

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

στην

ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

ΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ

Στουρνάρας Ελευθέριος

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών

του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των

απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού

Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2012

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα copyright

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

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς, σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ναυτιλία.

Τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής ήταν:

- Καθηγητής Τζαννάτος Ερνέστος (Επιβλέπων)
- Καθηγητής Τσελεπίδης Αναστάσιος
- Καθηγητής Τσελέντης Βασίλειος

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

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ευχαριστίες

Μέσα από τις γραμμές που ακολουθούν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, κ. Ε. Τζαννάτο, Καθηγητή του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, όχι μόνο για την πολύτιμη βοήθεια του αλλά και για τις συμβουλές που προσέφερε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Ευχαριστώ, επίσης, τον Διευθυντή της Διεύθυνσης Θαλασσίων Συγκοινωνιών (ΔΘΣ) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, Αντιπλοίαρχο Λ.Σ. Βασίλειο Μάμμη, για την παροχή των δεδομένων που αφορούν στα πλοία της τρέχουσας δομολογικής περιόδου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. Εισαγωγή.....	7
2. Γενικό θεσμικό πλαίσιο ελέγχου των αερίων εκπομπών της ναυτιλίας.....	11
3. IMO- έλεγχος εκπομπών CO ₂	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

1. Εισαγωγή – Ιστορική Εξέλιξη του EEDI.....	18
2. Υπολογισμός του Δείκτη.....	22
3. Εφαρμογή του δείκτη.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

1. Βασική διάθρωση της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας.....	31
2. Παρουσίαση και ανάλυση των χαρακτηριστικών των πλοίων	33
3. Ο EEDI και τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας.....	39
4. Σύγκριση με αποτελέσματα άλλων μελετών.....	48

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ --ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ.....	56
--	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	59
----------------	----

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Εκπομπές CO ₂ από την παγκόσμια εμπορική ναυτιλία σε σχέση με το σύνολο των εκπομπών από όλες τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες [2].....	8
---	---

Σχήμα 2. Συγκριτική θέση της ναυτιλίας σε σχέση με το ανθρακικό αποτύπωμα των πλέον αναπτυγμένων χωρών [3].....	9
---	---

Σχήμα 3. Σύγκριση καυσαερίων εκπομπών διαφόρων μεταφορικών μέσων [4].	10
--	----

Σχήμα 4. Διαχρονική ανάπτυξη του θαλάσσιου εμπορίου (τιμή βάσης 1990 = 100) [7].....	12
--	----

Σχήμα 5. Κύριες αρτηρίες του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου [8].	12
--	----

Σχήμα 6. Θαλάσσιες περιοχές ελέγχου και όρια (ρυπογόνων) εκπομπών.	13
---	----

Σχήμα 7. IMO MEPC .1/681	24
--------------------------------	----

Σχήμα 8. Σύστημα πρόωσης του πλοίου.....	29
--	----

Σχήμα 9. Ακτοπλοϊκές και πορθμειακές γραμμές εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας.....	31
Σχήμα 10. Ανάλυση της ολικής χωρητικότητας των πλοίων.	34
Σχήμα 11. Ηλικιακή ανάλυση των πλοίων.	36
Σχήμα 12. Ανάλυση της ταχύτητας των πλοίων.....	37
Σχήμα 13. Ανάλυση της ισχύος πρόωσης των πλοίων.....	38
Σχήμα 14. Ανάλυση της βοηθητικής ισχύος των πλοίων.....	38
Σχήμα 15. Ανάλυση EEDI των πλοίων.	40
Σχήμα 16. Σχέση EEDI και χωρητικότητας ανά τύπο πλοίου.	41
Σχήμα 17. Σχέση EEDI και ηλικίας ανά τύπο πλοίου.....	42
Σχήμα 18. Σχέση EEDI και ταχύτητας ανά τύπο πλοίου.....	43
Σχήμα 19. Σχέση EEDI και ισχύος πρόωσης ανά τύπο πλοίου.....	44
Σχήμα 20. Σχέση EEDI και βοηθητικής ισχύος ανά τύπο πλοίου.....	45
Σχήμα 21. Συσχέτιση ισχύος πρόωσης, χωρητικότητας και ταχύτητας των πλοίων ..	46
Σχήμα 22. Κατηγοριοποίηση των πλοίων με βάση τον EEDI.	47
Σχήμα 23. Συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας E/Γ-O/Γ πλοίων (Delramarin, 2011).	48
Σχήμα 24. Συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας E/Γ-O/Γ πλοίων [25].	49
Σχήμα 25. Συσχετισμός EEDI και ολικής χωρητικότητας ελληνικών E/Γ-O/Γ πλοίων.	50
Σχήμα 26. Συσχετισμός EEDI και ολικής χωρητικότητας E/Γ-O/Γ πλοίων (>1000 gt).	51
Σχήμα 27. Συσχέτιση ισχύος πρόωσης και ταχύτητας E/Γ-O/Γ πλοίων (>1000 gt).....	51

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Αποτελεσματικότητα σχεδιαστικών και λειτουργικών μέτρων [2].....	15
Πίνακας 2. Ο συντελεστής Cf για διαφορετικούς τύπους καυσίμου.	23
Πίνακας 3. Οριακές τιές fi για διαφορετικές κατηγορίες ice class.	26
Πίνακας 4. Ο συντελεστής fi για όλους τους τύπους πλοίων ice-class.....	28
Πίνακας 5. Σύνθεση του στόλου της επιβατηγού ακτοπλοΐας.	33
Πίνακας 6. Εύρος χαρακτηριστικών των E/Γ-O/Γ πλοίων [25].....	49
Πίνακας 7. Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικών παραμέτρων των πλοίων.	53

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ενεργειακή απόδοση των πλοίων της επιβατηγού ακτοπλοΐας που δραστηριοποιούνται στον ελληνικό χώρο. Η ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης αυτών των πλοίων, βασίζεται στον Σχεδιαστικό Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI) και αφορά στο σύνολο των πλοίων της τρέχουσας δρομολογιακής περιόδου. Ο EEDI εντάσσεται στα μέτρα που έχουν ληφθεί από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization, IMO) για τον περιορισμό των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου (Green House Gases, GHGs) από τα πλοία και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης των προαναφερόμενων πλοίων μέσω του EEDI αποτελεί πρωτοτυπία για τα δεδομένα της ελληνικής ναυτιλίας και αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε μια περίοδο που ο έλεγχος της κλιματικής αλλαγής από την πλευρά της ναυτιλίας καθώς και η εξοικονόμηση καυσίμου στα πλοία (και ειδικότερα στην ελληνική ακτοπλοΐα) είναι θέματα αιχμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. Εισαγωγή

Ο σεβασμός του φυσικού περιβάλλοντος, σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, είναι επιβεβλημένος καθώς οδηγεί στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει την αειφόρο οικονομική ανάπτυξη. Ένα από τα θέματα προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος που σήμερα κατέχει δεσπόζουσα θέση είναι ο περιορισμός της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.

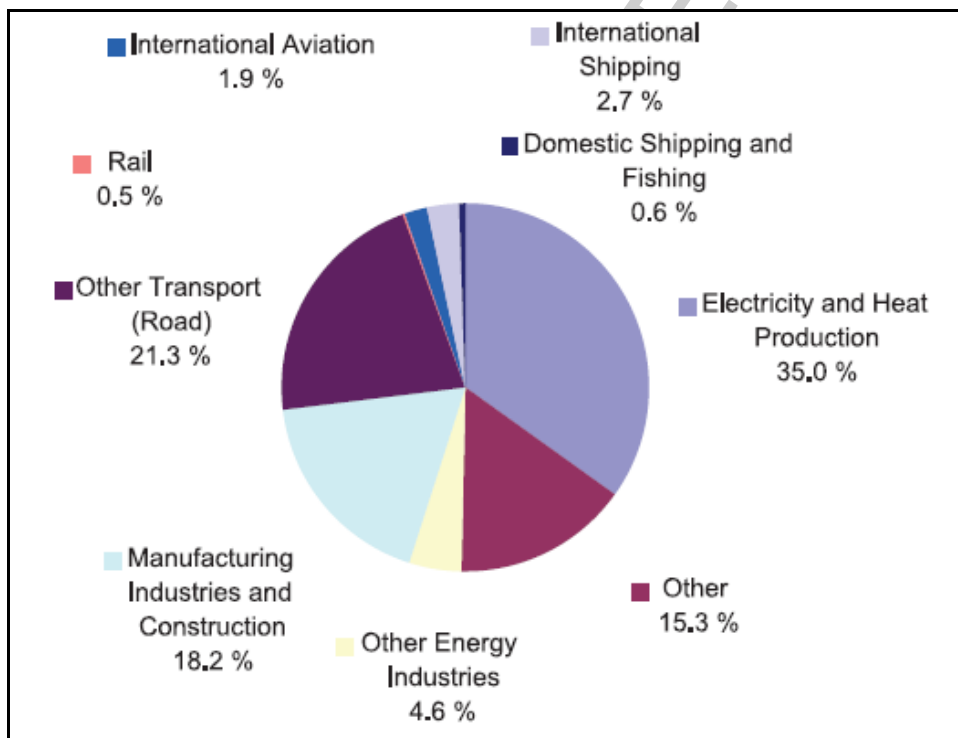
Σύμφωνα με τη Διεθνή Συνθήκη Πλαίσιο για την Αλλαγή του Κλίματος (United Nations Framework Convention On Climate Change, UNFCCC), η Κλιματική Αλλαγή αναφέρεται σε αλλαγές του κλίματος που απορρέουν έμμεσα ή άμεσα από ανθρώπινες δραστηριότητες και τελικά οδηγούν σε μεταβολές του φυσικού περιβάλλοντος. Ο περιορισμός της κλιματικής αλλαγής είναι συνυφασμένος με τον έλεγχο της υπερθέρμανσης του πλανήτη μέσω της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Green House Gases, GHGs).

Το 1992, η επιτροπή του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) έθεσε τις βάσεις για την κλιματική σταθεροποίηση του πλανήτη και πιο συγκεκριμένα για τον έλεγχο των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου. Το 1997, με το πρωτόκολλο του Κγτο, συμφωνήθηκε ο περιορισμός των έξι (6) πιο σημαντικών αερίων: διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθωριούχο θείο (CO₂, CH₄, N₂O, PFCS, HFCS και SF₆, αντίστοιχα) από τις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες (και της Ελλάδας) [1]. Το CO₂ αποτελεί το 98% περίπου των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και είναι κυρίως το προϊόν της καύσης (καυσαέριο) των υδρογονανθράκων, δηλ. όλων των “συμβατικών” καυσίμων.

Μολονότι το πρωτόκολλο του Κγτο αναφέρεται στις βιομηχανίες και πιο συγκεκριμένα στους παραγωγικούς κλάδους, η διεθνής ναυτιλία δεν περιλήφθηκε στη συμφωνία και συνεχίζει μέχρι σήμερα να απουσιάζει από τους στόχους μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου που έχουν τεθεί από την UNFCCC για τις ανεπτυγμένες χώρες (σύμφωνα με τον κατάλογο των χωρών του Παραρτήματος I της UNFCCC). Η στάση αυτή έχει παράγει έντονο προβληματισμό στην διεθνή περιβαλλοντική κοινότητα και ειδικότερα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή η οποία

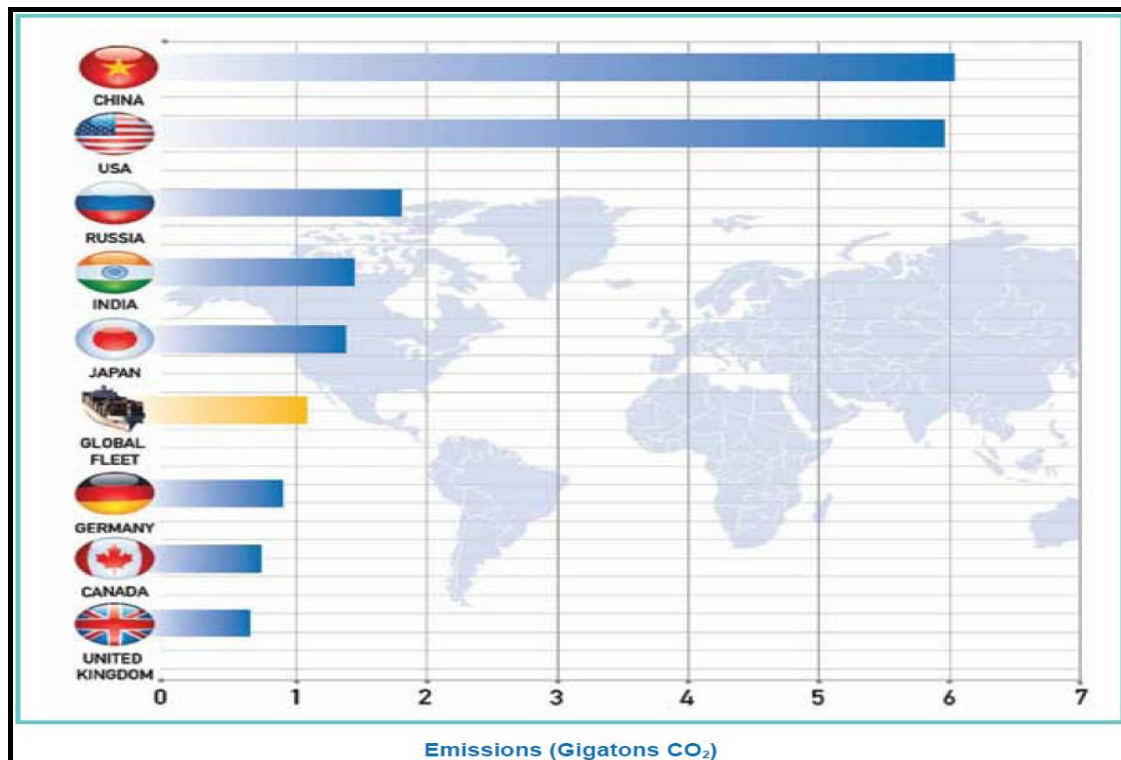
απειλεί με την λήψη μέτρων περιφερειακής (ευρωπαϊκής) εμβέλειας με προφανείς αρνητικές συνέπειες για την ανταγωνιστικότητα αυτής της διεθνοποιημένης οικονομικής δραστηριότητας.

Με βάση την ανάλυση της δραστηριότητας των πλοίων της παγκόσμιας εμπορικής ναυτιλίας έχει εκτιμηθεί ότι αυτά εκπέμπουν συνολικά περίπου 1.05 δις τόνους αερίων του θερμοκηπίου ετησίως ή το 3.3% του συνόλου των αντίστοιχων ανθρωπογενών εκπομπών (Σχήμα 1) [2]. Επίσης, σύμφωνα με το πλέον απαισιόδοξο σενάριο προβλέπεται ότι το 2050 οι εκπομπές της ναυτιλίας ενδέχεται να αυξηθούν από 150-250%, ως αποτέλεσμα της παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης και της αύξησης στην παγκόσμια ζήτηση του θαλάσσιου εμπορίου.



Σχήμα 1. Εκπομπές CO₂ από την παγκόσμια εμπορική ναυτιλία σε σχέση με το σύνολο των εκπομπών από όλες τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες [2].

Η ποσοστιαία συμμετοχή της ναυτιλίας στο σύνολο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ είναι περιορισμένη, αλλά σε απόλυτες τιμές ισοδυναμεί με την ποσότητα εκπομπών των πλέον βιομηχανικά ανεπτυγμένων χωρών. Συγκεκριμένα είναι μεγαλύτερη από αυτή της Γερμανίας και μικρότερη της Ιαπωνίας, καταλαμβάνοντας την έκτη θέση παγκοσμίως (Σχήμα 2) [3].



Σχήμα 2. Συγκριτική θέση της ναυτιλίας σε σχέση με το ανθρακικό αποτύπωμα των πλέον αναπτυγμένων χωρών [3].

Με δεδομένο ότι η διεθνής ναυτιλία συμμετέχει με 870 εκατομ. τόνους CO₂ ετησίως ή 2.7% του συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η εσωτερική ναυτιλία κατέχει το υπόλοιπο 0.6% ή 180 εκατομ. τόνους CO₂ ετησίως. Το τελευταίο έχει ιδιαίτερη σημασία αφού, σε αντίθεση με τη διεθνή ναυτιλία, οι εκπομπές της εσωτερικής ναυτιλίας συμμετέχουν στη διαμόρφωση των στόχων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου που έχουν τεθεί από την UNFCCC για τις ανεπτυγμένες χώρες και συνεπώς αυτό ισχύει και για την εσωτερική επιβατηγό ακτοπλοΐα της χώρας μας.

Παραταύτα, για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σε σχέση με την συγκεκριμένη περιβαλλοντική επίδοση της ναυτιλίας κρίνεται απαραίτητη η σύγκριση των εμπορικών πλοίων με άλλα μέσα εμπορευματικών μεταφορών, όπως για παράδειγμα με τα φορτηγά αυτοκίνητα και αεροπλάνα, στη βάση το έργο που αυτά παράγουν. Ως προς αυτό, πρέπει καταρχήν να αναφερθεί ότι οι υπό σύγκριση εκπομπές της ναυτιλίας σε αντιστοιχία με τα άλλα μέσα είναι αποκλειστικά συνυφασμένες με τα καυσαέρια των ναυτικών μηχανών των πλοίων, είτε αυτές

χρησιμοποιούνται για την κίνηση (μέσω των μηχανών πρόωσης) ή την κάλυψη των βοηθητικών ενεργειακών αναγκών (μέσω των νηζελογεννητριών) των πλοίων. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται οι εκπομπές NO_x, HC, PM, CO, CO₂ και SO₂ διαφόρων μεταφορικών μέσων σε γραμμάρια ανά μονάδα μεταφορικού έργου (g/ton-km) και καθίσταται σαφές ότι τα φορτηγά πλοία υπερέχουν σημαντικά (με εξαίρεση την εκπομπή SO₂ από τα φορτηγά των οδικών εμπορευματικών μεταφορών).



Σχήμα 3. Σύγκριση καυσαερίων εκπομπών διαφόρων μεταφορικών μέσων [4].

Ειδικά, ως προς τις εκπομπές CO₂, στο σχήμα αυτό αποτυπώνεται η θετική επίδραση των οικονομιών κλίμακας στα πλοία έναντι των άλλων μεταφορικών μέσων, καθώς και μεταξύ των πλοίων διαφορετικού μεγέθους.

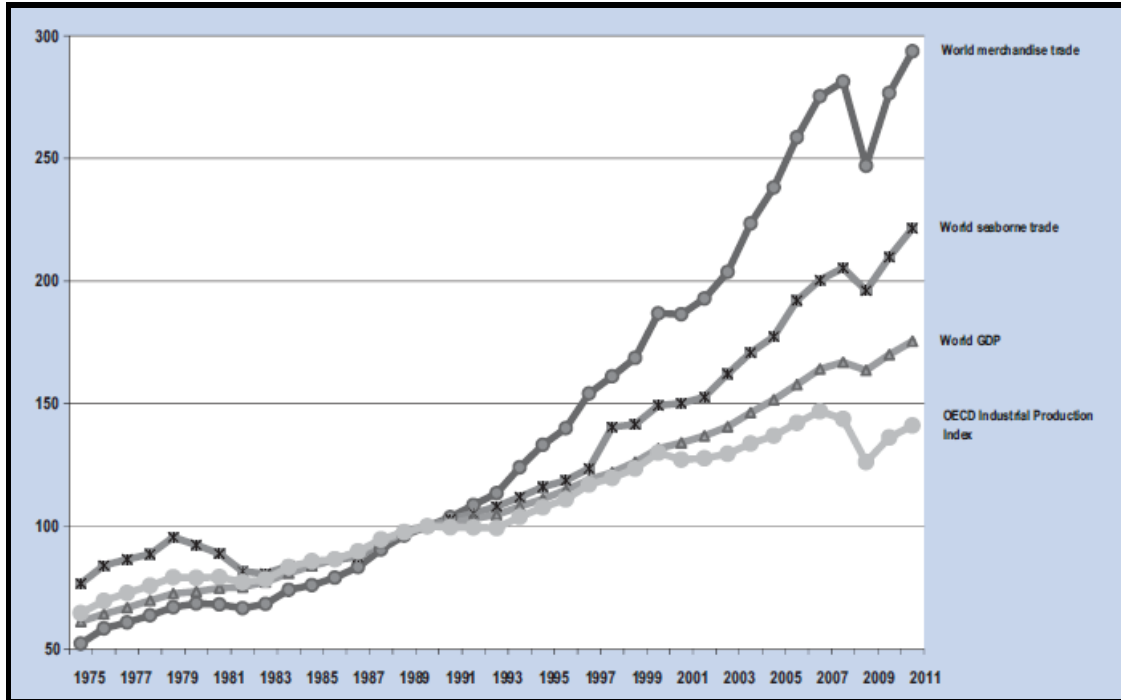
Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η ποσότητα των καυσαερίων εκπομπών των ναυτικών νηζελομηχανών αποτελεί συνάρτηση της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώνουν. Η σχέση αυτή αναπόφευκτα συνδέει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων με τη μείωση των καυσαερίων εκπομπών και συνεπώς αναδεικνύει και το κίνητρο μείωσης του ιδιωτικού κόστους για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Στην περίπτωση του CO₂, ο συσχετισμός μεταξύ της ποσότητας εκπομπής και της κατανάλωσης καυσίμου είναι ισχυρότερος των άλλων καυσαερίων εκπομπών, αφού επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τον τύπο της μηχανής ή της ποιότητας του πετρελαίου. Για παράδειγμα, όλες οι κύριες ή βοηθητικές ναυτικές νηζελομηχανές κατά την καύση ενός τόνου καυσίμου παράγουν λίγο παραπάνω από τρεις τόνους CO₂, με μικρές αποκλίσεις μεταξύ HFO/MDO/MGO ή αργόστροφης/μεσόστροφης ναυτικής μηχανής.

