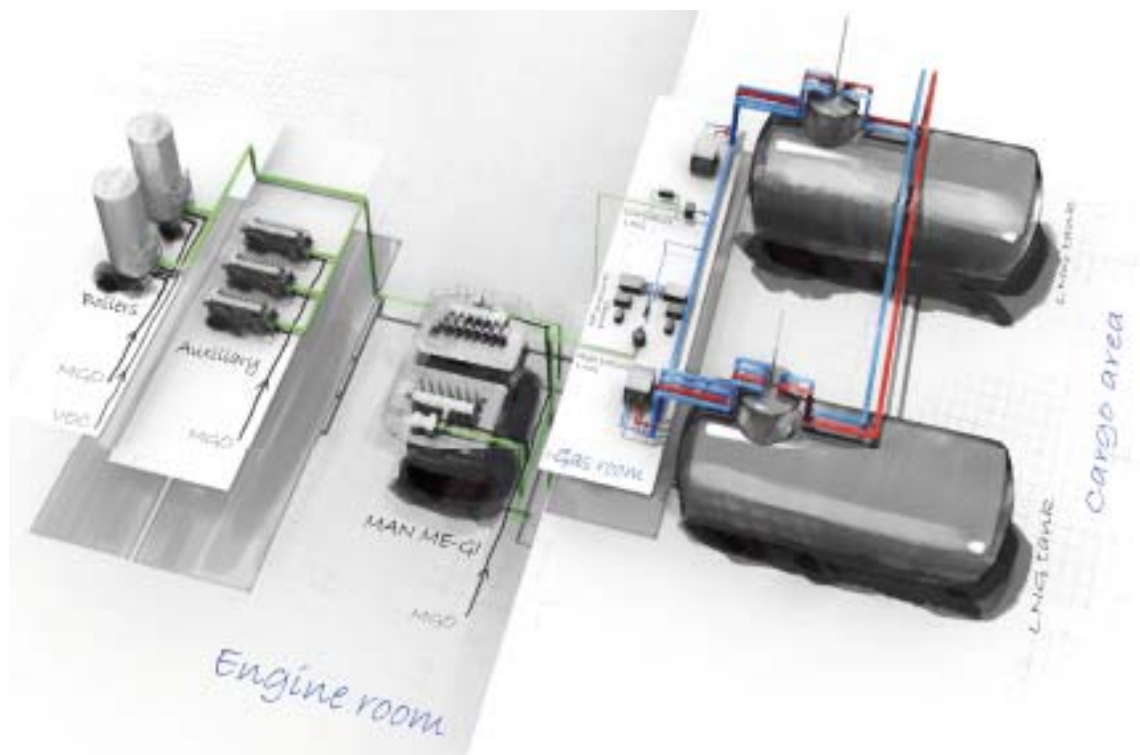
Λεπτομέρειες για το κάθε ένα από τα παραπάνω αναφερόμενα βήματα ακολουθούν στις επόμενες σελίδες.

Φυσικό αέριο σαν καύσιμο

Το φυσικό αέριο σαν καύσιμο χρησιμοποιείται ήδη στην ναυτιλία σε περιορισμένη κλίμακα, κυρίως σε τοπική κλίμακα. Τώρα προτείνεται η χρήση του σε ευρύτερη κλίμακα.

Στο Triality το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για πρόωση καθώς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού. Στις κύριες και βοηθητικές μηχανές εκτός από το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται MGO για pilot καύσιμο, ενώ οι λέβητες μπορούν εκτός από φυσικό αέριο και MGO να χρησιμοποιήσουν σε υγροποιημένη μορφή τις εξατμίσεις του φορτίου (VOC). Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές 6 750 m³ η κάθε μία, που τοποθετούνται στο κύριο κατάστρωμα μπροστά από τις υπερκατασκευές. Η πίεση στις δεξαμενές αυτές διατηρείται στα επίπεδα των 5-6 bar με χρήση κατάλληλων εναλλακτών θερμότητας.

