

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΠΑΠΑΚΩΣΤΑ



Επιβλέπων: Χαρίλαος Ψαραύτης
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011

Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI)

Διπλωματική Εργασία

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

Συγγραφέας: Γεώργιος Παπακώστας

Επιβλέπων Καθηγητής: Χαρίλαος Ψαραύτης

**Επιτροπή: Δημήτριος Λυρίδης
Νικόλαος Βεντικός**

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Χαρίλαο Ψαραύτη για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής και για τις πολύτιμες οδηγίες, που μου παρείχε για την εκπόνηση αυτής.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Πάνο Ζαχαριάδη, Technical Director της εταιρείας «Atlantic Bulk Carriers Management Ltd» για τις χρήσιμες παρατηρήσεις του επί του περιεχομένου της παρούσας διπλωματικής.

Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index EEDI). Ο εν λόγω δείκτης εντάσσεται στα σχεδιαστικά μέτρα που έχει αναλάβει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization ,IMO) για τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου και αποτελεί το πρώτο διεθνές μέτρο που θεσπίστηκε, για τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία.

Η εργασία προσδιορίζει την ιστορική εξέλιξη του EEDI, από την αρχική σύλληψη της ιδέας του μέχρι σήμερα, εντός της Επιτροπής Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO.

Στη συνέχεια καταγράφονται αναλυτικά οι παράγοντες που συνιστούν τον δείκτη EEDI και αναλύεται η επίδραση εκάστου εξ' αυτών στον τύπο του δείκτη EEDI.

Η εργασία αναφέρει αριθμό υφιστάμενων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και τον τρόπο που αυτές επιδρούν στον EEDI.

Η εργασία προσδιορίζει τυχόν αδυναμίες του δείκτη και τις αρνητικές επιπτώσεις αυτών στη ναυτιλία.

Τέλος καταγράφονται εκκρεμή ζητήματα, η επίλυση των οποίων θα βελτιώσει περισσότερο τον δείκτη EEDI, προκειμένου να περιοριστούν οι αρνητικές του επιπτώσεις και να διευρυνθεί η εφαρμογή του στο σύνολο του παγκόσμιου στόλου.

Abstract

This thesis discusses the Energy Efficiency Design Index (EEDI). This index is part of the design measures undertaken by the International Maritime Organization (IMO) for limiting Greenhouse Gas Emissions (GHG) and is the first international measure adopted for reducing Greenhouse Gas Emissions from shipping.

This paper identifies the historical development of EEDI, from initial conception to date, within the Marine Environment Protection Committee (MEPC) of IMO. Then, the factors that constituting the index EEDI are record-

ed in detail and is also analyzed the effect of each one into the formula of index EEDI.

The work indicates number of existing energy-saving technologies and how they affect the EEDI.

The work identifies any weaknesses of the EEDI and their negative impact in shipping.

Finally outstanding issues are being recorded, the resolution of which would further raise the index EEDI, to mitigate the negative impacts and to enhance the implementation of the entire world fleet.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	5
Σύνοψη	7
Abstract	7
Εισαγωγή	11
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΝΑΥΤΙΛΙΑ.	15
1.1. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	15
1.2. Τα Αέρια του Θερμοκηπίου.	16
1.3. Διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.	18
1.4. Έκλυση Αερίων Θερμοκηπίου Στις Θαλάσσιες Μεταφορές.	19
1.5. Εργασίες του IMO για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου/ Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία.	22
1.6. Ιδέα/ Σκοπός του EEDI.	24
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ EEDI	27
2.1. 53 ^η Σύνοδος MEPC: 18- 23 Ιουλίου 2005.	27
2.2. 55 ^η Σύνοδος MEPC: 9- 13 Οκτωβρίου 2006.	27
2.3. 56 ^η Σύνοδος MEPC: 9- 13 Ιουλίου 2007.	27
2.4. 57 ^η Σύνοδος MEPC: 31 Μαρτίου - 4 Απριλίου 2008.	28
2.5. Πρώτη μεταξύ συνόδων συνεδρίαση της ομάδας Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO:23-27 Ιουνίου. 2008.	30
2.6. 58 ^η Σύνοδος MEPC: 6 - 10 Οκτωβρίου 2008	31
2.7. Δεύτερη μεταξύ συνόδων συνεδρίαση της ομάδας Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO: 9 έως 13 Μαρτίου.	32
2.8. 59 ^η Σύνοδος MEPC: 13- 17 Ιουλίου 2009.	32
2.9. 60 ^η Σύνοδος MEPC: 22-26 Μαρτίου 2010.	33
2.10. 61 ^η Σύνοδος MEPC: 27 Σεπτεμβρίου- 01 Οκτωβρίου 2010.	34
2.11. 62 ^η Σύνοδος MEPC: 11- 15 Ιουλίου 2011	34
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ EEDI/ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	37
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ EEDI.	47
4.1. Ορισμός των γραμμών αναφοράς.	47
4.2. Προέλευση Δεδομένων.	47
4.3. Υπολογισμός των γραμμών αναφοράς.	48

4.4.	Σταθερές Υπολογισμού των Γραμμών Αναφοράς.	49
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ EEDI	55
5.1.	«Νέο πλοίο».	55
5.2.	«Σημαντική μετατροπή».	55
5.3.	Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (attained EEDI).	56
5.4.	Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (required EEDI).	57
5.5.	Πλοία Εφαρμογής.	59
5.6.	Διαδικασίες Επιθεώρησης.	60
5.7.	Έκδοση και επικύρωση του πιστοποιητικού.	60
5.8.	Έκδοση ενός πιστοποιητικού από ένα άλλο Συμβαλλόμενο Μέρος.	61
5.9.	Μορφή πιστοποιητικού.	61
5.10.	Διάρκεια και ισχύς του πιστοποιητικού.	61
5.11.	Έλεγχος του Κράτους του Λιμένα.	62
6.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI	63
6.1.	Ταχύτητα πλοίου V_{ref} .	64
6.2.	Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης MCR_{ME} .	64
6.3.	Βοηθητική Ισχύς P_{AE} – Βοηθητικές Είσοδοι Ισχύος (Power Take Ins) P_{PTI} .	65
6.4.	Βοηθητικές Έξοδοι Ισχύος (Power Take Offs) P_{PTO} .	66
6.5.	Χωρητικότητα (πρόσθετο βάρος DWT) πλοίου.	66
6.6.	Ειδική κατανάλωση πετρελαίου (SFC) μηχανής.	67
6.7.	Χρησιμοποιούμενο καύσιμο.	68
6.8.	Συντελεστής καιρού f_w .	69
6.9.	Συντελεστής Διόρθωσης Ισχύος f_j .	70
6.10.	Συντελεστής Διόρθωσης Μεταφορικής Ικανότητας f_i .	71
7.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΟΝ EEDI	72
7.1.	Απώλειες ενέργειας επί του πλοίου.	72
7.2.	Μετατόπιση της καμπύλης ισχύος του πλοίου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του συνδυασμού της P_{ME} και της V_{ref} .	73
7.2.1.	Βελτιστοποίηση των κυρίων διαστάσεων.	75
7.2.2.	Επιμήκυνση της ΠΜ ισάλου.	75
7.2.3.	Διάταξη των ελικοφόρων αξόνων.	75

7.2.4. Σχήμα πτέρνας της τρόπιδας (skeg).	76
7.2.5. Ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων του σκάφους.	76
7.2.6. Αναχαιτιστικά ελάσματα διαγωγής (interceptor trim plates).	76
7.2.7. Βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης έλικας και σκάφους.	77
7.2.8. Βάρος κενού σκάφους (lightship) πλοίου.	77
7.2.9. Αντιστρεφόμενες έλικες.	77
7.2.10. Ακροφύσια Έλικας.	78
7.3. Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ της κύριας μηχανής.	78
7.3.1. Αιολική ενέργεια.	79
7.3.1.1. Τα παραδοσιακά πανιά.	79
7.3.1.2. Στερεά ιστία σε σχήμα πτερυγίου.	80
7.3.1.3. Αετοί.	80
7.3.1.4. Κινητήρες τύπου «Flettner».	80
7.3.2. Λίπανση με αέρα.	81
7.4. Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ των βοηθητικών μηχανών.	81
7.4.1. Συστήματα Ανάκτησης Απολυόμενης Θερμότητας.	82
7.4.2. Χρήση Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG).	82
7.4.3. Ηλιακή Ενέργεια.	82
7.5. Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής.	83
7.6. Τύπος καυσίμου.	84

8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ EEDI/ ΤΡΟΠΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.

8.1. Εγκατεστημένη Ισχύς.	85
8.2. Ταχύτητα υπηρεσίας.	88
8.3. Μείωση του βάρους κενού σκάφους (Lightship).	89
8.4. Εκπομπές CO ₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου.	89
8.5. Μετατόπιση ισχύος από την κύρια μηχανή στις βοηθητικές μηχανές.	93
8.5.1. Παροχή ρεύματος ξηράς.	93
8.5.2. Χρήση φωτισμού εξοικονόμησης ενέργειας.	94
8.5.3. Ανεμιστήρες και αντλίες μεταβλητής ταχύτητας.	94
8.6. Βοηθητικές Έξοδοι Ισχύος (Power Take Offs).	94
8.7. EEDI και μεγάλα πλοία.	95
8.8. EEDI και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.	96
8.9. Γραμμή Αναφοράς πλοίων γενικού φορτίου.	96

8.10.	Μικρά Πλοία.	97
8.11.	Πραγματική λειτουργία του πλοίου.	98
8.12.	Επιβεβαίωση ταχύτητας V_{ref} στις Δοκιμές εν Πλω (Sea Trails).	99
8.13.	EEDI και υπάρχοντα πλοία.	101
8.14.	Πολυπλοκότητα τύπου/ Δυσχέρεια χρήσης αυτού.	102
9.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΕΚΚΡΕΜΗ ΖΗΤΗΜΑΤΑ- ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	103
9.1.	Καθορισμός συντελεστή R για τις τεχνολογίες μείωσης του CO ₂ .	103
9.2.	Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή καιρού f_w .	103
9.3.	Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης EEDI, για τις ειδικές δομικές ενισχύσεις του πλοίου.	104
9.4.	Πλοία με ηλεκτροπρόωση, στροβίλους, υβριδικά συστήματα και άλλα συστήματα πρόωσης.	104
9.5.	Καθιέρωση γραμμών αναφοράς και ποσοστών μείωσης για επιβατηγά πλοία, RO-RO (μεταφοράς οχημάτων, μεταφοράς όγκου, και βάρους) και επιβατηγά- οχηματαγωγά.	104
9.6.	Αναθεώρηση των απαιτήσεων για μικρά πλοία και της ρύθμιση των χρονικών περιόδων μετά των αντίστοιχων ποσοστών μείωσης για τις φάσεις 2 και 3.	104
9.7.	Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό της μείωσης εκπομπών CO ₂ με χρήση συστημάτων πρόωσης με αέρα (wind propulsion systems).	105
9.8.	Ανάπτυξη οδηγιών για την ισχύς πρόωσης που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό αντίξοες συνθήκες.	105
9.9.	Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό κυβικού συντελεστή διόρθωσης για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών.	106
10.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΕΠΙΛΟΓΟΣ	107

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Ιούλιο του 2011, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee, MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization, IMO) υιοθέτησε υποχρεωτικά μέτρα για την μείωση των αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas, GHG) από τη διεθνή ναυτιλία, μέσω της τροποποίησης των κανονισμών του παραρτήματος (Annex) VI της MARPOL. Η τροποποίηση αυτή περιλαμβάνει την εφαρμογή του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI) για τα νεότευκτα πλοία, ο οποίος απαιτεί για αυτά την τήρηση ενός ελαχίστου επιπέδου ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index EEDI). Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή των απαιτήσεων που εισάγει ο δείκτης EEDI, η ανάλυση των επιμέρους παραγόντων που συνιστούν αυτόν καθώς και η καταγραφή τυχόν μειονεκτημάτων και αρνητικών επιπτώσεων που αυτός θα επιφέρει από την εφαρμογή του στη Ναυτιλία.

Η εργασία είναι δομημένη σε δέκα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η συμβολή της παγκόσμιας ναυτιλίας σε αυτό και οι διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπισή του. Στο πλαίσιο των προσπαθειών αυτών αναλήφθηκαν ενέργειες από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, για τον περιορισμό των αερίων θερμοκηπίου, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται η καθιέρωση του EEDI.

Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφεται η ιστορική εξέλιξη του EEDI, από την σύλληψη της ιδέας του μέχρι σήμερα.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται ο τύπος υπολογισμού του EEDI και οι παράγοντες που συνιστούν αυτόν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο καταγράφεται ο τρόπος υπολογισμού των γραμμών αναφοράς και παρατίθενται οι υφιστάμενες, μέχρι σήμερα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο τρόπος εφαρμογής της απαίτησης του EEDI, όπως αυτή ενσωματώθηκε στο παράρτημα IV της MARPOL.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται η μεταβολή της τιμής του EEDI σε συνάρτηση με τους παράγοντες που απαρτίζουν τον τύπο του υπολογισμού του.

Στο έβδομο κεφάλαιο καταγράφονται καινοτόμες τεχνολογίες, η εφαρμογή των οποίων δύνανται να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία και να μειώσει την τιμή του δείκτη EEDI για αυτά.

Στο όγδοο αναλύονται πιθανά προβλήματα, που δύνανται να ανακύψουν από την εφαρμογή του EEDI και προτείνονται τρόποι άμβλυσης αυτών.

Στο ένατο κεφάλαιο καταγράφονται τα εκκρεμή θέματα, η διευθέτηση των οποίων θα καταστήσει την εφαρμογή του EEDI ευρύτερη και αποτελεσματικότερη.

Τέλος στο δέκατο κεφάλαιο εκτελείται ανασκόπηση όλων των αναγραφόμενων και καταγράφονται εκτιμήσεις για την αποτελεσματικότητα του EEDI.

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ Η ΝΑΥΤΙΛΙΑ.

1.1. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία. Το χρειαζόμαστε για να διατηρούμε τη Γη μας ζεστή, ώστε να υπάρχει ζωή και ανάπτυξη. Δίχως αυτό, η Γη θα ήταν κρύα, περίπου σε θερμοκρασία $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή σε αυτή. Αντιθέτως, η μέση θερμοκρασία της Γης διατηρείται στο επίπεδο των $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, χάρις στο φαινόμενο αυτό.

Τα αέρια του θερμοκηπίου (που περιλαμβάνουν κυρίως το CO_2 και τους υδρατμούς) σχηματίζουν ένα 'στρώμα' πάνω από το έδαφος της Γης σε ένα ορισμένο ύψος, ώστε αφού επιτρέψουν να εισέλθει η υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου, αυτή απορροφάται κατά ένα μέρος από τη γη και την ατμόσφαιρα.

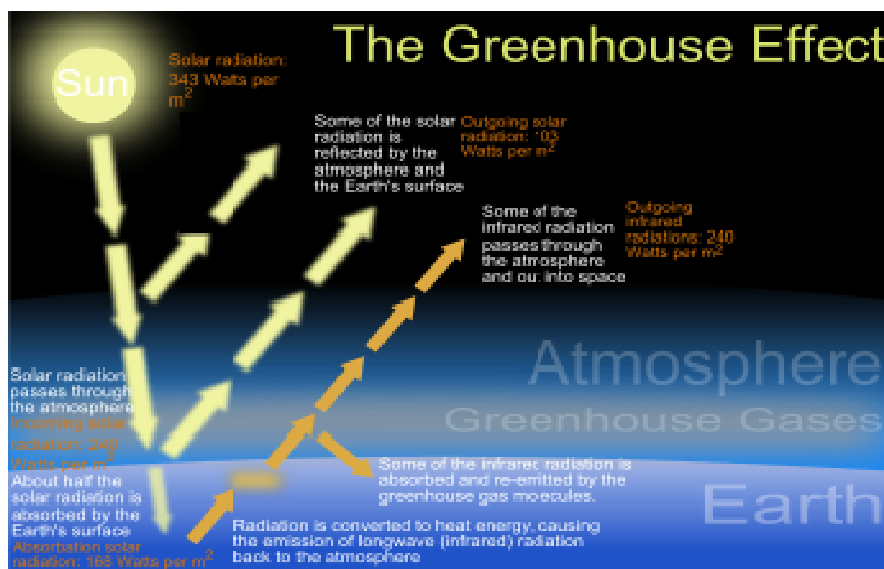
Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1966 βατ ανά τετραγωνικό μέτρο, στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα γη- ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα.

Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης.

Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 16% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς. Ένα μέρος λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την είσοδο της, περνά αναλλοίωτη στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται προς τα πάνω με μεγαλύτερο μήκος κύματος.

Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το στρώμα των αερίων λοιπόν, επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αποτελεί λοιπόν μια φυσική διεργασία που εξασφαλίζει στη Γη μια σταθερή θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους γύρω στους 15°C.



Εικόνα 1: Απλοποιημένο Διάγραμμα του Φαινόμενου του Θερμοκηπίου (πηγή: www.wikipedia.org)

Τα τελευταία χρόνια λέγοντας Φαινόμενο Θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

1.2. Τα Αέρια του Θερμοκηπίου.

Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και η αντίστοιχη συμβολή τους στο φαινόμενο είναι: οι υδρατμοί (36-70%), το διοξείδιο του άνθρακα (9-26%), το μεθάνιο (4-9%) και το όζον (3-7%). Άλλα αέρια του θερμοκηπίου με μικρότερη επιρροή στο φαινόμενο είναι το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) οι υπερφθοράνθρακες (PFCs), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆).

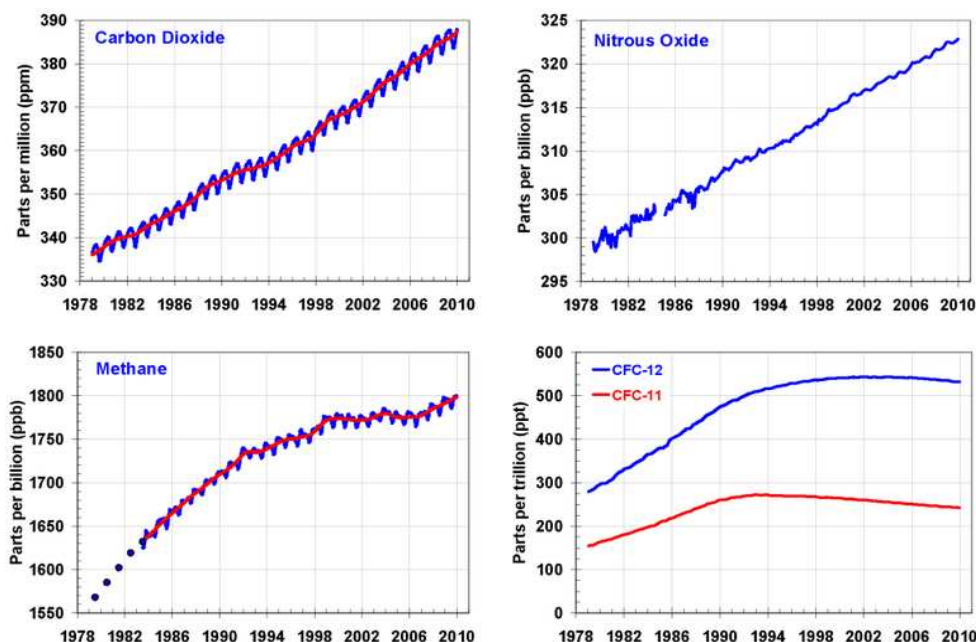
Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1998. Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης [1].

Ενώ η ορολογία "μείωση αερίου θερμοκηπίου" χρησιμοποιείται συχνά, πολλές, αν όχι όλες, οι υπάρχουσες προσπάθειες εστιάζουν πρώτιστα στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Αυτό γίνεται επειδή οι εκπομπές CO₂ έχουν εμφανίσει το γρηγορότερο ποσοστό αύξησης από όλα τα αέρια θερμοκηπίου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης από το 1750 έως το 1998.

Πίνακας 1: Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης (Πηγή: Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC))

Αέριο	Επίπεδα 1998	Αύξηση από το 1750
Διοξείδιο του άνθρακα	365 ppm	87 ppm
Μεθάνιο	1,745 ppb	1,045 ppb
Οξειδίο του Αζώτου	314 ppb	44 ppb

Στην εικόνα 2 φαίνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των κυριοτέρων αερίων του θερμοκηπίου.



Εικόνα 2: Η αυξητική τάση στη συγκέντρωση των αερίων θερμοκηπίου [1]

Υπολογίζεται ότι η σφαιρική συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα πρέπει να κρατιέται σε περίπου 550 μέρη ανά εκατομμύριο (parts per million)

για να αποφευχθεί η επιβλαβής αλλαγή του κλίματος. Με βάση τα τρέχοντα στοιχεία, αυτό δημιουργεί την ανάγκη να μειωθούν τα τρέχοντα επίπεδα εκπομπών κατά τουλάχιστον 80% [2].

1.3. Διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

Οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν οι επιστήμονες. Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους κλιματολόγους αρχικά και στη συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση. Δυστυχώς, πήρε πολλά χρόνια στη διεθνή κοινότητα, για να ανταποκριθεί στο αίτημα αυτό.

Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) μία Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Αυτή η ομάδα παρουσίασε μια πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Σύμφωνα με την αναφορά αυτή, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό και όφειλε να αντιμετωπιστεί άμεσα. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Η διαπραγμάτευση της Σύμβασης ήταν έτοιμη προς υπογραφή στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (γνωστότερη ως συνάντηση κορυφής για την προστασία της Γης) το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο.

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, καθώς και το πρωτόκολλο του Κιότο που ακολούθησε, αποτελούν το μόνο διεθνές πλαίσιο για την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, που εγκρίθηκε στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997, αποτελεί διεθνή συμφωνία που συνδέεται με τη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Το κύριο χαρακτηριστικό του

πρωτοκόλλου του Κιότο είναι ότι θέτει δεσμευτικούς στόχους για 37 βιομηχανικές χώρες και την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Οι αναλυτικοί κανόνες για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου εγκρίθηκαν κατά την 7^η Συνεδρίαση των μελών της UNFCCC (7th Conference of the Parties, COP 7) στο Μαρακές το 2001, και καλούνται "Συμφωνίες του Μαρακές". Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005.

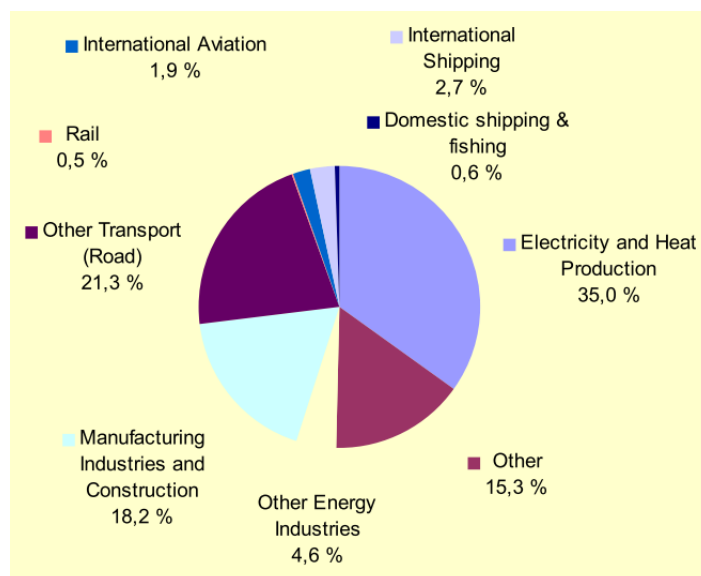
Το πρωτόκολλο του Κιότο περιλαμβάνει διατάξεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις θαλάσσιες μεταφορές και αντιμετωπίζει αυτές με διαφορετικό τρόπο από τις άλλες πηγές, εξαιτίας του παγκόσμιου χαρακτήρα αυτών, προτρέποντας κατάλληλα το Διεθνές Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Στο πλαίσιο αυτό, ο IMO υποβάλλει τακτικές εκθέσεις προόδου για τις εργασίες του στην UNFCCC.

1.4. Έκλυση Αερίων Θερμοκηπίου Στις Θαλάσσιες Μεταφορές.

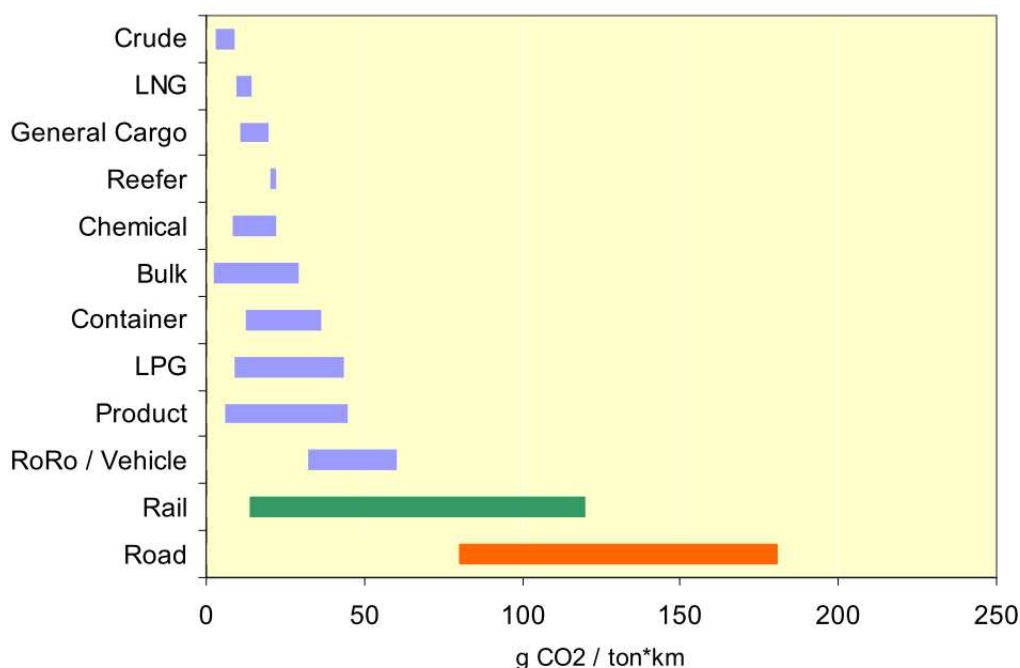
Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου, που εκπέμπεται από τα πλοία, μέσω των καυσαερίων των μηχανών εσωτερικής καύσης αυτών. Οι άλλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι λιγότερο σημαντικές, τόσο από την άποψη της ποσότητας όσο και της δυνατότητας θέρμανσης του πλανήτη.

Οι διεθνείς μεταφορές μέσω θαλάσσης έχει αποδειχθεί εν γένει, ότι είναι ο πιο ενεργειακά αποδοτικός τρόπος μαζικής μεταφοράς και συνεισφέρουν ελαφρώς στο σύνολο των εκπομπών CO₂ παγκοσμίως, ενώ μεταφέρουν το 90% του παγκόσμιου εμπορίου.

Η πρώτη μελέτη του IMO, για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, η οποία δόθηκε στη δημοσιότητα το 2000, εκτιμούσε ότι τα πλοία που χρησιμοποιούνταν στο διεθνές εμπόριο το 1996, συνεισέφεραν περίπου 1,8% του παγκόσμιου συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂. Η δεύτερη παρόμοια μελέτη του IMO, που εκδόθηκε το 2009, εκτίμησε ότι η διεθνής ναυτιλία εξέπεμψε 870 εκατομμύρια τόνους, ήτοι περίπου 2,7% του παγκόσμιου εκπομπών CO₂, το 2007.



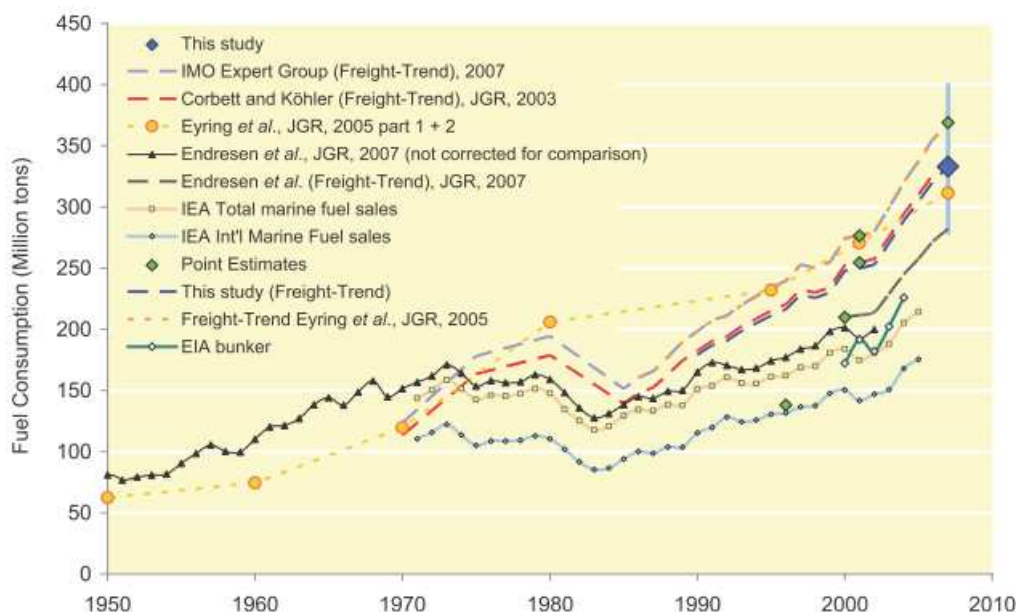
Εικόνα 3: Οι εκπομπές CO₂ από τα πλοία σε σύγκριση με το σύνολο των παγκόσμιων εκπομπών (πηγή: Second GHG IMO Study 2009)



Εικόνα 4: Τυπικό εύρος της αποτελεσματικότητας CO₂ των πλοίων σε σχέση με τις σιδηροδρομικές και οδικές μεταφορές (πηγή: Second GHG IMO Study 2009)

Οι θαλάσσιες μεταφορές προβλέπεται να συνεχίσουν να αυξάνονται σημαντικά σύμφωνα με το παγκόσμιο εμπόριο. Οι μελλοντικές εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία, έχουν εκτιμηθεί βάσει των παγκόσμιων εξελίξεων, που περιγράφηκαν από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή

(IPCC). Υποθέτοντας ότι δεν υφίστανται κανονισμοί, σχετικά με τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία, οι εκπομπές αυτές προβλέπεται, με κανονικές οικονομικές συνθήκες, να αυξηθούν κατά ένα συντελεστή 2.4 – 3.0 έως το 2050. Για το 2020, με κανονικές οικονομικές συνθήκες, προβλέπονται αυξήσεις που κυμαίνονται από 1.1 έως 1.3, λαμβάνοντας υπόψη τις σημαντικές βελτιώσεις της αποτελεσματικότητας, ως αποτέλεσμα της αναμενόμενης μακροπρόθεσμης αύξηση των τιμών της ενέργειας.



Εικόνα 5: Κατανάλωση του παγκόσμιου στόλου (πλην των πολεμικών σκαφών) από διαφορετικές δραστηριότητες που βασίζονται σε εκτιμήσεις και στατιστικές (πηγή: Second GHG IMO Study 2009)

Η δεύτερη μελέτη του IMO, για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (2nd GHG IMO Study 2009) έχει προσδιορίσει ένα ευρύ φάσμα επιλογών για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, αλλάζοντας τη σχεδίαση και τη λειτουργία του πλοίου. Μια συνολική αξιολόγηση των δυνατοτήτων αυτών για μείωση των εκπομπών CO₂ παρουσιάζεται στον πίνακα 2. Δεδομένου ότι το πρωταρχικό μέσο για τη μείωση των εκπομπών CO₂ είναι η αυξημένη ενεργειακή απόδοση, αυτές οι δυνατότητες μείωσης γενικά εφαρμόζονται σε όλες τις εκπομπές των καυσαερίων από τα πλοία.

Πίνακας 2: Δυνατότητες μείωσης του CO₂ χρησιμοποιώντας την υφιστάμενη τεχνολογία και τις υφιστάμενες πρακτικές (πηγή 2nd GHG IMO Study 2009)

Σχεδίαση (νέα πλοία)	Εξοικονόμηση CO ₂ / τόνο-μίλι	Συνδυασμός	Συνδυασμός
Ιδέα, ταχύτητα και ικανότητα	2 έως 50% ⁺	10 έως 50% ⁺	25 έως 75% ⁺
Γάστρα και υπερκατασκευή	2 έως 20%		
Ισχύς και συστήματα πρόωσης	5 έως 15%		
Καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα	5 έως 15%*		
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	1 έως 10%		
Μείωση Καυσαερίων CO ₂	0 %		
Λειτουργία (όλα τα πλοία)		10 έως 50% ⁺	
Διαχείριση στόλου, logistics και κίνητρα	5 έως 50% ⁺		
Βελτιστοποίηση δρομολογίου	1 έως 10%		
Διαχείριση της ενέργειας	1 έως 10%		

* Ισοδύναμου CO₂, που βασίζονται στη χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

† Οι μειώσεις σε αυτό το επίπεδο θα απαιτούσαν μειώσεις των επιχειρησιακών ταχυτήτων.