Η ηγετική θέση που κατέχει η Ελλάδα στην ΕΕ και στο κόσμο σε σχέση με την ακτοπλοϊκή διακίνηση επιτάσσει την ανάγκη παρακολούθησης και ελέγχου των καυσαερίων εκπομπών των πλοίων της επιβατηγού ακτοπλοΐας. Στην κατεύθυνση αυτή, η εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της επιβατηγού ακτοπλοΐας στον ελληνικό χώρο έχει μέχρι σήμερα βασιστεί στα δεδομένα των εσωτερικών πωλήσεων ναυτικού καυσίμου [5], ενώ συμπεριλαμβάνεται στο σύνολο της εσωτερικής ναυτιλίας στις ετήσιες εκθέσεις της χώρας προς την UNFCCC [6]. Η παρούσα εργασία προχωρά στην εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης των επιβατηγών ακτοπλοϊκών πλοίων μέσω της εφαρμογής του EEDI σε κάθε ένα από αυτά, έτσι ώστε να καταστεί εφικτή η σχετική συγκριτική αξιολόγηση τους ανάλογα με τον τύπο τους και τις διάφορες σχεδιαστικές και λειτουργικές τους παραμέτρους.

2. Γενικό θεσμικό πλαίσιο ελέγχου των αερίων εκπομπών της ναυτιλίας

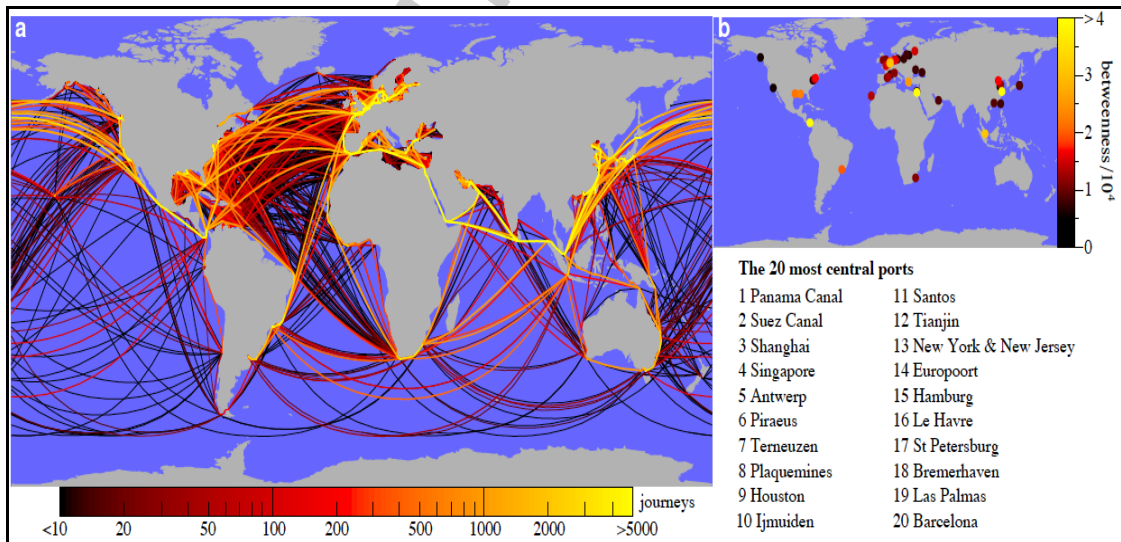
Το θεσμικό πλαίσιο για τον έλεγχο των καυσαερίων εκπομπών της ναυτιλίας διαμορφώθηκε ως αποτέλεσμα της γενικότερης ευαισθητοποίησης γύρω από τις επιπτώσεις που αυτές έχουν στην ποιότητα του αέρα και στην κλιματική αλλαγή, σε συνδυασμό με την συνεχή αύξηση και διάχυση της ναυτιλιακής δραστηριότητας διεθνώς.

Η συσχέτιση της οικονομικής ανάπτυξης με αυτή του θαλάσσιου εμπορίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Τις τελευταίες δεκαετίες καταγράφηκε θεαματική ανάπτυξη του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου, ως αποτέλεσμα της διαχρονικής οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα, με εξαίρεση την περίοδο της κρίσης του 2008-09 [7]. Σήμερα, το 82% περίπου της ναυτιλιακής κυκλοφορίας λαμβάνει χώρα στο Βόρειο Ημισφαίριο και κατανέμεται κατά 32% στον Ατλαντικό, 29% στον Ειρηνικό, 14% στον Ινδικό και 5% στη Μεσόγειο. Το υπόλοιπο 28% του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου εντοπίζεται στο Νότιο Ημισφαίριο και είναι σχεδόν ισοκατανεμημένο μεταξύ του Ατλαντικού, του Ειρηνικού και του Ινδικού ωκεανού.



Σχήμα 4. Διαχρονική ανάπτυξη του θαλάσσιου εμπορίου (τιμή βάσης 1990 = 100) [7].

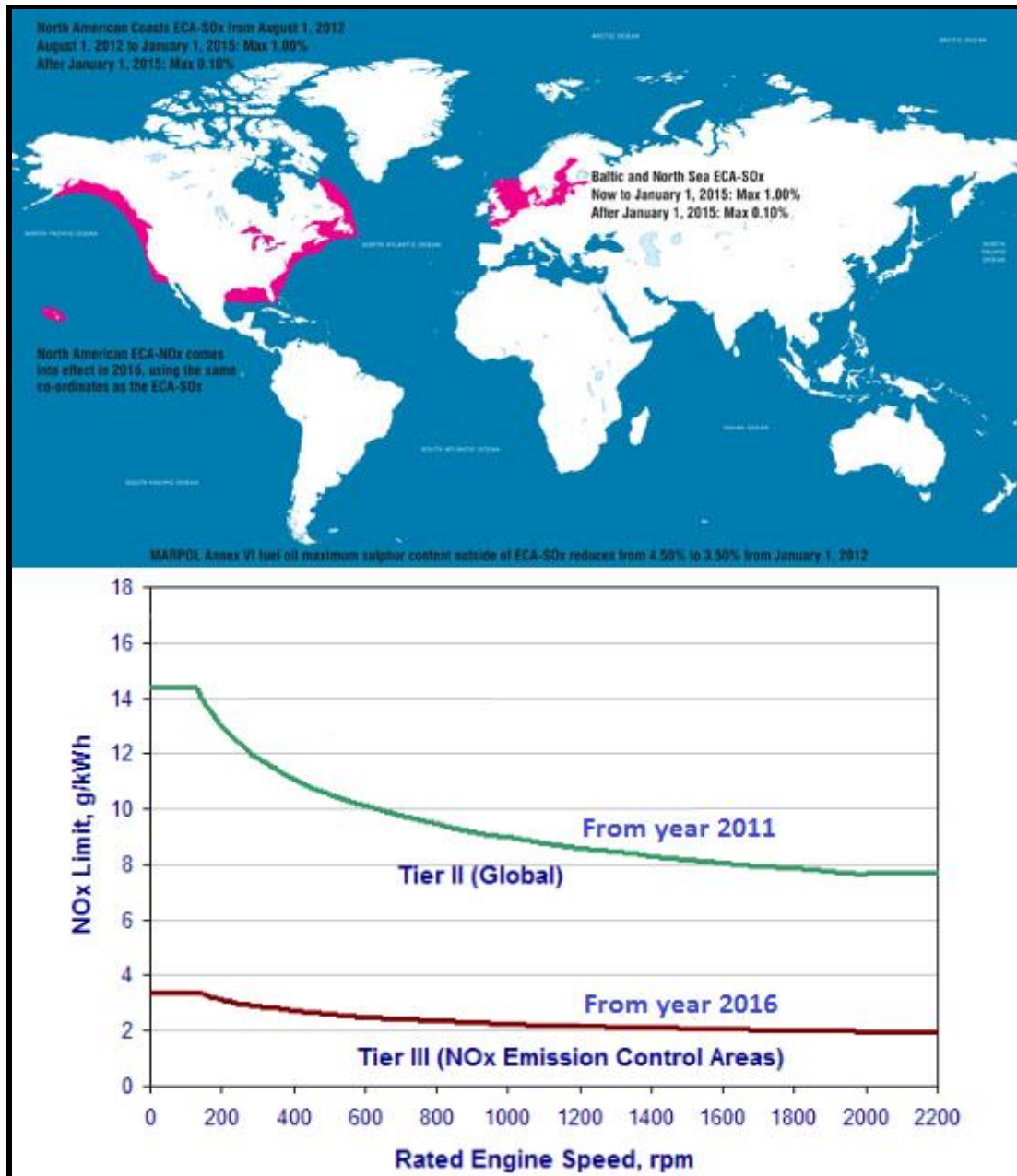
Στο Σχήμα 5 εμφανίζονται οι κύριες θαλάσσιες διαδρομές διακίνησης των διαφόρων φορτίων και διακρίνονται οι περιοχές και τα λιμάνια με αυξημένη κυκλοφοριακή πυκνότητα και κατά συνέπεια την υψηλότερη συσσώρευση καυσαερίων εκπομπών.



Σχήμα 5. Κύριες αρτηρίες του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου [8].

Όσον αφορά τις εκπομπές των καυσαερίων ρύπων, δηλ. των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και του διοξειδίου του θείου (SO_2), σε πολλές από τις περιοχές που

φιλοξενούν έντονη ναυτιλιακή δραστηριότητα, όπως στην ΕΕ και στην βόρειο Αμερική, ισχύουν από τα μέσα της προηγούμενης 10ετίας αυστηρά μέτρα ελέγχου στο πλαίσιο των αποφάσεων του IMO και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.



Σχήμα 6. Θαλάσσιες περιοχές ελέγχου και όρια (ρυπογόνων) εκπομπών.

Αναλυτικότερα, εντός συγκεκριμένων θαλάσσιων περιοχών (Emission Control Areas) της βόρειας Ευρώπης και των ακτών των ΗΠΑ και Καναδά (Σχήμα 6), τα πλοία είναι σήμερα υποχρεωμένα σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78 να

χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (low sulphur fuel, $S \leq 1\%$ κατά μάζα) για την μείωση του SO_2 και εμμέσως του PM, καθώς και να λειτουργούν με ειδικής τεχνικής προδιαγραφής μηχανές για την μείωση του NO_x . Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι οι εκπομπές των ιδιαίτερα επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία αιωρούμενων σωματιδίων (PM) ελέγχονται έμμεσα μέσω της μείωσης της περιεκτικότητας των ναυτικών καυσίμων σε θείο.

Επίσης, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2005/33/EC, επιβατηγά πλοία που δραστηριοποιούνται σε τακτικές δρομολογιακές γραμμές μεταξύ ευρωπαϊκών λιμένων οφείλουν να χρησιμοποιούν καύσιμο με περιεκτικότητα σε θείο μέχρι 1.5%, ενώ όλα τα πλοία (φορτηγά και επιβατηγά) κατά τη διάρκεια παραμονής τους σε ευρωπαϊκά λιμάνια πάνω από δύο ώρες πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο περιεκτικότητας σε θείο μέχρι 0.1% κατά μάζα ή να ηλεκτροδοτούνται από την στεριά.

Από την πλευρά των αερίων του θερμοκηπίου, ο IMO αποφάσισε στα μέσα του 2011 την πρώτη υποχρεωτική εφαρμογή μέτρων σε όλα τα εμπορικά πλοία από 400 gt και άνω, με ισχύ από την 1^η Ιανουαρίου 2013. Τα μέτρα αυτά αφορούν στην υιοθέτηση του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI) για τα νεότευκτα πλοία και του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP) για όλα τα πλοία. [9]

3. IMO – Έλεγχος εκπομπών CO_2

Δεδομένης της έντονης κλιματικής αλλαγής των τελευταίων ετών, η επιβολή μέτρων για την αντιμετώπιση των αερίων του θερμοκηπίου της ναυτιλίας, αποτέλεσε επιβεβλημένη ανάγκη. Η προσπάθεια ξεκίνησε το 1997 όταν ο IMO έθεσε ως στόχο τη δημιουργία μιας κοινής στρατηγικής για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου από την ναυτιλία και αποφάσισε την εκπόνηση σχετικών μελετών για την καταγραφή και αντιμετώπιση του προβλήματος. Η πρώτη μελέτη παρουσιάστηκε στην MEPC 45 (Ιούνιος, 2002) και, τον Δεκέμβριο του 2003, ο IMO ζήτησε από την MEPC με την απόφαση A.963 (23) να αναπτύξει ένα χρονικά προσδιορισμένο σχέδιο δράσης για την αναγνώριση και προσδιορισμό των μηχανισμών αντιμετώπισης του προβλήματος.

Η (δεύτερη) ολοκληρωμένη μελέτη για τα αέρια του θερμοκηπίου της ναυτιλίας (2nd IMO GHG Study) [2] παρουσιάστηκε στην ΜΕΡC 59 (Ιούλιος, 2009) και μέσω της αξιόπιστης αποτίμησης του κόστους-οφέλους των διάφορων επιλογών έθεσε τις προϋποθέσεις για την τελική λήψη μέτρων. Για παράδειγμα, διαπιστώθηκε ότι μέσω της σχεδίασης και της λειτουργικής διαχείρισης του πλοίου μπορούν να επιτευχθούν οι ακόλουθες μειώσεις εκπομπών CO₂ (πίνακας 1).

Πίνακας 1. Αποτελεσματικότητα σχεδιαστικών και λειτουργικών μέτρων [2].

DESIGN (NEW SHIP)	Saving of CO₂/gt-nm	Combined	Combined
Concept, speed & capability	2% to 50%	10% - 50%	25% - 75%
Hull and superstructure	2% to 20%		
Power and propulsion systems	5% to 15%		
Low carbon fuels	5% to 15%		
Renewable energy	1% to 10%		
Exhaust gas CO ₂ reduction	0%		
OPERATION (All Ship)	Saving of CO₂/gt-nm	Combined	
Fleet management, logistics & incentives	5% to 50%	10% - 50%	
Voyage optimization	1% to 10%		
Energy management	1% to 10%		

Αναλύοντας τον πίνακα 1 παρατηρείται ότι η γενικότερη σχεδίαση του πλοίου, η ταχύτητα και η μεταφορική του ικανότητα παρέχουν την δυνατότητα για μεγαλύτερες μειώσεις CO₂ ανά μονάδα μεταφορικού έργου. Πιο συγκεκριμένα, σχεδιαστικές παράμετροι όπως οι διαστάσεις του πλοίου (μήκος, πλάτος, βύθισμα) και το σχήμα του, καθώς και η ταχύτητα πλεύσης του, αποτελούν τη βάση για τη σχεδίαση ενός ενεργειακά αποδοτικού πλοίου. Επιπρόσθετα, τα συστήματα παραγωγής προωστήριας και βοηθητικής ισχύος του πλοίου και ο τύπος καυσίμου επηρεάζουν σημαντικά την εκπομπή του CO₂. Η δυνατότητα χρήσης καυσίμων χαμηλού άνθρακα, όπως το LNG, το LPG και τα βιοκαύσιμα, μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών από τις μηχανές των πλοίων, ενώ η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως η αιολική και ηλιακή, αναπληρώνει την

παραγωγή ισχύος από συμβατικές μηχανές και καύσιμα, συνεπώς μειώνει αντίστοιχα και την εκπομπή CO₂. Οι προαναφερόμενοι παράγοντες παραπέμπουν στη διαμόρφωση του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI).

Όμως, εξίσου σημαντικός παράγοντας για τη μείωση των εκπομπών είναι η λειτουργική διαχείριση του πλοίου. Στο πλαίσιο αυτό, μέτρα όπως το Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) και το Ship Efficiency Management Plan (SEMP) βοηθούν σημαντικά στη βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης του πλοίου συμβάλλοντας στην ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών και των δαπανών καυσίμου. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τον Ιούλιο του 2011, η MEPC 62 συμφώνησε και επικύρωσε μια σειρά από κανονισμούς για την μείωση του CO₂ που οδήγησαν στην αναθεώρηση του Παραρτήματος VI της MARPOL μέσω της εισαγωγής του Κεφαλαίου 4 που καθιστά υποχρεωτική την εφαρμογή του EEDI και του SEMP στα πλοία από την 1η Ιανουαρίου 2013, ως ακολούθως:

- Προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης των νέων πλοίων μέσω του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI). Ο δείκτης αυτός εκφράζει τα γραμμάρια CO₂ που εκπέμπονται ανά τόνο μεταφερόμενου φορτίου ανά μίλι (g-CO₂/ton-mile). Ο δείκτης πρέπει να είναι μικρότερος από την 'βάση - τιμή' που έχει οριστεί για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίου. Στόχος του δείκτη είναι η μείωση 25-30% των εκπομπών CO₂ έως το 2030.
- Ο κανονισμός 22 στο συγκεκριμένο παράστημα ορίζει ότι κάθε πλοίο πρέπει να έχει ένα Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP). Το σχέδιο είναι μοναδικό για κάθε πλοίο και βγαίνει σύμφωνα με τους κανονισμούς του IMO και τον τύπο του πλοίου. Το συγκεκριμένο σύστημα βοηθά τα πλοία και τις εταιρείες να βελτιώνουν και να παρακολουθούν όλα εκείνα τα λειτουργικά στοιχεία του πλοίου που συμβάλουν στη μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Τα στοιχεία που περιλαμβάνει το σχέδιο είναι η διαχείριση της ταχύτητας του πλοίου, ο σχεδιασμός του ταξιδιού σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες, η ιπποδύναμη της κύριας μηχανής, η βελτιστοποίηση της ιπποδύναμης σε συνδυασμό με την έλικα και η χρησιμοποίηση του κατάλληλου τύπου καυσίμου για την μείωση των εκπεμπόμενων αερίων.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η διαβούλευση του ΙΜΟ για την εφαρμογή οικονομικών εργαλείων (Market Based Measures, MBM), όπως το τέλος καυσίμου, η εμπορία εκπομπών κτλ., βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Ως προς αυτά, η ΜΕΡC 63 (Μάρτιος, 2012) αποφάσισε την εκπόνηση διεξοδικής μελέτης για την αποτίμηση της επίδρασης τους στη ναυτιλία, στις ροές του θαλάσσιου εμπορίου, στις αναπτυσσόμενες χώρες κτλ, έτσι ώστε να υποβοηθηθεί η απόφαση για την αποδοχή ή απόρριψη τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

1. Εισαγωγή - Ιστορική εξέλιξη του EEDI

Ο δείκτης EEDI ο οποίος χρησιμοποιείται για την μέτρηση των εκπεμπόμενων αέριων του θερμοκηπίου από την ναυτιλία, καθιερώθηκε με την απόφαση του IMO A.963, ύστερα από μία σειρά διαβουλεύσεων και εργασιών της MEPC.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται λεπτομερώς, η εξέλιξη των διαβουλεύσεων για την δημιουργία του δείκτη.

- 53^η Σύνοδος MEPC Ιούλιος 2005

Η Σύνοδος του Ιουλίου 2005 παρουσίασε τις βάσεις στις οποίες θα στηριχθούν οι μελέτες για την δημιουργία του δείκτη. Οι κατευθυντήριες γραμμές και οι στόχοι παρουσιάστηκαν στους φορείς, ώστε να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ενός απλού μοντέλου υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος στην ατμόσφαιρα.

- 55^η Σύνοδος MEPC Οκτώβρης 2006

Στην σύνοδο του Οκτωβρίου 2006, συμφωνήθηκε ένα χρονοδιάγραμμα κάτω από το οποίο θα συμμετάσχουν τα κράτη και οι βιομηχανίες, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες δοκιμές για την δημιουργία του δείκτη. Το χρονοδιάγραμμα συμφωνήθηκε με βάση την πίεση που εξασκείται στον οργανισμό λόγω της συνεχούς αύξησης των ποσοστών CO₂ στην ατμόσφαιρα.

- 56^η Σύνοδος MEPC Ιούλιος 2007

Επικυρώθηκε η μελέτη για τα αέρια του θερμοκηπίου (2000 IMO GMG Study) με σκοπό να συμφωνηθεί το ακριβές χρονοδιάγραμμα.

Η μελέτη του Ιουλίου στην 56^η Σύνοδο κάλυπτε τα ακόλουθα:

1. Απογραφή των ουσιών που εκπέμπονται από τα πλοία της παγκόσμιας ναυτιλίας .
2. Απογραφή της μέχρι τότε προόδου για την μείωση των επιβλαβών αερίων.
3. Προσδιορισμό μελλοντικών μέτρων για την μείωση των αέριων του θερμοκηπίου σε συνδυασμό με την ανάλυση κόστους – οφέλους αυτών.
4. Προσδιορισμό των ολικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την ναυτιλία.