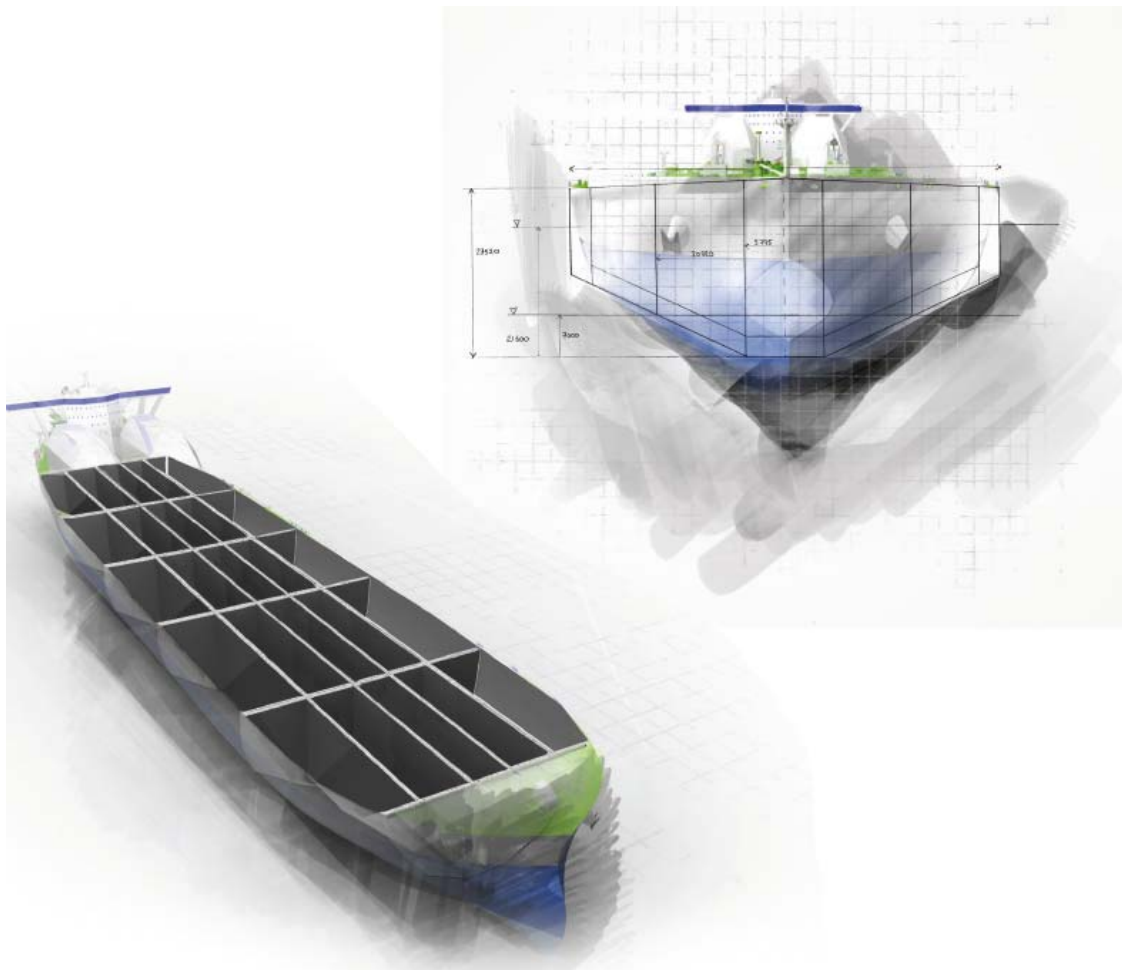
Η πίεση αυτή είναι αρκετή για την τροφοδότηση των αντλιών υψηλής πίεσης στις κύριες μηχανές με καύσιμο χωρίς την χρήση ενδιάμεσων αντλιών. Η ίδια πίεση είναι αρκετή για την τροφοδότηση μέσω εξαερωτών των βοηθητικών μηχανών και των λεβήτων. Επιπρόσθετα προβλέπεται η τοποθέτηση μίας αντλίας σε κάθε δεξαμενή για την περίπτωση που η πίεση για κάποιο λόγο πέσει κάτω από τα παραπάνω αναφερόμενα όρια.