1.5. Εργασίες του IMO για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου/ Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία.

Ο Διεθνής Θαλάσσιος Οργανισμός (IMO) άρχισε να εργάζεται για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τον έλεγχο του αερίου θερμοκηπίου (GHG) από τα πλοία προς το τέλος της δεκαετίας του '80. Τα πρώτα κανονιστικά βήματα στόχευαν στην μείωση των αερίων μείωσης του όζοντος, όπως τα αέρια των ψυκτικών μονάδων και των συστημάτων πυρόσβεσης. Αργότερα η πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με τη μορφή των ατμών του μεταφερόμενου πετρελαίου και των καυσαερίων στόχευσε, μεταξύ άλλων, στην υιοθέτηση ορίων για τα οξείδια του αζώτου και τα οξείδια του θείου από τα καυσαέρια των πλοίων. Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες έχουν εστιαστεί στον

έλεγχο των εκπομπών GHG από τα πλοία που συμμετέχουν στο διεθνές εμπόριο.

Τον Σεπτέμβριο του 1997 έλαβε χώρα μιας διεθνής διάσκεψη των μερών της σύμβασης MARPOL, η οποία υιοθέτησε το Πρωτόκολλο του 1997 για την τροποποίηση της Σύμβασης MARPOL (παράρτημα VI της MARPOL) και ενέκρινε το ψήφισμα 8 σχετικά με τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία. Το ψήφισμα κάλεσε την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee, MEPC) του IMO να εξετάσει ποιες στρατηγικές μπορεί να είναι εφικτές για τη μείωση των εκπομπών CO₂, υπό το πρίσμα της σχέσης μεταξύ των εκπομπών CO₂ και άλλων ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων ρύπων. Το ψήφισμα κάλεσε επίσης την επιτροπή, σε συνεργασία με την UNFCCC, να εκπονήσει μια μελέτη για τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία, προκειμένου καθοριστεί το ποσό και το σχετικό ποσοστό των εκπομπών CO₂ από τα πλοία, στο πλαίσιο της παγκόσμιας απογραφής των εκπομπών CO₂.

Ο IMO, στο ψήφισμα A.963 (23) της Συνέλευσης του, που υιοθετήθηκε το Νοέμβριο του 2003, σχετικά με πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, καλούσε την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) να προσδιορίσει και να αναπτύξει τους αναγκαίους μηχανισμούς, που απαιτούνται για να επιτύχει τον περιορισμό ή τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία, δίνοντας προτεραιότητα στα εξής:

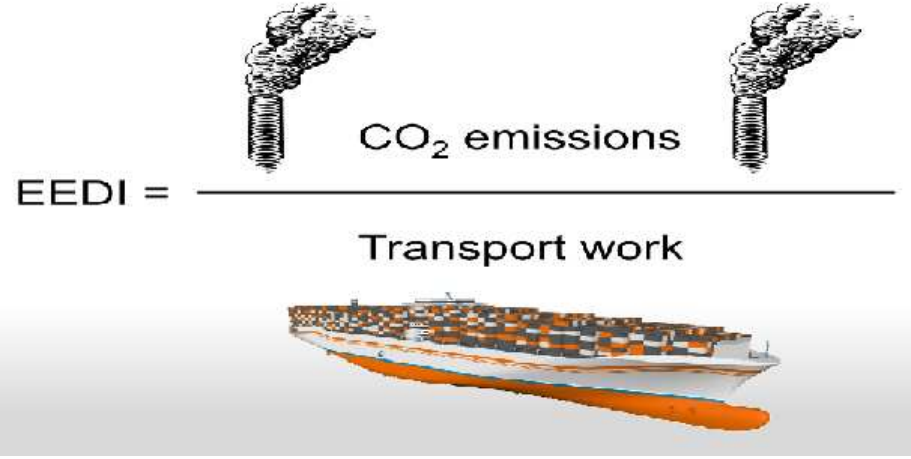
- Στην δημιουργία μιας γραμμής αναφοράς για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου.
- Στην ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας, για να περιγράψει την αποδοτικότητα των αερίων θερμοκηπίου των πλοίων, με όρους δείκτη αερίων θερμοκηπίου. Στο έργο αυτό η MEPC έπρεπε να αναγνωρίσει ότι το CO₂ είναι το κύριο αέριο θερμοκηπίου, που εκπέμπεται από τα πλοία.
- Στην ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή του συστήματος του δείκτη στη πράξη και την επαλήθευση αυτού.
- Στην αξιολόγηση των τεχνικών, λειτουργικών και βασιζόμενων στην αγορά λύσεων.

Η συνέλευση ζήτησε επίσης η MEPC να αναπτύξει ένα σχέδιο εργασίας για τα αέρια του θερμοκηπίου με χρονοδιάγραμμα, για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη των αναγκαίων μηχανισμών περιορισμού τους.

Τα τελευταία χρόνια ο IMO έδωσε μεγάλη βαρύτητα στο θέμα και εργάστηκε σύμφωνα με ένα φιλόδοξο πρόγραμμα, που κατέληξε με την έγκριση του πρώτου δεσμευτικού μέτρου για τον έλεγχο των εκπομπών αέριων θερμοκηπίου (GHG) από τη διεθνή ναυτιλία, τον Ιούλιο του 2011, πριν από την πρώτη περίοδο δεσμεύσεων, βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η οποία εκπνέει στο τέλος του 2011.

1.6. Ιδέα/ Σκοπός του EEDI.

Στο πλαίσιο των ανωτέρω κατευθυντήριων οδηγιών, η MEPC, μετά από αριθμό συνεδριάσεων ανέπτυξε τον Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI). Ο EEDI αποτελεί ένα μαθηματικό τύπο, ο οποίος εκφράζει την αναλογία μεταξύ του κόστους (δηλ. εκπομπή CO₂) και του κέρδους που παράγεται, το οποίο εκφράζεται ως ικανότητα μεταφοράς αγαθών, από τη λειτουργία του πλοίου.


$$\text{EEDI} = \frac{\text{CO}_2 \text{ emissions}}{\text{Transport work}}$$

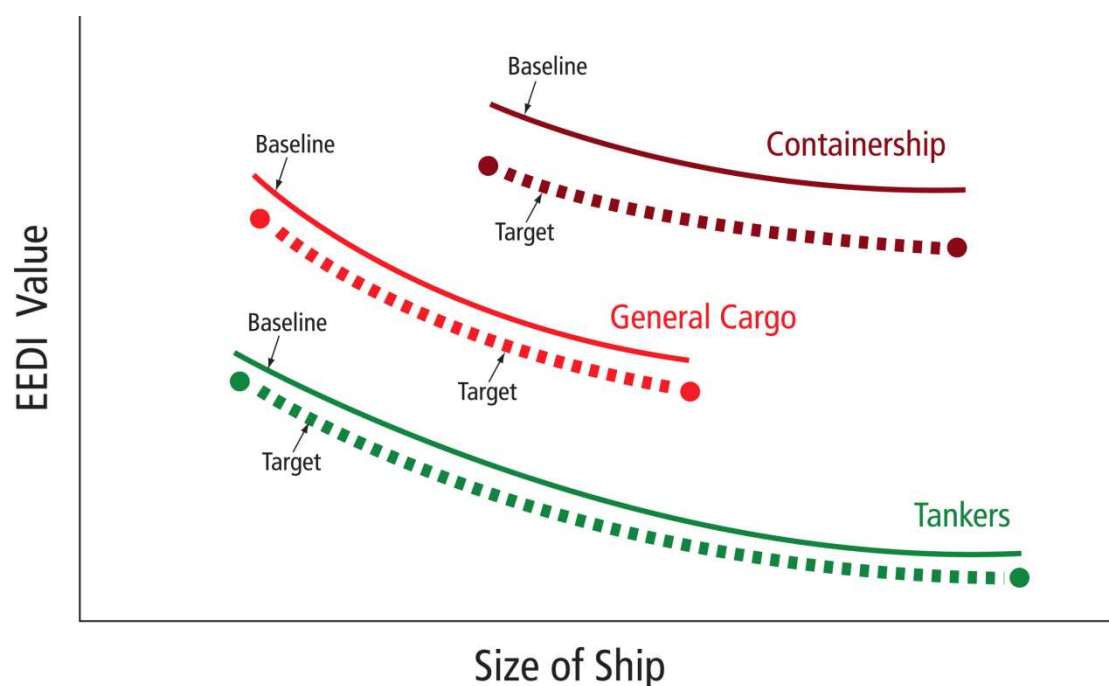
Εικόνα 6: Σχηματική παράσταση της θεμελιώδους αρχής του EEDI

Οι εκπομπές CO₂ θεωρείται ότι προέρχονται από τις κύριες μηχανές και από τις βοηθητικές μηχανές, μετά την αφαίρεση των εκπομπών που αναλογούν στην ισχύ που προσφέρεται από τη χρήση αντίστοιχων καινοτόμων

τεχνολογιών. Το κέρδος που παράγεται θεωρείται ότι αποτελείται από το μεταφερόμενο φορτίο επί την ταχύτητα του πλοίου.

Το EEDI εκφράζει τις εκπομπές του CO₂ από ένα πλοίο κάτω από ειδικές συνθήκες (π.χ., φορτίο μηχανών, έλξη, αέρας, κύματα, κ.λπ.) σε σχέση με ένα ονομαστικό ποσοστό μεταφοράς. Η μονάδα του EEDI είναι "γραμμάρια CO₂ ανά χωρητικότητα-μίλι", όπου "χωρητικότητα" είναι μια έκφραση της ικανότητας μεταφοράς του φορτίου, για το οποίο το πλοίο έχει σχεδιαστεί να μεταφέρει. Για τα περισσότερα σκάφη, η "χωρητικότητα" εκφράζεται ως πρόσθετο βάρος (deadweight).

Ο πρωταρχικός σκοπός του EEDI είναι να μειώσει τις εκπομπές CO₂ από τη ναυτιλία, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα των νέων κατασκευών. Για το σκοπό αυτό ο EEDI υπολογίζεται για τα νέα πλοία, τα οποία είναι εξαναγκασμένα να έχουν EEDI μικρότερο, κατά ένα ποσοστό μείωσης, από μια γραμμή αναφοράς (baseline), η οποία αντιπροσωπεύει την μέση αποδοτικότητα για πλοία χτισμένα μεταξύ 1999 και 2009. Η βασική ιδέα είναι ότι η τιμή του EEDI ενός νέου πλοίου πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από την απαιτούμενη τιμή (τιμή στόχο) του EEDI. Με βάση τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, η ενεργειακή απόδοση του πλοίου θα μετράται με το ποσοστό μείωσης που μπορεί να επιτευχθεί από την γραμμή αναφοράς.



Εικόνα 7: Σύγκριση της απαιτούμενης τιμής (τιμή στόχος) EEDI με την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς (πηγή: Activities, ABS December 2010).

Ο IMO έχει θέσει ποσοστά μείωσης του EEDI, ανά τύπο πλοίων, από την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς μέχρι την περίοδο 2025 έως 2030, όπου μια μείωση κατά 30% απαιτείται για τους περισσότερους τύπους πλοίων. Το επίπεδο μείωσης στην πρώτη φάση έχει τεθεί στο 10% και θα ρυθμίζεται κάθε πέντε χρόνια για να διατηρήσει τον ρυθμό με τις τεχνολογικές προόδους των νέων μέτρων αποδοτικότητας και μείωσης.

Ο EEDI σκοπεύει ειδικότερα στις παρακάτω ενέργειες:

- Να απαιτήσει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας από τα πλοία, εξαρτώμενο από τον τύπο και το μέγεθος αυτών.
- Να αυξήσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων σταδιακά για τις επόμενες δεκαετίες.
- Να παρακινήσει για συνεχόμενη τεχνολογική ανάπτυξη σε όλους τους παράγοντες, που επηρεάζουν την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου.
- Να διαχωρίσει τα τεχνικά και τα σχεδιαστικά μέτρα από τα επιχειρησιακά και εμπορικά μέτρα.
- Να κάνει δυνατή μια σύγκριση της ενεργειακής αποδοτικότητας μεταξύ μεμονωμένων πλοίων του ίδιου μεγέθους, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν το ίδιο φορτίο.

Ο EEDI είναι ένας μη καθοδηγητικός μηχανισμός, βασισμένος στην επίδοση, ο οποίος αφήνει την επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν στο σχεδιαστή ή στο ναυπηγείο. Καθώς το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας επιτυγχάνεται, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τις πιο αποδοτικές από άποψη κόστους μεθόδους, προκειμένου το πλοίο να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΕΔΙ

Μετά το ψήφισμα Α.963 (23) της Συνέλευσης του ΙΜΟ, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΜΕΡC), εργάστηκε για την καθιέρωση ενός δείκτη εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία. Τα κυριότερα αποτελέσματα των συνόδων της επιτροπής παρατίθενται στις επόμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου.

2.1. 53^η Σύνοδος ΜΕΡC: 18- 23 Ιουλίου 2005.

Η σύνοδος εξέδωσε προσωρινές κατευθυντήριες γραμμές για την Εθελοντικό Δείκτη Εκπομπών CO₂, για να χρησιμοποιηθούν σε δοκιμές για τους σκοπούς της ανάπτυξης ενός απλού συστήματος. Το εν λόγω σύστημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εθελοντικά από τους φορείς εκμετάλλευσης των πλοίων κατά τη διάρκεια μιας δοκιμαστικής περιόδου.

2.2. 55^η Σύνοδος ΜΕΡC: 9- 13 Οκτωβρίου 2006.

Η σύνοδος συμφώνησε σε ένα σχέδιο εργασίας, με χρονοδιάγραμμα, για να προσδιορίσει και να αναπτύξει τους μηχανισμούς που χρειάζονται για να επιτευχθεί ο περιορισμός ή η μείωση των εκπομπών CO₂ από τα πλοία, σημειώνοντας ότι η αλλαγή κλίματος, που προκαλείται λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την καύση του ορυκτού καυσίμου, είναι μια σταθερά αυξανόμενη ανησυχία για τις περισσότερες χώρες.

Το σχέδιο εργασίας προέβλεπε την περαιτέρω ανάπτυξη του σχεδίου του Δείκτη Εκπομπής του CO₂, καλώντας τα κράτη μέλη και τη βιομηχανία να συνεχίσουν να πραγματοποιούν δοκιμές, σύμφωνα με τις εκδοθείσες προσωρινές οδηγίες για τον εθελοντικό υπολογισμό του Δείκτη Εκπομπής CO₂ στις δοκιμές (ΜΕΡC/Circ.471, που εκδόθηκε το 2005) και να αξιολογούν τη μεθοδολογία για τη βασική γραμμή εκπομπής του CO₂.

2.3. 56^η Σύνοδος ΜΕΡC: 9- 13 Ιουλίου 2007.

Η ΜΕΡC, επιβεβαίωσε την ανάγκη να επικαιροποιηθεί, η από το 2000, Μελέτη του ΙΜΟ για τα αέρια του θερμοκηπίου (2000 ΙΜΟ GHG Study) και για το σκοπό αυτό συμφώνησαν σε ένα χρονοδιάγραμμα καθώς και στην έκταση και τις αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων. Συμφωνήθηκε ότι η μελέτη θα πρέπει να καλύπτει:

- Τις τρέχουσες παγκόσμιες απογραφές των αερίων του θερμοκηπίου και των αντίστοιχων ουσιών που εκπέμπονται από τα πλοία που εκτελούν διεθνείς μεταφορές, τυχόν μεθοδολογικά θέματα και μελλοντικά σενάρια εκπομπών.

- Τον εντοπισμό της μέχρι τότε πρόοδου στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ουσιών.

- Τον εντοπισμό πιθανών μελλοντικών μέτρων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να προβαίνει σε ανάλυση του κόστους- οφέλους αυτών, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των επιλογών για τις τρέχουσες και τις μελλοντικές μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων συναφών ουσιών από τη διεθνή ναυτιλία.

- Τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των εκπομπών από τη ναυτιλία, για την κλιματική αλλαγή.

Ο στόχος ήταν να υποβληθεί η επικαιροποιημένη μελέτη στην 59η σύνοδο της MEPC.

2.4. 57^η Σύνοδος MEPC: 31 Μαρτίου - 4 Απριλίου 2008.

Η σύνοδος υιοθέτησε οδηγίες για τη μείωση των εκπομπών GHG στη ναυτιλία. Από αυτή τη συνεδρίαση προέκυψε ένα σύνολο οδηγιών για τον υπολογισμό του Δείκτη Εκπομπής του CO₂ για τη χρήση στις δοκιμές, βασισμένες σε σχεδιαστικές παραμέτρους του πλοίου και μια μεθοδολογία για τον προσδιορισμό μιας γραμμής αναφοράς CO₂, με στόχο να επιτευχθεί συμφωνία στη MEPC 58.

Η MEPC συμφώνησε ότι ένα συνολικό και συνεκτικό μελλοντικό κανονιστικό πλαίσιο του IMO για τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τα πλοία, πρέπει να:

- Είναι αποτελεσματικό στη συμβολή του στη μείωση των συνολικών παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

- Είναι δεσμευτικό και εξίσου εφαρμόσιμο σε όλες τις σημαίες των κρατών.

- Είναι οικονομικά αποδοτικό.
- Είναι ικανό να περιορίσει την αποτελεσματική στρέβλωση του ανταγωνισμού.
- Είναι βασισμένο στην αειφόρο περιβαλλοντική ανάπτυξη χωρίς να τιμωρεί το παγκόσμιο εμπόριο και την ανάπτυξη.
- Είναι βασισμένο στην προσέγγιση ενός στόχου και να μην επιβάλλει συγκεκριμένες μεθόδους.
- Υποστηρίζει την προώθηση και τη διεύρυνση τεχνολογικών καινοτομιών και την έρευνα και ανάπτυξη σε ολόκληρο το ναυτιλιακό τομέα.
- Φιλοξενεί τεχνολογίες αιχμής στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης.
- Είναι πρακτικό, διαφανές, ελεύθερο από απάτες και εύκολο στη διαχείρισή του.

Στο πλαίσιο των ανωτέρω η Ομάδα Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO, (Working Group on GHG Emissions from Ships) έλαβε εντολή για μια ενδιάμεση συνεδρίαση, για την περαιτέρω εξέταση λειτουργικών και τεχνικών μέτρων, που προσδιορίζονταν από τη MEPC 57 και σχετίζονταν με θέματα, μεταξύ των οποίων:

- Η ανάπτυξη ενός Δείκτη Σχεδίασης CO₂ για νέα πλοία, με σκοπό να επιτευχθεί συμφωνία στη MEPC 58.
 - Η αναθεώρηση των υφιστάμενων κατευθυντήριων γραμμών υπολογισμού του Δείκτη CO₂ (MEPC/Circ.471), με σκοπό την οριστική έγκριση τους στη MEPC 58 και ειδικότερα η ανάπτυξη μια μεθοδολογίας για τη γραμμή αναφοράς του CO₂, με όρους αποδοτικότητας.

Η αρχική μορφή του τύπου υπολογισμού του Δείκτη Εκπομπής του CO₂ είχε την παρακάτω μορφή, όπως προτάθηκε από την αντιπροσωπεία της Ιαπωνίας¹:

$$Index = \frac{Fuel\ Consumption \times Output\ of\ M.engine \times (1 + k_2) \times CO_2\ conversion}{DWT \times Maximum\ Speed \times k_1}$$

¹ International Maritime Organization (IMO), 2008, CO₂ emissions index per unit shipping ca-

2.5. Πρώτη μεταξύ συνόδων συνεδρίαση της ομάδας Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO:23-27 Ιουνίου 2008.

Η Ομάδα Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO, (Working Group on GHG Emissions from Ships) συνήρθε για να αναθεωρήσει και να επεκτείνει τις οδηγίες από τη 57^η MEPC. Στη συνάντηση μετείχαν πάνω από 210 σύνεδροι, εμπειρογνώμονες από όλο τον κόσμο.

Η συνάντηση, αφού εξέτασε όλες τις προτάσεις και παρατηρήσεις των συμμετεχόντων, ανέπτυξε περαιτέρω έναν μαθηματικό τύπο για τον προτεινόμενο υποχρεωτικό Δείκτη Σχεδίασης CO₂ καθώς και τη μεθοδολογία υπολογισμού του. Επίσης ανέπτυξε ένα σχέδιο κειμένου για το σχετικό κανονιστικό πλαίσιο.

Θεώρησε ότι ο δείκτης σχεδίασης θα περιλαμβάνει ένα ελάχιστο επίπεδο αποδοτικότητας καυσίμου, σε σχέση με μια γραμμή αναφοράς, η οποία θα καθοριστεί με βάση την αποδοτικότητα (efficiency) του καυσίμου, για τα πλοία που παραδόθηκαν από το 1995 έως το 2005. Το πραγματικό ελάχιστο επίπεδο, καθώς και η συχνότητα με την οποία τα όρια θα γίνονται αυστηρότερα, ήταν μεταξύ των θεμάτων που θα εξέταζε η επόμενη MEPC τον Οκτώβριο 2008 (MEPC 58).

Η συνάντηση ενθάρρυνε τα κράτη μέλη και τις οργανώσεις παρατηρητές να δοκιμάσουν την αξιοπιστία του συμφωνηθέντος τύπου, με τη διενέργεια προσομοιώσεων και την υποβολή των αποτελεσμάτων στη MEPC 58. Με αυτά τα αποτελέσματα, η MEPC 58 θα έπρεπε να ήταν σε θέση να εγκρίνει το Δείκτη Σχεδίασης CO₂ για τα νέα πλοία και να συμφωνηθούν οι τελευταίες λεπτομέρειες.

Ο τύπος υπολογισμού του Δείκτη Εκπομπής του CO₂ πήρε την παρακάτω μορφή, όπως προτάθηκε από την αντιπροσωπεία της Δανίας²:

$$\text{Attained design CO}_2 \text{ Index} = \frac{\prod_{j=1}^M f_j \sum_{i=1}^{nME} C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \cdot P_{ME(i)} + \prod_{k=1}^L f_k \cdot \sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} \cdot SFC_{AEi} \cdot P_{AEi}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

² International Maritime Organization (IMO), 2008, Assigning an attained and a required design CO₂ index to a ship, GHW-WG 1/2/1.

2.6. 58^η Σύνοδος MEPC: 6 - 10 Οκτωβρίου 2008.

Η MEPC συζήτησε επιπλέον κατά πόσον τα μέτρα για τη μείωση ή τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, θα πρέπει να είναι υποχρεωτικά ή προαιρετικά για όλα τα κράτη μέλη.

Πολλές αντιπροσωπείες μίλησαν υπέρ της κοινής αλλά διαφοροποιημένης ευθύνης (Common But Differentiated Responsibility, CBDR), κατ' αρχήν στο πλαίσιο της UNFCCC. Κατά την άποψή τους, κάθε υποχρεωτικό καθεστώς με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία θα πρέπει να εφαρμοστεί μόνο για τις χώρες που απαριθμούνται στο παράρτημα Ι της UNFCCC.

Ωστόσο, αρκετές άλλες αντιπροσωπείες εξέφρασαν την άποψη ότι, λαμβάνοντας υπόψη την παγκόσμια εντολή του IMO, όσον αφορά την ασφάλεια των πλοίων και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις εκπομπές των πλοίων, το κανονιστικό πλαίσιο του IMO για το θέμα των αερίων θερμοκηπίου, θα πρέπει να ισχύσει για όλα τα πλοία, ανεξαρτήτως της σημαίας που φέρουν. Τονίστηκε ότι, καθώς τα τρία τέταρτα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου πλέον υπό σημαία των χωρών που δεν απαριθμούνται στο παράρτημα Ι της UNFCCC, οποιοδήποτε ρυθμιστικό καθεστώς για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία θα είναι αναποτελεσματικό για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, αν ισχύσει μόνο για τις χώρες του παραρτήματος Ι.

Ειδικότερα η επιτροπή μετονόμασε τον δείκτη μέτρηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των νέων πλοίων από «Δείκτη σχεδίασης CO₂» (Design CO₂ Index) σε «Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (Energy Efficiency Design Index, EEDI).

Παράλληλα ενέκρινε τη χρήση ενός σχεδίου προσωρινών κατευθυντήριων γραμμών, σχετικά με την μέθοδο υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI) των νέων πλοίων για πειραματική εφαρμογή, με στόχο την περαιτέρω διαμόρφωση και βελτίωση του.

Επιπλέον αποφάσισε να συνεχιστούν περαιτέρω οι σχετικές εργασίες σε μια ενδιάμεση συνάντηση στις αρχές του 2009, τα αποτελέσματα της οποίας θα υποβληθούν στη MEPC 59 τον Ιούλιο του ίδιου έτους.

Ο τύπος υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας, μετά από αριθμό προσθηκών και τροποποιήσεων πήρε την παρακάτω μορφή³:

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

2.7. Δεύτερη μεταξύ συνόδων συνεδρίαση της ομάδας Εργασίας Αερίων Θερμοκηπίου του IMO: 9 έως 13 Μαρτίου.

Στη δεύτερη, μεταξύ συνόδων, συνεδρίαση της ομάδας εργασίας του IMO για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στην ανάπτυξη μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στη διεθνή ναυτιλία και κατ' επέκταση στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η ομάδα εργασίας εξέτασε ένα μεγάλο αριθμό εγγράφων από τις κυβερνήσεις μέλη και τις οργανώσεις παρατηρητές, σχετικά με το πώς θα αυξηθεί η αποδοτικότητα των καυσίμων στον παγκόσμιο στόλο.

Ο κύριος στόχος ήταν η περαιτέρω βελτίωση του EEDI για τα νέα πλοία, με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε μέσω δοκιμαστικής εφαρμογής του, κατά τους τελευταίους έξι μήνες.

Η συνάντηση υπέβαλλε έκθεση με τα αποτελέσματα των εργασιών στην 59η σύνοδο της επιτροπή MEPC του IMO.

2.8. 59^η Σύνοδος MEPC: 13- 17 Ιουλίου 2009.

Η MEPC βοηθήθηκε στις εργασίες της από τα συμπεράσματα της Δεύτερης Μελέτης του IMO για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (Second IMO GHG Study on greenhouse gas emissions from ships, 2009).

Η επιτροπή συμφώνησε να κυκλοφορήσει ένα πακέτο ενδιάμεσων εθελοντικών τεχνικών και λειτουργικών μέτρων για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου (GHG) από τη διεθνή ναυτιλία.

³ International Maritime Organization (IMO), 2008, Report of the marine environment protection committee on its fifty-eighth session, MEPC 58/23 16.

Αναφορικά με τον Δείκτη Σχεδίαση Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI), τα μέτρα περιλάμβαναν ενδιάμεσες κατευθυντήριες γραμμές για:

- Τη μέθοδο υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίαση Ενεργειακής Αποδοτικότητας για νέα πλοία (Interim Guidelines on the method of calculation of the Energy Efficiency Design Index for new ships) (MEPC.1/Circ.681).
- Την εθελοντική επαλήθευση του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας για νέα πλοία (Interim guidelines for voluntary verification of the EEDI) (MEPC.1/Circ.682).

Τα συμφωνηθέντα μέτρα, προορίζονταν να χρησιμοποιηθούν για δοκιμαστικούς σκοπούς μέχρι την εξηκοστή σύνοδο της επιτροπής (MEPC 60) το Μάρτιο του 2010, όπου θα υποβάλλονταν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους για περαιτέρω κατάλληλη επεξεργασία, με σκοπό τη διευκόλυνση των αποφάσεων, σχετικά με το πεδίο εφαρμογής τους και την ψήφιση αυτών.

Ο τύπος υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας, πήρε την παρακάτω μορφή, η οποία αποτελεί και την σημερινή του μορφή⁴:

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

2.9. 60^η Σύνοδος MEPC: 22-26 Μαρτίου 2010.

Η επιτροπή αποφάσισε τα ακόλουθα, αναφορικά με τον EEDI:

- Εξέδωσε οδηγίες για των υπολογισμό των σχετικών γραμμών αναφοράς, με βάση τα δεδομένα των υφισταμένων πλοίων από την βάση δεδομένων του Loyds Register (LRF database).
- Συμφώνησε, παρά την διαφωνία αρκετών αντιπροσωπειών, να γίνει ο δείκτης EEDI υποχρεωτικός και να ενταχθεί στο Παράρτημα VI της MARPOL. Στο πλαίσιο αυτό συνέταξε ένα αρχικό σχέδιο τροπολογίας στο Παράρτημα VI της MARPOL, αναφορικά με τις απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων.

⁴International Maritime Organization (IMO), 2009, Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships, MEPC.1/Circ.681.

- Αναγνώρισε ότι είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν οδηγίες για να υποστηρίξουν το ρυθμιστικό πλαίσιο για επαλήθευση του EEDI, λαμβάνοντας υπόψη την εγκύκλιο MEPC.1/Circ.682.

- Αναγνώρισε ότι υφίστανται εκκρεμή ζητήματα αναφορικά με το μέγεθος των πλοίων, τις προβλεπόμενες ημερομηνίες και τα ποσοστά μείωσης σε σχέση με τις απαιτήσεις του EEDI.

2.10. 61^η Σύνοδος MEPC: 27 Σεπτεμβρίου- 01 Οκτωβρίου 2010.

Η σύνοδος, μετά από εξαντλητική συζήτηση, προετοίμασε τελικά ένα σύνολο κανονισμών για να κατασταθεί ο EEDI υποχρεωτικός, το οποίο υποστηρίχθηκε από την πλειοψηφία των απόψεων που εκφράστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής.

Η σύνοδος δεν πήρε καμία απόφαση αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο θα συνεχίσει περαιτέρω με το κείμενο αυτό, εξ αιτίας των διαφορών των απόψεων, παρά τις πολυάριθμες προσπάθειες να επιτευχθεί συναίνεση. Εντούτοις, το συμφωνηθέν κείμενο κυκλοφόρησε τον Νοέμβριο, κατά απαίτηση αριθμού μελών, με σκοπό την επίσημη υιοθέτηση του από την επόμενη σύνοδο (MEPC 62) τον Ιούλιο του 2011, σύμφωνα με το άρθρο 16.2 (α) της Συνθήκης Marpol 73/78.

Επιπλέον εκδόθηκαν οι παρακάτω οδηγίες:

- Υπολογισμού των γραμμών αναφοράς, για τη χρήση τους με τον EEDI, με βάση τον μέσο όρο του EEDI των υπαρχόντων πλοίων.

- Επιθεώρησης και πιστοποίησης του EEDI, οι οποίες αντικατέστησαν τις οδηγίες της εγκυκλίου MEPC.1/ Circ. 682.

- Υπολογισμού του EEDI.

2.11. 62^η Σύνοδος MEPC: 11- 15 Ιουλίου 2011.

Αναφορικά με τον δείκτη EEDI η σύνοδος αποφάσισε την τροποποίηση του παραρτήματος VI της MARPOL καθιστώντας τον δείκτη EEDI υποχρεωτικό. Η επιτροπή κατέβαλλε επίπονες προσπάθειες, μέσω των επίσημων και ανεπίσημων συναντήσεων, για την έγκριση της αναθεώρησης στο παράρτημα VI της MARPOL μέσω συναίνεσης αντί της ψηφοφορίας. Παρά το ουσι-

αστικό έργο, έγινε ψηφοφορία, η οποία οδήγησε σε 48 ναι και 5 κατά, από τα παρευρισκόμενα μέλη του παραρτήματος VI της MARPOL.

Η ημερομηνία έναρξης της ισχύος της σχετικής απαίτησης του EEDI καθορίσθηκε η 1η Ιανουαρίου 2013, ενώ οι τύποι των πλοίων, τα ποσοστά μείωσης κλπ παρέμειναν τα ίδια, όπως είχαν συμφωνηθεί στην προηγούμενη MEPC.

Εκτελέστηκαν δύο βασικές προσθήκες στο προτεινόμενο κείμενο του παραρτήματος VI της MARPOL. Η μία αφορά τη μεταφορά τεχνολογίας, που σχετίζεται με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων, για τα κράτη που το ζητούν. Η δεύτερη σχετίζεται με την δυνατότητα αναστολής της εφαρμογής της σχετικής απαίτησης για τέσσερα χρόνια, ήτοι μέχρι τον Ιανουάριο 2017, για όποια Αρχή (σημαία) επιθυμεί.

Επιπλέον συμφωνήθηκε ένα πρόγραμμα εργασιών σχετικά με την ανάπτυξη ενός πλαισίου εργασιών για τα πλοία, τους τύπους, τα μεγέθη και τα συστήματα πρόωσης που δεν καλύπτονται από τις σημερινές απαιτήσεις EEDI, καθώς και η ανάπτυξη των υπόλοιπων κατευθυντήριων γραμμών για τον υπολογισμό του EEDI.