- 58^η Σύνοδος ΜΕΡC Απρίλιος 2008

Με την Σύνοδο του Απριλίου, δημιουργήθηκε ένα σύνολο οδηγιών κάτω από τις οποίες θα υπολογίζεται ο δείκτης EEDI στηριζόμενος σε σημαντικές παραμέτρους για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Οι παράμετροι ήταν βασισμένοι στη σχεδίαση του πλοίου, στον τύπο καθώς και σε μια μεθοδολογία προσδιορισμού μιας γραμμής αναφοράς/βάσης εκπεμπόμενων αερίων CO₂.

Η Σύνοδος ΜΕΡC συμφώνησε στο τέλος της συνεδρίασης να δημιουργηθεί ένα μοντέλο το οποίο να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Να είναι εξίσου δεσμευτικό για όλες τις σημαίες.
2. Να είναι αποτελεσματικό για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.
3. Να είναι βασισμένο στην αειφόρο μελλοντική περιβαλλοντική ανάπτυξη.
4. Να είναι οικονομικά αποδοτικό.
5. Να προσδώσει και να προώθηση την καινοτομία στον ναυτιλιακό κλάδο.
6. Να φιλοξενεί τεχνολογικά επιτεύγματα.

Στο τέλος της συνεδρίασης συμφωνήθηκε η ακόλουθη αρχική μορφή του τύπου υπολογισμού του EEDI (πρόταση της Ιαπωνίας).

$$\frac{\text{fuel consumption} \cdot \text{output m. engine} \cdot (1 + k^2) \cdot CO_2 \text{ conversion}}{DWT \cdot \text{max speed} \cdot k^1}$$

Στις 23 - 27 Ιουνίου του 2008, η επιτροπή του IMO για το περιβάλλον συνεδρίασε για να επανεξετάσει τις προηγούμενες αναφορές στον δείκτη αλλά και για να επεκτείνει τον τύπο υπολογισμού των αερίων που εκπέμπονται από τα πλοία. Έτσι ανέπτυξε περαιτέρω τη μεθοδολογία υπολογισμού του δείκτη τοποθετώντας παραμέτρους, όπως το ελάχιστο επίπεδο απόδοσης του καυσίμου και μια ενιαία γραμμή αναφοράς ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και για την περίοδο παράδοσης του 1995–2005.

- 58^η ΜΕΡC Οκτώβριος 2008

Ένα από τα βασικά ζητήματα, που συζητήθηκαν στη Σύνοδο του Οκτωβρίου 2008, ήταν το κατά πόσον τα μέτρα για τα επιβλαβή αέρια θα ήταν υποχρεωτικά ή προαιρετικά για τα κράτη μέλη που συμμετέχουν στον ΙΜΟ. Η άποψη η οποία προτάθηκε από το μεγαλύτερο μέρος των αντιπροσωπιών στον ΙΜΟ, για την ασφάλεια στα πλοία και την προστασία του θαλασσιού περιβάλλοντος, ήταν να εφαρμοστεί ο δείκτης για όλα τα πλοία ανεξαρτήτου σημαίας παρόλο που τα τρία τέταρτα του παγκόσμιου στόλου ανήκουν σε σημαίες χωρών για τις οποίες δεν γίνεται αναφορά στο Παράρτημα Ι της UNFCC.

Επιπρόσθετα, η επιτροπή μετονόμασε τον 'Σχεδιαστικό Δείκτη Μέτρησης Ενεργειακής Απόδοσης' των πλοίων από 'Δείκτη Σχεδίασης CO₂' σε 'Σχεδιαστικό Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης' (Energy Efficiency Design Index, EEDI).

Στο τέλος της συνεδρίασης και ύστερα από μια σειρά διαβουλεύσεων και συζητήσεων ο δείκτης πήρε την ακόλουθη μορφή:

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

- 59^η ΜΕΡC Ιούλιος 2009

Στην σύνοδο του Ιουλίου, συμφωνήθηκαν μια σειρά από εθελοντικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα για την μείωση των επιβλαβών αερίων από την ναυτιλία που σχετίζονταν άμεσα με τον δείκτη EEDI.

1. Η εθελοντική επαλήθευση του δείκτη για τα νέα πλοία (ΜΕΡC .1/circ 682).
2. Η μέθοδος υπολογισμού του δείκτη για τα νέα πλοία (ΜΕΡC .1/circ 681).

- 60^η ΜΕΡC Μάρτιος 2010

Στην 60^η συνεδρίαση της ΜΕΡC, η επιτροπή του ΙΜΟ αποφάσισε τα ακόλουθα μέτρα:

1. Συμφώνησε να γίνει ο δείκτης υποχρεωτικός (παρά την αντίδραση ορισμένων αντιπροσώπων) και να ενταχθεί στο Παράρτημα VI της ΜΑΡΡΟL με σύνταξη σχετικής τροπολογίας για τον Δείκτη.
2. Εξέδωσε οδηγίες για τον υπολογισμό των 'γραμμών αναφοράς' με βάση τα δεδομένα του Lloyds Register.
3. Αναγνώρισε τη δημιουργία ρυθμιστικού πλαισίου για την επαλήθευση του Δείκτη.
4. Αναγνώρισε ότι υπάρχει ρυθμιστικό 'κενό' αναφορικά με το μέγεθος των πλοίων και τις προβλεπόμενες ημερομηνίες παραλαβής των νεότευκτων πλοίων.

- 61^η ΜΕΡC Οκτώβριος 2010

Στην Σύνοδο του Οκτώβρη, αποφασίστηκαν ένα σύνολο κανονισμών, ώστε ο δείκτης ΕΕDΙ να καταστεί υποχρεωτικός για όλα τα πλοία ανεξαρτήτου μεγέθους και σημαίας. Επιπρόσθετα, στην 61^η σύνοδο εκδόθηκαν οι παρακάτω οδηγίες:

1. Οι γραμμές αναφοράς για τον κάθε τύπο πλοίο υπολογίζονται με βάση το μέσο όρο του ΕΕDΙ των υπαρχόντων πλοίων.
2. Εκδόθηκαν οδηγίες όσον αφορά την επιθεώρηση και πιστοποίηση του δείκτη.
3. Εκδόθηκαν οδηγίες για τον σωστό και ακριβή υπολογισμό του.

- 62^η ΜΕΡC Ιούλιος 2011

Στην 62^η σύνοδο, ύστερα από μια πολύωρη διαπραγμάτευση, αποφασίστηκε ο δείκτης ΕΕDΙ να είναι υποχρεωτικός για όλα τα πλοία με ημερομηνία έναρξης εφαρμογής το 2013.

Επιπρόσθετα, στην απόφαση της συνόδου εισήχθη η προσθήκη στο παράρτημα VI της ΜΑΡΡΟL που προβλέπει την δυνατότητα αναστολής της εφαρμογής του δείκτη μέχρι το 2017 από οποιαδήποτε σημαία ζητηθεί. Τέλος, συζητήθηκε να εξεταστούν

σημαντικά ζητήματα, που δεν περιλαμβάνονται στις απαιτήσεις του δείκτη, αναφορικά με το σύστημα πρόωσης, τον τύπο του πλοίου και το μέγεθος του.

2. Υπολογισμός του Δείκτη

Οι διαβουλεύσεις και τα αντικρουόμενα συμφέροντα στην Επιτροπή Προστασίας του Περιβάλλοντος του IMO είχαν ως αποτέλεσμα, τον Αύγουστο 2009, την έκδοση μιας αναλυτικής φόρμας για τον υπολογισμό του Δείκτη EEDI (MEPC.1/Circ. 681). Η φόρμα περιλαμβάνει και επεξηγεί όλες τις παραμέτρους και τις μεταβλητές του δείκτη που είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό των ποσοτήτων CO₂ που εκπέμπονται από το πλοίο.

Με βάση την τελική μορφή του τύπου, η αναλυτική παρουσίαση και επεξήγηση των μεταβλητών του Δείκτη έχει ως ακολούθως:

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

C_F είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής της κατανάλωσης του καυσίμου σε εκπομπή CO₂, βασισμένος στην περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα. Οι δείκτες ME και AE αναφέρονται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές του πλοίου. Ο συντελεστής C_F αντιστοιχεί στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο και η τιμή του αναγράφεται στο ακόλουθο πιστοποιητικό. (Engine International Air Pollution Prevention Certificate', EIAPP). Στον πίνακα 2 εμφανίζονται αναλυτικά όλοι οι τύποι καυσίμου καθώς και ο συντελεστής C_F για τον κάθε ένα τύπο καυσίμου χωριστά.

Πίνακας 2. Ο συντελεστής C_f για διαφορετικούς τύπους καυσίμου.

Type of fuel	Reference	Carbon content	C_f (t-CO ₂ /t-Fuel)
Diesel/Gas oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
Light Fuel oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86	3.151040
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85	3.114400
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.819	3.000000
	Butane	0.827	3.030000
Liquefied Natural Gas (LNG)		0.75	2.750000

V_{ref} είναι η ταχύτητα του πλοίου, σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (knots). Ορίζεται με την προϋπόθεση ότι το πλοίο είναι στη μέγιστη κατάσταση φόρτωσης και ότι υπάρχει απουσία αέρα και κύματος.

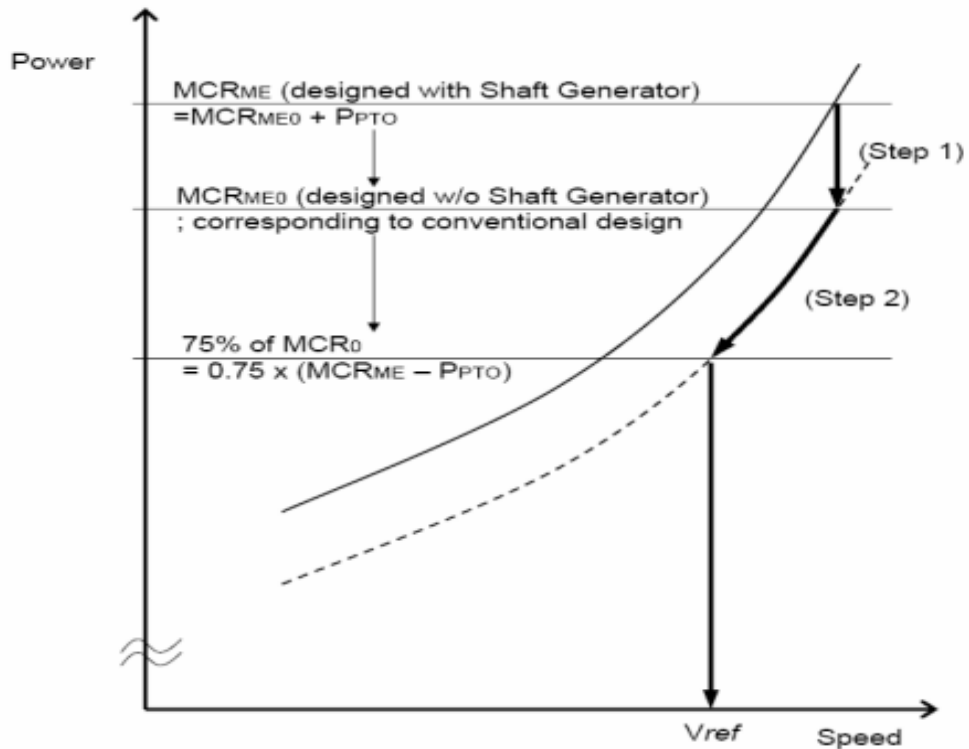
Capacity είναι η (μεταφορική) ικανότητα του πλοίου και ορίζεται ως ακολούθως:

- Σε πλοία ξηρού φορτίου, δεξαμενόπλοια, δεξαμενόπλοια αερίου, πλοία μεταφορά τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων (container), RO - RO και πλοία γενικού φορτίου ισούται με το πρόσθετο ή νεκρό βάρος (dwt) του πλοίου.
- Σε επιβατηγά πλοία, RO-RO πλοία ισούται με την ολική χωρητικότητα (Gross tonnage, gt), σύμφωνα με την Συνθήκη Μέτρησης Ολικής Χωρητικότητας των πλοίων του 1969 παράρτημα I, κανονισμός 3.
- Σε πλοία μεταφοράς τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων (containership) ισούται με το 65% του dwt.

P είναι η ισχύς των κύριων (ME) και βοηθητικών (AE) μηχανών του πλοίου, μετρούμενη σε kW. όπου P_{ME} είναι το 75% της διαφοράς του MCR κάθε κύριας

μηχανής και οποιασδήποτε ισχύος αφαιρείται από τον άξονα, σύμφωνα με την σχέση: $P_{ME(i)} = 0.75 \times (MCR_{Mei} - P_{PTO_i})$

Στο σχήμα 7 εμφανίζεται ο τρόπος υπολογισμού του P_{ME} σύμφωνα με τον αριθμό των κύριων και βοηθητικών μηχανών του πλοίου και των μηχανών που είναι εγκατεστημένες στον άξονα. Παρατηρείται ότι από την συνολική ισχύ, αφαιρείται η ισχύς των γεννητριών που κινούνται από τα αξονικά του πλοίου.



Σχήμα 7. IMO MEPC .1/681

$P_{PTO(i)}$ είναι το 75% της ισχύος εξόδου κάθε εγκατεστημένης γεννήτριας στον άξονα, διαιρούμενης με την απόδοση της.

$P_{PT(i)}$ είναι το 75% της ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος του κάθε κινητήρα στον άξονα, όταν διαιρεθεί με την σταθμισμένη μέση απόδοση των γεννητριών ή της γεννήτριας.

$P_{eff(i)}$ αποτελεί το 75% της μείωσης της ισχύος της κύριας μηχανής, λόγω ύπαρξης καινοτόμων εφαρμογών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

$P_{AE\text{eff}(i)}$ είναι η μείωση της βοηθητικής ισχύος λόγω ύπαρξης ηλεκτρικών τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης.

P_{AE} είναι η ισχύς της βοηθητικής μηχανής που απαιτείται για την παροχή ενέργειας στο σύστημα πρόωσης και τους χώρους ενδιαίτησης π.χ. αντλίες, συστήματα και όργανα ναυσιπλοΐας και οικιακές συσκευές. Στα πιο άνω εξαιρούνται τα μηχανήματα που καταναλώνουν ισχύ που δεν σχετίζεται με την πρόωση, π.χ. προωθητήρες, αντλίες φορτίου, αντλίες έρματος, συσκευές συντήρησης φορτίου, ψύκτες και ανεμιστήρες αμπαριών.

- Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύ κύριας μηχανής μεγαλύτερη των 10,000 kW, η ισχύς P_{AE} ορίζεται :

$$P_{AE (MCRME > 10000KW)} = (0.025 \times \sum_{i=1}^{nME} MCRMEi) + 250$$

- Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύ κύριας μηχανής μικρότερη από 10,000 KW, η ισχύς P_{AE} ορίζεται :

$$P_{AE (MCRME < 10000KW)} = 0.05 \times \sum_{i=1}^{nME} MCRMEi$$

SFC είναι η ειδική κατανάλωση καυσίμου των μηχανών όπως αυτή ορίζεται από τα πιστοποιητικά των μηχανών του εργοστασίου παραγωγής. Η μέτρηση της κατανάλωσης γίνεται σε g/kWh. Όπως έχει προαναφερθεί, οι δείκτες ME και AE αναφέρονται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές, αντίστοιχα. Για τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί με κύκλο λειτουργίας E₂ ή E₃ του τεχνικού κώδικα NO_x του 2008, η ειδική κατανάλωση SFC_{ME} είναι καταγεγραμμένη στον τεχνικό φάκελο του πιστοποιητικού EIAPP, στο 75% του MCR της ισχύος ή της ονομαστικής ροπής. Όσον αφορά τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί με κύκλο εργασίας D₂ ή C₁ του τεχνικού κώδικα NO_x του 2008, η ειδική κατανάλωση είναι καταγεγραμμένη στον τεχνικό

φάκελο του πιστοποιητικού EIAPP, στο 50% του MCR της ισχύος ή της ονομαστικής ροπής.

Στα πλοία που η βοηθητική ισχύς P_{AE} υπολογίζεται με τους πιο άνω τύπους, είναι διαφορετική η τιμή της ισχύος από αυτή που χρησιμοποιείται κατά τον πλου του πλοίου. Για παράδειγμα, στα επιβατηγά πλοία, η ειδική κατανάλωση των γεννητριών είναι καταγεγραμμένη στο EIAPP πιστοποιητικό στο 75% της μέγιστης ισχύος P_{AE} .

Για μηχανές που δεν έχουν πιστοποιητικό EIAPP, δεδομένου ότι η ισχύς είναι μικρότερη από 130 KW, χρησιμοποιείται η SFC που εκτιμάται από τον κατασκευαστή και επικυρώνεται από την αρμόδια αρχή.

f_i είναι ο συντελεστής διόρθωσης που λαμβάνει υπόψη όλα τα ειδικά σχεδιαστικά στοιχεία. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τον συντελεστή για τα ice- class πλοία.

Πίνακας 3. Οριακές τιές f_i για διαφορετικές κατηγορίες ice class.

Ship type	f_j	Limits depending on the ice class			
		IC	IB	IA	IA Super
Tanker	$\frac{0.516L_{PP}^{1.87}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{iME}}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.72L_{PP}^{0.06} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.61L_{PP}^{0.08} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.50L_{PP}^{0.10} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.40L_{PP}^{0.12} \end{cases}$
Dry cargo carrier	$\frac{2.150L_{PP}^{1.58}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{iME}}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.89L_{PP}^{0.02} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.78L_{PP}^{0.04} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.68L_{PP}^{0.06} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.58L_{PP}^{0.08} \end{cases}$
General cargo ship	$\frac{0.0450 \cdot L_{PP}^{2.37}}{\sum P_{iME}}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.85L_{PP}^{0.03} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.70L_{PP}^{0.06} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.54L_{PP}^{0.10} \end{cases}$	$\begin{cases} \max 1.0 \\ \min 0.39L_{PP}^{0.15} \end{cases}$

Σε δεξαμενόπλοια 'shuttle', η τιμή του συντελεστή διόρθωσης είναι 0.77 και εφαρμόζεται σε δεξαμενόπλοια μεταξύ 80,000 και 160,000 dwt. Τα συγκεκριμένα δεξαμενόπλοια μεταφέρουν αργό πετρέλαιο και λόγω των παράκτιων δρομολογίων που κάνουν, έχουν μεγάλη ισχύ. Έχουν υπερσύγχρονα συστήματα εντοπισμού θέσης και έχουν σχεδιαστεί για ειδικές καιρικές συνθήκες. Επιπρόσθετα είναι εξοπλισμένα

με δύο μηχανές και συστήματα που διασφαλίζουν την σωστή και ασφαλή πλεύση του πλοίου.

f_w είναι ένας αδιάστατος συντελεστής, ο οποίος μέσα από μια σειρά παραμέτρους όπως το ύψος, τη συχνότητα του κύματος καθώς και την ταχύτητα του ανέμου, μας δείχνει την μείωση της ταχύτητας του πλοίου.

- Η οδηγία για την μέθοδο που θα ακολουθηθεί για τον προσδιορισμό της μείωσης της ταχύτητας εκδίδεται από τον IMO και το αποτέλεσμα για κάθε μεμονωμένο πλοίο επιβεβαιώνεται και επικυρώνεται από την Αρχή-Σημαία του πλοίου.
(Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εύρεση της τιμής-μείωσης της ταχύτητας του πλοίου είναι η προσομοίωση της συμπεριφοράς του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις της θάλασσας).
- Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δεν εκτελείται προσομοίωση των καιρικών συνθηκών, ο συντελεστής f_w προσδιορίζεται σύμφωνα με τον πίνακα τυποποιημένου f_w ο οποίος δίδεται από τον IMO ανά τύπο πλοίου και εκφράζεται σύμφωνα με το capacity του πλοίου.

$f_{eff(i)}$ εκφράζει την διαθεσιμότητα κάθε καινοτόμας τεχνολογικής ενεργειακής απόδοσης (ο συντελεστής αυτός είναι ίσος με 1).

f_i είναι_η μεταβλητή αυτή εκφράζει το συντελεστή χωρητικότητας για κάθε τεχνικό/κανονιστικό περιορισμό.

Στο πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τις τιμές του συντελεστή f_i χωρητικότητας για την κατηγορία των ice-class πλοίων.

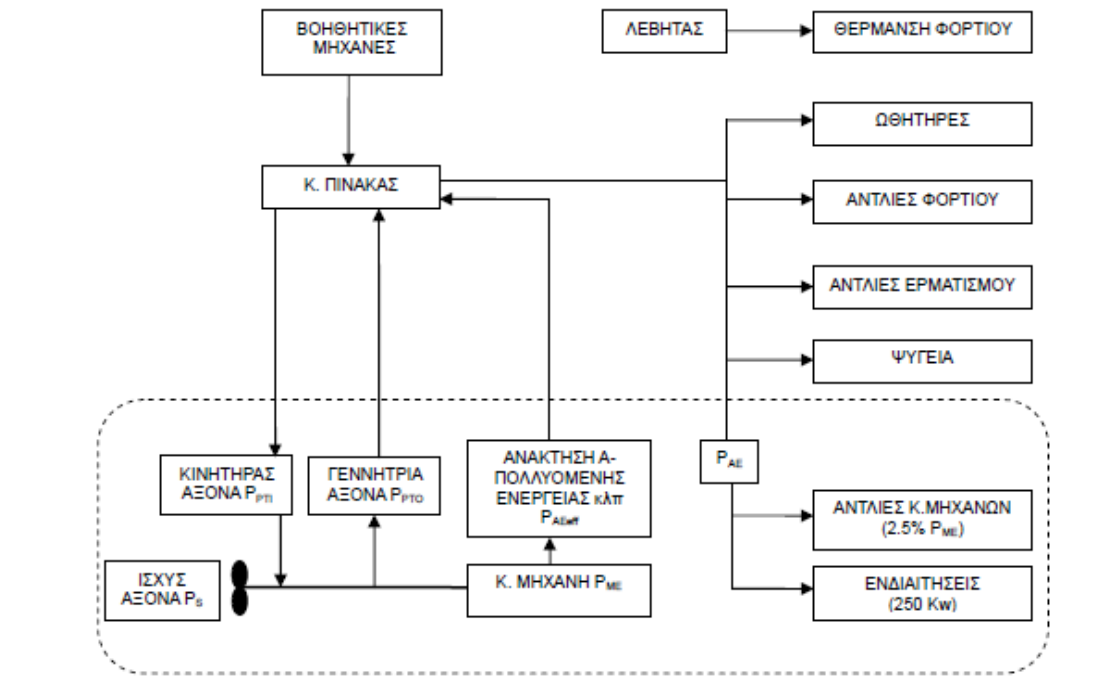
Πίνακας 4. Ο συντελεστής f_i για όλους τους τύπους πλοίων ice-class.