Κοντά στους περισσότερους λιμένες φόρτωσης πλοίων VLCC υπάρχουν και ήδη εγκαταστάσεις παραγωγής φυσικού αερίου και επομένως η τροφοδότηση με

καύσιμο στις περιοχές αυτές δεν φαίνεται να παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα. Η ποσότητα φυσικού αερίου που αναφέρεται παραπάνω επαρκεί για μία ακτίνα λειτουργίας 25 000 ναυτικών μιλίων , οπότε η τροφοδότηση στους λιμένες φόρτωσης επαρκεί ακόμη και για και για τους πιο μακρινούς προορισμούς. Αυτή εξ άλλου είναι και η σημερινή πρακτική για την τροφοδοσία με καύσιμα στα συμβατικά VLCC.

Σχεδίαση για λειτουργία χωρίς έρμα



Το έρμα χρησιμοποιείται από τα συμβατικά VLCC για την εξασφάλιση επαρκούς βυθίσματος και διαγωγής, όπως απαιτείται από τους κανονισμούς και τους κανόνες της ασφαλούς ναυσιπλοΐας, καθώς και για τον έλεγχο και διατήρηση των τάσεων σε επιτρεπτά επίπεδα.

Η χρήση έρματος οδηγεί σε δύο ανεπιθύμητα αποτελέσματα

Μεταφορά μέσω του θαλασσιού έρματος οργανισμών από ένα οικοσύστημα σε άλλο με αποτέλεσμα πιθανές διαταραχές των οικοσυστημάτων αυτών. Για τον λόγο αυτό ο IMO έχει ήδη δρομολογήσει κανονισμούς με απαιτήσεις για την τοποθέτηση πολύπλοκων και δαπανηρών συστημάτων επεξεργασίας του έρματος πάνω στα πλοία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και καυσίμων

Η μεταφορά 80 – 100 000 tons έρματος κατά το άφορτο ταξίδι απαιτεί βέβαια την κατανάλωση πρόσθετων καυσίμων

Το Triality δεν απαιτεί έρμα για την λειτουργία του με βάση τα εξής χαρακτηριστικά

Οι χώροι φορτίου έχουν μεγάλο μήκος και μικρό πλάτος με αποτέλεσμα τα επίπεδα των τάσεων κατά την φόρτωση να παραμένουν σε επιτρεπτά όρια χωρίς την ανάγκη για χρήση έρματος

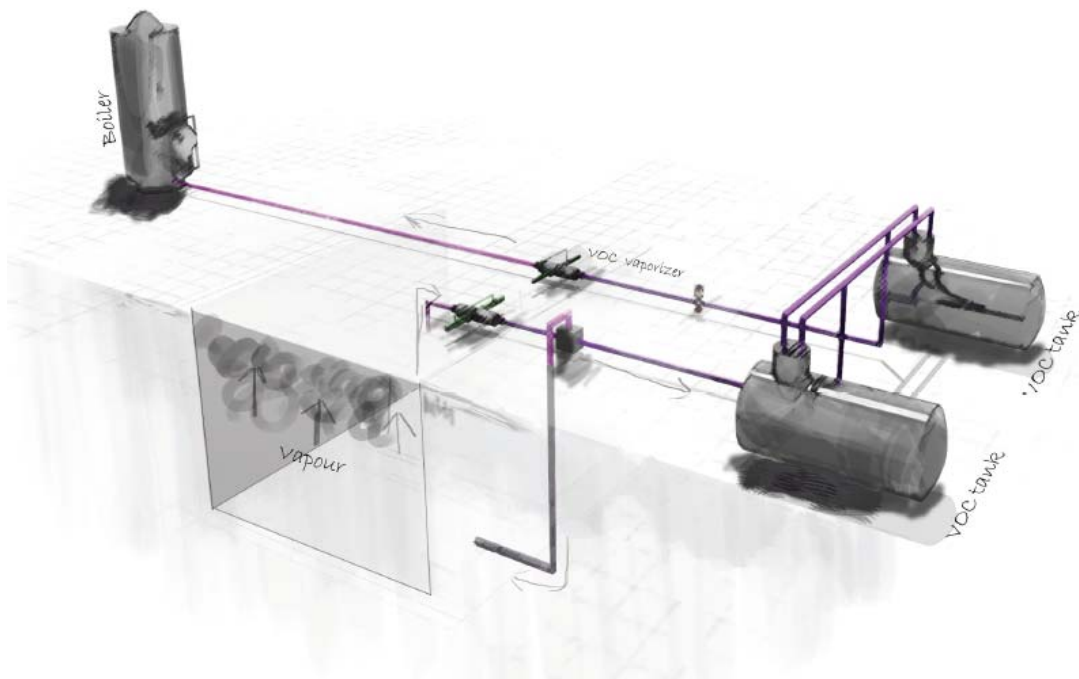
Η μορφή V στην γάστρα εξασφαλίζει ικανοποιητικό βύθισμα χωρίς φορτίο και έρμα