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΕΔΙ/ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ⁵

Ο τελικός τύπος υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας, ο οποίος πήρε την τελική του μορφή στην ΜΕΡC 59, είναι ο ακόλουθος:

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

* Εάν ένα μέρος από τη μέγιστη συνήθης βοηθητική ισχύς εν πλω παρέχεται από γεννήτριες άξονα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η SFC_{ME} αντί της SFC_{AE} , για αυτό το μέρος της ισχύος.

Η αναλυτική επεξήγηση των συμβόλων/ όρων του εν λόγω τύπου αναφέρονται κατωτέρω:

α. C_F : είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου, μετρημένης σε γραμμάρια (gr) και των εκπομπών CO_2 , μετρημένων επίσης σε γραμμάρια (gr), βασισμένα στην περιεκτικότητα του άνθρακα. Οι δείκτες $ME_{(i)}$ και $AE_{(i)}$ αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες μηχανές και στις βοηθητικές μηχανές. Ο συντελεστής C_F αντιστοιχεί στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο, που αναγράφεται στο εφαρμοζόμενο πιστοποιητικό “Engine International Air Pollution Prevention Certificate” (EIAPP). Η τιμή του C_F είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Τύπος καυσίμου	Παραπομπή	Περ/τα Άνθρακα	C_F (t- CO_2 /t- Fuel)
1. Ντήζελ/ Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0,875	3,206000
2. Ελαφρύ Πετρέλαιο (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0,86	3,151040
3. Βαρύ πετρέλαιο (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0,85	3,114400
4. Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG)	Προπάνιο Βουτάνιο	0,819 0,817	3,000000 3,030000
5. Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)		0,75	2,750000

⁵ International Maritime Organization (IMO), 2010, Report of the outcome of the Intersessional Meeting of the Working Group on Energy Efficiency Measures for Ships, ΜΕΡC 61/5/3 7

β. V_{ref} : είναι η ταχύτητα του πλοίου, μετρούμενη σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (knot), σε βαθύ νερό, στη μέγιστη κατάσταση φόρτωσης (capacity), όπως ορίζεται στην κατωτέρω υποπαράγραφο (γ), στην ισχύ άξονα των μηχανών, όπως ορίζεται στην κατωτέρω υποπαράγραφο (ε), υποθέτοντας γαλήνη, απουσία ανέμου και κυμάτων. Η μέγιστη κατάσταση φόρτωσης ορίζεται στο μέγιστο βύθισμα και στην αντίστοιχη διαγωγή, στην οποία το πλοίο είναι σχεδιασμένο να επιχειρεί. Τα στοιχεία αυτά παίρνονται από το Εγχειρίδιο Ευστάθειας.

γ. Capacity (χωρητικότητα) : ορίζεται ως ακολούθως:

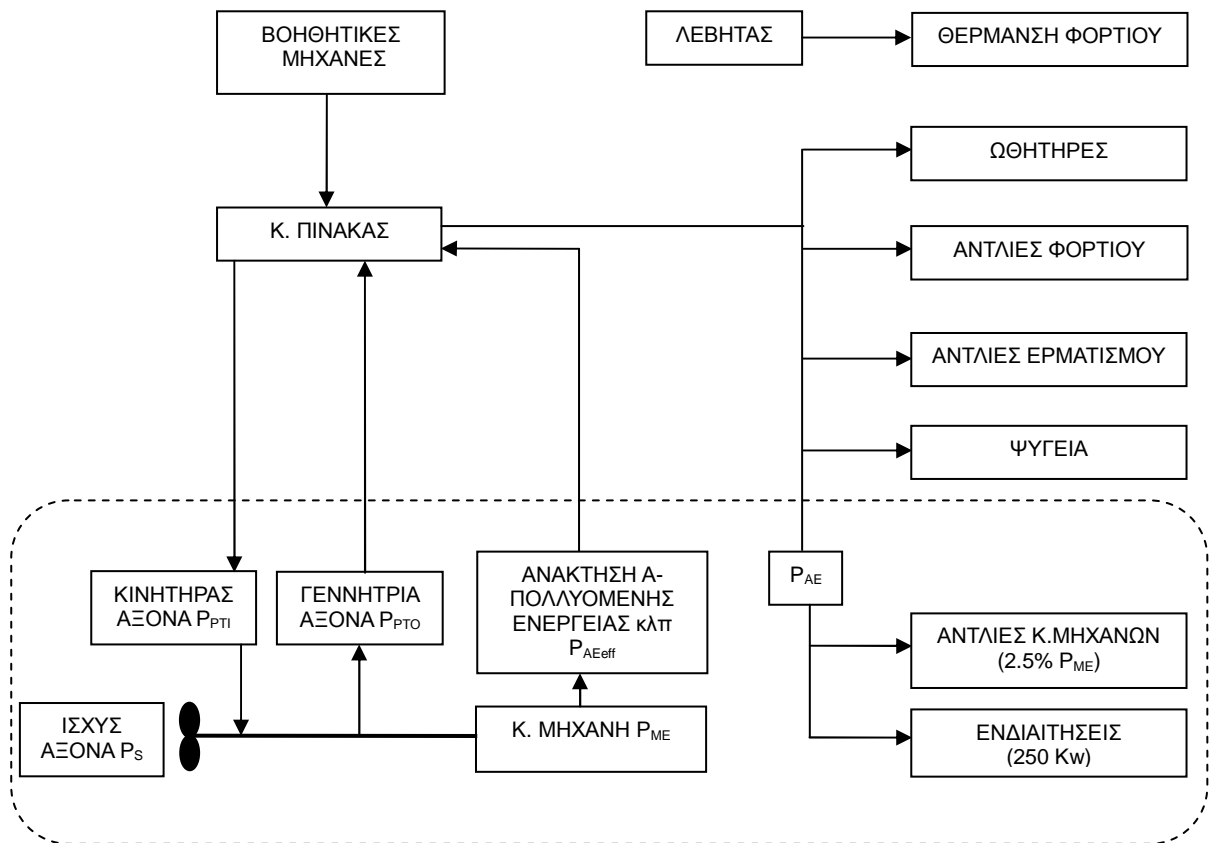
(1). Για πλοία ξηρού φορτίου, δεξαμενόπλοια, δεξαμενόπλοια αερίου, πλοία μεταφοράς τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων (containership), ro-ro και πλοία γενικού φορτίου, το πρόσθετο βάρος (DWT).

(2). Για επιβατηγά πλοία και ro-ro επιβατηγά, η ολική χωρητικότητα (gross tonnage), σύμφωνα με την Διεθνή Συνθήκη Μέτρησης Ολικής Χωρητικότητας Πλοίων του 1969, Παράρτημα Ι, κανονισμός 3.

(3). Για τα πλοία μεταφοράς τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων (containership) η παράμετρος *Capacity* , θα λαμβάνεται ως το 70% του πρόσθετου βάρους (DWT).

δ. Πρόσθετο βάρος (deadweight): είναι η διαφορά, σε τόνους, μεταξύ του εκτοπίσματος ενός πλοίου, σε νερό με πυκνότητα $1,025 \text{ kg/m}^3$, στο μεγαλύτερο βύθισμα λειτουργίας και του βάρους κενού σκάφους του πλοίου (lightweight).

ε. P : είναι η ισχύς των κύριων και βοηθητικών μηχανών, μετρούμενη σε KW. Οι δείκτες *ME* και *AE* αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες και στις βοηθητικές μηχανές. Το άθροισμα *i* είναι για όλες τις μηχανές, με αριθμό μηχανών (*nME*).



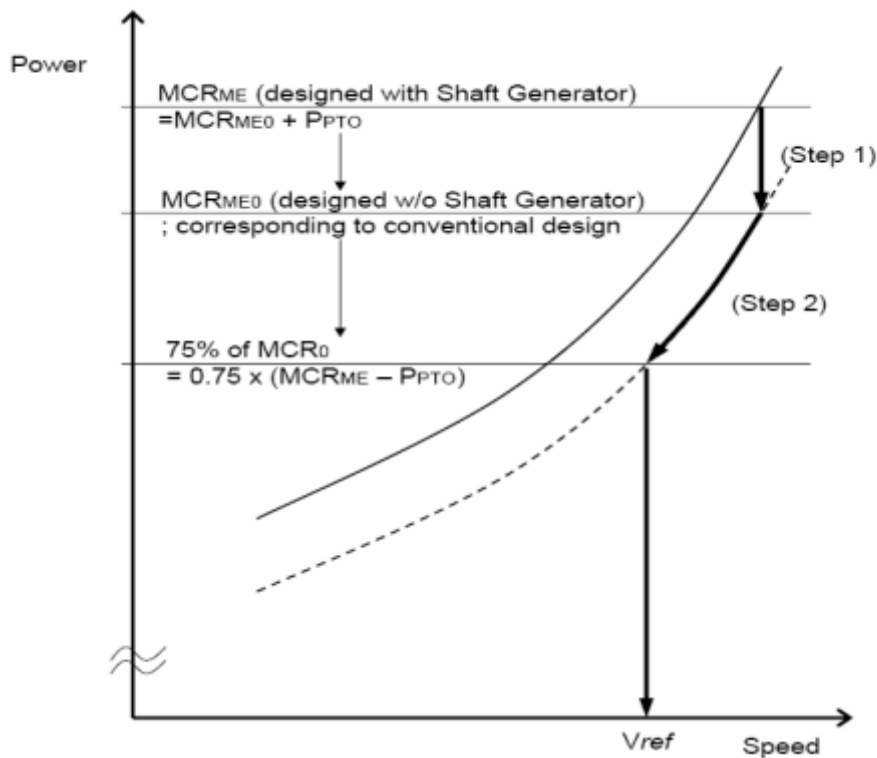
Εικόνα 8: Μια γενική και απλοποιημένη διάταξη προώσεως πλοίου [26]

(1). $P_{ME(i)}$: είναι το 75% της ορισμένης (rated) εγκατεστημένης ισχύος (MCR) για κάθε κύρια μηχανή (i), μετά την αφαίρεση της ισχύος οποιασδήποτε εγκατεστημένης στον άξονα γεννήτριας:

$$P_{ME(i)} = 0,75 \times (MCR_{MEi} - P_{PToi})$$

Η τιμή της ισχύος $P_{ME(i)}$, όμως σε καμιά περίπτωση δεν θα είναι μικρότερη από το 75% της ισχύος που το σύστημα προώσεως είναι ικανό να προσδώσει μέσω της έλικας.

Η επόμενη εικόνα δείχνει τον υπολογισμό της $P_{ME(i)}$



Εικόνα 9: Υπολογισμός της Ισχύος $P_{ME(i)}$

(2). $\underline{P_{PTO(i)}}$: είναι το 75% της ισχύος εξόδου της κάθε εγκατεστημένης γεννήτριας άξονα, διαιρούμενης με τη σχετική απόδοση αυτής.

(3). $\underline{P_{PTI(i)}}$: είναι το 75% της ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος του κάθε κινητήρα άξονα, διαιρούμενο με τη σταθμισμένη μέση απόδοση της(ων) γεννήτριας(ων).

Σε περίπτωση συνδυασμού Βοηθητικής Εισόδου Ισχύος (PTI)/ Βοηθητικής Εξόδου Ισχύος (PTO), ο κανονικός τρόπος λειτουργίας εν πλω προσδιορίζει ποιά από τις δύο θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό.

(4). $\underline{P_{eff(i)}}$: είναι το 75% της μείωσης της ισχύος της κ. μηχανής, εξαιτίας της ύπαρξης καινοτόμων τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας. Μηχανικώς ανακτώμενη, απολυόμενη ενέργεια, απευθείας συνδεδεμένη με τους άξονες δεν πρέπει να υπολογίζεται.

(5). $\underline{P_{AEff(i)}}$: είναι η μείωση της βοηθητικής ισχύος, εξαιτίας της ύπαρξης καινοτόμων ηλεκτρολογικών τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας.

(6). $\underline{P_{AE}}$: είναι η απαιτούμενη ισχύς της βοηθητική μηχανής, για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για τα συστήματα πρόωσης και ενδιαιτήσεων, πχ αντλίες της κύριας μηχανής, συστήματα και συσκευές ναυσιπλοΐας και οικιακές συσκευές, αλλά εξαιρούμενης της ισχύος των μηχανημάτων που δεν σχετίζονται με την πρόωση, πχ ωθητήρες, αντλίες φόρτου, αντλίες έρματος, συσκευές συντήρησης φορτίου, όπως ψυκτικές και ανεμιστήρες αμπαριών, στην κατάσταση όπου το πλοίο ταξιδεύει με ταχύτητα (V_{reff}) στην σχεδιαστική κατάσταση φόρτωσης (Capacity).

- Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύς κύριας μηχανής μεγαλύτερη από 10.000 KW η ισχύς P_{AE} ορίζεται ως ακολούθως:

$$P_{AE(MCRME>10000KW)} = \left(0,025 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} \right) + 250$$

- Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύς κύριας μηχανής μικρότερη από 10.000 KW η ισχύς P_{AE} ορίζεται ως ακολούθως:

$$P_{AE(MCRME<10000KW)} = 0,05 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi}$$

- Για πλοία όπου η υπολογιζόμενη, με τους αναφερόμενους ανωτέρω τύπους, είναι αρκετά διαφορετική από τη συνολική ισχύς P_{AE} που χρησιμοποιείται για τον συνήθη πλου του πλοίου, πχ στην περίπτωση επιβατηγών πλοίων, η τιμή της ισχύς P_{AE} πρέπει να υπολογίζεται από την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια (εξαιρούμενης της ενέργειας πρόωσης) στην κατάσταση εν πλω με τη ταχύτητα αναφοράς (V_{reff}), όπως δίνεται στους πίνακες ηλεκτρικής ισχύος, διαιρούμενη με την σταθμισμένη μέση αποδοτικότητα των γεννητριών.

στ. Τα μεγέθη V_{ref} , $Capacity$ και P πρέπει να σχετίζονται μεταξύ τους (αυτό σημαίνει ότι, όταν υπολογίζεται ο EEDI, μια πλήρης έκθεση δοκι-

μών μοντέλου του πλοίου πρέπει να είναι διαθέσιμη για χρήση, αντί των γενικών στοιχείων του πλοίου).

ζ. SFC : είναι η πιστοποιημένη ειδική κατανάλωση πετρελαίου των μηχανών, μετρούμενη σε g/kWh. Οι δείκτες $ME_{(i)}$ και $AE_{(i)}$ αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες μηχανές και στις βοηθητικές μηχανές. Για τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί για κύκλο λειτουργίας E2 ή E3 του Τεχνικού Κώδικα NO_x 2008, η ειδική κατανάλωση αυτών ($SFC_{ME(i)}$) είναι η καταγεγραμμένη στον τεχνικό φάκελο του πιστοποιητικού EIAPP, στο 75% του MCR της ισχύος ή ονομαστικής ροπής. Για τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί για κύκλο λειτουργίας D2 ή C1 του Τεχνικού Κώδικα NO_x 2008, η ειδική κατανάλωση αυτών ($SFC_{ME(i)}$) είναι η καταγεγραμμένη στον τεχνικό φάκελο του πιστοποιητικού EIAPP, στο 50% του MCR της ισχύος ή της ονομαστικής ροπής.

Για πλοία όπου η βοηθητική ισχύς P_{AE} , υπολογιζόμενη με τους αναφερόμενους ανωτέρω τύπους, είναι αρκετά διαφορετική από τη συνολική βοηθητική ισχύς που χρησιμοποιείται για το συνήθη πλοιο του πλοίου, πχ στην περίπτωση συμβατικών επιβατηγών πλοίων, η ειδική κατανάλωση των γεννητριών ($SFC_{ME(i)}$) είναι η καταγεγραμμένη στο πιστοποιητικό EIAPP, στο 75% της μέγιστης συνεχόμενης ισχύος P_{AE} στην ονομαστική της ροπή.

SFC_{AE} , είναι ο σταθμισμένος κατασκευαστικός μέσος ανάμεσα στις $SFC_{AE(i)}$, των αντίστοιχων βοηθητικών μηχανών πλήθους i .

Για τις μηχανές που δεν έχουν πιστοποιητικό EIAPP, επειδή η ισχύς τους είναι κάτω από 130 kW, πρέπει να χρησιμοποιείται η SFC που εκτιμάται από τον κατασκευαστή και επικυρώνεται από κατάλληλη αρχή.

η. f_j : είναι ένας συντελεστής διόρθωσης για να λάβει υπόψη τα ειδικά σχεδιαστικά στοιχεία.

(1). Ο συντελεστής διόρθωσης της ισχύος f_j για ice- classed πλοία, πρέπει να λαμβάνεται ως η μεγαλύτερη τιμή από τα f_{j0} και $f_{j,min}$ του πίνακα 1, αλλά όχι μεγαλύτερος από $f_{j,max} = 1.0$.

Ο συντελεστής διόρθωσης f_j για πλοία ice- classed προσδιορίζεται από τον παρακάτω τυποποιημένο πίνακα 3.

Πίνακας 3: Συντελεστής διόρθωσης f_j για πλοία ice- classed

Τύπος πλοίου	f_{j0}	$f_{j,min}$ σε συνάρτηση με την κατηγορία ice- class			
		IC	IB	IA	IA Super
Δεξαμ/πλοιο	$\frac{0,516 \cdot L_{PP}^{1,87}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,72 \cdot L_{PP}^{0,06}$	$0,61 \cdot L_{PP}^{0,08}$	$0,50 \cdot L_{PP}^{0,10}$	$0,40 \cdot L_{PP}^{0,12}$
Μεταφοράς Ξηρού Φορτίου	$\frac{2,150 \cdot L_{PP}^{1,58}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,89 \cdot L_{PP}^{0,02}$	$0,78 \cdot L_{PP}^{0,04}$	$0,68 \cdot L_{PP}^{0,06}$	$0,58 \cdot L_{PP}^{0,08}$
Πλοίου Γενικού Φορτίου	$\frac{0,0450 \cdot L_{PP}^{2,37}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,85 \cdot L_{PP}^{0,03}$	$0,70 \cdot L_{PP}^{0,06}$	$0,54 \cdot L_{PP}^{0,10}$	$0,39 \cdot L_{PP}^{0,15}$

Για άλλους τύπους πλοίων ο f_j λαμβάνεται ίσος με 1,0.

(2). Ο συντελεστής διόρθωσης f_j για δεξαμενόπλοια «shuttle» με «Περιθώριο ισχύος» (propulsion redundancy) πρέπει να είναι $f_j = 0,77$. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται σε δεξαμενόπλοια «shuttle» με «Περιθώριο Ισχύος» μεταξύ 80.000 και 160.000 DWT. Δεξαμενόπλοια «Shuttle» είναι αυτά που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο από υπεράκτιους τομείς σε παράκτιους αποθηκευτικούς χώρους. Είναι αρκετά διαφορετικά από τα συνήθη πετρελαιοφόρα, με πολύ μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ. Δεν καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις, είναι εξοπλισμένα με δυναμικά συστήματα εντοπισμού θέσης και έχουν σχεδιαστεί για πολύπλοκες επιχειρήσεις σε θαλασσοταραχή. Είναι εξοπλισμένα με δύο μηχανές και με δύο έλικες, για να πληρούν τις απαιτήσεις των χαρακτηριστικών κλάσης για «Δυναμική Τοποθέτηση» και «Περιθώριο ισχύος». Για άλλους τύπους πλοίων, ο f_j πρέπει να λαμβάνεται ως 1,0.

θ. $\underline{f_w}$: είναι ένας αδιάστατος συντελεστής, ο οποίος δείχνει τη μείωση της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας, αναφορικά με το ύψος και τη συχνότητα κύματος και την ταχύτητα ανέμου (π.χ. κλίμακα Beaufort 6) και πρέπει να προσδιορίζεται ως ακολούθως:

(1). Εκτελώντας προσομοίωση της συμπεριφοράς του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας. Η μέθοδος προσομοίωσης θα προδιαγραφεί από οδηγία που θα εκδοθεί από τον IMO και η μέθοδος και το αποτέλεσμα για κάθε μεμονωμένο πλοίο θα επιβεβαιώνονται από την Αρχή (σημαία) ή από οργάνωση αναγνωρισμένη από αυτή.

(2). Στην περίπτωση που δεν εκτελείται προσομοίωση, ο συντελεστής f_w πρέπει να λαμβάνεται από τον πίνακα/ καμπύλη «τυποποιημένου f_w ». Ένας πίνακας/ καμπύλη «τυποποιημένου f_w », ο οποίος θα περιέχεται στις οδηγίες, θα δίνεται ανά τύπο πλοίου και θα εκφράζεται ως συνάρτηση της παραμέτρου "Capacity". Ο πίνακας/ καμπύλη «τυποποιημένου f_w » προσδιορίζεται με συντηρητική προσέγγιση, πχ βασίζεται σε δεδομένα πραγματικής μείωσης της ταχύτητας, για όσα περισσότερα υφιστάμενα πλοία είναι δυνατόν, κάτω από αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας.

(3). Ο συντελεστής f_w θα λαμβάνεται ίσος με ένα (1) μέχρι οι ειδικές οδηγίες για την προσομοίωση (ανωτέρω υποπαράγραφος θ(1)) ή ο πίνακας/ καμπύλη f_w (ανωτέρω υποπαράγραφος θ(2)) είναι διαθέσιμες.

ι. $\underline{f_{eff(i)}}$: είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας κάθε καινοτόμου τεχνολογίας ενεργειακής αποδοτικότητας. Για συστήματα μετατροπής της απολυόμενης ενέργειας, ο $\underline{f_{eff(i)}}$ πρέπει να είναι ένα (1).

ια. $\underline{f_i}$: είναι ο συντελεστής χωρητικότητας για κάθε τεχνικό/ κανονιστικό περιορισμό της χωρητικότητας και μπορεί να υποτεθεί ως ένα (1), εάν καμία ανάγκη για τον παράγοντα δεν ανακύπτει.

(1). Ο συντελεστής διόρθωσης της χωρητικότητας (capacity) f_i για ice- classed πλοία, πρέπει να λαμβάνεται ως η μικρότερη τιμή από τα f_{i0} και $f_{i,max}$ του πίνακα 4, αλλά όχι μικρότερος από $f_{i,min} = 1.0$.

(2). Ο συντελεστής f_i για πλοία που έχουν ειδικές εθελοντικές δομικές ενισχύσεις, επιβεβαιωμένες από τον ελεγκτή, είναι ίσος με πηλίκο:

$$(DWT \text{ πριν την ενίσχυση}) / (DWT \text{ μετά την ενίσχυση})$$

Ο συντελεστής αυτός θα λαμβάνεται ίσος με 1.0, μέχρι να εκδοθούν σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες από τον IMO.

• Το «DWT πριν την ενίσχυση» είναι το DWT πριν την εφαρμογή της δομικής ενίσχυσης. Το «DWT μετά την ενίσχυση» είναι το DWT, που προκύπτει από την εφαρμογή του επιβεβαιωμένου βάρους του επιπλέον χάλυβα της δομικής ενίσχυσης.

Ο f_i για ice- classed πλοία προσδιορίζεται από τον τυποποιημένο f_i του πίνακα 4.

Πίνακας 4: Συντελεστής χωρητικότητας για ice- classed πλοία

Τύπος πλοίου	f_{i0}	$f_{i,max}$ σε συνάρτηση με την κατηγορία ice-class			
		IC	IB	IA	IA Super
Δεξαμ/πλοιο	$\frac{0,00115 \cdot L_{PP}^{3,36}}{capacity}$	$1,31 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,54 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,80 \cdot L_{PP}^{-0,09}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,11}$
Μεταφοράς Ξηρού Φορτίου	$\frac{0,000665 \cdot L_{PP}^{3,4}}{capacity}$	$1,31 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,54 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,80 \cdot L_{PP}^{-0,09}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,11}$
Πλοίου Γενικού Φορτίου	$\frac{0,000676 \cdot L_{PP}^{3,4}}{capacity}$	1,0	1,08	1,12	1,25
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	$\frac{0,1749 \cdot L_{PP}^{2,29}}{capacity}$	1,0	$1,25 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,60 \cdot L_{PP}^{-0,08}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,1}$
Δεξαμενόπλοια αερίου	$\frac{0,1749 \cdot L_{PP}^{2,33}}{capacity}$	$1,25 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,60 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,1}$	1,0

Για πλοία άλλου τύπου ο f_i λαμβάνεται ίσος με 1.

ια. L_{pp} : είναι το μήκος μεταξύ καθέτων, το οποίο ορίζεται ως το 96% του συνολικού μήκους της ισάλου γραμμής στο 85% του ελαχίστου βυθίσματος γάστρας, μετρούμενο από το άνω μέρος της τρόπιδας, ή το μήκος, αυτής της ισάλου, μετρούμενο από το εμπρόσθιο μέρος της στείρας μέχρι τον άξονα του πηδαλίου, οποιοδήποτε είναι μεγαλύτερο. Για πλοία, τα οποία έχουν σχεδιαστεί με κλίση της τρόπιδας η ίσαλος γραμμή πάνω στην οποία μετράται αυτή η απόσταση πρέπει να είναι παράλληλη στην ίσαλο σχεδίασης. Το μήκος μεταξύ καθέτων L_{pp} μετράται σε μέτρα.

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ ΕΕΔΙ⁶.

4.1. Ορισμός των γραμμών αναφοράς.

Η γραμμή αναφοράς ορίζεται ως μια καμπύλη που αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή του δείκτη, βασισμένη σε ένα σύνολο επιμέρους τιμών του δείκτη για μια καθορισμένη ομάδα πλοίων.

Μια γραμμή αναφοράς έχει αναπτυχθεί, για κάθε τύπο πλοίου, εξασφαλίζοντας ότι μόνο δεδομένα από συγκρίσιμα πλοία περιλαμβάνονται στον υπολογισμό της κάθε γραμμή αναφοράς.

Η τιμή γραμμή αναφοράς είναι συνάρτηση της χωρητικότητας του πλοίου, και δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\text{γραμμή αναφοράς} = a \cdot \text{χωρητικότητα}^{-c},$$

Τα a και c είναι σταθερές, που προσδιορίζονται από την προσαρμογή της καμπύλης παλινδρόμησης.

Σημειώνεται ότι η μορφή της γραμμής αναφοράς δεν έχει καθορισθεί για τα επιβατηγά οχηματαγωγά καθώς και για τα πλοία με αντισυμβατική πρόωση.

Τα δεδομένα εισόδου για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς φιλτράρονται μέσω μιας διαδικασίας, όπου τα στοιχεία που αποκλίνουν περισσότερο από δύο τυπικές αποκλίσεις από τη γραμμή παλινδρόμησης απορρίπτονται. Η παλινδρόμηση εφαρμόζεται στη συνέχεια και πάλι για να δημιουργήσει μια διορθωμένη γραμμή αναφοράς.

4.2. Προέλευση Δεδομένων.

Για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από υπάρχοντα πλοία, άνω των 400 GT, τα οποία έχουν παραδοθεί κατά την περίοδο από 1η Ιανουαρίου 1999 μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2009, από τη βάση δεδομένων του Lloyd's Register Fairplay (IHSF).

⁶ International Maritime Organization (IMO), Report of the Working Group on Energy Efficiency Measures for Ships, MEPC 61/WP.10 Annex 2.

Για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς των πλοίων με συμβατικά συστήματα πρόωσης, χρησιμοποιήθηκαν, από τη βάση δεδομένων δεδομένων IHSF, τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η χωρητικότητα των πλοίων για τον υπολογισμό της «Χωρητικότητας» (capacity).
- Η συνήθης ταχύτητα των πλοίων για τον υπολογισμό της ταχύτητας αναφοράς V_{ref} .
- Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύ για τον υπολογισμό της $P_{ME(i)}$.

Για τα επιβατηγά πλοία και τα επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία με συμβατική πρόωση, η συνολική εγκατεστημένη βοηθητική ισχύ πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της σχετικής γραμμής αναφοράς.

Για ορισμένα πλοία, ορισμένες καταχωρήσεις δεδομένων μπορεί να είναι κενές ή να έχουν μηδενική τιμή στη βάση δεδομένων. Σύνολα δεδομένων με κενό την ισχύ, τη χωρητικότητα ή την ταχύτητα, πρέπει να αφαιρούνται από τον υπολογισμό της γραμμής αναφοράς. Για λόγους μελλοντικών αναφορών, τα πλοία που παραλείπονται θα πρέπει να παρατίθενται στον κατάλογο με τον αριθμό IMO τους.

Κατά τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς, τα επιβατηγά και τα επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία, με ταχύτητα αναφοράς κάτω των 15 κόμβων θα πρέπει να αφαιρούνται από τους υπολογισμούς. Για λόγους μελλοντικών αναφορών, τα πλοία που παραλείπονται θα πρέπει να παρατίθενται στον κατάλογο με τον αριθμό IMO τους.

4.3. Υπολογισμός των γραμμών αναφοράς.

Ο υπολογισμός της γραμμής αναφοράς βασίζεται στην τιμή του δείκτη για κάθε μεμονωμένο πλοίο, που περιλαμβάνονται στο σύνολο των πλοίων, ανά τύπο πλοίου. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού υπολογίζεται με βάση τις ακόλουθες υποθέσεις:

(1). Ο συντελεστής εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι σταθερός για όλους τους κινητήρες, δηλαδή:

$$C_{F,ME} = C_{F,AE} = C_F = 3,1144 \text{ gCO}_2/\text{g fuel}.$$

(2). Η ειδική κατανάλωση καυσίμου για όλους τους τύπους πλοίων είναι σταθερή για όλους τους κύριους κινητήρες, δηλαδή

$$SFC_{ME} = 190 \text{ g/kWh}$$

(3). $P_{ME(i)}$ είναι η εγκατεστημένη κύρια ισχύ όπως ορίστηκε στην ανωτέρω παράγραφο 3 ε(1).

(4). Η ειδική κατανάλωση καυσίμου για όλους τους τύπους πλοίων είναι σταθερή για όλα τα βοηθητικές μηχανές, δηλαδή $SFC_{AE} = 215 \text{ g/kWh}$.

(5). P_{AE} είναι η εγκατεστημένη βοηθητική ισχύς και για τα φορτηγά πλοία υπολογίζεται σύμφωνα με την ανωτέρω παράγραφο 4.1 ε(6). Για τα επιβατηγά πλοία, με συμβατικά συστήματα πρόωσης, η P_{AE} υπολογίζεται ως η συνολική εγκατεστημένη βοηθητική ισχύς, σύμφωνα με τις πληροφορίες της βάσης δεδομένων IHSF, πολλαπλασιασμένη επί 0,35.

(6). Όλοι οι συντελεστές διόρθωσης f_j , f_i και f_w λαμβάνονται ίσοι με 1.

(7). Οι πρωτοποριακές μηχανικές τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας, κινητήρες αξόνων και άλλες καινοτόμες και ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, εξαιρούνται από τον υπολογισμό της γραμμής αναφοράς, δηλαδή $P_{AEeff} = 0$, $P_{PTI} = 0$, $P_{eff} = 0$.

(8). Η εξίσωση για τον υπολογισμό της τιμής του δείκτη για κάθε πλοίο καταλήγει να είναι η εξής:

$$\text{Εκτιμώμενη Τιμή δείκτη} = 3.1144 \cdot \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + 215 \cdot P_{AE}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

4.4. Σταθερές Υπολογισμού των Γραμμών Αναφοράς.