Τύπος πλοίου	f_{i0}	$f_{i,max}$ σε συνάρτηση με την κατηγορία ice-class			
		IC	IB	IA	IA Super
Δεξαμ/πλοιο	$\frac{0,00115 \cdot L_{PP}^{3,36}}{capacity}$	$1,31 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,54 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,80 \cdot L_{PP}^{-0,00}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,11}$
Μεταφοράς Ξηρού Φορτίου	$\frac{0,000665 \cdot L_{PP}^{3,4}}{capacity}$	$1,31 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,54 \cdot L_{PP}^{-0,0}$	$1,80 \cdot L_{PP}^{-0,00}$	$2,10 \cdot L_{PP}^{-0,11}$
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

Όσον αφορά τα πλοία άλλων τύπων ο συντελεστής f_i είναι ίσος με την μονάδα.

L_{PP} εκφράζει το μήκος μεταξύ των καθέτων και ορίζεται ως το 96% του συνολικού μήκους της ισάλου γραμμής σε συνάρτηση με το 85% του ελάχιστου βυθίσματος της γάστρας. Το τελευταίο μετριέται και υπολογίζεται από το άνω μέρος της τρόπιδας, εναλλακτικά μπορεί να υπολογισθεί αν μετρήσουμε το μήκος της ισάλου από το εμπρόσθιο μέρος της σπείρα μέχρι και τον άξονα του πηδαλιού.

Στην σχήμα 8 που ακολουθεί, εμφανίζεται το σύστημα πρόωσης ενός πλοίου. Στον άξονα του πλοίου είναι εγκατεστημένη η κύρια μηχανή, η γεννήτρια και ο κινητήρας του άξονα, καθώς επίσης και το σύστημα ανάκτησης της διαφεύγουσας (απολλυόμενης) ενέργειας. Κατά κύριο λόγο, το σύστημα ανάκτησης της ενέργειας χρησιμοποιείται για την μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ταυτόχρονα και η μείωση των εκπομπών του CO₂. Η ενέργεια που εξοικονομείται χρησιμοποιείται για τις βοηθητικές και έκτακτες (κινδύνου) λειτουργίες και του πλοίου.



Σχήμα 8. Σύστημα πρόωσης του πλοίου.

3. Εφαρμογή του Δείκτη

Σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL ο Σχεδιαστικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI) εφαρμόζεται για τα ακόλουθα πλοία:

1. Νεότευκτο πλοίο.
2. Νεότευκτο πλοίο το οποίο έχει υποστεί μείζονα μετατροπή.
3. Νεότευκτο ή υπάρχον πλοίο το οποίο έχει υποστεί σημαντική μετατροπή .

Οι τύποι πλοίων στους οποίους εφαρμόζεται ο EEDI είναι:

1. Container Ship
2. General Cargo Ship
3. Bulk Carrier
4. Tanker
5. Gas Carrier
6. Refrigerated Cargo Ship
7. Car Carrier Ship
8. Combination Ship

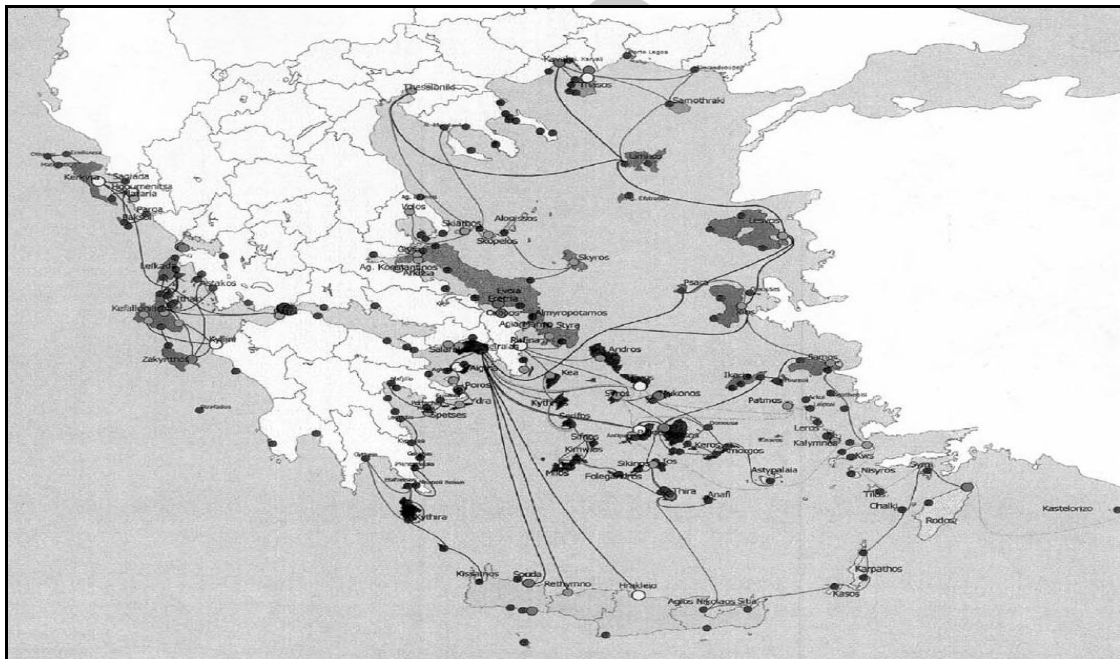
9. Ro-Ro Cargo Ship
10. Ro-Rax Ship
11. Ro-Ro Passenger Ship

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

1. Βασική διάρθρωση της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας

Η εσωτερική επιβατηγός ακτοπλοΐα στην Ελλάδα αναπτύσσεται μέσω ενός πολύπλοκου δικτύου συνδέσεων μεταξύ ηπειρωτικών και νησιωτικών προορισμών, καθώς και μεταξύ νησιωτικών και ηπειρωτικών λιμένων. Οι προαναφερόμενοι προορισμοί βρίσκονται πάνω σε μια ακτογραμμή μήκους περίπου 15.000 χλμ, που κατατάσσει την Ελλάδα στην δεύτερη θέση στην Ευρώπη και ενδέκατη παγκοσμίως [10]. Επιπρόσθετα, 33% του συνολικού πληθυσμού της χώρας διαμένει εντός 1-2 χλμ. από την ακτή, ενώ το 85% είναι εγκατεστημένο εντός 50 χλμ. από αυτή [11]. Μεταξύ των 3500 ελληνικών νησιών και νησίδων, τα 131 είναι κατοικημένα και φιλοξενούν το 15% περίπου του συνολικού πληθυσμού της χώρας [12].



Σχήμα 9. Ακτοπλοϊκές και πορθμειακές γραμμές εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας [5].

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας 20ετίας, η εσωτερική επιβατηγός ακτοπλοΐα στην χώρα μας έχει αποτελέσει αντικείμενο διαφόρων μελετών, με αναφορά στην σημασία της για την εθνική συνοχή και την ισόρροπη ανάπτυξη και κοινωνική ευημερία, στα θέματα της εφαρμοζόμενης πολιτικής καθώς και σε λειτουργικά και τεχνικά προβλήματα [13-21]. Στο σχήμα 9 παρουσιάζονται οι κύριοι θαλάσσιοι

δρόμοι της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας στον ελληνικό χώρο. Το δίκτυο συγκροτείται από 12 κύριες ακτοπλοϊκές γραμμές κατανεμημένες σε διακριτές γεωγραφικές περιοχές και 15 κύριες πορθμειακές γραμμές. Οι κύριες αυτές γραμμές καλύπτουν το 90% και 95% της συνολικής ζήτησης μεταφορών σε επιβάτες και οχήματα αντίστοιχα, ενώ η υπολειπόμενη ζήτηση καλύπτεται μέσω 'δευτερευόντων' (και συχνά επιδοτούμενων) γραμμών τοπικής ή περιφερειακής εμβέλειας. Η πλειονότητα των γραμμών αφορά στην εξυπηρέτηση της αιγαιοπελαγίτικης διακίνησης, μέσω της παρουσίας 11 (από 12) κύριων ακτοπλοϊκών γραμμών και του συνόλου των 15 κύριων πορθμειακών γραμμών. Η Πειραιο-κεντρικότητα του δικτύου του Αιγαίου Πελάγους αναδεικνύεται μέσω της προσφοράς 10 (από 12) κύριων ακτοπλοϊκών γραμμών με αφετηρία το λιμάνι του Πειραιά.

Μεταξύ των ιδιαιτεροτήτων και ταυτόχρονα προβλημάτων που αντιμετωπίζει η εσωτερική επιβατηγός ακτοπλοΐα είναι η εποχικότητα της ζήτησης μεταφορικών υπηρεσιών σε συνδυασμό με την απαίτηση της πολιτείας για: α) διαχρονική προσφορά υπηρεσιών από την πλευρά των παροχών (μέσω της υποχρεωτικής 10μηνιαίας δρομολόγησης), β) ταυτόχρονη εξυπηρέτηση προορισμών υψηλού και χαμηλού εμπορικού ενδιαφέροντος και γ) εφαρμογή του κρατικού ναυτολογίου. Ο συντελεστής αξιοποίησης της προσφερόμενης χωρητικότητας (μεταφορικής ικανότητας) είναι γενικά χαμηλός και κυμαίνεται μεταξύ 50-60% στις γραμμές μεγάλης εμβέλειας, 30-35% στις γραμμές μέσης απόστασης (όπου δραστηριοποιούνται και τα περισσότερα πλοία υψηλών ταχυτήτων) και ακόμη χαμηλότερους συντελεστές για τοπικές ή χαμηλής ζήτησης γραμμές. Επιπρόσθετα, οι γραμμές μη εμπορικού ενδιαφέροντος εντάσσονται στο καθεστώς κρατικής επιδότησης (PSO/PSC) και ανατίθενται μέσω δημόσιου μειοδοτικού διαγωνισμού [20-21]. Το μέγιστο κόμιστρο της οικονομικής θέσης καθορίζεται από την πολιτεία, με βάση τον τύπο πλοίου (π.χ. ταχύπλοο ή συμβατικό) και την πρόβλεψη για την διαμόρφωση της τιμής του ναυτιλιακού καυσίμου. Λόγω αυτής της τιμολογιακής πολιτικής, σε παρατεταμένες περιόδους ακριβού καυσίμου και χαμηλής ζήτησης πολλές από τις γραμμές καθίστανται ζημιογόνες, με αποτέλεσμα η αγορά να έχει οδηγηθεί στην συσσώρευση συνολικών ζημιών που φθάνουν σχεδόν το μισό δις ευρώ [22].

Σήμερα, η εσωτερική επιβατηγός ακτοπλοΐα εξυπηρετείται από 200 περίπου επιβατηγά και επιβατηγά-οχηματαγωγά πλοία διαφόρων τύπων (π.χ. μονόγαστρα, καταμαράν, υδροπτέρυγα, ανοικτού ή κλειστού καταστρώματος), μεγεθών, ταχυτήτων και ηλικιών (από νεότευκτα μέχρι άνω των 40 ετών).

Το σύνολο των προαναφερόμενων γραμμών και πλοίων παρέχουν περίπου 1500 συνδέσεις μεταξύ 42 και 96 ηπειρωτικών και νησιωτικών λιμένων, αντίστοιχα. Κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας (2001-2010), η συνολική ετήσια ζήτηση ακτοπλοϊκών μεταφορών κορυφώθηκε με σχεδόν 50 εκατομ. επιβάτες το 2003 και 13 εκατομ. οχήματα (όλων των τύπων) το 2004. Με αυτή την επίδοση, η εσωτερική επιβατηγός ακτοπλοΐα κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη [23] και μία από τις πρώτες παγκοσμίως.

2. Παρουσίαση και Ανάλυση Χαρακτηριστικών των Πλοίων

Για την παρουσίαση και ανάλυση των πλοίων της τρέχουσας δρομολογιακής περιόδου αναζητήθηκε από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας ο σχετικός κατάλογος των πλοίων, στον οποίο παρουσιάζονται τα πλοία ονομαστικά, με τον αποκλειστικό αριθμό IMO και την γραμμή δρομολόγησης. Τα βασικά σχεδιαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των πλοίων συλλέχθηκαν και επιβεβαιώθηκαν από διάφορες πηγές (π.χ. από δεδομένα της Επιθεώρησης Εμπορικών Πλοίων του ΥΕΝ, τον Ελληνικό Νηογνώμονα και το διαδίκτυο, π.χ. www.marinetraffic.com και άλλες διαδικτυακές πηγές).

Η σύνθεση του στόλου παρουσιάζεται στον πίνακα 5 και ανάλογα με τον τύπο του πλοίου διαχωρίστηκε σε 7 μεγάλες κατηγορίες.

Πίνακας 5. Σύνθεση του στόλου της επιβατηγού ακτοπλοΐας.

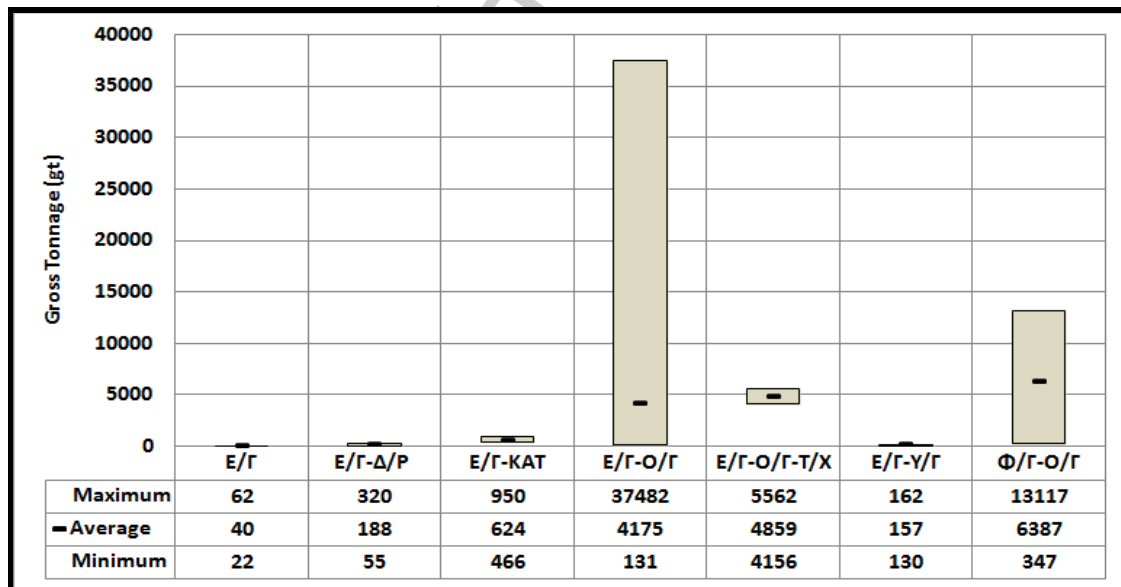
Τύπος Πλοίων	Αριθμός Πλοίων	Συμμετοχή (%)
Ε/Γ	12	7.0
Ε/Γ-Δ/Ρ	8	4.7

Ε/Γ-ΚΑΤ	6	3.5
Ε/Γ-Ο/Γ	132	77.2
Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ	2	1.2
Ε/Γ-Υ/Γ	7	4.1
Φ/Γ-Ο/Γ	4	2.3
ΣΥΝΟΛΟ	171	100

Η παρουσία των επιβατηγών-οχηματαγωγών (Ε/Γ-Ο/Γ) πλοίων είναι κυρίαρχη με ποσοστό συμμετοχής 77.2% στο σύνολο των δρομολογημένων πλοίων. Τα τέσσερα φορτηγά-οχηματαγωγά (Φ/Γ-Ο/Γ) με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς μπορούν να μεταφέρουν μέχρι και 12 επιβάτες και συνεπώς μολονότι δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως επιβατηγά πλοία συμμετέχουν για την πληρότητα της σύνθεσης του στόλου.

Τόσο ως προς τους συγκεκριμένους τύπους πλοίων όσο και ως προς το σύνολο των πλοίων, οι μέσες τιμές των σχεδιαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών τους βασίζονται στην αριθμητικά σταθμισμένη ανάλυση.

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η μέγιστη, μέση και ελάχιστη ολική χωρητικότητα (gt) των πλοίων για κάθε τύπο πλοίου.

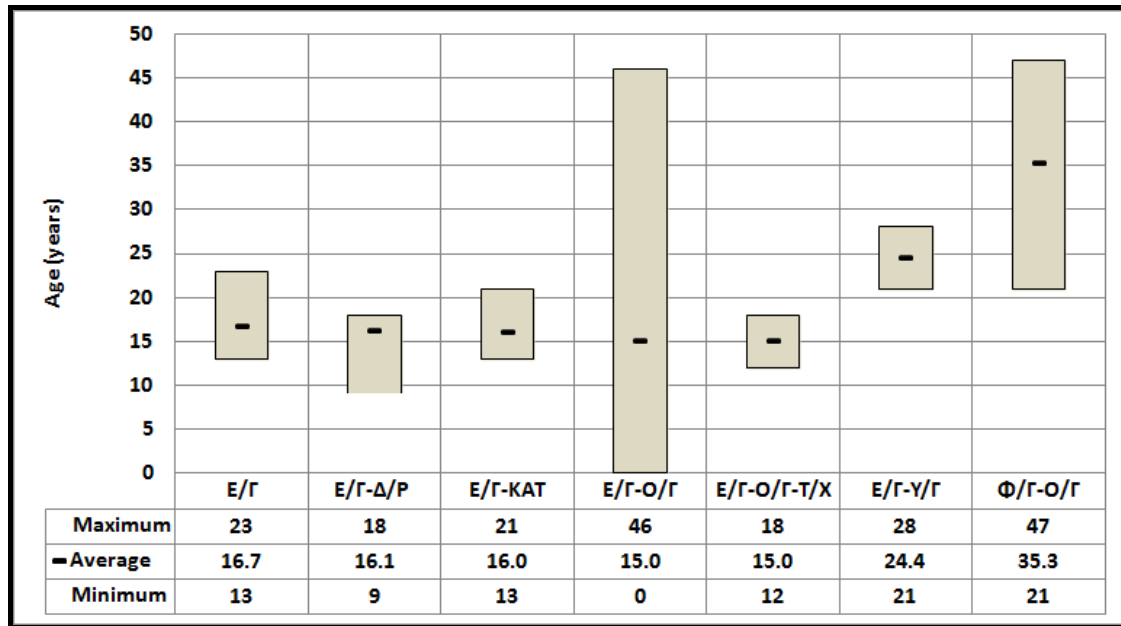


Σχήμα 10. Ανάλυση της ολικής χωρητικότητας των πλοίων.

Η μέση ολική χωρητικότητα του στόλου είναι 3469 gt και μόνο το 19.9% του συνόλου των πλοίων διαθέτει μεγαλύτερη ολική χωρητικότητα και αυτό κατά 88.4%

αφορά σε Ε/Γ-Ο/Γ πλοία. Τα επιβατηγά (Ε/Γ) έχουν την μικρότερη χωρητικότητα (μέχρι 22 gt). Τα περισσότερα από αυτά τα πολύ μικρά σκάφη είναι δρομολογημένα σε τοπικές πορθμειακές γραμμές (π.χ. Παλούκια-Πέραμα) και καλύπτουν ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα επιβατικής ζήτησης (περίπου 13 εκατομ. ετησίως) που ανταποκρίνεται περισσότερο σε χαρακτηριστικά αστικής ακτοπλοϊκής συγκοινωνίας μέσω της υψηλής συχνότητας δρομολογίων σε ημερήσια βάση. Αντίθετα, τα Ε/Γ-Ο/Γ διαθέτουν την μεγαλύτερη χωρητικότητα (μέχρι 37000 gt) με την υψηλότερη διακύμανση γύρω από την μέση τιμή των 4175 gt. Τα μεγαλύτερα Ε/Γ-Ο/Γ είναι δρομολογημένα στις ακτοπλοϊκές γραμμές μεσαίων αποστάσεων υψηλής ζήτησης (π.χ. Κυκλάδες) και ειδικότερα σε αυτές μεγάλων αποστάσεων υψηλής ζήτησης (π.χ. Κρήτη). Η περιορισμένη διαφοροποίηση της χωρητικότητας σε άλλους τύπους πλοίων, όπως για Ε/Γ-Υ/Γ, Ε/Γ-ΚΑΤ και Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ, παραπέμπει στην παρουσία αδελφών πλοίων.