Λόγω της ίδιας μορφής η βρεχόμενη επιφάνεια κατά μέσο όρο στην διάρκεια ενός κυκλικού ταξιδιού (λιμένας φόρτωσης σε λιμένα προορισμού και μετα πίσω στον λιμένα φόρτωσης) είναι κατά 16% μικρότερη από εκείνη ενός συμβατικού VLCC, ο είναι μικρότερος και τελικά η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμων είναι κατά 11% μικρότερη.

Χρησιμοποίηση χαμηλής θερμοκρασίας φυσικού αερίου

Πέντε εκατομύρια tons φορτίου εκτιμάται ότι εξαερώνεται και επομένως εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από το σύνολο του στόλου των σημερινών πλοίων μεταφοράς crude oil.

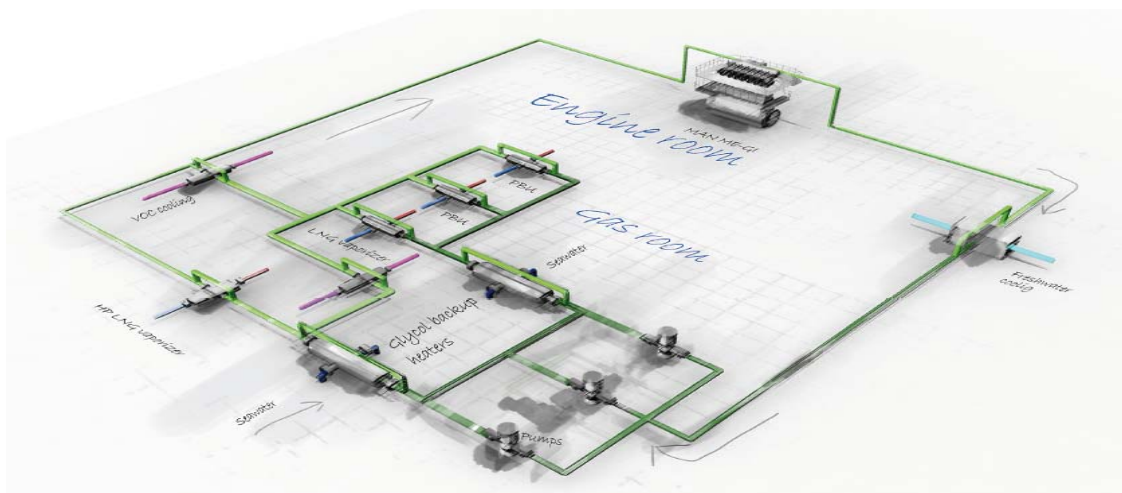
Η χαμηλή θερμοκρασία του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται στο Triality για την υγροποίηση 500 – 600 tons φορτίου ανά ταξίδι. Οι υγροποιημένοι με τον τρόπο αυτό ατμοί του φορτίου χρησιμοποιούνται σαν καύσιμο στους λέβητες παραγωγής ατμού για την κίνηση των αντλιών φορτίου με αποτέλεσμα αφ'ενός οικονομικά οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας (η ετήσια μείωση κατανάλωσης καυσίμων εκτιμάται σε 8%) και αφ'ετέρου την επίτευξη περιβαλλοντολογικού οφέλους αφού ακυρώνονται εκπομπές αερίων ρύπων.



Επί πλέον η ψυκτική ενέργεια από την εξαέρωση του φυσικού αερίου καθώς και η πίεση που δημιουργείται κατά την διαδικασία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα άλλα συστήματα πάνω στο πλοίο.