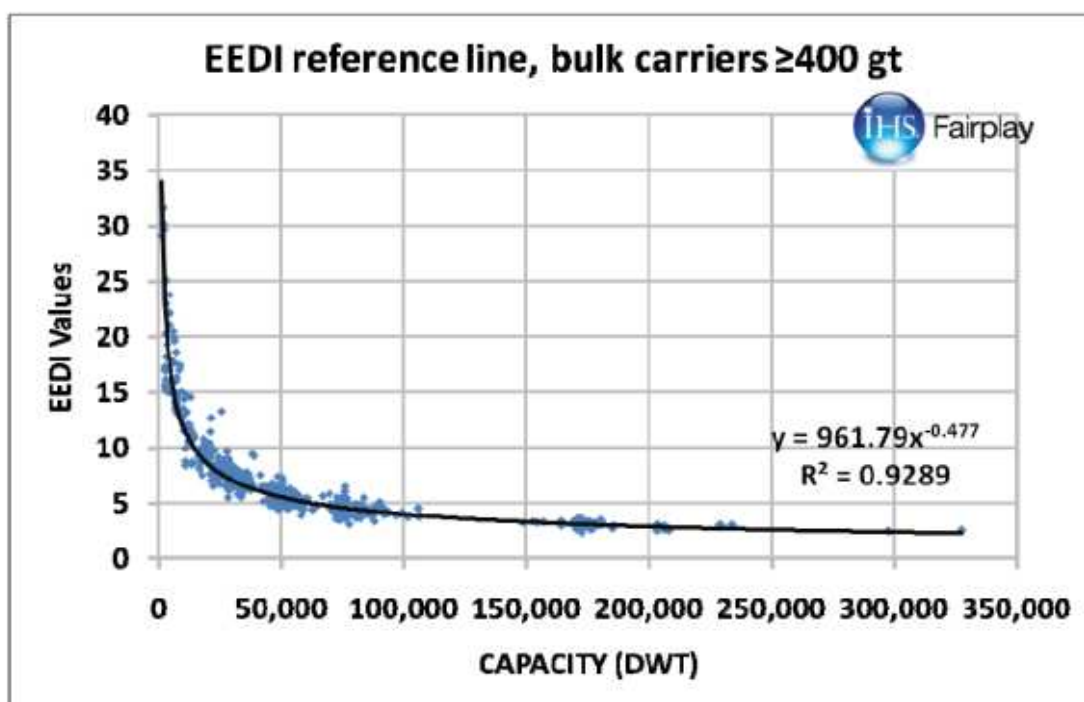
Οι σταθερές υπολογισμού α και c των γραμμών αναφοράς, ανά τύπο πλοίου, δίδονται στον παρακάτω πίνακα 5⁷. Στον ίδιο πίνακα φαίνεται ο συσχετίση R, ο αριθμός του δείγματος των πλοίων και ο αριθμός των πλοίων που έχουν εξαιρεθεί :

⁷ International Maritime Organization (IMO), 2011, Report of the marine environment protection committee on its sixty-second session, MEPC 62/24/Add.1

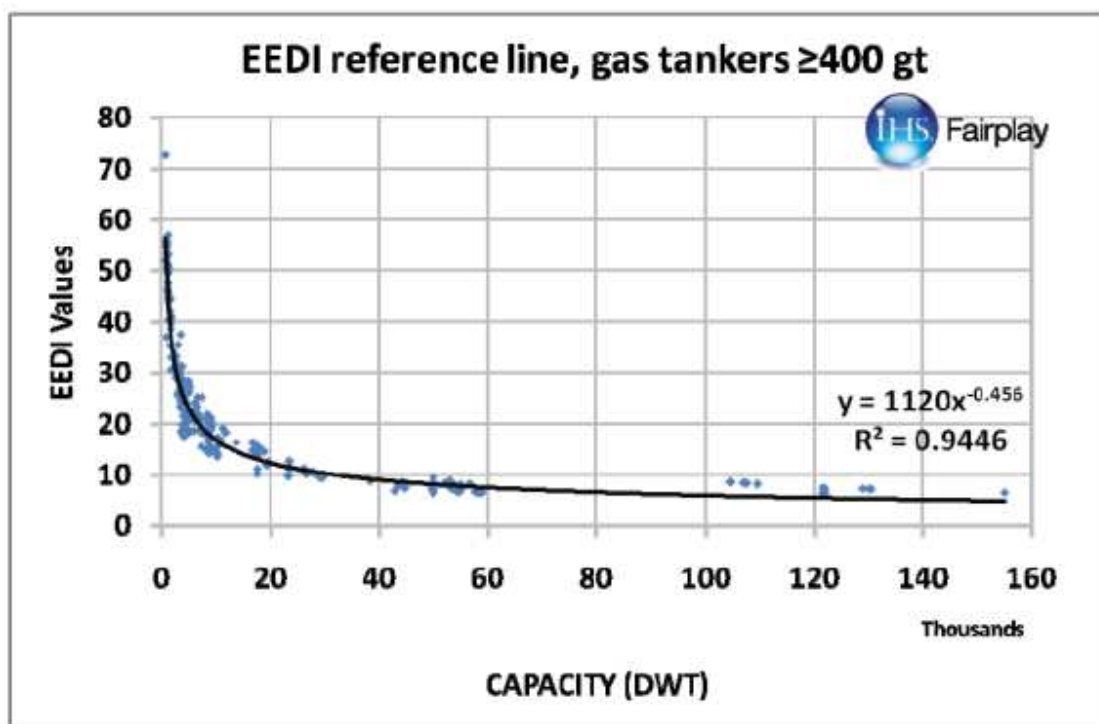
Πίνακας 5: Τιμές παραμέτρων α και c για τον υπολογισμό των τιμών των γραμμών αναφοράς, ανά τύπο πλοίου

Τύπος Πλοίου	Μέγεθος Πλοίου	Σταθερές		R ²	Αριθμός Δείγματος	Αριθμός Εξαιρούμενων
		a	c			
Μεταφοράς Φορτίου Χύδην	≥400 GT	961.79	0.477	0.9289	2512	16
Δεξαμενόπλοια αερίου	≥400 GT	1120.00	0.456	0.9446	354	0
Δεξαμενόπλοια	≥400 GT	1218.80	0.488	0.9574	3655	14
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	≥400 GT	174.22	0.200	0.6191	2406	32
Πλοία Γενικού Φορτίου	≥400 GT	107.48	0.216	0.3344	2086	47
Πλοία Μεταφοράς Κατεψυγμένου Φορτίου	≥400 GT	227.01	0.244	0.5130	61	1
Πλοία Συνδυασμένου Φορτίου	≥400 GT	1219.00	0.488	0.9575	6	0

Οι γραφικές παραστάσεις των γραμμών αναφοράς φαίνονται παρακάτω⁸:

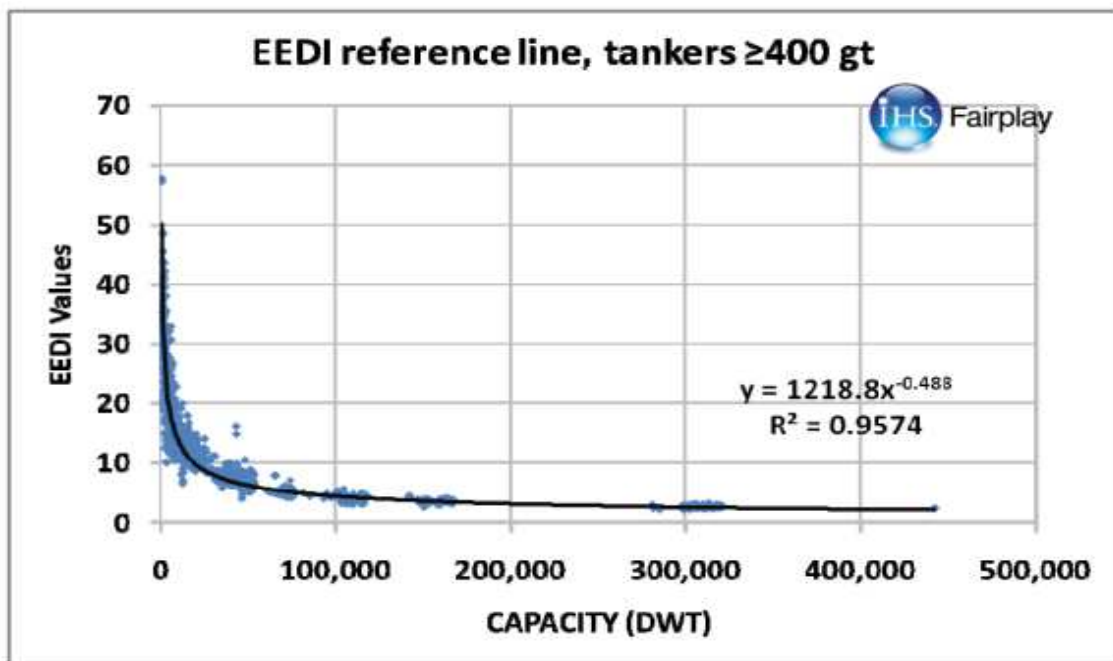


Εικόνα 10: Γραμμή Αναφοράς Πλοίων Μεταφοράς Φορτιού Χύδην

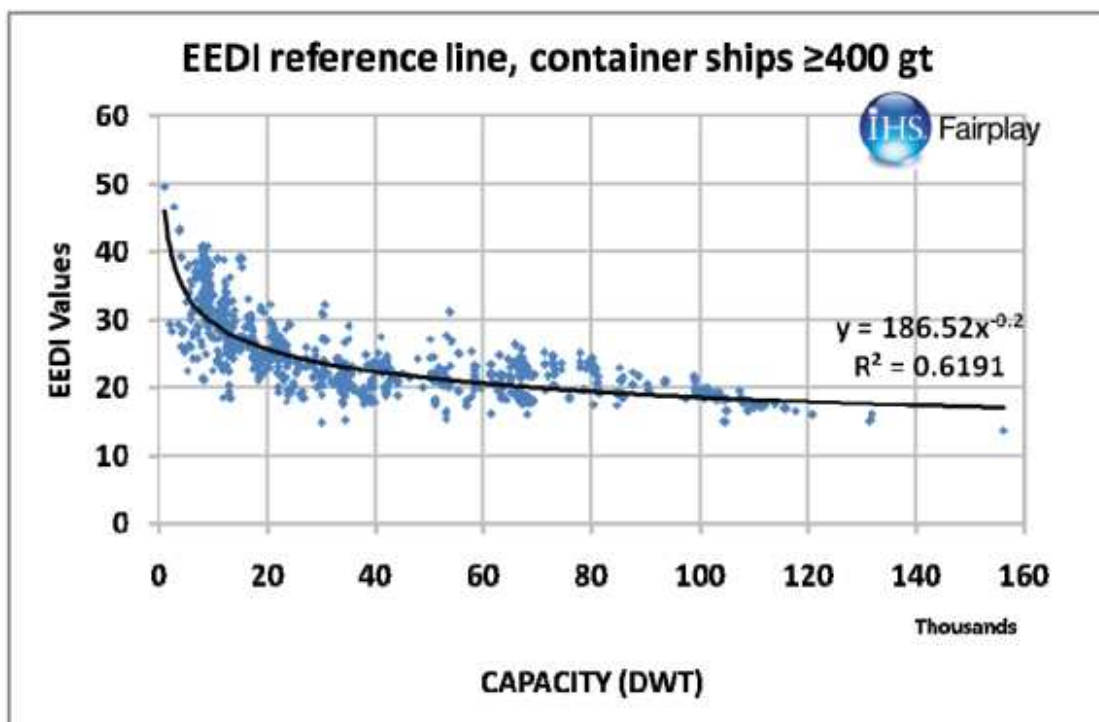


Εικόνα 11: Γραμμή Αναφοράς Δεξαμενοπλοίων Αερίου

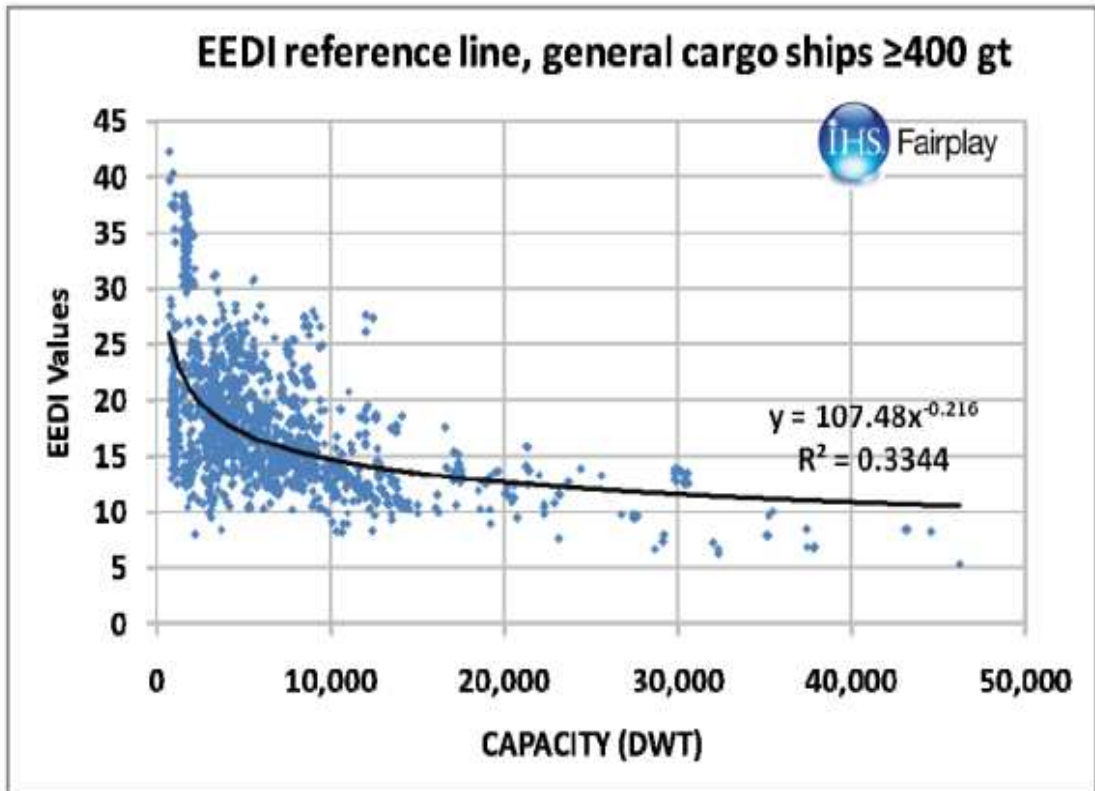
⁸ International Maritime Organization (IMO), 2011, Calculation of parameters for determination of EEDI reference values MEPC 62/6/4.



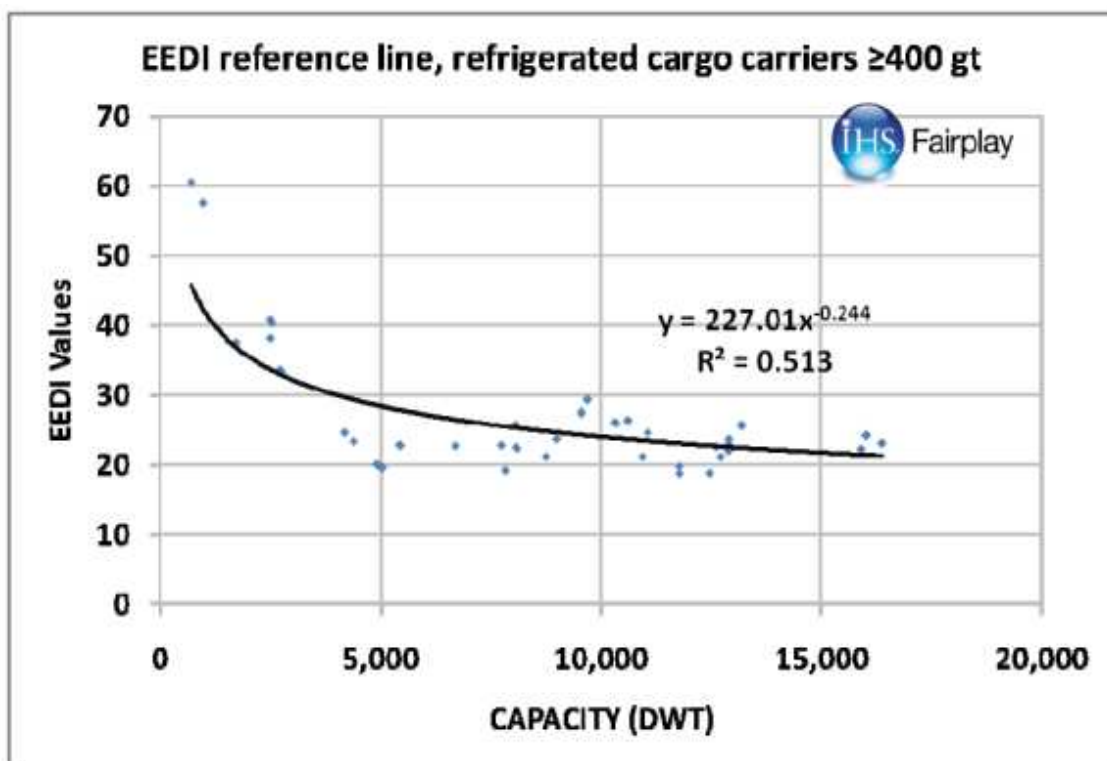
Εικόνα 12: Γραμμή Αναφοράς Δεξαμενοπλοίων



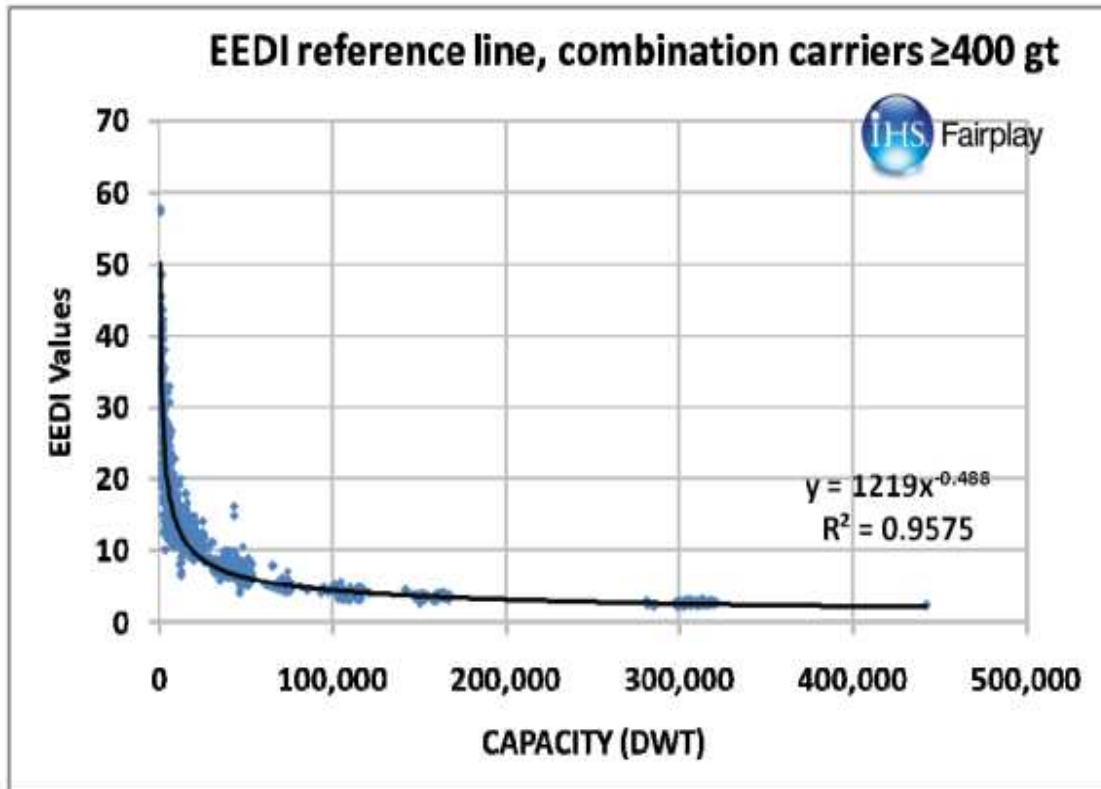
Εικόνα 13: Γραμμή Αναφοράς Πλοίων Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 14: Γραμμή Αναφοράς Πλοίων Γενικού Φορτίου



Εικόνα 15: Γραμμή Αναφοράς Πλοίων Μεταφοράς Κατεψυγμένου Φορτίου



Εικόνα 16: Γραμμή Αναφοράς Πλοίων Συνδυασμένου Φορτίου

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ EEDI

Η εφαρμογή της απαίτησης συμμόρφωσης του EEDI των πλοίων, σε σχέση με την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς επιτυγχάνεται μέσω των όρων «Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (attained EEDI) και «Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (required EEDI) και αφορά τα «νέα πλοία». Οι εν λόγω όροι καθώς και η απαίτηση που εισάγεται αναλύεται στις επόμενες παραγράφους [].

5.1. «Νέο πλοίο».

«Νέο πλοίο» σημαίνει ένα πλοίο:

- για το οποίο το συμβόλαιο ναυπήγησης τοποθετήθηκε κατά ή μετά την 1 Ιαν. του 2013, ή
- του οποίου η καρίνα έχει τεθεί ή το οποίο βρίσκεται σε ανάλογο στάδιο κατασκευής, κατά ή μετά την 1 Ιουλίου του 2013, σε περίπτωση απουσίας συμβολαίου ναυπήγησης, ή
- η παράδοση του οποίου είναι την ή μετά την 1η Ιουλίου 2015.

5.2. «Σημαντική μετατροπή».

«Σημαντική μετατροπή» ενός πλοίου σημαίνει μια μετατροπή του πλοίου, η οποία:

- μεταβάλλει ουσιαστικά τις διαστάσεις, τη μεταφορική ικανότητα ή την ισχύ των μηχανών του πλοίου, ή
- αλλάζει τον τύπο του πλοίου, ή
- σκοπεύει, κατά τη γνώμη της Αρχής, ουσιαστικά να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του πλοίου, ή
- αλλάζει έτσι το πλοίο ότι, αν ήταν ένα νέο πλοίο, θα υπόκειται στις σχετικές διατάξεις της παρούσας απαίτησης, οι οποίες δεν εφαρμόζονται σε αυτό, ως υπάρχον πλοίο, ή
- αλλοιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του πλοίου και περιλαμβάνει τις τυχόν τροποποιήσεις, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το πλοίο να υπερβεί τον αντίστοιχο απαιτούμενο EEDI, όπως ορίζεται στην κατωτέρω παράγραφο 5.4.

5.3. Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (attained EEDI).

Επιτευχθείς EEDI (attained EEDI) είναι η τιμή του EEDI, που πραγματικά υπολογίζεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο κεφάλαιο 3 της παρούσας.

Ο EEDI είναι συγκεκριμένος για κάθε ένα πλοίο και δείχνει την, κατ' εκτίμηση, απόδοση του πλοίου από την άποψη της ενεργειακής αποδοτικότητας. Θα συνοδεύεται από τεχνικό αρχείο, που θα περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό του και θα παρουσιάζει τη διαδικασία του υπολογισμού. Ο Επιτευχθείς EEDI θα ελέγχεται, με βάση το τεχνικό αρχείο, από κατάλληλα εξουσιοδοτημένο φορέα.

Ο Επιτευχθείς EEDI θα υπολογίζεται για:

- κάθε νέο σκάφος
- κάθε νέο σκάφος, το υπέστη σημαντική μετατροπή
- κάθε νέο ή υφιστάμενο πλοίο, το οποίο υπέστη σημαντική μετατροπή, η οποία είναι τόσο εκτεταμένη, ώστε το πλοίο να θεωρείται από την Αρχή (σημαία) ως νεοκατασκευαζόμενο πλοίο.

Ο ανωτέρω υπολογισμός αφορά τις παρακάτω κατηγορίες πλοίων:

- Φορτίου Χύδην.
- Δεξ/πλοια Αερίου.
- Δεξ/πλοια.
- Εμπορ/κι-βωτίων.
- Γενικού Φορτίου.
- Μεταφοράς Καταψ/νου Φορτίου.
- Συνδυασμένων Μεταφορών.
- Επιβατηγά πλοία.
- Ro- Ro, μεταφοράς οχημάτων.
- Ro- Ro.
- Επιβατηγά- οχηματαγωγά.

5.4. Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (required EEDI).

Απαιτούμενος EEDI είναι η μέγιστη τιμή του Επιτευχθέντος EEDI, που επιτρέπεται για κάθε νέο πλοίο συγκεκριμένης κατηγορίας και μεγέθους.

Για κάθε:

- νέο σκάφος
- νέο σκάφος, το υπέστη σημαντική μετατροπή
- νέο ή υφιστάμενο πλοίο, το οποίο υπέστη σημαντική μετατροπή, η οποία είναι τόσο εκτεταμένη, ώστε το πλοίο να θεωρείται από την Αρχή (σημαία) ως νεοκατασκευαζόμενο πλοίο

που εμπίπτει σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες πλοίων:

- Φορτίου Χύδην.
- Δεξ/πλοια Αερίου.
- Δεξ/πλοια.
- Εμπορ/κι-βωτίων.
- Γενικού Φορτίου.
- Μεταφοράς Καταψ/νου Φορτίου.
- Συνδυασμένων Μεταφορών.

ο Επιτευχθείς EEDI θα πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω συνθήκη:

$$\text{Επιτευχθείς EEDI} \leq \text{Απαιτούμενος EEDI} = (1 - X/100) \times \text{Τιμή Γραμμής Αναφοράς}$$

όπου το X είναι ο παράγοντας μείωσης, όπως καθορίζεται στον πίνακα 6 για τον απαιτούμενο EEDI έναντι του EEDI της γραμμής αναφοράς.

Πίνακας 6: Συντελεστές Μείωσης (επί τοις εκατό) του EEDI σε σχέση με το EEDI των Γραμμών Αναφοράς []

Τύπος Πλοίου	Μέγεθος	Φάση 0 1 Ιαν 2013- 31 Δεκ 2014	Φάση 1 1 Ιαν 2015- 31 Δεκ 2019	Φάση 2 1 Ιαν 2020- 31 Δεκ 2024	Φάση 3 1 Ιαν 2025- και μετά
Φορτίου Χύδην	20.000 DWT και άνω	0	10	20	30
	10.000-20.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-20*	0-30*
Δεξ/πλοια Αε- ρίου	20.000 DWT και άνω	0	10	20	30
	2.000-10.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-20*	0-30*

Τύπος Πλοίου	Μέγεθος	Φάση 0 1 Ιαν 2013- 31 Δεκ 2014	Φάση 1 1 Ιαν 2015- 31 Δεκ 2019	Φάση 2 1 Ιαν 2020- 31 Δεκ 2024	Φάση 3 1 Ιαν 2025- και μετά
Δεξ/πλοια	20.000 DWT και άνω	0	10	20	30
	4.000-10.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-20*	0-30*
Εμπορ/κι- βωτίων	15.000 DWT και άνω	0	10	20	30
	10.000-15.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-20*	0-30*
Γενικού Φορτί- ου	15.000 DWT και άνω	0	10	15	30
	3.000-15.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-15*	0-30*
Μεταφοράς Καταψ/νου Φορτίου	5.000 DWT και άνω	0	10	15	30
	3.000-5.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-15*	0-30*
Συνδυασμένων Μεταφορών	20.000 DWT και άνω	0	10	20	30
	4.000-10.000 DWT	δ/ ε	0-10*	0-20*	0-30*

* Ο συντελεστής μείωσης θα βρίσκεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο τιμών, εξαρτώμενος από το μέγεθος του σκάφους. Η χαμηλότερη τιμή του συντελεστή μείωσης να εφαρμόζεται στο μικρότερο μέγεθος πλοίου.

δ/ ε: δεν εφαρμόζεται EEDI

Οι τιμές της γραμμής αναφοράς ανά τύπο πλοίου υπολογίζονται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο Κεφάλαιο 4 παρούσας.

Εάν η σχεδίαση του πλοίου επιτρέπει σε αυτό να περιέλθει σε περισσότερους του ενός από τους ανωτέρω τύπους σκαφών, ο απαιτούμενος EEDI για το πλοίο θα είναι ο πιο αυστηρός (ο χαμηλότερος) απαιτούμενος EEDI.

Για κάθε σκάφος, στο οποίο η παρούσα απαίτηση εφαρμόζεται, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης πρέπει να μην είναι λιγότερη από την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρήσει την ικανότητα ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, όπως καθορίζεται στις οδηγίες που θα αναπτυχθούν από την IMO.

Στην αρχή της Φάσης 1, και στο μέσο της Φάσης 2 η οργάνωση θα αναθεωρήσει τη κατάσταση των τεχνολογικών εξελίξεων και εάν κριθεί απαραίτητο θα τροποποιήσει τα χρονικά διαστήματα, τους παραμέτρους των σχετικών γραμμών αναφοράς και τους ρυθμούς μείωσης, όπως αναφέρθηκαν ανωτέρω.

5.5. Πλοία Εφαρμογής.

Η εφαρμογή του EEDI θα ισχύσει για όλα τα σκάφη με ακαθάριστη χωρητικότητα (gross tonnage) 400 τόνων και άνω.

Η εφαρμογή του EEDI δεν θα ισχύσει για τα μεμονωμένα σκάφη που συμμετέχουν απλώς σε ταξίδια μέσα σε ύδατα υποκείμενα στην κυριαρχία ή στην αρμοδιότητα του κράτους, με τη σημαία του οποίου αυτά έχουν δικαίωμα να ταξιδέψουν. Τα κράτη μέλη της MARPOL έχουν όμως την υποχρέωση να εξασφαλίζουν με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων, ότι τα πλοία κατασκευάζονται και ενεργούν με τρόπο σύμφωνα με τις εν λόγω απαιτήσεις, όσο είναι δυνατό και εφαρμόσιμο.

Η απαίτηση δεν θα ισχύσει για τα πλοία, που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωση με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης, έως ότου εκδοθούν οδηγίες για τη μέθοδο υπολογισμού του Επιτευχθέντος EEDI και καθιερωθούν γραμμές αναφοράς EEDI αυτών των σκαφών.

Κατά παρέκκλιση των προβλεπόμενων, οποιαδήποτε Αρχή (σημαία) μπορεί να παραιτηθεί από την απαίτηση συμμόρφωσης ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI. Η εξαίρεση αυτή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα τέσσερα (4) χρόνια, από την ημερομηνία κανονικής εφαρμογής των απαιτήσεων του EEDI (Ιανουάριος 2013).

Η Αρχή (σημαία), η οποία επιτρέπει την εφαρμογή της ανωτέρω εξαίρεσης ή που αναστέλλει, ανακαλεί ή αρνείται την εφαρμογή της, σε ένα πλοίο που φέρει τη σημαία της, ανακοινώνει τη σχετική απόφαση στον IMO, για ενημέρωσή των μερών της MARPOL.

5.6. Διαδικασίες Επιθεώρησης.

Τα σκάφη για τα οποία εφαρμόζεται ο κανονισμός του EEDI, υπόκεινται στις επιθεωρήσεις που αναφέρονται παρακάτω:

α. Μια αρχική επιθεώρηση, πριν το νέο πλοίο τεθεί σε υπηρεσία και πριν από την έκδοση του Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Αποδοτικότητας αυτού. Η επιθεώρηση θα επιβεβαιώνει ότι ο Επιτευχθείς EEDI του πλοίου είναι σύμφωνος με τις σχετικές απαιτήσεις.

β. Μια γενική ή μερική επιθεώρηση, ανάλογα με την περίπτωση, μετά από μια μεγάλη μετασκευή του σκάφους. Η επιθεώρηση θα εξασφαλίζει ότι ο Επιτευχθείς EEDI υπολογίζεται εκ νέου και ικανοποιεί τις απαιτήσεις, με το ποσοστό μείωσης που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος του μετατρεπόμενου πλοίου, στη Φάση που αντιστοιχεί στην ημερομηνία του συμβολαίου ή τοποθέτηση της καρίνας ή παράδοσης, όπως καθορίζονται για το αρχικό πλοίο).

γ. Σε περιπτώσεις όπου μια σημαντική μετατροπή ενός νέου ή υπάρχοντος πλοίου είναι τόσο εκτενής, που το πλοίο θεωρείται από την Αρχή (σημαία) ως πρόσφατα κατασκευασμένο, η Αρχή (σημαία) θα καθορίσει την ανάγκη για αρχική επιθεώρηση του Επιτευχθέντος EEDI. Μια τέτοια επιθεώρηση, εάν κριθεί απαραίτητη θα εξασφαλίζει ότι ο Επιτευχθείς EEDI υπολογίζεται και καλύπτει τις σχετικές απαιτήσεις, με το ποσοστό μείωσης που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος του μετατρεπόμενου πλοίου, στη Φάση που αντιστοιχεί στην ημερομηνία του συμβολαίου μετατροπής ή έναρξης της μετατροπής..

5.7. Έκδοση και επικύρωση του πιστοποιητικού.

Ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας για το πλοίο θα εκδίδεται μετά από επιθεώρηση, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις για κάθε πλοίο με ολική χωρητικότητα 400 κόρων και πάνω, πριν αυτό μπορεί να συμμετέχει σε ταξίδια σε λιμένες ή παράκτιους τερματικούς σταθμούς, κάτω από την αρμοδιότητα άλλων Συμβαλλόμενων Μερών.

Το πιστοποιητικό θα εκδίδεται ή θα επικυρώνεται είτε από την Αρχή (σημαία) είτε οποιαδήποτε οργάνωση που εξουσιοδοτείται κατάλληλα για αυ-

τό. Σε κάθε περίπτωση, η Αρχή (σημαία) φέρει την πλήρη ευθύνη για το πιστοποιητικό.

5.8. Έκδοση ενός πιστοποιητικού από ένα άλλο Συμβαλλόμενο Μέρος.