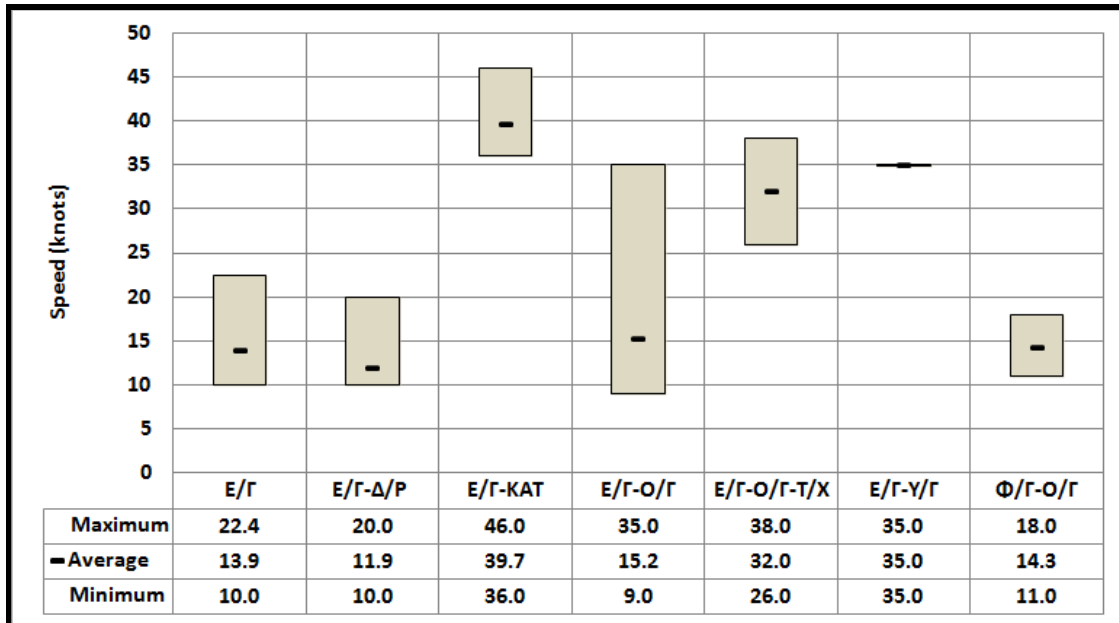
Στο σχήμα 11 παρουσιάζεται η μέγιστη, μέση και ελάχιστη ηλικία ανά τύπο πλοίων. Οι μικρότερες διαφοροποιήσεις μέγιστης και ελάχιστης ηλικίας παρατηρούνται στους τύπους των Ε/Γ, Ε/Γ-Δ/Ρ, Ε/Γ-ΚΑΤ, Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ και Ε/Γ-Υ/Γ, με εύρος που δεν υπερβαίνει τα 10 έτη, ενώ η μέγιστη ηλικία των πλοίων αυτών δεν ξεπερνά τα 28 έτη. Τα Ε/Γ-Ο/Γ και τα Φ/Γ-Ο/Γ παρουσιάζουν την μέγιστη ηλικιακή διαφοροποίηση. Συγκεκριμένα, ο τύπος Ε/Γ-Ο/Γ περιλαμβάνει νεότευκτα αλλά και ιδιαίτερα γηραιά πλοία μέχρι 46 ετών, ενώ στα Φ/Γ-Ο/Γ εντοπίζεται το γηραιότερο πλοίο 47 ετών με το νεότερο σε ηλικία 21 ετών.



Σχήμα 11. Ηλικιακή ανάλυση των πλοίων.

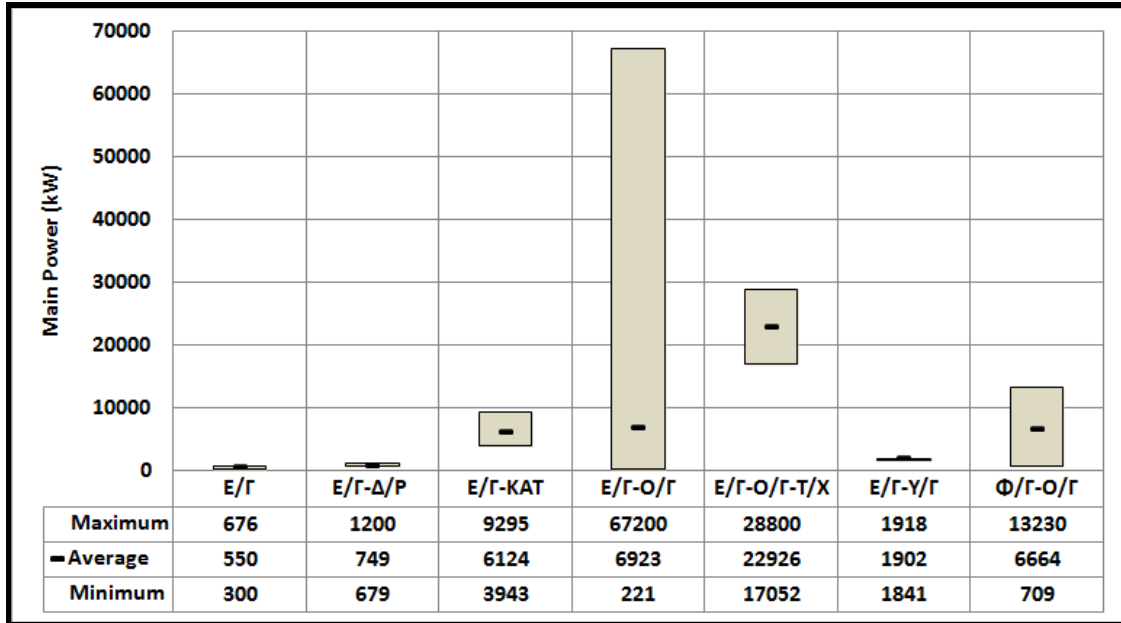
Ο μέσος όρος της ηλικίας όλων των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας είναι 16.1 έτη, με υψηλή ομοιογένεια μέσης ηλικίας για τους τύπους Ε/Γ, Ε/Γ-Δ/Ρ, Ε/Γ-ΚΑΤ, Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ και Ε/Γ-Ο/Γ που συγκροτούν το 93.6% του συνόλου των πλοίων. Αυτή η μέση ηλικία είναι αντιπροσωπευτική της μέσης διάρκειας παραγωγικής ζωής των πλοίων αυτής της αγοράς. Αντίθετα, τα 11 πλοία τύπου Ε/Γ-Υ/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ παρουσιάζουν την σημαντικά υψηλότερη μέση ηλικία των 24 και 35 περίπου ετών, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το σχήμα 12, η μέση ταχύτητα των πλοίων κυμαίνεται μεταξύ 11.9 και 39.7 κόμβων και αφορά στα Ε/Γ-Δ/Ρ και Ε/Γ-ΚΑΤ αντίστοιχα. Η μέση ταχύτητα του συνόλου των πλοίων ισούται με 16.8 κόμβους, ενώ το 36.4% των πλοίων διαθέτει υψηλότερη ταχύτητα. Η μέση ταχύτητα των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων είναι 15.2 κόμβοι και παρουσιάζουν την μέγιστη διαφοροποίηση ταχύτητας λόγω των διαφορετικών μεγεθών και λειτουργικών απαιτήσεων των πλοίων αυτού του τύπου ανάλογα με τις γραμμές δρομολόγησής τους. Τα Ε/Γ-Υ/Γ εμφανίζουν απόλυτη ομοιογένεια ταχύτητας λόγω του ότι είναι όλα αδελφά σκάφη.



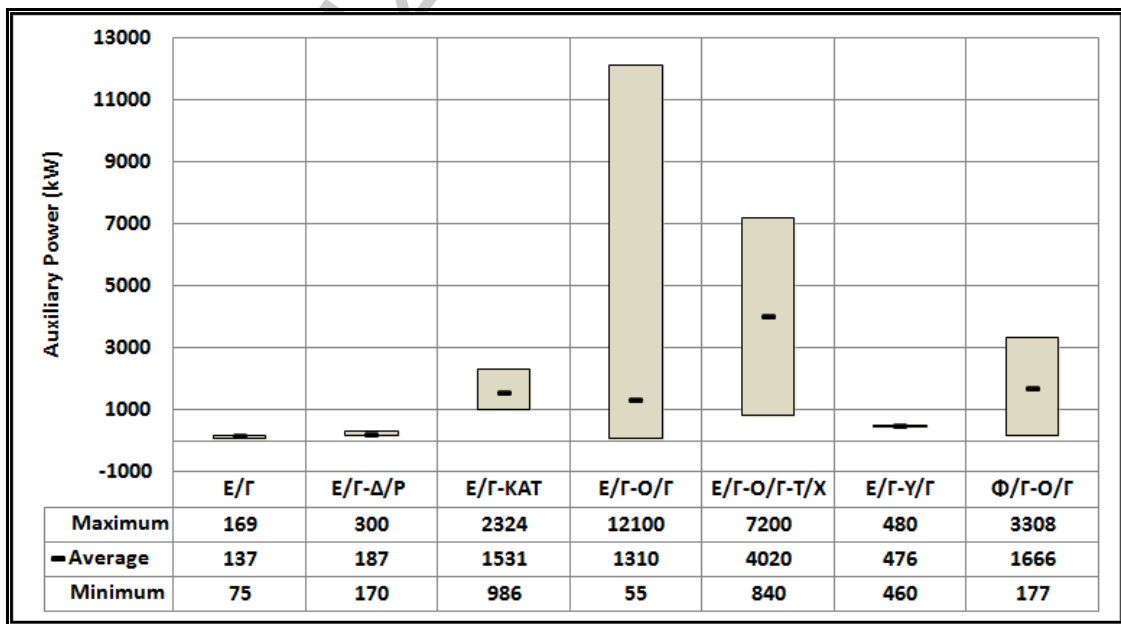
Σχήμα 12. Ανάλυση της ταχύτητας των πλοίων.

Η μέση ισχύς πρόωσης του στόλου είναι ίση με 6134 kW και μόνο το 22.2% των πλοίων υπερβαίνει αυτή την ισχύ και κατά 81.6% είναι Ε/Γ-Ο/Γ πλοία. Σύμφωνα με το σχήμα 13, η διαφοροποίηση της ισχύος πρόωσης είναι περιορισμένη για όλους σχεδόν τους τύπους πλοίων με εξαίρεση τα Ε/Γ-Ο/Γ, λόγω των διαφορετικών μεγεθών πλοίων και των ταχυτήτων που αναπτύσσουν ανάλογα με την γραμμή δρομολόγησής τους. Έτσι, παρατηρείται η παρουσία Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων με μέγιστη ισχύ κυρίων μηχανών που προσεγγίζει φθάνει τα 67 MW, ενώ αντίθετα υπάρχουν και πλοία του ίδιου τύπου που διαθέτουν μηχανές πρόωσης που μόλις παράγουν 220 kW. Τα Ε/Γ-Υ/Γ ως αδελφά σκάφη παρουσιάζουν απόλυτη ομοιογένεια.



Σχήμα 13. Ανάλυση της ισχύος πρόωσης των πλοίων.

Η μέση βοηθητική ισχύς του στόλου ισούται με 1189 kW, ενώ το 24% του συνόλου των πλοίων έχει υψηλότερη βοηθητική ισχύ και κατά 85.4% αφορά σε Ε/Γ-Ο/Γ πλοία. Σύμφωνα με το σχήμα 14, τα Ε/Γ, τα Ε/Γ-Δ/Ρ και τα Ε/Γ-Υ/Γ παρατηρείται να έχουν μικρές αποκλίσεις από το μέσο όρο, ενώ τα Ε/Γ-Υ/Γ εμφανίζουν απόλυτη ομοιογένεια λόγω του ότι πρόκειται για αδελφά σκάφη. Σε αντίθεση, τα Ε/Γ-Ο/Γ και τα Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διαφοροποίηση βοηθητικής ισχύος ως προς την μέση τιμή. Σε γενικές γραμμές, η διαμόρφωση της βοηθητικής ισχύος ανά τύπο πλοίου ακολουθεί αυτή της ισχύος πρόωσης.



Σχήμα 14. Ανάλυση της βοηθητικής ισχύος των πλοίων.

3. Ο EEDI και τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας

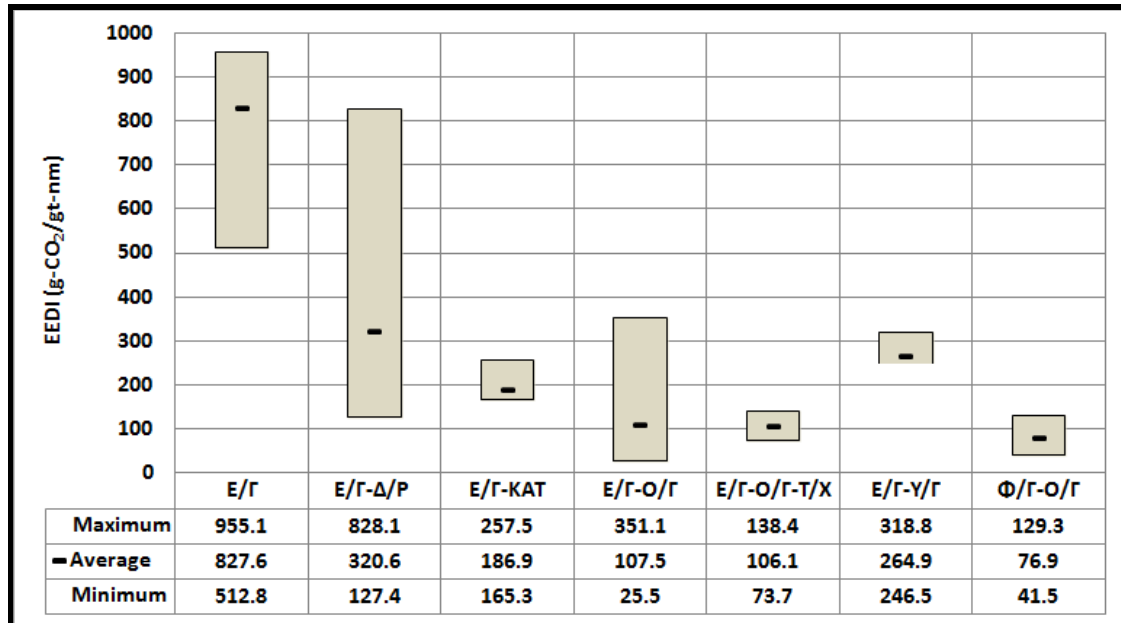
Για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας στον ελληνικό χώρο εφαρμόστηκε ο δείκτης της MEPC.1/Circ.681, ως ακολούθως:

$$\text{Index} = 3.1144 \times [(190 \times P_{ME}) + (215 \times P_{AE})] / (\text{Capacity} \times V)$$

όπου,

- **Index** είναι ο Σχεδιαστικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης, EEDI (σε g-CO₂/gt-nm)
- **P_{ME}** αναφέρεται στην ισχύ πρόωσης του πλοίου (σε kW).
- **P_{AE}** αναφέρεται στην ισχύ των βοηθητικών μηχανών του πλοίου (σε kW).
- **Capacity** αναφέρεται στην μεταφορική ικανότητα του πλοίου (σε gt).
- **V** αναφέρεται στην υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου (σε κόμβους).

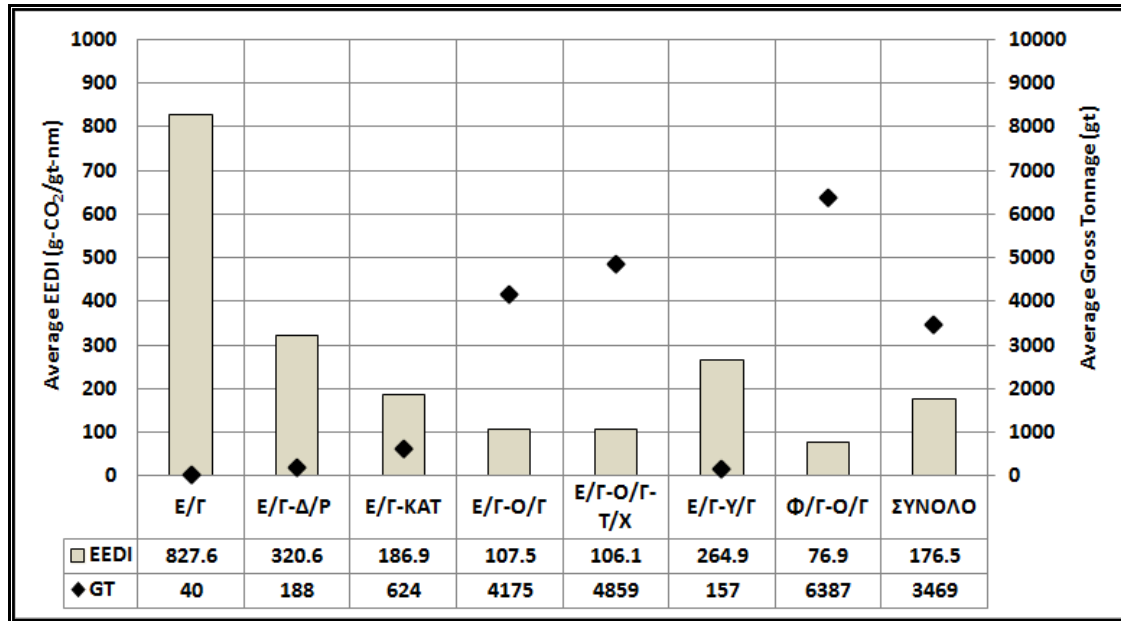
Ο μέσος EEDI για το σύνολο των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας ισούται με 176 g-CO₂/gt-nm, ενώ το 73.7% των πλοίων διαθέτει χαμηλότερο EEDI και κατά 92.9% αφορά σε Ε/Γ-Ο/Γ πλοία. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το σχήμα 15 ως προς τους τύπους πλοίων, τα Ε/Γ παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση τιμή και τα Φ/Γ-Ο/Γ την χαμηλότερη. Συνεπώς, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν αφενός την χαμηλή ενεργειακή απόδοση των Ε/Γ λόγω του μικρού τους μεγέθους (αντιοικονομίες κλίμακας) και του αμιγούς επιβατηγού χαρακτήρα τους και αφετέρου την υψηλή ενεργειακή απόδοση των Φ/Γ-Ο/Γ που προσεγγίζει αυτή των πλοίων της φορτηγού ναυτιλίας, λόγω της σχετικής διαφοροποίησης αυτού του τύπου των πλοίων από τα χαρακτηριστικά της επιβατηγού ναυτιλίας. Ακολούθως, υψηλές εκπομπές CO₂ και συνεπώς χαμηλή ενεργειακή απόδοση παρουσιάζουν τα Ε/Γ-Δ/Ρ και τα Ε/Γ-Υ/Γ με μέσο EDDI 320 και 264 g-CO₂/gt-nm, αντίστοιχα. Την υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και χαμηλότερες εκπομπές CO₂ έχουν τα Ε/Γ-Ο/Γ και Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ με μέση τιμή EEDI ίση με 107.5 και 106.1 g-CO₂/gt-nm, αντίστοιχα.



Σχήμα 15. Ανάλυση EEDI των πλοίων.

Τα Ε/Γ-Ο/Γ και τα Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ εμφανίζουν μειωμένο EEDI κατά 40% σε σχέση με το σύνολο των πλοίων. Επίσης, μολονότι τα Ε/Γ-Ο/Γ αποτελούν το 77% του στόλου (132 πλοία) και παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις τιμών χωρητικότητας, ηλικίας, ταχύτητας και ισχύος διαθέτουν σχετικά πολύ υψηλότερη ομοιογένεια τιμών ως προς το EEDI, ενώ 50 Ε/Γ-Ο/Γ έχουν δείκτη μικρότερο από 90 g-CO₂/gt-nm. Το αποτέλεσμα αυτό αναδεικνύει ότι ο συνδυασμός μεγέθους, ταχύτητας και ισχύος των πλοίων Ε/Γ-Ο/Γ παραπέμπει σε σχεδίαση πλοίου που για τα δεδομένα της επιβατηγού ναυτιλίας παράγει υψηλή ενεργειακή απόδοση και χαμηλό ανθρακικό αποτύπωμα.

Στα σχήματα που ακολουθούν αποτυπώνεται ο μέσος EEDI σε σχέση με την μέση τιμή βασικών τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των πλοίων, για κάθε διακριτό τύπο πλοίου ξεχωριστά και για το σύνολο των πλοίων.