Η ψύξη για παράδειγμα του αέρα καύσης για την κύρια μηχανή μπορεί να βελτιώσει τον βαθμό απόδοσης αυτής έως και 3%.

Η ψύξη του γλυκού νερού για το σύστημα ψύξης των μηχανών, το σύστημα κλιματισμού, τα ψυγεία διατήρησης προμηθειών, κ.λ.π. αποτελούν άλλες πιθανές εφαρμογές της χρήσης αυτής.



Οικονομική αξιολόγηση

Όπως ήδη αναπτύχθηκε προηγουμένως το Triality είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον σε σχέση με ένα συμβατικό VLCC που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα και έχει ένα σύστημα επεξεργασίας θαλασσίου έρματος καθώς και ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, έτσι ώστε αυτά να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των κανονισμών που έρχονται γρήγορα σε εφαρμογή.

Στην ερώτηση εάν το Triality είναι και πιο συμφέρουσα λύση από οικονομικής άποψης, η απάντηση είναι και πάλι θετική για το Triality.

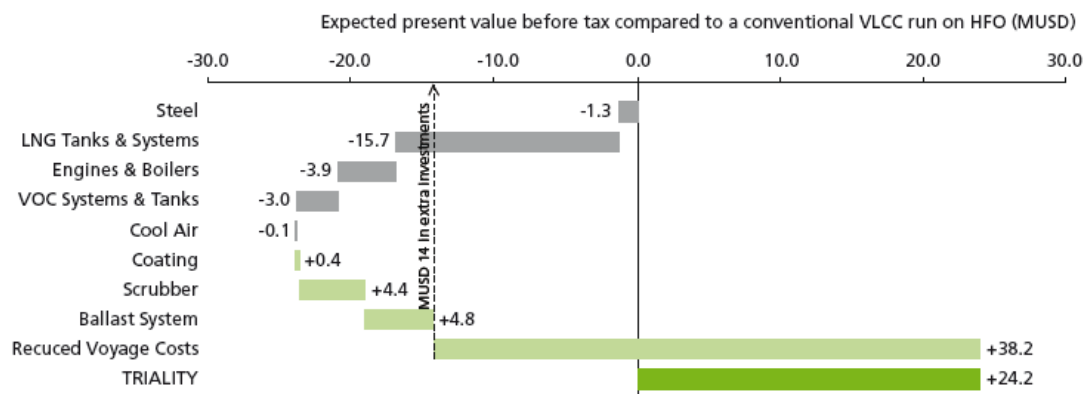
Η οικονομική ανάλυση (κόστος επένδυσης σε συνδυασμό με κόστος λειτουργίας για 20 έτη και διάφορα σενάρια εξέλιξης των τιμών των καυσίμων) αποδεικνύει ότι το Triality

Βελτιώνει την αναμενόμενη παρούσα αξία προ φόρων κατά MUSD 24 στην περίπτωση ενός μέσου σεναρίου (αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 20% της επένδυσης που απαιτείται σήμερα για την ναυπήγηση ενός συμβατικού VLCC)

Είναι προτιμότερη από οικονομικής άποψης λύση έως η τιμή του φυσικού αερίου να φθάσει το επίπεδο των USD 15 ανά MM btu με την τιμή του πετρελαίου να εξελίσσεται σύμφωνα με το μέσο σενάριο

Είναι προτιμότερη από οικονομικής άποψης λύση γενικά με μοναδική εξαίρεση την περίπτωση του χαμηλού σεναρίου εξέλιξης της τιμής για το πετρέλαιο

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται και οι σχετικές διαφορές στα διάφορα κόστη. Όπως φαίνεται το Triality αυξάνει το κόστος της αρχικής επένδυσης κατά MUSD 14 και μειώνει το συνολικό κόστος λειτουργίας (για μία διάρκεια ζωής 20 ετών) κατά MUSD 38.



Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η διαφορά στην παρούσα αξία (προ φόρων) ανάμεσα στο Triality και ένα συμβατικό VLCC σε σχέση με τα διάφορα σενάρια εξέλιξης των τιμών των καυσίμων (φυσικού αερίου και πετρελαίου).