Ένα Συμβαλλόμενο Μέρος μπορεί, κατά απαίτηση της Αρχής, να αναγκάσει ένα πλοίο να επιθεωρηθεί και εάν διαπιστώσει ότι τηρούνται οι σχετικές διατάξεις, να εκδώσει ή να εξουσιοδοτήσει την έκδοση ενός Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Αποδοτικότητας στο πλοίο και όπου απαιτείται να επικυρώσει ή να εξουσιοδοτήσει για επικύρωση αυτού του πιστοποιητικού στο σκάφος.

Ένα αντίγραφο του πιστοποιητικού και ένα αντίγραφο της αναφοράς επιθεώρησης θα διαβιβάζονται, το συντομότερο δυνατόν, στην αιτούσα Αρχή.

Ένα πιστοποιητικό που εκδίδεται έτσι, θα περιέχει μια αναφορά στο γεγονός ότι έχει εκδοθεί κατά απαίτηση της Αρχής και θα έχει την ίδια δύναμη και την ίδια αναγνώριση με το πιστοποιητικό που εκδίδεται από την Αρχή.

Κανένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας δεν θα εκδίδεται για πλοίο, που έχει καθοριστεί να φέρει τη σημαία ενός κράτους που δεν είναι Συμβαλλόμενο Μέρος.

5.9. Μορφή πιστοποιητικού.

Το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας θα συντάσσεται σε μια μορφή που αντιστοιχεί στο υπόδειγμα του σχετικού κανονισμού και θα είναι τουλάχιστον στα Αγγλικά, Γαλλικά ή Ισπανικά. Εάν μια επίσημη γλώσσα της χώρας έκδοσης χρησιμοποιείται επίσης, αυτή θα επικρατεί σε περίπτωση διαφωνίας.

5.10. Διάρκεια και ισχύς του πιστοποιητικού.

Το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας θα ισχύει καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του πλοίου, υποκείμενο στις διατάξεις της παρακάτω παραγράφου.

Ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας παύει να ισχύει σε οποιοσδήποτε από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

α. Εάν το πλοίο αποσύρεται από την υπηρεσία ή ένα νέο πιστοποιητικό εκδίδεται μετά από σημαντική μετασκευή του πλοίου.

β. Εφόσον γίνει αλλαγή σημαίας του πλοίου σε σημαία άλλου Κράτους. Νέο πιστοποιητικό εκδίδεται μόνον όταν η Κυβέρνηση, η οποία εκδίδει το νέο πιστοποιητικό είναι απόλυτα ικανοποιημένη ότι το πλοίο βρίσκεται σε πλήρη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των σχετικών κανονισμών. Σε περίπτωση αλλαγής σημαίας μεταξύ Μερών, αν ζητηθεί εντός 3 μηνών μετά την πραγματοποίηση της αλλαγής, η Κυβέρνηση του Μέρους του οποίου έφερε τη σημαία πριν το πλοίο πρέπει να διαβιβάσει το συντομότερο δυνατόν στην Αρχή (σημαία) αντίγραφα του πιστοποιητικού που έφερε το πλοίο πριν την αλλαγή σημαίας και εφόσον είναι διαθέσιμα, αντίγραφα των εκθέσεων επιθεώρησης.

5.11. Έλεγχος του Κράτους του Λιμένα.

Ένα πλοίο όταν ευρίσκεται σε λιμένα ή παράκτιο τερματικό σταθμό ενός άλλου Μέρους υπόκειται σε επιθεώρηση από αξιωματούχους δεόντως εξουσιοδοτημένους από το Μέρος αυτό, προκειμένου διαπιστωθεί η συμμόρφωση του με τους σχετικούς κανονισμούς. Κάθε τέτοια επιθεώρηση πρέπει να εξασφαλίζει κατ' ελάχιστο ότι υπάρχει στο πλοίο το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας.

6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI

Για την ανάλυση επίδρασης των παραγόντων υπολογισμού του τύπου υπολογισμού του EEDI πλοίου στην τιμή αυτού, χρησιμοποιήθηκε ένα υφιστάμενο δεξαμενόπλοιο με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ολικό μήκος $L_{OA}=274,24$ m.
- Μήκος μεταξύ καθέτων $L_{BP}=264,00$ m.
- Πλάτος $B= 50,00$ m.
- Μέγιστο Βύθισμα $T= 17,00$ m.
- Πρόσθετο Βάρος $DWT=163417$ tn.
- Εκτόπισμα $\Delta=189417$ tn.
- Χρησιμοποιούμενο καύσιμο HFO.
- Ταχύτητα αναφοράς $V_{ref}=15,3$ knots.
- Εγκατεστημένη ισχύς $MCR_{me}=18624$ kw.
- Ειδική κατανάλωση κ. μηχανής $SFC_{me}=175$ gr/kw*h.
- Αριθμός κ. μηχανών $\kappa=1$.
- Ειδική κατανάλωση βοηθητικής μηχανής $SFC_{ae}=230$ gr/kw*h.
- Βοηθητική Είσοδος Ισχύος $P_{pti}=0$.
- Βοηθητική Έξοδος Ισχύος $P_{pto}=0$.
- Διαθεσιμότητας καινοτόμων τεχνολογιών $P_{eff}=0$.
- Συντελεστής $f_j=1$.
- Συντελεστής $f_w=1$.
- Συντελεστής $f_i=1$.
- Συντελεστής $f_{eff}=1$.

Για το εν λόγω πλοίο υπολογίστηκαν τα παρακάτω: .

- Επιτευχθείς EEDI=3,2498 gr CO₂/tn*mile
- Απαιτούμενος EEDI=3.4821 gr CO₂/tn*mile

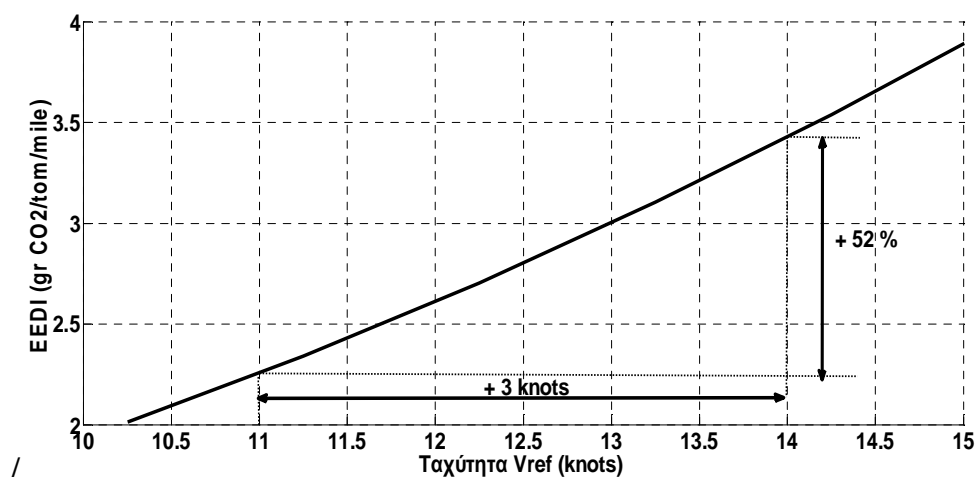
Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία του υπάρχοντος πλοίου εκτελέστηκε η ανάλυση που παρουσιάζεται στις επόμενες παραγράφους του παρόντος Κεφαλαίου.

6.1. Ταχύτητα πλοίου Vref.

Η ταχύτητα είναι εξαρτώμενη από την ισχύς P και ειδικότερα συνδέονται μέσω του τύπου του Αγγλικού Ναυαρχείου, ο οποίος σε τροποποιημένη μορφή είναι:

$$P = c_{AD} \cdot \Delta^{\frac{2}{3}} \cdot v^3$$

Αντικαθιστώντας την ισχύ στο δείκτη EEDI, σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, κατασκευάζουμε το παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 17: Μεταβολή της τιμής EEDI σε συνάρτηση με την ταχύτητα Vref

Το ανωτέρω γράφημα επεξηγεί σαφώς την ευαισθησία του δείκτη για την επιλεγμένη ταχύτητα σχεδίασης. Η τιμή του δείκτη για 11 κόμβους είναι 2.26 και εάν η ταχύτητα αυξηθεί κατά 3kn ο δείκτης γίνεται 3.43, δηλαδή αυξάνεται κατά 52%. Στις υψηλότερες ταχύτητες η καμπύλη είναι ακόμα πιο απότομη.

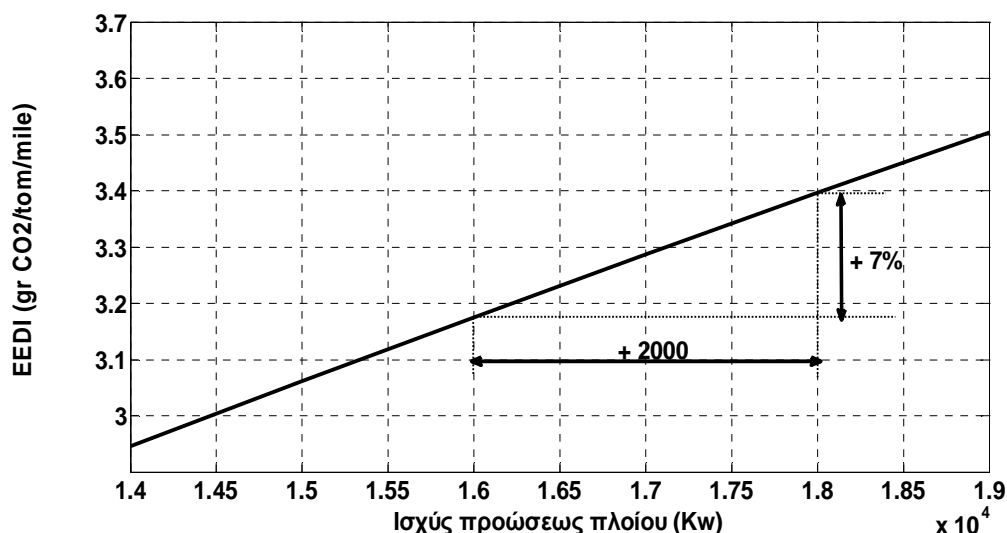
Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι τα σκάφη με τις υψηλότερες ταχύτητες σχεδίασης έχουν πολύ πιο δύσκολη αφετηρία για συμμόρφωση με την απαίτηση των γραμμών αναφοράς EEDI. Ως εκ τούτου η μείωση της ταχύτητας σχεδίασης αποτελεί μια δελεαστική λύση για συμμόρφωση με τη σχετική απαίτηση.

6.2. Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης MCR_{ME}.

Εάν το πλοίο είναι σχεδιασμένο για μια συγκεκριμένη ταχύτητα, η απαιτούμενη ισχύς κ. μηχανής προσδιορίζεται, μεταξύ άλλων κριτηρίων σχε-

δίασης, από αυτή την ταχύτητα. Συνήθως, η ταχύτητα δίνεται ως κριτήριο σχεδίασης και οι επιλογές για την ισχύ εξαρτώνται από την ικανότητα του σχεδιαστή και τους βαθμούς ελευθερίας για υδροδυναμική βελτιστοποίηση.

Αντικαθιστώντας την ταχύτητα στο δείκτη EEDI, σύμφωνα με τον τύπο του Αγγλικού Ναυαρχείου, όπως δόθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, κατασκευάζουμε το παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 18: Μεταβολή της τιμής EEDI σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης

Παρατηρούμε ότι η τιμή του EEDI είναι ευθέως ανάλογη της εγκατεστημένης ισχύος και αύξηση της ισχύος προώσεως οδηγεί σε υψηλότερες τιμές EEDI. Ενδεικτικά αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 2000 Kw επιφέρει αύξηση του EEDI κατά 7%.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους εν λόγω υπολογισμούς η μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης λαμβάνεται υπόψη διπλά στον υπολογισμό του EEDI, καθόσον επηρεάζει και την τιμή της βοηθητικής ισχύος P_{AE} , οποία υπολογίζεται ως ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης, σύμφωνα με τα αναφερθέντα στην παράγραφο 3ε(6).

6.3. Βοηθητική Ισχύς P_{AE} – Βοηθητικές Είσοδοι Ισχύος (Power Take Ins) P_{PTI} .

Η βοηθητική ισχύς P_{AE} , στην περίπτωση που υπολογίζεται από την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια και όχι ως συνάρτηση της κύριας ισχύος, επιβαρύνει την τιμή του EEDI, ανάλογα με την τιμή της.

Ανάλογα ισχύουν και για την ισχύ των Βοηθητικών Εισόδων Ισχύος (Power Take Ins) P_{PTI} .

6.4. Βοηθητικές Έξοδοι Ισχύος (Power Take Offs) P_{PTO} .

Η ισχύς των εγκατεστημένων στον άξονα γεννητριών αφαιρείται από την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης, κατά τον υπολογισμό της τιμής της $P_{ME(i)}$, ($P_{ME(i)} = 0,75 \times (MCR_{MEi} - P_{PTO_i})$), οπότε, με βάση και τα αναφερόμενα στην ανωτέρω παράγραφο 6.1, η τιμή του EEDI είναι αντιστρόφως ανάλογη αυτής. Με άλλα λόγια, αύξηση της ισχύος των Βοηθητικών Εξόδων Ισχύος, επιφέρει μείωση της τιμής του EEDI. Ως εκ τούτου ενθαρρύνεται η χρήση Βοηθητικών Εξόδων Ισχύος.

6.5. Χωρητικότητα (πρόσθετο βάρος DWT) πλοίου.

Ο δείκτης EEDI απλοποιημένα εκφράζεται ως ακολούθως:

$$EEDI = \frac{0.75 * P * SFC * C_F}{DWT * V}, \text{ όπου } P \text{ η ισχύς MCR της κ. μηχανής.}$$

Αντικαθιστώντας την ισχύ P με τον τύπο του Αγγλικού Ναυαρχείου

$P = c_{AD} \cdot \Delta^{2/3} \cdot v^3$, ο EEDI γίνεται:

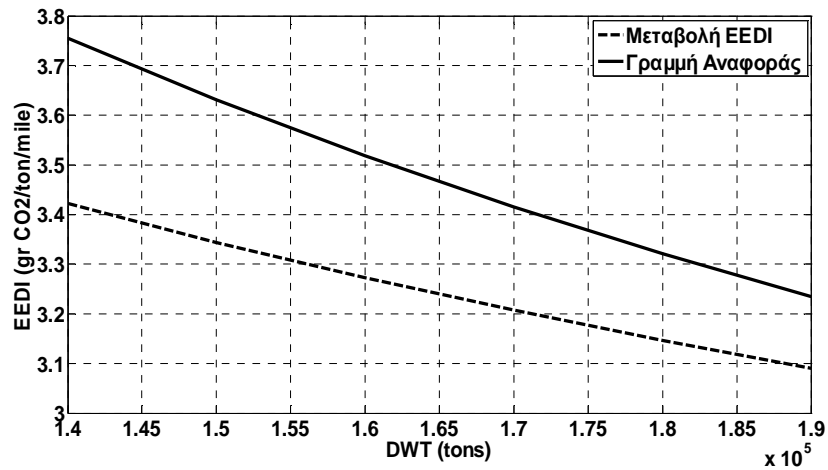
$$EEDI = \frac{0.75 * c_{AD} * \Delta^{2/3} * v^3 * SFC * C_F}{DWT * V}$$

Για το υπόψη πλοίο ισχύει ότι $\frac{DWT}{\Delta} = 0.87$, οπότε αντικαθιστώντας

το εκτόπισμα Δ , έχουμε:

$$EEDI = 0.75 * c_{AD} * \left(\frac{DWT}{\Delta}\right)^{(-2/3)} * V^2 * DWT^{(2/3-1)} = 0.75 * c_{AD} * (0.87)^{(-2/3)} * V^2 * DWT^{(-1/3)}$$

Η γραφική παράσταση της ανωτέρω εξίσωσης (θεωρώντας σταθερή ταχύτητα $V=15,3$ knots) φαίνεται στην εικόνα 19. Στη ίδια εικόνα έχει κατασκευαστεί η γραμμή αναφοράς για τα δεξαμενόπλοια όπως αναφέρθηκε στην ανωτέρω παράγραφο.



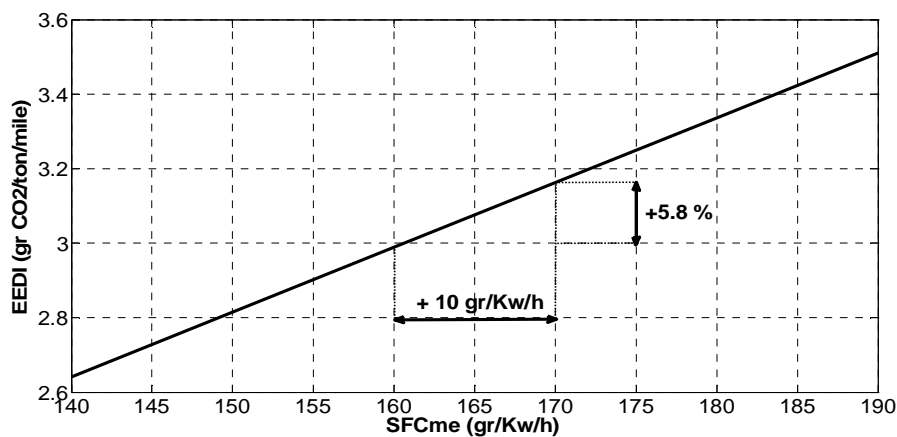
Εικόνα 19: Μεταβολή της τιμής του EEDI σε συνάρτηση με το εκτόπισμα πλοίου

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλώνει το DWT μικραίνει η τιμή του δείκτη EEDI. Παράλληλα μικραίνει και η διαφορά μεταξύ του απαιτούμενου και του επιτευχθέντος EEDI. Αυτό σημαίνει ότι τα πλοία μεγάλης χωρητικότητας είναι πιο δύσκολο να συμμορφωθούν με το απαιτούμενο EEDI.

Το πρόσθετο βάρος DWT, επηρεάζεται και από το βάρος κενού σκάφους (lightship) πλοίου, για δεδομένο εκτόπισμα. Ειδικότερα μείωση του βάρους κενού σκάφους (lightship) οδηγεί σε αύξηση του πρόσθετου βάρους (DWT) πλοίου και κατά συνέπεια μείωση του δείκτη EEDI.

6.6. Ειδική κατανάλωση πετρελαίου (SFC) μηχανής.

Υποθέτοντας ότι όλοι οι παράγοντες στον τύπο υπολογισμού του EEDI είναι σταθεροί, πλην της ειδικής κατανάλωσης της κύριας μηχανής κατασκευάζουμε το γράφημα της εικόνας 20:



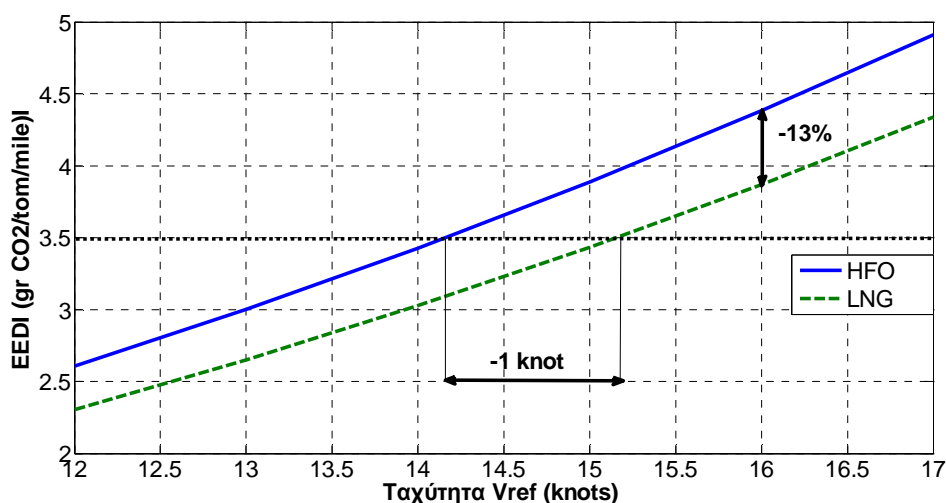
Εικόνα 20: Μεταβολή της τιμής του EEDI σε συνάρτηση με την Ειδική Κατανάλωση της κ. μηχανής SFC_{me}

Παρατηρούμε ότι η τιμή του EEDI είναι ευθέως ανάλογη της ειδικής κατανάλωσης της κ. μηχανής. Ενδεικτικά αύξηση της ειδικής κατανάλωσης της κ. μηχανής κατά 10 gr/Kw/h επιφέρει αύξηση του EEDI κατά 5.8 %.

6.7. Χρησιμοποιούμενο καύσιμο.

Οι εκπομπές CO₂ μπορούν να επηρεαστούν από την επιλογή του τύπου του καυσίμου. Αυτό λαμβάνεται υπόψη στον τύπο EEDI με τον παράγοντα C_F, ο οποίος είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών CO₂, με βάση το περιεχόμενο του καυσίμου σε άνθρακα. Ο συντελεστής C_F αντιστοιχεί στο καύσιμο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ειδικής κατανάλωσης, όπως αναφέρονται στο ισχύον πιστοποιητικό EIAPP. Τα καύσιμα με μικρότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα δίνουν χαμηλότερες τιμές στον δείκτη EEDI.

Στο γράφημα της εικόνας 21 φαίνεται η μεταβολή της τιμής του δείκτη EEDI σε συνάρτηση με την ταχύτητα του πλοίου, για τις περιπτώσεις χρήσης καυσίμου HFO και LNG.



Εικόνα 21: Σύγκριση τιμών EEDI με χρήση καυσίμου HFO και LNG

Παρατηρούμε ότι με χρήση καυσίμου LNG οι τιμές του δείκτη EEDI είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες για χρήση καυσίμου HFO. Ειδικότερα για ταχύτητα πλοίου Vref= 16 knots οι δύο τιμές του EEDI διαφέρουν κατά 13%. Επιπλέον, υποθέτοντας ότι ο απαιτούμενος EEDI για το συγκεκριμένο μέγεθος πλοίου είναι 3,5 grCO₂/ton*mile, παρατηρούμε ότι, με χρήση καυσίμου

LNG, το πλοίο μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα V_{ref} κατά 1 knot και να παραμείνει εντός της απαίτησης.

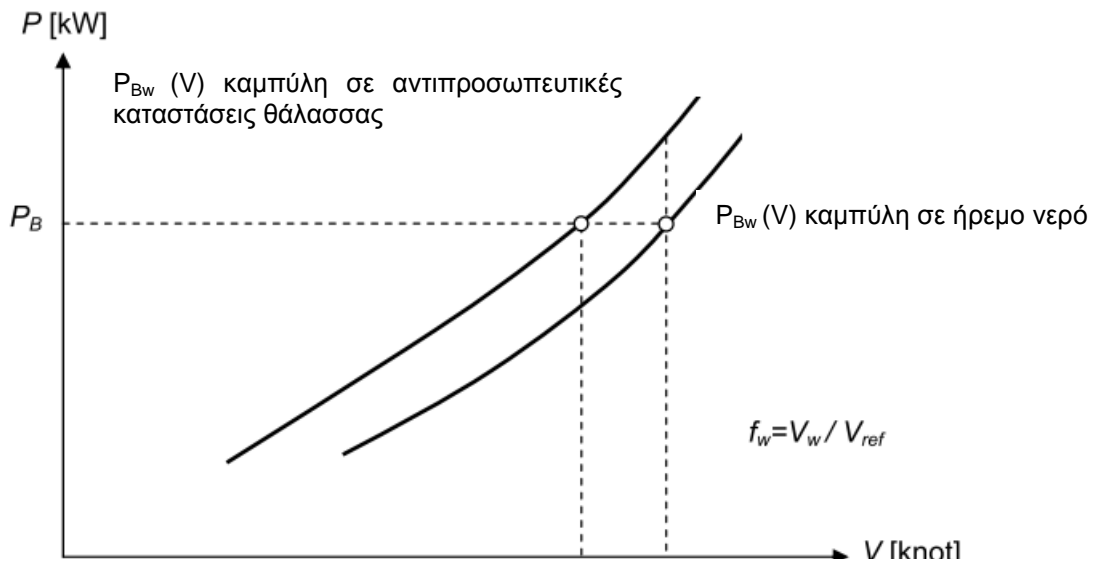
Λαμβάνοντας υπόψη και τη διαφορά στην κατώτερη θερμική δύναμη των δύο καυσίμων (46.000 kJ/kg για το LNG και 41.576 για το HFO, ήτοι 10% διαφορά), η οποία μεταφράζεται σε αντίστοιχη διαφορά στην ειδική κατανάλωση, η διαφορά στην τιμή του δείκτη EEDI υπολογίζεται ότι ανέρχεται στο 20%.

6.8. Συντελεστής καιρού f_w .

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η υποχρεωτική εφαρμογή του δείκτη EEDI μπορεί να οδηγήσει στην εξάπλωση του σχεδιασμού πλοίων με κινητήρες μικρότερου κυβισμού και επομένως με χαμηλότερη ταχύτητα σχεδίασης. Τα πλοία αυτά υφίστανται περαιτέρω μείωση της ταχύτητάς τους όταν πλέουν σε αντίξοες συνθήκες στη θάλασσα, λόγω της αύξησης της πρόσθετης αντίστασης (αντίσταση κυματισμού και αντίσταση ανέμου). Η υπερβολική μείωση της ταχύτητας, δύναται να επιφέρει αδυναμία του πλοίου να ξεφύγει από τη θαλάσσια ζώνη κινδύνου γρήγορα και απώλεια της ικανότητας ελιγμών του.

Για την αποφυγή αυτού του κινδύνου και για την αύξηση της ασφάλειας κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες καθορίστηκε η χρήση του συντελεστή καιρού f_w . Ο συντελεστής f_w είναι ένας αδιάστατος συντελεστής, που δείχνει την εκτιμώμενη μείωση της ταχύτητας, ανάλογα με τις αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας, που σχετίζονται με το ύψος κύματος, τη συχνότητα κύματος και την ταχύτητα του ανέμου.

Ο συντελεστής διόρθωσης f_w ισούται με το λόγο της ταχύτητας του σκάφους σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας (V_w) δια της ταχύτητας του σκάφους σε ήρεμο νερό (V_{ref}), στην ίδια ισχύ της κύριας μηχανής.



Εικόνα 22: Συσχέτιση μεταξύ της ισχύος και της μείωσης της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας

Συνεπώς για την ταχύτητα V_w ισχύει $V_w = V_{ref} \cdot f_w$. Με βάση τη σχέση αυτή, συμπεραίνεται ότι, με τη χρήση του συντελεστή καιρού f_w , ο υπολογισμός του δείκτη EEDI ανάγεται από την κατάσταση δοκιμών θαλάσσης στις συνήθεις καιρικές συνθήκες λειτουργίας του πλοίου. Με άλλα λόγια ο συντελεστής f_w είναι ένα μέσο για να εξαναγκάσει τον σχεδιαστή να βελτιστοποιήσει το πλοίο στις πραγματικές καταστάσεις θάλασσας και όχι στην κατάσταση των θαλάσσιων δοκιμών (sea trials), όπου μετράται η ταχύτητα V_{ref} , καθόσον η μείωση της ταχύτητας είναι μικρότερη στην περίπτωση ενός βελτιστοποιημένου πλοίου στις καταστάσεις αυτές από ένα βελτιστοποιημένο στο ήρεμο νερό.

Ο συντελεστής f_w είναι διαφορετικός από κάθε άλλο συντελεστή διόρθωσης, με την έννοια ότι ο παράγοντας εφαρμόζεται στο σύνολο του πληθυσμού των πλοίων, ενώ οι άλλοι παράγοντες εφαρμόζονται σε μια συγκεκριμένη ομάδα πλοίων, που παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (όπως τα ice-class), για τους λόγους ίσων όρων ανταγωνισμού των συγκεκριμένων πλοίων με τα άλλα πλοία.

6.9. Συντελεστής Διόρθωσης Ισχύος f_j .

Ο συντελεστής Διόρθωσης Ισχύος f_j επιδρά ουσιαστικά στην εγκατεστημένη ισχύς προώσεως και λαμβάνει υπόψη του τα ειδικά σχεδιαστικά

χαρακτηριστικά του πλοίου που απαιτούν αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Για παράδειγμα για τα πλοία που πλέουν σε συνθήκες πάγου απαιτείται περισσότερη ισχύς μηχανών από ό, τι για τα πλοία που πλέουν σε συνθήκες ανοικτής θάλασσας μόνο, προκειμένου να καταστεί η πλεύση το χειμώνα ασφαλής και αποτελεσματική.

6.10. Συντελεστής Διόρθωσης Μεταφορικής Ικανότητας f_i .

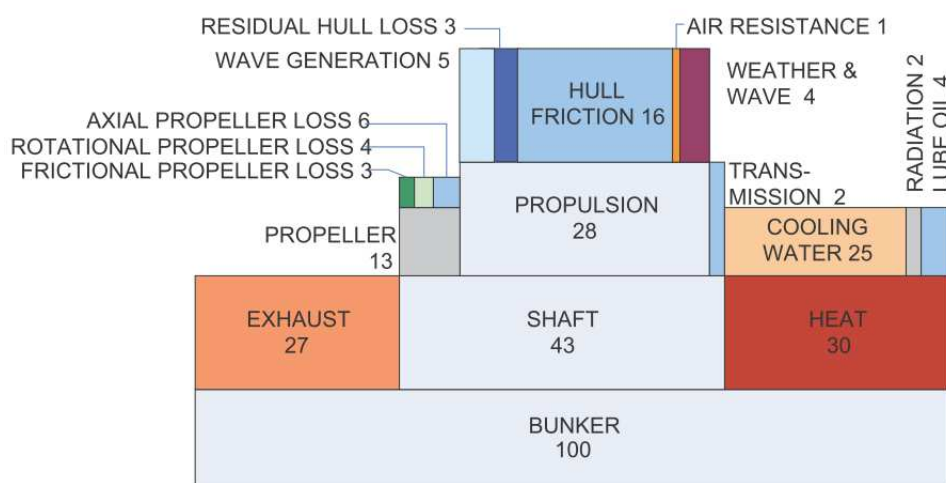
Ο συντελεστής f_i επιδρά στην μεταφορική ικανότητα των πλοίων και λαμβάνει υπόψη του τα ειδικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του πλοίου, που επιφέρουν μείωση της μεταφορικής ικανότητας του. Για παράδειγμα η μεταφορική ικανότητα των ice-classed πλοίων είναι μικρότερη από εκείνη των πλοίων ανοικτής θαλάσσης, παρόμοιου μεγέθους, εξαιτίας των δομικών ενισχύσεων του κύτους, των μηχανημάτων πρόωσης και του μικρότερου συντελεστή γάστρας, που αυτά έχουν.

Επιπλέον ο συντελεστής περιλαμβάνει την μείωση της χωρητικότητας για όσα πλοία φέρουν εθελοντικές δομικές ενισχύσεις.

7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΟΝ ΕΕΔΙ

7.1. Απώλειες ενέργειας επί του πλοίου.

Από την ενέργεια του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές του πλοίου, μόνο ένα μέρος αυτής καταλήγει στην πραγματικότητα να παράγει ώθηση πρόωσης. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 23, η οποία αντιπροσωπεύει ένα μικρό καλά διατηρημένο φορτηγό πλοίο, που κινείται περίπου με 15 κόμβους και με πρωραίο άνεμο 6 Beaufort. Σε αυτό το διάγραμμα, η κάτω ράβδος αντιπροσωπεύει την εισερχόμενη ενέργεια από το καύσιμο στην κύρια μηχανή. Το 43% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ισχύ στον άξονα, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας χάνεται στα καυσαέρια ή στις απώλειες θερμότητας. Λόγω περαιτέρω απωλειών στην έλικα και στο σύστημα μετάδοσης, μόνο το 28% της ενέργειας από το καύσιμο που τροφοδοτείται στην κύρια μηχανή παράγει ώθηση πρόωσης σε αυτό το παράδειγμα. Το υπόλοιπο της ενέργειας καταλήγει ως θερμότητα, καυσαέρια και απώλειες στο σύστημα μετάδοσης και στην έλικα. Η πλειοψηφία αυτού του παραμένοντος 28% δαπανάται για να υπερνικήσει το πλοίο την τριβή τους σκάφους, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας δαπανάται για την υπέρβαση την αντίσταση του καιρού και του αέρα, καθώς και τις υπόλοιπες απώλειες [3].



Εικόνα 23: Χρήση της ενέργειας πρόωσης για ένα μικρό φορτηγό πλοίο (πηγή: Second IMO GHG Study)

Οι παραπάνω μορφές απωλειών ισχύουν για όλους τους τύπους πλοίων, με διαφορετικά ποσοστά ανά πλοίο.

Επιπλέον της ενέργειας του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές ενός πλοίου, εισέρχεται η ενέργεια των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών.

Οι τεχνολογίες/ συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας στοχεύουν στον περιορισμό των απωλειών ενέργειας, που παρουσιάστηκαν στην παραπάνω κατανομή της ενέργειας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.