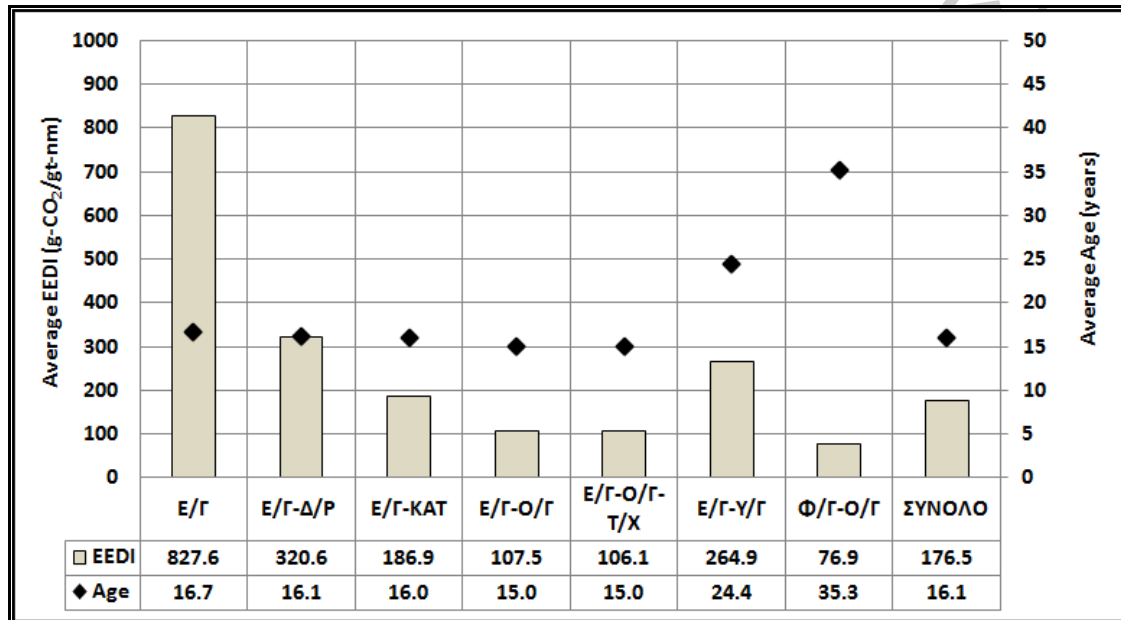


Σχήμα 16. : Σχέση EEDI και χωρητικότητας ανά τύπο πλοίου.

Σύμφωνα με το σχήμα 16 και με βάση σύγκρισης την μέση τιμή EEDI και ολικής χωρητικότητας για το σύνολο των πλοίων, οι τύποι των πλοίων που διαθέτουν υψηλή μέση χωρητικότητα (Ε/Γ-Ο/Γ, Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ και Φ/Γ-Ο/Γ) παράγουν χαμηλό EEDI, ενώ αντίθετα τα πλοία μικρού μεγέθους (Ε/Γ, Ε/Γ-Δ/Ρ, Ε/Γ-ΚΑΤ και Ε/Γ-Υ/Γ) έχουν υψηλό EEDI. Μολονότι η τεχνική πλεύσης διαφέρει σημαντικά μεταξύ συγκεκριμένων τύπων πλοίων και επηρεάζει την απαίτηση ισχύος πρόωσης για δεδομένες ταχύτητες και μεγέθη πλοίων, η αρνητική συσχέτιση μεταξύ EEDI και χωρητικότητας για συγκρίσιμους τύπους πλοίου (π.χ. εκτοπίσματος) είναι γενικά αναμενόμενη στο βαθμό που η αύξηση του μεγέθους των πλοίων αναπόφευκτα οδηγεί στην επίτευξη ενεργειακών οικονομιών κλίμακας, με συνέπεια τη μείωση του EEDI. Η μέση τιμή χωρητικότητας και EEDI για το σύνολο των πλοίων είναι εγγύτερη των πλοίων μεγάλου μεγέθους – χαμηλού EEDI, αναδεικνύοντας την επίδραση της πολυπληθούς παρουσίας των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων.

Στο σχήμα 17 παρουσιάζεται η μέση ηλικία των διαφόρων τύπων των πλοίων με την αντίστοιχη μέση τιμή EEDI και αναδεικνύεται ότι με βάση τα ηλικιακά δεδομένα των συγκεκριμένων πλοίων δεν καταγράφεται η επίδραση της τεχνολογικής εξέλιξης τους (και κυρίως των μηχανών πρόωσης) στη διαμόρφωση του EEDI. Μολονότι η ηλικία των πλοίων δεν συμμετέχει άμεσα στην διαμόρφωση του EEDI, η τεχνολογική

εξέλιξη (κυρίως των μηχανών πρόωσης) αναπόφευκτα οδηγεί στη βελτίωση (μείωση) του EEDI, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση η επίδραση των άλλων χαρακτηριστικών των πλοίων παρουσιάζεται να είναι σαφώς ισχυρότερη της ηλικίας.

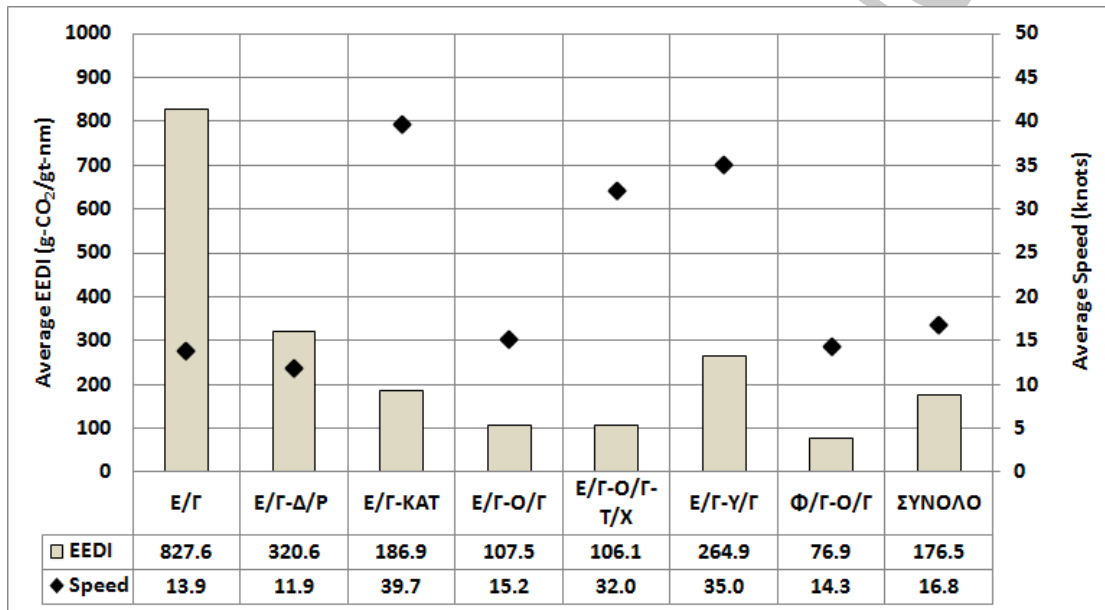


Σχήμα 17. Σχέση EEDI και ηλικίας ανά τύπο πλοίου.

Η μικρή διαφοροποίηση του μέσου EEDI μεταξύ δύο συγκρίσιμων τύπων πλοίων (εκτοπίσματος), όπως των Ε/Γ-Ο/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ, είναι προφανές ότι οφείλεται στην επίδραση της περιορισμένης διαφοροποίησης κυρίως της μέσης χωρητικότητας και δευτερευόντως της ταχύτητας και ισχύος, παρά στην σημαντική (περίπου 20 ετών) διαφορά μέσης ηλικίας που παρουσιάζουν αυτοί οι δύο τύποι πλοίων. Σε κάθε περίπτωση, η έμμεση επίδραση της ηλικίας των πλοίων στον EEDI μπορεί να εντοπιστεί αξιόπιστα μόνο μέσω της σύγκρισης διαφορετικής ηλικίας όμοιων πλοίων του ίδιου τύπου. Τέλος, η μέση τιμή ηλικίας και EEDI για το σύνολο των πλοίων επηρεάζεται από τις αντίστοιχες τιμές των Ε/Γ-Ο/Γ λόγω της σημαντικής αριθμητικής τους παρουσίας.

Σύμφωνα με το σχήμα 18 καθίσταται σαφές ότι στο βαθμό που η παρουσία υψηλών ταχυτήτων γενικά συμβαδίζει με ακόμη μεγαλύτερες απαιτήσεις ισχύος πρόωσης

(κυβική σχέση), οι τύποι πλοίων που διαθέτουν υψηλή μέση ταχύτητα (Ε/Γ-Υ/Γ και Ε/Γ-ΚΑΤ) παράγουν σχετικά υψηλές τιμές EEDI. Τα Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ συνδυάζουν πέρα από την υψηλή ταχύτητα και μεγάλη χωρητικότητα με συνέπεια να παρουσιάζουν χαμηλή μέση τιμή EEDI, ενώ η πολύ περιορισμένη χωρητικότητα των Ε/Γ σε συνδυασμό με τις χαμηλές ταχύτητες που αναπτύσσουν έχει το αντίστροφο αποτέλεσμα.

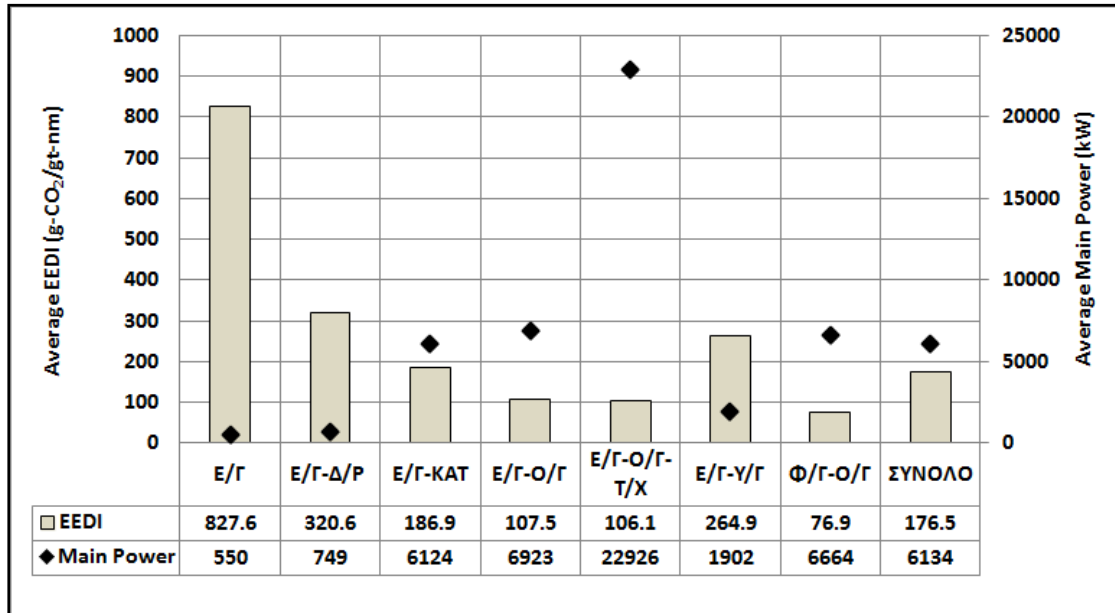


Σχήμα 18. Σχέση EEDI και ταχύτητας ανά τύπο πλοίου.

Σε κάθε περίπτωση, οι βασικές διαφορές που διέπουν την τεχνική πλευρά των πλοίων εκτοπίσματος και μη-εκτοπίσματος υπαγορεύουν επιφυλακτική προσέγγιση στη συγκριτική αξιολόγηση της σχέσης ταχύτητας και EEDI μεταξύ των διαφόρων τύπων πλοίων και ειδικά μεταξύ αυτών των δύο βασικών κατηγοριών. Τέλος, η ισχυρή παρουσία των Ε/Γ-Ο/Γ διαδραματίζει και ως προς την ταχύτητα καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των μέσων τιμών ταχύτητας και EEDI για το σύνολο του στόλου.

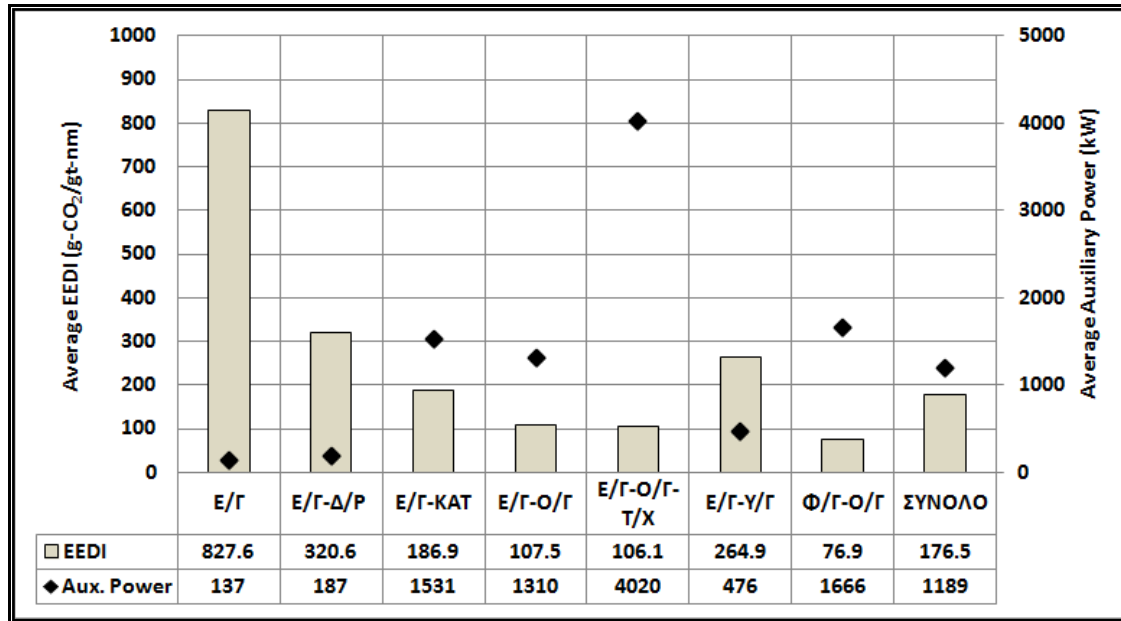
Στο σχήμα 19 παρουσιάζεται ότι οι τρεις τύποι πλοίων με χαμηλή μέση ισχύ πρόωσης (Ε/Γ, Ε/Γ-Δ/Ρ και Ε/Γ-Υ/Γ) παρουσιάζουν σχετικά υψηλές τιμές EEDI και σε κάθε περίπτωση υψηλότερες του μέσου όρου του συνόλου των πλοίων, ενώ το αντίθετο ισχύει για τους τύπους πλοίων υψηλής ισχύος πρόωσης, όπως τα Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ, Ε/Γ-Ο/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ. Μολονότι η αύξηση της ισχύος πρόωσης αναμένεται να

παράγει υψηλές τιμές EEDI, η επίδραση του συνδυασμού της μέσης χωρητικότητας και ταχύτητας στη διαμόρφωση του μέσου EEDI για τους συγκεκριμένους τύπους πλοίων υπερσχύει αυτής της ισχύος πρόωσης και οδηγεί σε χαμηλές τιμές EEDI.



Σχήμα 19. Σχέση EEDI και ισχύος πρόωσης ανά τύπο πλοίου.

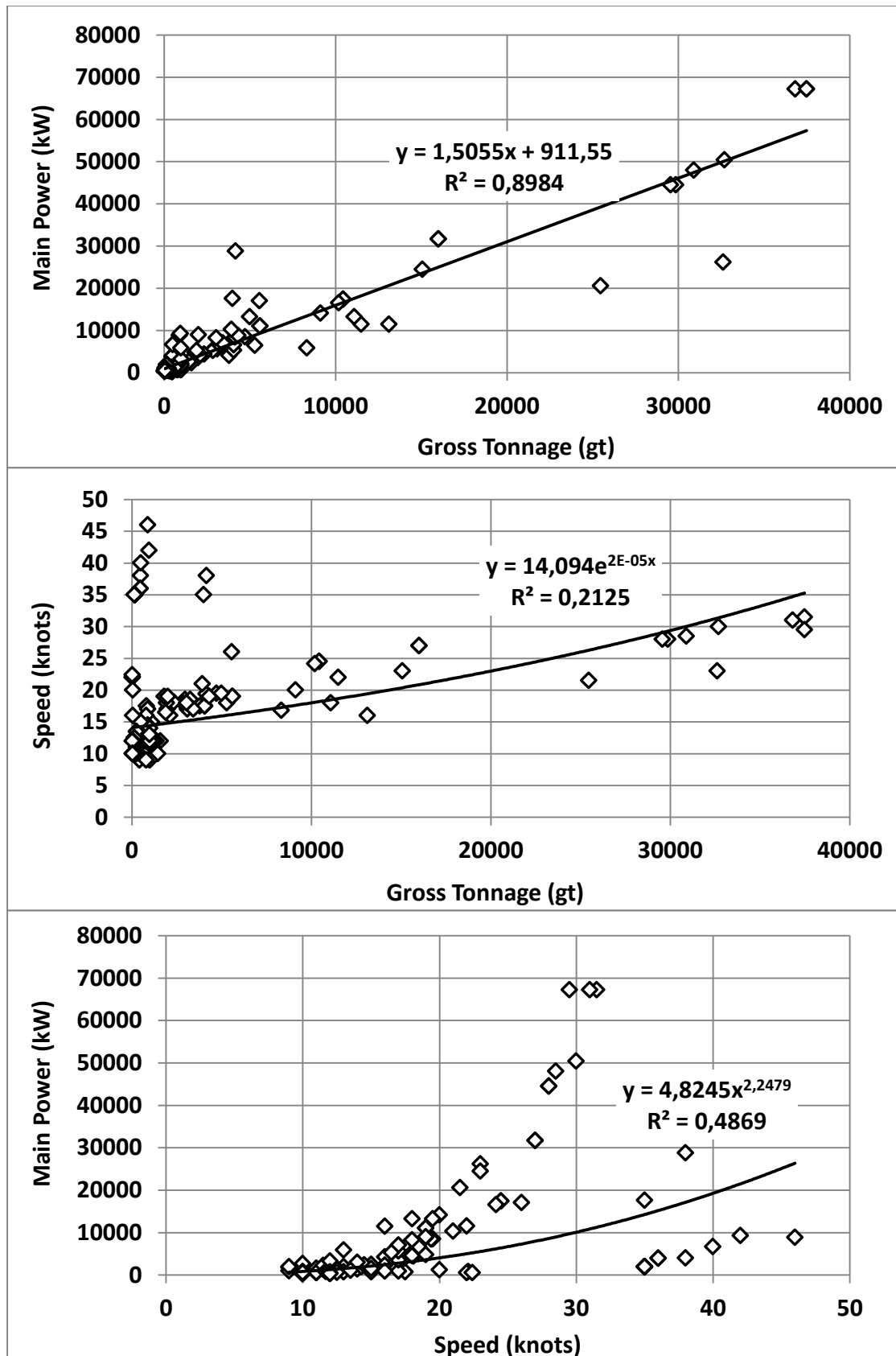
Όμοια είναι και η σχέση μέσης βοηθητικής ισχύος και μέσου EEDI για όλους τους τύπους πλοίων, αφού η βοηθητική ισχύς των πλοίων είναι συνήθως ανάλογη της ισχύος πρόωσης (σχήμα 20).



Σχήμα 20. Σχέση EEDI και βοηθητικής ισχύος ανά τύπο πλοίου.

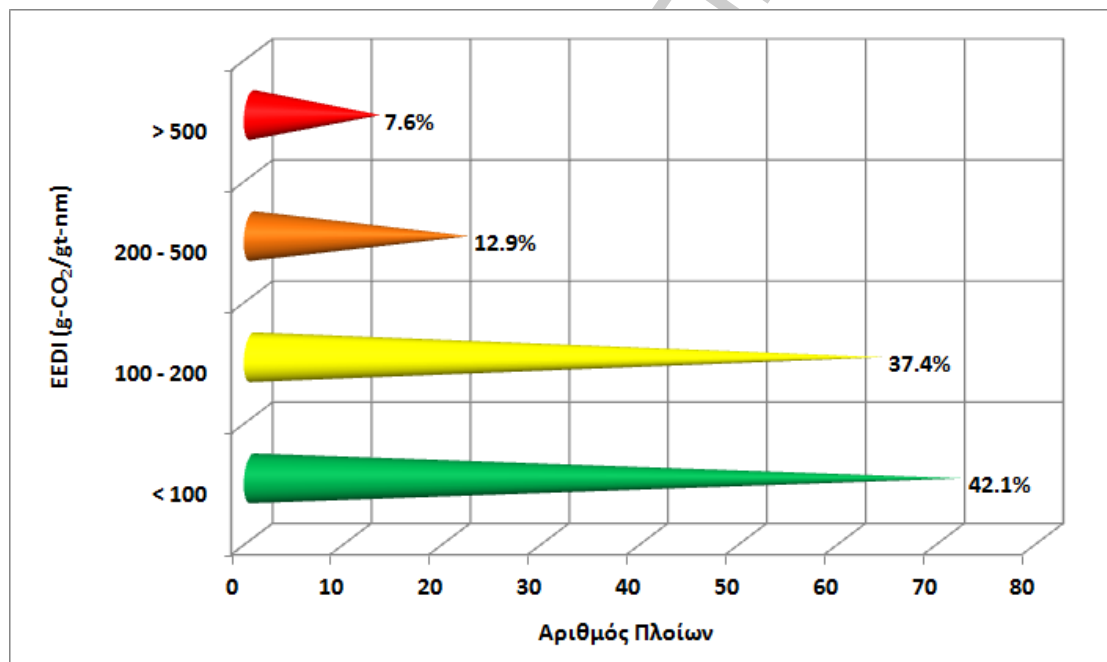
Όπως και στην περίπτωση των άλλων παραμέτρων, τα Ε/Γ-Ο/Γ συμβάλλουν σημαντικά στην διαμόρφωση του μέσου EEDI και ισχύος (κύριας και βοηθητικής) για το σύνολο των πλοίων.