Υπάρχουν ποικίλες καινοτόμες τεχνολογίες/ συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας και τα χαρακτηριστικά αυτών καθορίζουν τον τρόπο ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων τους στον υπολογισμό του Επιτευχθέντος EEDI. Για τον υπολογισμό αυτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Όσες εξ αυτών έχουν ήδη επηρεάσει άλλες παραμέτρους του τύπου υπολογισμού του EEDI, δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ξανά στον υπολογισμό του, έτσι ώστε να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση.
- Πρέπει να θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της συνήθους κατάστασης εν πλω.
- Όπου ενεργεί ο συνδυασμός πάνω από δύο συσκευών ή/ και τεχνολογιών, η συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμών θα πρέπει να αφαιρείται μόνο μια φορά, επειδή το άθροισμα του αποτελέσματος των αντίστοιχων συσκευών ή /και τεχνολογιών, δεν μπορεί να είναι ίσο με τη συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμού.

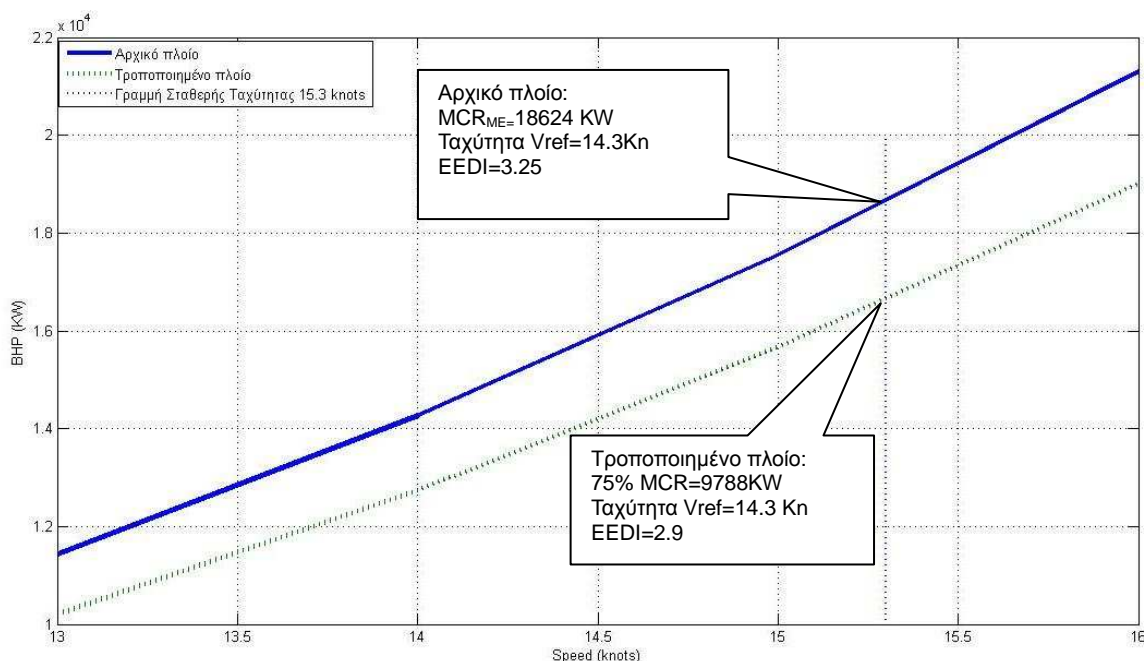
Τα αποτελέσματα των εν λόγω τεχνολογιών στον υπολογισμό του δείκτη EEDI μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

7.2. Μετατόπιση της καμπύλης ισχύος του πλοίου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του συνδυασμού της P_{ME} και της V_{ref} .

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μόνιμες τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας. Συνήθως είναι μια βελτιωμένη σχεδίαση γάστρας και έλικας, νέου τύπου έλικα και πηδάλιο και οποιαδήποτε συσκευή/ τεχνολογία μειώνει τη συνολική αντίσταση του πλοίου. Με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, που είναι κατάλληλες για ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου, η συνολική αντίσταση του πλοίου μειώνεται και/ή η αποδοτικότητα του συστήματος πρόωσης βελτιώνεται. Έτσι πραγματοποιείται μετατόπιση της καμπύλης ισχύος δεξιότερα της αρχικής (χωρίς τη χρήση αυτών των τεχνολογιών).

Στο σχήμα της εικόνας 24 η καμπύλη της ισχύος μετατοπίστηκε προ τη δεξιά κατεύθυνση από την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου πακέτου από αυτές τις τεχνολογίες. Σε αυτό το παράδειγμα, υποτίθεται ότι V_{ref} διατηρείται σταθερή, και έτσι οι επιπτώσεις των τεχνολογιών θα πρέπει να αντικατοπτρίζεται στον υπολογισμό EEDI με τη μειωμένη P_{ME} (75% της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης μείον την ισχύς των εγκατεστημένων στον άξονα γεννητριών) και κατά συνέπεια το μειωμένο EEDI.

Αυτοί η κατηγορία των τεχνολογιών έχουν το χαρακτηριστικό ότι τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να διαχωριστούν από τη συνολική απόδοση της αντίστασης της γάστρας και την απόδοση της έλικας και δεν μπορεί να μετρηθούν ξεχωριστά: πχ τα αποτελέσματα δεν μπορούν να εκφραστούν ως αφαίρεση της ισχύος από τον αριθμητή του τύπου του EEDI. Τα αποτελέσματά τους είναι συνδυαστικά με τα βασικά χαρακτηριστικά του σκάφους και της έλικας και ενσωματώνονται στην εκτίμηση της συνολικής αντίστασης και της απόδοσης της έλικας.



Εικόνα 24: Μετατόπιση της καμπύλης ισχύος με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες:

7.2.1. Βελτιστοποίηση των κυρίων διαστάσεων.

Η εύρεση του βέλτιστου μήκους και του συντελεστή C_b έχει μεγάλη επίδραση στην αντίσταση του πλοίου. Μεγάλος λόγος L/B σημαίνει ότι το πλοίο θα έχει απαλές γραμμές και χαμηλή αντίσταση κυματισμού. Από την άλλη πλευρά όταν αυξάνεται το μήκος αυξάνεται και η βρεχόμενη επιφάνεια, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη συνολική αντίσταση.

Ένας μεγάλος συντελεστής εκτοπίσματος C_b κάνει τις γραμμές της γάστρας πολύ απότομες και οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση.

Με τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του σκάφους σε ήρεμο νερό, είναι δυνατό να επιτευχθεί μείωση των καυσίμων κατά 5- 20 %. Η συμπεριφορά όμως σε κατάσταση κυματισμού μεταβάλλεται αρκετά μεταξύ των πλοίων [3].

Η προσθήκη 10-15% επιπλέον μήκους σε ένα τυπικό δεξαμενόπλοιο μπορούν να μειώσουν τη απαίτηση ισχύος περισσότερο από 10% [10].

7.2.2. Επιμήκυνση της ΠΜ ισάλου.

Είναι δυνατή η επιμήκυνση της πρύμνης του πλοίου με την τοποθέτηση μιας “φτερούγας” πίσω από αυτή, μήκους συνήθως 3-6 μέτρων. Βασική ιδέα της κατασκευής είναι να επιμηκύνει την ενεργή ίσαλο γραμμή και να καταστεί το βρεχόμενο μέρος του ποδοστήματος μικρότερο. Αυτό έχει θετικές επιπτώσεις στην αντίσταση του πλοίου.

Με την κατασκευή αυτή δύναται να επιτευχθεί 4-10% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατά 3-7% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό [10].

7.2.3. Διάταξη των ελικοφόρων αξόνων.

Οι ελικοφόροι άξονες πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένοι σε υδροδυναμική κατεύθυνση. Επιπλέον τα στηρίγματα αυτών πρέπει να έχουν υδροδυναμικό σχήμα. Διαφορετικά αυξάνεται η αντίσταση και η ροή στην έλικα διαταράσσεται.

Μέχρι 3% διαφορά στην απαίτηση ισχύος, μπορεί να επιτευχθεί μεταξύ ενός κακού και ενός καλού σχεδιασμού, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης έως και 2% για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο [10].

7.2.4. Σχήμα πτέρνας της τρόπιδας (skeg).

Η πτέρνα της τρόπιδας (skeg) θα πρέπει να σχεδιάζεται για να κατευθύνει τη ροή ομοιόμορφα στο δίσκο της έλικας. Σε χαμηλότερες ταχύτητες είναι συνήθως ευεργετικό να υπάρχει περισσότερος όγκος στο κάτω μέρος του skeg και όσο το δυνατόν λεπτότερο πάνω από τον ελικοφόρο άξονα. Στο πίσω μέρος του skeg η ροή θα πρέπει να επικολλάται σε αυτό, αλλά με όσο το δυνατό χαμηλή ταχύτητα ροής.

Με καλό σχεδιασμό, μπορεί να επιτευχθεί 1,5% -2% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης έως και 2% για ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων [10].

7.2.5. Ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων του σκάφους.

Η διατάραξη της ροής του νερού από τα ανοίγματα στις σήραγγες του πρωραίου ωθητήρα και τα ανοίγματα των αναρροφήσεων θαλάσσης μπορεί να είναι υψηλή. Ως εκ τούτου, είναι ευεργετική η εγκατάσταση ενός χτενιού πίσω από το κάθε άνοιγμα. Εναλλακτικά, ένα πλέγμα που είναι κάθετο με την τοπική διεύθυνση της ροής μπορεί να εγκατασταθεί. Η θέση του ανοίγματος είναι επίσης σημαντική.

Ο καλός σχεδιασμός όλων των ανοιγμάτων, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θέση μπορεί να δώσει έως και 5% χαμηλότερη απαίτηση κατανάλωσης ενέργειας, σε σχέση με τους κακούς σχεδιασμούς, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας περίπου κατά 5% [10].

7.2.6. Αναχαιπιστικά ελάσματα διαγωγής (interceptor trim plates).

Το αναχαιπιστικό (interceptor) είναι μια μεταλλική πλάκα που τοποθετείται κάθετα προς την πρύμνη του πλοίου, καλύπτοντας το μεγαλύτερο εύρος αυτής. Αυτή η πλάκα αλλάζει τη ροή στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου προς τα κάτω, δημιουργώντας ένα παρόμοιο φαινόμενο ανύψωσης, όπως μια συμβατική σφήνα διαγωγής, λόγω της υψηλής πίεσης στην περιοχή πίσω από τις έλικες.

Επιφέρουν 1-5% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση έως και 4% της συνολικής ζήτησης ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο [10].

7.2.7. Βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης έλικας και σκάφους.

Η έλικα και το πλοίο αλληλεπιδρούν. Η επιτάχυνση του νερού που οφείλεται στη δράση της έλικας μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου ή των εξαρτημάτων. Η επίδραση αυτή μπορεί σήμερα να προβλεφθεί και να αναλυθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, με τη χρήση υπολογιστικών τεχνικών.

Επανασχεδιασμός της γάστρας, των εξαρτημάτων και της έλικας ως σύνολο, οδηγεί σε βελτίωση των επιδόσεων έως και 4% [10].

7.2.8. Βάρος κενού σκάφους (lightship) πλοίου.

Η χρήση κατασκευών με μικρό βάρος μειώνει το βάρος του πλοίου (lightweight). Σε τμήματα της κατασκευής που δεν συμβάλλουν στην ολική αντοχή του πλοίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αλουμίνιο ή κάποιο άλλο ελαφρύ μέταλλο, για μείωση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής.

Σε ένα συμβατό πλοίο το βάρος του χάλυβα μπορεί να μειωθεί κατά 5-20%, αναλόγως του ποσοστού του χάλυβα υψηλής αντοχής που χρησιμοποιείται.

Μια μείωση κατά 20% στο βάρος του χάλυβα μπορεί να επιφέρει μείωση της απαίτησης ισχύος πρόωσης κατά 9% περίπου. Ωστόσο, μια αποταμίευση κατά 5% είναι πιο ρεαλιστική, καθώς χάλυβες υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται ήδη σε κάποιο βαθμό σε πολλές περιπτώσεις [10].

7.2.9. Αντιστρεφόμενες έλικες.

Οι ομοαξονικές αντίστροφα περιστρεφόμενες έλικες είναι μια συσκευή για ανάκτηση μέρους της ενέργειας περιστροφής. Για την αποφυγή προβλημάτων σπηλαίωσης, η πρυμναία έλικα συνήθως έχει μικρότερη διάμετρο από την πρωραία. Η οπίσθια έλικα, συνεπώς, δεν λειτουργεί στο πλήρες πεδίο της περιστρεφόμενης ροής από την εμπρόσθια έλικα. Επιπλέον, η περίπλοκη διάταξη του αξονικού συστήματος έχει ως αποτελέσματα την αύξηση των μηχανικών απωλειών, οι οποίες αναιρούν μέρος από το κέρδος που προκύπτει από την ανάκτηση της ενέργειας περιστροφής. Έχει επίσης αναφερθεί ότι οι μειωτήρες των αντίστροφα περιστρεφόμενων ελίκων μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα. Έχουν αναφερθεί κέρδη σε κατανάλωση ενέργειας με εύρος από 6% έως 20%. Από δύο διαφορετικές πλήρους κλίμακας μετρή-

σεις έχουν αναφερθεί κέρδη 15% και 16%. Οι εν λόγω έλικες απαιτούν μικρή γραμμή άξονα και, συνεπώς, είναι κατάλληλες κατά κύριο λόγο για μονοέλικα πλοία. Η διάταξη είναι ιδιαίτερα ευεργετική για έλικες σχετικά μεγάλου φορτίου και τα καλύτερα αποτελέσματα (υπό μορφή κατανάλωσης ενέργειας) έχουν βρεθεί σε γρήγορη φορτηγά πλοία, επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η ανάλυση των απωλειών περιστροφικής ενέργειας δείχνει ότι η τα δυνητικά οφέλη που θα μπορούσαν να επιτευχθούν είναι περίπου 3-6% [3].

7.2.10. Ακροφύσια Έλικας.

Η εγκατάσταση ακροφυσίων σε σχήμα τομής πτερυγίου γύρω από μια έλικα, εξοικονομεί καύσιμα για ταχύτητα πλοίου έως και 20 κόμβους και επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 5%, σε σύγκριση με ένα σκάφος με ανοικτή έλικα [10].

7.3. Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ της κύριας μηχανής.

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη ισχύς προώσεως. Τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να εκφραστούν στην καμπύλη ισχύος (συνδυασμός P_{ME} και V_{ref}). Αντιθέτως τα αποτελέσματά τους εκφράζονται με τον παράγοντα P_{eff} (75% της μείωσης της ισχύος της κ. μηχανής από τις τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας), ο οποίος πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες C_{FME} , SFC_{ME} και f_{eff} και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου EEDI, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.

Μερικές τεχνολογίες μπορεί να χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν πρόσθετη ισχύ για τη λειτουργία του συστήματος, όπως στην περίπτωση της μεθόδου λίπανσης αέρα, όπου βοηθητική ενέργεια είναι απαραίτητη για την παραγωγή των πολύ μικρών φυσαλίδων που ρέουν κατά μήκος του κάτω μέρους της γάστρας, για τη μείωση της αντίστασης τριβής. Σε μια τέτοια περίπτωση, η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να υπολογίζεται ως αρνητική P_{AEff} , ώστε να αντανakλά σωστά τα "καθαρά" αποτελέσματα του συστήματος.

Αυτή η κατηγορία των τεχνολογιών μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποκατηγορίες, με κριτήριο την εφαρμογή του συντελεστή διαθεσιμότητας (f_{eff}), ως εξής:

α. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου και συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) είναι 1.

β. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πλήρη παραγωγή μόνο κάτω από περιορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η παραγωγή τους εξαρτάται από την κατάσταση του περιβάλλοντος, κάτω από οποίο το πλοίο λειτουργεί, όπως ο καιρός στην περίπτωση της χρήσης της αιολικής ενέργειας για την πρόωση. Η ρύθμιση του συντελεστή διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες:

7.3.1. Αιολική ενέργεια.

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους σε πλοία για να παρέχει πρόσθετη ώση προς τα εμπρός. Αυτοί περιλαμβάνουν:

7.3.1.1. Τα παραδοσιακά πανιά.

Παρά το γεγονός ότι τα πανιά ήταν κάποτε η μόνη πηγή πρόωσης, τα πανιά θεωρείται και σήμερα ότι είναι μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την παροχή πρόσθετης συμπληρωματικής ισχύος. Η χρήση των παραδοσιακών πανιών επιβάλλει ροπές κάμψης στο σκάφος, με αποτέλεσμα το πλοίο να παίρνει κλίση. Επιπλέον θέματα αντοχής θα μπορούσε να οδηγήσουν στην ανάγκη για να φτάσει ο ιστός έως την καρίνα, και η παρουσία του ιστού και του εξαρτισμού θα μπορούσε να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διακίνηση του φορτίου.

Η εξοικονόμηση καυσίμου με χρήση πανιών μπορεί να ανέλθει, σε ιδανικές συνθήκες καιρού, στο 15 % στην ταχύτητα των 15 knots και στο 44% στην ταχύτητα των 10% [3].

7.3.1.2. Στερεά ιστία σε σχήμα πτερυγίου.

Τα στερεά ιστία σε σχήμα πτερυγίου μοιάζουν με τα φτερά των αεροσκαφών, τα οποία παρέχουν μεγαλύτερη ώθηση με μικρότερη αντίσταση από τα συμβατικά πανιά.

Με τη χρήση των ιστίων αυτών δύναται να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμων μέχρι 21% για δεξαμενόπλοια, 8.5% για οχηματαγωγά και 20% για πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων (PCTC) [10]

7.3.1.3. Αετοί.

Οι αετοί διαφέρουν από τις άλλες ιδέες εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, έχοντας μικρό αποτύπωμα κατά την εγκατάσταση τους και ως εκ τούτου είναι αρκετά εύκολο να γίνει η μετασκευή τοποθέτησης τους. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων αετών είναι ότι απαιτούν πολύπλοκα συστήματα εκτόξευσης, ανάκτησης και ελέγχου. Επίσης, η αντοχή του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για τους αετούς είναι ένα θέμα προς εξέταση.

Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία «SkySails» με τη χρήση των αετών μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 50% τις καλές ημέρες, με ετήσια μείωση καυσίμου από 10 έως 15 %. [13]

7.3.1.4. Κινητήρες τύπου «Flettner».

Οι κινητήρες τύπου «Flettner» είναι κατακόρυφοι περιστρεφόμενοι ρότορες, εγκατεστημένοι επί του πλοίου, που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ώση σε διεύθυνση κάθετη του ανέμου, χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Magnus ή Φαινόμενο Δυναμικής Άνωσης. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο επωφελείται από την πρόσθετη ώση, με αποτέλεσμα την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

Για ένα φορηγό Supramax (55.000 τόννοι dwt), εξοπλισμένο με σύστημα τεσσάρων αιολικών κινητήρων (με ύψος ρότορα 20 μέτρα και διάμετρο ρότορα 2,3 m), που είναι 246 ημέρες στη θάλασσα ετησίως, έχει εκτιμηθεί μέση εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμων ύψους 1023 τόννων ετησίως. Ανάλογες δυνατότητες μείωσης ισχύουν και για τους άλλους τύπους πλοίων, ανά ημέρα και ανά ρότορα ιδίου μεγέθους [11].

7.3.2. Λίπανση με αέρα.

Ο πεπιεσμένος αέρας παρέχεται μέσα σε μια εσοχή του κάτω μέρος του κύτους του πλοίου. Ο αέρας δημιουργεί ένα "χαλί", το οποίο μειώνει την αντίσταση τριβής μεταξύ του νερού και της επιφάνεια της γάστρας. Αυτό μειώνει την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης. Η δυσχέρεια είναι να εξασφαλιστεί ότι ο αέρας παραμένει κάτω από τη γάστρα του πλοίου και δεν διαφεύγει. Παράλληλα απαιτείται μερική ισχύς για την λειτουργία των αεροσυμπιεστών.

Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου μέχρι 15% για τα δεξαμενόπλοια, 7,5% για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, 3,5% για τα οχηματαγωγά και μέχρι 8,5 για τα πλοία μεταφοράς οχημάτων [10].

7.4. Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ των βοηθητικών μηχανών.

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη βοηθητική ισχύ. Τα αποτελέσματά τους, που σχετίζονται με την βοηθητική ισχύ, είναι ανεξάρτητα από την καμπύλη ισχύος. Οι επιπτώσεις τους μπορούν να ενσωματωθούν στον EEDI εκφράζοντας την παραγωγή τους ως P_{AEff} , η οποία πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες C_{FME} , SFC_{ME} και f_{eff} και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου EEDI, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες, με κριτήριο την εφαρμογή του συντελεστή διαθεσιμότητας (f_{eff}) ως εξής:

α. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου και συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) είναι 1.

β. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πλήρη παραγωγή μόνο κάτω από περιορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η παραγωγή των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Η ρύθμιση του συντελεστή διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω τεχνολογίες:

7.4.1. Συστήματα Ανάκτησης Απολυόμενης Θερμότητας.

Τα συστήματα ανάκτησης απολυόμενης θερμότητας ανακτούν τη θερμική ενέργεια των καυσαερίων και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Η ενέργεια που απομένει μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες χρήσεις στο πλοίο, όπως στον λέβητα αυτού.

Η ανάκτηση της απολυόμενης θερμότητας μπορεί να φτάσει μέχρι το 15% της ισχύος της κ. μηχανής, ενώ στα καινούργια συστήματα εφίσταται δυνατότητα μέχρι 20% [10].

7.4.2. Χρήση Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG).

Μη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), ως καύσιμο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, λόγω της χαμηλότερης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση του πλοίου. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση προέρχονται από την εξάλειψη της απαίτησης διαχωρισμού και θέρμανσης του βαρέως πετρελαίου (HFO). Το κρύο (-162°C) LNG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ψύξη των συστημάτων κλιματισμού του πλοίου, προκειμένου εξοικονομηθεί η ισχύς των αντίστοιχων συμπιεστών. Η εξοικονόμηση της συνολικής ενέργειας μπορεί να φτάσει μέχρι 4% για ένα τυπικό οχηματαγωγό. Για λειτουργία εν πλω με ταχύτητα 22 kn, η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380 kW, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων [10].

7.4.3. Ηλιακή Ενέργεια.

Ηλιακοί συλλέκτες εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα του πλοίου μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για χρήση σε ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ή στα βοηθητικά συστήματα του πλοίου. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3,5% για δεξαμενόπλοια, μέχρι 2,5% για πλοία μεταφοράς οχημάτων και μέχρι 1% για οχηματαγωγά [10].

Μια δοκιμή αυτή της τεχνολογίας αποτελεί το πλοίο «Leader Auriga», ένα καθαρό φορτηγό μεταφοράς αυτοκινήτων, ολικής χωρητικότητας 60.213 GT, που αναπτύχθηκε από κοινού από την «NYK» και τη «Nippon Oil Corporation». Το πλοίο είναι εξοπλισμένο με 328 ηλιακούς συλλέκτες και έχει χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή των συστημάτων πρόωσης που εν μέρει λειτο-

υργούν με ηλιακή ενέργεια. Η παραγόμενη ηλιακή ενέργεια μετρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο 0,05% της ισχύος πρόωσης του πλοίου και στο 1% των καθημερινών απαιτήσεων ισχύος, όπως το μαγειρείο και ο φωτισμός των ενδαιτήσεων (NYK, 2009) [14].

7.5. Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής.

Η ειδική κατανάλωση των κ. μηχανών και των βοηθητικών μηχανών ενσωματώνονται στον τύπο του δείκτη EEDI μέσω των συντελεστών SFC_{ME} και SFC_{AE} αντίστοιχα. Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.6, ότι η μεταβολή της τιμής του δείκτη EEDI είναι ανάλογη με την τιμή αυτών των συντελεστών.

Η ειδική κατανάλωση πετρελαίου εξαρτάται κατά βάση από την επιλογή της μηχανής. Οι δίχρονοι μηχανές έχουν διαφορετική ειδική κατανάλωση από τις τετράχρονες και η διαφορά εξαρτάται από το μέγεθος αυτών. Όταν επιλεγεί ο τύπος της μηχανής, υπάρχουν μικρές δυνατότητες να επηρεαστεί η πραγματική ειδική κατανάλωση.

Για μείωση της ειδικής κατανάλωσης (SFC) των πετρελαιοκινητήρων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τεχνολογίες από τους κατασκευαστές:

- Ηλεκτρονικού ελέγχου των καυστήρων και των βαλβίδων.
- Μεταβλητής ρύθμισης του πεδίου λειτουργίας των στροβιλοφυσητήρων.
- Αύξησης του λόγου της μέγιστης πίεσης καύσης διά της μέσης πίεσης καύσης p_{max}/p_{mep} .

Τα περιθώρια για περαιτέρω μείωση της ειδικής κατανάλωσης των πετρελαιοκινητήρων είναι όμως μειωμένα, καθόσον υπολογισμοί και μετρήσεις έχουν δείξει ότι είμαστε κοντά στην υψηλότερη δυνατή απόδοση, σύμφωνα με τον κύκλο Carnot, για την τυπικό σχεδιασμό του κινητήρα που είναι διαθέσιμος σήμερα, χωρίς επιπλέον εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι αν θέλουμε να το αυξήσουμε την απόδοση του κινητήρα και κατ' επέκταση να μειώσουμε το εκπεμπόμενο CO₂, πρέπει να εξεταστούν άλλες μέθοδοι και τεχνικές, που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τους πετρελαιοκινητήρες [15].

7.6. Τύπος καυσίμου.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.7 ο τύπος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου επηρεάζει τις εκπομπές CO₂ και την τιμή του δείκτη EEDI.

Με τη χρήση αερίων καυσίμων επιτυγχάνεται αξιόλογη μείωση του εκπεμπόμενου CO₂. Το LPG και το LNG είναι καύσιμα υδρογονανθράκων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και το αποτέλεσμα της μείωσης του CO₂ ανά Kwh, είναι περίπου 20% χαμηλότερα από το HFO. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των εκπομπών CO₂ μεταξύ μιας μηχανής που χρησιμοποιεί αέριο καύσιμο και μια ισοδύναμης που χρησιμοποιεί βαρύ πετρέλαιο:

Πίνακας 7: Σύγκριση των εκπομπών CO₂ μεταξύ μηχανής βαρέως πετρελαίου και αερίου καυσίμου (πηγή: MAN Diesel: How to Influence CO₂)

Φορτίο (%)	Ειδική Κατανάλωση (gr/Kwh)	Pilot Oil (%)	Αέριο (%)	Εκπομπές CO ₂ με χρήση HFO (gr/Kwh)	Εκπομπές CO ₂ με χρήση Αερίου (gr/Kwh)
100	170	5	95	559	472
75	166	7	93	546	461
50	179	10	90	557	470

Εκτός των αερίων καυσίμων η χρήση των βιοκαυσίμων, ως καύσιμα στους ναυτικού κινητήρες, αποτελεί μια δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO₂. Η δυνατότητα αυτή είναι προς το παρόν περιορισμένη. Αυτό οφείλεται, όχι μόνο σε τεχνολογικούς παραγόντων αλλά και εξαιτίας του κόστους και της έλλειψης διαθεσιμότητας καθώς και άλλων παραγόντων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση των βιοκαυσίμων.

8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ EEDI/ ΤΡΟΠΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.

8.1. Εγκατεστημένη Ισχύς.

Οι τιμές του δείκτη EEDI βρίσκονται σε ευθεία αναλογία με την εγκατεστημένη στο πλοίο ισχύς πρόωσης, όπως αναφέρθηκε στην ανωτέρω παράγραφο 6.2. Ως εκ τούτου και προκειμένου να επιτευχθεί συμμόρφωση ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI, ενδέχεται ορισμένοι πλοιοκτήτες να περιορίσουν την εγκατεστημένη ισχύς.

Περιορίζοντας την εγκατεστημένη ισχύς, χρησιμοποιούνται μηχανές με έμβολα μικρότερης διαμέτρου και υψηλότερων στροφών. Αυτοί οι κινητήρες έχουν υψηλότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου και το πιο σημαντικό απαιτούν μικρότερη έλικα η οποία εν γένει είναι λιγότερο αποδοτική. Επιπλέον οι εκπομπές CO₂ δεν είναι ανάλογες της εγκατεστημένης ισχύος, αλλά του ποσοστού της εγκατεστημένης ισχύος που χρησιμοποιείται για την κίνηση του πλοίου κατά τη διάρκεια του πλου του, σε συνδυασμό με την ειδική κατανάλωση της μηχανής σε αυτή την ισχύ. Η ισχύς αυτή είναι μικρότερη της εγκατεστημένης και καθορίζεται σε συνάρτηση με την κατάσταση στην αγορά. Εκτιμάται δε ότι ένα πλοίο κάνει χρήση της μέγιστης εγκατεστημένης ισχύος του μόνο κατά το 10 % του χρόνου ζωής του, όταν η αγορά βρίσκεται σε έκρηξη, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο χρησιμοποιεί ποσοστό αυτής. Αυτό σημαίνει ότι τα συμμορφούμενα, με αυτόν τον τρόπο, πλοία καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, οπότε έχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα από το επιδιωκόμενο.

Στον υπολογισμό του δείκτη EEDI χρησιμοποιείται το 75% της εγκατεστημένης ισχύος. Για δεδομένη ταχύτητα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Ειδικότερα, με την εγκατάσταση μεγαλύτερης μηχανής (πχ με ένα επιπλέον κύλινδρο) επιτυγχάνεται μικρότερη κατανάλωση, κατά τη λειτουργία της μηχανής σε σημείο μικρότερο του MCR («derated» engine). Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την χρήση, στον τύπο υπολογισμού του EEDI, της ονομαστικής (rated) εγκατεστημένης ισχύος, καθόσον η μείωση της κατανάλωσης δεν αντανακλάται αντίστοιχα σε μείωση της τιμής του δείκτη EEDI.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει ένα πραγματικό παράδειγμα ενός δεξαμενόπλοιου 75.000 DWT, στο οποίο η χρήση μεγαλύτερης (κατά ένα κύλινδρο) μηχανής επιφέρει μείωση της κατανάλωσης κατά 1.14 τόνους ανά ημέρα ή 2.9 % συνολικά.⁹

Για τις δύο αναφερόμενες περιπτώσεις υπολογίστηκαν και οι αντίστοιχες τιμές του δείκτη EEDI, όπως φαίνονται στον ίδιο πίνακα.

Πίνακας 8: Σύγκριση Κατανάλωσης Πλοίου με Χρήση Μηχανής Ονομαστικής και Μειωμένης (derated) Ισχύος

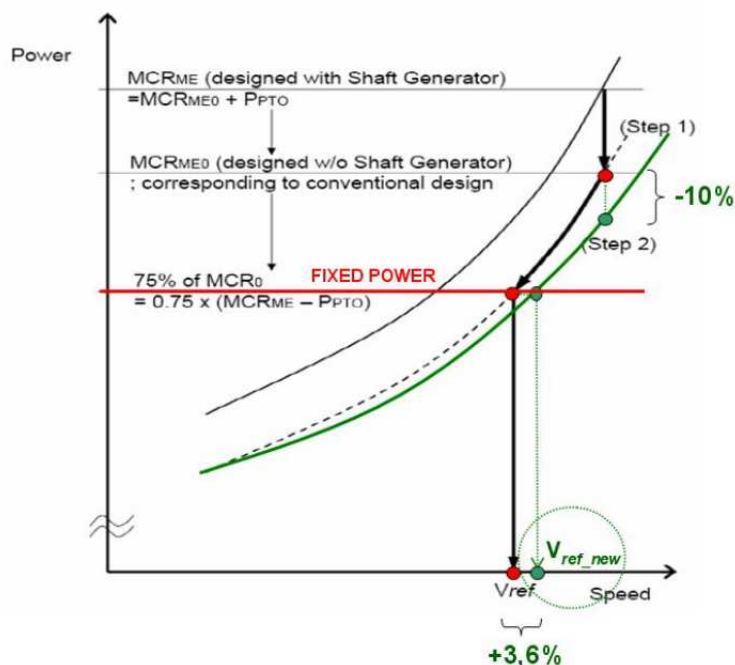
75.000 DWT Panamax Product Carrier		
	Nominal engine	Derated engine
Main Engine	MAN 5S60MC	MAN 6S60 MC
Installed power	11,900 KW at 105 RPM	14,280 at 105 RPM
Power at 15.1 knots	11,900 KW at 105 RPM	11,900 at 105 RPM
Consumption	49.7 TPD	48.5 TPD
Fuel Saving	1.14 TPD	
EEDI	4,62	5,39

Από τον ανωτέρω πίνακα διαπιστώνεται ότι στην περίπτωση της εγκατάστασης μεγαλύτερης μηχανής (κατά ένα κύλινδρο) από την ονομαστική, μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου ενώ παραδόξως αυξάνεται η τιμή του δείκτη EEDI.

Στον EEDI χρησιμοποιείται το 75% της εγκατεστημένης ισχύος. Εάν η βελτιστοποίηση της πρόωσης γίνει χωρίς την μείωση του μεγέθους της μηχανής, το κέρδος από την μειωμένη ισχύ άξονα σε συγκεκριμένη ισχύς, μεταφράζεται σε αλλαγή ταχύτητας στο 75% του MCR. Το όφελος από την άποψη του EEDI, στην περίπτωση που η βελτιστοποίηση δεν επιτρέπει μικρότερη μηχανή, είναι μόνο η κυβική ρίζα της μείωσης της ισχύος, καθόσον ισχύς και ταχύτητα σχετίζονται με την τρίτη δύναμη. Για παράδειγμα μια βελτίωση

⁹ Πηγή: MAN Diesel, Improved Efficiency and reduced CO₂.

στη ισχύς της έλικας κατά 10% δίνει μια αύξηση στην ταχύτητα κατά 3,6%. Εάν η εγκατεστημένη ισχύς διατηρείται σταθερή η βελτίωση του EEDI είναι μόνο 3,6%¹⁰.



Εικόνα 25: Επιπτώσεις στην τιμή του EEDI από τη βελτιστοποίηση της πρόωσης, όταν το μέγεθος της κύριας μηχανής δεν αλλάζει

Επιπρόσθετα η εγκατάσταση κινητήρα μικρότερης ισχύος ενδέχεται να επιφέρει επιπτώσεις στην ασφάλεια του πλοίου, καθόσον δεν εξασφαλίζεται η ικανότητα ελιγμών και η ικανοποιητική συμπεριφορά του σε θαλασσοταραχή.

Για την απαλοιφή του ανωτέρω ενδεχομένου, αναγνωρίστηκε από τις τελευταίες συνεδριάσεις της MEPC, ότι στα πλοία που εφαρμόζεται η απαίτηση του EEDI, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ισχύ πρόωσης, που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου κάτω από αντίξοες συνθήκες, όπως ορίζεται στις κατευθυντήριες γραμμές, που θα αναπτυχθούν από τον IMO. Οι οδηγίες αυτές δεν έχουν εισέτι εκδοθεί και αναμένεται η έκδοσή σε προσεχείς συνεδριάσεις της MEPC.

¹⁰ Πηγή: Deltamarin report, 2009, EEDI tests and trials for EMSA.

8.2. Ταχύτητα υπηρεσίας.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 6.1, η τιμή του δείκτη EEDI επηρεάζεται δραστικά από την ταχύτητα V_{ref} .

Ως εκ τούτου και προκειμένου να επιτευχθεί συμμόρφωση ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI, ενδέχεται ορισμένοι πλοιοκτήτες ή ναυπηγεία να περιορίσουν την ταχύτητα V_{ref} (περιορίζοντας την εγκατεστημένη ισχύς) των πλοίων τους, χωρίς τροποποίηση ή βελτίωση του σχεδιασμού.

Η επιλογή αυτή δύναται να επιφέρει τις ακόλουθα ανεπιθύμητες παρενέργειες:

- Εάν τα νέα πλοία δεν μπορούν να πιάσουν τις απαιτούμενες ταχύτητες για την κάλυψη των αναγκών μεταφοράς, τα παλαιά πλοία, τα οποία δεν εντάσσονται στην απαίτηση αυτού, θα παραμείνουν στην κυκλοφορία, με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί η αναμενόμενη μείωση των ρύπων και να έχουμε τα αντίθετα αποτελέσματα.

- Ναυπήγηση περισσότερων πλοίων για να καλύψουν τη ζήτηση μεταφοράς αγαθών. Αυτό συνεπάγεται αύξηση των εκπομπών CO₂, που παράγονται κατά τη διαδικασία της ναυπήγησης και της διάλυσης. Επιπλέον μεγαλύτερη θαλάσσια κίνηση, με αρνητικές συνέπειες στην ασφάλεια.

- Αύξηση του κόστους αποθήκευσης, εξαιτίας της καθυστέρησης στην παράδοση

- Αύξηση των ναύλων, εξαιτίας της μείωσης ικανότητας μεταφοράς (ton- mile capacity).

- Μετατόπιση των μεταφορών αγαθών σε άλλου είδους μεταφορές, πλην των θαλασσίων.

- Για τα πλοία μικρών αποστάσεων, όπως τα Ro- Ro και Ferries, τα οποία συχνά επιχειρούν σε καθορισμένα δρομολόγια, η ταχύτητα αποτελεί πρωτεύον χαρακτηριστικό τους, προκειμένου μειωθεί η διάρκεια του ταξιδιού και επιτευχθεί η προβλεπόμενη ώρα αναχώρησης και άφιξης. Ως εκ τούτου, σε περίπτωση μείωσης αυτής μέσω του EEDI, υφίσταται κίνδυνος να επιλεγεί άλλο μέσο μεταφοράς, όπως οι οδικοί άξονες ή οι αερομεταφορές.

Προκειμένου να αποφευχθεί μια τέτοια στρεβλή εφαρμογή του κανονισμού και να ενθαρρυνθούν τα ναυπηγεία για τη βελτίωση του συνολικού

σχεδιασμού για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού πλοίου, θα ήταν προτιμότερο να υπολογίζεται ο EEDI σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα που εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου. Σε αυτή την περίπτωση ο συνολικός σχεδιασμός του κάθε συγκεκριμένου πλοίου και ιδιαίτερα η γάστρα θα βελτιστοποιείται ως προς την αποδοτικότητα και οι απαιτήσεις σε ισχύ θα εκτιμώνται με βάση την απαίτηση για την επίτευξη της καθορισμένης αυτής ταχύτητας.

8.3. Μείωση του βάρους κενού σκάφους (Lightship).

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 6.5, η μείωση του βάρους κενού σκάφους ωφελεί την τιμή του δείκτη EEDI, καθόσον αυξάνει το πρόσθετο βάρος (DWT), για δεδομένο εκτόπισμα. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει τους σχεδιαστές ή τους πλοιοκτήτες να μειώσουν το βάρος του χάλυβα όσο το δυνατόν περισσότερο. Επιπλέον αποτρέπει όσους επιθυμούν να ενισχύσουν οικειοθελώς τη δομική κατασκευή του πλοίου, πάνω από την ελάχιστη επιτρεπόμενη, όπως ορίζεται από τους κανονισμούς, καθόσον αυτές οι βελτιώσεις προσθέτουν βάρος χάλυβα και συνεπώς μειώνουν το πρόσθετο βάρος (DWT).

Τα στιβαρά πλοία είναι όμως σημαντικά για την προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και την πρόληψη της ρύπανσης των θαλασσών.

Για την αποφυγή των ανωτέρω επιδράσεων, θα εκδοθούν κατευθυντήριες οδηγίες για τον προσδιορισμό των εθελοντικών δομικών ενισχύσεων και την ενσωμάτωση αυτών μέσω του συντελεστή Διόρθωσης Μεταφορικής Ικανότητας f_i . Μέχρι την έκδοση των οδηγιών ο συντελεστής θα είναι 1.

8.4. Εκπομπές CO₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου.

Ο τύπος υπολογισμού του EEDI λαμβάνει υπόψη τις εκπομπές καυσαερίων που δημιουργούνται από τη λειτουργική διάρκεια ζωής του πλοίου. Όμως εκτός από τις εκπομπές που παράγονται από την καύση του καυσίμου στη θάλασσα είτε στα λιμάνια, κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής ζωής του πλοίου, παράγονται εκπομπές CO₂ και από τις ακόλουθες δραστηριότητες, που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής του πλοίου:

- Κατασκευή χάλυβα.
- Ναυπήγηση πλοίου.

- Επισκευές πλοίου
- Ανακύκλωση πλοίου
- Μεταφοράς των πρώτων υλών και του χάλυβα

Καμία από τις εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με τις δραστηριότητες αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται στον τύπο του δείκτη EEDI. Αυτό σημαίνει ότι ένα πλοίο με εκπομπές CO₂ κύκλου ζωής υψηλότερες από αυτές ενός άλλου πλοίου, μπορεί να επιτύχει μια χαμηλότερη (πιο ευνοϊκή) τιμή EEDI.

Ένα πλοίο που κατασκευάστηκε με μεγαλύτερα περιθώρια διάβρωσης, από ένα άλλο πλοίο, με το ίδιο εκτόπισμα, ίδια ταχύτητα και ισχύ, θα έχει μικρότερο πρόσθετο βάρος (DWT) και ως εκ τούτου, όπως αναφέρθηκε στην ανωτέρω παράγραφο 10.3, θα έχει υψηλότερη τιμή δείκτη EEDI. Υπ' αυτή την έννοια, το πιο στιβαρό πλοίο θα εμφανίζονται λιγότερο φιλικό προς το περιβάλλον από ό,τι το λιγότερο στιβαρό ομόλογό του.

Ωστόσο, δεν είναι ευρέως γνωστό ότι το ισχυρότερο πλοίο μπορεί να παράγει λιγότερο CO₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, εάν ληφθούν υπόψη και οι εκπομπές κατά τη φάση της ναυπήγησης, επισκευής και ανακύκλωσης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας μελέτης¹¹, τα πλοία που έχουν ναυπηγηθεί με μεγαλύτερες ανοχές διάβρωσης είναι δυνατόν να επιτύχουν χαμηλότερες συνολικά εκπομπές CO₂, κατά τη διάρκειας του κύκλου ζωής τους.

Η εν λόγω μελέτη συνέκρινε τις εκπομπές CO₂ του κύκλου ζωής δύο Panamax και δύο Handymax πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, τα οποία ναυπηγήθηκαν με δύο διαφορετικές ιδέες σχεδίασης. Το πλοίο A ναυπηγήθηκε σύμφωνα με την ιδέα του χαμηλού αρχικού κόστους, με ελαφρύτερο βάρος κενού σκάφους, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ικανότητα μεταφοράς φορτίου, και με τα περιθώρια διάβρωσης σύμφωνα με τους κοινούς κατασκευαστικούς κανονισμούς (Common Structural Rules) του IACS. Το πλοίο B είναι ένα πλοίο με την ίδια μορφή και εκτόπισμα με το πλοίο A, αλλά με μεγαλύτερο

¹¹ Gratsos, G.A., H. N. Psaraftis, P. Zachariadis (2009), "Life cycle cost of maintaining the effectiveness of a ships structure and environmental impact of ship design parameters: an update", RINA Conference on the Design and Operation of Bulk Carriers, Athens, Greece, Oct. 26-27, 2009.

βάρος κενού σκάφους, ως αποτέλεσμα των αυξημένων περιθωρίων διάβρωσης, ιδιαίτερα σε επιλεγμένους τομείς, σύμφωνα με την υφιστάμενη σχετική εμπειρία, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ανανεώσεις χάλυβα. Το Πλοίο Β έχει συνολικά παρόμοια περιθώρια διάβρωσης με τα πλοία που ναυπηγούνταν πριν την εφαρμογή των κοινών κατασκευαστικών κανονισμών (CSR) (συνήθως ισοδυναμούν με 20-25% του αρχικού πάχους ελάσματος), με περαιτέρω αυξήσεις σε ορισμένες περιοχές όπου αυτά τα περιθώρια αποδείχθηκαν ανεπαρκή (όπως τα πλαίσια των αμπαριών των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, χαμηλά εγκάρσια ενισχυτικά, κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενών έρματος, κλπ). Τα πλοία είναι κατά τα άλλα πανομοιότυπα, έχουν παρόμοια βαφή, υλικά, ίδια πολιτική λειτουργίας και συντήρησης και υποτίθεται ότι απασχολούνται σε παρόμοιες αποστολές. Οι ταχύτητες των πλοίων είναι επίσης οι ίδιες και η μελέτη απαιτεί ότι και οι δύο τύποι πλοίων μεταφέρουν τις ίδιες ποσότητες φορτίου (σε τόνους-χιλιόμετρα) ανά έτος.

Μετά από υπολογισμούς, που έλαβαν υπόψη διαφορετικά ωφέλιμα φορτία και διαφορετικές λειτουργικές ημέρες ανά χρόνο, το καθαρό αποτέλεσμα είναι ότι περισσότερα πλοία του τύπου Α (σε ποσοστό της τάξης του 1,5% για τα Panamax και 1,1% για τα Handymax) θα απαιτηθούν, έτσι ώστε η συνολική ετήσια μεταφερόμενη ποσότητα (τόνος- χιλιόμετρο) να είναι η ίδια.

Οι περιβαλλοντικές επιδόσεις του κύκλου ζωής του πλοίου Α είναι καλύτερες από εκείνες του πλοίου Β, αλλά αν ληφθεί υπόψη μόνο το CO₂ που παράγεται από το καύσιμο που καίγεται μέσω της λειτουργίας του πλοίου κατά τη διάρκεια της ζωής του. Η διαφορά ανέρχεται σε λιγότερο από 600 τόνους CO₂, ανά πλοίο και έτος, για τα Panamax και λιγότερο από 200 τόνους CO₂ για τα Handymax.

Ωστόσο, συγκρίνοντας τις εκπομπές CO₂ που οφείλονται σε άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός πλοίου, όπως η παραγωγή του χάλυβα, η ναυπηγική κατασκευή, οι επισκευές και η ανακύκλωση, βρέθηκε ότι το πλοίο Β είναι καλύτερο από το πλοίο Α. Συγκεκριμένα, από τις δραστηριότητες αυτές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου, παράγονται, κατά μέσο όρο, 342 τόνοι CO₂ ετησίως περισσότεροι για το Α πλοίο τύπου Panamax και 183 τόνοι CO₂ ετησίως περισσότεροι για το Α πλοίο τύπου Handymax.

Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να είναι περιορισμένα, στη βάση ενός πλοίου (μια διαφορά της τάξης του 1% μεταξύ του πλοίου Α και του πλοίου Β), μπορούν όμως να είναι ουσιαστικά και καθολικά, αν λάβει κανείς υπόψη τον αριθμό των πλοίων του στόλου. Το 2007, σύμφωνα με την βάση δεδομένων πλοίων Lloyds-Fairplay, υπήρχαν 1.383 πλοία τύπου Panamax και 1.732 τύπου Handymax στον παγκόσμιο στόλο (ανάμεσα σε συνολικά 6.462 πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην). Με βάση τα δύο αυτά μεγέθη των πλοίων και με βάση τον αριθμό αυτών, ως αναφέρθηκε ανωτέρω, η λειτουργία πλοίων τύπου Α παράγει περίπου 790.000 τόνους CO₂ ανά έτος περισσότερο από ό,τι τα πλοία του τύπου Β. Η ποσότητα των 790.000 τόνων δεν είναι αμελητέα ποσότητα (περίπου 0,1% των συνολικών ετήσιων εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία).

Καθώς οι τρέχουσες λειτουργικές εκπομπές CO₂ του παγκόσμιου στόλου εκτιμώνται στην τάξη του ενός δισεκατομμυρίου τόνων ανά έτος, 5-6% είναι περίπου 50 με 60 εκατομμύρια τόνοι επιπλέον CO₂ ετησίως, στο βαθμό που το ίδιο ποσοστό ισχύει και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ομοίως, το 1% (η διαφορά μεταξύ του πλοίου Α και Β του πλοίου), στο βαθμό που ισχύει επίσης και για τους άλλους τύπους πλοίων και για τα άλλα μεγέθη, είναι μείωση περίπου 10 εκατομμυρίων τόνων CO₂ ετησίως.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εν λόγω μελέτη δεν ελήφθησαν υπόψη άλλες δραστηριότητες, που παράγουν επίσης εκπομπές, όπως η εξόρυξη των πρώτων υλών, τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για το πλοίο και άλλες, οι οποίες αν λαμβάνονταν υπόψη θα έγειραν τα αποτελέσματα περισσότερο υπέρ του πλοίου Β.

Παρόλα αυτά, η σύγκριση των τιμών EEDI για τα πλοία αυτά επιφέρουν ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.¹²

Πίνακας 9: Σύγκριση τιμών δείκτη EEDI

PANAMAX	Ship A	Ship B
75% of MCR (kW)	6,750	6,750
Speed at 75% MCR	13.30	13.30
DWT	73.000	72.200

¹² Πηγή: International Maritime Organization (IMO), 2010, The Energy Efficiency Design Index (EEDI) and Life Cycle Considerations, MEPC 60/4/16.

EEDI	4,439	4,488
HANDYMAX	Ship A	Ship B
75% of MCR (kW)	5.732	5.732
Speed at 75% MCR	13.30	13.30
DWT	46.500	45.900
EEDI	5.918	5.996

Μπορεί κανείς να δει ότι από την άποψη της τιμής του EEDI, το πλοίο A είναι καλύτερο από το πλοίο B και για τα δύο σχέδια. Αυτό οφείλεται αποκλειστικά στη διαφορά DWT μεταξύ των δύο πλοίων. Αλλά αυτό σημαίνει ότι ένα πλοίο με υψηλότερες εκπομπές CO₂ στον κύκλο ζωής του είναι καλύτερο στα χαρτιά, καθώς η τιμή του EEDI του είναι χαμηλότερη

8.5. Μετατόπιση ισχύος από την κύρια μηχανή στις βοηθητικές μηχανές.

Ο τύπος υπολογισμού του δείκτη EEDI υπολογίζει την βοηθητική ισχύ P_{AE} , με βάση την εγκατεστημένη ισχύ της κ. μηχανής, χωρίς να λαμβάνει υπόψη του την πραγματική ζήτηση βοηθητικής ισχύος.

Για λόγο αυτό και προκειμένου να επιτευχθούν χαμηλότερες τιμές στον δείκτη EEDI, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές αντλίες εξυπηρέτησης των κ. μηχανών, αντί των εξαρτημένων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η εγκατεστημένη ισχύς της μηχανής και η ειδική κατανάλωση αυτής και κατ' επέκταση η τιμή του EEDI, ενώ η αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου δεν λαμβάνεται υπόψη.

Επιπρόσθετα δεν λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα ορισμένων καινοτόμων τεχνολογιών μείωσης της απαιτούμενης βοηθητικής ισχύος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω τεχνολογίες:

8.5.1. Παροχή ρεύματος ξηράς.

Όταν ένα σκάφος είναι παραβεβλημένο σε λιμάνι, η απαραίτητη ισχύς για το ξενοδοχειακό φορτίο του (δηλ. φωτισμό, έλεγχο και εξοπλισμό επικοινωνιών, υδραντλίες, κ.λπ.) παρέχεται συνήθως από τις βοηθητικές μηχανές του. Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές των ελλιμενισμένων σκαφών, μερικοί λιμένες έχουν αρχίσει να προσφέρουν στα σκάφη την δυνατότητα παροχή ρεύματος ξηράς, μέσω κατάλληλης λήψης. Μόλις συνδεθεί ο κύριος η-

λεκτρικός πίνακας του σκάφους με την παροχή της ξηράς, το σκάφος δεν λειτουργεί πλέον τις βοηθητικές μηχανές του. Ειδικότερα για πλοία με αυξημένη κατανάλωση ισχύος εν όρμω, συχνούς ελλιμενισμούς και με μεγάλη διάρκεια, η εν λόγω δυνατότητα δύναται να συμβάλλει αρκετά στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, με σημαντικά οφέλη υγείας για τους γειτονικούς πληθυσμούς.

8.5.2. Χρήση φωτισμού εξοικονόμησης ενέργειας.

Χρησιμοποιώντας φωτισμό, ο οποίος είναι περισσότερο ηλεκτρικά και θερμικά αποδοτικός και βελτιστοποιώντας τη χρήση του φωτισμού, μειώνεται η απαίτηση της ηλεκτρικής ισχύος και του κλιματισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο ξενοδοχειακό φορτίο και κατά συνέπεια μειωμένη απαίτηση βοηθητικής ισχύος. Για ένα οχηματαγωγό η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει στο 1% [10].

8.5.3. Ανεμιστήρες και αντλίες μεταβλητής ταχύτητας.

Οι αντλίες και οι ανεμιστήρες ενός πλοίου είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας για αυτό. Η λειτουργία των συσκευών αυτών με μεταβλητή ταχύτητα, σύμφωνα με την πραγματικές ανάγκες σε ροή, μειώνει την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 0.1-1 % [10].

8.6. Βοηθητικές Έξοδοι Ισχύος (Power Take Offs).

Σύμφωνα με τις οδηγίες υπολογισμού του δείκτη EEDI, το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των Βοηθητικών Εξόδων Ισχύος (PTO) μπορεί να αφαιρεθεί από την ισχύ των κύριων μηχανών.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εγκατάσταση μια Βοηθητικής Εξόδου Ισχύος (PTO) είναι επωφελής για την τιμή του δείκτη EEDI και όσο μεγαλύτερη είναι τόσο καλύτερα. Αυτό όμως μπορεί να οδηγήσει σε εγκατάσταση μιας Βοηθητικής Εξόδου Ισχύος (PTO) μεγάλου μεγέθους, η ισχύς της οποίας δεν θα χρησιμοποιείται για κάλυψη των φορτίων εν πλω, με αποτέλεσμα την μείωση της τιμής του δείκτη EEDI, χωρίς να επιτυγχάνεται η αντίστοιχη μείωση των εκπομπών καυσαερίων.

Ομοίως θα ήταν δυνατό να εγκατασταθεί μια μεγάλη Βοηθητική Έξοδος Ισχύος (PTO)/ Βοηθητική Είσοδος Ισχύος (PTI) για μια μηχανή και να προκύψει ιδιαίτερο όφελος στον υπολογισμό EEDI, με τον ισχυρισμό ότι η συσκευή θα χρησιμοποιείται ως Βοηθητική Έξοδος Ισχύος (PTO) κάτω από κανονική πλεύση, ενώ ως Βοηθητική Είσοδος Ισχύος (PTI) θα χρησιμοποιείται μόνο σε έκτακτες ανάγκες, πχ για είσοδο σε λιμένα. Εντούτοις, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί η ίδια συσκευή ως συμπληρωματική μηχανή για την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων, οι οποίες προφανώς θα σήμαιναν επίσης υψηλότερες εκπομπές για το σκάφος. Το απόθεμα παραγωγής ισχύος "θα κρυβόταν" σε υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύς της βοηθητικής μηχανής, αφού αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη από τον δείκτη EEDI.

8.7. EEDI και μεγάλα πλοία.

Η χρήση μεγαλύτερων πλοίων είναι ενεργειακά αποδοτικότερη έναντι της χρήσης μικρότερων πλοίων, καθόσον με αυτά επιτυγχάνεται μικρότερη κατανάλωση καυσίμου, ανά τόνο και μίλι. Με αύξηση του μεγέθους του πλοίου κατά 10% μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου κατά 4-5 %, για όσο χρόνο υπάρχει επαρκής ζήτηση για μεταφορές.

Παρά ταύτα όμως τα πλοία μεγάλης χωρητικότητας είναι πιο δύσκολο να συμμορφωθούν με το απαιτούμενο EEDI, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 6.5. Επιπρόσθετα για όλα τα πλοία με πρόσθετο βάρος (DWT) άνω των 20.000 τόνων ισχύουν τα ίδια ποσοστά μείωσης από τις αντίστοιχες γραμμές αναφοράς. Η απλότητα του να υπάρχει μια ενιαία γραμμή αναφοράς, για όλο το εύρος του μεγέθους ενός τύπου πλοίου, έχει το μειονέκτημα ότι δεν αντιπροσωπεύει κατάλληλα τα μεγαλύτερα μεγέθη.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα ορισμένες αντιπροσωπεΐες στις MEPC είχαν προτείνει στο παρελθόν να αναπτυχθεί μια ξεχωριστή γραμμή αναφοράς για κάθε ξεχωριστό εύρος μεγέθους πλοίων, με βάση τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία. Ωστόσο, αυτό θεωρήθηκε πολύ χρονοβόρο και έτσι η συμφωνία που επιτεύχθηκε ήταν ότι τέτοιου είδους διαφορές θα αντιμετωπιστούν με την κατάλληλη προσαρμογή των ποσοστών μείωσης, ανά μέγεθος πλοίου. Τελικά η προσαρμογή αυτή δεν έγινε.

Ως αποτέλεσμα της δυσμενέστερης θέσης που βρίσκονται τα μεγάλα πλοία, ενδέχεται αυτά να αναγκαστούν να μειώσουν την ταχύτητα τους, προκειμένου να συμμορφωθούν με την απαίτηση της αντίστοιχης γραμμής αναφοράς. Μια τέτοια μείωση, για τα ήδη «αργά» πλοία, ενδεχομένως να επηρεάσει την ικανότητα τους να πλεύσουν ασφαλώς.

Για την αποτροπή της ανωτέρω δυσχέρειας είναι δυνατή η καθιέρωση διαφορετικών (πιο μικρών) ποσοστών μείωσης ανά φάση, για πλοία με χωρητικότητα πάνω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος (π.χ. DWT= 100.000 tonnes).

8.8. EEDI και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχουν υψηλή ταχύτητα σχεδίασης, περί τα 20-25 Knots. Ως εκ τούτου οπότε μπορούν εύκολα να συμμορφωθούν με την απαίτηση του EEDI, με μια μάλλον μικρή μείωση της ταχύτητας κατά 2 κόμβους ή ακόμα λιγότερο, χωρίς μάλιστα να επηρεαστεί η ικανότητα τους για ασφαλή πλεύση. Λόγω αυτής της δυνατότητας δεν παρέχεται ισχυρό κίνητρο για την βελτίωση του σχεδιασμού τους.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη ότι τα ποσοστά μείωσης ανά φάση είναι τα ίδια για όλα τα πλοία με πρόσθετο βάρος (DWT) άνω των 20000tonnes, διαπιστώνεται ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων βρίσκονται σε ευμενέστερη θέση, έναντι υπολοίπων πλοίων, αναφορικά με την απαίτηση συμμόρφωσης με τον δείκτη EEDI.

Η απαλοιφή των ανωτέρω διακρίσεων δύναται να εκτελεστεί με τη θέσπιση υψηλότερων ποσοστών μείωσης ανά φάση για τα εν λόγω πλοία.

8.9. Γραμμή Αναφοράς πλοίων γενικού φορτίου.

Η γραμμή αναφοράς για τα πλοία γενικού φορτίου παρουσιάζει πολύ μεγάλη διασπορά των τιμών του Επιτευχθέντος EEDI και τη χειρότερη συσχέτιση $R^2=0.3344$, από όλους τους τύπους πλοίων για τα οποία υπολογίστηκε η γραμμή αναφοράς τους.

Ειδικότερα, μεταξύ των σκαφών κάτω των 15.000 dwt υφίστανται αρκετά παραδείγματα τιμών EEDI που υπερβαίνουν τη γραμμή αναφοράς περισσότερο από 100%. Οι αποκλίσεις αυτές δεν μπορούν να αποδοθούν

στον κακό σχεδιασμό, όσον αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα, αλλά αποδίδονται στις ιδιαιτερότητες του σχεδιασμού και του εξοπλισμού κάθε πλοίου. Ως εκ τούτου απαιτείται να βρεθεί μια κατάλληλη κατηγοριοποίηση (ανά εύρος μεγέθους) αυτών των πλοίων, ώστε να παραχθούν γραμμές αναφοράς με αποδεκτή συσχέτιση. Οι τύποι των πλοίων θα πρέπει να υποδιαιρεθούν συστηματικά μέχρι να δημιουργηθεί όσο το δυνατό υψηλότερη τιμή για την συσχέτιση R^2 .

8.10. Μικρά Πλοία.

Για τα σκάφη με πρόσθετο βάρος (DWT) κάτω των 15.000 τόνων, παρατηρείται μεγάλη μεταβολή στις υπολογισθείσες τιμές του δείκτη EEDI. Λαμβάνοντας υπόψη την απότομη κλίση των γραμμών τάσης για αυτού του μεγέθους τα σκάφη (σε αυτό το φάσμα DWT) δεν είναι εφικτό να αναπτυχθεί μια γραμμή τάσης γραμμή τάσης, που θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για την ανάπτυξη μιας γραμμής αναφοράς. βάσης. Η μεγάλη διακύμανση των τιμών του δείκτη EEDI για τα εν λόγω σκάφη είναι το αποτέλεσμα της μεγάλης εξάπλωσης των κριτηρίων σχεδιασμού αυτών, τα οποία προέρχονται από τον ειδικό σκοπό, την αποστολή και το ειδικό πλαίσιο κυκλοφορίας αυτών, μέσα στο οποίο έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν.

Επιπρόσθετα για τα ίδια πλοία, λόγω της απότομης κλίσης της γραμμής αναφοράς, ακόμη και μια μικρή μείωση της χωρητικότητας, θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη τιμή απαιτούμενου δείκτη EEDI και κατ' επέκταση μεγαλύτερη ευχέρεια συμμόρφωσης με την απαίτηση της γραμμής αναφοράς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τεχνητή χειραγώγηση της χωρητικότητας του πλοίου, με ευκολότερο τρόπο επίτευξης αυτής την ελαχιστοποίηση των δεξαμενών καυσίμων.

Με βάση τα ανωτέρω διαφαίνεται ότι η εφαρμογή της απαίτησης του EEDI για τα μικρά πλοία δεν θα είναι επιτυχής. Για να καταστεί επιτυχής, απαιτείται μια μεθοδολογία για τη δημιουργία κατάλληλης γραμμής αναφοράς και αντίστοιχων ποσοστών μείωσης, που θα λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις των ειδικών χαρακτηριστικών σχεδίασης και την καλύτερη αντανάκλαση της πραγματικής συμπεριφοράς του πλοίου.

8.11. Πραγματική λειτουργία του πλοίου.

Η χρήση του EEDI είναι για να προωθηθεί τη σχεδίαση και την κατασκευή περισσότερο ενεργειακά αποτελεσματικών νέων σκαφών. Το EEDI δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος αξιολόγησης οποιοδήποτε υφιστάμενου σκάφους μετά από την παράδοσή του και την έναρξη της εμπορικής λειτουργίας του και δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική απόδοσή του. Τα σκάφη, ανάλογα με τις καταστάσεις φόρτωσης τους, συνήθως βρίσκονται σε κατάσταση hogging ή sagging. Επιπλέον καθώς ηλικιώνονται, η τραχύτητα επιφάνειας της γάστρας και η παραμόρφωση των ελασμάτων της γάστρας αυξάνεται. Όλα αυτά αλλάζουν την πραγματική υδροδυναμική της γάστρας και επομένως την αντίσταση.

Ο δείκτης δεν λαμβάνει υπόψη του τίποτα από την πραγματική λειτουργία του πλοίου και ειδικότερα :

- Τα πραγματικά καυσάερια που εκπέμπονται
- Τον χρόνο που το πλοίο λειτουργεί
- Το πραγματικά μεταφερόμενο φορτίο

Από την άλλη, τα σκάφη με αποδοτικότερες μορφές σχεδιασμού γάστρας και ισχύος είναι εν γένει περισσότερο ενεργειακά αποδοτικά, σε όλο το προβλεπόμενο φάσμα της ταχύτητας λειτουργίας τους, από άλλα σκάφη με λιγότερο ενεργειακά αποδοτική σχεδίαση γάστρας και ισχύος. Με άλλα λόγια εάν το σκάφος A και το σκάφος B είναι καθόλα ίδια, εκτός από το γεγονός ότι σκάφος A, λόγω της καλύτερης σχεδίασης της γάστρας και της ισχύος, καταναλώνει τα λιγότερα καύσιμα από το σκάφος B, ας πούμε στην ταχύτητα των 14 κόμβων, κατά πάσα πιθανότητα θα καταναλώνει λιγότερα καύσιμα από το σκάφος B σε όλο το εύρος λειτουργίας του, ας πούμε από 10 κόμβους έως 15 κόμβους (εκτός αν η σχεδίαση του σκάφους έχει βελτιστοποιηθεί για μια συγκεκριμένη ταχύτητα, το οποίο δεν είναι πολύ ρεαλιστικό, ιδιαίτερα για Δ/Ξ και πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου).

Στην πράξη η βέλτιστη ταχύτητα δεν είναι στο 75% του MCR, καθώς τα πλοία πλέον με την ταχύτητα που μεγιστοποιεί τις αποδοχές τους. Έχει παρατηρηθεί ότι, από τότε που οι δαπάνες των καυσίμων έγιναν σημαντικές, τα σκάφη ταξιδεύουν σε μεγαλύτερη ή μικρότερη ταχύτητα, ανάλογα με την

τιμή του πηλίκου του ναύλου δια της τιμής του καυσίμου. Η ταχύτητα των πλοίων αυξάνεται όταν η ζήτηση για μεταφορές από την κοινωνία αυξάνεται. Αντιθέτως, επιβραδύνει σημαντικά όταν ζήτηση είναι ισχνή ή πέφτει.

Πρέπει επίσης να υπογραμμιστεί ότι, ο ιδιοκτήτης έχει κάθε κίνητρο για να βελτιώσει την ταχύτητα και να μειώσει την κατανάλωση καυσίμων του σκάφους του, επειδή αυτό θα καταστήσει το σκάφος ανταγωνιστικότερο μέσα στην αγορά και ενδεχομένως πιο κερδοφόρο.

Οι ιδιοκτήτες αλλάζουν την ταχύτητα και την περιγραφή της κατανάλωσης καυσίμων για το σκάφος κατά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ζωής του, για την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής απόδοσης του. Οι σημαντικές παράμετροι είναι η ταχύτητα και η κατανάλωση καυσίμου για το σκάφος. Αυτό δίνεται από τον πλοιοκτήτη, προκειμένου να προσελκυστεί ενδιαφέρον για ναύλωση και διαφημίζεται στην αγορά από τους μεσίτες. Αυτή η περιγραφή συμπεριλαμβάνεται έπειτα στις συμφωνίες μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών, μαζί με τις ποινικές ρήτρες εάν δεν επιτυγχάνεται.

Επομένως αφότου παραδοθεί το σκάφος, ο EEDI του είναι για διάφορους πρακτικούς λόγους, άσχετος, με την πραγματική κατανάλωση του πλοίου σε καύσιμα.

8.12. Επιβεβαίωση ταχύτητας V_{ref} στις Δοκιμές εν Πλω (Sea Trails).

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4β, η ταχύτητα V_{ref} του πλοίου είναι η μετρούμενη ταχύτητα του πλοίου σε βαθύ νερό, στη μέγιστη κατάσταση φόρτωσης, στη 75% της εγκατεστημένης ισχύος, απουσία ανέμων και κυμάτων.

Επιπλέον, σύμφωνα με τις σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες¹³, η τιμή του Επιτευχθέντος δείκτη EEDI, που υπολογίζεται κατά το στάδιο του σχεδιασμού, θα πρέπει να επαληθεύεται τελικά στις δοκιμές εν πλω (sea trials).

Όμως κατά την διάρκεια των δοκιμών εν πλω του πλοίου, αυτό συνήθως βρίσκεται σε κατάσταση ερματισμού και πλέει στο 85-100% του MCR. Ως εκ τούτου η ταχύτητα, που μετράται και καταγράφεται αποκλίνει σημαντικά

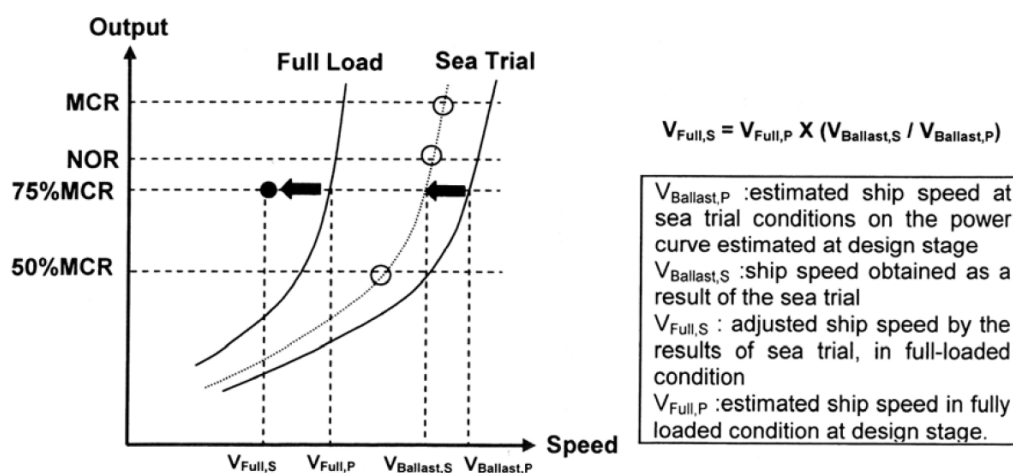
¹³ International Maritime Organization (IMO), 2010, Report of the Working Group on Energy Efficiency Measures for Ships, MEPC 61/WP.10 Annex 3

από την ταχύτητα αναφοράς στο 75% του MCR στο μέγιστο βύθισμα, όπως προσδιορίζεται από τις δοκιμές του μοντέλου ή από τους υπολογισμούς.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών εν πλω χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO 15016 ή άλλη ισοδύναμη μέθοδο για:

- α. Τη μέτρηση της κατάστασης θάλασσας.
- β. Τη μέτρηση της ταχύτητας πλοίου.
- γ. Την διόρθωση των μετρηθέντων τιμών της ταχύτητας, για μη ι-
δανικές συνθήκες, όπως η παρουσία ανέμου, κυμάτων, ρευμάτων και περιο-
ρισμένων υδάτων, προκειμένου να κατασκευαστεί η καμπύλη ισχύος του
πλοίου.

Επίσης αναφέρεται ότι στην περίπτωση που οι δοκιμές εν πλω εκτε-
λούνται σε κατάσταση ερματισμού, τα αποτελέσματα αυτών θα μετατρέπονται
στην κατάσταση μέγιστου φορτίου σχεδίασης χρησιμοποιώντας μια κατάλλη-
λη μέθοδο.



Εικόνα 26: Παράδειγμα διορθώσεων ταχύτητας δοκιμών

Η σημασία των ανωτέρω διορθώσεων είναι σημαντική, καθόσον η ταχύτητα του πλοίου είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τον προσδιορισμό του δείκτη EEDI.

Μια πρόσφατη μελέτη¹⁴, κατέδειξε ότι η τιμή του επιτευχθέντος EEDI, που υπολογίζεται μετά τις δοκιμές εν πλω, εξαρτάται από τη μέθοδο διόρθω-

¹⁴ MARIN, 7 April 2009: Evaluation of speed trials according to ISO 15016 and STA

σης για την εφαρμογή των μη-ιδανικών συνθηκών. Επιπλέον, ακόμα κι αν η μέθοδος ISO 15016 ήταν η μόνη μέθοδος για την εκτέλεση αναλύσεων της ταχύτητας δοκιμής, που επιτρέπεται για την επαλήθευση του EEDI, δεν θα εξασφάλιζε τη συνοχή και την ακρίβεια που απαιτείται για την επαλήθευση, καθώς το πρότυπο ISO 15016 παρέχει τη δυνατότητα να εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι διόρθωσης.

Ως εκ τούτου, έχει μεγάλη σημασία η εκτέλεση των διορθώσεων με χρήση **μιας** μεθόδου που είναι ακριβής και συνεπής για όλους τους τύπους πλοίων.

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι απαιτείται ο περιορισμός και η καταγραφή των μεθόδων που θα χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση του EEDI στις δοκιμές θαλάσσης και η αναθεώρηση του προτύπου ISO 15016.

8.13. EEDI και υπάρχοντα πλοία.

Μια αρκετά μεγάλη μερίδα του σημερινού στόλου είναι σχετικά νέος και θα να είναι σε υπηρεσία, ενδεχομένως, για πολλά χρόνια στο μέλλον. Περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου στόλου είναι 20 ετών ή νεότερος. Όμως, με κριτήριο την ολική χωρητικότητα, περίπου το ήμισυ του στόλου είναι 10 ετών ή νεότερο [3]. Δεδομένου ότι η μέση διάρκεια ζωής ενός πλοίου είναι 32 περίπου χρόνια [20], τα πλοία αυτά προβλέπεται να είναι στο νερό για τις επόμενες δεκαετίες.

Ο κανονισμός του EEDI αφορά, όμως τα νεότευκτα πλοία, όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω. Η εφαρμογή αυτού για τα νεότευκτα πλοία αναμένεται να οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμων ύψους \$ 5 δις. ετησίως μέχρι το 2020 και μείωση των εκπομπών CO₂ πάνω από 20 εκατομμύρια τόνους. Στην περίπτωση όμως και τα υφιστάμενα πλοία θα εντασσόταν στο πρόγραμμα η ναυτιλία θα κέρδιζε περισσότερο από 220 τόνους CO₂ και 50 δις δολάρια το χρόνο [21].

Επιπρόσθετα σύμφωνα με τα τεθέντα ποσοστά μείωσης από τις εκάστοτε γραμμές αναφοράς προβλέπεται η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 10% των πλοίων που θα ναυπηγηθούν μεταξύ 2015- 19, 15% ή 20% για το 2020-24 αναλόγως του τύπου του πλοίου και 30% για τα πλοία θα παραδοθούν μετά το 2024.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω συνάγεται ότι θα απαιτηθεί η πάροδος 2 ή 3 δεκαετιών πριν τα αποτελέσματα του EEDI αρχίσουν να γίνονται εκτεταμένα.

8.14. Πολυπλοκότητα τύπου/ Δυσχέρεια χρήσης αυτού.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3 ο τύπος υπολογισμού του δείκτη EEDI αρχικά αποτελείται από 6 παράγοντες και στην σημερινή του μορφή αποτελείται από 16 παράγοντες, μεταξύ των παραγόντων περιλαμβάνονται ήδη 3 διορθωτικοί συντελεστές, των οποίων οι κατευθυντήριες οδηγίες για τον υπολογισμό τους δεν έχουν εισέτι εκδοθεί.

Όταν ολοκληρωθούν οι υφιστάμενες εκκρεμότητες και ενσωματωθούν σε αυτόν όλα τα εκκρεμή ζητήματα (τύποι πλοίων, μεγέθη, τεχνολογίες και συστήματα πρόωσης που δεν καλύπτονται από τις σημερινές απαιτήσεις EEDI) αναμένεται ότι θα αυξηθεί ο αριθμός των παραγόντων αυτού και ότι θα γίνει περισσότερο σύνθετος και περίπλοκος.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη και τις ακόλουθες απαιτήσεις:

α. Για προκαταρκτικό υπολογισμό του Επιτευχθέντος δείκτη EEDI κατά το στάδιο της σχεδίασης.

β. Για τελική επαλήθευση του Επιτευχθέντος δείκτη EEDI κατά τις δοκιμές εν πλω.

γ. Για σύγκριση της τιμής του Επιτευχθέντος EEDI με την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς για το αντίστοιχο πλοίο.

συμπεραίνεται ότι η διαδικασία εξακρίβωσης της συμμόρφωσης ενός νέου πλοίου με την απαίτηση του EEDI θα είναι μια περίπλοκη και σύνθετη διαδικασία.

9. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΕΚΚΡΕΜΗ ΖΗΤΗΜΑΤΑ- ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

9.1. Καθορισμός συντελεστή R για τις τεχνολογίες μείωσης του CO₂.

Στον υφιστάμενο τύπο υπολογισμού του δείκτη EEDI δεν λαμβάνονται υπόψη οι συσκευές/ τεχνολογίες κατακράτησης του CO₂, ανάλογες με τα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων (scrubbers, SCRs). Οι συσκευές αυτές βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο ανάπτυξης και η αποτελεσματικότητά τους πρέπει να αποδειχθεί επιστημονικά, πριν χρησιμοποιηθούν.

Ο τρόπος υπολογισμού της συνεισφοράς αυτών των συσκευών/ τεχνολογιών στην κατακράτηση του CO₂ είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστεί, λόγω της πληθώρας αυτών και της δυσχέρειας παρακολούθησης της συμπεριφοράς αυτών σε πραγματικές συνθήκες εν πλω.

Η αποτελεσματικότητά τους θα μπορούσε να μετρηθεί ανάλογα με το ποσοστό αφαίρεσης CO₂, που μπορούν να επιτύχουν, από ένα ρεύμα καυσαερίων και να ενσωματωθεί στον τύπο του EEDI με την απλή προσθήκη ενός συντελεστή μείωσης R.

Απαιτείται από τον IMO η έκδοση κατευθυντήριων οδηγιών για τον τρόπο ενσωμάτωσης των, αναφερόμενων στην παρούσα παράγραφο, συσκευών/ τεχνολογιών στον τύπο υπολογισμού του EEDI, μέσω ενός συντελεστή μείωσης R ή μιας άλλης μεθόδου.

9.2. Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή καιρού f_w .

Όπως αναφέρθηκε στην ανωτέρω παράγραφο 4 (θ), ο συντελεστής f_w πρέπει να λαμβάνεται ίσος με ένα (1) μέχρι να εκδοθούν οι ειδικές οδηγίες για την προσομοίωση της συμπεριφοράς του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας ή ο πίνακας/ καμπύλη f_w ανά τύπο πλοίου, προκειμένου να υπολογίζεται ο εν λόγω συντελεστής.

Οι τιμές του συντελεστή, ανά τύπο πλοίου, θα είναι στην περιοχή του 0.85. Επειδή οι τιμές αυτές είναι μικρότερες από την προσωρινή τιμή του $f_w = 1$, έπεται ότι τα πλοία που θα σχεδιαστούν με τις πιο ρεαλιστικές τιμές του συντελεστή θα είναι περισσότερο αποδοτικά από τα πλοία που θα σχεδιαστούν χρησιμοποιώντας την προσωρινή τιμή $f_w = 1$.

9.3. Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης EEDI, για τις ειδικές δομικές ενισχύσεις του πλοίου.

Όπως αναφέρθηκε στην ανωτέρω παράγραφο 4 (ια), ο συντελεστής χωρητικότητας f_i θα λαμβάνεται ίσος με 1.0 μέχρι να εκδοθούν οι κατευθυντήριες οδηγίες από τον IMO για τον ακριβή τρόπο υπολογισμού του.

9.4. Πλοία με ηλεκτροπρόωση, στροβίλους, υβριδικά συστήματα και άλλα συστήματα πρόωσης.

Τα εν λόγω πλοία, όπως αναφέρθηκε και στην ανωτέρω παράγραφο 5.5 εξαιρούνται, προς το παρόν, από την απαίτηση για συμμόρφωση με τον απαραίτητο EEDI. Για τα πλοία αυτά δεν έχουν εκδοθεί εισέτι οδηγίες για τη μέθοδο υπολογισμού του Επιτευχθέντος EEDI και δεν έχουν καθιερωθεί γραμμές αναφοράς EEDI, μαζί με τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης.

9.5. Καθιέρωση γραμμών αναφοράς και ποσοστών μείωσης για επιβατηγά πλοία, RO-RO (μεταφοράς οχημάτων, μεταφοράς όγκου, και βάρους) και επιβατηγά- οχηματαγωγά.

Σύμφωνα με την ανωτέρω παράγραφο 5.3, θα υπολογίζεται ο Επιτευχθείς δείκτης EEDI των επιβατηγών πλοίων, των φορτηγών- οχηματαγωγών (ro-ro) πλοίων (μεταφοράς οχημάτων, μεταφοράς όγκου και βάρους) και επιβατηγών- οχηματαγωγών (εκτός από εκείνα που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωσης με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης) .

Ωστόσο, σύμφωνα με την ανωτέρω παράγραφο 5.4, για τα εν λόγω πλοία δεν υφίσταται ο «απαιτούμενος EEDI», καθόσον δεν έχουν θεσπιστεί εισέτι οι γραμμές αναφοράς.

Ως εκ τούτου, είναι αναγκαίο να θεσπιστούν γραμμές αναφοράς και τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης για τα πλοία αυτά.

9.6. Αναθεώρηση των απαιτήσεων για μικρά πλοία και της ρύθμιση των χρονικών περιόδων μετά των αντίστοιχων ποσοστών μείωσης για τις φάσεις 2 και 3.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.4, στην αρχή της φάσης 1 και στα μισά της φάσης 2 ο IMO θα αναθεωρήσει τη κατάσταση των τεχνολογικών εξελίξεων και εάν κριθεί απαραίτητο, θα ρυθμίσει τα χρονικά διαστήματα, τις παραμέτρους των γραμμών αναφοράς και τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης.

9.7. Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό της μείωσης εκπομπών CO₂ με χρήση συστημάτων πρόωσης με αέρα (wind propulsion systems).

Η απόδοση των συστημάτων πρόωσης με χρήση της αιολικής ενέργειας (ιστία, αετοί, πτερύγια) εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την πλεύση του πλοίου. Ως εκ τούτου η τιμή του συντελεστή διαθεσιμότητας αυτών απαιτεί προσεκτική εξέταση. Για το σκοπό αυτό απαιτείται έκδοση οδηγιών για ενιαίο υπολογισμό της ωφέλιμης ισχύος από τα συστήματα προώσεως με αέρα.

9.8. Ανάπτυξη οδηγιών για την ισχύς πρόωσης που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό αντίξοες συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 8.1, για κάθε σκάφος, στο οποίο εφαρμόζεται ο κανονισμός του δείκτη EEDI, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης πρέπει να μην είναι λιγότερη από την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρήσει την ικανότητα ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, όπως θα καθοριστεί στις οδηγίες που θα αναπτυχθούν από την IMO.

Υφίσταται δυσχέρεια προσδιορισμού της ελάχιστης αυτής ισχύος, για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, καθώς:

- Δεν υφίστανται πρότυποι ελιγμοί, οι οποίοι εάν εκτελεστούν ικανοποιητικά σε αντίξοες συνθήκες, θα αποδεικνύουν ότι το πλοίο είναι ικανό να εκτελέσει ασφαλώς αυτούς στις εν λόγω συνθήκες.
- Οι αντίξοες συνθήκες δεν είναι ορισμένες.
- Είναι δυνατή η εκτέλεση πειραμάτων με προσομοίωση των δυσμενών κυμάτων και ανέμων, αλλά μπορεί να μην είναι εφαρμόσιμα για λόγους συνήθων πλοίων, καθώς υπάρχουν λίγες τέτοιες εγκαταστάσεις.
- Τα εργαλεία αριθμητικής προσομοίωσης δεν θεωρούνται αρκετά ώριμα για σκοπούς σχεδιασμού συνήθων πλοίων¹⁵.

Λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος και της έλλειψης καθιερωμένης πρακτικής, αναμένεται ότι οι εργασίες για την κατανόηση και την αξιολό-

¹⁵ The Manoeuvring Committee, Final Report and Recommendations to the 25th ITTC

γηση της δυνατότητας ελιγμών των πλοίων σε δυσμενείς συνθήκες θα συνεχιστούν για κάποιο χρονικό διάστημα πριν συσταθούν οι κατάλληλες μέθοδοι και γίνουν διαθέσιμα τα εργαλεία προσομοίωσης.

9.9. Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό κυβικού συντελεστή διόρθωσης για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών.

Κατά τη διάρκεια της MEPC 62 αναγνωρίστηκε η αναγκαιότητα για την εισαγωγή στον τύπο του δείκτη EEDI ενός κυβικού συντελεστή διόρθωσης για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών. Η αναγκαιότητα αυτή προέκυψε επειδή αναγνωρίστηκε ότι τα εν λόγω πλοία μεταφέρουν φορτία των οποίων τα χαρακτηριστικά ποικίλλουν πάρα πολύ, με τον κώδικα IBC να περιέχει πάνω από 800 φορτία με ένα ευρύ φάσμα ειδικών βαρών. Διαλύματα ύδατος όπως τα οξέα, παραδείγματος χάριν, μπορεί να έχουν ειδικό βάρος μέχρι και 2.0 και τα σκάφη που προορίζονται για τη μεταφορά αυτών των φορτίων, έχουν ανάγκη να ενισχυθούν αναλόγως, οδηγώντας σε αυξανόμενες διαστάσεις των χρησιμοποιούμενων ελασμάτων. Αυτό, μαζί με τον υψηλό αριθμό διαχωρισμών δεξαμενών φορτίου, αυξάνει τη μάζα χάλυβα. Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό του σχεδιασμού των πλοίων αυτών είναι το μεγάλο πλάτος και το μικρό βύθισμα, τα οποία και τα δύο επιτρέπουν τη μεγιστοποίηση της μεταφορικής ικανότητας για τη μεταφορά ελαφρών φορτίων μεγάλου όγκου, όπως η μεθανόλη, παράλληλα με τη δυνατότητα πρόσβασης σε συχνά μακρινούς και περιορισμένου βυθίσματος λιμένες των αναπτυσσόμενων χωρών.

Η ενσωμάτωση του εν λόγω συντελεστή θα ενσωματωθεί στις επόμενες οδηγίες που θα εκδοθούν από τον IMO για τον υπολογισμό του δείκτη EEDI.

10. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο ΙΜΟ, ανταποκρινόμενος στις διεθνείς προσπάθειες για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και προκειμένου να περιορίσει τις εκπομπές αυτών από τη ναυτιλία, ανέπτυξε τον Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI).

Η απαίτηση για συμμόρφωση με τον δείκτη EEDI, υιοθετήθηκε από τον ΙΜΟ τον Αύγουστο του 2011, ως υποχρεωτικό μέτρο, για τα νεότευκτα πλοία, με την εισαγωγή του ως τροποποίηση στο παράρτημα VI της MARPOL και αναμένεται να τεθεί σε ισχύ το 2013.

Ο EEDI αποτελεί ένα μαθηματικό τύπο, ο οποίος εκφράζει την αναλογία μεταξύ του κόστους (δηλ. εκπομπή) και του κέρδους που παράγεται, το οποίο εκφράζεται ως ικανότητα μεταφοράς αγαθών, από τη λειτουργία ενός πλοίου.

Ο EEDI καθιερώνει μια ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής αποδοτικότητας για τα νέα πλοία, εξαρτώμενη από τον τύπο του πλοίου και το μέγεθος του. Τα νέα πλοία είναι εξαναγκασμένα να έχουν EEDI μικρότερο, κατά ένα ποσοστό μείωσης, από μια γραμμή αναφοράς, η οποία αντιπροσωπεύει την μέση αποδοτικότητα για πλοία χτισμένα μεταξύ 1999 και 2009.

Ο ΙΜΟ έχει θέσει ποσοστά μείωσης του EEDI, ανά τύπο πλοίων, από την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς μέχρι την περίοδο 2025 έως 2030 για να διατηρήσει το ρυθμό μείωσης με την πρόοδο των νέων τεχνολογιών/ μηχανημάτων ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωσης των εκπομπών CO₂. Το ποσοστό μείωσης για πρώτη φάση (2015 έως 2020) έχει τεθεί στο 10%, για τη δεύτερη φάση (2020 έως 2025) στο 20% και για την τρίτη και τελευταία φάση (2025 έως 2030) στο 30%. Από την εφαρμογή αυτών των ποσοστών μείωσης, αναμένεται ότι θα αφαιρείται από την ατμόσφαιρα κάθε χρόνο μεταξύ 45 και 50 εκατομμυρίων τόνων CO₂, από το 2020 και ανάλογα με την ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου, ενώ από το 2030, η αντίστοιχη μείωση αναμένεται να είναι μεταξύ 180 και 240 εκατομμύρια τόνοι ετησίως.

Ο τύπος υπολογισμού του δείκτη EEDI καθώς και οι γραμμές αναφοράς με τις οποίες συγκρίνεται η τιμή αυτού υπέστησαν διάφορες τροποποιήσεις και διορθώσεις από την αρχική τους μορφή μέχρι σήμερα, προκειμένου

περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις και οι στρεβλώσεις που θα επέφερε η εφαρμογή του. Ο εν λόγω τύπος αρχικά αποτελείτο από 6 παράγοντες ενώ στη σημερινή του μορφή αποτελείται από 16 παράγοντες, χωρίς εισέτι να έχουν αρθεί όλες οι εκκρεμείς υποθέσεις που αφορούν στην τελική του μορφή. Το γεγονός αυτό μαρτυρεί την εντατική προσπάθεια που καταβλήθηκε από τον IMO και τις συμμετέχουσες στις MEPC αντιπροσωπείες για την οριστική μορφή του εν λόγω τύπου.

Ο τύπος EEDI, όπως είναι προς το παρόν διατυπωμένος, δεν είναι εφαρμόσιμος σε όλα τα πλοία. Στην παρούσα έκδοση του έχει σκόπιμα αναπτυχθεί για το μεγαλύτερο και πιο ενεργοβόρο τμήμα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου και καλύπτει τους ακόλουθους τύπους πλοίων: δεξαμενόπλοια μεταφοράς πετρελαίου και αερίου, πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία γενικού φορτίου, πλοία μεταφοράς καταψυγμένου φορτίου και συνδυασμένων μεταφορών. Παράλληλα η εφαρμογή της απαίτησης δεν περιλαμβάνει τα πλοία που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωση με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης. Για τους τύπους πλοίων που δεν καλύπτονται από το σημερινό τύπο, θα αναπτυχθούν κατάλληλοι τύποι και αντίστοιχες οδηγίες από την επιτροπή Προστασίας του Θαλασσιού Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO, μέχρι το τέλος του έτους 2014.

Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων για την καθιέρωση του EEDI, διατυπώθηκαν αρκετές επιφυλάξεις για τυχόν αρνητικές παρενέργειες που ενδεχομένως θα επιφέρει η εφαρμογή του. Οι σημαντικότερες εξ αυτών αφορούσαν την ενδεχόμενο μείωση της ταχύτητας και της εγκατεστημένης ισχύος, των νεότευκτων πλοίων, με επιπτώσεις στην ικανότητα αυτών να πλεύσουν ασφαλώς, καθόσον οι μειώσεις αυτές αποτελούν τον ευκολότερο τρόπο για να συμμορφωθεί ένα πλοίο με την απαίτηση του EEDI. Για την αποφυγή των αρνητικών παρενεργειών που δύναται να επιφέρει η εφαρμογή του EEDI καθώς και για την τακτοποίηση των εκκρεμοτήτων, όπως αυτές έχουν αναγνωριστεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνεδρίασης του IMO αναμένεται η έκδοση από τον IMO σχετικών κατευθυντήριων οδηγιών μέχρι το τέλος του έτους 2014.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων και κατά συνέπεια η μείωση των εκπομπών CO₂, ανά μεταφερόμενο τόνο και μίλι, δύναται να

επέλθει μέσω καινοτόμων τεχνικών και σχεδιαστικών μέτρων προς την κατεύθυνση την αύξησης της απόδοσης των μηχανών και των συστημάτων πρόωσης, τη βελτίωση της σχεδίασης της γάστρας, την εκμετάλλευση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας και την ανάκτηση της απολυόμενης θερμότητας. Πολλές τεχνολογίες/ συσκευές υφίστανται ήδη και απομένει η ευρύτερη χρήση αυτών στα μελλοντικά πλοία.

Με την εισαγωγή του δείκτη EEDI στον κλάδο της ναυτιλίας, αναμένεται ότι η "ενεργειακή απόδοση" ενός νεότευκτου πλοίου θα γίνει αναπόσπαστο μέρος της ναυπήγησης του. Παράλληλα θα εξαναγκάσει τα ναυπηγεία να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων που κατασκευάζουν, τα οποία μέχρι σήμερα βελτιστοποιούν τα πλοία με σκοπό την αύξηση του μεταφερόμενου φορτίου, χρησιμοποιώντας τυπικούς σχεδιασμούς γάστρας και συστημάτων πρόωσης.

Η ναυτιλιακή κοινότητα (περισσότερο από το 80% των κρατών μελών του IMO) εξέφρασε την υποστήριξη της στο δείκτη EEDI και την πεποίθηση της ότι θα οδηγήσει τα πλοία σε υψηλότερη ενεργειακή απόδοση με αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και θα συνεισφέρει σημαντικά στην παγκόσμια προσπάθεια για την αναχαίτιση της κλιματικής αλλαγής.

Απομένουν λιγότερο από 13 μήνες για την έναρξη εφαρμογής της εν λόγω απαίτησης, ενώ παράλληλα υφίστανται αρκετά εκκρεμή ζητήματα για τακτοποίηση και οριστική επίλυση. Όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς της ναυτιλίας θα πρέπει να συμβάλλουν στην προσπάθεια αυτή για περιορισμό των αερίων θερμοκηπίου.

Ανεξαρτήτως της αποτελεσματικότητας του EEDI, μέσω αυτού αναμένεται ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων θα αποτελέσει, για τα προσεχή χρόνια, μέρος του λεξιλογίου όλων των εμπλεκόμενων με την εμπορική ναυτιλία, με τελικό όφελος την αύξηση της αποδοτικότητας αυτών και την μείωση των εκπομπών CO₂.

ΠΗΓΕΣ

- [1] "Φαινόμενο του Θερμοκηπίου" Wikipedia Οκτώβριος 2011
http://el.wikipedia.org/wiki/Φαινόμενο_του_Θερμοκηπίου.
- [2] "Πρωτόκολλο του Κιότο" Wikipedia Οκτώβριος 2011.
http://el.wikipedia.org/wiki/Πρωτόκολλο_του_Κιότο.
- [3] International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009.
- [4] International Maritime Organization (IMO), συνεδριάσεις για το περιβάλλον (MEPC 57, MEPC 58, MEPC 59, MEPC 60, MEPC 61 ,MEPC 62).
- [5] "Historic Background", <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Historic%20Background%20GHG.aspx>.
- [6] IMO Resolution A. 963(23): IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships.
- [7] Πάνος Ζαχαριάδης, Το EEDI είναι πλέον μηχανισμός του IMO, Ναυτικά Χρονικά, Αύγουστος 2011.
- [8] Πάνος Ζαχαριάδης, Μηχανισμοί εξοικονόμησης ενέργειας- Κυνηγώντας το «μαγικό χάπι», Ναυτικά Χρονικά, Απρίλιος 2011.
- [9] Πάνος Ζαχαριάδης (2011), Η «κλιματική αλλαγή» αλλάζει τη σχεδίαση και τη λειτουργία των πλοίων, Ναυτικά Χρονικά, Απρίλιος 2011
- [10] Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D
- [11] Delft, December 2009. Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport
- [12] CMTI, 2009, The IMO Energy Efficiency Design Index: A Netherlands Trend Study.
- [13] SkySails Company Website: www.skysails.info/english/
- [14] NYK Company web site: http://www.nyk.com/english/release/31/NE_090918.html
- [15] MAN Diesel & Turbo: How to influence CO₂.
- [16] MAN Diesel & Turbo: Improved Efficiency and reduced CO₂.
- [17] Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow Application on MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines.
- [18] Deltamarin, 2009, EEDI tests and trials for EMSA.
- [19] Gratsos, G.A., H. N. Psaraftis, P. Zachariadis (2009), "Life cycle cost of maintaining the effectiveness of a ships structure and environmental impact of ship design parameters: an update", RINA Conference on the Design and Operation of Bulk Carriers, Athens, Greece, Oct. 26-27, 2009.
- [20] MARIN, 7 April 2009: Evaluation of speed trials according to ISO 15016 and STA

- [21] Mikelis, Nikos E. (2007), A statistical overview of ship recycling, International Symposium on Maritime Safety, Security & Environmental Protection, Athens, September 2007.
- [22] www.shippingefficiency.org: Historic deal on emissions from new ships will save \$5bn a year, July 2011.
- [23] Yoshi Ozaki, John Larkin, Kirsi Tikka, Keith Michel, An Evaluation of the Energy Efficiency Design Index (EEDI) Baseline for Tankers, Containership, and LNG Carriers, Climate Change and Ships: Increasing Energy Efficiency a SNAME & Marine Board Symposium, February 2010.
- [24] Yoshi Ozaki, John Larkin, Kirsi Tikka, Keith Michel, Influence of Design Parameters on the Energy Efficiency Design Index (EEDI), Climate Change and Ships: Increasing Energy Efficiency a SNAME & Marine Board Symposium, February 2010.
- [25] IMO, MEPC.1/Circ.681, Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships, August 2009.
- [26] IMO, MEPC.1/Circ.682, Interim Guidelines for Voluntary Verification of the Energy Efficiency Design Index, August 2009.
- [27] Devanney, J. EEDI, a case study in indirect regulation of CO₂ pollution. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2010a. URL www.c4tx.org/ctx/pub/eedi.pdf.
- [28] Devanney, J. Detailed studies of the impact of EEDI on VLCC design and CO₂ emissions. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2010b. URL www.c4tx.org/ctx/pub/eedi_vlcc.pdf.
- [29] Devanney, J. The Unabridged Lloyds List series on EEDI and CO₂ reduction. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2011. URL http://www.c4tx.org/ctx/pub/ll_series.pdf.
- [30] Devanney, J. EEDI Absurdities. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2011. URL <http://www.c4tx.org/ctx/pub/krueger.pdf>.
- [31] Devanney, J. Ignorance is Bliss: EEDI and Heavy Weather. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2011. URL http://www.c4tx.org/ctx/pub/eedi_hvy_weather.pdf.
- [32] Devanney, J. EEDI won't work. Technical report, Center for Tankship Excellence, 2011. URL http://www.c4tx.org/ctx/pub/eedi_wont_work.pdf.
- [33] S. Krueger, Mathematical Evaluation of the Applicability of the EEDI-Concept for RoRo- vessels, TU- Hamburg Harburg, Inst. of Ship Design and Ship Safety.
- [34] Ellycia Harrould-Kolieb and Jacqueline Savitz, 2010, Shipping solutions: technological and operational methods available to reduce CO₂, OCEANA.