Η διαφοροποιημένη αλληλεξάρτηση της χωρητικότητας, ταχύτητας και ισχύος (κυρίως πρόωσης) μεταξύ των διαφόρων τύπων πλοίων εκφράζεται μέσω του σχήματος 21, όπου στη σχέση α) ισχύος πρόωσης και ολικής χωρητικότητας, β) ισχύος πρόωσης και ταχύτητας και γ) ταχύτητας και χωρητικότητας για κάθε ένα από τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας (δηλ. ανεξαρτήτως τύπου πλοίου) παρατηρείται σημαντική διασπορά τιμών με αποτέλεσμα την ασθενή συσχέτιση των χαρακτηριστικών παραμέτρων των πλοίων. Γενικότερα, ισχύει ότι η ισχύς πρόωσης και η ταχύτητα παρουσιάζουν θετική συσχέτιση (είναι σχεδόν ευθέως ανάλογη) της χωρητικότητας των πλοίων. Επίσης, στο διάγραμμα διασποράς των τιμών ισχύος πρόωσης και ταχύτητας των πλοίων εντοπίζονται δύο διακριτές περιοχές συμβατικών και υψηλών ταχυτήτων και η συνολική συσχέτιση τους είναι αρνητική (αντιστρόφως ανάλογη), ενώ παρουσιάζει μικρή απόκλιση από την γενική κυβική σχέση (cube law) μεταξύ ισχύος πρόωσης (MP) και ταχύτητας (V) των πλοίων ($MP = k \times V^{2.25}$, αντί $MP = k \times V^3$).



Σχήμα 21. Συσχέτιση ισχύος πρόωσης, χωρητικότητας και ταχύτητας των πλοίων

Στο σχήμα 22 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση όλων των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας με βάση τον EEDI, όπου παρατηρείται ότι για το 79.5% του συνόλου των πλοίων η εκπομπή άνθρακα είναι χαμηλότερη των 200 g-CO₂/gt-nm και σε ποσοστό 91.2% αφορά σε Ε/Γ-Ο/Γ. Επιπρόσθετα, η σχετική πλειονότητα των πλοίων (42.1%) έχει EEDI μικρότερο του 100 και το 94.5% αυτών των πλοίων είναι Ε/Γ-Ο/Γ, ενώ στο υπόλοιπο 5.5% συμμετέχουν τα τρία από τα τέσσερα Φ/Γ-Ο/Γ πλοία. Αντίθετα, μόνο το 7.6% του συνόλου των πλοίων παρουσιάζει EEDI μεγαλύτερο των 500 g-CO₂/gt-nm και αφορά σε όλα τα Ε/Γ πλοία και ένα Ε/Γ-Δ/Ρ σκάφος. Το σύνολο των υδροπτέρυγων σκαφών (Ε/Γ-Υ/Γ) παρουσιάζουν τιμές EEDI που κυμαίνονται μεταξύ 100 και 200 g-CO₂/gt-nm, ενώ σε αυτή την κατηγορία συμμετέχουν και τα πέντε από τα έξι πλοία τύπου Ε/Γ-ΚΑΤ.

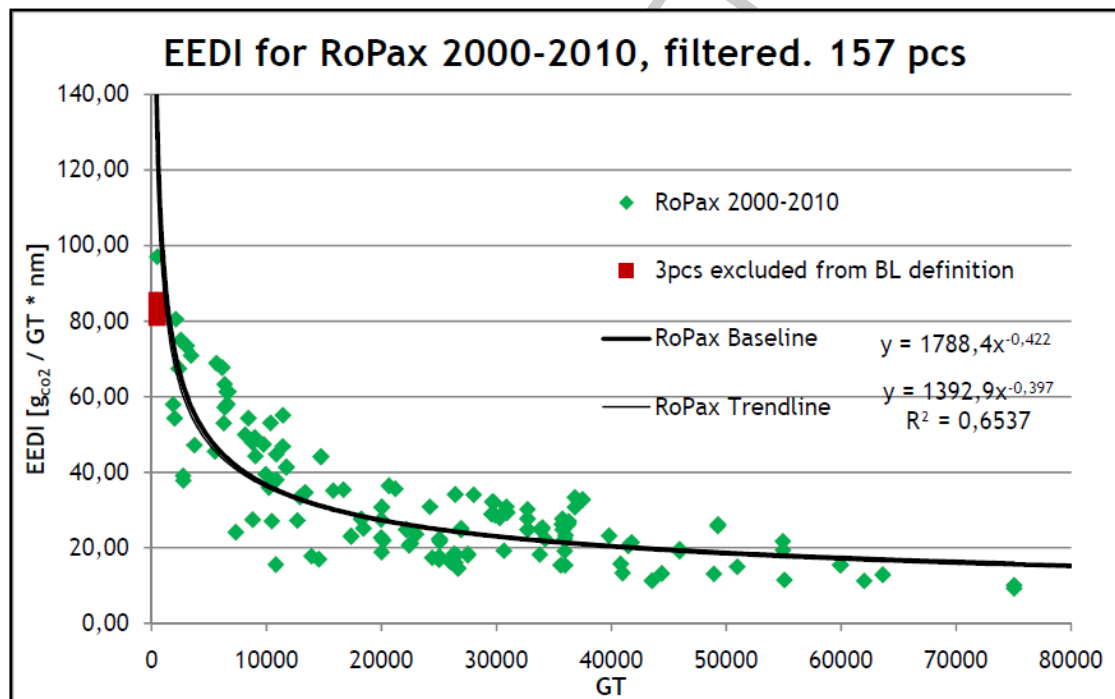


Σχήμα 22. Κατηγοριοποίηση των πλοίων με βάση τον EEDI.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, καταγράφεται η ενεργειακή υπεροχή των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων έναντι όλων των άλλων τύπων πλοίων, χωρίς όμως να υπολείπεται σημαντικά και αυτή των Φ/Γ-Ο/Γ και Ε/Γ-ΚΑΤ. Για αυτούς τους τύπους πλοίων, ο συνδυασμός μεταφορικής ικανότητας (ολικής χωρητικότητας), ισχύος (πρώσης και βοηθητικής) και ταχύτητας παράγει πλοία υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος.

4. Σύγκριση με αποτελέσματα άλλων μελετών

Ο αριθμός των μελετών εφαρμογής του EEDI σε επιβατηγά ακτοπλοϊκά πλοία είναι μέχρι σήμερα περιορισμένος. Μία από αυτές της μελέτες εκπονήθηκε από την Deltamarin το 2011 για την EMSA και εφαρμόστηκε σε 385 Ε/Γ-Ο/Γ πλοία που δραστηριοποιήθηκαν στην θαλάσσια περιοχή της Βαλτικής κατά την περίοδο της 10ετίας 2000-2010 [24]. Η απουσία αξιόπιστων δεδομένων για σημαντικό αριθμό πλοίων (κυρίως μικρού μεγέθους) και η υψηλή διασπορά ταχύτητας υπαγόρευσε τον περιορισμό της τελικής ανάλυσης σε 157 πλοία. Σύμφωνα με το σχήμα 23 διαπιστώθηκε ισχυρή αρνητική μη-γραμμική συσχέτιση ($R^2 = 0.654$) μεταξύ των τιμών EEDI και ολικής χωρητικότητας των πλοίων.



Σχήμα 23. Συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων (Deltamarin, 2011).

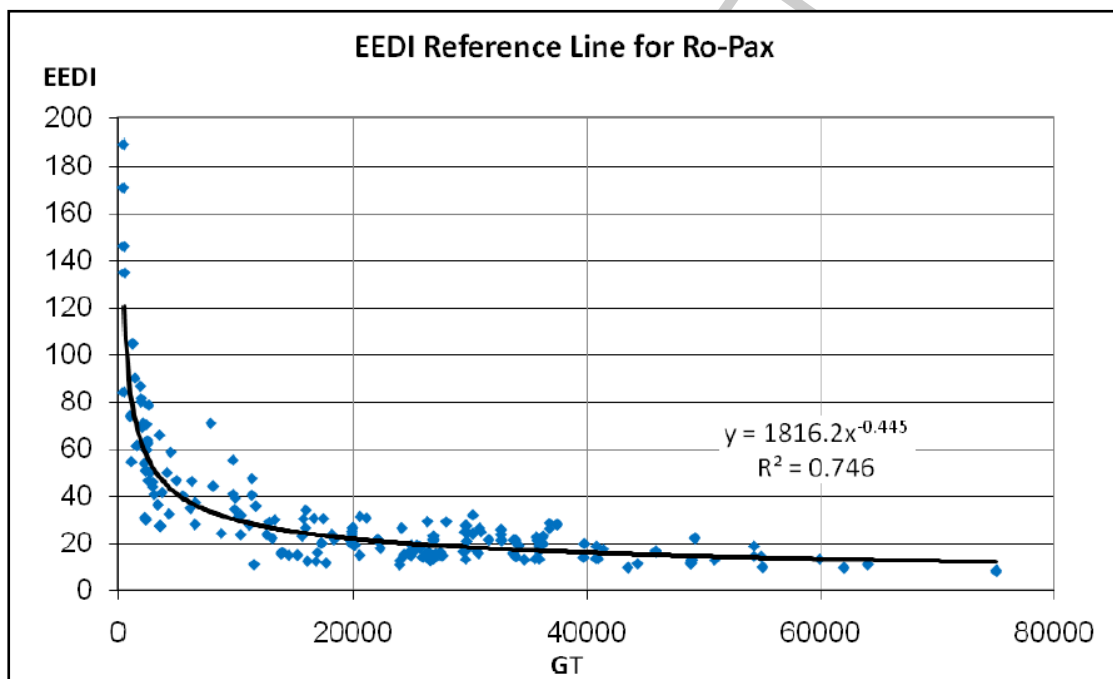
Μία άλλη πρόσφατη μελέτη εκπονήθηκε από ερευνητική ομάδα με συντονιστή τον Ιταλικό Νηογνώμονα (RINA) και αποτέλεσε την υποβολή της Ιταλίας στην ΜΕΡC 63 το 2011 [25]. Όπως και στη μελέτη της Deltamarin, ο πληθυσμός των πλοίων περιορίστηκε στα 223 πλοία λόγω της ελλιπούς διαθεσιμότητας δεδομένων και της

διασποράς τους, ενώ το εύρος των βασικών χαρακτηριστικών αυτών των πλοίων παρουσιάζεται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6. Εύρος χαρακτηριστικών των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων [25].

	GT (tons)	V _{ref} (Kn)	P _{ME} (Kw)	L _{BP} (m)	B (m)	Draft (m)	Pax (N.)
Range	441-75027	15 – 32	1394-67200	43 – 226	9.8-41.4	2.2-8.8	47-3000

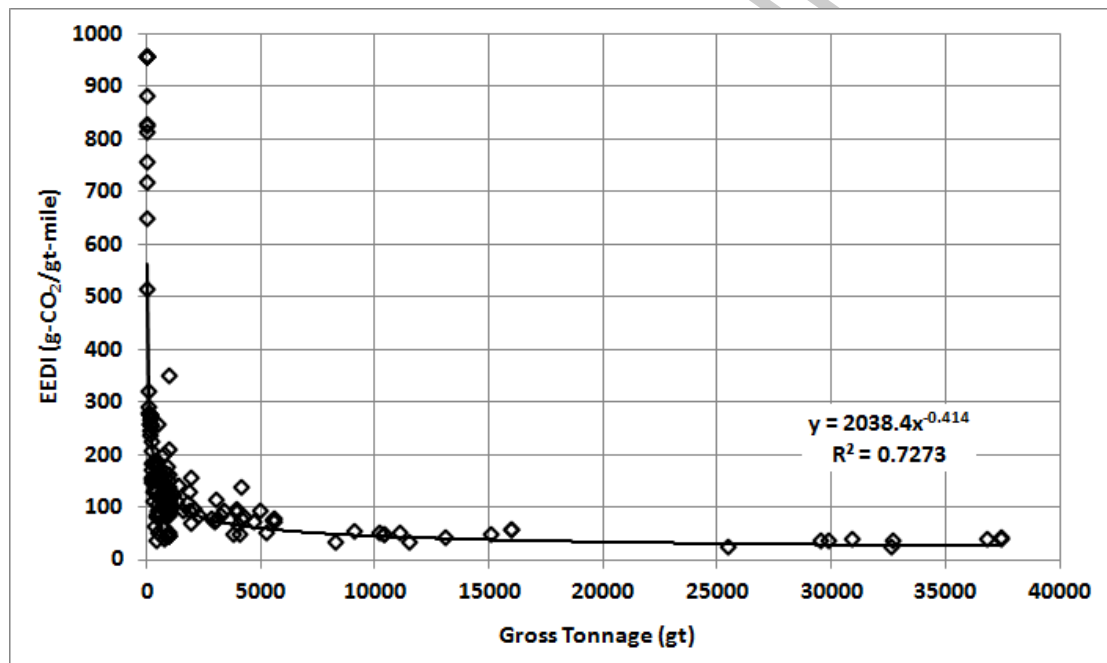
Στο σχήμα 24 επιβεβαιώνεται η ισχυρή ($R^2 = 0.75$) αρνητική μη-γραμμική συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων.



Σχήμα 24. Συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων [25].

Αμφότερες οι μελέτες υποστηρίζουν την επιλογή της ολικής χωρητικότητας ως καταλληλότερης μεταβλητής για τον ορισμό της μεταφορικής ικανότητας των πλοίων της επιβατηγού ακτοπλοΐας και ειδικότερα των Ε/Γ-Ο/Γ. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο αυτών μελετών προκύπτει ότι αφορούν σε πλοία με κοινό εύρος ολικής χωρητικότητας και συγκρίσιμων τιμών EEDI, μολονότι η δεύτερη μελέτη καταγράφει υψηλότερες τιμές EEDI για τα πλοία μικρής χωρητικότητας παρουσιάζει ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

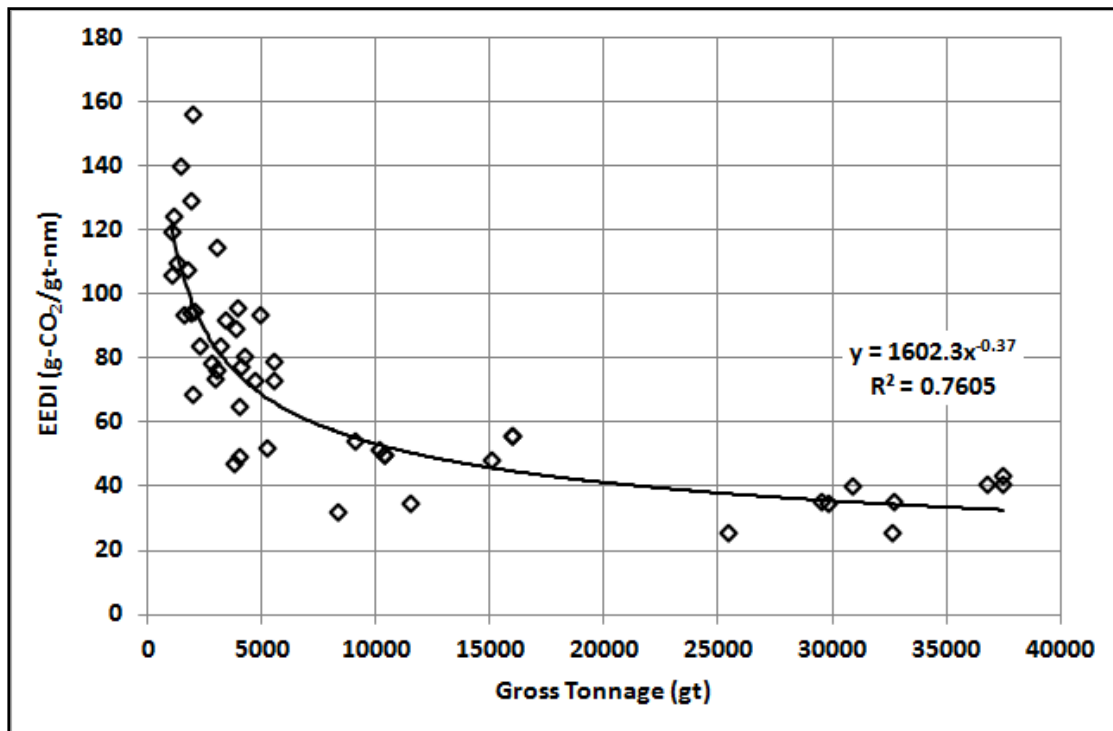
Σε σχέση με τα επιβατηγά ακτοπλοϊκά πλοία που δραστηριοποιούνται στο ελληνικό χώρο, η αντίστοιχη ανάλυση της σχέσης EEDI και ολικής χωρητικότητας των πλοίων περιλαμβάνει όλους τους τύπους πλοίων, ανεξαρτήτως χωρητικότητας, ταχύτητας, ηλικίας και ισχύος. Σύμφωνα με το σχήμα 25, η ισχυρή αρνητική μη-γραμμική συσχέτιση EEDI και ολικής χωρητικότητας των πλοίων επιβεβαιώνεται και στην παρούσα μελέτη, μολονότι το εύρος της ολικής χωρητικότητας πλοίων περιορίζεται περίπου στο ήμισυ και η συμμετοχή πλοίων πολύ χαμηλής χωρητικότητας (π.χ. Ε/Γ) παράγει αρκετά υψηλότερες τιμές EEDI.



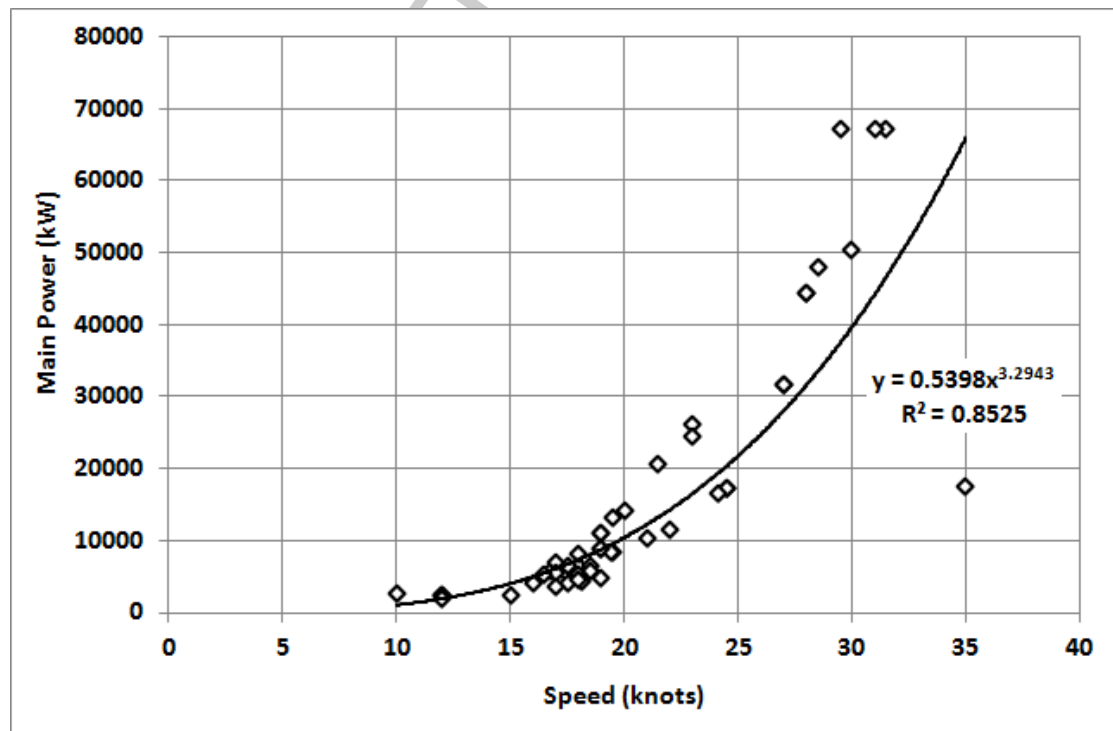
Σχήμα 25. Συσχετισμός EEDI και ολικής χωρητικότητας ελληνικών Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων.

Συνεπώς, για την περαιτέρω διευκόλυνση της σύγκρισης των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με αυτά των άλλων δύο μελετών επιβάλλεται η επιλογή συγκρίσιμου πληθυσμού πλοίων, δηλ. μόνο των Ε/Γ-Ο/Γ με ολική χωρητικότητα άνω των 1000 gt. Με βάση αυτά τα κριτήρια, στην αποτύπωση και ανάλυση της σχέσης του EEDI και ολικής χωρητικότητας συμμετέχουν τελικά 49 Ε/Γ-Ο/Γ πλοία της τρέχουσας δρομολογιακής περιόδου. Σύμφωνα με το σχήμα 26, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με αυτά των

προαναφερόμενων μελετών, με περαιτέρω βελτίωση της συσχέτισης των τιμών EEDI και ολικής χωρητικότητας των πλοίων ($R^2 = 0.76$).



Σχήμα 26. Συσχετισμός EEDI και ολικής χωρητικότητας Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων (>1000 gt).



Σχήμα 27. Συσχέτιση ισχύος πρόωσης και ταχύτητας Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων (>1000 gt).

Τέλος, το σχήμα 27 αναδεικνύει την σημαντική ισχυροποίηση της αρνητικής μη-γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της ισχύος πρόωσης και ταχύτητας των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων μεγάλου μεγέθους ($R^2 = 0.85$) σε σύγκριση με αυτή για το σύνολο του στόλου ($R^2 = 0.48$), ενώ βελτιωμένη παρουσιάζεται και η μορφή της συσχέτισης σε σύγκριση με την γενική κυβική σχέση (cube law) μεταξύ ισχύος πρόωσης (MP) και ταχύτητας (V) των πλοίων ($MP = k \times V^{3.29}$, αντί $MP = k \times V^{2.25}$).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη επιχειρήθηκε η ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ακτοπλοΐας μέσω της εφαρμογής του EEDI. Συγκεκριμένα, για κάθε ένα από τα πλοία της τρέχουσας δρομολογιακής περιόδου(2011-2012) υπολογίσθηκε η ποσότητα εκπομπής σε g-CO₂ ανά gt-nm.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, ο στόλος απαριθμεί 171 πλοία διαφόρων τύπων, όπως Ε/Γ, Ε/Γ-Δ/Ρ, Ε/Γ-ΚΑΤ, Ε/Γ-Ο/Γ, Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ, Ε/Γ-Υ/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ. Τα Ε/Γ-Ο/Γ κατέχουν δεσπόζουσα θέση στην συγκρότηση του στόλου, αφού συμμετέχουν με 132 πλοία (77.2%) και διαμορφώνουν σε σημαντικό βαθμό τις μέσες τιμές των βασικών σχεδιαστικών και λειτουργικών παραμέτρων του συνόλου των πλοίων. Στον πίνακα 7 παρουσιάζεται ο αριθμός πλοίων (No.) και η ποσοστιαία συμμετοχή (%) τους ανά τύπο πλοίων, καθώς και η αντίστοιχη μέση τιμή της μέσης (ολικής) χωρητικότητας (gt), της ηλικίας (Α σε έτη), της ταχύτητας (S σε κόμβους), της ισχύος πρόωσης (MP σε kW) και βοηθητικής (AP σε kW) και τέλος του ίδιου του EEDI (σε g-CO₂/gt-nm).

Πίνακας 7. Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικών παραμέτρων των πλοίων.

Τύπος Πλοίων	No.	%	Gt	A	S	MP	AP	EEDI
Ε/Γ	12	7.0	40	16.7	13.9	550	137	827.6
Ε/Γ-Δ/Ρ	8	4.7	188	16.1	11.9	749	187	320.6
Ε/Γ-ΚΑΤ	6	3.5	624	16.0	39.7	6124	1531	186.9
Ε/Γ-Ο/Γ	132	77.2	4175	15.0	15.2	6923	1310	107.5
Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ	2	1.2	4859	15.0	32.0	22926	4020	106.1
Ε/Γ-Υ/Γ	7	4.1	157	24.4	35.0	1902	476	264.9
Φ/Γ-Ο/Γ	4	2.3	6387	35.3	14.3	6664	1666	76.9
ΣΥΝΟΛΟ	171	100	3469	16.1	16.8	6134	1189	176.5

Συνοπτικά, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τα Φ/Γ-Ο/Γ παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση ολική χωρητικότητα και τα Ε/Γ την χαμηλότερη, ενώ τα Ε/Γ-Ο/Γ είναι κατά 20.4% μεγαλύτερα της μέσης χωρητικότητας του στόλου.

- Η μέση ηλικία του συνόλου των πλοίων ισούται με 16.1 έτη και μόνο τα Ε/Γ-Υ/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ παρουσιάζουν σημαντική ηλικιακή απόκλιση από αυτή την τιμή, 24.4 και 35.3 έτη αντίστοιχα.
- Τα Ε/Γ-ΚΑΤ, Ε/Γ-Ο/Γ-Τ/Χ και τα Ε/Γ-Υ/Γ παρουσιάζουν τις υψηλότερες ταχύτητες (άνω των 30 κόμβων). Η μέση ταχύτητα του στόλου ισούται με 16.8 κόμβους, ενώ την χαμηλότερη ταχύτητα του στόλου παρουσιάζουν τα Ε/Γ-Δ/Ρ πλοία με 11.9 κόμβους.
- Η μέση ισχύς των κυρίων μηχανών των πλοίων ισούται με 6134 KW. Τα Ε/Γ-ΚΑΤ, Ε/Γ-Ο/Γ και τα Φ/Γ-Ο/Γ παρουσιάζουν ισχύ κοντά στο μέσο όρο, ενώ αντίθετα τα Ε/Γ-Ο/Γ-ΤΧ πλοία εμφανίζουν την υψηλότερη ισχύ του στόλου και τα Ε/Γ την χαμηλότερη.
- Η ισχύς των βοηθητικών μηχανών των πλοίων ακολουθεί την κατανομή ανά τύπο της ισχύος των κυρίων μηχανών (ισχύος πρόωσης). Υψηλότερη ισχύ παρουσιάζουν Ε/Γ-Ο/Γ-ΤΧ πλοία, ενώ την χαμηλότερη ισχύ τα Ε/Γ.
- Η μέση τιμή του EEDI για το σύνολο των πλοίων ισούται με 176.5 g-CO₂/gt-nm. Η υψηλότερη τιμή εμφανίζεται στα Ε/Γ πλοία και η χαμηλότερη στα Φ/Γ-Ο/Γ πλοία. Τα Ε/Γ-Ο/Γ και Ε/Γ-Ο/Γ-ΤΧ εμφανίζουν μέση τιμή EEDI που προσεγγίζει το μέσο όρο του συνόλου των πλοίων, σε αντίθεση με τα Ε/Γ-ΔΡ και Ε/Γ-Υ/Γ των οποίων η τιμή είναι πολύ υψηλή.

Η μέση χωρητικότητα, η ισχύς πρόωσης και η βοηθητική ισχύς των πλοίων επηρεάζει σημαντικά την διαμόρφωση του EEDI για όλους τους τύπους πλοίων, σε αντίθεση με την περιορισμένη επίδραση της ηλικίας και της ταχύτητας των πλοίων. Για πλοία εκτοπίσματος συμβατικών ταχυτήτων, όπως Ε/Γ, Ε/Γ-Ο/Γ και Φ/Γ-Ο/Γ, η επίδραση της ολικής χωρητικότητας των πλοίων αναδεικνύει την παρουσία ενεργειακών οικονομικών κλίμακας, έτσι ώστε τα μεγαλύτερου μεγέθους πλοία να παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές EEDI.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτά πρόσφατων σχετικών μελετών και επιβεβαιώνουν την ισχυρή αρνητική και μη-γραμμική συσχέτιση

μεταξύ EEDI και ολικής χωρητικότητας των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων. Ταυτόχρονα, προκύπτουν τα ακόλουθα επιμέρους συμπεράσματα:

- Η ανάλυση επηρεάζεται σημαντικά από:
 - την γενική διασπορά τιμών των χαρακτηριστικών παραμέτρων των πλοίων, καθώς επίσης και από το χαμηλό όριο χωρητικότητας και το υψηλό όριο ταχύτητας των πλοίων.
 - την ομοιογένεια (τον τύπο) των πλοίων, λόγω της επίδρασης των διαφορετικών τεχνικών πλευσης ιδίως μεταξύ πλοίων εκτοπίσματος και μη-εκτοπίσματος.
- Η μέση τιμή EEDI των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων των δύο μελετών είναι συγκρίσιμη αυτής των Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας της χώρας μας.

Τέλος, η συσχέτιση ισχύος πρόωσης και ταχύτητας είναι θετική και ειδικά στην περίπτωση των Ε/Γ-Ο/Γ μεγάλου μεγέθους είναι ισχυρή και επιβεβαιώνει την ισχύ της γενικής κυβικής σχέσης (cube law) μεταξύ ισχύος πρόωσης και ταχύτητας των πλοίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ - ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- [1] *KYOTO Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*, http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php.
- [2] *Second IMO GHG study 2009*; International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009; Buhaug, O., Corbett, J.J., Endresen, O.; Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Palsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W.-Q., Yoshida, K.
- [3] 2006 Country data from www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table1co2.xls and 2007 Shipping data from Buhaug, O, et al.(2009) *Second IMO (International Maritime Organization) GHG Study 2009*; IMO.
- [4] Swedish Network for Transport and the Environment (cited in World Shipping Council, 2009).
- [5] Tzannatos, E. (2010). “Ship emissions and their externalities for Greece”, *Atmospheric Environment*, 44:18, pp. 2194-2202.
- [6] National Inventory Annual Submissions – Annual submissions by Greece - http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php (Greece).
- [7] UNCTAD, 2001. *Review of Maritime Transport - 2011*, UNCTAD/RMT/2011, UN Publication, Geneva, Switzerland.
- [8] Top Major Shipping Lanes and Ports in the World -- <http://billjaquette.net/top-major-shipping-lanes-and-ports-in-the-world>
- [9] <http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx>
- [10] EuroSION Study: Calculation of coast length based on cartography of all continental and insular coasts excluding islands less than 1 km² and with a population less than 50 persons, inland shores, fjords etc where the mouth is less than 1 km wide.
- [11] Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works, 2006, *Report of Greece on coastal zone management*.

[12] EU Maritime Policy, Facts and Figures - Greece, European Commission DG Fisheries and Maritime Affairs EU.

http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/country_factsheets/greece_en.pdf

[13] Psaraftis, H. N., 1992, Freight Transport by Ferry to and from the Greek Islands: A Case Study, Report to the Commission of European Communities, Directorate General for Transport, *COST 310 Programme (Freight Transport Logistics)*.

[14] Psaraftis, H.N. and Papanikolaou, A.D., 1992, Impact of New Technologies on Shortsea Shipping in Greece, *First European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping*, Delft, the Netherlands, November 1992.

[15] Sturmey, S.G., Panagakos, G. and Psaraftis, H.N., 1994, Institutional and Socioeconomic Issues in Greek Ferry Services, *Second European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping*, Athens, June 1994.

[16] Lekakou, M. and Fafaliou, I., 2003, The historical course of the Greek coastal transport services in the twentieth century and associated policy responses, *Archives of Economic History*, XV(1), 127–153.

[17] Lekakou, M., 2007, The eternal Conundrum of Greek Coastal Shipping, in Pallis, A.A., (ed.) *Maritime Transport: The Greek Paradigm Research in Transportation Economics Series No. 21*, London: Elsevier.

[18] Giannopoulos, G. A. and Aifandopoulou-Klimis, G., 2004, Inland maritime transport in Greece after the lifting of cabotage and full liberalization, *Transport Reviews*, 24:4, 465–483.

[19] Tzannatos, E., 2005, Technical Reliability of Greek Coastal Passenger Fleet, *Journal of Marine Policy*, 29:1, 85-92.

[20] Chlomoudis, C., Pallis, P., Papadimitriou, S. and Tzannatos, E., 2007, The liberalisation of maritime transport and the Island regions in EU. Evidence from Greece, *European Transport \ Trasporti Europei*, 37, 1-15.

[21] Chlomoudis, C., Kostagiolas, P., Papadimitriou, S. and Tzannatos, E., 2011, A European perspective on public service obligations for island transport services, *Maritime Economics and Logistics*, 13:3, 342-354(13).

[22] Bardounias, N., 2011, Ministry shoring up ferry services to Greek islands, Kathimerini, 14 December,

http://www.ekathimerini.com/4dcgi/ w_articles_wsite2_1_14/12/2011_418565

[23] EUROSTAT, 2009, Panorama of Transport, 2009 Edition. European Commission, ISSN 1831-3280.

[24] Deltamarin LTD (2011). *Study on Tests and trials of the Energy Efficient Design Index as developed by the IMO – Report for Project 6543. Prepared for EMSA.*

[25] RINA (2011). *Air Pollution and Energy Efficiency, Results from a study on Energy Efficiency Design Index on ro-pax.* Submitted by Italy to IMO, as MEPC 63/INF.17.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κατάλογος πλοίων της τρέχουσας δρομολογιακής περιόδου (2011-12).

ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΙΜΟ Νο.	ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΙΜΟ Νο.
ΦΑΙΣΤΟΣ ΠΑΛΑΣ	9204568	ΩΚΥΡΡΟΗ	9627306
ΚΝΩΣΣΟΣ ΠΑΛΑΣ	9204063	ΦΛΑΙΝΓΚ ΚΑΤ 4	9206748
ΕΥΡΩΠΗ ΠΑΛΑΣ	9220342	ΘΑΣΟΣ VI	8969123
ΟΛΥΜΠΙΚ ΤΣΑΜΠΙΟΝ	9216028	ΑΙΟΛΟΣ	8747771
ΕΛΥΡΟΣ	9178599	ΕΛΕΝΗ	8748488
ΣΟΥΠΕΡΦΑΣΤ XII	9227429	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Δ	9595838
ΜΠΛΟΥ ΣΤΑΡ 1	9197105	ΘΕΟΛΟΓΟΣ ΕΛΕΝΗ	8989537
ΜΠΛΟΥ ΣΤΑΡ 2	9207584	ΘΑΣΟΣ V	8969111
ΛΑΤΩ	7394759	ΝΗΡΕΑΣ	8989551
ΝΗΣΟΣ ΜΥΚΟΝΟΣ	9208679	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Μ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ)	8989252
ΝΗΣΟΣ ΧΙΟΣ	9215555	ΠΟΣΕΙΔΩΝΑΣ	9590539
ΓΙΟΥΡΟΠΗΑΝ ΕΞΠΡΕΣΣ	7355272	ΣΤΥΡΑ ΝΤΑΪΑΜΟΝΤ	9611606
ΠΕΛΑΓΙΤΗΣ	7528611	ΘΕΟΜΗΤΩΡ	8647816
ΔΙΑΓΟΡΑΣ	8916126	ΠΡΟΚΟΠΙΟΣ Μ.	8989305
ΙΠΠΟΤΗΣ	9009633	ΘΕΟΤΟΚΟΣ	8978007
ΜΠΛΟΥ ΣΤΑΡ ΠΑΡΟΣ	9241774	ΑΙΑΚΟΣ	8977974
ΜΠΛΟΥ ΣΤΑΡ ΝΑΞΟΣ	9241786	ΑΓΙΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ IV	8977962
ΜΠΛΟΥ ΣΤΑΡ ΙΘΑΚΗ	9203916	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Π.	8977986
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	7332672	ΛΕΥΚΙΜΜΗ	8743696
ΑΔ. ΚΟΡΑΗΣ	8613607	ΜΙΧΑΗΛ Ν.	8977998
ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ		ΑΙΔΗΨΟΣ	
ΠΗΝΕΛΟΠΗ Α	7205075	ΑΡΗΣ III	9608453
ΑΛΚΥΟΝΗ	9106211	ΑΙΟΛΟΣ II	9605956
ΦΟΙΒΟΣ	7825978	ΑΝΝΑΜΑΡΙΑ	8747812
ΣΟΥΠΕΡΦΕΡΡΥ II	7346221	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗ ΠΟΡΟΥ III	
ΕΠΤΑΝΗΣΟΣ	8907280	ΚΥΡΙΑΚΟΣ	8969006
ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΣΟΛΩΜΟΣ	8909886	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗ	8629125
ΧΑΙΣΠΙΝΤ 4	9216183	ΤΕΛΑΜΩΝ	8969070
ΘΕΟΛΟΓΟΣ Π.	9223150	ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	8968894
ΑΧΙΛΛΕΑΣ	8711033	ΣΟΥΠΕΡ ΤΖΕΤ	9121077
ΙΟΝΙΑΝ ΣΤΑΡ	8405191	ΜΕΓΑΝΗΣΙ II	8968959
ΜΕΓΑ ΤΖΕΤ	9106106	ΑΙΑΝΤΑΣ	8968923
ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ	7426045	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ II	8969018
ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΛΒΟΣ	8500484	ΙΟΝΙΟΝ ΠΕΛΑΓΟΣ	8969147
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	8606044	ΦΛΑΙΝΓΚ ΚΑΤ I	8916865

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΑΚΤΟΠΛΟΙΑΣ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ Π.	9000443	ΒΑΣΟΣ Κ	8969094
ΑΠΟΛΛΩΝ ΕΛΛΑΣ	8807105	ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	8968985
ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΩΡ	8611647	ΦΛΑΙΝΓΚ ΚΑΤ 5	9134543
ΙΟΝΙΣ	7350325	ΦΛΑΙΝΓΚ ΚΑΤ 6	9164299
ΝΕΦΕΛΗ	8911140	ΚΑΠΤΑΙΝ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ	8989379
ΑΓΙΑ ΘΕΟΔΩΡΑ	8822155	ΣΑΜΑΡΙΑ Ι	8834354
ΑΝΩ ΧΩΡΑ ΙΙ	9095979	ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΟΙΜΗΣΗΣ	8735912
ΕΞΠΡΕΣ ΣΚΙΑΘΟΣ	9064803	ΠΑΝΑΓΙΤΣΑ	
ΜΑΚΕΔΩΝ	7205219	ΚΑΤΩ ΝΗΣΙ	9618707
ΕΥΒΟΙΑ ΣΤΑΡ	7912525	ΑΞΙΟΝ ΕΣΤΙ	8881515
ΜΑΡΜΑΡΙ ΕΞΠΡΕΣ	8502511	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑ	8967412
ΠΟΣΕΙΔΩΝ ΕΛΛΑΣ	8966963	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Κ.	7111810
ΠΟΡΦΥΡΟΥΣΑ	9145401	ΑΓΙΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ	
ΣΤΕΛΙΟΣ ΦΙΛΙΑΓΚΟΣ	8745840	ΚΑΤΕΡΙΝΑ ΣΤΑΡ	9563263
ΑΓΙΑ ΕΙΡΗΝΗ	8967759	ΓΟΡΓΟΥΨΗΚΟΟΣ	
ΠΑΝΑΓΙΑ ΘΑΣΟΥ	8417285	ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ Δ	9618800
ΑΓΙΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΑΙΓΙΝΑΣ	8969343	ΚΥΡΙΑΚΗ	
ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ Τ.	9559315	ΑΓΙΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ	8989331
ΘΑΣΟΣ Ι	7422867	ΣΑΛΑΜΙΝΟΜΑΧΟΣ	8969056
ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Μ.	9595773	ΑΓΙΟΣ ΛΑΥΡΕΝΤΙΟΣ	8734633
ΑΘΗΝΑ Π.	8734401	ΙΩΑΝΝΗΣ VR (ΥΠΟ ΝΑΥΠΗΓΗΣΗ)	9637375
ΠΛΑΤΥΤΕΡΑ ΘΑΣΟΥ	8734342	ΑΙΝΟΣ	8989355
ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΣ V	9630676	ΑΓΙΑ ANNA	8989513
ΘΕΟΛΟΓΟΣ Β.	9568354	ΝΗΣΟΣ ΠΟΡΟΣ	8520460
ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΣ IV		ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ	8747185
ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΝΕΣΗΣ	8734396	ΜΙΚΡΑ ΑΓΙΑ ANNA	
ΝΑΝΤΗ	7350557	ΜΠΟΜΠ ΣΦΟΥΓΓΑΡΑΚΗΣ	
ΝΙΚΟΛΑΟΣ	8611506	ΣΟΦΙΑ	
ΜΑΤΟΥΛΑ Κ	8647658	ΦΡΗΝΤΟΜ	
ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ ΙΙ	9554638	ΦΡΗΝΤΟΜ ΙΙ	
ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ ΙΙΙ		ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	7708471
ΓΕΩΡΓΙΟΣ	9569059	ΦΛΑΪΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΕΡΑΤΩ	8861448
ΑΓΙΟΣ ΡΑΦΑΗΛ	8734384	ΦΛΑΙΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΧVIII	8331479
ΕΛΕΝΑ Α.	8647751	ΦΛΑΙΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΧΙΧ	
ΦΙΛΟΘΕΟΣ	9636709	ΦΛΑΙΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΧΧΙΧ	
ΙΩΑΝΝΗΣ ΘΗΡΕΣΙΑ	8989393	ΦΛΑΪΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΑΘΗΝΑ	8859184
ΝΑΥΑΡΧΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΙΙ	8747135	ΗΛΙΔΑ ΙΙ	
ΚΑΠΕΤΑΝ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ	8652873	ΘΕΟΣΚΕΠΑΣΤΗ	
ΑΜΑΛΘΕΙΑ	8989290	ΑΓΙΑΝΝΑΚΗΣ	
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Λ	8968911	ΦΛΑΙΝΓΚ ΝΤΟΛΦΙΝ ΧVII	8331467
ΘΕΟΧΑΡΗΣ Λ.	8989549	ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ	
ΔΗΜΗΤΡΗΣ	9573490	ΕΛΕΝΑ Φ.	
ΣΑΛΑΜΙΣ ΕΞΠΡΕΣ Ι		ΑΓΚΙΣΤΡΙ ΕΞΠΡΕΣ Ι	

ΠΑΡΑΛΟΣ II	8734413	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΡΟΥΦΑΣ	
ΘΑΣΟΣ VII	8969331	ΑΓΧΙΑΛΟΣ	
ΟΣΙΟΣ ΔΑΥΙΔ	8989264	ΑΡΤΕΜΙΣ	
ΦΛΑΙΝΓΚ ΚΑΤ 2	9185683	ΚΩΣΤΑΝΤΗΣ	
ΣΑΛΑΜΙΝΙΑ II	8998916	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ II	
ΠΑΝΑΓΙΑ		ΑΝΔΡΟΜΕΔΑ	
ΣΑΛΑΜΙΣ ΕΞΠΡΕΣ III		ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ (ΥΠΟ ΝΑΥΠΗΓΗΣΗ)			

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΝