



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τεχνοοικονομική Μελέτη Αγοράς και Εγκατάστασης Εξοπλισμού
Ακτοπλοϊκών Πλοίων με σκοπό την Ηλεκτροδότηση από το Λιμάνι

Πανταζής Χρήστος Παναγιώτης

Επιβλέπων Καθηγητής: Λυρίδης Δημήτριος

Τριμελής Επιτροπή:

Λυρίδης Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Βεντικός Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Προυσαλίδης Ιωάννης, Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Λυρίδη Δημήτριο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντας μου το παρόν θέμα, και για την εξαιρετική συνεργασία και καθοδήγηση, καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Προυσαλίδη Ιωάννη για την παροχή χρήσιμων δεδομένων, που χωρίς αυτά δε θα ήταν δυνατή η εκπόνηση της εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται τεχνική και οικονομική μελέτη αγοράς και εγκατάσταση του απαραίτητου ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού των ακτοπλοϊκών πλοίων της Ελλάδας, με σκοπό την ηλεκτροδότηση τους από την ξηρά (μέθοδος Cold Ironing) κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στους λιμένες.

Η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο, επιτάσσει την εύρεση νεών μεθόδων προστασίας τόσο του φυσικού όσο και του αστικού περιβάλλοντος από τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων.

Η μέθοδος του Cold Ironing συνίσταται στη διαδικασία παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στα πλοία, κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στους λιμένες, έχοντας απενεργοποιημένες τόσο τις κύριες όσο και τις βοηθητικές μηχανές. Η επακόλουθη μη κατανάλωση καυσίμου, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπών των ρύπων.

Αρχικά, γίνεται μια προσπάθεια χαρτογράφησης της σύγχρονης ναυτιλίας τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ελληνικό επίπεδο, δίνοντας ιδιαίτερη βάση στον τομέα της επιβατηγού ναυτιλίας και της ακτοπλοΐας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη λειτουργία της μεθόδου παγκοσμίως, καθώς και άλλες τάσεις και οδηγίες από επίσημους φορείς.

Στη συνέχεια γίνεται τεχνική μελέτη για τον απαραίτητο εξοπλισμό του πλοίου, έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιεί Cold Ironing, συνοδευόμενη από τη διαστασιολόγηση του εξοπλισμού.

Έπειτα, γίνεται ανάλυση της αγοράς καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος και οι προβλέψεις που χρησιμοποιούνται στην οικονομική ανάλυση.

Ακόμη, πραγματοποιείται μελέτη εφικτότητας της αγοράς κι εγκατάστασης του εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές ανάγκες των πλοίων, κάνοντας μελέτη ευαισθησίας με διάφορα σενάρια και παρουσιάζονται οι απαραίτητοι οικονομικοί δείκτες. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της μεθόδου της ΚΠΑ και του ΕΒΑ, αξιολογείται η εφικτότητα η μη του κάθε σεναρίου, εξάγοντας τα απαραίτητα συμπεράσματα.

Τέλος, παρατίθενται γενικά συμπεράσματα για τη διπλωματική εργασία και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τη μέθοδο του Cold Ironing.

ABSTRACT

In current thesis, a feasibility study takes place, for the purchase and installation of the required electrical and mechanical equipment for the Greek coastal ships, for their electrification by a shore supply system (Cold Ironing method), during their stay at the ports.

The rapid industrial development in a global level commands the evolution of new methods to protect, not only the natural, but also the urban environment from the emission of atmospheric pollutants.

The method of Cold Ironing is about the procedure of providing power to the moored ships, during their stay at the ports, keeping both their main and their auxiliary engines switched off. The consequential elimination of fuel consumption results to the reduction of emissions of air pollutants.

At first, a try to outline the current marine industry is conducted, in global and Greek level, emphasizing in the sector of passenger marine industry and coastal liners industry. Next, the Cold Ironing-related legislative framework is presented, also with directions and trends from marine authorities, such as the IMO.

Furthermore, a technical study takes place about the required equipment of Greek passenger ships for their electrification by a shore supply system, accompanied by the dimensioning of the equipment.

Next, an analysis of the marine fuel and electricity price market takes place, giving a forecast used in the economic analysis.

Finally, a feasibility study takes place about the purchase and installation of the equipment, taking into consideration the ships' power demands, along with a sensitivity analysis, examining several scenarios. The required financial indexes (such as NPV and IRR) are presented, determining the feasibility or not of each scenario.

At last, general conclusions about the study are taken into consideration and suggestions for further research about the method of Cold Ironing are presented.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT.....	5
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	11
ΓΛΩΣΣΑΡΙ.....	12
1. ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	14
1.1. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ.....	15
1.1.1 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ.....	15
1.1.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ.....	16
1.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.....	16
1.2.1 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	16
1.2.2 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	18
1.3. Η ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	19
1.3.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	19
1.3.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΧΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	19
1.3.3 ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ.....	20
2. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	22
2.1. ΚΥΡΙΟΙ ΡΥΠΟΓΟΝΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	23
2.1.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO ₂).....	23
2.1.2 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO _x).....	24
2.1.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO _x).....	24
2.1.4 ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (VOC).....	24
2.1.5 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM).....	25
2.1.6 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO).....	25
2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ.....	25
2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ.....	26
2.4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ.....	27
2.4.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....	27
2.4.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΓΚΥΡΟΒΟΛΗΜΕΝΑ ΠΛΟΙΑ.....	28
3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	29
3.1. IMO.....	29
3.1.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ MARPOL.....	29
3.1.1.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI MARPOL.....	30
3.1.1.2 ΔΕΙΚΤΕΣ EEDI, EEOI και SEEMP.....	31
3.1.1.3 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ.....	32

3.2.	ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ECA (Emission Control Areas).....	34
3.2.1	ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΘΕΙΟΥ ΣΕ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ 35	
3.2.1.1	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	36
3.2.2	ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΕΝΤΟΣ ECA.....	37
4.	COLD IRONING	40
4.1.	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	40
4.2.	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ COLD IRONING	40
4.2.1	ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΕΙΣ COLD IRONING.....	41
4.2.2	ΣΧΕΔΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ COLD IRONING.....	43
4.3.	ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ COLD IRONING	44
4.3.1	Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΕ.....	44
4.3.2	ΠΡΟΤΥΠΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ COLD IRONING	45
4.4.	ΤΑΣΗ ΣΕ ΞΗΡΑ-ΠΛΟΙΟ	46
4.5.	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ-ΠΛΟΙΟ.....	47
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΠΛΟΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ.....	48
5.1.	ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ	49
5.1.1	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	50
5.1.1.1	MARINE TRAFFIC.....	50
5.1.2	ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	51
5.1.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΦΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ & ΡΕΛΑΝΤΙ	52
5.2.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	54
6.	ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	61
6.1.	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ	61
6.2.	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΑΣΕΩΣ.....	61
6.2.1	ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	62
6.2.2	ΑΠΩΛΕΙΕΣ	62
6.2.3	ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ	63
6.2.4	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	64
6.3.	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	64
6.4.	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ.....	66
6.4.1	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΣΤΕΡΙΑ	66
6.5.	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	67
6.5.1	ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ.....	67
6.5.2	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	68
6.6.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΣΤΕΡΙΑ).....	68
6.6.1	ΕΠΙΛΟΓΗ CABLE MANAGEMENT SYSTEM.....	69

6.7.	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	70
6.7.1	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ.....	70
6.7.2	ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	72
6.8.	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ.....	75
7.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	79
7.1.	ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	79
7.2.	ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ SFOC.....	80
7.3.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΠΛΟΙΟ.....	82
7.4.	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΠΛΟΙΟ.....	84
8.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΟΡΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	86
8.1.	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	86
8.2.	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ Μ/Σ.....	89
8.3.	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ.....	89
8.4.	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΡΟΥΛΙΟΥ (CABLE REEL MANAGEMENT SYSTEM).....	90
8.5.	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	92
8.6.	ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.....	93
8.7.	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	93
9.	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	94
9.1.1	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ ΩΣ ΑΓΟΡΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	94
9.1.2	ΚΟΣΤΟΣ VLSFO (0,5% S).....	94
9.1.3	ΚΟΣΤΟΣ LS-MGO.....	96
9.2.	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	97
9.2.1	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ VLSFO.....	97
9.2.2	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ LS-MGO.....	98
9.3.	ΚΟΣΤΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	100
10.	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	101
10.1.	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	101
10.2.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	102
10.2.1	ΚΑΘΑΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NET PRESENT VALUE).....	102
10.2.2	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (INTERNAL RATE OF RETURN).....	103
10.2.3	ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ- ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ (PAYBACK PERIOD).....	103
10.3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ – ΕΞΗΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	104
10.3.1	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΜΕΣΩ CI.....	104
10.3.2	ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Tariff).....	105
10.3.3	ΕΚΠΤΩΣΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗΣ ΤΙΜΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	105
10.3.4	ΑΡΧΙΚΗ ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ.....	106

10.3.5	ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	106
10.4.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΔΕΙΚΤΕΣ.....	107
10.4.1	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο	107
10.4.1.1	ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	107
10.4.1.2	ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	107
10.4.1.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 ^ο Y.....	108
10.4.2	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο	109
10.4.2.1	ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	109
10.4.2.2	ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	109
10.4.2.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2 ^ο Y.....	110
10.4.3	ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ^ο	110
10.4.3.1	ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	110
10.4.3.2	ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	111
10.4.3.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3 ^ο Y.....	111
10.4.4	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ.....	112
11.	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	113
12.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	115
12.1.	ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	115
12.2.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	116
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	118
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	127
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	128

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Συμβολή της επιβατηγού ναυτιλίας στην ελληνική οικονομία, πηγή: Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών	20
Πίνακας 2.1 Προτεινόμενες μέθοδοι μείωσης εκπομπών ρυπογόνων ατμοσφαιρικών παραγόντων	26
Πίνακας 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ακτοπλοϊκών πλοίων	49
Πίνακας 5.2 Χρόνοι παραμονής πλοίων στους κύριους λιμένες	54
Πίνακας 5.3 Υπολογισμός συνολικών ηλεκτρικών απαιτήσεων των ακτοπλοϊκών	59
Πίνακας 6.1 Υπολογισμός ισχύος μετασχηματιστών	72
Πίνακας 6.2 Ονομαστικά χαρακτηριστικά μετασχηματιστών	74
Πίνακας 6.3 Υπολογισμός χαρακτηριστικών καλωδίων	77
Πίνακας 7.1 Στοιχεία βοηθητικών συστημάτων Wartsila	81
Πίνακας 7.2 Εκτίμηση μέσης ειδικής κατανάλωσης καυσίμου	83
Πίνακας 7.3 Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου μέσω των βοηθητικών συστημάτων	85
Πίνακας 8.1 Ανάλυση υπολογισμού κόστους M/Σ	88
Πίνακας 8.2 Ανάλυση υπολογισμού κόστους στοιχείων προστασίας & διακοπτικού υλικού	89
Πίνακας 8.3 Ανάλυση υπολογισμών κόστους καλωδίωσης	90
Πίνακας 8.4 Ανάλυση υπολογισμών κόστους μηχανισμών CMS	92
Πίνακας 8.5 Ανάλυση υπολογισμών ετήσιου κόστους συντήρησης εξοπλισμού	92
Πίνακας 8.6 Υπολογισμός κόστους εργατικών	93
Πίνακας 8.7 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού	93
Πίνακας 9.1 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία τιμή καυσίμου VSLFO (Ιανουάριος 2020-Απρίλιος 2023) [26]	95
Πίνακας 9.2 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία τιμή καυσίμου LS-MGO (Ιανουάριος 2020-Απρίλιος 2023), [27]	97
Πίνακας 9.3 Προβλεπόμενη μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή καυσίμου LS-MGO (έτη 2024-2043)	99
Πίνακας 10.1 Αναλυτική τιμή ρεύματος για όλα τα σενάρια	106
Πίνακας 10.2 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 1 ^ο	107
Πίνακας 10.3 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 1 ^ο	108
Πίνακας 10.4 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 2 ^ο	109
Πίνακας 10.5 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 2 ^ο	109
Πίνακας 10.6 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 3 ^ο	110
Πίνακας 10.7 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 3 ^ο	111
Πίνακας 10.8 Περίοδος Επανείσπραξης	112
Πίνακας 11.1 Συντελεστές εκπομπών διαφορετικών ουσιών για διάφορες πηγές ενέργειας	1123
Πίνακας 11.2 Τόνοι αέριων ρύπων, που εξοικονομούνται ετησίως εξαιτίας της χρήσης CI	1123

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1 Κίνηση επιβατών στα ελληνικά λιμάνια κατά τα έτη 2015-2022.....	20
Διάγραμμα 1.2 Κίνηση επιβατών ανά δρομολογιακή γραμμή κατά τα έτη 2015-2022	21
Διάγραμμα 5.1 Εκτίμηση μέγιστης & μέσης ηλεκτρικής ισχύος συναρτήσει του μήκους των πλοίων για την κατάσταση λειτουργίας/χειρισμών.....	59
Διάγραμμα 5.2 Εκτίμηση μέγιστης & μέσης ηλεκτρικής ισχύος συναρτήσει του μήκους των πλοίων για την κατάσταση ρελαντί	60
Διάγραμμα 6.1 Κατανομή πλοίων με βάση την τάση λειτουργίας τους.....	62
Διάγραμμα 6.2 Κατανομή πλοίων με βάση τη συχνότητα λειτουργίας τους.....	66
Διάγραμμα 7.1 Καμπύλες ειδικής κατανάλωσης βοηθητικών συστημάτων Wartsila	80
Διάγραμμα 8.1 Σχέση τιμής-ονομαστικής ισχύος M/Σ	87
Διάγραμμα 8.2 Ανάλυση ποσοστών κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού	94
Διάγραμμα 9.1 Πορεία μέσης μηνιαίας τιμής VLSFO	95
Διάγραμμα 9.2 Πορεία μέσης μηνιαίας τιμής καυσίμου LS-MGO (Piraeus bunker).....	96
Διάγραμμα 9.3 Σύγκριση πορείας μέσης μηνιαίας τιμής VLSFO-LS-MGO (Piraeus bunker)	97
Διάγραμμα 9.4 Προβλεπόμενη πορεία μέσης τιμής καυσίμου VLSFO	98
Διάγραμμα 9.5 Προβλεπόμενη πορεία μέσης τιμής καυσίμου LS-MGO.....	99
Διάγραμμα 9.6 Προβλεπόμενη τιμή ηλεκτρικού ρεύματος στην Αγορά Επόμενης Μέρας έτη 2024-2043.....	100

ΓΛΩΣΣΑΡΙΑ

GT Gross Tonnage

DWT Deadweight

ΑΕΠ Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν

ΕΕ Ευρωπαϊκή Ένωση

RoRo Rollon/Rolloff Carriers

IMO International Maritime Organization

IMCO Inter-Governmental Maritime Consultative Organization

MARPOL International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

EEDI Energy Efficiency Design Index

EEOI Energy Efficiency Organization Index

SEEMP Ship Energy Efficiency Management Plan

LR Lloyd's Register

DNV Det Norske Veritas

(S)ECA (Sulphur) Emission Control Area

CI Cold Ironing

MGO Marine Gas Oil

HFO Heavy Fuel Oil

Ε/Τ-Ο/Τ Επιβατηγό Οχηματαγωγό

IEC/ISO International Electrotechnical Commission/ International Organisation for Standardization

HVSC High Voltage Shore Connection

LVSC Low Voltage Shore Connection

F συχνότητα λειτουργίας

V τάση λειτουργίας

VHF Very High Frequency

ΟΗΕ Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

Μ/Σ Μετασηματιστής

SF Safety Factor

VLSFO Very Low Sulphur Fuel Oil

LS-MGO Low Sulphur-Marine Gas Oil

DAM Day After Market

ΚΠΑ (NPV) Καθαρά Παρούσα Αξία (Net Present Value)

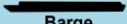
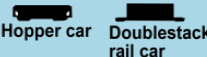
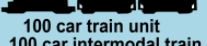
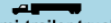



ΕΒΑ (IRR) Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return)

PP Payback Period

LNG Liquefied Natural Gas

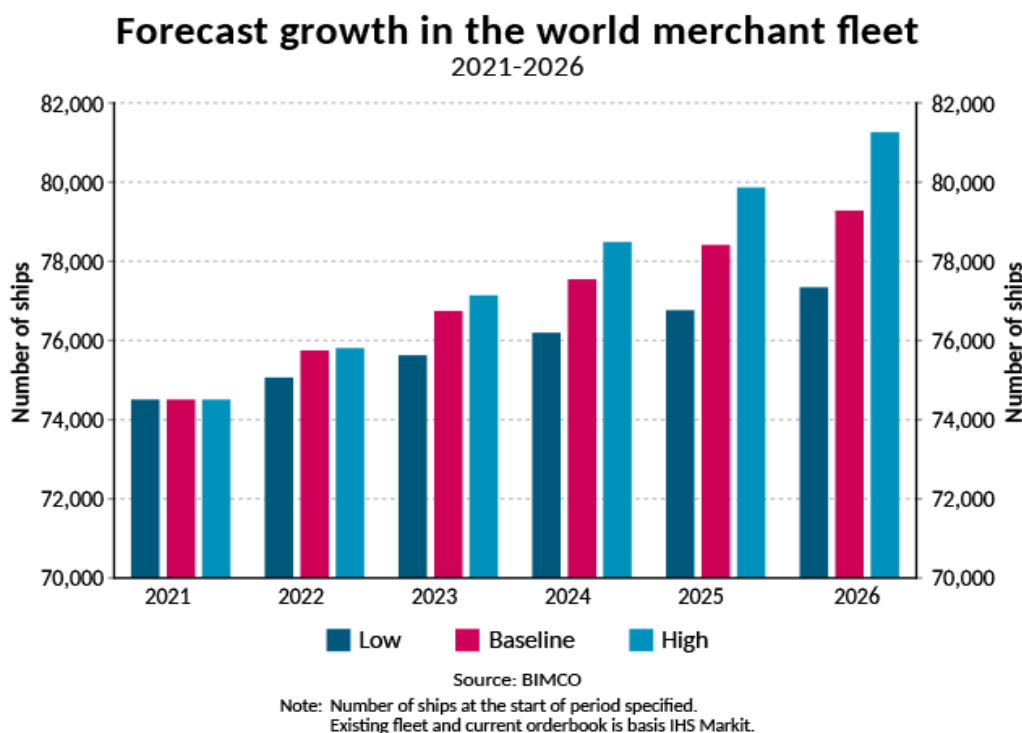
1. ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Στις σύγχρονες εμπορευματικές μεταφορές, ξεχωρίζει η ναυτιλία, ως η κινητήριος δύναμη του παγκόσμιου εμπορικού συστήματος, καθώς δια μέσω αυτής διακινείται ένα τεράστιο πλήθος από εμπορεύματα, αγαθά, επιβάτες και υπηρεσίες. Επιπρόσθετα, η ναυτιλία είναι γενικά αποδεκτό ότι αποτελεί το φιλικότερο τρόπο προς το περιβάλλον μεταφοράς όλων των παραπάνω, συγκριτικά με τις αερομεταφορές, τις σιδηροδρομικές αλλά και οδικές μεταφορές. Ακόμη, η ναυτιλία διαθέτει το συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα είδη των μεταφορών, αυτό της δυνατότητας μεταφοράς μεγάλης ποικιλίας εμπορευμάτων, σε όλες τις γωνιές του κόσμου, σε απομακρυσμένα μέρη, καθώς η μη ύπαρξη άρτιων υποδομών δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την πραγματοποίηση του ταξιδιού, παρά μόνο τις διαδικασίες και το ρυθμό φορτοεκφόρτωσης. Τέλος, ένα ακόμη πλεονέκτημα που παρουσιάζει η ναυτιλία σε σχέση με τους άλλους τομείς μεταφορών είναι το πολύ χαμηλό κόστος μεταφοράς ανά μονάδα μεταφερόμενου προϊόντος, το οποίο εξηγείται από τη μεγάλη χωρητικότητα των πλοίων, μεγαλύτερη κάθε άλλου μέσου μεταφοράς, Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ένα Very Large Crude Carrier (πλοίο μεταφοράς παραγώγων πετρελαίου), αντιστοιχεί προσεγγιστικά στη μεταφορική ικανότητα 9330 φορτηγών, ενώ ένα PANAMAX μεταφοράς 5000 εμπορευματοκιβωτίων αντιστοιχεί προσεγγιστικά σε 2116 φορτηγά, καθιστώντας τα έτσι τα μεγαλύτερα σε χωρητικότητα εμπορευμάτων μέσα μεταφοράς.

VEHICLE	INFRASTRUCTURE	CAPACITY	TRUCK EQUIVALENCY
 Barge	(20-25 km/hr) Navigation channels, canals, terminals	1500 Tons / 50-100 TEU 52,500 Bushels 453,600 Gallons	57.7 (865 for 15 barges in tow) 18 to 40 (intermodal)
 Hopper car Doublestack rail car	(40 km/hr) Tracks, yards and terminals	100 Tons / 4 to 5.3 TEU 3,500 Bushels 30,240 Gallons	2.0 (intermodal) to 3.8
 100 car train unit 100 car intermodal train	(65-100 km/hr) Roads, parking lots and docking bays	10,000 Tons / 400 to 530 TEU 350,000 Bushels 3,024,000 Gallons	385
 Semi-trailer truck	(20-25 km/hr) Navigation channels, canals, port terminals	26 Tons / 2.65 TEU 910 Bushels 7,865 Gallons 9,000 for a tanker truck	1
 Panamax containership	(20-25 km/hr) Navigation channels, canals, port terminals	5,000 TEU	2,116
 VLCC	(500-900 km/hr) Air corridors, airfields	300,000 tons 2 million barrels of oil	9,330
 747-400F		100-125 tons (Depending on freight density and range)	5

Εικόνα 1.1 Χαρακτηριστικά στοιχεία μέσων μεταφορών [1.1]

Ο παγκόσμιος ναυτιλιακός στόλος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά του 90%^[1] των εμπορευμάτων σε διεθνές επίπεδο, ενώ υπάρχει πρόβλεψη για συνεχή αύξηση τόσο στην ισχύ όσο και στο μέγεθος του στόλου, με βάσει υπάρχοντα στοιχεία για το έτος 2021. Πιο συγκεκριμένα, ο παγκόσμιος εμπορευματικός στόλος αποτελείται από 74505 πλοία σε 11 κύρια είδη μεταφορών και υπάρχει η πρόβλεψη να έχουν φτάσει τα 79282 στο τέλος του 2025^[25].



Εικόνα 1.2 Πρόβλεψη αύξησης παγκόσμιου εμπορικού στόλου, (πηγή: BIMCO)

1.1. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Ένας από τους κλάδους που προβλέπεται να έχει σημαντική αύξηση στο στόλο του είναι αυτός της επιβατηγού ναυτιλίας (τόσο ακτοπλοΐας, όσο και ο τομέας της κρουαζιέρας).

1.1.1 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ

Ο τομέας της ακτοπλοΐας παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες στην πρόβλεψη του, κυρίως λόγω της τοπικότητας αλλά και της εποχικότητας των δρομολογίων, και των διαφορετικών χαρακτηριστικών που αυτά τα δύο στοιχεία τη συνοδεύουν.

Παρ' όλα αυτά, στα πλαίσια έρευνας της VesselsValue, η ανάπτυξη του παγκόσμιου ακτοπλοϊκού στόλου είναι εμφανής και τα νούμερα δηλώνουν σταθερή ανάπτυξη σε ετήσια βάση. Για το έτος 2022 παρατηρείται αύξηση 13,2% στη μεταφορά φορτίων

(+1,47 εκατ. Gross Tonnage) και 16,2% στη μεταφορική ικανότητα (+116.285 γραμμικά μέτρα), ενώ σε σχέση με τη χωρητικότητα των επιβατών η αύξηση που παρατηρείται εμφανίζει χαμηλότερο ρυθμό, της τάξεως του 8,6%. Όλες οι ακτοπλοϊκές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον κλάδο παρουσιάζουν την ίδια εικόνα, που χαρακτηρίζεται από τον υπέργυρο στόλο των πλοίων με σχεδόν το ένα τέταρτο του στόλου άνω των 12999 GT να είναι ηλικίας 30 ετών.^[3] Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό και αν αυτά τα πλοία αποτελούσαν κομμάτι της ποντοπόρου ναυτιλίας, θα είχαν ήδη αποσυρθεί. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει για τα πλοία της ακτοπλοΐας, με τα liners να είναι ενεργά, ακόμα και άνω των σαράντα ετών, στα δρομολόγια της Βαλτικής και της Μεσογείου.

1.1.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ

Από την άλλη, ο τομέας της κρουαζιέρας, αποτελεί σαφώς πιο περικλειστο τομέα μελέτης, εξαιτίας του μικρού στόλου που τον αποτελεί, με αριθμό πλοίων μόλις 2^ο μεγαλύτερο ανάμεσα σε όλα τα είδη πλοίων.

Τα στοιχεία για τα κρουαζιερόπλοια, δείχνουν σημαντική αύξηση του στόλου μέχρι το 2026, παρά το σχετικά μικρό μέγεθος του. Μέχρι το τέλος του 2022, ο παγκόσμιος στόλος κρουαζιέρας αριθμούσε συνολικά 621 πλοία, με αναμενόμενο ρυθμό αύξησης της τάξεως του 4.2% ετησίως. Ανεξάρτητα από το αισιόδοξο ή απαισιόδοξο σενάριο της VesselsValue, η πρόβλεψη της για το 2026 περιλαμβάνει 763 κρουαζιερόπλοια σε παγκόσμια βάση, με μια απόκλιση της τάξης των 19 πλοίων.

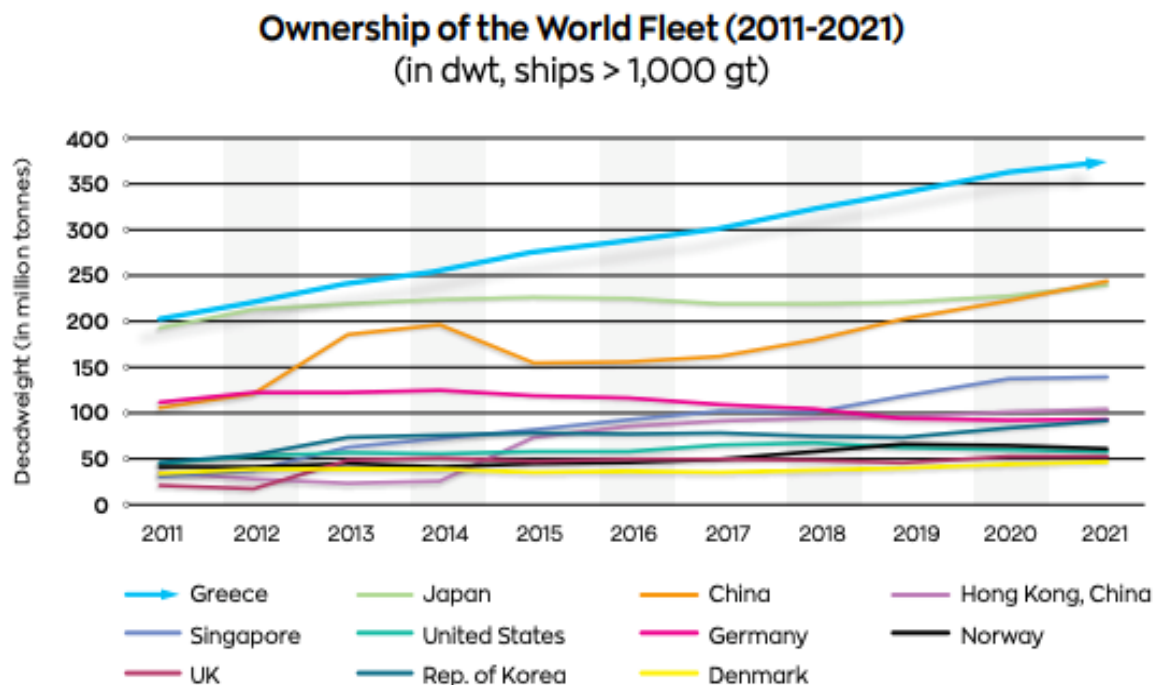
1.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΑΙΑ

Η ελληνική ναυτιλία δραστηριοποιείται τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές πεδίο, αποτελώντας έναν από τους πυλώνες ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας. Ακόμη, σημαντική είναι η συμβολή της ελληνικής ναυτιλίας στην ανάπτυξη και της ευρωπαϊκής ναυτιλίας.

1.2.1 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΑΙΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στη σύγχρονη εποχή, η Ελλάδα αποτελεί μία από τις κυρίαρχες ναυτιλιακές δυνάμεις ανά τον κόσμο, με δυναμική παρουσία τόσο στην ποντοπόρο όσο και στην εγχώρια ναυτιλία. Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα βρίσκεται στην πρώτη θέση παγκοσμίως σχετικά με το DWT των πλοίων που είναι ελληνόκτητα, αριθμώντας περί τα 5514 εμπορικά πλοία, καταλαμβάνοντας έτσι το 21% του παγκόσμιου στόλου, σχετικά με τη χωρητικότητα των πλοίων (DWT) ^[4]. Η χωρητικότητα του ελληνόκτητου στόλου

έχει αύξηση σε σχέση με το 2014 της τάξεως του 45,8 %, ενώ ακόμα και μέσα στην επόχη της πανδημίας, παρουσίασε αύξηση της τάξεως του 7,4%.



Source: UNCTAD, *Review of Maritime Transport, 2011-2021*

Εικόνα 1.3 Απεικόνιση του ιδιόκτητου εμπορικού στόλου ανά χώρα [1.3]

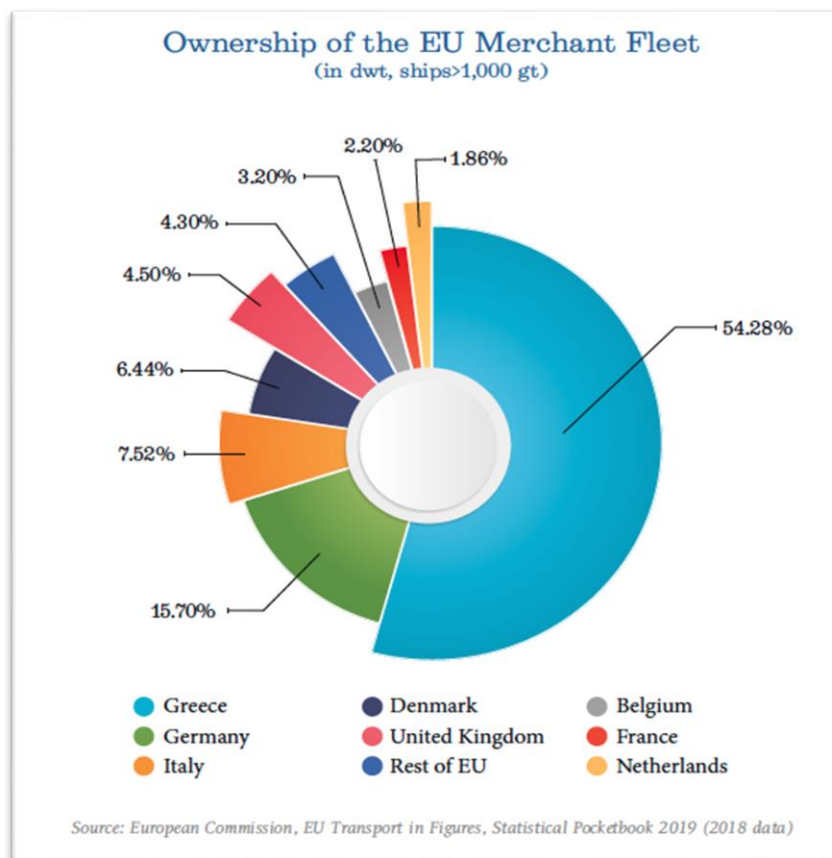
Ακόμη, και σύμφωνα με στοιχεία του Συνεδρίου Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη, ελληνοκτητα είναι τα πλοία που αποτελούν:

- το 31,78 % του παγκόσμιου στόλου δεξαμενόπλοιων (tankers),
- το 25,01 % του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην (bulk carriers),
- το 22,35 % του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquified Natural Gas Carriers),
- το 15,6 % του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς χημικών παραγώγων και παραγώγων πετρελαίου (Chemical and product tankers),
- 13,85% του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου αερίου πετρελαίου (Liquified Petroleum Gas),

- 9,33 του παγκόσμιου στόλου πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containerships).

1.2.2 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ακόμη, η ελληνική ναυτιλία αποτελεί τη ραχοκοκκαλιά και της Ευρωπαϊκής Εμπορικής Ναυτιλίας, καταλαμβάνοντας το 54,28 % των πλοίων του Ευρωπαϊκού Εμπορικού Στόλου, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα. Όπως φαίνεται παρακάτω, ο ελληνικός ιδιόκτητος στόλος αποτελεί πάνω από το 50% του ευρωπαϊκού στόλου, ξεπερνώντας το στόλο από χώρες με πολύ μεγαλύτερο ΑΕΠ και συνεπώς οικονομική δυναμική. Με άλλα λόγια, η Ελλάδα συμβάλλοντας μόλις στο 1,2 % του ΑΕΠ της ΕΕ, διαθέτει στόλο μεγαλύτερο από το ιδιόκτητο στόλο χωρών όπως η Γερμανία (25,1%), Ιταλία (12,3), Δανία (2,3), Βέλγιο (3,4%) και Γαλλία (17,2%), καθιστώντας την έτσι τη μεγαλύτερη ναυτιλιακή υπερδύναμη στα πλαίσια της ΕΕ. (μέσα σε παρένθεση, τα ποσοστά συμβολής της εκάστοτε χώρας στο ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης)



Εικόνα 1.4 Απεικόνιση του ιδιόκτητου εμπορικού στόλου ανά χώρα ως ποσοστό του ιδιόκτητου στόλου της ΕΕ, πηγή: Eurostat

1.3. Η ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η ελληνική επιβατηγός ναυτιλία αποτελεί έναν άξονα ανάπτυξης και κερδοφορίας σε όλα τα επίπεδα, καθώς η διακίνηση επιβατών, εμπορευμάτων, φορτίων και υπηρεσιών που προσφέρει, είναι καταλυτική για τη γενικότερη λειτουργία της ελληνικής κοινωνίας και οικονομίας. Η λειτουργία της ελληνικής επιβατηγού ναυτιλίας χαρακτηρίζεται από ένα δαιδαλώδες σύστημα δρομολογίων που αποτελείται από πολλές και διαφορετικές διαδρομές, κυρίως λόγω του μεγάλου πλήθους νησιών τα οποία προσεγγίζονται (περί τις 115 κατοικημένες νησιωτικές περιοχές). Αποτελεί έτσι έναν σημαντικό κρίκο διασύνδεσης της ηπειρωτικής Ελλάδος με τη νησιωτική, αλλά και την εσωτερική διασύνδεση των νησιών μεταξύ τους.

1.3.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Ο ρόλος της ελληνικής επιβατηγού ναυτιλίας είναι σημαίνων στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς σε απόλυτους αριθμούς η Ελλάδα κατατάσσεται μόλις πίσω από την Ιταλία, καθώς το 15% των επιβατών που μετακινήθηκαν στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών λιμένων, αφορά την ελληνική επιβατηγό ναυτιλία, πίσω μόνο από το 16% της ιταλικής επιβατηγού ναυτιλιακής δύναμης.

1.3.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΓΧΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

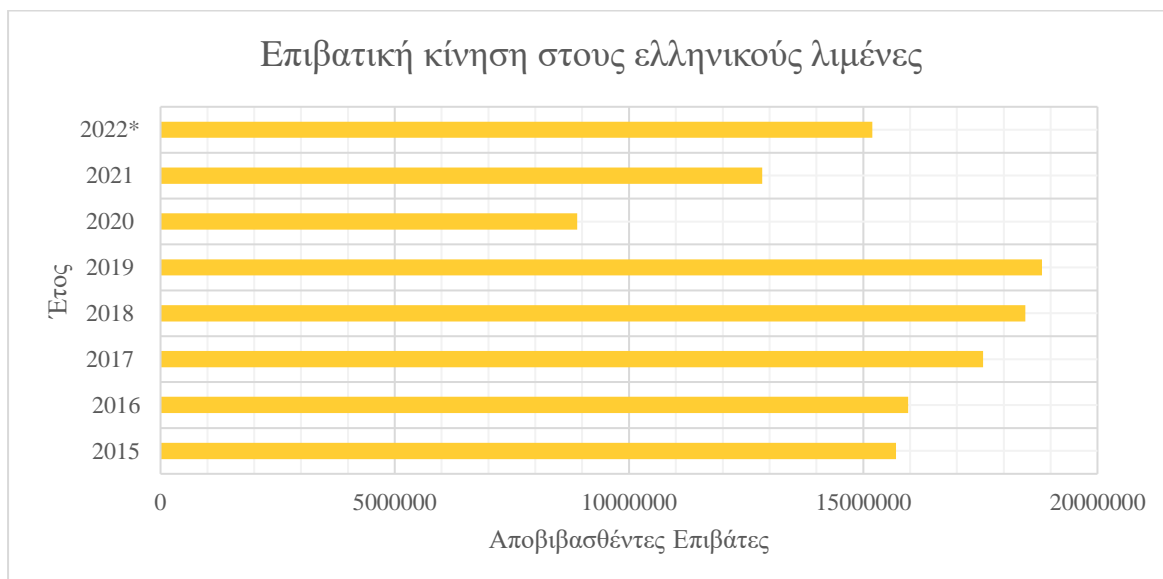
Αξιοσημείωτη είναι η συνεισφορά της επιβατηγού ναυτιλίας σε όρους ΑΕΠ στη χώρα μας: πιο συγκεκριμένα για το έτος 2019 η συνολική συνεισφορά της ανέρχεται σε 13,6 δις ευρώ, ή αλλιώς 7,4% του συνολικού ΑΕΠ της χώρας. Σε όρους απασχόλησης, η συνολική συνεισφορά του κλάδου εκτιμάται σε 332000 θέσεις εργασίας, που αποτιμώνται στο 8,5 της συνολικής απασχόλησης, ενώ σε επίπεδο δημοσίων εσόδων, η συνεισφορά του εκτιμάται στα 3 δις € και σε επίπεδο εισοδημάτων από μισθούς εργαζομένων λόγω της ανάπτυξης της επιβατηγού ναυτιλίας στη χώρα στο 1,8 δις €. Πιο συγκεκριμένα, παρακάτω παρουσιάζεται η συμβολή της επιβατηγού ναυτιλίας στην ελληνική οικονομία, με βάσει έρευνα και στοιχεία που παρέχονται από το Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών.

	Μεταφορικό έργο	Ευρύτερες επιδράσεις από τουρισμό και παραγωγή στα νησιά	Ευρύτερες επιδράσεις από το εξαγωγικό εμπόριο	Σύνολο
ΑΕΠ (δισ. €)	2,0	10,1	1,5	13,6
Απασχόληση (χιλ.)	33,5	256,8	41,3	331,6
Φορολογικά έσοδα (εκατ. €)	728	1.887	343	2.957

Πίνακας 1.1 Συμβολή της επιβατηγού ναυτιλίας στην ελληνική οικονομία, πηγή: Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών

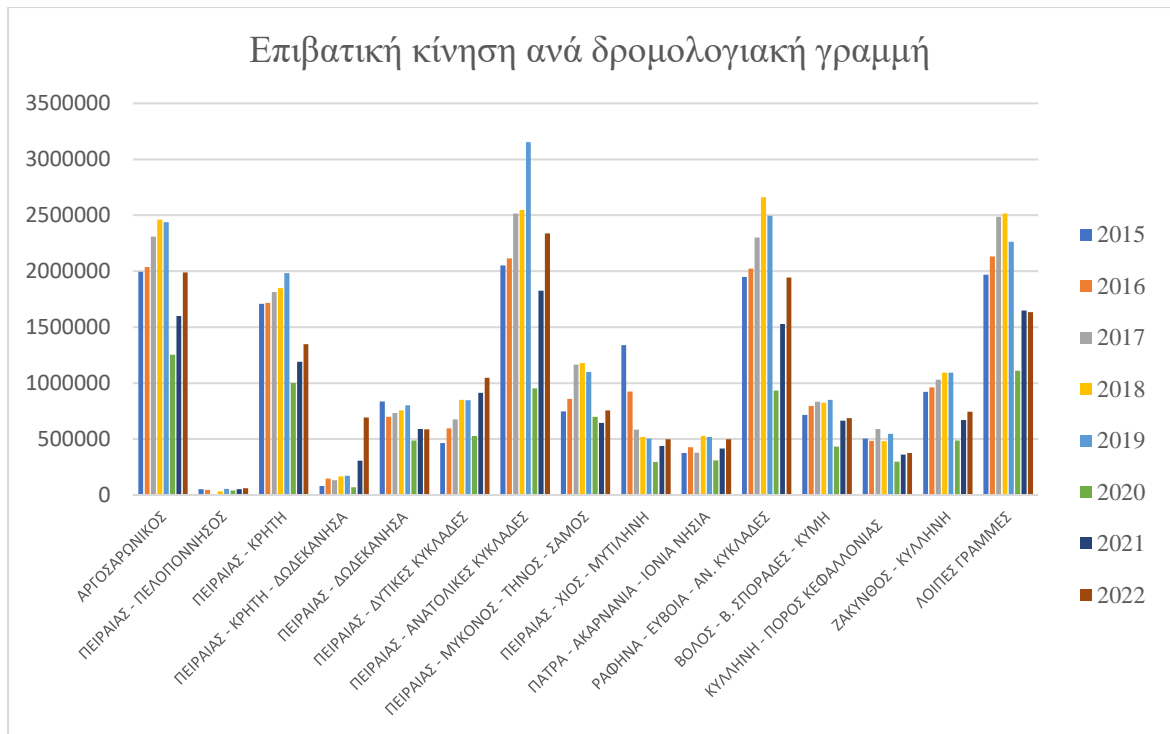
1.3.3 ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Η ελληνική επιβατηγός ναυτιλία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της έντονης κινητικότητας των επιβατών σε ένα μεγάλο εύρος δρομολογίων. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της επιβατικής κίνησης είναι η αύξηση κατά τους θερινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς κάτι που εξηγείται από τον μεγάλο αριθμό τουριστών που καταφθάνουν στα νησιά. Το ποσοστό αύξησης της επιβατικής κίνησης προσεγγίζει το 80% σε ορισμένους προορισμούς.



*Στοιχεία για τα πρώτα 3 τρίμηνα του 2022

Διάγραμμα 1.1 Κίνηση επιβατών στα ελληνικά λιμάνια κατά τα έτη 2015-2022, πηγή: ΣΕΕΝ

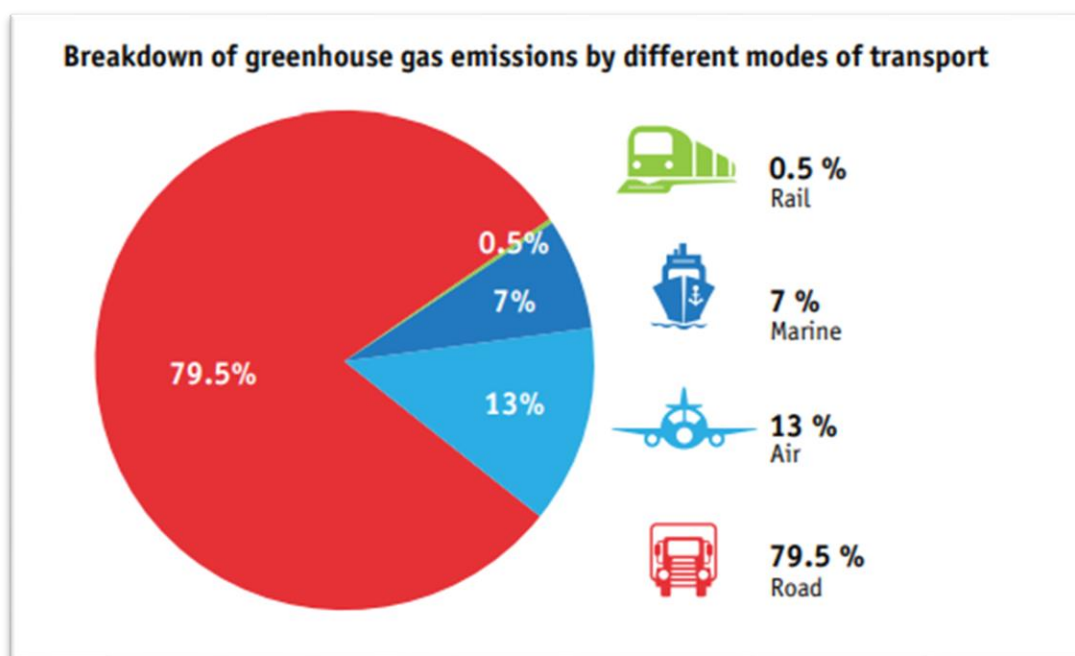


*Στοιχεία για τα πρώτα 3 τρίμηνα του 2022

Διάγραμμα 1.2 Κίνηση επιβατών ανά δρομολογιακή γραμμή κατά τα έτη 2015-2022, πηγή: ΣΕΕΝ

2. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το μεγάλο πλήθος εμπορικών δραστηριοτήτων σε συνδυασμό με τις απαραίτητες μεταφορές σε παγκόσμιο επίπεδο έχει μεγάλο αντίκτυπο και στο περιβάλλον. Ωστόσο είναι γενικά αποδεκτό ότι οι ναυτιλιακές μεταφορές έχουν το χαμηλότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο στην αέρια ρύπανση σε σχέση με τις εναέριες και τις οδικές μεταφορές, ειδικότερα οσον αφορά το αποτύπωμα του άνθρακα. Από την άλλη, παρά το χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα στο περιβάλλον, το τεράστιο πλήθος των θαλάσσιων μεταφορών σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη της γης, σε συνδυασμό με το χαρακτηριστικό της ‘αεναότητας’ που τις συνοδεύει, συμβάλλει σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος.



Εικόνα 2.1 Ποσοστά εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου, ανά μέσο μεταφοράς [2.1]

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση στις περιοχές κοντά στους λιμένες, εξαιτίας της έντονης κινητικότητας και της συγκέντρωσης μεγάλου αριθμού πλοίων ταυτόχρονα, τα οποία εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα ρυπογόνους παράγοντες. Η εκπομπή τέτοιων παραγόντων οφείλεται στην καύση ορυκτών καυσίμων από τις κύριες μηχανές των πλοίων (υπεύθυνες για την πρόωση τους) και τις βοηθητικές μηχανές του (υπεύθυνες για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών).

2.1. ΚΥΡΙΟΙ ΡΥΠΟΓΟΝΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η σύσταση του κατώτερου στρώματος της ατμόσφαιρας είναι άζωτο (78%), οξυγόνο (21%), αργό (0,93%), διοξείδιο του άνθρακα (0,0395%), καθώς και από ίχνη άλλων αερίων. Τα καυσαέρια που εκπέμπονται από την καύση των ναυτιλιακών καυσίμων στις μηχανές εσωτερικής καύσεως των πλοίων διαταράσσουν αυτήν τη σύσταση, προκαλώντας ατμοσφαιρική μόλυνση.

Η σύσταση των ναυτιλιακών καυσίμων είναι κατά ένα μεγάλο ποσοστό άνθρακας και υδρογόνο (πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες), ενώ περιέχουν και άλλα χημικά στοιχεία σε μικρότερο ποσοστό, όπως άζωτο, οξυγόνο, νερό σε μορφή υδρατμών και διοξείδιο του άνθρακα.

Τα καυσαέρια μιας τυπικής ναυτικής μηχανής εσωτερικής καύσεως περιέχουν κυρίως άζωτο (N_2), οξυγόνο (O_2), υδρατμούς (H_2O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Ακόμη, τα καυσαέρια των μηχανών συνίστανται σε οξειδία του αζώτου (NO_x), οξειδία του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και άλλα αιωρούμενα μικροσωματίδια.

2.1.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO_2)

Το CO_2 (διοξείδιο του άνθρακα) δε χαρακτηρίζεται ως ρύπος αλλά ως αέριο καθώς ήδη βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Είναι το κύριο προϊόν καύσεως του άνθρακα των καυσίμων, το οποίο εκλυόμενο στην ατμόσφαιρα αποτελεί το βασικότερο αέριο του θερμοκηπίου. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα δεν αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, ωστόσο η αύξηση της συγκέντρωσης του εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου συνεισφέροντας έτσι στην κλιματική αλλαγή και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι εκπεμπόμενοι ρύποι διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία αντιστοιχούν στο 3,7% ^[5] των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Σχετικά με τις κατηγορίες πλοίων που αποτελούν τους κύριους ρυπαντές, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εντός ΕΕ, εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα το 30% των συνολικών ναυτιλιακών εκπομπών, στη δεύτερη θέση τα βρίσκονται τα δεξαμενόπλοια (20%), ενώ αξιοσημείωτη είναι η παρουσία των επιβατηγών οχηματαγωγών και RoRo στην τρίτη θέση με 14,5% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Σε απόλυτους αριθμούς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στα πλαίσια και πάλι της Ευρωπαϊκής Ένωσης ^[6] ανέρχονται για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στους 44,7 εκατομμύρια τόνους, στα δεξαμενόπλοια στους 20,1 εκατομμύρια τόνους και στα επιβατηγά οχηματαγωγά και RoRo στους 14 εκατομμύρια τόνους CO₂.

2.1.2 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) αποτελούν ανόργανες χημικές ενώσεις του αζώτου, οι εκπομπές των οποίων έχουν να κάνουν σε σημαντικό βαθμό με τις συνθήκες υπό τις οποίες γίνεται η καύση του καυσίμου (είδος, συνθήκες, ρυθμίσεις της μηχανής, ποιότητα καυσίμου).

Η αντίδραση του αζώτου με το οξυγόνο, και συνεπώς η έκλυση οξειδίων του αζώτου πραγματοποιείται στο εσωτερικό των μηχανών λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, ενώ οξείδια μπορεί να σχηματιστούν σε μικρότερο ποσοστό από την καύση συστατικών καυσίμων που περιέχουν άζωτο.

Συνεπώς, ο περιορισμός των εκπεμπόμενων οξειδίων αζώτου συνίσταται περισσότερη στη χρησιμοποίηση κατάλληλης ρύθμισης της μηχανής και τεχνολογίας βελτίωσης της διαδικασίας της καύσης.

2.1.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO_x)

Τα οξείδια του θείου (SO_x) αποτελούν ανόργανες χημικές ενώσεις του αζώτου, οι εκπομπές των οποίων προκαλούνται με τον εξής μηχανισμό: το θείο που περιέχεται στα καύσιμα (τα ναυτιλιακά καύσιμα περιέχουν έως και 25000 ppm) οξειδώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης εντός της ναυτικής μηχανής σε οξείδια του θείου (SO₂ και SO₃). Στη συνέχεια, το SO₃ αντιδρά με την υπάρχουσα υγρασία, παράγοντας έτσι σωματίδια θειϊκού οξέως που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα.

Τα τελευταία χρόνια οι ενέργειες που γίνονται από ναυτιλιακούς φορείς σε παγκόσμιο επίπεδο είναι είτε η χρησιμοποίηση καυσίμων με όσο το δυνατόν μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο, είτε η εγκατάσταση πλυντηρίδων (scrubbers) στα πλοία, συμβάλλοντας έτσι στην αντιμετώπιση του φαινομένου.

2.1.4 ΠΗΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (VOC)

Άλλο είδος ρυπαντών αποτελούν οι πτητικές οργανικές ενώσεις, που είναι οργανικές ενώσεις αποτελούμενες κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο. Κάποιες από αυτές, αντιδρούν είτε με το όζον είτε με οξείδια του αζώτου, οδηγώντας στην ανάπτυξη νέων προϊόντων οξειδωσ με τη μορφή δευτερευόντων αερολυμάτων.

2.1.5 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM)

Τα αιωρούμενα μικροσωματίδια αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το περιβάλλον ως προϊόντας ναυτιλιακής δραστηριότητας. Πρόκειται για σύνθετο μείγμα οργανικών και ανόργανων ουσιών, συνήθως στη μορφή υγρού ή αερίου σώματος (εκτός νερού), με μέγεθος σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των μορίων της ύλης. Συνήθως διασκορπίζονται στον ατμοσφαιρικό αέρα, συνεπεία της δράσης της καύσης ναυτιλιακών καυσίμων. Συνήθη τέτοια αιωρούμενα μικροσωματίδια είναι η αιθάλη, στάχτη και πολύ μικρά σωματίδια καυσίμου που δεν κάηκαν ή κάηκαν ατελώς όπως άκαυστο λιπαντικό έλαιο, θειικά και υγρασία. Όσον αφορά τις ναυτιλιακές δραστηριότητες, τα θειικά σωματίδια αποτελούν το κύριο είδος αιωρούμενων μικροσωματιδίων (75%), ενώ σε μικρότερο ποσοστό παράγεται οργανικός άνθρακας και τέφρα.

2.1.6 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα άχρωμο, άοσμο, τοξικό αέριο το οποίο παράγεται με την ατελή καύση του καυσίμου, που περιέχει άνθρακα. Οι κύριες πηγές εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα σχετιζόμενες με τη βιομηχανία είναι οι εξατμίσεις των μηχανών που δίνουν ενέργεια σε βιομηχανικό εξοπλισμό, οχήματα, πλοία και άλλες εμπορικές πηγές που καταναλώνουν καύσιμο.

2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Η παραγωγή και εκπομπή των παραπάνω ενώσεων και μικροσωματιδίων αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, ειδικότερα σε περιοχές με βιομηχανική δραστηριότητα. Ακόμη, τέτοια ρύπανση σημειώνεται και σε περιοχές με μεγάλη ναυτιλιακή δραστηριότητα, όπως τα λιμάνια, που αποτελούν κόμβους διέλευσης και παραμονής μεγάλου αριθμού πλοίων, είτε για μικρότερο είτε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Οι κύριες επιπτώσεις των εκλυόμενων παραγόντων στην ατμόσφαιρα και την ανθρώπινη υγεία παρουσιάζονται παρακάτω:

- **NO_x**: Δημιουργία επιβλαβών ενώσεων, νέφους και όξινης βροχής, με συνέπειες αναπνευστικά προβλήματα όπως άσθμα, βρογχίτιδα, δημιουργία και επιδείνωση καρδιακών παθήσεων, καταστροφή ιστών των πνευμόνων, πρόωρο θάνατο.

- SO_x: Οξείδωση διοξειδίου του θείου, παρουσία καταλύτη (συνήθως διοξειδίου του αζώτου), σε θειικό οξύ και δημιουργία όξινης βροχής. Επιδείνωση αναπνευστικών προβλημάτων, όπως άσθμα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και άλλες χρόνιες παθήσεις, δερματικές βλάβες, αλλοιώσεις μετάλλων και βλάστησης^[7].
- Πτητικές οργανικές ενώσεις: Προκαλούν οφθαλμικές και αναπνευστικές βλάβες και σχετίζονται με χρόνιους πονοκεφάλους και εξασθένηση της μνήμης.
- Αιωρούμενα μικροσωματίδια: Παρατηρούνται οι ίδιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία με αυτές των πτητικών ενώσεων.
- Μονοξειδίο του άνθρακα: Αντιδράει με την αιμογλοβίνη στα ερυθρά αιμοσφαίρια του αίματος, μειώνοντας την δυνατότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο, αλλοιώνει το ρυθμό των καρδιακών παλμών και σχετίζεται με άλλες πνευμονολογικές και εγκεφαλικές παθήσεις.

2.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Η μείωση των εκπομπών των προαναφερθέντων ουσιών και η βελτίωση της ποιότητας του αέρα συνίσταται ως επιτακτική ανάγκη τα τελευταία χρόνια. Μερικές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζονται παρακάτω:

Συστατικό Στοιχείο	Μέθοδος για μειωμένες εκπομπές
SO _x	Καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο Έκπλυση με νερό (scrubbing)
NO _x	Τροποποίηση μηχανής Εισαγωγή νερού στο μείγμα καύσης Έκπλυση με αλκαλικά διαλύματα Χρήση καταλύτη (SCR),
VOC	Αποτελεσματική φόρτωση Επιστροφή ατμών Σύστημα ανάκτησης ατμών
CO	Τροποποίηση μηχανής Αποτελεσματικότερη καύση
PM	Τροποποίηση μηχανής Αποτελεσματικότερη καύση Εναλλακτικά καύσιμα

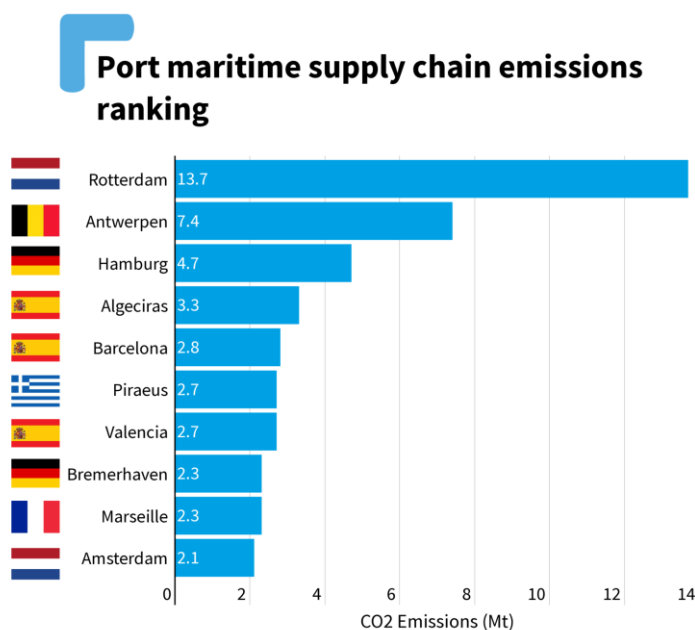
Πίνακας 2.1 Προτεινόμενες μέθοδοι μείωσης εκπομπών ρυπογόνων ατμοσφαιρικών παραγόντων

2.4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ

Οι περιοχές όπου υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις αποτελούν σημεία εξέχουσας εμπορικής δραστηριότητας, με μεγάλο αριθμό πλοίων να ελλιμενίζονται ταυτόχρονα, και στη συνέχεια να πραγματοποιούν τις απαραίτητες διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης. Η προστασία του περιβάλλοντος στις περιοχές αυτές, και ειδικότερα η βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα αναδεικνύεται τις τελευταίες δεκαετίες ως μείζονα προτεραιότητα, καθώς τα ποσοστά ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν φτάσει σε δυσθεώρητα νούμερα.

2.4.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Στα πλαίσια της ΕΕ η ατμοσφαιρική ρύπανση από πλοία σε λιμενικές εγκαταστάσεις αρχίζει να απασχολεί όλο και περισσότερο τη ναυτιλιακή κοινότητα. Πιο συγκεκριμένα, η ρύπανση από αγκυροβολημένα πλοία έρχεται στο προσκήνιο καθώς οι ρυπαντές που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια λειτουργίας των κύριων και βοηθητικών μηχανών εντείνουν το πρόβλημα.



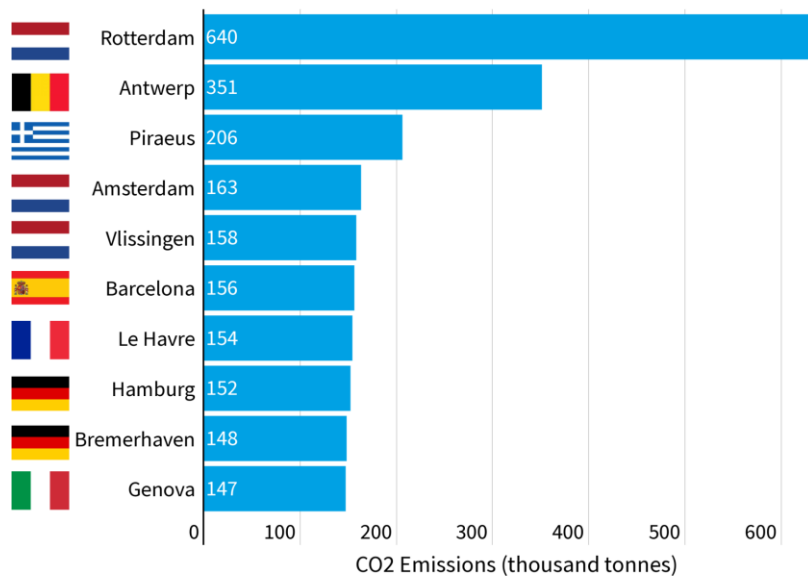
Εικόνα 2.2 Κατάταξη ευρωπαϊκών λιμένων, σύμφωνα με τις εκπομπές CO₂, που προέρχονται από δραστηριότητες εφοδιαστικής αλυσίδας εντός του λιμανιού [2.2]

Παρατηρείται, ότι ο Πειραιάς βρίσκεται στην 6^η θέση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με 2.7 εκατομμύρια τόνους ετησίως, σχετικά με τα άλλα ευρωπαϊκά λιμάνια.

2.4.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΓΚΥΡΟΒΟΛΗΜΕΝΑ ΠΛΟΙΑ

Η κατάσταση διαφοροποιείται σημαντικά, αναφορικά με τις εκπομπές διοξειδίου άνθρακα από αγκυροβολημένα πλοία. Στην 1^η θέση και πάλι βρίσκεται το λιμάνι του Ρότερνταμ, με την Αμβέρσα να ακολουθεί και τον Πειραιά στην 3^η θέση εκπομπών με 206 χιλιάδες τόνους ετήσιες εκπομπές διοξειδίου άνθρακα από αγκυροβολημένα πλοία, εντός του λιμανιού του. Αυτό εξηγείται, κυρίως από το μεγάλο πλήθος επιβατηγών οχηματαγωγών και κρουαζιερόπλοιων που επισκέπτονται το λιμάνι του Πειραιά, τα οποία έχουν αυξημένες ενεργειακές ανάγκες κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο λιμάνι με αποτέλεσμα οι κύριες και βοηθητικές μηχανές να παραμένουν ενεργές για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καύση μεγαλύτερων ποσοτήτων καυσίμου και συνεπώς, τη δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης με το μηχανισμό που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Emissions from ship activities at port



Note: Ship emissions at port, referred to as 'at-berth' emissions, are those that come from port activities like loading, unloading and refuelling. An alternative to running the ship engine using traditional fuels would be to plug in to shore-side electrification infrastructure at port. Data from 2018.

Εικόνα 2.3 Κατάταξη ευρωπαϊκών λιμένων, σύμφωνα με τις εκπομπές CO₂, που προέρχονται από δραστηριότητες αγκυροβολημένων πλοίων (φορτοεκφόρτωση, πετρέλευση, απλή παραμονή) [2.2]

3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1. IMO

Ο IMO (International Maritime Organization) είναι το κύριο παγκόσμιο ναυτιλιακό όργανο, που έχει την ευθύνη για την θεσμοθέτηση και την εφαρμογή των κανόνων που διέπουν τη ορθή και ηθική λειτουργία της παγκόσμιας ναυτιλίας. Αποτελεί υπηρεσία του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, που ιδρύθηκε το 1948 στη Γενεύη της Ελβετίας (με την ονομασία IMCO) και συγκροτήθηκε σε σώμα για πρώτη φορά το 1959, όταν και τέθηκαν σε εφαρμογή για πρώτη φορά οι κανονισμοί και οι αποφάσεις του. Τη σημερινή του ονομασία έλαβε το 1982. Σήμερα αριθμεί 174 χώρες μέλη και 3 συνεργαζόμενες χώρες.

Κύριος στόχος του IMO αποτελεί η εξασφάλιση διεθνούς συνεργασίας μεταξύ των χωρών μελών και η καθιέρωση κανονισμών, που όλες οι χώρες μέλη υιοθετούν, για την ενθάρρυνση και την προώθηση της ασφαλούς και βιώσιμης ναυσιπλοΐας. Αυτό επιτυγχάνεται με την τήρηση των κανόνων και τη συμμόρφωση στους κανονισμούς που εφαρμόζονται στα πλαίσια του IMO, και επηρεάζουν πολλούς τομείς: μείωση της θαλάσσιας και αέριας ρύπανσης, κανόνες ναυσιπλοΐας, προστασία από πειρατεία, ληστεία και άλλους ανθρωπογενείς κινδύνους, μείωση και εξάλειψη θαλάσσιων ατυχημάτων.

3.1.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ MARPOL

Ημερομηνία σταθμό στην ιστορία του IMO αποτελεί το 1973, όταν και τέθηκε σε εφαρμογή η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL), ως προϊόν της διάσκεψης της Επιτροπής Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος στο 1969. Η τροποποίηση του 1978 για τη MARPOL και η τελική απορρόφηση της αρχικής σύμβασης σε μια νέα, αποτελεί τη μέχρι τώρα ισχύουσα νομοθεσία για τη ναυσιπλοΐα την MARPOL 73/78, η οποία ισχύει από το 1983.

Η σύμβαση αυτή αποτελείται από 6 διαφορετικά κεφάλαια (παραρτήματα) το καθένα από τα οποία έχει διαφορετικό πεδίο εφαρμογής, ενώ αυτά αναθεωρούνται όταν κριθεί αναγκαίο από κάποιο προκύπτων ζήτημα. Επιγραμματικά:

- Παράρτημα I: Κανονισμοί για την Πρόληψη Ρύπανσης από πετρέλαιο (σε εφαρμογή από Οκτώβριο 1983)
- Παράρτημα II: Κανονισμοί για τον Έλεγχο της Ρύπανσης από Υγρές Ουσίες Αζώτου Χύδην (σε εφαρμογή από Οκτώβριο 1983)

- Παράρτημα III: Πρόληψη Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες Μεταφερόμενες στη Θάλασσα, σε μορφή Πακέτων (σε εφαρμογή από Ιούλιο 1992)
- Παράρτημα IV: Πρόληψη Ρύπανσης από Αποχέτευση των Πλοίων (σε εφαρμογή από Σεπτέμβριο 2003)
- Παράρτημα V: Πρόληψη Ρύπανσης από Σκουπίδια Πλοίων (σε εφαρμογή από Δεκέμβριο 1988)
- Παράρτημα VI: Πρόληψη Ρύπανσης του Αέρα από Πλοία (σε εφαρμογή από Μάιο 2005)

3.1.1.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI MARPOL

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL καθορίζει ιδιαίτερα τη μεθοδολογία που αναπτύσσεται στη συνέχεια. Πιο συγκεκριμένα, στα μέσα της δεκαετίας του '90, εξαιτίας της συνεχιζόμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης δημιουργήθηκε η ανάγκη δημιουργίας κανονισμών, που θα την περιόριζαν. Οι κανονισμοί αυτοί αφορούν πλοία άνω των 400 κόνων και πλωτές και σταθερές εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου. Αφορά επίσης κινητήρες diesel με ισχύ μεγαλύτερη ή ίση των 130 kW, που είναι εγκατεστημένοι σε πλοία που είναι κατασκευασμένα μετά την 1/1/2000 ή έχουν υποβληθεί σε σχετική μετασκευή μετά από αυτήν την ημερομηνία. Ακόμη, οι κανονισμοί βρίσκουν εφαρμογή σε πλοία κατασκευασμένα μεταξύ 1/1/1990 και 1/1/2000 και ισχύ μηχανής άνω των 5000 kW.

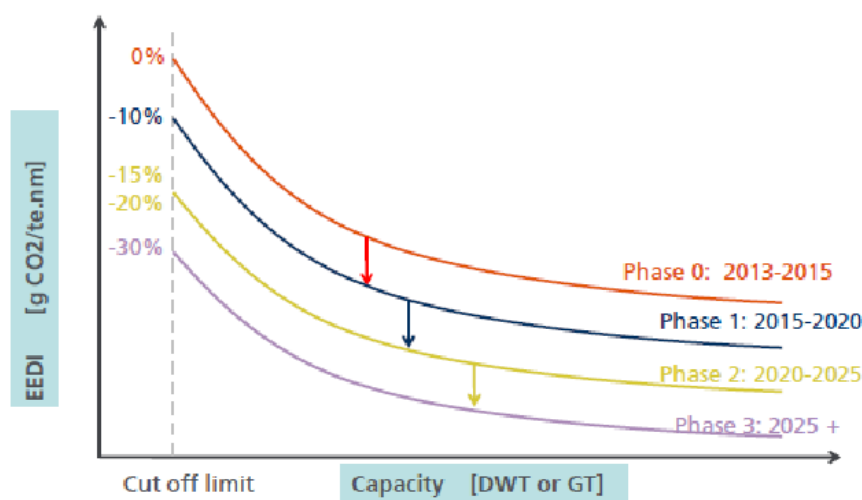
Οι κυριότεροι κανονισμοί του παραρτήματος VI της MARPOL είναι οι εξής:

- Κανονισμός 12: Ουσίες επιβλαβείς για το όζον από ψυκτικές εγκαταστάσεις και υλικό πυρόσβεσης.
- Κανονισμός 13: Εκπομπές οξειδίων αζώτου (NO_x)
- Κανονισμός 14: Εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO_x)
- Κανονισμός 15: Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από δεξαμενές φορτίων υδρογονανθράκων
- Κανονισμός 16: Εκπομπές από αποτεφρωτήρες πλοίων
- Κανονισμός 18: Ποιότητα Μαζούτ.

3.1.1.2 ΔΕΙΚΤΕΣ EEDI, EEOI και SEEMP

Στα πλαίσια του Παραρτήματος VI της MARPOL, με την 62^η σύνοδο του IMO στο Λονδίνο θεσμοθετήθηκαν οι εξής δείκτες και σχέδια, οι οποίοι συπεριλήφθηκαν στο νέο κεφάλαιο 4 (σε εφαρμογή από 1/2013) για τη βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης των πλοίων:

- EEDI (Energy Efficiency Design Index): $= \frac{\text{εκπομπές CO}_2}{\text{μεταφορικό έργο}}$, αφορά σχετικά νέα πλοία (κατασκευή μετά από 1/1/2013 και συνολικής χωρητικότητας μεγαλύτερης των 400 GT) και συγκεντρώνοντας στοιχεία για το συγκεκριμένο δείκτη για μια κατηγορία πλοίων, εξάγονται συμπεράσματα για την ενεργειακή αποδοτικότητα της. Όσο μικρότερη είναι η τιμή αυτού του δείκτη, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτική χαρακτηρίζεται η σχεδίαση και η κατασκευή του πλοίου. Ο IMO έχει σχεδιάσει μία καμπύλη μείωσης του EEDI αναφοράς στα επόμενα χρόνια για τα πλοία τα οποία πρόκειται να σχεδιαστούν στο χρονικό διάστημα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 3.1 Παράγοντες μείωσης και αντίστοιχα όρια, πηγή: IMO

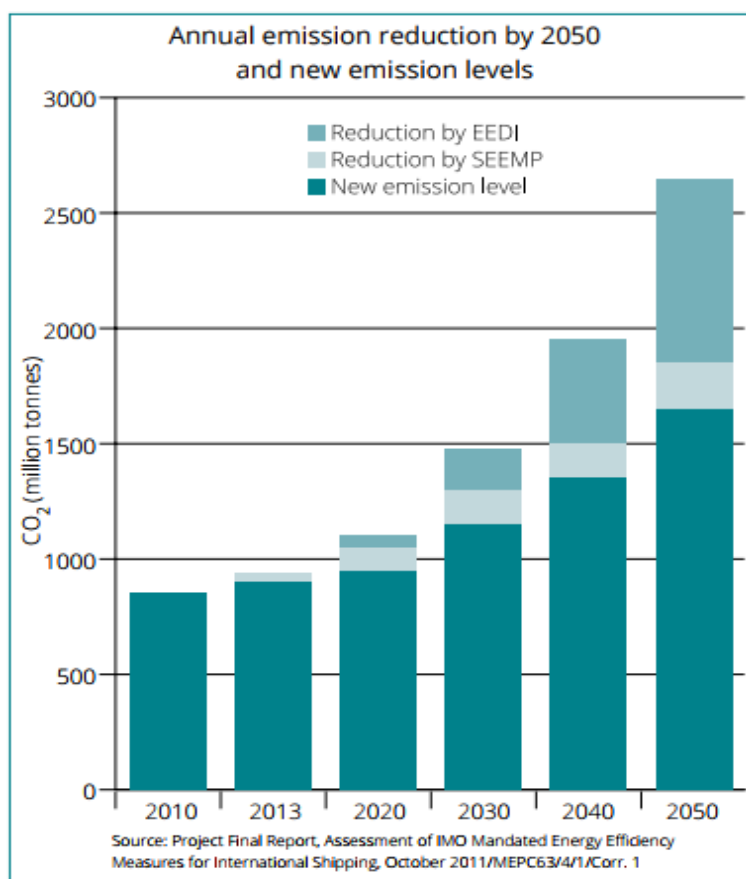
- SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan): Αποτελεί ένα λειτουργικό μέτρο, καθιέρωσης ενός μηχανισμού βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κάθε πλοίου. Από 1/1/2013 είναι υποχρεωτικό για όλα τα πλοία, και επιτρέπει στους πλοιοκτήτες και τις ναυτιλιακές να διαχειρίζονται τα πλοία τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται βέλτιστη ενεργειακή απόδοση, με εξοικονόμηση καυσίμου και ενέργειας. Στηρίζεται σε 4 βασικούς άξονες:
 - Σχεδιασμός
 - Εφαρμογή

- Επίβλεψη: Η επίβλεψη των μέτρων που λαμβάνονται υπόψη κατά τα τα 2 προηγούμενα βήματα πραγματοποιείται κυρίως με τον έλεγχο του δείκτη EEOI (Energy Efficiency Operational Index). Είναι προαιρετικού χαρακτήρα, ωστόσο αποτελεί το κύριο εργαλείο επιτήρησης του SEEMP. Πρόκειται για έναν ποσοτικό δείκτη, που ισούται με το συνολικό καύσιμο που καταναλώθηκε από ένα πλοίο στα πλαίσια ενός ταξιδιού ή ενός χρονικού διαστήματος, επί το περιεχόμενο του καυσίμου σε άνθρακα, προς το συνολικό φορτίο που μεταφέρθηκε επί την απόσταση που διανύθηκε για αυτό το αναφερόμενο ταξίδι ή χρονικό διάστημα. $EEOI = \frac{\sum_i FC_i C_{Fi}}{M_{cargo} \times D}$, όπου
 - $i =$ ο τύπος του καυσίμου,
 - $FC_i =$ η κατανάλωση του καυσίμου (σε τόνους).
 - $C_{Fi} =$ συντελεστής εκπομπών CO₂ (τόνοι CO₂ ανά τόνους καυσίμου)
 - $M_{cargo} =$ το φορτίο που μεταφέρθηκε (τόνοι για φορτηγά, δεξαμενόπλοια, αριθμός εμπορευματοκιβωτίων για containership, αριθμός επιβατών και οχημάτων για E/Γ-O/Γ και Ro/Ro)
 - $D =$ η απόσταση που διανύθηκε (σε μίλια)
- Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση: Εδώ εκτιμάται η εφαρμογή του κάθε μέτρου τόσο μεμονωμένα αλλά και συνολικά, και έμμεσα υπάρχει ανατροφοδότηση του σχεδιασμού του νέου κύκλου με καθορισμό νέων στόχων- μέτρων. Η αξιολόγηση συμβαίνει σε περιοδική βάση και τα αποτελέσματα της καθορίζουν την επίτευξη ή μη του στόχου, που έχει καθοριστεί στο βήμα του σχεδιασμού.

3.1.1.3 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ

Η θεσμοθέτηση τέτοιων δεικτών και πολιτικών με στόχο τη μέγιστη δυνατή περιβαλλοντική αποδοτικότητα των πλοίων δεν είναι αρκετή παρά μόνο αν συνοδεύεται με τα απαραίτητα αποτελέσματα. Ο IMO δίνει μεγάλη έμφαση στον τομέα της αποτελεσματικότητας, γι' αυτό το λόγο ανέθεσε στους νηογνώμονες Lloyd's Register (LR) και Det Norske Veritas (DNV) τη συγκέντρωση περιβαλλοντικών δεδομένων και την εκπόνηση μελέτης, που θα αναλύει τη δυνητική μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ως αποτέλεσμα της εφαρμογής των μέτρων που υιοθετήθηκαν

σε αυτήν κατεύθυνση (EEDI και SEEMP). Η έρευνα έχει ως χρονικό εύρος το 2010-2050, ενώ χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σενάρια. Τα αποτελέσματα της έρευνας (IMO, SBSTA 35,2011) παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 3.2 Πρόβλεψη ετήσιας μείωσης εκπομπών CO₂ λόγω χρήσης δεικτών EEDI και SEEMP (IMO 2019)

Συνοπτικά, η μελέτη αναδεικνύει τη χρησιμότητα των θεσμοθετημένων δεικτών και σχεδίων (EEDI και SEEMP) τόσο σε μεσοπρόθεσμο, όσο και σε μακροπρόθεσμο επίπεδο. Η σκούρα μπλε μπάρα δείχνει το επίπεδο νέων εκπομπών, με ανοιχτό γαλάζιο φαίνεται η μείωση λόγω SEEMP και με σκούρο γαλάζιο η μείωση εκπομπών λόγω EEDI.

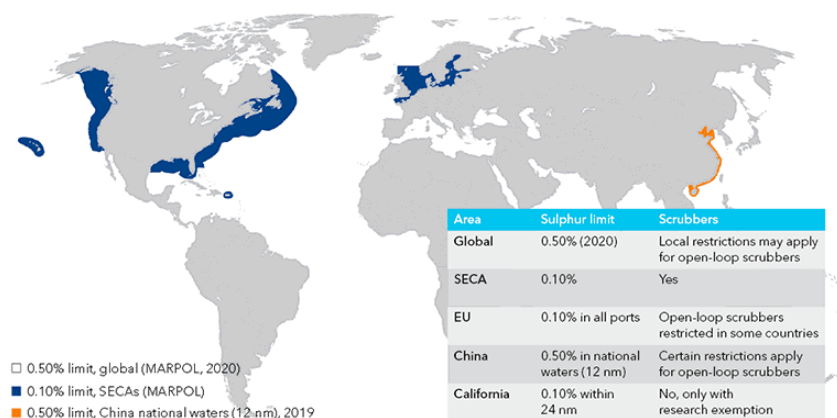
Σε μεσοπρόθεσμο επίπεδο φαίνεται εντονότερη η επίδραση του SEEMP, ενώ σε μακροπρόθεσμο επίπεδο φαίνεται ότι ο δείκτης EEDI επιδρά περισσότερο. Σε απόλυτο βαθμό, ωστόσο βλέπουμε ότι συνολικά μείωση των εκπομπών από χρόνο σε χρόνο δεν υπάρχει, λόγω της συνεχούς αύξησης των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων, ωστόσο σημαντικό παραμένει ότι αυξάνεται ο ρυθμός μείωσης τους, με την υιοθέτηση των πολιτικών του IMO.

3.2. ΟΠΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ECA (Emission Control Areas)

Ορόσημο για την παγκόσμια ναυτιλία και για την προστασία του περιβάλλοντος από τις εκπομπές επιβλαβών ουσιών, αποτελεί η θεσμοθέτηση Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (Emission Control Areas), ή αλλιώς SECA (Sulphur Emission Control Areas). Πρόκειται για περιοχές του κόσμου, οι οποίες για ποικίλους λόγους χρήζουν περαιτέρω προστασίας όσον αφορά τη ρυπανση του ατμοσφαιρικού αέρα, καθώς επηρεάζονται ιδιαίτερω από τις υπάρχουσες καταστάσεις ρύπανσης, στις οποίες ισχύουν αυστηροί περιβαλλοντικοί περιορισμοί. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν κυρίως τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x), ενώ σε ορισμένες περιοχές επιβάλλονται περιορισμοί και στις εκπομπές οξειδίων αζώτου (NO_x). Οι απαιτήσεις και τα γεωγραφικά τους όρια καθορίζονται στο παράρτημα VI της MARPOL 1997.

Οι ισχύουσες περιοχές ECA, μαζί με τους περιορισμούς που ισχύουν και τις ημερομηνίες έγκρισης και εφαρμογής τους και είναι οι εξής:

- Η Βαλτική Θάλασσα (SO_x: εγκρίθηκε το 1997 / τέθηκε σε ισχύ το 2005, NO_x: 2016/2021),
- η Βόρεια Θάλασσα, περιλαμβάνεται και το Κανάλι (SO_x: 2005/2006, NO_x: 2016/2021),
- οι Θάλασσες της Βόρειας Αμερικής, αλλιώς γνωστές ως NAECA (North American Emission Control Area), περιλαμβάνεται και η Θάλασσα της Χαβάης (SO_x, NO_x :2010/2012),
- Καραϊβική Θάλασσα (US Caribbean ECA) (SO_x, NO_x :2010/2012).



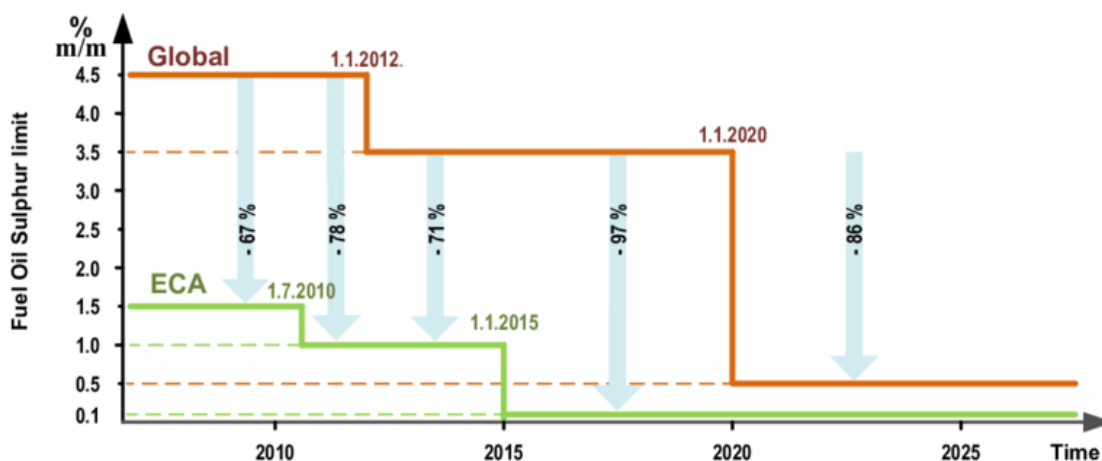
Εικόνα 3.3 Υπάρχουσες Περιοχές ECA και τα αντίστοιχα όρια εκπομπών οξειδίων του θείου, πηγή: DNV

Ανεπίσημα, η Κίνα ανακήρυξε 3 περιοχές της, ως περιοχές ελέγχου εκπομπών, το Δέλτα του ποταμού Περλ, το Δέλτα του ποταμού Γιανγκτσέ και τον κόλπο Μποχάι, και στη συνέχεια αυτές οι περιοχές υιοθετήθηκαν στα πλαίσια του IMO, ως περιοχές

προστασίας, αλλά όχι ως επίσημες ECA, ενώ υπάρχει το όριο του 0.5% για τα κινέζικα χωρικά ύδατα σε απόσταση έως και 12 ναυτικών μιλίων από την ακτή.

3.2.1 ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΘΕΙΟΥ ΣΕ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

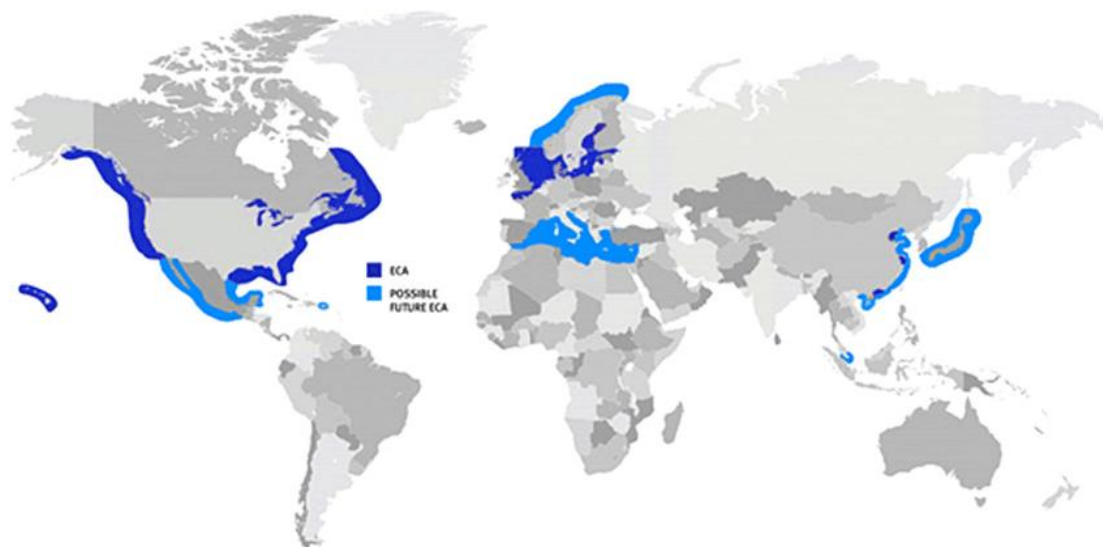
Ο ΙΜΟ έχει υιοθετήσει μια πολιτική σταδιακής μείωσης του ποσοστού της περιεκτικότητας του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα, τόσο σε γενικό επίπεδο όσο και στις περιοχές ECA. Πιο συγκεκριμένα, από το φθινόπωρο του 2008 και μετά από αναθεώρηση του παραρτήματος VI της MARPOL, αποφασίστηκε η μείωση της περιεκτικότητας του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα από το 4.5% στο 3.5% σε παγκόσμιο γενικό επίπεδο με εφαρμογή από 1/1/2012 και σε 1.0% από 1.5% σε περιοχές ECA, με εφαρμογή από 1/7/2010. Στη συνέχεια, αποφασίστηκε περαιτέρω μείωση του θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα από 3.5% σε 0.5% με εφαρμογή από 1/1/2020 σε παγκόσμιο γενικό επίπεδο και από 1.5% σε 0.1% με εφαρμογή 1/1/2015 σε περιοχές ECA. Η απαίτηση για μείωση από 3.5% σε 0.5% σε παγκόσμιο επίπεδο έφερε αρκετή αναταραχή στην παγκόσμια ναυτιλιακή αγορά, καθώς δεν υπήρχε η απαραίτητη προσφορά «αποθειωμένων» καυσίμων, ενώ και τα περισσότερα πλοία δεν είχαν προλάβει ήδη να εγκαταστήσουν πλυντηρίδες καυσαερίων (scrubbers), με αποτέλεσμα να υπάρξει μια σχετική ελαστικότητα ως προς την εφαρμογή των νέων κανονισμών. Ωστόσο, τα ανώτατα όρια του 0.10% και 0.5% σε περιοχές εντός και εκτός ECA, θα είναι αυστηρά υποχρεωτικό από το 2025.



Εικόνα 3.4 Χρονοδιάγραμμα ορίων περιεκτικότητας θείου σε ναυτιλιακά καύσιμα, πηγή IMO

Στο μέλλον αναμένεται να υιοθετηθούν νέες περιοχές ελέγχου εκπομπών οξειδίων θείου και αζώτου, καθώς η ατμοσφαιρική ρύπανση εξαπλώνεται σε όλο και περισσότερα μέρη του πλανήτη, τα οποία διαθέτουν τέτοια χλωρίδα και πανίδα που

χρήζουν προστασίας. Τέτοιες περιοχές είναι οι ακτές του Μεξικό, της Ιαπωνίας, της Θάλασσας των Φιλιππινών, της Ιαπωνίας και της Νορβηγίας. Ακόμη, από το 2025 αναμένεται να προστεθεί και η Μεσόγειος Θάλασσα σε αυτές τις περιοχές, ιδιαίτερη μνεία στην οποία γίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3.5 Υπάρχουσες και μελλοντικές περιοχές ECA, [3.5]

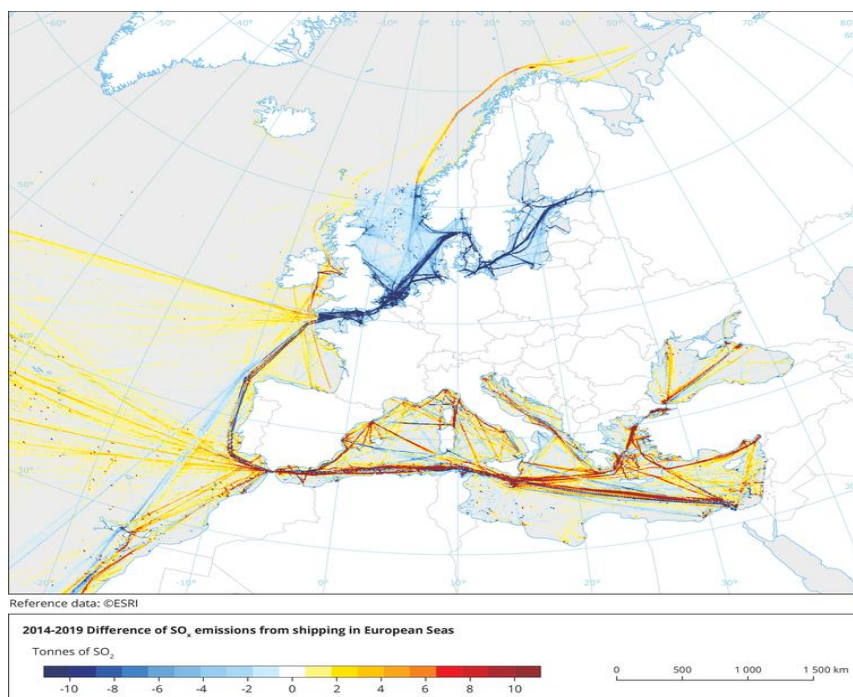
3.2.1.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Η Μεσόγειος Θάλασσα αποτελεί μια κλειστή λεκάνη, με μεγάλη βιοποικιλότητα που απλώνεται σε 3 ηπείρους και δεκάδες χώρες. Η ναυτιλιακή δραστηριότητα εντός της Μεσογείου είναι πολύ μεγάλη με πολλά ναυτιλιακά κέντρα, με μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον αλλά και επιβατική κίνηση με τη λειτουργία της ακτοπλοΐας και της κρουαζιέρας. Προέκυψε έτσι επιτακτική η ανάγκη προστασίας της λεκάνης της Μεσογείου και μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Το πρόβλημα των εκπομπών οξειδίων του θείου αναμένεται κατά κάποιο τρόπο να μειωθεί, καθώς σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες η θεσμοθέτηση της Μεσογείου ως ECA, αναμένεται να βοηθήσει μακροπρόθεσμα στη μείωση των εκπομπών θείου κατά 79% και στη μείωση εκπομπών άλλων πτητικών ενώσεων και οργανικής ύλης κατά 24%^[8].

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται χαρακτηριστικά η επίδραση των περιορισμών στην περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα λόγω ECA, στις εκπομπές οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα. Ο χάρτης δείχνει με τον αντίστοιχο χρωματισμό τη διαφορά στις εκπομπές οξειδίων του θείου από τα πλοία στις θάλασσες της Ευρώπης για την 5ετία

2014-2019. Χαρακτηριστικά, στις θάλασσες που είναι ήδη ECA, παρατηρείται μια μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου 8-10 εκατομμυρίων τόνων, ενώ στις περιοχές που ακόμη βρίσκονται υπό το γενικό πλαίσιο του IMO, για την προστασία του περιβάλλοντος παρατηρείται σημαντική αύξηση εκπομπών οξειδίων του θείου έως και 10 εκατομμύρια τόνους. Καταδεικνύεται έτσι η σημασία της υιοθέτησης της Μεσογείου ως ECA, εντάσσοντας την στο πρόγραμμα ελάχιστης περιεκτικότητας σε θείο στα ναυτιλιακά καύσιμα.



Εικόνα 3.6 Διαφορές στις εκπομπές SO_x από ναυτιλιακές δραστηριότητες, European Environment Agency

Πιο συγκεκριμένα, στις 10/12/21 στο συνέδριο COP 22 για τη σύμβαση της Βαρκελώνης στην Αντάλεια, προτάθηκε από τα συμβαλλόμενα μέρη η ένταξη της Μεσογείου στις περιοχές ECA, σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL, με άμεση εισαγωγή στις διατάξεις του Παραρτήματος VI τον Ιούνιο του 2022, και εφαρμογή από την 1/1/2025. Έτσι, από 1/1/2025, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο περιεκτικότητας θείου στα ναυτιλιακά καύσιμα για πλεύση εντός της Μεσογείου, θεσπίζεται στο 0.1%, σύμφωνα με τα τρέχοντα δεδομένα.

3.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΕΝΤΟΣ ECA

Για την πλεύση εντός (ή και εκτός) ECA, ένα πλοίο αρκεί είτε να έχει συμμορφωθεί με τους κανονισμούς σχετικά με τα ναυτιλιακά καύσιμα (να χρησιμοποιεί δηλαδή καύσιμα με περιορισμένη περιεκτικότητα σε θείο, είτε να έχει εγκατεστημένο σύστημα πλύσης καυσαερίων, (πλυντηρίδες ή «scrubbers»), μέσω του οποίου περιορίζονται

σημαντικά οι εκπομπές οξειδίων του θείου. Με τη δεύτερη επιλογή, το πλοίο δύναται να συνεχίσει να χρησιμοποιεί βαρύ καύσιμο με υψηλότερα ποσοστά περιεκτικότητας σε θείο. Η εγκατάσταση scrubber αποτελεί μία λύση χωρίς μεγάλη βεβαιότητα, ωστόσο, καθώς η ανάγκη για μείωση της περιεκτικότητας καυσίμου σε θείο εμφανίζεται συνεχώς και πιο επιτακτική και ο IMO κινείται προς αυτήν την κατεύθυνση.



Εικόνα 3.7 Εγκατεστημένο scrubber στο Blue Star Myconos, πηγή: Attica Group

Συνεπώς, η συμμόρφωση στους κανόνες με τις περιοχές ECA, αλλά και στο γενικό πλαίσιο που υφίσταται εστιάζεται στη χρήση καυσίμων με ελάχιστη περιεκτικότητα σε θείο. Τα ναυτιλιακά καύσιμα χωρίζονται κυρίως σε 3 κατηγορίες:

- Πετρέλαιο Diesel (Gasoil): Πρόκειται για παράγωγο πετρελαίου με υψηλό βαθμό καθαρότητας και χωρίς κατάλοιπα, καθώς αποτελεί απόσταγμα φυσικού πετρελαίου και χαρακτηρίζεται ως ευγενές προϊόν. Χρησιμοποιείται κυρίως στις βοηθητικές μηχανές (auxiliary systems), που είναι υπεύθυνες για την ηλεκτροδότηση του πλοίου. Έχει τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο από όλους τους τύπους πετρελαίου και είναι το πιο ακριβό από όλα. Στην αγορά, διακρίνεται με την ονομασία Marine Gas Oil.
- Μαζούτ: Πρόκειται για βαρύ καύσιμο, αποτελεί μέρος του φυσικού πετρελαίου και είναι κατώτερο ποιοτικά του MGO. Χρησιμοποιείται κατά κόρον, από τις κύριες μηχανές των πλοίων, κυρίως λόγω της χαμηλής τιμής του αλλά και της ευρείας προσφοράς του σε όλα τα μέρη του πλανήτη. Είναι πλούσιο σε ρύπους, όπως διοξείδιο του θείου κυρίως εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας του σε θείο. Στην αγορά, διακρίνεται με την ονομασία Marine Fuel Oil (ή Heavy Fuel

Oil). Με την κατάλληλη επεξεργασία του HFO, προκύπτει και το Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO), με περιεκτικότητα σε θείο έως και 0,5% και το Ultra Low Sulphur Oil (ULSFO) με περιεκτικότητα σε θείο έως και 0,1%. Τα καύσιμα αυτά είναι ευρέως διαδεδομένα για χρήση μέσα

- Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG): Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί την πλέον περιβαλλοντικά φιλική λύση ως ναυτιλιακό καύσιμο. Έχει εξαιρετικά χαμηλές περιεκτικότητες σε άζωτο, ωστόσο η καλή του επεξεργασία αποτελεί προϋπόθεση για την εξασφάλιση πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Σε επίπεδο ναυτιλίας, η χρήση του δε βρίσκεται ακόμη σε ευρύ επίπεδο, δεδομένου ότι το συντριπτικό ποσοστό των ναυτιλιακών μηχανών χρησιμοποιούν ακόμη αποστάγματα πετρελαίου.

Συνοψίζοντας, η συμμόρφωση ενός πλοίου με τους κανόνες ECA, είναι απαραίτητη και για αυτό το λόγο η πλεύση του εντός ECA, οδηγεί στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, ή στο cold ironing:

- χρήση Καυσίμου Χαμηλής Περιεκτικότητας σε θείο είτε LS-MGO, είτε VLSFO (S<0,5%) είτε ULSFO (S<0,1%) (προϊόντα επεξεργασίας HFO),
- χρήση LNG,
- εξηλεκτρισμός Πλοίων (πχ με τη βοήθεια μπαταριών, ηλιακής ενέργειας)
- χρήση μεθόδου Cold Ironing κατά τη διάρκεια της παραμονής του πλοίου στο λιμένα.

4. COLD IRONING

4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο όρος του «cold ironing» για να περιγραφεί η ηλεκτροδότηση του πλοίου από τη στεριά είναι ένας σχετικά παλιός όρος στη διεθνή ναυτιλία και προέρχεται από την εποχή που τα πλοία κινούνταν με τη βοήθεια του κάρβουνου, και είχε να κάνει με το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της πλεύσης οι μηχανές είχαν πολύ υψηλή θερμοκρασία, ενώ όταν τα πλοία έφταναν στο λιμάνι και ήταν δεμένα για αρκετή ώρα αυτές κρύωναν, καθώς δεν υπήρχε ανατροφοδότηση με κάρβουνο στη φωτιά στα καμίνια.

Στην παγκόσμια ναυτιλία, η ηλεκτροδότηση του πλοίου από τη στεριά εκτός από «cold ironing», περιγράφεται και με τους όρους «Onshore Power Supply», «Alternative Marine Power» και «High Voltage Shore Connection» ή «Low Voltage Shore System».

Για την ορθή μελέτη ενός συστήματος cold ironing, αυτό αναλύεται σε 3 επί μέρους συστήματα, τα οποία λειτουργούν τόσο αυτόνομα, όσο και σε συνδυασμό και αυτά είναι:

- το σύστημα της ξηράς,
- η σύνδεση του πλοίου-ξηράς με τον κατάλληλο εξοπλισμό
- το σύστημα του πλοίου.

4.2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ COLD IRONING

Η διαδικασία του cold ironing συνίσταται στην ηλεκτροδότηση του πλοίου εξ' ολοκλήρου από τη στεριά, κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο λιμάνι, έχοντας σε αυτό το χρονικό διάστημα εντελώς απενεργοποιημένες τόσο τις κύριες, όσο και τις βοηθητικές του μηχανές. Γενικά, τα πλοία απενεργοποιούν τις κύριες μηχανές τους στο λιμάνι, έχοντας ενεργές τις βοηθητικές μηχανές τους, που καλύπτουν τις ανάγκες ηλεκτροδότησης του πλοίου. Αυτές οι ανάγκες αφορούν κυρίως τις διαδικασίες φορτο/εκφόρτωσης, ανεφοδιασμού καυσίμων (λειτουργία αντλιών, σωληνώσεων, συστημάτων), φωτισμού, κλιματισμού, θέρμανσης και άλλων διαδικασιών που αφορούν την ενδιαίτηση του πληρώματος και των επιβατών.

Η διαδικασία του cold ironing αποσκοπεί στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις περιοχές κοντά στα λιμάνια. Οι βοηθητικές μηχανές των πλοίων καταναλώνουν καύσιμο είτε τύπου MGO, είτε προϊόν επεξεργασία HFO. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή αερίων ουσιών επιβλαβών για τον ατμοσφαιρικό αέρα. Στις περιοχές που συνωστίζονται πολλά πλοία μαζί το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται εντονότερο καθώς

έχουμε ταυτόχρονα την μαζική εκπομπή επιβλαβών ενώσεων ($\text{SO}_x, \text{NO}_x, \text{CO}_2$). Άλλο πρόβλημα που προκαλείται από τη λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων των πλοίων, κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο λιμάνι είναι η ηχορρύπανση.



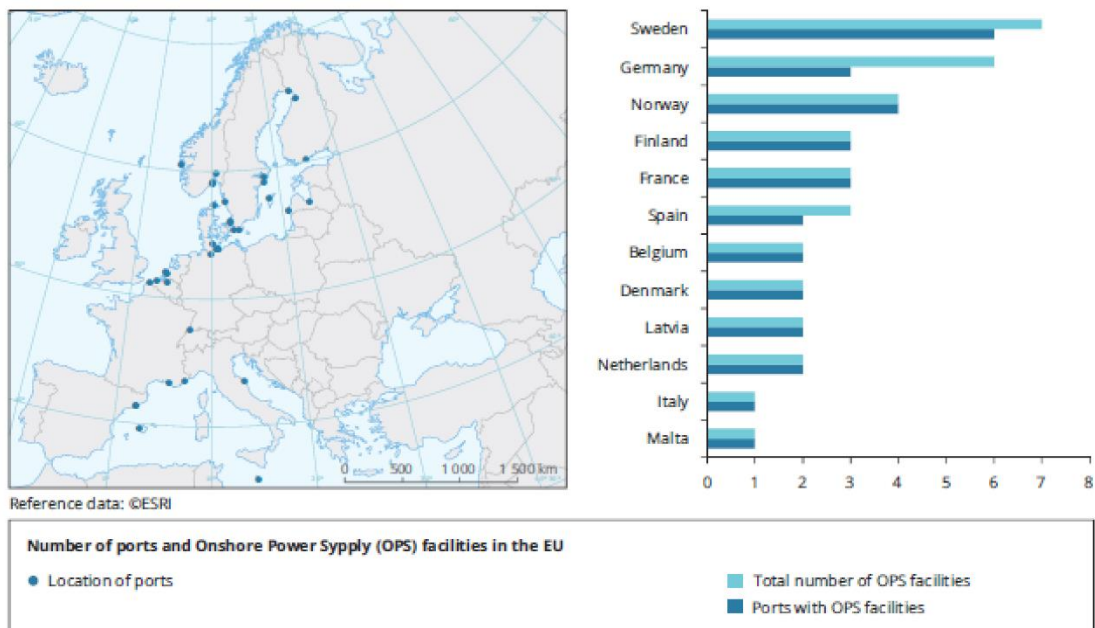
Εικόνα 4.1 Παράδειγμα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από κρουαζιερόπλοιο εξαιτίας της λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων [4.1]

4.2.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΕΙΣ COLD IRONING

Η τεχνολογία του cold ironing εμφανίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του '90 ως συνέχεια της προϋπάρχουσας μεθόδου ηλεκτροδότησης των μικρών σκαφών με μικρές ενεργειακές ανάγκες. Ωστόσο, για πλοία μεγάλης ισχύος, άρχισε να υιοθετείτε στις αρχές της νέας χιλιετίας κυρίως σε λιμάνια της βόρειου Ευρώπης. Εκεί, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη ηλεκτροδότησης των πλοίων από τη στεριά, καθώς ισχύουν οι περιορισμοί στις εκπομπές οξειδίων λόγω ECA. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι κύριοι λιμένες που χρησιμοποιούν τεχνολογία cold ironing είναι οι παρακάτω:

Country	Port	Implementation Year	Type of Vessel
Belgium	Zeebrugge	2000	RoRo
Belgium	Antwerp	2008	Container
Finland	Kemi	2006	RoPax
Finland	Kotka	2006	RoPax
Finland	Oulu	2006	RoPax
France	Dunkirk	2020	Container
Germany	Lubeck	2008	RoPax
Germany	Hamburg	2016	Cruise
Germany	Kiel	2019	Cruise
Netherlands	Rotterdam	2012	RoPax
Norway	Bergen	2022	Cruise
Sweden	Göteborg	2000 & 2010	RoRo, RoPax
Sweden	Stockholm	2006	RoRo, RoPax, Archipelago ferries
Sweden	Karlskrona	2010	RoPax
Sweden	Ystad	2012	RoPax
Sweden	Trelleborg	2013	RoPax
UK	Southampton	2022	Cruise

Εικόνα 4.2 Ευρωπαϊκά λιμάνια με τεχνολογία Cold Ironing [4.2]



Εικόνα 4.3 Ευρωπαϊκός χάρτης με τα λιμάνια, που διαθέτουν εγκαταστάσεις cold ironing [4.3]

Ακόμη, σε επίπεδο βορείου Αμερικής, είναι αρκετά διαδεδομένη η τεχνολογία του cold ironing εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης της κρουαζιέρας, η οποία σε συνδυασμό με τις μεγάλες ηλεκτρικές απαιτήσεις των κρουαζιεροπλοίων κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο λιμάνι και του χαρακτηρισμού μεγάλου μέρους της αμερικάνικης ακτογραμμής ως ECA, έχει οδηγήσει σε αυτήν την ανάγκη. Κάποια από τα κυριότερα λιμάνια, της Βορείου Αμερικής που χρησιμοποιούν τεχνολογία cold ironing είναι αυτά

του Σαν Φρανσίσκο, της Καλιφόρνια, του Λονγκ Μπιτς, του Σιατλ, του Ωκλαντ, της Τακόμα κα [9].

Στον ελληνικό ναυτιλιακό χώρο, η τεχνολογία του cold ironing βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο σε επίπεδο υποδομών, ωστόσο σε επίπεδο σχεδιασμού έχουν εκπονηθεί αρκετές μελέτες, με εξαίρεση το λιμάνι της Κυλλήνης. Το σχέδιο επέκτασης των ECA και στη Μεσόγειο και η αυξανόμενη ανάγκη για τη μείωση των επιβλαβών ενώσεων που εκπέμπουν τα πλοία στην κατεύθυνση της οδηγίας fit for 55, που προβλέπει τη μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030 κατά 50% σε σχέση με αυτές του 1990 και την επίτευξη της περιβαλλοντικής ουδετερότητας μέχρι το 2050, οδήγησε στην εγκατάσταση του συστήματος cold ironing στο λιμάνι της Κυλλήνης το 2018, από όπου εκτελούνται τα δρομολόγια από και προς τα νησιά της Ζακύνθου και της Κεφαλονιάς.



Εικόνα 4.4 Ηλεκτροδότηση του Fior di Levante με χρήση συστήματος Cold Ironing στο λιμάνι της Κυλλήνης, πηγή:metaforespess.gr

4.2.2 ΣΧΕΔΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ COLD IRONING

Σε ευρωπαϊκό πλαίσιο, η μείωση εκπομπών επιβλαβών ενώσεων οδηγεί όλο και περισσότερο στη χρήση του cold ironing, ως εναλλακτική πηγή ηλεκτροδότησης των πλοίων κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους. Ειδικότερα, αρχίζει να διαφαίνεται μία έντονη τάση για ηλεκτροδότηση μέσω cold ironing για τα λιμάνια με μεγάλη

κίνηση σε Ε/Γ-Ο/Γ και κρουαζιερόπλοια. Πιο συγκεκριμένα, ήδη έχει αρχίσει η μελέτη και ο σχεδιασμός νέων εγκαταστάσεων cold ironing σε νέα λιμάνια και αποβάθρες, όπως αυτό της Βαρκελώνης, της Τσιβιταβέκια, της Γένοβας, της Χάβρης, του Λιβόρνο, της Βενετίας, της Μασσαλίας καθώς και σε λιμάνια της Κύπρου.

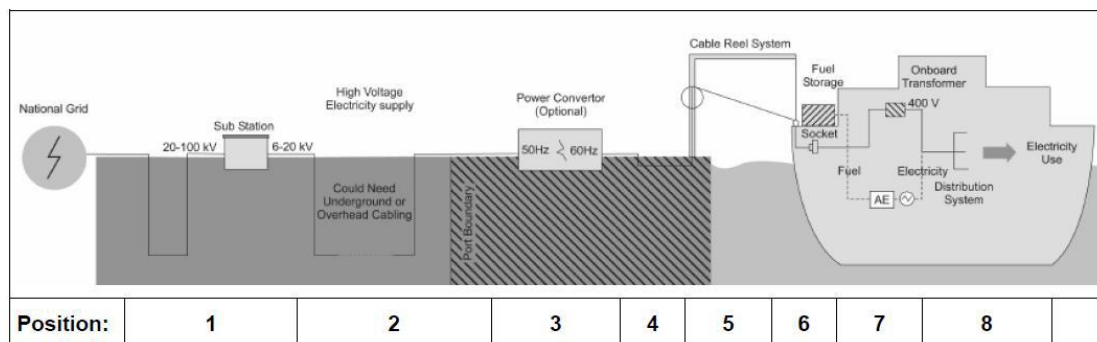
Σε ελληνικό επίπεδο, ήδη στα πλαίσια αναπτυξιακών προγραμμάτων συνεργασίας της ΕΕ με την Ελλάδα και άλλες χώρες, με σκοπό την πράσινη μετάβαση, σε λιμάνια με μηδενικούς ρύπους έχει σχεδιαστεί ένα πρόγραμμα cold ironing για διάφορα λιμάνια της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, για τον Πειραιά, που αποτελεί το κύριο λιμάνι της χώρας, και ένα από τα μεγαλύτερα ναυτιλιακά κέντρα της Μεσογείου, έχει γίνει μελέτη που προβλέπει την εγκατάσταση συστήματος cold ironing, ειδικά για τα ακτοπλοϊκά και τα κρουαζιερόπλοια. Σύμφωνα, με μελέτες και υπολογισμούς, η εφαρμογή τεχνολογία cold ironing στο λιμάνι του Πειραιά, μπορεί να εξοικονομήσει 19 εκατομμύρια €/ χρόνο και 190 GWh/ χρόνο ^[10].

4.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ COLD IRONING

Για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος cold ironing, τόσο για την ασφάλεια του προσωπικού που είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση και την αποσύνδεση των καλωδίων, όσο και για την εξασφάλιση της προστασίας έναντι ηλεκτρολογικών βλαβών (πχ βραχυκυκλώματα, πτώση τάσης, υπερφόρτωση δικτύου), έχουν θεσπιστεί πρότυπα (standards) και οδηγίες (προτάσεις) από τους αρμόδιους φορείς.

4.3.1 Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΕ

Η ΕΕ έχει ήδη προτείνει τη δική της οδηγία για μια τυπική διάταξη cold ironing, την πρόταση 2006/339/EC. Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία αυτή περιλαμβάνει τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος cold ironing, διαχωρισμένα σε 8 θέσεις, με σκοπό τον ορθό σχεδιασμό, την υλοποίηση και τον έλεγχο ενός νέου συστήματος cold ironing, είτε τη βελτίωση ενός υπάρχοντος με σκοπό την αύξηση των δυνατοτήτων του.



Εικόνα 4.5 Τυπική διάταξη cold ironing από την ζηρά σε ελλιμενισμένο πλοίο, 2006/339/EC

Για την κατανόηση του παραπάνω διαγράμματος, αυτό έχει χωριστεί σε 8 επιμέρους θέσεις:

1. σύνδεση τοπικού υποσταθμού με το εθνικό δίκτυο τάσης 20-100 kV, που μετασχηματίζεται στον υποσταθμό σε 6.6 ή 11 kV,
2. καλώδια που θα μεταφέρουν το ρεύμα τάσης 6.6 ή 11kV από τον υποσταθμό στην εγκατάσταση στην αποβάθρα είτε υπόγεια είτε υπέργεια,
3. μετατροπέας συχνότητας του ηλεκτρικού ρεύματος, αν χρειάζεται,
4. καλώδια διανομής του ρεύματος τάσης 6.6 kV ή 11 kV μετά τον μετατροπέα συχνότητας, στην εγκατάσταση στην αποβάθρα είτε υπόγεια, είτε υπέργεια,
5. σύστημα περιέλιξης και ανύψωσης των καλωδίων από την αποβάθρα στο πλοίο,
6. πρίζα στο πλοίο για τη σύνδεση των καλωδίων,
7. μετασχηματιστής στο πλοίο, που μετατρέπει το ρεύμα τάσης 6.6 kV ή 11 kV στην τάση λειτουργίας του πλοίου,
8. καλώδια διανομής του ρεύματος εντός του πλοίου, με τα βοηθητικά συστήματα εκτός λειτουργίας.

4.3.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ COLD IRONING

Τα πρότυπα λειτουργίας του cold ironing αποτελούν έγγραφα στα οποία περιέχονται αναλυτικά πληροφορίες και οδηγίες που καθορίζουν επακριβώς τον εξοπλισμό και τις αρχές καλής λειτουργίας που οφείλουν να διέπουν ένα σύστημα cold ironing. Τα πρότυπα αυτά έχουν εκδοθεί και πιστοποιηθεί από επίσημους φορείς: τον ISO (International Organisation for Standardization), την IEC (International Electrotechnical Commission) και την IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Συνοπτικά, τα πρότυπα είναι τα εξής:

- IEC/ISO/IEEE 80005-1:2019 – Utility Connections in Port. Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) systems,
- IEC/ISO/IEEE 80005-2:2016 – Utility Connections in Port. Part 2: High and Low Voltage Shore Connection systems,
- IEC/ISO/IEEE 80005-3:2016 – Utility Connections in Port. Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) systems.

Τα 2 πρώτα πρότυπα αναφέρονται στη διασύνδεση της ξηράς με το πλοίο μέσω συστημάτων υψηλής τάσης (High Voltage Shore Connection). Πιο συγκεκριμένα, στο part 1 καθορίζεται όλες εκείνες τις προϋποθέσεις για τον εξοπλισμό επί της ξηράς και

επί του πλοίου, τα στοιχεία διασύνδεσης, συστήματα διανομής υψηλής τάσης, μετασχηματιστές, μετατροπείς συχνότητας, ασφάλειες, στοιχεία προστασίας, μανδαλώσεις, γειώσεις κλπ. Στο δεύτερο μέρος (part2), καθορίζονται κυρίως στοιχεία ελέγχου και μετάδοσης πληροφοριών, για την επικοινωνία των συστημάτων υψηλής και χαμηλής τάσης. Στο part 3 καθορίζονται ακριβώς οι ίδιες πληροφορίες, όπως στο part 1 αλλά για συστήματα χαμηλής τάσεως συνδεσης με την ακτή (Low Voltage Shore Connection).

4.4. ΤΑΣΗ ΣΕ ΞΗΡΑ-ΠΛΟΙΟ

Μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες που επιτελούνται κατά τη διασύνδεση του πλοίου σε ηλεκτρική πηγή από τη στεριά είναι η μετατροπή τάσης της ξηράς, στην τάση λειτουργίας του ηλεκτρικού ρεύματος πάνω στο πλοίο. Η διαδικασία αυτή επιτελείται με τη βοήθεια μετασχηματιστή τάσεως, ο οποίος είναι εγκατεστημένος είτε στην ακτή, είτε πάνω στο πλοίο.

Σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη ενός συστήματος ηλεκτροδότησης πλοίου από τη στεριά είναι ο διαχωρισμός της υψηλής τάσης και της χαμηλής τάσης στη στεριά και στο πλοίο. Σε δίκτυα ξηράς ως συστήματα υψηλής τάσης θεωρούνται αυτά με τάση υψηλότερη των 35 kV, μέσης τάσης αυτά με τάση ανάμεσα στο 1kV και 35 kV και χαμηλής τάσης αυτά με τάση μικρότερη του 1 kV. Από την άλλη, τα συστήματα τάσης στο πλοίο διακρίνονται σε συστήματα υψηλής τάσης, με τάση ανάμεσα στο 1kV και τα 15kV (η ανώτερη λειτουργική τάση σε πλοία) και χαμηλής τάσης, με τάση μικρότερη του 1kV.

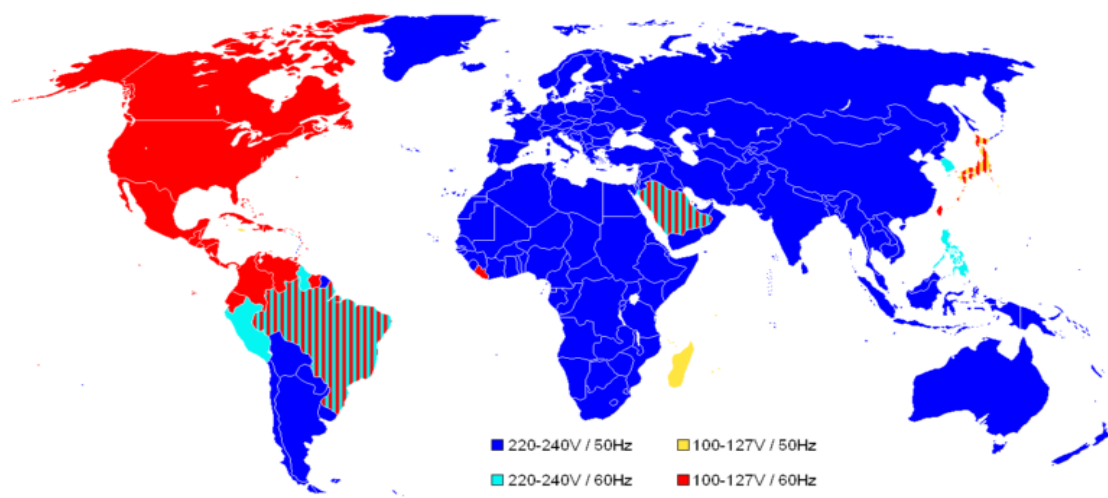
Με βάση την παραπάνω διαβάθμιση των συστημάτων τάσης, επιλέγεται και ποιο πρότυπο λαμβάνεται υπόψη κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος cold ironing. Το πρότυπο IEC/ISO/IEEE 80005-1, προτείνει τη χρησιμοποίηση τάσης 6.6 kV ή 11kV, και η ονομασία του ως HVSC, δηλαδή ως σύνδεση υψηλής τάσης, προέρχεται από την ανωτέρω διαβάθμιση για συστήματα τάσης πλοίων, και όχι ξηράς. Πρόκειται για την τιμή της τάσης του ρεύματος που μεταφέρεται στο πλοίο, πριν αυτό μετασχηματιστεί στην τάση λειτουργίας του πλοίου με τη βοήθεια μετασχηματιστή, όπως αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Είναι σημαντικό, να μη δημιουργείται σύγχυση μεταξύ της υψηλής τάσης στο πλοίο και της υψηλής τάσης στην ξηρά, έτσι ώστε να λαμβάνεται το κατάλληλο αντίστοιχο πρότυπο υποψη. Αντίστοιχα, για συστήματα cold ironing έως 1 kV, λαμβάνεται υπόψη το αντίστοιχο πρότυπο για LVSC.

4.5. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ-ΠΛΟΙΟ

Μία εξίσου σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της εκτέλεσης του cold ironing είναι η συχνότητα του ρεύματος της ξηράς και του πλοίου. Για να πραγματοποιείται επιτυχώς το cold ironing, θα πρέπει η συχνότητα του ρεύματος που λαμβάνει το πλοίο να είναι ίδια με τη συχνότητα λειτουργίας του ρεύματος σε αυτό.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το δίκτυο ξηράς έχει συχνότητα 50 Hz ή 60 Hz, ανάλογα με την τοποθεσία που βρίσκεται. Τα πλοία διαθέτουν κι αυτά συχνότητα λειτουργίας 50 Hz ή 60 Hz. Συνεπώς, σε περίπτωση που ένα πλοίο θέλει να πραγματοποιήσει ηλεκτρική τροφοδότηση από την ξηρά και η συχνότητα του ρεύματος του δικτύου της ξηράς διαφέρει από την συχνότητα του ρεύματος του πλοίου, κρίνεται απαραίτητη η μετατροπή της συχνότητας, με τη βοήθεια μετατροπέα συχνότητας, όπως αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Σε περίπτωση, που η συχνότητα του ρεύματος που φτάνει στο πλοίο δεν είναι ίδια με τη συχνότητα του, δεν είναι δυνατή η ορθή τροφοδότηση των ηλεκτρικών στοιχείων του πλοίου, με συνέπεια τη μη λειτουργία τους, ενώ ελλοχεύει ο κίνδυνος ανεπανόρθωτης ζημιάς τους.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η τάση και η συχνότητα του ρεύματος του ηλεκτρικού δικτύου σε όλον τον κόσμο. Παρατηρείται ότι τα κύρια ζεύγη τάσης συχνότητας είναι 220-240 V-50 Hz (το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο), 220-240 V- 60 Hz (χρησιμοποιούμενο κυρίως στη Νότια Κορέα, τις Φιλιππίνες και σε χώρες της Νότιας Αμερικής), 100-127 V- 50 Hz (χρησιμοποιούμενο κυρίως στη Βόρεια Αμερική) και 100-127 V- 60 Hz (χρησιμοποιούμενο στη Μαδαγασκάρη).



Εικόνα 4.6 Χάρτης με την τάση και τη συχνότητα του ρεύματος του δικτύου ξηράς

5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΠΛΟΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ

ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τα πλοία της ελληνικής ακτοπλοΐας που εκτελούν τακτικά δρομολόγια εντός ελληνικών χωρικών υδάτων σε όλο το φάσμα τους. Η περίπτωση της ελληνικής ακτοπλοΐας αποτελεί ενδιαφέρον πεδίο μελέτης σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας cold ironing, καθώς καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα πλοίων διαφόρων τύπων: Ε/Γ-Ο/Γ, ταχύπλοων, hydrofoils, σε ένα μεγάλο φάσμα ενεργειακών απαιτήσεων.

Η διασύνδεση πλοίου με το εθνικό δίκτυο στο λιμάνι, με σκοπό την εξ' ολοκλήρου ηλεκτροδότηση του από αυτό και την απενεργοποίηση των γεννητριών του κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού του, απαιτεί μια σειρά από μετασκευές σε αυτό. Οι μετασκευές αυτές περιλαμβάνουν τεχνικές εργασίες που πρέπει κατ' όπιν μελέτης να πραγματοποιηθούν. Τα κύρια χαρακτηριστικά των πλοίων που περιλαμβάνονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Όνομα Πλοίου	DWT (t)	Επιβάτες	Μήκος(m)	Πλάτος(m)	f (Hz)	V(V)
Fiore Di Levante	1671	1140	118,8	20,0	60	440
Mare Di Levante	2236	1287	120,2	21,0	60	440
Kefalonia	2690	1102	120,8	20,0	60	440
Andreas Kalvos	1734	850	98,6	16,2	60	440
Speedrunner 3	340	815	100,5	17,2	50	415
Kydon Palace	7086	2138	214,0	26,4	60	690
Festos Palace	7356	1785	214,0	32,0	60	690
Knossos Palace	7356	1705	214,0	32,0	60	690
Ocean Majesty	1690	621	135,3	19,2	50	380
Fd29	15	132	34,5	5,8	50	380
Fd17	16	132	34,5	5,8	50	380
Fd19	17	132	34,5	5,8	50	380
Flying Cat-6	43	338	40,0	10,1	50	400
Flying Cat-5	46	339	40,0	11,0	50	400
Flying Cat-3	64	342	45,0	11,8	50	415
Flying Cat-4	87	442	52,8	12,8	50	415
Hellenic Highspeed	290	281	100,3	17,1	50	415
Artemis	400	763	89,8	14,0	50	380
Highspeed 4	469	1010	92,6	24,0	50	400
Express Skiathos	528	1225	77,9	22,0	50	380
Blue Star Naxos	1893	1474	124,2	18,9	50	380
Blue Star Paros	1893	1474	124,2	18,9	50	380
Blue Star Chios	2472	1782	141,0	21,0	50	400
Diagoras	2557	1465	141,5	23,0	60	440
BS Mykonos	2568	1274	141,0	21,0	50	400

Blue Star Patmos	2637	2000	145,9	23,2	50	400
Blue Star Delos	2660	2400	145,9	23,2	50	380
Blue Star 1	4940	1895	176,1	26,0	60	440
Blue Star 2	4982	1854	176,1	26,0	60	440
Blue Horizon	5155	1488	187,1	27,0	60	450
Ariadne	5413	1845	196,0	27,0	60	440
Blue Carrier 1	5618	12	142,5	23,0	60	445
Nisso Rodos	5763	2210	192,5	27,3	60	440
Blue Galaxy	5904	1790	192,0	27,0	60	450
Nisso Samos	6197	2202	192,9	29,4	60	450
Superfast Xi	6361	1821	199,9	25,0	60	440
Superfast I	8605	938	199,1	26,6	60	690
Superfast Ii	8605	938	199,1	26,6	60	690
Speed Cat I	36	301	42,8	10,6	50	380
Ionis	1476	800	96,3	17,4	50	380
Porfyrousa	1143	-	75,5	14,0	50	380
Achilleas	2856	600	95,6	16,6	60	440
Macedon	1351	725	90,1	15,4	60	440
Asterion Ii	15218	780	192,5	27,0	60	440
El. Venizelos	4820	2500	175,5	28,5	50	400
Elyros	5186	-	192,0	27,0	60	440
Hellenic Spirit	6524	1560	204,0	26,1	50	400
Kriti I	5375	986	191,8	29,4	60	440
Kriti Ii	5375	986	191,8	29,4	60	440
Olympic Champion	6575	1850	204,0	26,1	50	400
Prevelis	3300	-	142,5	23,5	60	450
Superferry	999	1400	120,9	20,0	60	440
Superexpress	366	1070	91,3	26,0	50	407
Dodekanissos Express	45	337	40,0	11,5	50	380
Dodekanissos Pride	50	280	40,0	11,5	50	400

Πίνακας 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ακτοπλοϊκών πλοίων

5.1. ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Σημαντικό στοιχείο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η εύρεση του πραγματικού χρόνου παραμονής των ακτοπλοϊκών στα λιμάνια. Τα δεδομένα που παρέχονται από αυτούς τους χρόνους παραμονής υποδεικνύουν τη μελλοντική πρόβλεψη αντίστοιχων χρόνων παραμονής για τα ίδια χρονικά διαστήματα με βάσει το προγραμματισμένο δρομολόγιο των πλοίων.

Ο υπολογισμός του πραγματικού χρόνου παραμονής τους στα λιμάνια είναι εξέχουσας σημασίας, καθώς έχοντας αυτό δεδομένο, μπορεί να υπολογιστεί η κατανάλωση

καυσίμου από τις ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου, με βάση την ειδική κατανάλωση καυσίμου από τις ηλεκτρογεννήτριες και την κατανάλωση ισχύος σε kWh.

Η μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων περιγράφεται στη συνέχεια. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα www.marinetraffic.com.

5.1.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αντλήθηκαν στοιχεία από το Marine Traffic σχετικά με το χρόνο παραμονής των πλοίων στα κεντρικά λιμάνια του Πειραιά, του Λαυρίου και της Πάτρας για το χρονικό διάστημα 1/01/2022-31/12/2022, για την περίοδο δηλαδή ενός ημερολογιακού έτους. Παρατηρήθηκε ότι για τα πλοία που εκτελούν παρόμοια δρομολόγια, οι χρόνοι παραμονής στο λιμάνι και ο αριθμός των προσεγγίσεων στο λιμάνι δεν διαφοροποιείται σημαντικά.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε διατίθενται στοιχεία για όλα τα πλοία που εξετάζονται στην παρούσα ανάλυση από το Marine Traffic. Για να υπολογιστούν οι χρόνοι παραμονής των πλοίων για τα οποία δεν υπάρχουν στοιχεία, χρησιμοποιήθηκε μια προσέγγιση με βάση το χρόνο παραμονής των πλοίων που εκτελούν παρόμοιο δρομολόγιο.

5.1.1.1 MARINE TRAFFIC

Η ιστοσελίδα marinetraffic.com αποτελεί τον κύριο πάροχο δεδομένων που σχετίζονται με τον live εντοπισμό της τοποθεσίας όλων των πλοίων που διαθέτουν ενεργοποιημένο τον αντίστοιχο πομπό AIS (Automated Identification System). Αυτή η τεχνολογία παροχής δεδομένων βασίζεται στην ανταλλαγή σήματος, στη συχνότητα των υπερβραχέων κυμάτων VHF (Very High Frequency), μεταξύ των πλοίων και άλλων παράκτιων σταθμών ναυσιπλοΐας. Η ύπαρξη ενός μεγάλου δικτύου παράκτιων σταθμών λήψης AIS σημάτων σε συνεργασία με δορυφορικούς δέκτες, αλγόριθμους και άλλες συμπληρωματικές υπηρεσίες παροχής δεδομένων, αποτελεί σημαντικό εργαλείο τόσο για τους επαγγελματίες της ναυτιλίας ανά τον κόσμο, όσο και για φορείς όπως ο IMO, ο ΟΗΕ κ.ά.

Χαρακτηριστικό των δεδομένων που παρέχονται είναι η υψηλή ακρίβεια ακόμη και σε σχετικά απομακρυσμένες περιοχές, η γρήγορη ανανέωση των δεδομένων χωρίς να παρέλθει μεγάλος χρόνος καθυστέρησης, το μεγάλο πλήθος πλοίων που ταυτόχρονα υποστηρίζεται, καθώς και η ποικιλία δεδομένων που παρέχονται. Ορισμένοι από τους τύπους δεδομένων που είναι στη διάθεση του χρήστη μέσω της σελίδας είναι οι εξής: όνομα και τύπος πλοίου, αριθμός IMO, λιμένας αναχώρησης/άφιξης, ταχύτητα,

χαρακτηριστικά πλοίου κα. Ακόμη παρέχονται αντίστοιχες πληροφορίες για τους λιμένες και για τον καιρό.

Ακόμη, στην ιστοσελίδα marinetraffic.com ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει διάφορα στοιχεία σχετικά με την πορεία των πλοίων για ένα διάστημα του ενός χρόνου, όπως χρόνος παραμονής στο λιμένα, ώρες άφιξης & αναχώρησης, προορισμοί κα.

Αξιοσημείωτο είναι ότι ενδέχεται τα ακριβή στοιχεία σχετικά με τους χρόνους παραμονής των πλοίων στους λιμένες, ειδικά σε μια μεγάλη χρονική περίοδο όπως αυτή που παρουσιάζεται, να φέρουν μικρές αποκλίσεις, καθώς κάποια δεδομένα παραλείπονται λόγω διαφορών παραγόντων (πχ πνευματικά δικαιώματα λιμένων η παρόχων, πιθανές βλάβες η συντηρήσεις στο σύστημα ανταλλαγής δεδομένων, απεργίες κ.α).

5.1.2 ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ

Κατά την παραμονή των πλοίων στους λιμένες, οι ενεργειακές απαιτήσεις του πλοίου διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατάσταση που αυτό βρίσκεται. Κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού του και της φορτοεκφόρτωσης το πλοίο έχει αυξημένες ενεργειακές ανάγκες καθώς βρίσκονται σε λειτουργία αρκετά βοηθητικά συστήματα, που είναι απαραίτητα για τους χειρισμούς, την φορτοεκφόρτωση επιβατών, οχημάτων και εμπορευμάτων και την ασφαλή πρόσδεση του πλοίου στο λιμένα. Τέτοια βοηθητικά συστήματα μπορεί να είναι: αντλίες, συμπιεστές, εργάτης άγκυρας, μηχανικά βοηθήματα κá.

Ακόμη, μετά τον ελλιμενισμό του και έως ότου αναχωρήσει για το επόμενο δρομολόγιο, οι γεννήτριες του πλοίου βρίσκονται σε μια κατάσταση ρελαντί καθώς το πλοίο έχει μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις. Οι ενεργειακές ανάγκες περιορίζονται, έτσι ώστε να έχει μια ασφαλή παραμονή στο λιμένα και να παρέχονται βασικές υπηρεσίες σε πλήρωμα και επιβάτες που βρίσκονται εντός αυτού (πχ κλιματισμός, θέρμανση, ενδιαίτηση, συσκευές μαγειρίου κα).

Πιο αναλυτικά, ο συνολικός χρόνος που βρίσκεται το πλοίο σε λιμάνι υπό συνθήκες τακτικών ή έκτακτων δρομολογίων χωρίζεται σε δύο φάσεις:

- Φάση λειτουργίας/χειρισμών (operating/ manuevering mode): αποτελεί το χρονικό διάστημα από την είσοδο του πλοίου εντός των ορίων του λιμένα μέχρι την πλήρη εκφόρτωση επιβατών, οχημάτων και εμπορευμάτων (κατά το σκέλος της άφιξης του πλοίου στο λιμένα). Αντίστοιχα, κατά το σκέλος της

αναχώρησης ορίζεται ως το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το πλοίο ξεκινάει τη φόρτωση εμπορευμάτων, οχημάτων και επιβατών μέχρι την αναχώρηση του από τα όρια του λιμανιού.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματεύεται την ηλεκτροδότηση του Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου από δίκτυο στεριάς, η διαδικασία αυτή διακόπτεται λίγα λεπτά πριν την αποκόλληση του πλοίου από την προβλήτα καθώς καθίσταται πρακτικά αδύνατη η ηλεκτροδότηση του ενώ αυτό κινείται. Γι' αυτό το λόγο, ως φάση λειτουργίας/χειρισμών (operating/manuevering) mode θεωρείται η φάση κατά την οποία το πλοίο φορτοεκφορτώνει επιβάτες, οχήματα και εμπορεύματα.

- Η φάση λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών στο ρελαντί (idle mode), όπου η ενεργειακή απαίτηση είναι μειωμένη (προσεγγιστικά έως και 70% σε σχέση με την ονομαστική ισχύ των ηλεκτρογεννητριών). Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, απαιτείται ηλεκτρική ισχύς μόνο για τη λειτουργία βασικού εξοπλισμού επί του πλοίου (πχ φωτισμός, ψύξη). Κυρίως η idle λειτουργία εμφανίζεται περίπου 1-2 ώρες μετά την πρόσδεση του πλοίου και έως 1-2 ώρες πριν την αναχώρηση του πλοίου, καθώς και κατά τη διανυκτέρευση ενός ακτοπλοϊκού που εκτελεί ημερήσιο δρομολόγιο και αντίστροφα.

5.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΦΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ & ΡΕΛΑΝΤΙ

Με βάση το χρόνο που δίνεται προσεγγιστικά από τις πλοιοκτήτριες εταιρίες για το χρόνο λειτουργίας/χειρισμών εν όρμω (ανά προσέγγιση) και τον αριθμό των προσεγγίσεων κάθε πλοίου, υπολογίζεται για κάθε πλοίο ο συνολικός χρόνος λειτουργίας/χειρισμών εν όρμω (operating/manuevering time at port). Στη συνέχεια, αφαιρώντας από το συνολικό χρόνο παραμονής των πλοίων στους λιμένες τον χρόνο λειτουργίας/χειρισμών που υπολογίστηκε, βρίσκεται ο χρόνος που αντιστοιχεί στη φάση ρελαντί για κάθε πλοίο. Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόστηκε για κάθε πλοίο ξεχωριστά.

$$t_{idle_{total}} = t_{idle_{average}} \times \text{αριθμός προσεγγίσεων (ώρες)}$$

$$t_{oper_{total}} = t_{port_{total}} - t_{idle_{total}} \text{ (ώρες).}$$

Αναλυτικά, οι υπολογισμοί και οι γραμμές με βάση τις οποίες κατηγοριοποιούνται τα πλοία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες^[11].

Όνομα Πλοίου	Μέσος χρόνος παραμονής (λεπτά)	Μέσος χρόνος παραμονής (ώρες)	Εβδομαδιαίες Προσεγγίσεις	Μηνιαίες Προσεγγίσεις	Μέσος χρόνος λειτουργίας Η/Γ (ώρες)	Μέσος χρόνος ρελαντί (ώρες)	Συνολικός χρόνος λειτουργίας Η/Γ (ώρες)	Συνολικός χρόνος ρελαντί (ώρες)
Πειραιάς – Νησιά ΒΑ Αιγαίου - Δωδεκάνησα								
Blue Star Chios	515,39	8,59	3,9	15,6	2,5	6,09	507,5	1236,27
Diagoras	573,21	9,55	3,62	14,48	2,5	7,05	470	1325,4
Blue Star Myconos	410,92	6,85	3,98	15,92	2,5	4,35	517,5	900,45
Blue Star Patmos	567,07	9,45	3,81	15,24	2,5	6,95	495	1376,1
Blue Star 1	-	-	-	-	-	-	-	-
Blue Star 2	601,8	10,03	3,18	12,72	2,5	7,53	414	1246,97
Ariadne	852,87	14,21	3,12	12,48	2,5	11,71	405	1897,02
Blue Carrier1	553,87	9,23	2,94	11,76	2,5	6,73	382,5	1029,69
Nissos Rodos	515,82	8,6	2,65	10,6	2,5	6,1	345	841,8
Nissos Samos	588,66	9,81	2,94	11,76	2,5	7,31	382,5	1118,43
Πειραιάς - Κρήτη								
Kydon Palace	730,9	12,18	2,85	11,4	4	8,18	592	1210,64
Festos Palace	772,91	12,88	3,46	13,84	7	5,88	1260	1058,4
Knossos Palace	827,26	13,79	3,58	14,32	8	5,79	1488	1076,94
El. Venizelos	-	-	-	-	-	-	-	-
Elyros	712,29	11,87	2,71	10,84	4,5	7,37	634,5	1039,17
Kriti II	779,17	12,99	2,67	10,68	4,5	8,49	625,5	1180,11
Kriti I	-	-	-	-	-	-	-	-
Ariadne	852,87	14,21	3,12	12,48	2,5	11,71	405	1897,02
Blue Galaxy	713,55	11,89	3,81	15,24	2,5	9,39	495	1859,22
Prevelis	621,96	10,37	1,59	6,36	3	7,37	248,4	610,24
Blue Horizon	740,4	12,34	3,12	12,48	2,5	9,84	405	1594,08
Πειραιάς - Κυκλάδες								
Blue Star Delos	495,69	8,26	6,96	27,84	2,5	5,76	905	2085,12
Blue Star Naxos	327,47	3,16	6,67	26,68	2,5	0,66	867,5	229,02
Blue Star Paros	724,90	12,08	5,75	23	2,5	9,58	747,5	2864,42
Highspeed 4	398,536	6,64	6,92	27,68	2,5	4,14	450	745,2
Πάτρα - Αδριατική								
Hellenic Spirit	473,78	7,9	1,9	7,6	2	5,9	198	584,1
Olympic Champion	607,89	10,13	1,52	6,08	2	8,13	158	642,27
Superfast I	391,19	6,52	3,12	12,48	2,5	4,02	405	651,24
Superfast II	382,8	6,38	2,71	10,84	2,5	3,88	352,5	547,08
Superfast XI	427,23	7,12	2,52	10,08	2,5	4,62	327,5	605,22
Asterion II	673,8	11,23	1,69	6,76	5	6,23	440	548,24

Πειραιάς – Σαρωνικός								
Flying Cat 3	742,8	12,38	3,17	12,68	1,25	11,13	206,25	1836,45
Flying Cat 4	810,6	13,51	3,62	14,48	1,25	12,26	235	2304,88
Flying Cat 5	826,8	13,78	4,25	17	1,25	12,53	276,25	2769,13
Flying Cat 6	881,1	14,69	3,08	12,32	1,25	13,44	200	2150,4
Speedcat	861,69	14,36	6,19	24,76	2,5	11,86	805	3818,92
Κυλλήνη – Ζάκυνθος -Κεφαλονιά								
Fior di Levante	97,18	1,62	6,48	25,92	1,62	-	545,94	-
Mare di Levante	113,78	1,9	6,63	26,52	1,9		655,5	
Andreas Kalvos	123,33	2,06	5,69	22,76	2,06		609,76	
Kefalonia	139,23	2,32	4,38	17,52	2,32		528,96	

Πίνακας 5.2 Χρόνοι παραμονής πλοίων στους κύριους λιμένες

*για τα πλοία που δεν υπάρχουν στοιχεία, χρησιμοποιούνται χρόνοι για πλοία με παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά και ίδιο δρομολόγιο.

5.2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να υπολογιστούν οι απαιτήσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα είναι ο ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου, που συνίσταται στον υπολογισμό τόσο της πραγματικής όσο και της άεργου ισχύος των καταναλωτων του πλοίου στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας. Ο ηλεκτρικός ισολογισμός γίνεται κατά την κατασκευή του πλοίου από τον κατασκευαστή και αφού προσδιοριστούν τα απαραίτητα ηλεκτρικά φορτία για την άρτια λειτουργία του πλοίου, στη συνέχεια επιλέγεται ο αριθμός και η ισχύς των ηλεκτρογεννητριών, των πινάκων και της καλωδίωσης που πρόκειται να εγκατασταθούν σε αυτό. Ακόμη, δίνει στον κατασκευαστή την πραγματική απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για όλες τις φάσεις λειτουργίας του.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο ηλεκτρικός ισολογισμός για το πλοίο Superfast II.

DISEGNO: -		PAGINA: 2	REV. NE: 1	SUPERFAST II		COSTRUZIONE: 1241+44	
BILANCIO ELETTRICO (Riepilogo)							
GRUPPO	DESCRIZIONE / SERVIZIO	CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO NAVE					
		EMERGENZA POTENZA [KW]	PORTO POTENZA [KW]	MANOVRA POTENZA [KW]	NAVIGAZIONE INVERNALE POTENZA [KW]	NAVIGAZIONE ESTIVA POTENZA [KW]	
A	COPERTA E SERVIZI SCAFO	84,8	119,4	2288,1	119,4	119,4	
B	NAVIGAZIONE-AUTOMAZIONE	9,8	9,7	37,5	27,3	14,8	
C	APPARATO MOTORE	121,0	556,4	585,6	635,6	635,6	
D	SICUREZZA	116,4	7,5	7,0	7,0	7,0	
E	CARICO-SCARICO	0,0	610,9	474,2	864,2	864,2	
F	CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE	5,3	346,9	453,2	284,4	511,8	
G	SANITARI-CAMERA	15,0	45,9	28,0	43,1	43,1	
H	CAMBUSA-CELLE FRIFO	0,0	51,5	45,8	48,5	68,7	
I	RISTORO-CUCINA	0,0	198,3	1,4	297,6	297,6	
L	ILLUMINAZIONE E PICCOLA FORZA	36,9	146,1	139,5	147,8	152,6	
M	OFFICINA	0,0	36,2	0,0	24,7	24,7	
POTENZA RICHIESTA [KW]		389,1	2128,8	4060,2	2499,6	2739,5	
POTENZA DISPONIBILE [KW]		DWG EMERGENZA 550,0	N.2 DDGG 3200,0	N.3 DDGG 4800,0	N.2 DDGG 3200,0	N.2 DDGG 3200,0	
FATTORE DI CARICO DEI GENERATORI [%]		70,8	66,5	84,5	78,1	85,6	

Εικόνα 5.1 Ηλεκτρικός ισολογισμός Superfast I [5.1]

Ο ηλεκτρικός ισολογισμός για κάθε πλοίο ξεχωριστά αποτελεί την απαραίτητη μεθοδολογία για τον αναλυτικό υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών σε όλες τις φάσεις λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών.

Η διαδικασία του ηλεκτρικού ισολογισμού σε ένα μεγάλο εύρος πλοίων, όπως αυτό που εξετάζεται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία, καθώς η εύρεση όλων των απαραίτητων ηλεκτρολογικών στοιχείων απαιτεί ιδιαίτερο χρόνο και κόστος.

Αντιθέτως, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας διατίθενται προτινόμενες τιμές ηλεκτρικής ισχύος για τη μέση και τη μέγιστη ισχύ τόσο για τη φάση λειτουργίας/χειρισμών όσο και για τη φάση ρελαντί. Είναι δυνατός έτσι ο ακριβής υπολογισμός όλης της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος με τη βοήθεια διορθωτικών συντελεστών.

Οι συντελεστές προκύπτουν μέσω της κατηγοριοποίηση των πλοίων με βάσει το δρομολόγιο τους και τη χωρητική τους ικανότητα, καθώς πχ τα πλοία που έχουν μεγάλη χωρητικότητα γκαράζ θα έχουν αυξημένο χρόνο φορτοεκφόρτωσης σε σχέση με εκείνα που έχουν μικρότερο, κατά τη διάρκεια της φάσης λειτουργίας των ηλεκτρικών μηχανών. Ακόμη, τα πλοία που κάνουν συστηματικά διανυκτέρευση στο λιμάνι θα έχουν σημαντικά μειωμένο συντελεστή φορτίου κατά τη διάρκεια της φάσης ρελαντί σε σχέση με εκείνα που έχουν μικρό χρόνο παραμονής στο λιμάνι (άρα και δε διανυκτερεύουν).

Είναι φανερό, ότι πληρέστερη διαδικασία αποτελεί η πραγματοποίηση του ηλεκτρικού ισολογισμού για κάθε ένα πλοίο ξεχωριστά, ωστόσο τα δεδομένα που παρέχονται στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας μας οδηγούν στο δεύτερο σενάριο.

Λόγω της διαφορετικής φύσης των δρομολογίων και για την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής ισχύος, λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω διορθωτικοί συντελεστές χρήσης για τα διάφορα δρομολόγια (με βάση τα δεδομένα που αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα marinetraffic.com και την εκ περιτροπής παρακολούθηση των δρομολογίων των πλοίων μέσω marinetraffic.com):

- Κυλλήνης-Ζακύνθου-Κεφαλονιάς: το χαρακτηριστικό των πλοίων σε αυτή τη γραμμή είναι ο μικρός χρόνος παραμονής στο λιμάνι της Κυλλήνης ανάμεσα στα δρομολόγια λόγω της φύσης της γραμμής (συχνά δρομολόγια μικρής διάρκειας, ιδίως κατά τη θερινή περίοδο), με άλλα λόγια το μεγάλο χρόνο στην φάση λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια της διανυκτέρευσης τα πλοία παραμένουν επί το πλείστον στα λιμάνια της Ζακύνθου και της Κεφαλονιάς, με τις ηλεκτρομηχανές σβηστές, έχοντας ελάχιστη απαίτηση για ηλεκτρικό ρεύμα, για αυτό δε λαμβάνεται υπόψη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Συνεπώς επιλέγονται οι εξής συντελεστές για κάθε πλοίο:
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 20% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 80% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
- Πειραιάς-Κυκλάδες & Πειραιάς-Κρήτη & Πειραιάς-ΒΑ Αιγαίο: σε αυτές τις γραμμές τα πλοία παραμένουν στο λιμάνι του Πειραιά για διανυκτέρευση με ανοιχτές τις μηχανές καθώς υπάρχει σχετικά αξιοσημείωτη ηλεκτρική απαίτηση, η οποία και μειώνεται με τη σταδιακή αποχώρηση των επιβατών και του πληρώματος από το πλοίο. Κατά τη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης υπάρχει αυξημένη απαίτηση σε ισχύ καθώς τα πλοία που εκτελούν τα δρομολόγια έχουν μεγάλη μεταφορική ικανότητα και μεγάλα γκαράζ. Συνεπώς επιλέγονται οι εξής συντελεστές για κάθε πλοίο:
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση ρελαντί των μηχανών για το 80% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση ρελαντί των μηχανών για το 20% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,

- Υποδιπλάσια της μέσης απαιτούμενης ισχύος για τη φάση ρελαντί των μηχανών για το 15% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 70% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 15% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι.
- Πειραιάς-Σαρωνικός: Πρόκειται για γραμμή με ταχύπλοα επιβατηγά χωρίς γκαράζ με μικρές ηλεκτρικές απαιτήσεις και μικρό χρόνο φορτοεκφόρτωσης. Ωστόσο, η ύπαρξη μικρού χρόνου φορτοεκφόρτωσης οδηγεί σε κατανάλωση που προσεγγίζει το 100% της μέγιστης κατανάλωσης για τη φάση λειτουργίας. Συνεπώς επιλέγονται οι εξής συντελεστές για κάθε πλοίο:
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 20% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 80% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση ρελαντί για το 100% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι.
- Πάτρα-Ιταλία: Για τα πλοία της γραμμής Πάτρα-Ιταλία παρατηρείται σχετικά μικρός χρόνος παραμονής στο λιμάνι, τόσο για τη φάση λειτουργίας όσο και για τη φάση ρελαντί. Αυτό εξηγείται τόσο από τη φύση δρομολογίων (πυκνά δρομολόγια, μεγάλης διάρκειας), όσο και από το γεγονός ότι για τη διανυκτέρευση τους (η οποιαδήποτε μεγάλη παραμονή), υπάρχει η εναλλακτική τόσο της Ηγουμενίτσας όσο και των μεγάλων Ιταλικών λιμανιών (Βενετία, Ανκόνα, Μπάρι, Μπρίντιζι). Συνεπώς επιλέγονται οι εξής συντελεστές:
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 20% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 80% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέγιστη απαιτούμενη ισχύς για τη φάση ρελαντί των μηχανών για το 80% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι,
 - Μέση απαιτούμενη ισχύς για τη φάση λειτουργίας των μηχανών για το 20% του χρόνου παραμονής στο λιμάνι.

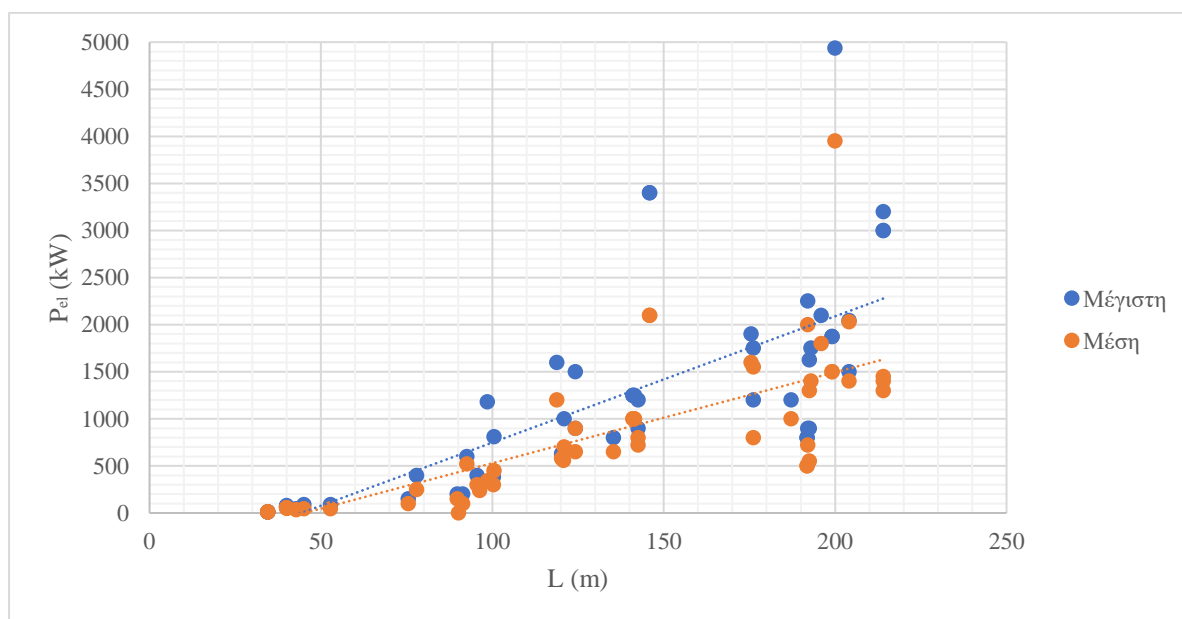
- Λοιπά δρομολόγια: Για πλοία χωρίς συγκεκριμένη δρομολογιακή γραμμή, επιλέγονται συντελεστές, προσεγγιστικά με βάσει τους συντελεστές που επιλέχθηκαν για πλοία με παρόμοια χαρακτηριστικά (μεταφορική ικανότητα, παρόμοια ηλεκτρική ισχύς κ.λπ)

Με βάσει τις παραπάνω εκτιμήσεις, αλλά και εμπειρικά ευρήματα που λαμβάνονται υπόψη, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά πλοίο για το διάστημα ενός ημερολογιακού έτους.

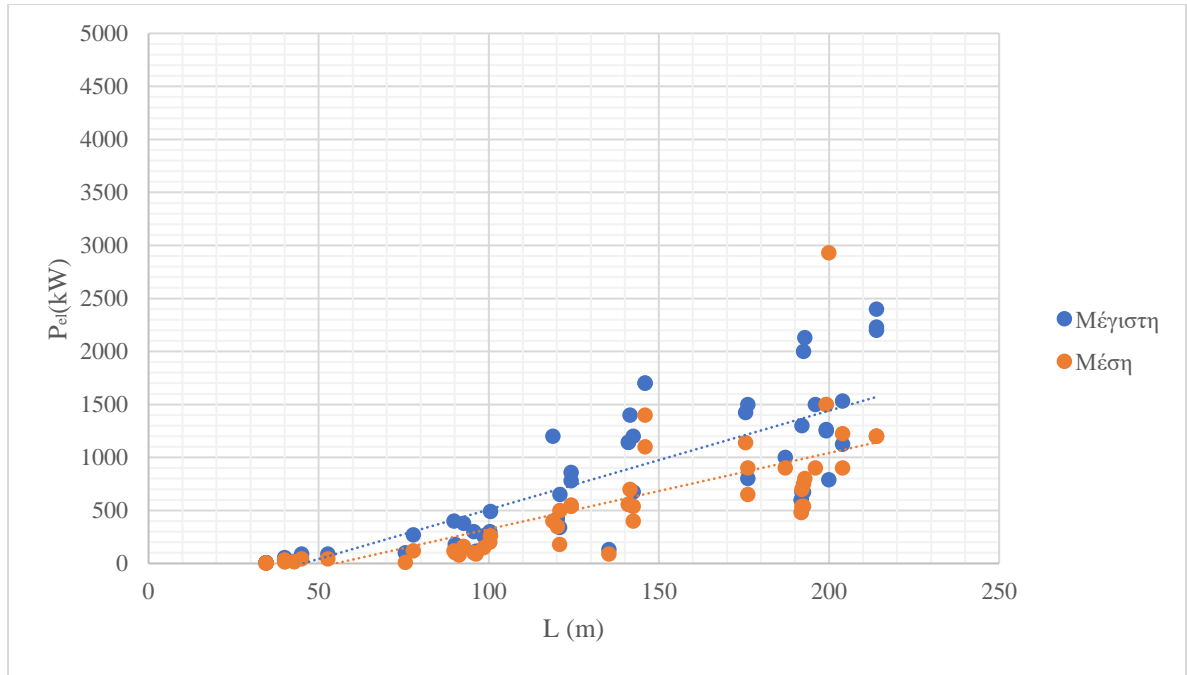
Όνομα Πλοίου	Μέση απαίτηση σε φάση ρελαντί (kW)	Μέγιστη απαίτηση σε φάση ρελαντί (kW)	Μέση απαίτηση σε φάση λειτουργίας χειρισμών (kW)	Μέγιστη απαίτηση σε φάση λειτουργίας χειρισμών (kW)	Συνολική ενέργεια σε φάση ρελαντί (kWh)	Συνολική απαίτηση σε φάση λειτουργία/ χειρισμών (kWh)	Συνολική ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
Fiore Di Levante	400	1200	1200	1600	-	655128	655128
Mare Di Levante	350	420	580	630	-	399855	399855
Kefalonia	180	340	560	640	-	370734	370734
Andreas Kalvos	150	260	340	1180	-	446442	446442
Speedrunner 3	260	490	450	810	113781	188860	302640
Festos Palace	1200	2200	1400	3000	1428840	2167200	3596040
Knossos Palace	1200	2230	1450	3000	1458715	2618880	4077595
Kydon Palace	1200	2400	1300	3200	1670683	994560	2665243
Ocean Majesty	90	130	650	800	517912	417715	935627
Ariadne	900	1500	1800	2100	1878050	753300	2631350
Artemis	120	400	150	200	115240	29952	145192
Blue Carrier 1	400	1200	800	1200	535439	336600	872039
Blue Galaxy	700	1300	2000	2250	1468784	1014750	2483534
Blue Horizon	900	1000	1000	1200	1458583	421200	1879783
Blue Star 1	650	800	800	1200	892255	387636	1279892
Blue Star 2	900	1500	1550	1750	1234498	658260	1892758
Blue Star Chios	556	1142	1000	1250	796034	532875	1328909
Blue Star Delos	1100	1700	2100	3400	2481293	2135800	4617093
Blue Star Mykonos	556	1142	1000	1250	579800	543375	1123175
Blue Star Naxos	540	780	650	900	131916	607250	739166
Blue Star Paros	550	860	900	1500	1708627	762450	2471077
Blue Star Patmos	1400	1700	2100	3400	1988465	1168200	3156665
Diagoras	700	1400	1000	1250	1066947	493500	1560447
Express Skiathos	120	270	250	400	181994	159644	341638
Flying Cat-3	45	90	45	90	82640	11138	93778
Flying Cat-4	45	90	45	90	103720	12690	116410
Flying Cat-5	30	38	55	70	83074	16023	99096
Flying Cat-6	30	38	55	70	64512	11600	76112
Fd19	4	8	10	12	15276	8372	23648
Fd17	4	8	10	12	13183	7225	20408
Fd29	4	8	10	12	13499	7398	20898

Hellenic Highspeed	200	300	300	380	651878	238160	890037
Highspeed 4	160	380	520	600	145314	241200	386514
Nisso Rodos	750	2000	1300	1625	815494	470925	1286419
Nisso Samos	800	2130	1400	1750	1154779	562275	1717054
Superfast I	1500	1250	1500	1875	944298	637875	1582173
Superfast Ii	1500	1262	1500	1875	794579	555188	1349766
Superfast Xi	2930	790	3950	4937,5	1514260	1358306	2872567
Speed Cat I	15	20	36	45	212612	123011	335623
Ionis	90	115	240	305	155059	108814	263873
Porfyrousa	10	100	100	150	16760	44104	60864
Achilleas	100	300	300	400	643566	225812	869378
Macedon	100	180	120	180	432477	113809	546286
Asterion Ii	540	675	550	900	307151	272800	579951
El. Venizelos	1140	1425	1600	1900	618291	509422	1127713
Elyros	540	675	720	900	582195	479682	1061877
Hellenic Spirit	900	1125	1400	1500	545403	281160	826563
Kriti I	480	600	500	800	526046	313536	839581
Kriti Ii	480	600	500	800	587695	350280	937975
Olympic Champion	1225,6	1532	2031	2043	816685	321277	1137962
Prevelis	540	675	720	900	341885	187790	529675
Superferry	500	650	700	1000	1045513	381973	1427486
Superexpress	80	120	100	200	159253	51948	211201
Dodekanissos Express	15	45	50	60	27972	3263	31235
Dodekanissos Pride	15	55	55	80	30240	7999	38239

Πίνακας 5.3 Υπολογισμός συνολικών ηλεκτρικών απαιτήσεων των ακτοπλοϊκών



Διάγραμμα 5.1 Εκτίμηση μέγιστης & μέσης ηλεκτρικής ισχύος συναρτήσει του μήκους των πλοίων για την κατάσταση λειτουργίας/χειρισμών



Διάγραμμα 5.2 Εκτίμηση μέγιστης & μέσης ηλεκτρικής ισχύος συναρτήσει του μήκους των πλοίων για την κατάσταση ρελαντί

6. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

6.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ

Για τον παραλληλισμό του ηλεκτρικού δικτύου του πλοίου με αυτό του λιμανιού είναι απαραίτητο να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις ^[12] ανάμεσα στο ρεύμα λειτουργίας των γεννητριών και το ρεύμα που παρέχει το λιμάνι:

- Να έχουν ίσες τάσεις.
- Να έχουν ίσες συχνότητες.
- Να έχουν τάσεις «εν φάσει» μία προς μία.
- Να έχουν ίδια διαδοχή φάσεων.

Για να πληρούνται οι παραπάνω απαραίτητες προϋποθέσεις, είναι απαραίτητη η πραγματοποίηση συγκεκριμένων μετασκευών πάνω στο πλοίο.

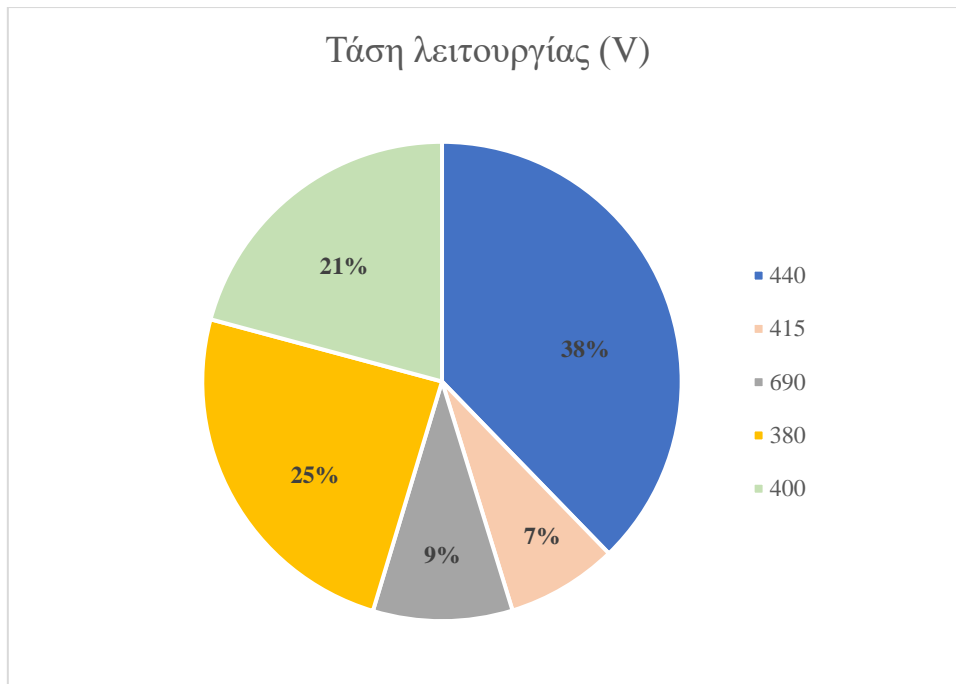
6.2. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

Ο μετασχηματιστής ισχύος (Μ/Σ) αποτελεί μία εγκατάσταση που έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει ένα δεδομένο επίπεδο εναλλασσόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (είσοδος) σε ένα άλλο επιθυμητό, διατηρώντας ίδια τη συχνότητα και μεταβάλλοντας την τάση.

Η κύρια εργασία που πρέπει να πραγματοποιηθεί πάνω στο πλοίο είναι, η τοποθέτηση μετασχηματιστή με σκοπό την εξίσωση της τάσης του δικτύου με την τάση λειτουργίας των γεννητριών του πλοίου ($\pm 3\%$). Η παροχή ρεύματος από το λιμάνι προς το πλοίο προτείνεται να είναι 6.6 kV ή 11 kV ^[13] και η διασύνδεση του με το πλοίο να γίνεται με τη παρουσία μετασχηματιστή, ο οποίος θα εξισώνει την τάση αυτή με την τάση λειτουργίας των γεννητριών του πλοίου. Η παροχή υψηλής τάσης στη στεριά ωφελεί τόσο στη χρησιμοποίηση καλωδίων μικρότερης διαμέτρου για τη μεταφορά του ρεύματος, όσο και σε πιθανές απώλειες τάσεως λόγω του μήκους των καλωδίων.

Στα κύρια λιμάνια της χώρας (Πειραιάς, Πάτρα, Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Χανιά, Ρόδος) βρίσκεται ακόμα υπό μελέτη η κατασκευή υποδομής για την παροχή της απαιτούμενης υψηλής (για την ξηρά) τάση της τάξεως 6.6kV ή 11kV σύμφωνα με το ISO. Στα πλαίσια της εργασίας λαμβάνεται υπόψη η παροχή από το λιμάνι υψηλής τάσης 11 kV.

Τα εν ενεργεία ακτοπλοϊκά διαθέτουν τάση λειτουργίας ανάμεσα στο εύρος 380-660 Volt. Στο παρακάτω διάγραμμα βρίσκονται κατανεμημένα τα ακτοπλοϊκά με βάσει την τάση λειτουργίας τους.



Διάγραμμα 6.1 Κατανομή πλοίων με βάση την τάση λειτουργίας τους

6.2.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αρχή λειτουργίας ενός μετασχηματιστή τάσης βασίζεται σε 2 τυλίγματα που αποτελούνται από δύο ομοαξονικά πηνία, κυλινδρικής μορφής, τυλιγμένα γύρω από έναν σιδηρομαγνητικό πυρήνα. Τα δύο πηνία αυτά δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα, παρα μόνο υπάρχει σύζευξη μέσω του μαγνητικού πεδίου Φ που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του πυρήνα. Για να πραγματοποιηθεί η αλλαγή του επιπέδου τάσης, το ένα από τα δύο τυλίγματα συνδέεται στην πηγή εναλλασσόμενης τάσης V_1 (πρωτεύον) και στο άλλο τυλίγμα επάγεται τάση V_2 (δευτερεύον). Ο λόγος της τάσης που επάγεται στο δευτερεύον είναι ανάλογος του λόγου των σπειρωμάτων των δύο συζευγμένων πηνίων.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a,$$

Όπου V_1 και V_2 , τα επίπεδα τάσης στο πρωτεύον και δευτερεύον αντίστοιχα, και N_1 και N_2 ο αριθμός των σπειρωμάτων σε πρωτεύον και δευτερεύον όπως περιγράφηκε παραπάνω.

6.2.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Στην πραγματικότητα, το ρεύμα που λαμβάνεται μετά την έξοδο του μετασχηματιστή είναι κατά τι μικρότερης ισχύος λόγω των απωλειών στα τυλίγματα και τον πυρήνα των πηνίων. Για αυτό το λόγο δεν υπάρχει ιδανικός μετασχηματιστής, αλλά πάντα

λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες του, μερικές από αυτές τις απώλειες συνοψίζονται παρακάτω:

- Απώλειες χαλκού (Joule): είναι θερμικές απώλειες στις αντιστάσεις των τυλιγμάτων των πηνίων, ανάλογες με το τετράγωνο του ρεύματος στα τυλίγματα.
- Απώλειες δινορρευμάτων: είναι θερμικές απώλειες που εμφανίζονται στην αντίσταση του μετάλλου του πυρήνα, ανάλογες με το τετράγωνο της τάσης στην είσοδο (πρωτεύον) του μετασχηματιστή.
- Απώλειες υστέρησης και ροή σκέδασης: είναι απώλειες που σχετίζονται με την αναδιάταξη των μαγνητικών τμημάτων στο εσωτερικό του πυρήνα και για τις μαγνητικές ροές που ξεφεύγουν από τον πυρήνα προς τον αέρα που τον περιβάλλει και εμφανίζονται σε ένα από τα δύο τυλίγματα, αντίστοιχα. Πρόκειται δηλαδή για απώλειες που έχουν να κάνουν με το μαγνητικό πεδίο των δύο πηνίων.

6.2.3 ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

Στη σύγχρονη βιομηχανία οι μετασχηματιστές κατηγοριοποιούνται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, έτσι ώστε να διαχωρίζονται και να επιλέγονται ξεχωριστά και κατά το βέλτιστο τρόπο ανάλογα με τις ανάγκες που καλούνται να εξυπηρετήσουν. Μερικά κριτήρια βρίσκονται παρακάτω:

- Με βάση την ισχύ: διακρίνονται σε μετασχηματιστές οργάνων (μικρής ισχύος, χρησιμοποιούνται σε όργανα μέτρησης και πίνακες) και σε μετασχηματιστές ισχύος (χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτείται η μεταβίβαση ρεύματος σχετικά μεγάλης ισχύος, κυρίως σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας,
- με βάση τον αριθμό των φάσεων: διακρίνονται σε μονοφασικούς (μονοφασικό σύστημα) και τριφασικούς (τριφασικό σύστημα),
- με βάση τον τρόπο ψύξης: διακρίνονται σε ξηρού τύπου (ψύξη με αέρα) και εμβαπτισμένους σε λάδι (ψύξη με κυκλοφορία λαδιού),
- με βάση τον χώρο τοποθέτησης: διακρίνονται σε υπαίθριου και κλειστού χώρου,
- με βάση τη χρήση στο σύστημα ηλεκτροδότησης: διακρίνονται σε μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, υποβιβασμού τάσης και διανομής τάσης,

- με βάσει τον τύπο πυρήνα: διακρίνονται σε μετασχηματιστές τύπου πυρήνα και μετασχηματιστές τύπου κελύφους (μανδύα).

6.2.4 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Για την κατά το δυνατό ασφαλέστερη και αποδοτικότερη λειτουργία του ηλεκτρολογικού συστήματος που θα εγκατασταθεί στο πλοίο αυτός πρέπει να κατηγοριοποιηθεί με βάσει τα παραπάνω κριτήρια.

Καθώς υπάρχει μεγάλη απαίτηση ισχύος ρεύματος, ο μετασχηματιστής είναι μετασχηματιστής ισχύος. Ακόμη, ο μετασχηματιστής είναι τριφασικός, αφού απαιτούνται τρεις φάσεις, και εσωτερικού χώρου, όπως προβλέπεται στη συνέχεια καθώς η εγκατάσταση του θα πραγματοποιηθεί σε χώρο εντός του πλοίου (ειδικά διαμορφωμένο δωμάτιο). Με βάση τη χρήση του στο σύστημα ηλεκτροδότησης, αποτελεί μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσεως καθώς η χρησιμότητα του είναι να υποβιβάζει την υψηλή τάση του δικτύου στεριάς (6.6 kV ή 11 kV) στη χαμηλή τάση λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος των ακτοπλοϊκών. Τέλος, υπάρχει ευελιξία στην επιλογή μεταξύ μετασχηματιστή ξηρού τύπου (dry type) και εμβαπτισμένου σε λάδι (oil immersed), καθώς με τη σύγχρονη τεχνολογία και οι δύο τύποι μετασχηματιστών αποτελούν μια αξιόπιστη λύση.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, προτιμάται η εγκατάσταση μετασχηματιστή ξηρού τύπου και όχι εμβαπτισμένου σε λάδι. Η επιλογή αυτή εξηγείται από τη μεγαλύτερη ασφάλεια που προσδίδει έναντι πυρκαγιάς, ένας μετασχηματιστής ξηρού τύπου σε σχέση με έναν εμβαπτισμένο σε λάδι. Η παρουσία του ελαίου ως ψυκτικό μέσο του μετασχηματιστή αυξάνει τον κίνδυνο πυρκαγιάς, και από τη στιγμή που ο πίνακας θα εγκατασταθεί

6.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Απαραίτητη είναι η τοποθέτηση οργάνων προστασίας πριν τον μετασχηματιστή με το απαραίτητο διακοπτικό υλικό, έτσι ώστε να υπάρχει προστασία αυτού, ενώ μετά το μετασχηματιστή το ρόλο του switchboard θα παίζει ο switchboard στο control engine room του πλοίου. Ο εξοπλισμός του πίνακα και των οργάνων περιγράφεται αναλυτικά στην οδηγία High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements (IEC PAS 80005-1, Chapter 8.5.3).

Πιο συγκεκριμένα, ο εξοπλισμός είναι απαραίτητο να αποτελείται από:

- 2 βολτόμετρα,
- 2 μετρητές συχνότητας,
- 1 αμπερόμετρο εξοπλισμένο με διακόπτη, έτσι ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή της έντασης του ρεύματος σε κάθε φάση, ή εναλλακτικά 1 αμπερόμετρο για κάθε φάση,
- δείκτη ακολουθίας φάσεων,
- συσκευή συγχρονισμού.

Ακόμη, η οδηγία προβλέπει την προστασία του κυκλώματος έναντι ατυχήματος (High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements (IEC PAS 80005-3, Chapter 8.5.4)). Για να εξασφαλιστεί, η ασφάλεια του κυκλώματος αλλά και των χειριστών έναντι ατυχήματος, ο πίνακας θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος με τα ακόλουθα:

- ρελέ διαφυγής (circuit breaker) για την προστασία έναντι βραχυκυκλώματος, με συναγερμό (50),
- ρελέ διαφυγής για την προστασία έναντι υπερφόρτωσης, με συναγερμό ειδοποίησης όταν προσεγγίζεται η υπερφόρτωση (49/51),
- ρελε διαφυγής για την προστασία έναντι σφάλματος γείωσης ανάλογα με τον τύπο μόνωσης που χρησιμοποιείται, με συναγερμό (51G or 51N),
- ρελε διαφυγής για την προστασία έναντι υπέρτασης/υπότασης, με συναγερμό ειδοποίησης όταν προσεγγίζεται το φαινόμενο, (59/27)
- ρελε διαφυγής για την προστασία έναντι υπερσυχνότητας/υποσυχνότητας, με συναγερμό ειδοποίησης όταν προσεγγίζεται το φαινόμενο (81),
- ρελε διαφυγής για την προστασία έναντι αναστροφής ρεύματος, με συναγερμό, (32),
- ρελε διαφυγής για την προστασία έναντι ανακολουθίας φάσεων , με συναγερμό και σύστημα διαμανδάλωσης (47).

Όλα αυτά συνοψίζονται στην συσκευή του ηλεκτρονόμου που παρέχει την προστασία έναντι των προαναφερθέντων φαινομένων.

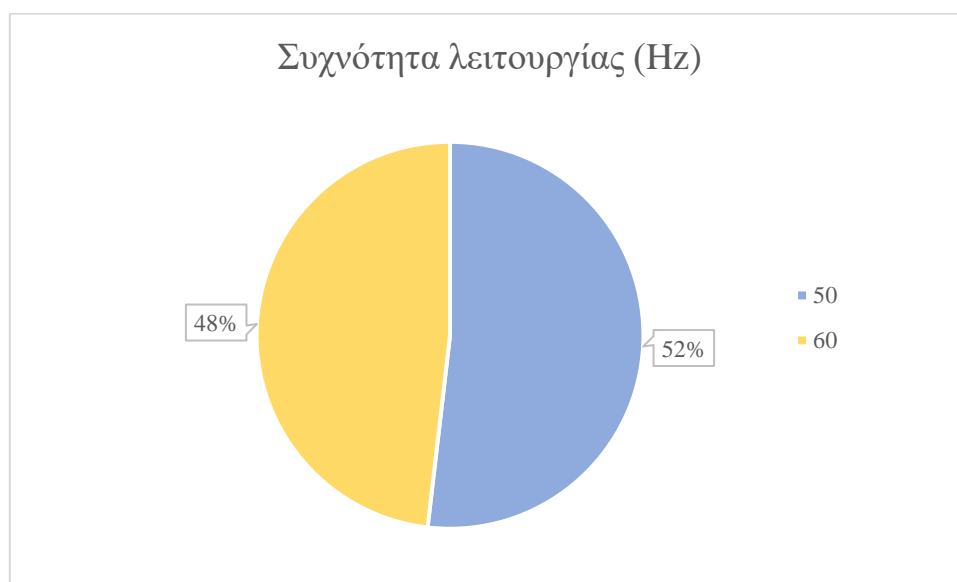
Οι αριθμοί δίπλα από κάθε φαινόμενο αντιστοιχούν στην τυποποίηση της ονομασίας της εκάστοτε συσκευής σύμφωνα με το πρότυπο ANSI/IEEE C37.2.

6.4. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Μια από τις προϋποθέσεις για τον συγχρονισμό των γεννητριών του πλοίου με το ρεύμα του δικτύου είναι να υπάρχει η ίδια συχνότητα ανάμεσα στο ρεύμα των γεννητριών και το ρεύμα παροχής.

Γενικότερα στην Ελλάδα, το ηλεκτρικό δίκτυο στεριάς είναι συχνότητας 50Hz, όμοια με τη συχνότητα του ρεύματος που υπάρχει περίπου στα μισά εκ των ακτοπλοϊκών πλοίων που λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα μελέτη (28/54). Τα υπόλοιπα πλοία διαθέτουν δίκτυο λειτουργίας με συχνότητα 60Hz. Για αυτό το λόγο, απαραίτητη φαντάζει η λειτουργία μετατροπέα συχνότητας, που θα πραγματοποιεί την αντίστοιχη μετατροπή της συχνότητας του ρεύματος, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο συγχρονισμός.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η κατανομή των πλοίων με βάση την τάση λειτουργίας τους.



Διάγραμμα 6.2 Κατανομή πλοίων με βάση τη συχνότητα λειτουργίας τους

6.4.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΣΤΕΡΙΑ

Η ύπαρξη μετατροπέα συχνότητας στην ακτή, ως μέρος του shore supply system λαμβάνεται υπόψη στην παρούσα εργασία. Αποφεύγεται η εγκατάσταση μετατροπέα συχνότητας πάνω στο πλοίο για τους εξής λόγους:

- Υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του μετατροπέα, ένας τυπικός μετατροπέας χαμηλής τάσης για ενδεικτική ισχύ 500 kW, κοστίζει περί τις 100000 € ^[14] ενώ μετατροπέας συχνότητας ισχύος 7MVA ενδεικτικά κοστίζει

περί τις 800000 €. Ακόμη, σε περίπτωση δυσλειτουργίας του μετατροπέα λόγω βλάβης, η συντήρηση και η αντικατάσταση του αποτελούν εργασία ιδιαίτερα χρονοβόρα και κοστοβόρα.

- Ευαισθησία σε ταλαντώσεις και συνθήκες λειτουργίας, καθώς ο μετατροπέας συχνότητας αποτελεί μια ιδιαίτερα ευαίσθητη σε ταλαντώσεις και συνθήκες λειτουργίας εγκατάσταση και χρειάζεται ιδιαίτερη προστασία από υγρασία, οξείδωση κλπ.
- Η εγκατάσταση του μετατροπέα συχνότητας πάνω στο πλοίο είναι και εργονομικά ασύμφορη. Συνήθως επιλέγεται ένας χώρος πάνω στο πλοίο σε μικρό ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας για την εγκατάσταση των δωματίων cold ironing. Ο χώρος αυτός αποτελεί μέρος του γκαράζ του πλοίου. Η εγκατάσταση μετατροπέα συχνότητας (με τη δημιουργία τρίτου δωματίου η αύξηση της έκτασης του δωματίου του μετασχηματιστή) θα έχει ως αποτέλεσμα να δεσμευτεί μεγαλύτερος χώρος, κάτι που θα μικρύνει τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου.

6.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Η διασύνδεση θα γίνεται με τη βοήθεια ειδικών αγωγών και καλωδίων που θα διέρχονται μέσα από το πλοίο, μεταφέροντας έτσι το ρεύμα από το δίκτυο στο πλοίο. Τα καλώδια θα ακολουθούν τον τυπικό σχεδιασμό της υπάρχουσας καλωδίωσης του εκάστοτε πλοίου, συνήθως σε κανάλια με σχάρες και θα εφαρμοστούν κανόνες για την δημιουργία της νέας καλωδιακής γραμμής.

6.5.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για να φέρουν ηλεκτρικό ρεύμα σε θαλάσσιες κατασκευές πρέπει να είναι εναρμονισμένα με συγκεκριμένα πρότυπα, που περιγράφονται παρακάτω (20):

- Κατασκευή > Πρότυπο IEC60092-353
- Αγωγός > Πρότυπο IEC60228 Class 2, Class 5
- Μόνωση > Πρότυπο IEC60092-351
- Επένδυση > Πρότυπο IEC60092-359
- Πυκνότητα Καπνού > Πρότυπο IEC61034
- Ένδειξη Αλογόνου > Πρότυπο IEC60754
- Πυρίμαχα > IEC60331-1/2/21

- Επιβραδυντικά Φλόγας › IEC60332-3-22

6.5.2 ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

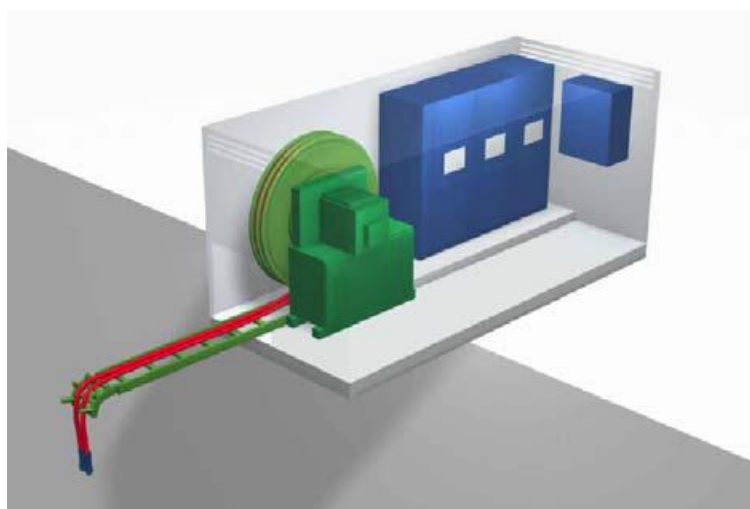
Με βάση το μέγεθος των πλοίων θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε 3 ομάδες σχετικά με το μήκος των καλωδίων που θα χρειαστούν:

- (Length $\geq 180\text{m}$), με μήκος πρόσθετων καλωδίων 150 μέτρα. (17 πλοία).
- ($180\text{m} < \text{Length} < 150\text{m}$), με μήκος πρόσθετων καλωδίων 120 μέτρα. (3 πλοία).
- ($150\text{m} < \text{Length} < 100\text{m}$), με μήκος πρόσθετων καλωδίων 100 μέτρα. (15 πλοία).
- ($100\text{m} < \text{Length} < 50\text{m}$), με μήκος πρόσθετων καλωδίων 80 μέτρα. (11 πλοία).
- ($50 < \text{Length}$), με μήκος πρόσθετων καλωδίων 30 μέτρα. (9 πλοία).

6.6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΣΤΕΡΙΑ)

Ακόμη πρέπει να ληφθεί υπόψη ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρειάζεται για τη διασύνδεση του πλοίου με την ηλεκτρική πηγή στην προβλήτα (CBS, Cable Management System), στο σημείο της διασύνδεσης. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται 2 επιλογές.

- Η πρώτη είναι η χρησιμοποίηση σταθερού καρουλιού καλωδίων, το οποίο βρίσκεται μόνιμα εγκατεστημένο πάνω στο πλοίο και με το άνοιγμα της πλαϊνής shell plate door, που θα διανοιχτεί κατά τη διάρκεια των εργασιών με τη βοήθεια ενός μηχανικού βραχίονα θα πραγματοποιείται η διασύνδεση του πλοίου με το δίκτυο, και την πηγή που βρίσκεται στη στεριά. Το σχήμα του θα είναι κυλινδρικό με τη μορφή μπαλαντέζας.



Εικόνα 6.1 Καρούλι διασύνδεσης μετασηματιστή με δίκτυο ξηράς (6.1)

- Η δεύτερη επιλογή αφορά τη χρησιμοποίηση καρουλιού από τη στεριά, το οποίο με τη βοήθεια είτε ειδικού ανυψωτικού μηχανήματος είτε ειδικού βραχίονα, ο οποίος θα ανυψώνεται με υδραυλικό τρόπο (και οι 2 μηχανισμοί θα αποτελούν μέρος της εγκατάστασης της στεριάς) θα φτάνει στο επίπεδο που βρίσκεται το ειδικά διαμορφωμένο δωμάτιο με το μετασχηματιστή και θα συνδέεται έτσι το καλώδιο στην υποδοχή του πλοίου.



Εικόνα 6.2 Μηχανισμός ανύψωσης καλωδίου από τη στεριά, πηγή:Stemman-Technik

6.6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ CABLE MANAGEMENT SYSTEM

Η επιλογή εγκατάστασης καρουλιού πάνω στο πλοίο προτιμάται έναντι του κοινόχρηστου καρουλιού από το λιμάνι καθώς προσθέτει ευελιξία (το πλοίο δύναται να μεθορμεί σε πολλές θέσεις στο λιμάνι, χωρίς να εξαρτάται η ηλεκτροδότηση του από την ύπαρξη ανυψωτικού στο λιμάνι) και μειωμένο κόστος και χρόνο διασύνδεσης (η ανύψωση του καρουλιού από τη στεριά απαιτεί περισσότερη ώρα σε σχέση με το κατέβασμα του καρουλιού από το πλοίο προς τη στεριά και το σημείο σύνδεσης της πρίζας).

Τέλος, στη διαδικασία της εγκατάστασης, θα πρέπει να προβλεφθούν οι εργασίες για τη δημιουργία μιας πόρτας στο σημείο των δωματίων, που θα είναι εγκατεστημένη η επί του πλοίου προαναφερθείσα διάταξη, έτσι ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση των καλωδίων που θα προέρχονται από τη στεριά, ενώ θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και κατάλληλο σύστημα πυροπροστασίας, καθώς το ήδη υπάρχον σύστημα, πιθανά να μην καλύπτει τα νέα δωμάτια για το cold ironing που θα δημιουργηθεί.

Στα πλοία με μεγάλο μήκος, ύψη εξάλλων και γκαράζ, προτείνεται η εγκατάσταση μηχανισμού διαχείρισης καλωδίων μαζί με το καρούλι, ενώ στα πλοία που έχουν μήκος κάτω των 50 μέτρων (ιπτάμενα δελφίνια και καταμαράν) και δε διαθέτουν κύριο γκαράζ, μπορεί να παραληφθεί η εγκατάσταση βραχίονα και να χρησιμοποιηθεί ένα απλό καρούλι περιέλιξης καλωδίων.

6.7. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της εργασίας για τη διαστασιολόγηση του Μ/Σ ισχύος που πρόκειται να εγκατασταθεί σε κάθε πλοίο.

6.7.1 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Η ηλεκτροδότηση των από το λιμάνι θα πρέπει να καλύπτει τη δυσμενέστερη ενεργειακά απαίτηση τους, η οποία είναι η λειτουργία χειρισμών. Για αυτό το λόγο, για να βρεθεί η ισχύς του μετασχηματιστή που είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί στο πλοίο ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.

- Προσδιορισμός της δυσμενέστερης, από πλευράς ενεργειακής απαίτησης, κατάστασης. Η κατάσταση αυτή είναι η κατάσταση μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος κατά τη διάρκεια της φάσης λειτουργίας/χειρισμών. Λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη κατάσταση καθώς η ισχύς του μετασχηματιστή, θα πρέπει να είναι τέτοια, που να καλύπτει οποιαδήποτε απαίτηση. Λαμβάνεται υπόψη η ισχύς από τον πίνακα 5.3.
- Προσαύξηση της ισχύος που υπολογίστηκε με έναν συντελεστή ασφαλείας 5%, έτσι ώστε να καλυφθεί ενδεχόμενη άυξηση απαιτησης (πχ λόγω καιρικών συνθηκών, θερμικές απώλειες κá).
- Μετατροπή της υπολογισθείσας ισχύος από kW σε kVA, έτσι ώστε να βρεθεί η ισχύς του μετασχηματιστή που απαιτείται. Ο ονομαστικός παράγοντας ισχύος της γεννήτριας είναι 0.8i. Άρα, η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή τάσης που απαιτείται να εγκατασταθεί υπολογίζεται τελικά ως εξής (σε kVA) :

$$P_{(\text{transformer,nom})} = P_{(\text{max,demand @ port,operations})} \times SF \div NGF, \text{ όπου:}$$

- $P_{(\text{max,demand @ port,operations})}$, η απαιτούμενη ισχύς για λειτουργία χειρισμών εν όρμω σε kW ,
- SF, συντελεστής ασφαλείας ίσος με 1.05,
- NGF, ονομαστικός επαγωγικός συντελεστής γεννήτριας, ίσος με 0.8

Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία και τα παρακάτω στοιχεία οι μετασχηματιστές που θα χρειαστούν για το σύνολο των πλοίων (και με βάση τις κατηγοριοποιημένες τιμές των μετασχηματιστών που υπάρχουν στην αγορά για να αποφευχθούν ειδικές παραγγελίες) συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.^[15] Απαραίτητη είναι η εξάλειψη οποιασδήποτε υπερεκτίμησης της ισχύος, που θα οδηγήσει σε υπερδιαστασιολόγηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που πρόκειται να εγκατασταθεί, με συνέπεια την υπερκοστολόγηση του. Όλοι οι μετασχηματιστές που θα εγκατασταθούν θα είναι τριφασικοί.

Όνομα πλοίου	f (Hz)	V (V)	Μέγιστη απαίτηση σε φάση λειτουργίας/ χειρισμών (kW)	NGF	Μέγιστη απαίτηση διορθωμένη με συντελεστή ασφαλείας (kW)	Τελική ισχύς μετασχηματιστή (kVA)
Fior Di Levante	60	440	1600	0,8	1680	2100
Mare Di Levante	60	440	630	0,8	662	830
Kefalonia	60	440	640	0,8	672	840
Andreas Kalvos	60	440	1180	0,8	1239	1550
Speedrunner 3	50	415	810	0,8	851	1070
Festos Palace	60	690	3000	0,8	3150	3940
Knossos Palace	60	690	3000	0,8	3150	3940
Kydon Palace	60	690	3200	0,8	3360	4200
Ocean Majesty	50	380	800	0,8	840	1050
Ariadne	60	440	2100	0,8	2205	2760
Artemis	50	380	200	0,8	210	270
Blue Carrier 1	60	445	1200	0,8	1260	1580
Blue Galaxy	60	450	2250	0,8	2363	2960
Blue Horizon	60	450	1200	0,8	1260	1580
Blue Star 1	60	440	1200	0,8	1260	1580
Blue Star 2	60	440	1750	0,8	1838	2300
Blue Star Chios	50	400	1250	0,8	1313	1650
Blue Star Delos	50	380	3400	0,8	3570	4470
Blue Star Mykonos	50	400	1250	0,8	1313	1650
Blue Star Naxos	50	380	900	0,8	945	1190
Blue Star Paros	50	380	1500	0,8	1575	1970
Blue Star Patmos	50	400	3400	0,8	3570	4470
Diagoras	60	440	1250	0,8	1313	1650
Express Skiathos	50	380	400	0,8	420	530
Flying Cat-3	50	415	90	0,8	94,5	120
Flying Cat-4	50	415	90	0,8	94,5	120
Flying Cat-5	50	400	70	0,8	73,5	100
Flying Cat-6	50	400	70	0,8	73,5	100
Fd19	50	380	12	0,8	12,6	20
Fd17	50	380	12	0,8	12,6	20

Fd29	50	380	12	0,8	12,6	20
Hellenic Highspeed	50	415	380	0,8	399	500
Highspeed 4	50	400	600	0,8	630	790
Nisso Rodos	60	440	1625	0,8	1706	2140
Nisso Samos	60	450	1750	0,8	1838	2300
Superfast I	60	690	1875	0,8	1969	2470
Superfast II	60	690	1875	0,8	1969	2470
Superfast XI	60	440	4937,5	0,8	5184	6490
Speed Cat I	50	380	45	0,8	47	60
Ionis	50	380	305	0,8	320	410
Porfyrousa	50	380	150	0,8	157	200
Achilleas	60	440	400	0,8	420	530
Macedon	60	440	180	0,8	189	240
Asterion II	60	440	900	0,8	945	1190
El. Venizelos	50	400	1900	0,8	1995	2500
Elyros	60	440	900	0,8	945	1190
Hellenic Spirit	50	400	1500	0,8	1575	1970
Kriti I	60	440	800	0,8	840	1050
Kriti Ii	60	440	800	0,8	840	1050
Olympic Champion	50	400	2043	0,8	2145	2690
Prevelis	60	450	900	0,8	945	1190
Superferry	60	440	1000	0,8	1050	1320
Superexpress	50	407	200	0,8	210	270
Dodekanisos Express	50	380	60	0,8	63	80
Dodekanisos Pride	50	400	80	0,8	84	110

Πίνακας 6.1 Υπολογισμός ισχύος μετασχηματιστών

Όπως προαναφέρθηκε, η εγκατάσταση του μετασχηματιστή σε κάθε πλοίο συνοδεύεται με την υποχρεωτική εγκατάσταση οργάνων προστασίας (switchboard), μαζί με το απαραίτητο διακοπτικό υλικό. Άρα, θα πρέπει υποχρεωτικά να εγκατασταθούν όργανα προστασίας σε όλα τα πλοία (54) που περιλαμβάνει η μελέτη.

6.7.2 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

Μετά τη διαστασιολόγηση των μετασχηματιστών που πρόκειται να εγκατασταθούν στα ακτοπλοϊκά, εγείρεται το δίλημμα της αγοράς και εγκατάστασης μετασχηματιστών με τυποποιημένη τιμή ή της παραγγελίας μετασχηματιστών με ονομαστική ισχύ την υπολογισθείσα για τον εκάστοτε μετασχηματιστή.

Η χρησιμοποίηση των μετασχηματιστών ισχύος με τυποποιημένες τιμές υπερτερεί καθώς διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα:

- Περιθώριο ισχύος για κάλυψη αυξημένων αναγκών σε ειδικές περιπτώσεις,

- Τυποποιημένες τιμές τάσης ρεύματος βραχυκύκλωσης
- Τυποποιημένες τιμές απωλειών χαλκού, μειώνοντας έτσι την πολυπλοκότητα στον υπολογισμό τους.

Παρακάτω παρατίθενται οι τυποποιημένες τιμές ισχύος των κατασκευαστών, ο τύπος τους (ανάλογα με την ψύξη τους), η τάση εισόδου και εξόδου, η συχνότητα λειτουργίας, το υλικό περιέλιξης. Κατασκευαστές είναι η Schneider Electric (μοντέλο TRIHAL Model Series) καθώς και η Olsun Electrics Corporation.



Εικόνα 6.3 Τριφασικός Μετασχηματιστής, μοντέλο Trihal Model, πηγή: Schneider Electric

Όνομα πλοίου	Συχνότητα (hz)	Τάση ρεύματος εισόδου (kV)	Τάση ρεύματος εξόδου (kV)	Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή (kVA)
Fiore Di Levante	60	11	440	2500
Mare Di Levante	60	11	440	1000
Kefalonia	60	11	440	1000
Andreas Kalvos	60	11	440	2000
Speedrunner 3	50	11	415	1500
Festos Palace	60	11	690	4000
Knossos Palace	60	11	690	4000
Kydon Palace	60	11	690	4500
Ocean Majesty	50	11	380	1500
Ariadne	60	11	440	3000
Artemis	50	11	380	500
Blue Carrier 1	60	11	445	2000

Blue Galaxy	60	11	450	3000
Blue Horizon	60	11	450	2000
Blue Star 1	60	11	440	2000
Blue Star 2	60	11	440	2500
Blue Star Chios	50	11	400	2000
Blue Star Delos	50	11	380	4500
Blue Star Mykonos	50	11	400	2000
Blue Star Naxos	50	11	380	1500
Blue Star Paros	50	11	380	2000
Blue Star Patmos	50	11	400	4500
Diagoras	60	11	440	2000
Express Skiathos	50	11	380	750
Flying Cat-3	50	11	415	250
Flying Cat-4	50	11	415	250
Flying Cat-5	50	11	400	100
Flying Cat-6	50	11	400	100
Fd19	50	11	380	50
Fd17	50	11	380	50
Fd29	50	11	380	50
Hellenic Highspeed	50	11	415	500
Highspeed 4	50	11	400	1000
Nisso Rodos	60	11	440	2500
Nisso Samos	60	11	450	2500
Superfast I	60	11	690	2500
Superfast Ii	60	11	690	2500
Superfast Xi	60	11	440	7000
Speed Cat I	50	11	380	100
Ionis	50	11	380	500
Porfyrousa	50	11	380	250
Achilleas	60	11	440	750
Macedon	60	11	440	250
Asterion Ii	60	11	440	1500
El. Venizelos	50	11	400	2500
Elyros	60	11	440	1500
Hellenic Spirit	50	11	400	2000
Kriti I	60	11	440	1500
Kriti Ii	60	11	440	1500
Olympic Champion	50	11	400	3000
Prevelis	60	11	450	1500
Superferry	60	11	440	1500
Superexpress	50	11	440	500
Dodekanissos Express	50	11	380	100
Dodekanissos Pride	50	11	400	250

Πίνακας 6.2 Ονομαστικά χαρακτηριστικά μετασχηματιστών

6.8. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Για τη σύνδεση του μετασχηματιστή που θα εγκατασταθεί στο κάθε πλοίο με το μηχανοστάσιο απαιτείται η διαστασιολόγηση της επιπλέον καλωδίωσης. Για τον υπολογισμό της διατομής της εκάστοτε καλωδίωσης που πρέπει να εγκατασταθεί, απαιτείται ο υπολογισμός της συνολικής έντασης του ρεύματος σε κάθε φάση του. Δεδομένου ότι πρόκειται για τριφασικό μετασχηματιστή, η ένταση του ρεύματος υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση^[16]:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V}$$

Όπου:

- I η ένταση του ρεύματος σε kA,
- S η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε kVA,
- V η τάση του ρεύματος σε V.

Καθεμία από τις εκάστοτε καλωδιώσεις του κάθε πλοίου θα πρέπει να αποτελείται από τόσα όμοια καλώδια, έτσι ώστε να είναι ικανή να παραλάβει ολόκληρο το φορτίο που απαιτείται με βάσει τόσο την ένταση του ρεύματος όσο και την ονομαστική ισχύ του μετασχηματιστή. Τα χαρακτηριστικά και οι συνθήκες λειτουργίας των καλωδίων προσδιορίζονται ως εξής^[17]:

- Μόνωση από υλικό XLPE, (δικτυωμένο πολυαιθυλένιο). Η επιλογή δικτυωμένου πολυαιθυλενίου αντί για το σύνηθες PVC (πολυβινυλοχλωριδιο), γίνεται καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του PVC για χρήση σε θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτά είναι, φιλικό της το περιβάλλον, υψηλότερες θερμοκρασίες αγωγών, έκτακτης ανάγκης και βραχυκυκλώματος, ιδανικά για υψηλή και χαμηλή τάση, αντοχή σε υγρασία περίπου 100 φορές της αντοχής του PVC και ιδανικά για χρήση σε υψηλή ένταση ρεύματος. Από την άλλη εμφανίζουν υψηλότερο κόστος απόκτησης .
- Αγωγοί από χαλκό.
- Θερμοκρασία αγωγού 90°C.
- Θερμοκρασία λειτουργίας 40°C. Δεδομένης της εγκατάστασης της καλωδίωσης εντός του γκαράζ, λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες εντός αυτού. Κατά τη διάρκεια της πλεύσης, η θερμοκρασία προσεγγίζει της 30°C, ωστόσο κατά τη διάρκεια της παραμονής στο λιμένα και της φορτοεκφόρτωσης λόγω των

αναμμένων μηχανών των οχημάτων αλλά και της πολυκοσμίας, λαμβάνεται υπόψη μια προσαύξηση της τάξεως των 10°C.

Στη συνέχεια, διαιρείται το ρεύμα που πρέπει να παραληφθεί ανά πλοίο ανά καλωδίωση με τον αριθμό των καλωδίων που έχουν επιλεγεί για να συνθέσουν την καλωδίωση.

$$I_i = \frac{I}{n_{\text{cables}}}$$

Στη συνέχεια για το ρεύμα που υπολογίστηκε, εντοπίζεται στον πίνακα ^[6] η διατομή του κάθε καλωδίου (I_{nom} , cross section area).

Τελικά το μέγιστο ρεύμα που θα φέρει κάθε καλώδιο λαμβάνεται από τη διόρθωση λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, καθώς το IEC 60364-5-52, εφαρμόζεται για θερμοκρασία λειτουργίας 30°C.

$$I_{\text{max}} = I_{\text{nom}} \cdot f_1$$

Όπου f_1 συντελεστής διόρθωσης για θερμοκρασία 40°C, $f_1=0.91$, TABLE B.52.14, Standard: IEC 60364 Part 5-52.

Η επιλογή του καλωδίου πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να ικανοποιείται η σχέση $I_{\text{max}} \geq I_i$, δηλαδή η μέγιστη ένταση του ρεύματος που δύναται κατασκευαστικά να φέρει το καλώδιο μετά τη διόρθωση λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας του προτύπου, να είναι είναι μεγαλύτερη ή ίση από την ένταση του ρεύματος που πρέπει να παραληφθεί από το καλώδιο κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα ονομαστικά στοιχεία καθώς και ο αριθμός των καλωδίων ανά πλοίο.

Όνομα Πλοίου	S ₁	I ₁	N	I ₂	A	S ₂	I ₃	I ₄
Fiore Di Levante	2100	2,76	8	0,35	120	263	437	397,67
Mare Di Levante	830	1,09	4	0,27	70	208	310	282,1
Kefalonia	840	1,1	5	0,22	50	168	242	220,22
Andreas Kalvos	1550	2,03	8	0,25	70	194	310	282,1
Speedrunner 3	1070	1,49	6	0,25	70	178	310	282,1
Festos Palace	3940	3,3	10	0,33	95	394	377	343,07
Knossos Palace	3940	3,3	10	0,33	95	394	377	343,07
Kydon Palace	4200	3,51	9	0,39	120	467	437	397,67
Ocean Majesty	1050	1,6	6	0,27	70	175	310	282,1
Ariadne	2760	3,62	10	0,36	120	276	437	397,67
Artemis	270	0,41	2	0,21	50	135	242	220,22

Blue Carrier 1	1580	2,05	8	0,26	70	198	310	282,1
Blue Galaxy	2960	3,8	10	0,38	120	296	437	397,67
Blue Horizon	1580	2,03	10	0,2	50	158	242	220,22
Blue Star 1	1580	2,07	10	0,21	50	158	242	220,22
Blue Star 2	2300	3,02	12	0,25	70	192	310	282,1
Blue Star Chios	1650	2,38	9	0,26	70	183	310	282,1
Blue Star Delos	4470	6,79	20	0,34	95	224	377	343,07
Blue Star Mykonos	1650	2,38	10	0,24	50	165	310	282,1
Blue Star Naxos	1190	1,81	7	0,26	50	170	310	282,1
Blue Star Paros	1970	2,99	8	0,37	120	246	437	397,67
Blue Star Patmos	4470	6,45	20	0,32	95	224	377	343,07
Diagoras	1650	2,17	10	0,22	50	165	242	220,22
Express Skiathos	530	0,81	4	0,2	50	133	242	220,22
Flying Cat-3	120	0,17	1	0,17	35	120	200	182
Flying Cat-4	120	0,17	1	0,17	35	120	200	182
Flying Cat-5	100	0,14	1	0,14	25	100	161	146,51
Flying Cat-6	100	0,14	1	0,14	25	100	161	146,51
Fd19	20	0,03	1	0,03	4	20	42	38,22
Fd17	20	0,03	1	0,03	4	20	42	38,22
Fd29	20	0,03	1	0,03	4	20	42	38,22
Hellenic Highspeed	500	0,7	4	0,18	35	125	200	182
Highspeed 4	790	1,14	3	0,38	120	263	437	397,67
Nisso Rodos	2140	2,81	10	0,28	70	214	310	282,1
Nisso Samos	2300	2,95	9	0,33	95	256	377	343,07
Superfast I	2470	2,07	6	0,35	120	412	437	397,67
Superfast II	2470	2,07	6	0,35	120	412	437	397,67
Superfast XI	6490	8,52	17	0,5	185	382	575	523,25
Speed Cat I	60	0,09	3	0,03	4	20	42	38,22
Ionis	410	0,62	3	0,21	50	137	242	220,22
Porfyrousa	200	0,3	2	0,15	35	100	200	182
Achilleas	530	0,7	4	0,18	35	133	200	182
Macedon	240	0,31	2	0,16	35	120	200	182
Asterion Ii	1190	1,56	4	0,39	120	298	437	397,67
El. Venizelos	2500	3,61	11	0,33	95	227	377	343,07
Elyros	1190	1,56	6	0,26	70	198	310	282,1
Hellenic Spirit	1970	2,84	11	0,26	70	179	310	282,1
Kriti I	1050	1,38	5	0,28	70	210	310	282,1
Kriti Ii	1050	1,38	5	0,28	70	210	310	282,1
Olympic Champion	2690	3,88	10	0,39	120	269	437	397,67
Prevelis	1190	1,53	6	0,26	70	198	310	282,1
Superferry	1320	1,73	8	0,22	50	165	242	220,22
Superexpress	270	0,38	2	0,19	50	135	242	220,22
Dodekanissos Express	80	0,12	1	0,12	25	80	161	146,51
Dodekanissos Pride	110	0,16	2	0,08	16	55	100	91

Πίνακας 6.3 Υπολογισμός χαρακτηριστικών καλωδίων

Τα μεγέθη που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα είναι τα εξής:

- S_1 , η ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή σε kVA,
- I_1 , η ένταση ρεύματος ανά φάση σε kA,
- N , ο αριθμός καλωδίων,
- I_2 , η ένταση ρεύματος ανά καλώδιο σε kA,
- A , το εμβαδό εγκάρσιας τομής καλωδίου σε mm^2 ,
- S_2 , η ισχύς ανά καλώδιο σε kW,
- I_3 , η ονομαστική ένταση ρεύματος σε Ka,
- I_4 , η διορθωμένη (πραγματική) ένταση ρεύματος με βάσει το συντελεστή διόρθωσης σε kA.

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Κατά τη διάρκεια της παραμονής του πλοίου στο λιμάνι, υπάρχουν διάφορες φάσεις λειτουργίας των μηχανών, η καθεμία από τις οποίες εξυπηρετεί τις ενεργειακές απαιτήσεις του πλοίου. Κατά τη διάρκεια των φάσεων λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών του, η ποσότητα καταναλισκόμενου καυσίμου διαφοροποιείται

7.1. ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου κάθε πλοίου (που αφορά τις βοηθητικές μηχανές), με βάση την απαίτηση του σε ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται μοντελοποίηση των βοηθητικών μηχανών του ξεχωριστά με βάση την καμπύλη Ειδικής Κατανάλωσης Καυσίμου Πετρελαίου (Specific Fuel Oil Consumption).

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου είναι ο δείκτης που περιγράφει την ποσότητα καυσίμου που χρειάζεται για την παραγωγή μίας kWh, από τις ηλεκτρικές μηχανές του πλοίου. Η μονάδα μέτρησης του δείκτη που περιγράφεται είναι τα gr/kWh, η kg/kWh.

Η σχέση ανάμεσα στην παραγόμενη ισχύ και το καταναλισκόμενο καύσιμο δεν είναι γραμμική. Αντιθέτως, υπάρχει ένα εύρος στο οποίο η κατανάλωση καυσίμου είναι η βέλτιστη επιτυγχάνοντας την εξοικονόμηση καυσίμου και ταυτόχρονα την επιχειρησιακά βέλτιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Το σημείο που παρατηρείται η βέλτιστη λειτουργία της μηχανής είναι στο εύρος 70%-85%. Υπέρβαση αυτού του σημείου λειτουργίας, συνήθως οδηγεί σε υψηλότερες καταναλώσεις και εκπομπές ρύπων.

Ακόμη, με την τεχνολογική εξέλιξη, είναι δυνατή η ρύθμιση αυτού του σημείου μετά την κατασκευή του κινητήρα με βάση την ενεργειακή απαίτηση του κάθε πλοίου. Ωστόσο, καθώς δε δύναται να υπάρξει λειτουργία με τη μέγιστη δυνατή οικονομία καυσίμου σε όλα τα φορτία, γίνεται κάποια ειδική ρύθμιση, έτσι ώστε να επιτευχθεί με βάση ορισμένους παράγοντες:

- είδος, διάρκεια και αριθμόςδρομολογίων,
- σύνηθες φορτίο κινητήρων,
- ισχύς βοηθητικών και άλλων συστημάτων.

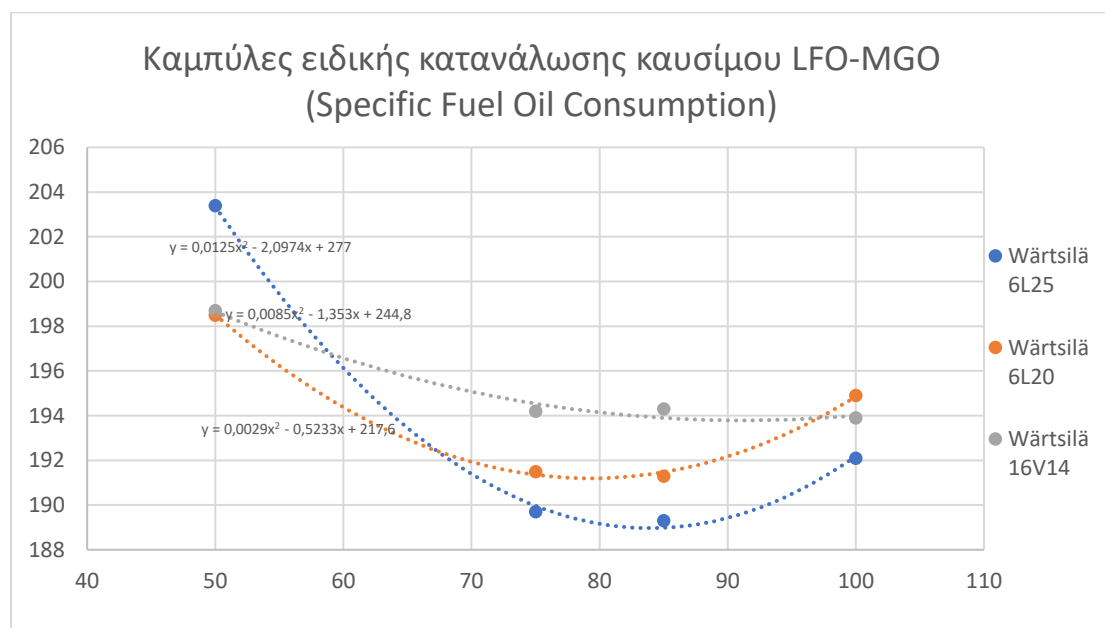
7.2. ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ SFOC

Η καμπύλη ειδικής κατανάλωσης δείχνει τη σταθερή ειδική κατανάλωση καυσίμου δεδομένου ενός επιπέδου (ποσοστιαίο) της ονομαστικής ισχύος του βοηθητικού συστήματος που εξετάζεται.

Η εύρεση όλων των καμπυλών ειδικής κατανάλωσης καυσίμου ξεχωριστά για κάθε πλοίο, αποτελεί βέλτιστη λύση. Έτσι, θα ήταν δυνατή η εύρεση δεδομένης κατανάλωσης καυσίμου για κάθε επίπεδο ισχύος τόσο για την κατάσταση λειτουργίας/χειρισμών, όσο και για την κατάσταση ρελαντί των μηχανών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η παραπάνω μοντελοποίηση δεν είναι δυνατή, καθώς είναι αδύνατο να βρεθούν όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των βοηθητικών συστημάτων, που είναι εγκατεστημένα σε όλα τα πλοία, έτσι ώστε να προχωρήσουμε στη μοντελοποίηση τους.

Ενδεικτικά, παρακάτω παρουσιάζονται οι καμπύλες ειδικής κατανάλωσης για 3 ηλεκτρομηχανές της εταιρίας Wärtsilä, που η ισχύς και η ταχύτητα περιστροφής τους προσομοιάζουν τις ηλεκτρομηχανές των Ε/Γ-Ο/Γ που αναφέρονται παρακάτω^[18].



Διάγραμμα 7.1 Καμπύλες ειδικής κατανάλωσης βοηθητικών συστημάτων Wärtsilä

Στο ανωτέρω διάγραμμα παρατίθενται οι ειδικές καμπύλες κατανάλωσης για 3 μοντέλα μηχανών βοηθητικών συστημάτων της εταιρίας Wärtsilä. Πιο συγκεκριμένα τα 3 μοντέλα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά^[18]:

- Wärtsilä 6L25, Tier 2 IMO, ταχύτητα περιστροφής 1000 rpm, ονομαστική ισχύς 2250 Kw, αριθμός κυλίνδρων 6, ισχύς ανά κύλινδρο 375 Kw. Το παρόν (ή παρόμοιο) μοντέλο ηλεκτρομηχανών διαθέτουν τα πλοία Festos Palace και Knossos Palace.
- Wärtsilä 6L20, Tier 2 IMO, ταχύτητα περιστροφής 1000 rpm, ονομαστική ισχύς 1200 Kw, αριθμός κυλίνδρων 6, ισχύς ανά κύλινδρο 200 Kw. Το παρόν (ή παρόμοιο) μοντέλο ηλεκτρομηχανών διαθέτουν τα πλοία Blue Star 1 και Blue Star 2.
- Wärtsilä 16V14, Tier 2 IMO, ταχύτητα περιστροφής 1500 rpm, ονομαστική ισχύς 1055 Kw, αριθμός κυλίνδρων 16, ισχύς ανά κύλινδρο 65 Kw. Το παρόν (ή παρόμοιο) μοντέλο ηλεκτρομηχανών διαθέτουν τα πλοία Blue Star Chios και Blue Star Myconos.

Ο κατασκευαστής των βοηθητικών συστημάτων παρέχει τυπικές τιμές κατανάλωσης καυσίμου για δεδομένα επίπεδα ισχύος σε σχέση με την ονομαστική τους ισχύ. Πιο συγκεκριμένα παρέχονται τυπικές τιμές κατανάλωσης καυσίμου για τα επίπεδα 50%, 75%, 85% και 100% της ονομαστικής ισχύος. Πιο αναλυτικά, οι αντίστοιχες τιμές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	6L25	6L20	16v14
Συντελεστής Ονομαστικής Ισχύος	Κατανάλωση καυσίμου (g/kWh)		
100 %	192,1	194,9	193,9
85 %	189,3	191,3	194,3
75 %	189,7	191,5	194,2
50 %	203,4	198,5	198,7
εξίσωση SFOC	$y = 0,0125x^2 - 2,0974x + 277$	$y = 0,0029x^2 - 0,5233x + 217,6$	$y = 0,0085x^2 - 1,353x + 244,8$
σημείο ελάχιστης κατανάλωσης	83,84%	90,22 %	79,59 %

Πίνακας 7.1 Στοιχεία βοηθητικών συστημάτων Wartsila

Με βάσει τις ανωτέρω τιμές, πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση στο πρόγραμμα Microsoft excel και προκύπτει η καμπύλη ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (SFOC) καθώς και η προσέγγιση της πολυωνυμικής εξίσωσης δευτέρου βαθμού για κάθε βοηθητικό σύστημα.

Παρατηρώντας τις καμπύλες και τα σημεία ελάχιστης κατανάλωσης, συμπεραίνεται ότι το εύρος ελάχιστης κατανάλωσης για όλες τις καμπύλες, δηλαδή η αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος, είναι μέσα στο εύρος 70-90 %. Συνεπώς, γίνεται η

αποδοχή ότι οι γεννήτριες λειτουργούν σε αυτό το εύρος έτσι ώστε να μην υπάρχει υπερβολική κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον, προτιμάται η λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες στο εύρος 70-85% για λόγους συντήρησης, καλής λειτουργίας της ηλεκτρικής μηχανής και εξοικονόμησης καυσίμου.

7.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΠΛΟΙΟ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται συνοπτικά μια εκτίμηση για τη μέση τιμή κατανάλωσης για κάθε πλοίο σε αυτό το εύρος (70%-90%), μετά απο προσέγγιση με βάση την ειδική κατανάλωση που δίνεται από κατασκευαστές για ηλεκτρογεννήτριες πλοίων, με παρόμοια ονομαστική ισχύ.

Όνομα Πλοίου	Εκτιμώμενη Μέση Ειδική Κατανάλωση Καυσίμου (gr/kWh)
Fiore Di Levante	184
Mare Di Levante	184
Kefalonia	184
Andreas Kalvos	212
Speedrunner 3	188
Festos Palace	202,6
Knossos Palace	202,6
Kydon Palace	202,6
Ocean Majesty	194,9
Ariadne	192
Artemis	188
Blue Carrier 1	184
Blue Galaxy	188
Blue Horizon	202
Blue Star 1	191,5
Blue Star 2	191,5
Blue Star Chios	194,2
Blue Star Delos	194
Blue Star Mykonos	194
Blue Star Naxos	188
Blue Star Paros	188
Blue Star Patmos	194,2
Diagoras	192
Express Skiathos	183,4
Flying Cat-3	35
Flying Cat-4	35
Flying Cat-5	35
Flying Cat-6	35

Fd19	35
Fd17	35
Fd29	35
Hellenic Highspeed	182,4
Highspeed 4	170,2
Nissos Rodos	188,2
Nissos Samos	188,2
Superfast I	208,2
Superfast II	208,2
Superfast XI	210
Speed Cat I	35
Ionis	173
Porfyrousa	168
Achilleas	177
Macedon	130
Asterion II	176
El. Venizelos	193
Elyros	192
Hellenic Spirit	188,2
Kriti I	188,2
Kriti II	188,2
Olympic Champion	193
Prevelis	184
Superferry	188
Superexpress	184
Dodekanissos Express	35
Dodekanissos Pride	35

Πίνακας 7.2 Εκτίμηση μέσης ειδικής κατανάλωσης καυσίμου

7.4. ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΝΑ ΠΛΟΙΟ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται, συνοπτικά η ετήσια κατανάλωση καυσίμου ανά πλοίο, με βάση την εκτίμηση των παραγόμενων κιλοβατών από τις ηλεκτρικές γεννήτριες του και την εκτίμηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, όπως παρουσιάζεται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Όνομα Πλοίου	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Καυσίμου		
	σε γραμμάρια (gr)	σε κιλά (kg)	σε τόνους (tns)
Fiore Di Levante	120543552	120543,552	120,54
Mare Di Levante	73573320	73573,32	73,57
Kefalonia	68215070,72	68215,07072	68,22
Andreas Kalvos	94645754,88	94645,75488	94,65
Speedrunner 3	56896406,86	56896,40686	56,9
Festos Palace	728557704	728557,704	728,56
Knossos Palace	826120793,6	826120,7936	826,12
Kydon Palace	539978272,3	539978,2723	539,98
Ocean Majesty	182353700,7	182353,7007	182,35
Ariadne	505219161,6	505219,1616	505,22
Artemis	27296156,16	27296,15616	27,3
Blue Carrier 1	160455139,2	160455,1392	160,46
Blue Galaxy	466904354,4	466904,3544	466,9
Blue Horizon	379716206,4	379716,2064	379,72
Blue Star 1	245099310,9	245099,3109	245,1
Blue Star 2	362463218,3	362463,2183	362,46
Blue Star Chios	258074176,9	258074,1769	258,07
Blue Star Delos	895716003,2	895716,0032	895,72
Blue Star Mykonos	217895902,5	217895,9025	217,9
Blue Star Naxos	138963117,8	138963,1178	138,96
Blue Star Paros	464562387,6	464562,3876	464,56
Blue Star Patmos	613024245,9	613024,2459	613,02
Diagoras	299605824	299605,824	299,61
Express Skiathos	62656482,56	62656,48256	62,66
Flying Cat-3	3282221,25	3282,22125	3,28
Flying Cat-4	4074336	4074,336	4,07
Flying Cat-5	3468374	3468,374	3,47
Flying Cat-6	2663920	2663,92	2,66
Fd19	827668,8	827,6688	0,83
Fd17	714278,46	714,27846	0,71
Fd29	731422,16	731,42216	0,73

Hellenic Highspeed	162342821,1	162342,8211	162,34
Highspeed 4	65784682,8	65784,6828	65,78
Nisso Rodos	242104008,8	242104,0088	242,1
Nisso Samos	323149558,1	323149,5581	323,15
Superfast I	329408418,6	329408,4186	329,41
Superfast Ii	281021383,6	281021,3836	281,02
Superfast Xi	603239004,9	603239,0049	603,24
Speed Cat I	11746805	11746,805	11,75
Ionis	45649994,4	45649,9944	45,65
Porfyrousa	10225068	10225,068	10,23
Achilleas	153879906	153879,906	153,88
Macedon	71017128	71017,128	71,02
Asterion Ii	102071457	102071,457	102,07
El. Venizelos	217648679,6	217648,6796	217,65
Elyros	203880382,6	203880,3826	203,88
Hellenic Spirit	155559227,2	155559,2272	155,56
Kriti I	158009186,7	158009,1867	158,01
Kriti Ii	176526853,6	176526,8536	176,53
Olympic Champion	219626674	219626,674	219,63
Prevelis	97460221,9	97460,2219	97,46
Superferry	268367330,4	268367,3304	268,37
Superexpress	38860955,64	38860,95564	38,86
Dodekanissos Express	1093239	1093,239	1,09
Dodekanissos Pride	1338372	1338,372	1,34
Συνολική Ετήσια Κατανάλωση			11744,32

Πίνακας 7.3 Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου μέσω των βοηθητικών συστημάτων

8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΟΡΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

8.1. ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

Η εγκατάσταση μετασχηματιστών όπως αναλύεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, προϋποθέτει την εγκατάσταση Μ/Σ ισχύος με τυποποιημένες τιμές ισχύος, κάτι που διευκολύνει την εγκατάσταση τόσο στο να μη χρειάζεται πρόσθετος υπολογισμός άλλων στοιχείων (όπως π.χ ρεύμα βραχυκύκλωσης, απώλειες χαλκού ή σιδήρου).

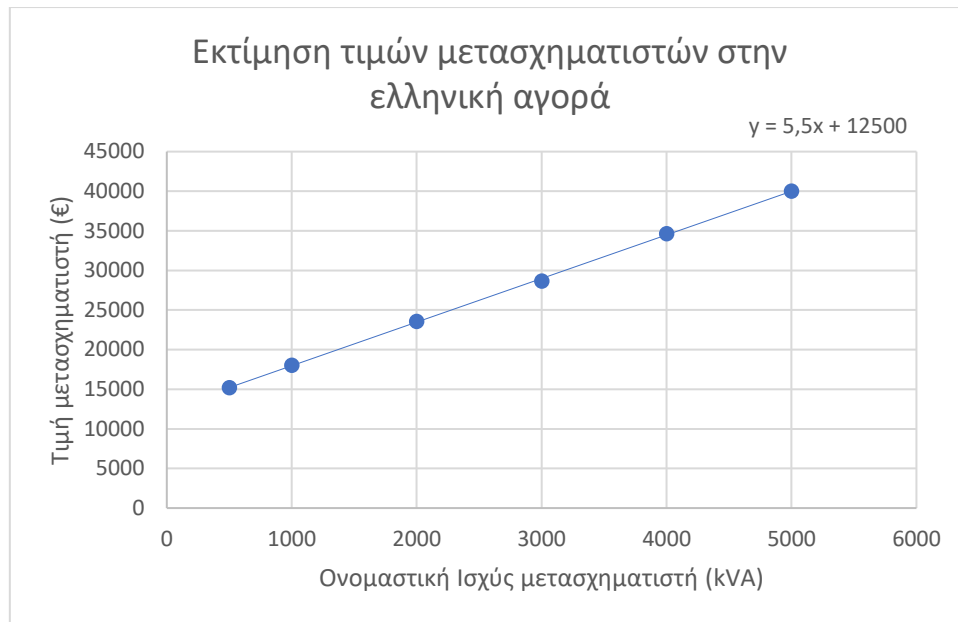
Για την κοστολόγηση της αγοράς και εγκατάστασης των μετασχηματιστών που πρόκειται να εγκατασταθούν στα ακτοπλοϊκά, πραγματοποιήθηκε έρευνα αγοράς στους κυριότερους κατασκευαστές μετασχηματιστών τάσης με δυνατότητα εφαρμογής σε θαλάσσιες κατασκευές, όπως πλοία, εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου κá.

Στην ελληνική αγορά, οι κύριοι κατασκευαστές μετασχηματιστών ισχύος, που εξετάστηκαν είναι οι εξής: Schneider Electric^[19], Hitachi Energy, Olsun Marine και ABB.

Οι μετασχηματιστές ισχύος που εξετάζονται προς αγορά και εγκατάσταση είναι εγκεκριμένοι από τους νηογνώμονες, στους οποίους είναι εγγεγραμμένα τα πλοία στα οποία πρόκειται να εγκατασταθούν, και εναρμονισμένοι με τα πρότυπα και τις οδηγίες του IMO και της ΕΕ.

- Πιστοποιημένοι από τους νηογνώμονες Bureau Veritas, Lloyd's, ABS, DNV, Germanischer Lloyd's.
- Πιστοποιημένοι IEC regulations: 60228, 60092-353, 60092-360, 60332-1-2, 60332-3-22, 60754-1 & 2, 61034-2,

Η ανάλυση της αγοράς του μετασχηματιστή ισχύος, βασίζεται στην στατιστική εκτίμηση της τιμής του, με βάση τον μέσο όρο των τιμών των ανωτέρω κατασκευαστών για τα επιθυμητά επίπεδα ονομαστικής ισχύος, όπως αυτά περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.



Διάγραμμα 8.1 Σχέση τιμής-ονομαστικής ισχύος Μ/Σ

Με βάσει το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται γραμμικότητα στις τυποποιημένες τιμές των μετασχηματιστών ισχύος στο εύρος 1000 έως 5000 kW. Η γραμμική σχέση μεταξύ τιμής του μετασχηματιστή ισχύος και της ονομαστικής ισχύος του, προσεγγιστικά δίνεται από τη σχέση: τιμή = $5,7 \times$ ονομαστική ισχύς + 12700, με την ονομαστική ισχύ σε kVA και η τιμή σε € (ευρώ).

Σημειώνεται, ότι για μετασχηματιστές κάτω των 1000 kW, η προσφορά στην ελληνική αγορά είναι σχετικά μικρή και χωρίς οι κατασκευαστές να παραθέτουν επικαιροποιημένες τιμές. Για αυτό το λόγο, και εξαιτίας της μικρής ποσότητας μετασχηματιστών με ονομαστική ισχύ μικρότερη των 500 kW, που απαιτούνται στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, λαμβάνεται υπόψη η ανωτέρω σχέση για τον υπολογισμό της τιμής τους.

Συνεπώς με βάσει την παραπάνω καμπύλη τιμής-ονομαστικής ισχύος, προκύπτει το τελικό κοστολόγιο.

ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ					
Ονομαστική Ισχύς Μ/Σ (kVA)	Αριθμός	Τάση Εισόδου (kV)	Τάση Εξόδου (kV)	Συχνότητα (hZ)	Τιμή Μονάδος (€)
50	3	11	0.38	50	12785
100	2	11	0.4	50	13070
	2		0.38		
250	2	11	0,415	50	13925
	1		0,38	50	
	1		0,4	50	
	1		0,44	60	
500	2	11	0,38	50	15350
	1		0,415	50	
	1		0,44	50	
750	1	11	0,38	50	16775
	1		0,44	60	
1000	2	11	0,44	60	18200
	1		0,4	50	
1500	2	11	0,38	50	21050
	1		0,415	50	
	6		0,44	60	
2000	1	11	0,38	50	23900
	3		0,4	50	
	4		0,44	60	
	1		0,45	60	
2500	1	11	0,4	50	26750
	3		0,44	60	
	1		0,45	60	
	2		0,69	50	
3000	1	11	0,4	50	29600
	1		0,44	60	
	1		0,45	60	
4000	2	11	0,69	60	35300
4500	1	11	0,38	50	38150
	1		0,4	50	
	1		0,69	60	
7000	1	11	0,44	60	52400
Συνολικά	55	€ 1.227.860,00			

Πίνακας 8.1 Ανάλυση υπολογισμού κόστους Μ/Σ

8.2. ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Μ/Σ

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 6.3 είναι αναγκαία η εγκατάσταση στοιχείων προστασίας για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία του μετασχηματιστή. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και έπειτα από σχετική έρευνα, υιοθετείται το κόστος των στοιχείων προστασίας ως το 20% του κόστους του εκάστοτε μετασχηματιστή, έτσι ώστε να συμπεριληφθούν τα έξοδα για την εγκατάσταση των στοιχείων προστασίας.

ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΚΟΠΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	
Κόστος Μετασχηματιστών	€ 1.227.860,00
Ποσοστοποίηση (%)	20
Σύνοψη Εξοπλισμού	
<ul style="list-style-type: none">• 2 βολτόμετρα / πλοίο• 2 μετρητές συχνότητας / πλοίο• 1 αμπερόμετρο / πλοίο• 1 δείκτης ακολουθίας φάσεων / πλοίο• 1 συσκευή συγχρονισμού / πλοίο• Διακοπτικό υλικό κατά ANSI / IEEE C37.2 [50, 49/5, 51G/51N, 59/27, 81, 32, 47]	
Συνολικό κόστος	€ 245.572,00

Πίνακας 8.2 Ανάλυση υπολογισμού κόστους στοιχείων προστασίας & διακοπτικού υλικού

8.3. ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ

Η επιλογή της κατάλληλης καλωδίωσης αποτελεί σημαντικό μέρος της εγκατάστασης του πρόσθετου εξοπλισμού. Τα καλώδια που επιλέγονται προς εγκατάσταση είναι κατασκευής Kent-Marine και διαθέτουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά, που τα καθιστούν κατάλληλα για χρήση σε θαλάσσιες κατασκευές:

- χωρίς αλογόνο,
- αντιπυρική δράση,
- επιβραδυντικό φλόγας.

Τα καλώδια που πρόκειται να εγκατασταθούν είναι κατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση σε ναυτική εγκατάσταση με μέγιστη συνεχή μεταφορά ρεύματος τάσης έως 0,6 ή 1 kV, ακριβώς εντός των ορίων της τάσης λειτουργίας των ακτοπλοϊκών. Ακόμη κάποια τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των καλωδίων είναι τα εξής:

- Υλικό μόνωσης: πολυαιθυλένιο διασταυρωμένου δεσμού HF XLPE
- Υλικό αγωγού: class 5 flexible electrolytic copper ευλύγιστος ηλεκτρολυτικός χαλκός class 5
- Μέγιστη θερμοκρασία στον αγωγό: 90°C
- Υλικό επικάλυψης: θερμοπλαστική πολυλεφίνη, μαύρη

Όπως προκύπτει από τους καταλόγους και τα στοιχεία της εταιρίας Kent-Marine^[20] η μέση τιμή των καλωδιώσεων ανέρχεται στα 40 ευρώ/10 μέτρα καλωδίωσης. Συνεπώς, και με βάσει τη διαστασιολόγηση που έχει προκύψει στο προηγούμενο κεφάλαιο προκύπτει το παρακάτω συνολικό κόστος για τις καλωδιώσεις.

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	
Μέση τιμή καλωδίων/10 μέτρα	40 €
Συνολικές καλωδιακές μονάδες	4145 units
Συνολικό μήκος καλωδίων	41450 m
Συνολικό κόστος καλωδίων	€ € 165.800,00

Πίνακας 8.3 Ανάλυση υπολογισμών κόστους καλωδίωσης

8.4. ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΡΟΥΛΙΟΥ (CABLE REEL MANAGEMENT SYSTEM)

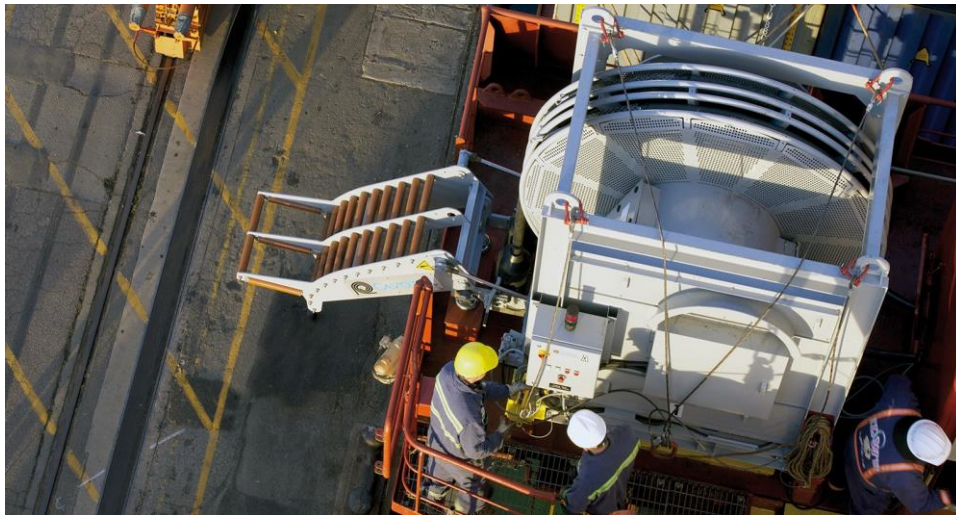
Για την αγορά και εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης καλωδίων και καρουλιού, λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος και ο τύπος του πλοίου.

Για πλοία με μικρό ύψος εξάλλων, κυρίως ταχύπλοα και ιπτάμενα δελφίνια, συνίσταται η αγορά και εγκατάσταση ενός σχετικά απλού μηχανισμού, χωρίς μηχανικό βραχίονα, καθώς ήδη το σημείο διασύνδεσης στο πλοίο βρίσκεται σε μικρή απόσταση σε σχέση με το σημείο διασύνδεσης στη στεριά. Ακόμη, η ύπαρξη απλού μηχανισμού εξυπηρετεί μελλοντική διασύνδεση του πλοίου σε εγκατάσταση ξηράς στα νησιά. Πιο συγκεκριμένα, ο μικρός χρόνος παραμονής των ταχύπλοων και των ιπτάμενων δελφινιών στα νησιά καθιστά απαραίτητη τη λύση μη χρονοβόρας διασύνδεσης με το δίκτυο ξηράς, κάτι που εξυπηρετείται με το απλό καρούλι χωρίς βραχίονα.



Εικόνα 8.1 Μηχανισμός καλωδίου-καρουλιού, τύπου e-spool πηγή: IGUS

Σε πλοία με μεγάλο ύψος εξάλλων τίθεται ως απαραίτητη προϋπόθεση η αγορά και εγκατάσταση εξελιγμένου συστήματος διαχείρισης του καλωδίου, (με ή χωρίς μηχανικό βραχίονα, ο οποίος υποβοηθά τη διασύνδεση του καλωδίου από το πλοίο στο δίκτυο της στεριάς). Ακόμη, προτιμάται η εγκατάσταση σύνθετου μηχανισμού, καθώς τα μεγαλύτερα πλοία, μπορεί να βρίσκονται ελλειμισμένα μακριά από την πηγή ηλεκτρικού ρεύματος στη στεριά, η σε θέση που δε διευκολύνει την απευθείας διασύνδεση, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη χρησιμοποίησης καρουλιού με βραχίονα, η άλλου πιο εξειδικευμένου μηχανισμού.



Εικόνα 8.2 Μηχανισμός ανύψωσης & καθέλκυσης καλωδίων, με τη βοήθεια καρουλιού, πηγή: CAVOTEC

ΚΟΣΤΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ CMS				
	Αριθμός	Μήκος Καρουλιού (m)	Βάρος Μηχανισμού (kg)	Τιμή Μονάδος (€)
Απλός Μηχανισμός (τύπου e-stool)	14	14	48	2000 ^[21]
Σύνθετος Μηχανισμός	41	20	450	20000 ^[22]
Συνολικό Κόστος Μηχανισμών	€ 848.000,00			

Πίνακας 8.4 Ανάλυση υπολογισμών κόστους μηχανισμών CMS

8.5. ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Η ομαλή λειτουργία του συστήματος cold ironing που πρόκειται να εγκατασταθεί, προϋποθέτει τόσο την ορθή επιλογή, αγορά και εγκατάσταση του εξοπλισμού, όσο και τη σωστή συντήρηση του. Η συντήρηση του εξοπλισμού αποτελεί πολύ σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα της εν γένει λειτουργίας του συστήματος ηλεκτροδότησης από τη στεριά, καθώς αστοχίες ή παραλείψεις στη συντήρηση μπορεί να θέσουν τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, η να οδηγήσουν στην αναγκαστική αντικατάσταση του με νέο.

Το ετήσιο κόστος συντήρησης λαμβάνεται υπόψη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας και εκτιμάται ως ένα ποσοστό επί του κόστους αγοράς του εκάστοτε εξοπλισμού. Το ετήσιο κόστος συντήρησης ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού κυμαίνεται στο εύρος 1-5% ^[23] του κόστους αγοράς, ενώ σε άλλες περιπτώσεις πιο σύνθετων εξοπλισμών σε περιβάλλον που προκαλεί μεγάλες φθορές μπορεί να προσεγγίσει και το 8-9% του κόστους αγοράς.

Καθώς, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που πρόκειται να εγκατασταθεί αποτελεί ευαίσθητο εξοπλισμό, η σωστή και εντός προγράμματος συντήρηση παίζει καταλυτικό ρόλο στη λειτουργία του εξοπλισμού, λαμβάνεται υπόψη ένα ποσοστό 6% επί του ποσοστού αγοράς του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το ετήσιο κόστος συντήρησης, λαμβάνοντας υπόψη ως συντελεστή συντήρησης επί του κόστους αγοράς του εξοπλισμού το 6%.

ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ & ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	
Μετασχηματιστές	€ 73.671,60
Στοιχεία Προστασίας	€ 9.208,95
Μηχανισμός Καρουλιού (CMS)	€ 42.400,00
Συνολικό Ετήσιο Κόστος	€ 113.001,95

Πίνακας 8.5 Ανάλυση υπολογισμών ετήσιου κόστους συντήρησης εξοπλισμού

8.6. ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Για την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού, λαμβάνονται υπόψη οι ανθρωποώρες εργασίας που απαιτούνται επί των Ε/Γ-Ο/Γ, που εξετάζονται. Αναλυτικά, εκτιμάται ότι απαιτούνται περί τις 14 ημέρες για εργασίες, πάνω στα πλοία από τα συνεργεία των εργατών, ενώ το κάθε συνεργείο αποτελείται από 4 εργατοτεχνίτες. Καθώς η εγκατάσταση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, πάνω στο πλοίο αποτελεί εξειδικευμένη εργασία απαιτείται έμπειρο συνεργείο με τουλάχιστον 9ετή εμπειρία, στο χώρο των θαλάσσιων μετασκευών. Συνεπώς, και με βάση την ισχύουσα νομοθεσία προκύπτει το παρακάτω συνολικό κόστος για τα έξοδα των εργατικών.

Κόστος εργατικών	
Αριθμός εργατών/πλοίο	4
Συνολικό εργατικό προσωπικό	224
Βασικό ημερήσιο ημερομίσθιο εργατοτεχνιτών ^[24]	40.06 €
Ημέρες απασχόλησης	14
Συνολικό κόστος απασχόλησης εργατών	125.628,16 €

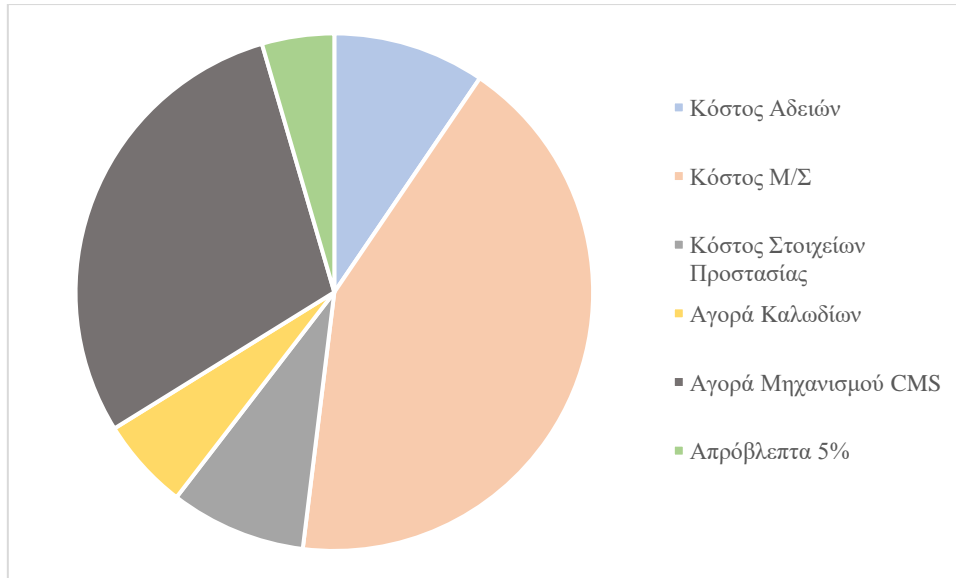
Πίνακας 8.6 Υπολογισμός κόστους εργατικών

8.7. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Με βάση την παραπάνω οικονομική ανάλυση αγοράς κι εγκατάστασης του απαραίτητου εξοπλισμού για την εγκατάσταση του στα πλοία της ελληνικής ακτοπλοΐας, προκύπτει ο πίνακας αρχικών εξόδων, τα οποία πραγματοποιούνται τον χρόνο 0 της επένδυσης.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	
Κόστος Μ/Σ	€ 1.227.860,00
Κόστος Στοιχείων Προστασίας	€ 245.572,00
Κόστος Καλωδίων	€ 165.800,00
Κόστος Μηχανισμών CMS	€ 848.000,00
Υποσύνολο (α)	€ 2.487.232,00
Κόστος Εργατικών	€ 125.628,16
Υποσύνολο (β)	€ 2.612.860,16
Απόβλεπτα (5%)	€ 130.643,01
Υποσύνολο (γ)	€ 2.743.503,17
Κόστος Αδειών	€ 275.000,00
Τελικό Σύνολο	€ 3.018.503,17

Πίνακας 8.7 Ανάλυση κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού



Διάγραμμα 8.2 Ανάλυση ποσοστών κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού

9. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

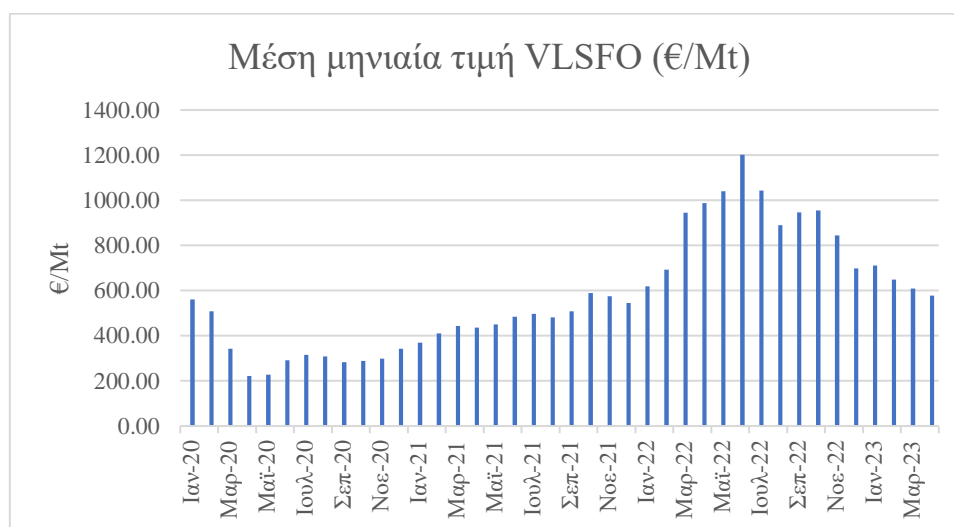
9.1.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ ΩΣ ΑΓΟΡΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, για τα δεδομένα των τιμών των ναυτιλιακών καυσίμων και για τις προβλέψεις τους στα μελλοντικά έτη λαμβάνεται υπόψη το λιμάνι του Πειραιά ως ναυτιλιακό κέντρο. Αποτελεί σημαντικό κέντρο για την ελληνική αγορά πετρελεύσεων, καθώς υπολογίζεται ότι ο κύκλος εργασιών του αντιστοιχεί στο 90%^[25] ολόκληρης της ναυτιλιακής αγοράς καυσίμων στην Ελλάδα.

9.1.2 ΚΟΣΤΟΣ VLSFO (0,5% S)

Το παράγωγο πετρελαίου Very Low Sulphur Oil προσφέρθηκε στην αγορά των ναυτιλιακών καυσίμων, σε μεγάλο εύρος, το 2020, όταν και ο IMO καθιέρωσε ως ανώτατο όριο σε περιεκτικότητα θείου θεσπίστηκε το 0,5% παγκοσμίως. Η αρχικά περιορισμένη διάθεση του πετρελαίου VLSFO στις αρχές του 2020 σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτηση του, οδήγησαν σε μια αύξηση των τιμών φτάνοντας έως και 700\$/mt, ενώ αμέσως μετά λόγω της πανδημίας και της μειωμένης ζήτησης εμφανίστηκε μείωση στην τιμή του VLSFO. Στη συνέχεια, γεωπολιτικές εξελίξεις και μεταβολές στην τιμή του Brent, προκάλεσαν την εκ νέου αύξηση της τιμής του, η οποία ακολουθήθηκε από μια σταθεροποίηση περίπου σε ένα εύρος μεταξύ των 600-800 \$/mt. Γενικά, η τιμή του VLSFO καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του Brent, το οποίο βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα.

Παρακάτω παρατίθεται, η πορεία της τιμής του VLSFO στο λιμάνι του Πειραιά, καθώς και οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές που καταγράφηκαν ανά μήνα, για την τελευταία διετία.^[26]



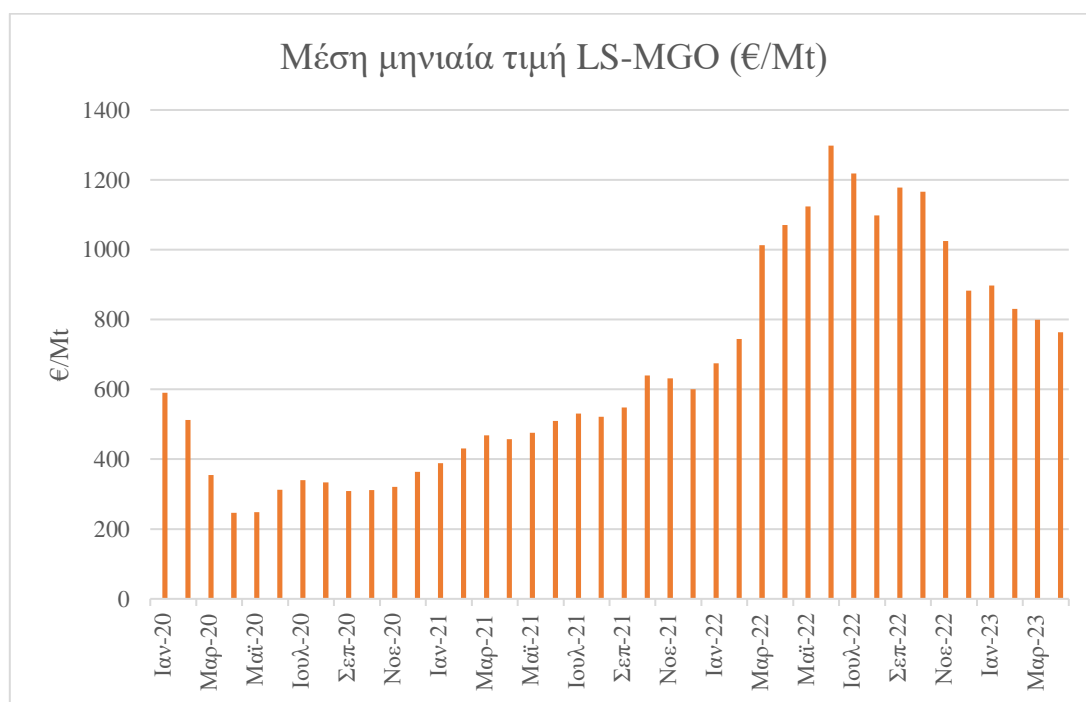
Διάγραμμα 9.1 Πορεία μέσης μηνιαίας τιμής VLSFO [26]

	Μέση τιμή (€)	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)		Μέση τιμή (€)	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)
Ιαν-20	560,45	528,01	601,9	Σεπ-21	508,79	479,91	539,37
Φεβ-20	508,41	425,97	536,81	Οκτ-21	588,96	534,63	621,72
Μαρ-20	342,04	239,79	476,86	Νοε-21	574,85	504,64	609,95
Απρ-20	221,77	155,52	323	Δεκ-21	544,95	495,41	584,75
Μαϊ-20	226,82	168,29	269,81	Ιαν-22	619,18	560,88	675,71
Ιουν-20	291,46	238,14	328,78	Φεβ-22	692,66	654,77	758,75
Ιουλ-20	315,16	296,83	330	Μαρ-22	944,9	747,74	1222,01
Αυγ-20	307,69	291,63	316,99	Απρ-22	988,31	905,02	1056,79
Σεπ-20	283,36	250,27	313,05	Μαϊ-22	1040,57	988,54	1116,25
Οκτ-20	288,01	270,17	299,9	Ιουν-22	1201,95	1040,11	1274,82
Νοε-20	298,14	257,6	340,37	Ιουλ-22	1043,14	917,53	1259,03
Δεκ-20	342,49	320,31	361,38	Αυγ-22	889,6	812,51	988,45
Ιαν-21	369,15	349,42	383,12	Σεπ-22	946,92	855,39	1143,06
Φεβ-21	410,95	367,95	454,77	Οκτ-22	955,01	819,74	1096,38
Μαρ-21	442,76	409,16	463,77	Νοε-22	844,32	738,65	997,92
Απρ-21	436,28	415,38	453,83	Δεκ-22	697,7	637,27	765,67
Μαϊ-21	450,35	436,35	465,17	Ιαν-23	710,52	645,59	794
Ιουν-21	484,3	456,89	503,41	Φεβ-23	649,35	610,1	757,73
Ιουλ-21	497,24	471,87	525,99	Μαρ-23	609,63	562,95	667,51
Αυγ-21	481,73	441,8	508,07	Απρ-23	577,89	508,8	625,5

Πίνακας 9.1 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία τιμή καυσίμου VLSFO (Ιανουάριος 2020-Απρίλιος 2023) [26]

9.1.3 ΚΟΣΤΟΣ LS-MGO

Το καύσιμο LS-MGO (περιεκτικότητα θείου μικρότερη του 0.1%) εντάχθηκε στις ναυτιλιακές αγορές σε μεγάλη κλίμακα περίπου την ίδια εποχή με το VLSFO, που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η τιμή του είναι υψηλότερη του VLSFO, καθώς έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο και είναι καθαρότερο καύσιμο. Στις αρχές του 2020, η χαμηλή ζήτηση του καυσίμου αυτού σε συνδυασμό με την πανδημία που ακολούθησε, προκάλεσαν μια πτώση της τιμής του η οποία σε κάποιες περιπτώσεις, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα^[27] έφτασε πολύ κοντά με αυτήν του VLSFO. Στη συνέχεια, όμως η αύξηση στη ζήτηση του, καθώς η ανάγκη για χρησιμοποίηση ναυτιλιακών καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερη του 0,1% οδήγησε στην αύξηση της τιμής του, και σε σημαντική διαφορά της με την αντίστοιχη του VLSFO.

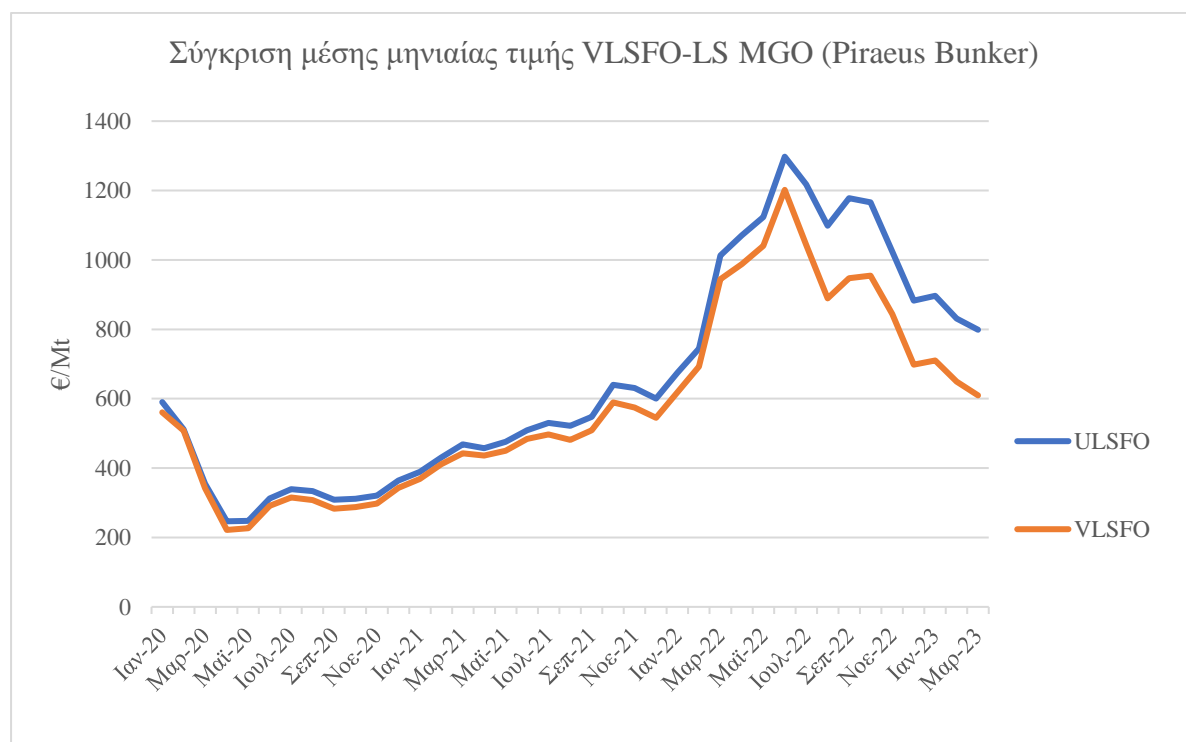


Διάγραμμα 9.2 Πορεία μέσης μηνιαίας τιμής καυσίμου LS-MGO (Piraeus bunker) [27]

	Μέση τιμή (€)	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)		Μέση τιμή (€)	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)
Ιαν-20	590,19	524,41	642,45	Σεπ-21	547,86	524,93	591,18
Φεβ-20	512,08	448,87	571,62	Οκτ-21	639,83	578,61	683,81
Μαρ-20	354,70	273,27	477,77	Νοε-21	631,02	563,44	664,37
Απρ-20	246,62	185,88	318,40	Δεκ-21	600,68	532,56	639,60
Μαϊ-20	247,86	188,41	297,25	Ιαν-22	674,82	611,23	719,87
Ιουν-20	312,78	262,13	346,55	Φεβ-22	744,65	706,76	806,34
Ιουλ-20	339,61	317,78	351,83	Μαρ-22	1013,04	814,07	1338,31
Αυγ-20	333,89	310,22	345,73	Απρ-22	1070,67	966,10	1124,34

Σεπ-20	308,81	274,87	337,65	Μαϊ-22	1123,81	1064,22	1213,68
Οκτ-20	311,80	291,41	327,94	Ιουν-22	1297,53	1114,88	1381,76
Νοε-20	320,94	282,94	358,95	Ιουλ-22	1217,82	1113,80	1356,18
Δεκ-20	363,84	340,84	381,91	Αυγ-22	1098,17	1006,24	1226,67
Ιαν-21	388,88	366,68	402,03	Σεπ-22	1177,93	1070,06	1317,41
Φεβ-21	430,79	388,62	471,31	Οκτ-22	1165,54	1014,00	1254,03
Μαρ-21	467,97	427,64	487,29	Νοε-22	1024,33	926,50	1113,36
Απρ-21	457,17	433,77	475,56	Δεκ-22	882,74	814,76	945,05
Μαϊ-21	475,87	459,41	489,05	Ιαν-23	896,96	830,17	978,58
Ιουν-21	509,23	481,81	535,81	Φεβ-23	830,60	787,62	919,36
Ιουλ-21	530,22	493,86	547,13	Μαρ-23	799,15	745,00	854,23
Αυγ-21	521,67	492,78	541,21	Απρ-23	763,67	695,52	810,35

Πίνακας 9.2 Μέση, ελάχιστη και μέγιστη μηνιαία τιμή καυσίμου LS-MGO (Ιανουάριος 2020- Απρίλιος 2023), [27]

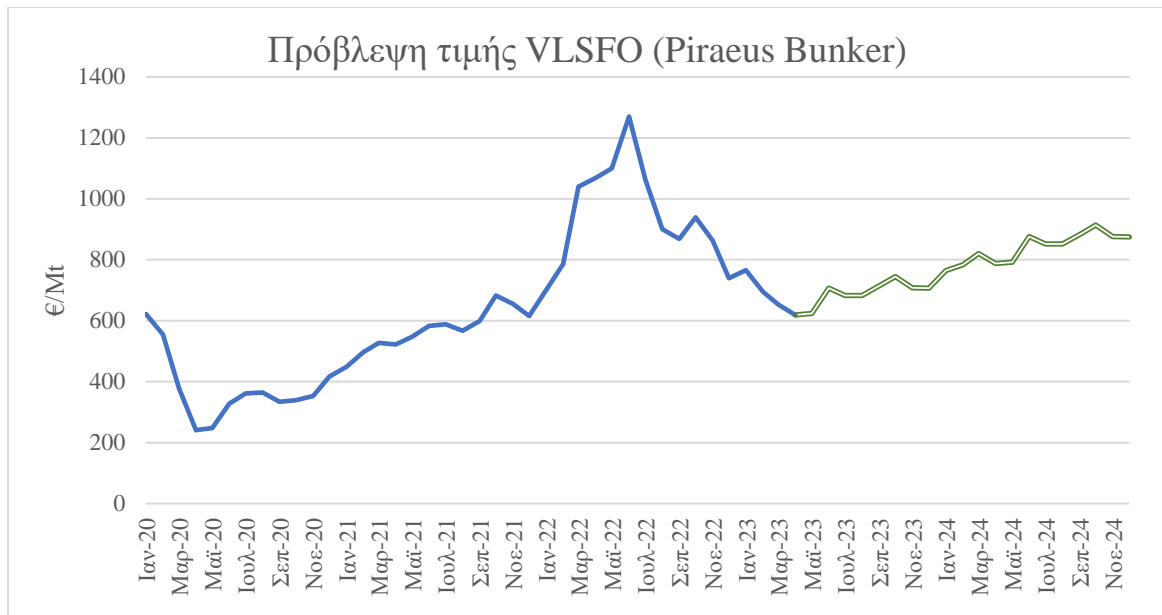


Διάγραμμα 9.3 Σύγκριση πορείας μέσης μηνιαίας τιμής VLSFO-LS-MGO (Piraeus bunker), [26,27]

9.2. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

9.2.1 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ VLSFO

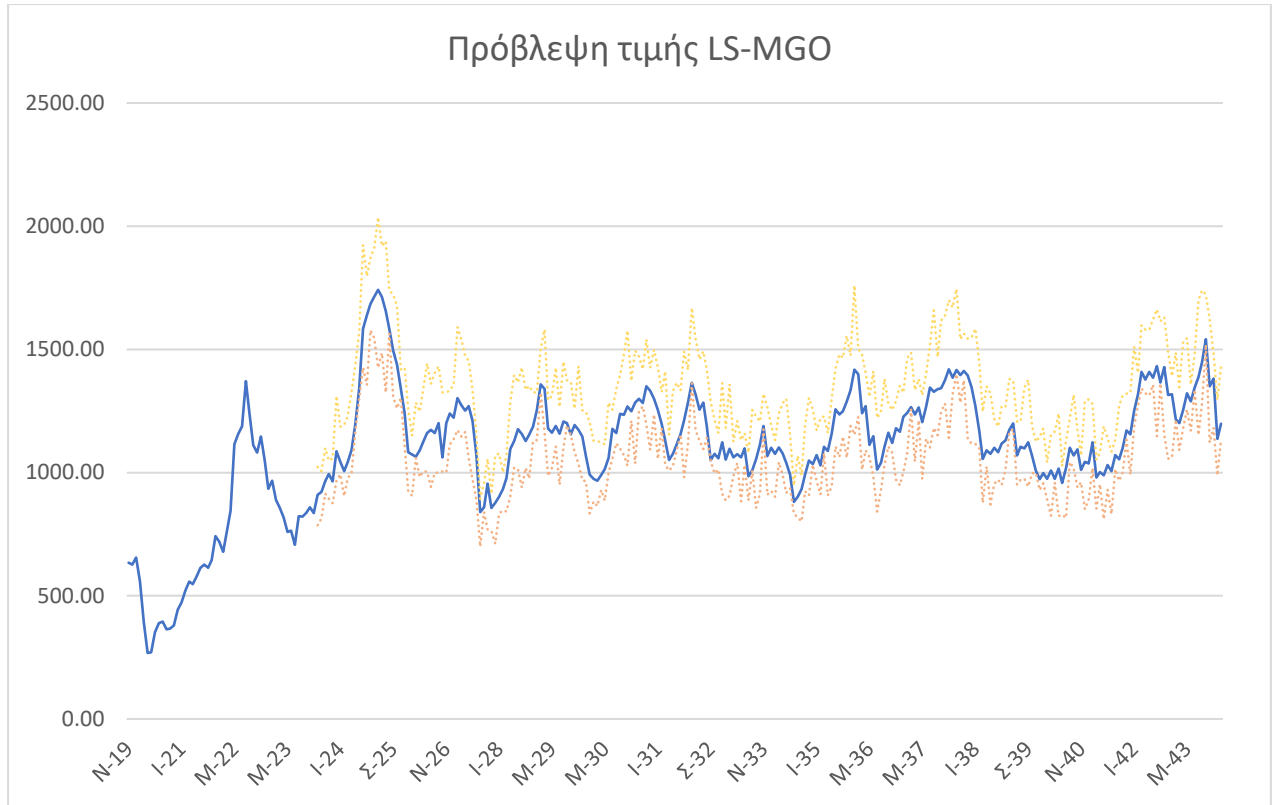
Η τιμή του καυσίμου VLSFO απασχολεί την παρούσα διπλωματική εργασία μόνο για τον 1^ο χρόνο της επένδυσης, πιο συγκεκριμένα για το 2024. Η πρόβλεψη της τιμής του καυσίμου VLSFO, με βάση τα τωρινά δεδομένα παρατίθεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 9.4 Προβλεπόμενη πορεία μέσης τιμής καυσίμου VLSFO, [26]

9.2.2 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΙΜΗΣ LS-MGO

Η πρόβλεψη της τιμής του LS-MGO σε επίπεδο 20ετίας αποτελεί μια αρκετά επισφαλής εκτίμηση. Αναμένεται αύξηση της τιμής του, στο τέλος του 2024 και στις αρχές του 2025, όταν και η Μεσόγειος θα μετατραπεί σε ζώνη ECA. Η υψηλή ζήτηση που αναμένεται να εμφανιστεί στην αγορά των ναυτιλιακών καυσίμων για το συγκεκριμένο καύσιμο, σε συνδυασμό με μια πιθανή ανεπάρκεια στην ποσότητα του καυσίμου στην αγορά θα αποτελέσουν τις κύριες αιτίες αυτής της αύξησης της τιμής του. Στη συνέχεια, αναμένεται ομαλοποίηση της τιμής του καυσίμου LS-MGO με μικρές αυξομειώσεις της τάξεως του 5-10% ανά μήνα, διαγράφοντας πορεία παρόμοια με αυτήν που παρουσιάζεται στο παραπάνω γράφημα.



Διάγραμμα 9.5 Προβλεπόμενη πορεία μέσης τιμής καυσίμου LS-MGO

	Μέση τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)	Ελάχιστη τιμή(€)
2024	1047	1343	910
2025	1569	1742	1239
2026	1136	1240	1061
2027	1082	1302	840
2028	1121	1358	902
2029	1181	1340	1068
2030	1110	1269	967
2031	1223	1350	1052
2032	1197	1364	1050
2033	1072	1189	985
2034	1015	1102	882
2035	1219	1418	1030
2036	1149	1270	1012
2037	1302	1419	1204
2038	1259	1417	1055
2039	1096	1199	974
2040	1022	1101	958
2041	1060	1170	980
2042	1352	1432	1216
2043	1321	1542	1137

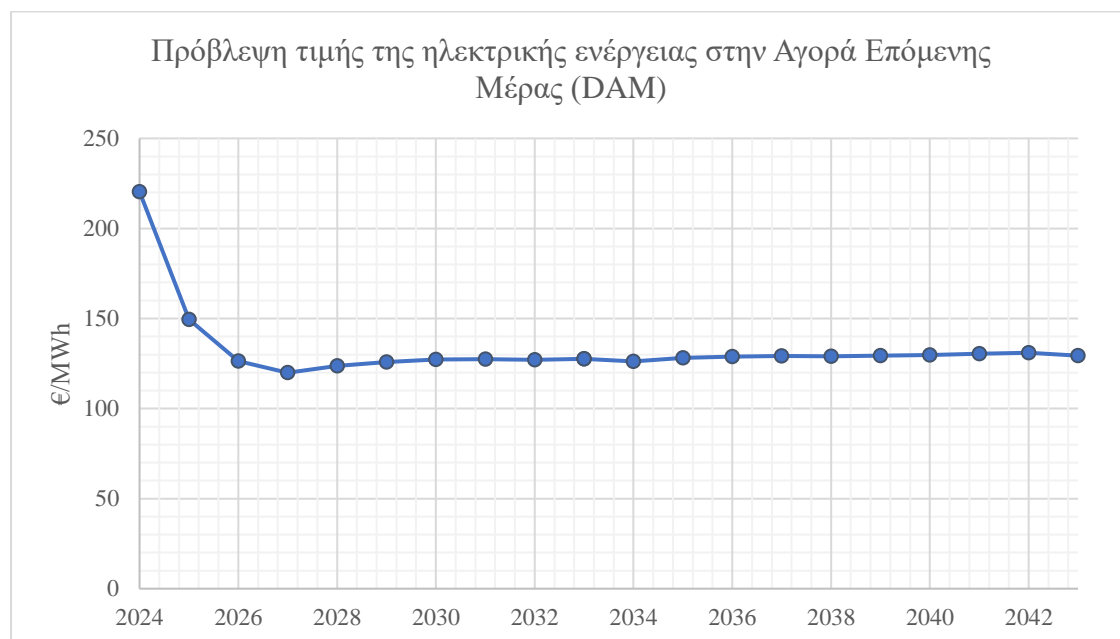
Πίνακας 9.3 Προβλεπόμενη μέση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή καυσίμου LS-MGO (έτη 2024-2043)

9.3. ΚΟΣΤΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η πρόβλεψη της τιμής του ρεύματος βασίζεται στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που αναμένεται στην Αγορά Επόμενης Μέρας (Day After Market). Καθώς η πρόβλεψη της τιμής του ρεύματος αποτελεί μια πολυπαραγοντική διαδικασία, τα στοιχεία της παρούσας διπλωματικής εργασίας βασίζονται στην επικαιροποιημένη πρόβλεψη της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας στην Αγορά Επόμενης Μέρας. (Παπαχαραλάμπους 2023)

Η Αγορά Επόμενης Μέρας αποτελεί μία αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με συναλλαγές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, με υποχρέωση παράδοσης την επόμενη μέρα, λειτουργώντας σε πραγματικό χρόνο. Οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας θέτουν προς πώληση τη διαθέσιμη χωρητικότητα των μονάδων τους, που δεν έχει ήδη γίνει αντικείμενο άλλης συναλλαγής και οι ενδιαφερόμενοι υποβάλλουν την προσφορά τους. Στο τέλος της ημέρας, υπάρχει ισορροπία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η αγορά επόμενης μέρας μειώνει τον αντίκτυπο της αβεβαιότητας στις τιμές της αγοράς σε πραγματικό χρόνο, επειδή ένα μικρότερο ποσοστό της παραγωγής εκτίθεται σε πραγματικό χρόνο στη μεταβλητότητα των τιμών και αυξάνει τη ρευστότητα. Συνεπώς, η πρόβλεψη τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά επόμενης μέρας, αποτελεί μια αξιόπιστη εκτίμηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος στην επόμενη 20ετία.



Διάγραμμα 9.6 Προβλεπόμενη τιμή ηλεκτρικού ρεύματος στην Αγορά Επόμενης Μέρας (έτη 2024-2043), [29]

10.ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

10.1.ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Για την οικονομική ανάλυση που ακολουθεί έχουν γίνει οι εξής παραδοχές:

- Ως έτος επένδυσης (έτος 0) λαμβάνεται το 2023, το οποίο θεωρείται και το έτος εγκατάστασης του εξοπλισμού. Η εγκατάσταση του εξοπλισμού ολοκληρώνεται στις 31/12/2023 για όλα τα πλοία, για αυτό το λόγο και η διαδικασία του Cold Ironing, θεωρείται ότι ξεκινάει για όλα τα πλοία την 1/1/2024.
- Ο χρόνος ζωής της επένδυσης ορίζεται στα 20 έτη.
- Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για την ηλεκτροδότηση των πλοίων από το δίκτυο ξηράς αναλύεται σε 2 επί μέρους κόστη: το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της Αγοράς Επόμενης Μέρας (Day After Market Price) και το τέλος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το λιμάνι (Port Tariff).
- Πέρα από το έτος 0, ως ετήσια έξοδα θεωρούνται τα έξοδα κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, τα έξοδα κατανάλωσης καυσίμου (σε περίπτωση που δεν καλύπτονται εξ' ολοκλήρου μέσω cold ironing οι ενεργειακές ανάγκες των πλοίων) και τα έξοδα συντήρησης του εξοπλισμού των πλοίων
- Ως ετήσιο έσοδο θεωρείται το ποσό του εξοικονομημένου καυσίμου, μέσω του cold ironing.
- Τα δεδομένα που έχουν συλλεγεί για τους χρόνους παραμονής των πλοίων και τις ενεργειακές τους ανάγκες προέρχονται από τη διετία 2022-2023.
- Θεωρείται ότι ο αριθμός των πλοίων και των προσεγγίσεων τους στα λιμάνια παραμένει ίδιος καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου που εξετάζεται.
- Η Μεσόγειος Θάλασσα θεωρείται ECA από 1/1/2025 και non-ECA έως 31/12/2024.
- Ως συνέπεια της ανωτέρω παραδοχής, τα πλοία καταναλώνουν VLSFO (S<0,5%) έως 31/12/2024 και LS-MGO (S<0,1%) για το υπόλοιπο του εξεταζόμενου χρονικού διαστήματος.
- Θεωρούμε ότι τα πλοία μπορούν να κάνουν cold ironing σε όλα τα κύρια λιμάνια που προσεγγίζουν (Πειραιάς, Πάτρα, Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Ρόδος, Κυλλήνη).
- Ως κόστος του καυσίμου, λαμβάνεται υπόψη το κόστος καυσίμων στο λιμάνι του Πειραιά (Piraeus Bunker).

10.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

10.2.1 ΚΑΘΑΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NET PRESENT VALUE)

Ένα κριτήριο αξιολόγησης μιας επένδυσης, σχετικά με το αν είναι συμφέρουσα να πραγματοποιηθεί είναι αυτό της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV). Η μέθοδος της ΚΠΑ συνίσταται στον υπολογισμό της παρούσας αξίας (Present Value, PV) όλων των αναμενόμενων καθαρών εισροών που προκύπτουν από την επένδυση που εξετάζουμε, προεξοφλώντας με βάση το κόστος κεφαλαίου (r), έχοντας αφαιρέσει την αρχική δαπάνη (CF_0).

Παρούσα αξία είναι η αξία μιας αναμενόμενης ταμειακής ροής κατά τη χρονική στιγμή της αποτίμησης. Η παρούσα αξία είναι μικρότερη ή ίση με τη μελλοντική αξία του ποσού, εξαιτίας της μεταβολής του χρήματος στο χρόνο (χρονική αξία χρήματος), όταν το επιτόκιο είναι θετικό. Για αρνητικό επιτόκιο, η παρούσα αξία είναι μεγαλύτερη από τη μελλοντική αξία. Ο υπολογισμός της παρούσας αξίας του χρήματος επιτρέπει να γίνει σύγκριση μεταξύ ταμειακών ροών που δεν προέκυψαν την ίδια χρονική στιγμή,

$$PV = \frac{C}{(1+i)^n}$$

όπου:

- PV =Παρούσα Αξία,
- C =Ταμειακή Ροή,
- i = Προεξοφλητικό Επιτόκιο ή Επιτόκιο Ανατοκισμού ή Κόστος Κεφαλαίου,
- n = Διάρκεια Ανατοκισμού.

Για τον υπολογισμό της ΚΠΑ, υπάρχει ο ακόλουθος τύπος:

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

όπου:

- NPV = Καθαρά Παρούσα Αξία,
- CF_0 = Αρχική Δαπάνη,
- CF_n = Καθαρή Χρηματοροή ανά έτος,
- n = Αριθμός Περιόδων,
- r = Προεξοφλητικό Επιτόκιο ή Κόστος Κεφαλαίου

Για να είναι μια επένδυση αποδεκτή και οικονομικά συμφέρουσα, θα πρέπει η ΚΠΑ να είναι μεγαλύτερη του μηδενός ($KPA > 0$).

10.2.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (INTERNAL RATE OF RETURN)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Ουσιαστικά, είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο εκείνο (r), το οποίο μηδενίζει ΚΠΑ, εξισώνει δηλαδή την παρούσα αξία των εισροών με αυτές των εκροών, αλλιώς των καθαρών ταμειακών ροών της επένδυσης με το αρχικό κεφάλαιο.

Ο ΕΒΑ δείχνει, με άλλα λόγια την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Για να είναι αποδεκτή μια επένδυση, θα πρέπει ο ΕΒΑ να είναι μεγαλύτερος από το τρέχον κόστος κεφαλαίου.

Το τρέχον κόστος κεφαλαίου, που λαμβάνεται υπόψη σε επενδύσεις στο χώρο του ηλεκτρισμού και της ενέργειας, προτείνεται στο 4%^[30], σύμφωνα με τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Δικτύου Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Αερίου. Ακόμη σε αυτό το ποσοστό προστίθεται το 1,7% του ρυθμού πληθωρισμού στην Ελλάδα, διαμορφώνοντας έτσι το κριτήριο βιωσιμότητας ή μη της εξεταζόμενης επένδυσης στο 5,7%.

10.2.3 ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ- ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ (PAYBACK PERIOD)

Για λόγους πληρότητας της μελέτης σκοπιμότητας λαμβάνονται υπόψη και οι παραδοσιακοί τρόποι αξιολόγησης επενδύσεων.

Το κριτήριο της περιόδου επανείσπραξης έχει να κάνει με τον υπολογισμό της περιόδου (έτη), που χρειάζονται έτσι ώστε οι καθαρές ταμειακές εισροές να καλύψουν το ύψος του επενδύμενου κεφαλαίου. Αποτελεί ένα πρόχειρο και απλό κριτήριο αξιολόγησης της επένδυσης και χρησιμοποιείται συνήθως όταν η απόφαση για την εκτέλεση ή όχι του επενδυτικού σχεδίου πρέπει να ληφθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση του παρόντος επενδυτικού σχεδίου, οι καθαρές ταμειακές εισροές δεν είναι σταθερές ανά έτος. Γι' αυτό το λόγο, η εύρεση της περιόδου επανείσπραξης συνίσταται στο άθροισμα των καθαρών ταμειακών εισροών μέχρις ότου αυτές να συμπληρώσουν το αρχικό επενδύμενο κεφάλαιο.

Τις περισσότερες φορές, ο επενδυτής καθορίζει την επιθυμητή περίοδο επανείσπραξης του αρχικού του κεφαλαίου. Σε περίπτωση που η υπολογισθείσα περίοδος επανείσπραξης είναι ίση ή μικρότερη από αυτή που έχει τεθεί από τον επενδυτή, η επένδυση είναι αξιόλογη ως προς το να πραγματοποιηθεί, ενώ σε αντίθεση περίπτωση (και δη για μεγάλη διαφορά μεταξύ της επιθυμητής και της υπολογισθείσας), η επένδυση απορρίπτεται.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν καθορίζεται κάποια επιθυμητή περίοδος επανείσπραξης της αρχικής δαπάνης, παρουσιάζεται ωστόσο, ο χρόνος επανείσπραξης ως δείκτης αξιολόγησης για λόγους πληρότητας.

10.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ – ΕΞΗΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η χρήση της μεθόδου cold ironing για την ηλεκτροδότηση των πλοίων από τη στεριά ακόμα βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο, ειδικά στον ελλαδικό χώρο. Για την κατασκευή των απαραίτητων υποδομών στη στεριά χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη, έτσι ώστε να μηδενίζονται πιθανά προβλήματα. Τέτοια προβλήματα είναι:

- καθυστέρηση στη διασύνδεση του πλοίου με το δίκτυο,
- η υπερφόρτιση του δικτύου ηλεκτρικού ρεύματος, με αποτέλεσμα την αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών όλων των πλοίων,
- βλάβες και αβαρίες στον εξοπλισμό στεριάς.

Ακόμη, δεν υπάρχει σύστημα shore side electricity system σε επίπεδο γενικής χρήσης, με εξαίρεση το λιμάνι της Κυλλήνης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

10.3.1 ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΜΕΣΩ CI

Η υπόθεση ότι όλες οι ενεργειακές ανάγκες των πλοίων μπορούν να καλυφθούν άμεσα κι εξ' ολοκλήρου μέσω αυτής της μεθόδου ενέχει μεγάλης επισφάλειας. Συνεπώς, λαμβάνονται υπόψη 3 σενάρια ανάπτυξης της μεθόδου cold ironing.

- Α σενάριο: 1^ο έτος κάλυψη ενεργειακών αναγκών κατά 25% μέσω CI, αύξηση 25% κάθε χρόνο, έως ότου να επιτευχθεί η ιδανική χρήση CI για την κάλυψη 100% των ενεργειακών αναγκών.
- Β σενάριο: 1^ο έτος χρήση κάλυψη ενεργειακών αναγκών κατά 60% μέσω CI, αύξηση 10% κάθε χρόνο, έως ότου να επιτευχθεί η ιδανική χρήση CI για την κάλυψη 100% των ενεργειακών αναγκών.

- Γ σενάριο: 1^ο έτος κάλυψη ενεργειακών αναγκών κατά 20% μέσω CI, αύξηση 5% κάθε χρόνο, έως ότου να επιτευχθεί η ιδανική χρήση CI για την κάλυψη 100% των ενεργειακών αναγκών.

10.3.2 ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Tariff)

Για κάθε σενάριο λαμβάνεται υπόψη εκτός από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και το λιμενικό τέλος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στα πλαίσια της συνεργασίας των συμβαλλόμενων ναυτιλιακών μερών, υπάρχει η δυνατότητα σύναψης συμφωνίας σταθερού λιμενικού τέλους καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο. Σε αντίθετη περίπτωση, το λιμενικό τέλος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανάλογο με τη χωρητικότητα του συστήματος. Επέκταση της χωρητικότητας του συνεπάγεται και αύξηση του λιμενικού τέλους, με σκοπό την απόσβεση του κόστους επέκτασης του από τον φορέα διαχείρισης του συστήματος CI. Διακρίνονται συνεπώς οι εξής περιπτώσεις:

- Περίπτωση 1^η: Σταθερό συμφωνηθέν λιμενικό τέλος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας: 60 € καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο.
- Περίπτωση 2^η: Κλιμακούμενο λιμενικό τέλος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας:
 - Σενάριο Α: Έτος 1^ο: 30 €, Έτος 2^ο: 40 €, Έτος 3^ο: 50 €, Έτος 4^ο: 75 € έως έτος 2033, έτη 2034-2043 60 €.
 - Σενάριο Β: Έτος 1ο: 45 €, Έτος 2ο: 55€, Έτος 3ο: 65 €, Έτος 4ο: 75 € έως έτος 2033, έτη 2034-2043 60 €.
 - Σενάριο Γ: Έτος 1^ο: 35 € αύξηση 5 € για κάθε 10% επέκτασης CI, έως το 100% έως και έτος 2037, έτη 2038-2043 60 €.

10.3.3 ΕΚΠΤΩΣΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗΣ ΤΙΜΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η παραγγελία μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε χονδρική αγορά, μέσω της αγοράς της επόμενης μέρας, επιτρέπει τη σύναψη συμφωνίας για έκπτωση στην τιμή της. Συνεπώς διακρίνονται 2 ξεχωριστές υποπεριπτώσεις:

- Υποπερίπτωση 1^η: Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την Αγορά Επόμενης Μέρας χωρίς έκπτωση.
- Υποπερίπτωση 2^η: Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την Αγορά Επόμενης Μέρας με έκπτωση 10% επί της αρχικής τιμής.

- Υποπερίπτωση 2^η: Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από την Αγορά Επόμενης Μέρας με έκπτωση 20% επί της αρχικής τιμής.

	ΧΟΝΔΡΙΚΗ ΤΙΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ			ΤΙΜΗ ΧΩΡΙΣ ΕΚΠΤΩΣΗ			ΤΙΜΗ ΜΕ ΕΚΠΤΩΣΗ 10%			ΤΙΜΗ ΜΕ ΕΚΠΤΩΣΗ 20%		
	ΤΙΜΗ ΧΩΡΙΣ ΕΚΠΤΩΣΗ	ΤΙΜΗ ΜΕΤ' ΕΚΠΤΩΣΗΣ 10%	ΤΙΜΗ ΜΕΤ' ΕΚΠΤΩΣΗΣ 20%	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ
2024	220,43	198,39	176,35	250,43	265,43	255,43	228,39	243,39	211,35	206,35	221,35	211,35
2025	149,52	134,57	119,62	189,52	204,52	189,52	174,57	189,57	159,62	159,62	174,62	159,62
2026	126,45	113,80	101,16	176,45	191,45	171,45	163,80	178,80	146,16	151,16	166,16	146,16
2027	119,90	107,91	95,92	194,90	194,90	169,90	182,91	182,91	145,92	170,92	170,92	145,92
2028	123,76	111,39	99,01	198,76	198,76	178,76	186,39	186,39	154,01	174,01	174,01	154,01
2029	125,89	113,30	100,71	200,89	200,89	185,89	188,30	188,30	160,71	175,71	175,71	160,71
2030	127,20	114,48	101,76	202,20	202,20	192,20	189,48	189,48	166,76	176,76	176,76	166,76
2031	127,48	114,73	101,99	202,48	202,48	197,48	189,73	189,73	171,99	176,99	176,99	171,99
2032	127,09	114,38	101,67	202,09	202,09	202,09	189,38	189,38	176,67	176,67	176,67	176,67
2033	127,57	114,81	102,05	202,57	202,57	202,57	189,81	189,81	177,05	177,05	177,05	177,05
2034	126,26	113,63	101,01	186,26	186,26	201,26	173,63	173,63	176,01	161,01	161,01	176,01
2035	128,21	115,39	102,57	188,21	188,21	203,21	175,39	175,39	177,57	162,57	162,57	177,57
2036	128,84	115,96	103,07	188,84	188,84	203,84	175,96	175,96	178,07	163,07	163,07	178,07
2037	129,23	116,31	103,39	189,23	189,23	204,23	176,31	176,31	178,39	163,39	163,39	178,39
2038	128,97	116,08	103,18	188,97	188,97	188,97	176,08	176,08	163,18	163,18	163,18	163,18
2039	129,37	116,44	103,50	189,37	189,37	189,37	176,44	176,44	163,50	163,50	163,50	163,50
2040	129,77	116,79	103,82	189,77	189,77	189,77	176,79	176,79	163,82	163,82	163,82	163,82
2041	130,47	117,42	104,37	190,47	190,47	190,47	177,42	177,42	164,37	164,37	164,37	164,37
2042	130,92	117,83	104,74	190,92	190,92	190,92	177,83	177,83	164,74	164,74	164,74	164,74
2043	129,43	116,49	103,54	189,43	189,43	189,43	176,49	176,49	163,54	163,54	163,54	163,54

Πίνακας 10.1 Αναλυτική τιμή ρεύματος για όλα τα σενάρια

Όλες οι παραπάνω αξίες είναι σε €.

10.3.4 ΑΡΧΙΚΗ ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ

Η αρχική επένδυση είναι προσεγγιστικά της τάξεως των 3.000.000,00 €. Εξετάζεται η δυνατότητα δανειοδότησης εξ'ολοκλήρου με επιτόκιο 4% και περίοδο αποπληρωμής τα 20 έτη.

- Δυνατότητα 1^η: Δανειοδότηση 99,4% για την κάλυψη της αρχικής επένδυσης.
- Δυνατότητα 2^η: Κάλυψη της αρχικής επένδυσης χωρίς δανειοδότηση.

10.3.5 ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Το κόστος κεφαλαίου που επηρεάζει τη μελλοντική απόδοση τους αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεταβλητές της παρούσας μελέτης σκοπιμότητας. Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται δείκτες και οικονομικά αποτελέσματα για κόστος κεφαλαίου: 2,5 %, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% και 15%.

10.4.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΔΕΙΚΤΕΣ

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθεται η ΚΠΑ καθώς και ο ΕΒΑ για τα σενάρια που αναφέρθηκαν.

Οι πίνακες με τα αναλυτικά οικονομικά αποτελέσματα (έξοδα, έσοδα και χρηματοροή) κάθε έτους για κάθε σενάριο, περίπτωση, υποπερίπτωση και δυνατότητα δανειοδότησης παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος της εργασίας με αριθμημένα έκαστα σενάρια.

10.4.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1^ο

10.4.1.1 ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο - ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Εκπτώση Όχι		Εκπτώση 10% (Επι της DAM)		Εκπτώση 20% (Επι της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ¹	Δανειο Όχι ²	Δάνειο Ναι ³	Δάνειο Όχι ⁴	Δανειο Ναι ⁵	Δανειο Όχι ⁶
2,50%	5.233.133,92 €	4.874.343,16 €	16.488.315,77 €	16.129.525,02 €	27.743.497,62 €	27.384.706,87 €
5,00%	250.784,64 €	-637.793,04 €	9.084.057,24 €	8.195.479,55 €	17.917.329,83 €	17.028.752,15 €
7,50%	- 3.114.094,63€	- 4.386.882,84€	3.973.382,01 €	2.700.593,80 €	11.060.858,66 €	9.788.070,45 €
10% ⁷	- 5.406.169,49€	- 6.963.750,53€	396.091,85 €	- 1.161.489,19€	6.198.353,20 €	4.640.772,16 €
12,50%	- 6.974.368,89€	- 8.747.495,43€	- 2.137.434,58€	- 3.910.561,12€	2.699.499,74 €	926.373,20 €
15%	- 9.231.907,29€	- 8.012.339,84€	- 4.519.221,17€	- 3.299.653,73€	149.727,22 €	- 1.789.779,35€
IRR	5,16%	4,66%	10,34%	9,15%	15,17%	13,27%

Πίνακας 10.2 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 1^ο

10.4.1.2 ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο - ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Εκπτώση Όχι		Εκπτώση 10% (Επι της DAM)		Εκπτώση 20% (Επι της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ⁷	Δανειο Όχι ⁸	Δανειο Ναι ⁹	Δάνειο Όχι ¹⁰	Δανειο Ναι ¹¹	Δανειο Όχι ¹²
2,50%	1.268.553,85 €	909.763,09 €	12.523.735,70 €	12.164.944,95 €	23.778.917,55 €	23.420.126,80 €
5,00%	- 2.956.001,73 €	- 3.844.579,41 €	5.877.270,86 €	4.988.693,18 €	14.710.543,46 €	13.821.965,78 €
7,50%	- 5.707.599,12 €	- 6.980.387,33 €	1.379.877,53 €	107.089,31 €	8.467.354,17 €	7.194.565,96 €

10%	- 7.500.561,31 €	- 9.058.142,35 €	-1.698.299,96 €	-3.255.881,00 €	4.103.961,38 €	2.546.380,34 €
12,50%	- 8.660.451,74 €	- 10.433.578,28 €	-3.823.517,43 €	-5.596.643,97 €	1.013.416,89 €	- 759.709,66 €
15%	- 10.784.928,86 €	- 9.565.361,42€	- 6.072.242,75€	- 4.852.675,31€	- 1.359.556,6€	- 3.140.232,90€
IRR	3,14%	2,90%	8,51%	7,57%	13,54%	11,85%

Πίνακας 10.3 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 1ου

10.4.1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1^{ΟΥ}

Για το σενάριο CI που περιγράφεται στην 1^η περίπτωση, η τιμή της ΚΠΑ παρουσιάζει ικανοποιητική τιμή για τα αρχικά κόστη κεφαλαίου ενώ φαίνεται ότι η τιμή της επηρεάζεται ιδιαίτερα από την πιθανή έκπτωση στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος. Ειδικότερα με έκπτωση επί της τιμής χονδρικής 10%, η τιμή της ΚΠΑ επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και είναι θετική μέχρι και για κόστος κεφαλαίου περίπου 10%. Με περαιτέρω αύξηση της έκπτωσης στο 20%, η ΚΠΑ έχει ακόμα πιο ανοδική πορεία και είναι θετική για κόστος κεφαλαίου περί το 15%. Η δανειοδότηση επηρεάζει θετικά την πορεία της ΚΠΑ και του IRR, αλλά σε μικρό βαθμό, καθώς η αρχική δαπάνη είναι ένα ποσό σχετικά μικρό σε σχέση με τις ετήσιες δαπάνες σε ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο. Τέλος, η σύναψη συμφωνίας για σταθερό λιμενικό τέλος ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει θετικά την πορεία της ΚΠΑ σε σχέση με την ύπαρξη κλιμακωτού τέλους ενέργειας το οποίο αυξάνεται ανάλογα με τη χωρητικότητα του συστήματος ηλεκτροδότησης στεριάς.

Με βάση το κριτήριο του 5,7 % για τον ΕΒΑ το σενάριο κρίνεται ως επικερδές μόνο σε περίπτωση που υπάρξει η συμφωνία για έκπτωση στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ η πιο επικερδής περίπτωση φαίνεται να είναι αυτή που περιλαμβάνει σταθερό λιμενικό τέλος, αρχική δανειοδότηση και έκπτωση 20% της χονδρικής του ηλεκτρικού ρεύματος. Η έκπτωση 20% επί της χονδρικής τιμής του ρεύματος αποτελεί ένα αισιόδοξο σενάριο, αφού είναι δύσκολο να λαμβάνονται τέτοιες συμφωνίες και δη από τα πρώτα έτη λειτουργίας του συστήματος. Η έκπτωση 10% αποτελεί ένα πιο ορθολογικό σενάριο, ενώ ακόμα και σε περιπτώσεις χωρίς έκπτωση παρατηρείται το σενάριο να είναι οριακά μη επικερδές (πχ με σταθερό λιμενικό τέλος), επιτρέποντας έτσι την πραγματοποίηση του με μικρές διαφοροποιήσεις.

10.4.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

10.4.2.1 ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο - ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Εκπτώση Όχι		Έκπτωση 10% (Επί της DAM)		Εκπτώση 20% (Επι της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ¹³	Δανειο Όχι ¹⁴	Δανειο Ναι ¹⁵	Δάνειο Όχι ¹⁶	Δανειο Ναι ¹⁷	Δανειο Όχι ¹⁸
2,50%	10.069.285,24 €	9.710.494,49 €	21.930.069,94 €	21.571.279,19 €	33.790.854,65 €	33.432.063,89 €
5,00%	4.921.813,45 €	4.033.235,77 €	14.345.094,18 €	13.456.516,50 €	23.768.374,91 €	22.879.797,23 €
7,50%	1.398.629,61 €	125.841,40 €	9.061.138,16 €	7.788.349,95 €	16.723.646,71 €	15.450.858,49 €
10%	- 1.045.055,64€	- 2.602.636,68€	5.317.859,32 €	3.760.278,27 €	11.680.774,27 €	10.123.193,22 €
12,50%	- 2.758.344,38 €	-4.531.470,92 €	2.625.441,01 €	852.314,47 €	8.009.226,41 €	6.236.099,87 €
15%	- 4.543.070,54 €	-3.323.503,09 €	783.257,05 €	-1.276.916,65 €	6.109.584,63 €	7.329.152,07 €
IRR	8,82%	7,60%	16,05%	13,41%	23,84%	19,23%

Πίνακας 10.4 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 2^{ου}

10.4.2.2 ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο - ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Εκπτώση Όχι		Έκπτωση 10% (Επί της DAM)		Εκπτώση 20% (Επι της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ¹⁹	Δανειο Όχι ²⁰	Δανειο Ναι ²¹	Δανειο Όχι ²²	Δανειο Ναι ²³	Δανειο Όχι ²⁴
2,50%	5.243.393,27€	4.884.602,52 €	18.939.103,80 €	18.580.313,04 €	28.964.962,67 €	28.606.171,92 €
5,00%	907.451,38€	18.873,70€	12.076.330,84 €	11.187.753,16 €	19.754.012,84 €	18.865.435,16 €
7,50%	- 1.953.136,88€	- 3.225.925,10€	7.372.559,48 €	6.099.771,26 €	13.371.880,21 €	12.099.091,99 €
10%	- 3.852.366,77€	- 5.409.947,81€	4.097.540,90 €	2.539.959,86 €	8.873.463,13€	7.315.882,09 €
12,50%	- 5.115.577,95€	- 6.888.704,49€	1.784.606,47 €	11.479,93 €	5.651.992,84 €	3.878.866,30 €
15%	- 6.823.589,36€	-5.604.021,9€	130.396,08 €	-1.809.110,4€	3.829.065,81€	5.048.633,25€
IRR	5,69%	5,01%	15,24%	12,51%	20,71%	16,78%

Πίνακας 10.5 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 2^{ου}

10.4.2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2^{ΟΥ}

Το 2^ο σενάριο CI προσομοιάζει υψηλότερο ποσοστό CI κατά τα πρώτα έτη. Αυτό επιτρέπει στην επένδυση να εμφανίζει υψηλότερα έσοδα σε εκείνα τα έτη, καθώς το έσοδο μέσω των εξοικονομημένων καυσίμων είναι μεγαλύτερα συγκριτικά με τα άλλα 2 σενάρια, και μικρότερα τα κόστη του ρεύματος ξηράς. Συνεπώς, η ΚΠΑ παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τα άλλα 2 σενάρια, ενώ ο ΕΒΑ απόδοσης προσεγγίζει τιμές άνω του 15% και 23%, ανάλογα με την έκπτωση της χονδρικής τιμής ρεύματος, για σταθερό και κλιμακούμενο λιμενικό τέλος αντίστοιχα. Το σενάριο αυτό είναι σε όλες τις περιπτώσεις αποδεκτό με την προϋπόθεση έκπτωσης και καθιστά την επένδυση κερδοφόρα.

Με βάση το κριτήριο του 5,7% ως ελάχιστο αποδεκτό ΕΒΑ, παρατηρείται ότι η επένδυση είναι πραγματοποιήσιμη σε κάθε περίπτωση για σταθερό λιμενικό τέλος ενέργειας και σε περίπτωση έκπτωσης για κλιμακούμενο λιμενικό τέλος.

10.4.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3^Ο

10.4.3.1 ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

	ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ^Ο - ΣΤΑΘΕΡΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Έκπτωση Όχι		Έκπτωση 10% (Επί της DAM)		Έκπτωση 20% (Επί της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ²⁵	Δανειο Όχι ²⁶	Δανειο Ναι ²⁷	Δανειο Όχι ²⁸	Δανειο Ναι ²⁹	Δανειο Όχι ³⁰
2,50%	-24.355.764,63 €	-24.714.555,38 €	-14.589.809,25 €	-14.948.600,00 €	- 4.823.853,86 €	- 5.182.644,62 €
5,00%	-26.373.130,60 €	-27.261.708,28 €	-18.882.134,18 €	-19.770.711,86 €	-11.391.137,77 €	-12.279.715,45 €
7,50%	-27.168.471,05 €	-28.441.259,27 €	-21.295.886,20 €	-22.568.674,42 €	-15.423.301,35 €	-16.696.089,56 €
10%	-27.222.857,85 €	-28.780.438,89 €	-22.524.527,29 €	-24.082.108,33 €	-17.826.196,73 €	-19.383.777,78 €
12,50%	-26.833.369,80 €	-28.606.496,34 €	-23.003.265,53 €	-24.776.392,07 €	-19.173.161,26 €	-20.946.287,80 €
15%	-26.185.036,95 €	-28.871.946,41 €	-23.008.535,73 €	-24.948.042,30 €	-22.785.561,03 €	-21.565.993,59 €
IRR	-5,02%	-4,59%	-1,65%	1,46%	1,21%	1,21%

Πίνακας 10.6 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 3^{ου}

	ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ^ο - ΚΛΙΜΑΚΟΥΜΕΝΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
	Εκπτώση Όχι		Έκπτωση 10% (Επί της DAM)		Εκπτώση 20% (Επί της DAM)	
Κόστος Κεφαλαίου	Δανειο Ναι ³¹	Δανειο Όχι ³²	Δάνειο Ναι ³³	Δάνειο Όχι ³⁴	Δανειο Ναι ³⁵	Δανειο Όχι ³⁶
2,50%	- 27.742.634,40 €	- 28.101.425,15 €	- 17.976.679,02 €	- 18.335.469,77 €	- 8.210.723,63 €	- 8.569.514,39 €
5,00%	- 28.741.450,20 €	- 29.630.027,88 €	- 21.250.453,79 €	- 22.139.031,47 €	- 13.759.457,37 €	- 14.648.035,05 €
7,50%	- 28.789.393,47 €	- 30.062.181,68 €	- 22.916.808,62 €	- 24.189.596,83 €	- 17.044.223,77 €	- 18.317.011,98 €
10%	- 28.292.357,58 €	- 29.849.938,62 €	- 23.594.027,02 €	- 25.151.608,06 €	- 18.895.696,46 €	- 20.453.277,51 €
12,50%	- 27.494.258,07 €	- 29.267.384,61 €	- 23.664.153,80 €	- 25.437.280,34 €	- 19.834.049,53 €	-21.607.176,0 7€
15%	- 26.542.181,18 €	- 29.282.662,27 €	- 23.365.679,95 €	- 25.305.186,52 €	- 23.196.276,89 €	- 21.976.709,45 €
IRR	-6,48%	-5,94%	-2,85%	-2,57%	0,21%	0,20%

Πίνακας 10.7 Οικονομικοί δείκτες Σεναρίου 3^ο

Το 3^ο σενάριο CI έχει αρνητικές τιμές ΚΠΑ σε όλο το εύρος του κόστους κεφαλαίου που εξετάζεται και αρνητικό ΕΒΑ. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας υπάρχουν εξαιρετικά αρνητικές χρηματορροές. Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με την αργή επέκταση του ποσοστού CI, δεν επιτρέπει τη γρήγορη εξισορρόπηση των χρηματορροών (λαμβάνουν θετικό πρόσημο μετά τη δεκαετία), δίνοντας έτσι αρνητικές τιμές στην ΚΠΑ για όλα τα εξεταζόμενα κόστη κεφαλαίου, καθιστώντας την επένδυση μη εφικτή.

Με βάση το κριτήριο του 5,7 ως ελάχιστο ΕΒΑ, επιβεβαιώνεται η μη εφικτότητα του σεναρίου σε όλες τις υποπεριπτώσεις.

10.4.4 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ

Παρακάτω παρατίθεται η περίοδος επανείσπραξης (Payback Period) σε έτη για κάθε σενάριο.

Σενάριο	PP (έτη)	Σενάριο	PP (έτη)	Σενάριο	PP (έτη)
1	12,72	13	11,59	25	>20
2	12,90	14	11,98	26	>20
3	9,91	15	7,65	27	>20
4	11,01	16	8,15	28	>20
5	6,82	17	5,98	29	18,90
6	7,23	18	6,64	30	18,96
7	17,18	19	13,96	31	>20
8	17,32	20	14,16	32	>20
9	12,24	21	10,06	33	>20
10	12,6	22	11,07	34	>20
11	8,80	23	7,06	35	19,82
12	9,56	24	7,59	36	19,85

Πίνακας 10.8 Περίοδος Επανείσπραξης

Κατά την πρώτη 4ετία-5ετία, στην πλειοψηφία των σεναρίων, υπάρχουν αρνητικές χρηματοροές εξαιτίας τόσο του μειωμένου ποσοστού CI αλλά και της πολύ υψηλής τιμής του καυσίμου LS-MGO, ειδικότερα κατά το 1^ο έτος υποχρεωτικής χρήσης του (2025). Αυτό έχει ως συνέπεια, τη μη δυνατότητα είσπραξης του αρχικού κόστους επένδυσης τα πρώτα έτη, παρατείνοντας έτσι την περίοδο επανείσπραξης.

11. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η διαδικασία του Cold Ironing, έχει προκύψει ως αναγκαιότητα με σκοπό την προστασία του ατμοσφαιρικού αέρα από ρυπογόνους παράγοντες. Η ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών οφέλων για τα λιμάνια που εφαρμόζεται η μέθοδος του CI γίνεται μέσω των απαραίτητων συντελεστών. Οι συντελεστές αυτοί εκφράζουν τις εκπομπές ρυπογόνων παραγόντων συναρτήσει της ηλεκτρικής ενέργειας και παρατίθενται παρακάτω.

Emission sources	Emission coefficients (g/kWh)			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
LFO (0.1% sulfur)	13.2	0.2	645	0.207
LFO (0.5% sulfur)	13.9	2.12	692	0.38
Utility grid	0.32	0.07	426	0.03

Πίνακας 11.1 Συντελεστές εκπομπών διαφορετικών ουσιών για διάφορες πηγές ενέργειας [31]

Στα πλαίσια, της εργασίας γίνεται η παραδοχή ότι οι συντελεστές του LFO (0,1 S) ισχύουν προσεγγιστικά και για το LS-MGO, το οποίο καταναλώνουν οι ηλεκτρομηχανές των ακτοπλοϊκών. Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, ρυπογόνοι παράγοντες εκλύονται και από τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου. Συνεπώς, για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών οφέλων, αφαιρούνται οι εκπομπές λόγω Cold Ironing.

Για τα 3 σενάρια προκύπτουν οι παρακάτω ποσότητες μικροσωματιδίων που δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα, και χαρακτηρίζονται ως περιβαλλοντικά οφέλη.

	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
	1ο σενάριο				2ο σενάριο				3ο σενάριο			
2024	0,20822	0,03143	4,07860	0,00537	0,49974	0,07544	9,78865	0,01288	0,16658	0,02515	3,26288	0,00429
2025	0,39498	0,00399	6,71590	0,00543	0,55297	0,00558	9,40225	0,00760	0,23699	0,00239	4,02954	0,00326
2026	0,59247	0,00598	10,07384	0,00814	0,63197	0,00638	10,74543	0,00868	0,31598	0,00319	5,37272	0,00434
2027	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,71096	0,00718	12,08861	0,00977	0,39498	0,00399	6,71590	0,00543
2028	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,47398	0,00478	8,05908	0,00651
2029	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,55297	0,00558	9,40225	0,00760
2030	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,63197	0,00638	10,74543	0,00868
2031	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,71096	0,00718	12,08861	0,00977
2032	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2033	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2034	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2035	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2036	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2037	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2038	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2039	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2040	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2041	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2042	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086
2043	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086	0,78996	0,00797	13,43179	0,01086

	14,625	0,177	249,209	0,203	15,035	0,222	256,934	0,213	12,964	0,154	220,858	0,180

Πίνακας 11.2 Αέριοι ρύποι, που εξοικονομούνται ετησίως εξαιτίας της χρήσης CI (σε χιλιάδες τόνους)

12.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

12.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία κύριο αντικείμενο αποτέλεσε η αξιοποίηση της μεθόδου cold ironing για τα ακτοπλοϊκά πλοία που δραστηριοποιούνται στο χώρο του Αιγαίου, του Ιονίου και της Αδριατικής. Η δυνατότητα του CI στα ακτοπλοϊκά κρίνεται μεγάλης σημασίας εξαιτίας της επιτακτικής ανάγκης μείωσης των ρύπων, αλλά και συμμόρφωση τους με την καθιέρωση της Μεσογείου ως ECA από το 2025, κάτι που θα έχει άμεσο αντίκτυπο στον Ελλαδικό χώρο.

Η μελέτη αφορά τη διαστασιολόγηση του απαραίτητου ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού που πρόκειται να εγκατασταθεί και γίνεται κατά το έτος 0. Το κύριο έξοδο είναι η εγκατάσταση του μετασχηματιστή, που θα παραλαμβάνει την τάση του δικτύου ξηράς και θα την υποβιβάζει στην τάση του πλοίου. Η τιμή των μετασχηματιστών παρουσιάζει γραμμικότητα ανάλογα με την ισχύ τους. Ακόμη, υπολογίστηκαν οι τιμές των στοιχείων προστασίας του Μ/Σ, των επιπλέον καλωδιώσεων, του καρουλιού που θα εγκατασταθεί και τα αντίστοιχα κόστη συντήρησης. Το αρχικό κόστος επένδυσης προσεγγίζει τα 3.000.000,00 €.

Ακόμη, με βάση τις ενεργειακές ανάγκες των πλοίων και τις ώρες παραμονής τους στους λιμένες, υπολογίστηκε το απαιτούμενο ρεύμα που οφείλουν να παραλαμβάνουν από το δίκτυο ξηράς και αποτελεί το κύριο κόστος για την περίοδο που εξετάζεται καθώς και το κάυσιμο που εξοικονομείται με αυτή τη μεθοδο. Οι χρηματοροές για αυτά, βασίζονται σε εκτιμήσεις της τιμής ρεύματος και καυσίμου για την επόμενη 20ετία, που δείχνουν μια ομαλοποίηση της τιμής του ρεύματος από το 2025 κοντά στα 130 €/MWh και μια απότομη αύξηση του καυσίμου LS-MGO πάνω από τα 1500 €/mt κατά τα πρώτα έτη και σχετική ομαλοποίηση στη συνέχεια.

Η αβεβαιότητα που υπάρχει σχετικά με την ολοκλήρωση των μελετών για την εγκατάσταση συστημάτων CI στις προβλήτες των κύριων λιμανιών, οδήγησε στη δημιουργία 3 ξεχωριστών σεναρίων σχετικά με το πως πρόκειται να ξεκινήσει η λειτουργία του CI στους ελληνικούς λιμένες και στο πως πρόκειται να επεκταθεί τα επόμενα χρόνια. Η ανάλυση έδειξε ότι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την εφικτότητα η μη της επένδυσης είναι το ποσοστό του CI κυρίως κατά τα πρώτα έτη, όπου υπάρχει και μεγάλη διαφορά στην τιμή ρεύματος καυσίμου. Για ποσοστά CI άνω του 60% κατά την πρώτη διετία της επένδυσης, αυτή είναι συμφέρουσα προς

πραγματοποίηση και σε αρκετές περιπτώσεις χωρίς επιπλέον δανειοδότηση ή άλλες ειδικές συμφωνίες σχετικές με έκπτωση χονδρικής ρεύματος η σταθερό λιμενικό τέλος. Πιθανές συμφωνίες για έκπτωση στην τιμή του ρεύματος ή σταθερά λιμενικά τέλη διευκολύνουν την επένδυση καθιστώντας την κερδοφόρα από τα πρώτα κιολας έτη. Ωστόσο, η επίτευξη των συμφωνιών δεν είναι σε καμία περίπτωση

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι από τη σκοπιά του πλοιοκτήτη, το κόστος και η δυσκολία εγκατάστασης του απαραίτητου ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού πάνω στο πλοίο είναι σχετικά μικρό ποσο και σε βάθος 20ετίας θα υπάρξει σίγουρο κέρδος. Τα κέρδη αυτά πρόκειται να είναι μεγαλύτερα η μικρότερα ανάλογα με τη διακύμανση της τιμής του ρεύματος και του καυσίμου.

Αυτό στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα, είναι η μελέτη και κατασκευή θέσεων ηλεκτροδότησης των πλοίων στους λιμένες και όλου του απαραίτητου ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού στη στεριά. Πρόκειται για μια σύνθετη και δύσκολη διαδικασία, η οποία ναι μεν διευκολύνεται με τα υπάρχοντα πρότυπα, ωστόσο αποτελεί μια πολυπαραγοντική μελέτη με μεγάλο κόστος. Ωστόσο, αποτελεί την ευκολότερη μέθοδο για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους λιμένες, που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία.

12.2.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στα πλαίσια της καλύτερης και πληρέστερης εφαρμογής του CI στην ακτοπλοΐα παρατίθενται στη συνέχεια ορισμένες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη και έρευνα.

Για μελλοντική έρευνα, χρειάζεται να είναι διαθέσιμες οι πραγματικές πληροφορίες για τις ακριβείς ενεργειακές ανάγκες των πλοίων στα λιμάνια, καθώς στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ορισμένες σχετικές πληροφορίες ελήφθησαν προσεγγιστικά με βάσει άλλες μελέτες ή με βάσει αντίστοιχες πληροφορίες για άλλα πλοία. Ακόμη, θα ήταν θεμιτό να είναι διαθέσιμες οι ώρες αναχώρησης και άφιξης αναλυτικά για κάθε πλοίο, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του ακριβούς χρόνου παραμονής τους στο λιμάνι. Τέλος, η ύπαρξη πληροφοριών σχετικά με τον ήδη εγκατεστημένο εξοπλισμό (πχ αριθμός, μοντέλο και χαρακτηριστικά ηλεκτρογεννητριών), θα διευκολύνει σημαντικά σε σχέση με τον υπολογισμό της ακριβούς κατανάλωσης των πλοίων, αφού θα είναι δυνατός ο ηλεκτρικός ισολογισμός για όλα τα πλοία ξεχωριστά.

Για την κερδοφορία η όχι ενός συστήματος CI, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην εξασφάλιση χαμηλής τιμής ηλεκτρικού ρεύματος από την ξηρά. Γι' αυτό το λόγο, οφείλει να μελετηθεί ιδιαίτερα η ύπαρξη προϋποθέσεων για τη σύναψη τέτοιων συμφωνιών.

Ακόμη, μπορεί να μελετηθεί η δυνατότητα δημιουργίας εναλλακτικών πηγών ενέργειας σε περιοχές κοντά στους λιμένες με σκοπό την τροφοδότηση των πλοίων με ηλεκτρικό ρεύμα. Τέτοιες σύγχρονες εγκαταστάσεις που μπορούν να μελετηθούν, είναι φωτοβολταϊκά πάρκα και κυψέλες καυσίμου (fuel cells).

Ακόμη, στα πλαίσια της ενεργειακής αναβάθμισης, θα μπορούσε να ενταχθεί η δημιουργία και ανάπτυξη ενός real-time λογισμικού, το οποίο δείχνει τις κενές θέσεις για Cold Ironing στα λιμάνια καθώς και τις αναμενόμενες αφίξεις και αναχωρήσεις. Έτσι, θα είναι δυνατό κάθε πλοίο να προγραμματίζει τους χρόνους παραμονής στο λιμάνι, βελτιστοποιώντας τις δυνατότητες ηλεκτροδότησης του από τη στεριά.

Τέλος, σημαντικό είναι να μελετηθούν τόσο ως σύνολο (όπως έγινε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας), αλλά και ξεχωριστά τα κεντρικά λιμάνια της επικράτειας (Πειραιάς, Πάτρα, Ηράκλειο, Θεσσαλονίκη, Βόλος, Λαύριο, Ρόδος). Έτσι, θα προσδιοριστεί πλήρως η χωρητικότητα του κάθε συστήματος ηλεκτροδότησης από την ξηρά, με αποτέλεσμα τον ακριβή προσδιορισμό της ταυτόχρονης δυνατής ενεργειακής παροχής στα πλοία και ως συνέπεια τον υπολογισμό του ποσοστού του συνόλου των ενεργειακών αναγκών που μπορούν να καλυφθούν, καταρτίζοντας το πρόγραμμα των αφίξεων και αναχωρήσεων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη εξυπηρέτηση των πλοίων από πλευράς ηλεκτροδότησης από την ξηρά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι αριθμοί στο κελί (1,1) κάθε πίνακα αντιστοιχούν στα σενάρια, όπως αυτά έχουν οριστεί στο κεφάλαιο 6.2.

1-2	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	12.015.322,80 €	2.465.586,72 €	-9.549.736,07 €	11.845.896,81 €	2.465.586,72 €	-9.380.310,09 €
2025	15.957.305,30 €	9.213.440,91 €	-6.743.864,40 €	15.787.879,32 €	9.213.440,91 €	-6.574.438,41 €
2026	12.231.766,11 €	10.009.944,93 €	-2.221.821,19 €	12.062.340,12 €	10.009.944,93 €	-2.052.395,20 €
2027	11.352.642,44 €	12.712.990,85 €	1.360.348,41 €	11.183.216,46 €	12.712.990,85 €	1.529.774,40 €
2028	11.589.230,40 €	13.162.918,85 €	1.573.688,46 €	11.419.804,41 €	13.162.918,85 €	1.743.114,45 €
2029	11.719.743,64 €	13.868.726,15 €	2.148.982,52 €	11.550.317,65 €	13.868.726,15 €	2.318.408,51 €
2030	11.799.928,89 €	13.039.397,75 €	1.239.468,87 €	11.630.502,90 €	13.039.397,75 €	1.408.894,85 €
2031	11.817.332,23 €	14.359.804,76 €	2.542.472,53 €	11.647.906,24 €	14.359.804,76 €	2.711.898,52 €
2032	11.793.305,77 €	14.062.175,99 €	2.268.870,22 €	11.623.879,78 €	14.062.175,99 €	2.438.296,21 €
2033	11.822.479,03 €	12.590.692,09 €	768.213,06 €	11.653.053,04 €	12.590.692,09 €	937.639,05 €
2034	11.742.330,53 €	11.919.685,09 €	177.354,56 €	11.572.904,54 €	11.919.685,09 €	346.780,55 €
2035	11.861.839,63 €	14.318.545,52 €	2.456.705,89 €	11.692.413,64 €	14.318.545,52 €	2.626.131,88 €
2036	11.900.739,29 €	13.488.388,97 €	1.587.649,68 €	11.731.313,30 €	13.488.388,97 €	1.757.075,67 €
2037	11.924.783,39 €	15.295.334,24 €	3.370.550,85 €	11.755.357,40 €	15.295.334,24 €	3.539.976,84 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €
2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €
2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €

3-4	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.677.331,10 €	2.465.586,72 €	-9.211.744,38 €	11.507.905,11 €	2.465.586,72 €	-9.042.318,39 €
2025	15.498.782,01 €	9.213.440,91 €	-6.285.341,10 €	15.329.356,02 €	9.213.440,91 €	-6.115.915,11 €
2026	11.650.116,05 €	10.009.944,93 €	-1.640.171,13 €	11.480.690,06 €	10.009.944,93 €	-1.470.745,14 €
2027	10.617.238,50 €	12.712.990,85 €	2.095.752,35 €	10.447.812,51 €	12.712.990,85 €	2.265.178,34 €
2028	10.830.167,65 €	13.162.918,85 €	2.332.751,20 €	10.660.741,66 €	13.162.918,85 €	2.502.177,19 €
2029	10.947.629,57 €	13.868.726,15 €	2.921.096,58 €	10.778.203,58 €	13.868.726,15 €	3.090.522,57 €
2030	11.019.796,30 €	13.039.397,75 €	2.019.601,46 €	10.850.370,31 €	13.039.397,75 €	2.189.027,45 €
2031	11.035.459,30 €	14.359.804,76 €	3.324.345,45 €	10.866.033,31 €	14.359.804,76 €	3.493.771,44 €
2032	11.013.835,49 €	14.062.175,99 €	3.048.340,50 €	10.844.409,50 €	14.062.175,99 €	3.217.766,49 €
2033	11.040.091,42 €	12.590.692,09 €	1.550.600,67 €	10.870.665,43 €	12.590.692,09 €	1.720.026,66 €
2034	10.967.957,77 €	11.919.685,09 €	951.727,32 €	10.798.531,79 €	11.919.685,09 €	1.121.153,31 €
2035	11.075.515,97 €	14.318.545,52 €	3.243.029,55 €	10.906.089,98 €	14.318.545,52 €	3.412.455,54 €
2036	11.110.525,65 €	13.488.388,97 €	2.377.863,32 €	10.941.099,66 €	13.488.388,97 €	2.547.289,30 €
2037	11.132.165,35 €	15.295.334,24 €	4.163.168,89 €	10.962.739,36 €	15.295.334,24 €	4.332.594,88 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €

2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €
2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

5-6	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €		-3.018.503,17 €
2024	11.339.339,41 €	2.465.586,72 €	-8.873.752,68 €	11.169.913,42 €	2.465.586,72 €	-8.704.326,69 €
2025	15.040.258,71 €	9.213.440,91 €	-5.826.817,80 €	14.870.832,72 €	9.213.440,91 €	-5.657.391,81 €
2026	11.068.465,99 €	10.009.944,93 €	-1.058.521,06 €	10.899.040,00 €	10.009.944,93 €	-889.095,08 €
2027	9.881.834,55 €	12.712.990,85 €	2.831.156,30 €	9.712.408,56 €	12.712.990,85 €	3.000.582,29 €
2028	10.071.104,91 €	13.162.918,85 €	3.091.813,95 €	9.901.678,92 €	13.162.918,85 €	3.261.239,93 €
2029	10.175.515,50 €	13.868.726,15 €	3.693.210,65 €	10.006.089,51 €	13.868.726,15 €	3.862.636,64 €
2030	10.239.663,70 €	13.039.397,75 €	2.799.734,05 €	10.070.237,71 €	13.039.397,75 €	2.969.160,04 €
2031	10.253.586,38 €	14.359.804,76 €	4.106.218,38 €	10.084.160,39 €	14.359.804,76 €	4.275.644,37 €
2032	10.234.365,20 €	14.062.175,99 €	3.827.810,78 €	10.064.939,21 €	14.062.175,99 €	3.997.236,77 €
2033	10.257.703,81 €	12.590.692,09 €	2.332.988,28 €	10.088.277,82 €	12.590.692,09 €	2.502.414,27 €
2034	10.193.585,02 €	11.919.685,09 €	1.726.100,07 €	10.024.159,03 €	11.919.685,09 €	1.895.526,06 €
2035	10.289.192,30 €	14.318.545,52 €	4.029.353,22 €	10.119.766,31 €	14.318.545,52 €	4.198.779,21 €
2036	10.320.312,02 €	13.488.388,97 €	3.168.076,95 €	10.150.886,03 €	13.488.388,97 €	3.337.502,94 €
2037	10.339.547,31 €	15.295.334,24 €	4.955.786,94 €	10.170.121,32 €	15.295.334,24 €	5.125.212,93 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €
2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €
2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €

7-8	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €		-3.018.503,17 €
2024	11.555.329,92 €	2.465.586,72 €	-9.089.743,19 €	11.385.903,93 €	2.465.586,72 €	-8.920.317,20 €
2025	15.343.981,46 €	9.213.440,91 €	-6.130.540,56 €	15.174.555,47 €	9.213.440,91 €	-5.961.114,57 €
2026	11.771.773,23 €	10.009.944,93 €	-1.761.828,31 €	11.602.347,24 €	10.009.944,93 €	-1.592.402,32 €
2027	12.272.628,21 €	12.712.990,85 €	440.362,64 €	12.103.202,22 €	12.712.990,85 €	609.788,63 €
2028	12.509.216,16 €	13.162.918,85 €	653.702,70 €	12.339.790,17 €	13.162.918,85 €	823.128,69 €
2029	12.639.729,40 €	13.868.726,15 €	1.228.996,75 €	12.470.303,41 €	13.868.726,15 €	1.398.422,74 €
2030	12.719.914,65 €	13.039.397,75 €	319.483,10 €	12.550.488,66 €	13.039.397,75 €	488.909,09 €
2031	12.737.317,99 €	14.359.804,76 €	1.622.486,76 €	12.567.892,00 €	14.359.804,76 €	1.791.912,75 €
2032	12.713.291,53 €	14.062.175,99 €	1.348.884,46 €	12.543.865,54 €	14.062.175,99 €	1.518.310,45 €
2033	12.742.464,79 €	12.590.692,09 €	-151.772,70 €	12.573.038,80 €	12.590.692,09 €	17.653,29 €
2034	11.742.330,53 €	11.919.685,09 €	177.354,56 €	11.572.904,54 €	11.919.685,09 €	346.780,55 €
2035	11.861.839,63 €	14.318.545,52 €	2.456.705,89 €	11.692.413,64 €	14.318.545,52 €	2.626.131,88 €
2036	11.900.739,29 €	13.488.388,97 €	1.587.649,68 €	11.731.313,30 €	13.488.388,97 €	1.757.075,67 €
2037	11.924.783,39 €	15.295.334,24 €	3.370.550,85 €	11.755.357,40 €	15.295.334,24 €	3.539.976,84 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €

2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €
2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €

9-10	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΠΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΠΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.217.338,22 €	2.465.586,72 €	-8.751.751,50 €	11.047.912,23 €	2.465.586,72 €	-8.582.325,51 €
2025	14.885.458,17 €	9.213.440,91 €	-5.672.017,26 €	14.716.032,18 €	9.213.440,91 €	-5.502.591,27 €
2026	11.190.123,17 €	10.009.944,93 €	-1.180.178,24 €	11.020.697,18 €	10.009.944,93 €	-1.010.752,26 €
2027	11.537.224,26 €	12.712.990,85 €	1.175.766,59 €	11.367.798,27 €	12.712.990,85 €	1.345.192,58 €
2028	11.750.153,41 €	13.162.918,85 €	1.412.765,44 €	11.580.727,42 €	13.162.918,85 €	1.582.191,43 €
2029	11.867.615,33 €	13.868.726,15 €	2.001.110,82 €	11.698.189,34 €	13.868.726,15 €	2.170.536,81 €
2030	11.939.782,06 €	13.039.397,75 €	1.099.615,70 €	11.770.356,07 €	13.039.397,75 €	1.269.041,69 €
2031	11.955.445,07 €	14.359.804,76 €	2.404.359,69 €	11.786.019,08 €	14.359.804,76 €	2.573.785,68 €
2032	11.933.821,25 €	14.062.175,99 €	2.128.354,74 €	11.764.395,26 €	14.062.175,99 €	2.297.780,73 €
2033	11.960.077,18 €	12.590.692,09 €	630.614,91 €	11.790.651,19 €	12.590.692,09 €	800.040,90 €
2034	10.967.957,77 €	11.919.685,09 €	951.727,32 €	10.798.531,79 €	11.919.685,09 €	1.121.153,31 €
2035	11.075.515,97 €	14.318.545,52 €	3.243.029,55 €	10.906.089,98 €	14.318.545,52 €	3.412.455,54 €
2036	11.110.525,65 €	13.488.388,97 €	2.377.863,32 €	10.941.099,66 €	13.488.388,97 €	2.547.289,30 €
2037	11.132.165,35 €	15.295.334,24 €	4.163.168,89 €	10.962.739,36 €	15.295.334,24 €	4.332.594,88 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €
2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €
2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

11-12	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΠΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΠΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €		-3.018.503,17 €
2024	10.879.346,53 €	2.465.586,72 €	-8.413.759,80 €	10.709.920,54 €	2.465.586,72 €	-8.244.333,81 €
2025	14.426.934,87 €	9.213.440,91 €	-5.213.493,96 €	14.257.508,88 €	9.213.440,91 €	-5.044.067,97 €
2026	10.608.473,11 €	10.009.944,93 €	-598.528,18 €	10.439.047,12 €	10.009.944,93 €	-429.102,19 €
2027	10.801.820,31 €	12.712.990,85 €	1.911.170,54 €	10.632.394,32 €	12.712.990,85 €	2.080.596,53 €
2028	10.991.090,67 €	13.162.918,85 €	2.171.828,18 €	10.821.664,68 €	13.162.918,85 €	2.341.254,17 €
2029	11.095.501,26 €	13.868.726,15 €	2.773.224,89 €	10.926.075,27 €	13.868.726,15 €	2.942.650,88 €
2030	11.159.649,46 €	13.039.397,75 €	1.879.748,29 €	10.990.223,47 €	13.039.397,75 €	2.049.174,28 €
2031	11.173.572,14 €	14.359.804,76 €	3.186.232,62 €	11.004.146,15 €	14.359.804,76 €	3.355.658,61 €
2032	11.154.350,97 €	14.062.175,99 €	2.907.825,02 €	10.984.924,98 €	14.062.175,99 €	3.077.251,01 €
2033	11.177.689,58 €	12.590.692,09 €	1.413.002,52 €	11.008.263,59 €	12.590.692,09 €	1.582.428,51 €
2034	10.193.585,02 €	11.919.685,09 €	1.726.100,07 €	10.024.159,03 €	11.919.685,09 €	1.895.526,06 €
2035	10.289.192,30 €	14.318.545,52 €	4.029.353,22 €	10.119.766,31 €	14.318.545,52 €	4.198.779,21 €
2036	10.320.312,02 €	13.488.388,97 €	3.168.076,95 €	10.150.886,03 €	13.488.388,97 €	3.337.502,94 €
2037	10.339.547,31 €	15.295.334,24 €	4.955.786,94 €	10.170.121,32 €	15.295.334,24 €	5.125.212,93 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €

2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €
2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €

13-14	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	14.583.365,19 €	5.917.408,14 €	-8.665.957,05 €	14.413.939,20 €	5.917.408,14 €	-8.496.531,06 €
2025	14.842.010,74 €	12.898.817,27 €	-1.943.193,47 €	14.672.584,75 €	12.898.817,27 €	-1.773.767,48 €
2026	12.136.200,31 €	10.677.274,59 €	-1.458.925,72 €	11.966.774,32 €	10.677.274,59 €	-1.289.499,73 €
2027	11.520.543,28 €	11.441.691,77 €	-78.851,51 €	11.351.117,29 €	11.441.691,77 €	90.574,48 €
2028	11.589.230,40 €	13.162.918,85 €	1.573.688,46 €	11.419.804,41 €	13.162.918,85 €	1.743.114,45 €
2029	11.719.743,64 €	13.868.726,15 €	2.148.982,52 €	11.550.317,65 €	13.868.726,15 €	2.318.408,51 €
2030	11.799.928,89 €	13.039.397,75 €	1.239.468,87 €	11.630.502,90 €	13.039.397,75 €	1.408.894,85 €
2031	11.817.332,23 €	14.359.804,76 €	2.542.472,53 €	11.647.906,24 €	14.359.804,76 €	2.711.898,52 €
2032	11.793.305,77 €	14.062.175,99 €	2.268.870,22 €	11.623.879,78 €	14.062.175,99 €	2.438.296,21 €
2033	11.822.479,03 €	12.590.692,09 €	768.213,06 €	11.653.053,04 €	12.590.692,09 €	937.639,05 €
2034	11.742.330,53 €	11.919.685,09 €	177.354,56 €	11.572.904,54 €	11.919.685,09 €	346.780,55 €
2035	11.861.839,63 €	14.318.545,52 €	2.456.705,89 €	11.692.413,64 €	14.318.545,52 €	2.626.131,88 €
2036	11.900.739,29 €	13.488.388,97 €	1.587.649,68 €	11.731.313,30 €	13.488.388,97 €	1.757.075,67 €
2037	11.924.783,39 €	15.295.334,24 €	3.370.550,85 €	11.755.357,40 €	15.295.334,24 €	3.539.976,84 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €
2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €
2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €

15-16	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜΑ/ΡΟΗ	ΕΣΟΔΑ	ΕΞΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	13.772.185,12 €	5.917.408,14 €	-7.854.776,98 €	13.602.759,13 €	5.917.408,14 €	-7.685.350,99 €
2025	14.200.078,12 €	12.898.817,27 €	-1.301.260,85 €	14.030.652,13 €	12.898.817,27 €	-1.131.834,86 €
2026	11.515.773,58 €	10.677.274,59 €	-838.498,99 €	11.346.347,59 €	10.677.274,59 €	-669.073,00 €
2027	10.858.679,72 €	11.441.691,77 €	583.012,04 €	10.689.253,73 €	11.441.691,77 €	752.438,03 €
2028	10.830.167,65 €	13.162.918,85 €	2.332.751,20 €	10.660.741,66 €	13.162.918,85 €	2.502.177,19 €
2029	10.947.629,57 €	13.868.726,15 €	2.921.096,58 €	10.778.203,58 €	13.868.726,15 €	3.090.522,57 €
2030	11.019.796,30 €	13.039.397,75 €	2.019.601,46 €	10.850.370,31 €	13.039.397,75 €	2.189.027,45 €
2031	11.035.459,30 €	14.359.804,76 €	3.324.345,45 €	10.866.033,31 €	14.359.804,76 €	3.493.771,44 €
2032	11.013.835,49 €	14.062.175,99 €	3.048.340,50 €	10.844.409,50 €	14.062.175,99 €	3.217.766,49 €
2033	11.040.091,42 €	12.590.692,09 €	1.550.600,67 €	10.870.665,43 €	12.590.692,09 €	1.720.026,66 €
2034	10.967.957,77 €	11.919.685,09 €	951.727,32 €	10.798.531,79 €	11.919.685,09 €	1.121.153,31 €
2035	11.075.515,97 €	14.318.545,52 €	3.243.029,55 €	10.906.089,98 €	14.318.545,52 €	3.412.455,54 €
2036	11.110.525,65 €	13.488.388,97 €	2.377.863,32 €	10.941.099,66 €	13.488.388,97 €	2.547.289,30 €
2037	11.132.165,35 €	15.295.334,24 €	4.163.168,89 €	10.962.739,36 €	15.295.334,24 €	4.332.594,88 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €
2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €

2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

17-18	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	12.961.005,05 €	5.917.408,14 €	-7.043.596,91 €	12.791.579,06 €	5.917.408,14 €	-6.874.170,92 €
2025	13.558.145,51 €	12.898.817,27 €	-659.328,24 €	13.388.719,52 €	12.898.817,27 €	-489.902,25 €
2026	10.895.346,85 €	10.677.274,59 €	-218.072,26 €	10.725.920,86 €	10.677.274,59 €	-48.646,27 €
2027	10.196.816,17 €	11.441.691,77 €	1.244.875,60 €	10.027.390,18 €	11.441.691,77 €	1.414.301,59 €
2028	10.071.104,91 €	13.162.918,85 €	3.091.813,95 €	9.901.678,92 €	13.162.918,85 €	3.261.239,93 €
2029	10.175.515,50 €	13.868.726,15 €	3.693.210,65 €	10.006.089,51 €	13.868.726,15 €	3.862.636,64 €
2030	10.239.663,70 €	13.039.397,75 €	2.799.734,05 €	10.070.237,71 €	13.039.397,75 €	2.969.160,04 €
2031	10.253.586,38 €	14.359.804,76 €	4.106.218,38 €	10.084.160,39 €	14.359.804,76 €	4.275.644,37 €
2032	10.234.365,20 €	14.062.175,99 €	3.827.810,78 €	10.064.939,21 €	14.062.175,99 €	3.997.236,77 €
2033	10.257.703,81 €	12.590.692,09 €	2.332.988,28 €	10.088.277,82 €	12.590.692,09 €	2.502.414,27 €
2034	10.193.585,02 €	11.919.685,09 €	1.726.100,07 €	10.024.159,03 €	11.919.685,09 €	1.895.526,06 €
2035	10.289.192,30 €	14.318.545,52 €	4.029.353,22 €	10.119.766,31 €	14.318.545,52 €	4.198.779,21 €
2036	10.320.312,02 €	13.488.388,97 €	3.168.076,95 €	10.150.886,03 €	13.488.388,97 €	3.337.502,94 €
2037	10.339.547,31 €	15.295.334,24 €	4.955.786,94 €	10.170.121,32 €	15.295.334,24 €	5.125.212,93 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €
2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €
2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €

19-20	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	14.031.373,73 €	5.917.408,14 €	-8.113.965,60 €	13.861.947,74 €	5.917.408,14 €	-7.944.539,61 €
2025	14.627.347,39 €	12.898.817,27 €	-1.728.530,12 €	14.457.921,40 €	12.898.817,27 €	-1.559.104,13 €
2026	12.381.529,85 €	10.677.274,59 €	-1.704.255,26 €	12.212.103,86 €	10.677.274,59 €	-1.534.829,27 €
2027	12.348.530,46 €	11.441.691,77 €	-906.838,70 €	12.179.104,47 €	11.441.691,77 €	-737.412,71 €
2028	12.509.216,16 €	13.162.918,85 €	653.702,70 €	12.339.790,17 €	13.162.918,85 €	823.128,69 €
2029	12.639.729,40 €	13.868.726,15 €	1.228.996,75 €	12.470.303,41 €	13.868.726,15 €	1.398.422,74 €
2030	12.719.914,65 €	13.039.397,75 €	319.483,10 €	12.550.488,66 €	13.039.397,75 €	488.909,09 €
2031	12.737.317,99 €	14.359.804,76 €	1.622.486,76 €	12.567.892,00 €	14.359.804,76 €	1.791.912,75 €
2032	12.713.291,53 €	14.062.175,99 €	1.348.884,46 €	12.543.865,54 €	14.062.175,99 €	1.518.310,45 €
2033	12.742.464,79 €	12.590.692,09 €	-151.772,70 €	12.573.038,80 €	12.590.692,09 €	17.653,29 €
2034	11.742.330,53 €	11.919.685,09 €	177.354,56 €	11.572.904,54 €	11.919.685,09 €	346.780,55 €
2035	11.861.839,63 €	14.318.545,52 €	2.456.705,89 €	11.692.413,64 €	14.318.545,52 €	2.626.131,88 €
2036	11.900.739,29 €	13.488.388,97 €	1.587.649,68 €	11.731.313,30 €	13.488.388,97 €	1.757.075,67 €
2037	11.924.783,39 €	15.295.334,24 €	3.370.550,85 €	11.755.357,40 €	15.295.334,24 €	3.539.976,84 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €
2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €

2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €
------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------

21-22	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	13.220.193,66 €	5.917.408,14 €	-7.302.785,53 €	13.050.767,67 €	5.917.408,14 €	-7.133.359,54 €
2025	13.985.414,78 €	12.898.817,27 €	-1.086.597,51 €	13.815.988,79 €	12.898.817,27 €	-917.171,52 €
2026	11.761.103,12 €	10.677.274,59 €	-1.083.828,53 €	11.591.677,13 €	10.677.274,59 €	-914.402,54 €
2027	11.686.666,91 €	11.441.691,77 €	-244.975,14 €	11.517.240,92 €	11.441.691,77 €	-75.549,15 €
2028	11.750.153,41 €	13.162.918,85 €	1.412.765,44 €	11.580.727,42 €	13.162.918,85 €	1.582.191,43 €
2029	11.867.615,33 €	13.868.726,15 €	2.001.110,82 €	11.698.189,34 €	13.868.726,15 €	2.170.536,81 €
2030	11.939.782,06 €	13.039.397,75 €	1.099.615,70 €	11.770.356,07 €	13.039.397,75 €	1.269.041,69 €
2031	11.955.445,07 €	14.359.804,76 €	2.404.359,69 €	11.786.019,08 €	14.359.804,76 €	2.573.785,68 €
2032	11.933.821,25 €	14.062.175,99 €	2.128.354,74 €	11.764.395,26 €	14.062.175,99 €	2.297.780,73 €
2033	11.960.077,18 €	12.590.692,09 €	630.614,91 €	11.790.651,19 €	12.590.692,09 €	800.040,90 €
2034	10.967.957,77 €	11.919.685,09 €	951.727,32 €	10.798.531,79 €	11.919.685,09 €	1.121.153,31 €
2035	11.075.515,97 €	14.318.545,52 €	3.243.029,55 €	10.906.089,98 €	14.318.545,52 €	3.412.455,54 €
2036	11.110.525,65 €	13.488.388,97 €	2.377.863,32 €	10.941.099,66 €	13.488.388,97 €	2.547.289,30 €
2037	11.132.165,35 €	15.295.334,24 €	4.163.168,89 €	10.962.739,36 €	15.295.334,24 €	4.332.594,88 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €
2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €
2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

23-24	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	12.409.013,59 €	5.917.408,14 €	-6.491.605,46 €	12.239.587,60 €	5.917.408,14 €	-6.322.179,47 €
2025	13.343.482,16 €	12.898.817,27 €	-444.664,89 €	13.174.056,17 €	12.898.817,27 €	-275.238,90 €
2026	11.140.676,39 €	10.677.274,59 €	-463.401,80 €	10.971.250,40 €	10.677.274,59 €	-293.975,81 €
2027	11.024.803,35 €	11.441.691,77 €	416.888,41 €	10.855.377,37 €	11.441.691,77 €	586.314,40 €
2028	10.991.090,67 €	13.162.918,85 €	2.171.828,18 €	10.821.664,68 €	13.162.918,85 €	2.341.254,17 €
2029	11.095.501,26 €	13.868.726,15 €	2.773.224,89 €	10.926.075,27 €	13.868.726,15 €	2.942.650,88 €
2030	11.159.649,46 €	13.039.397,75 €	1.879.748,29 €	10.990.223,47 €	13.039.397,75 €	2.049.174,28 €
2031	11.173.572,14 €	14.359.804,76 €	3.186.232,62 €	11.004.146,15 €	14.359.804,76 €	3.355.658,61 €
2032	11.154.350,97 €	14.062.175,99 €	2.907.825,02 €	10.984.924,98 €	14.062.175,99 €	3.077.251,01 €
2033	11.177.689,58 €	12.590.692,09 €	1.413.002,52 €	11.008.263,59 €	12.590.692,09 €	1.582.428,51 €
2034	10.193.585,02 €	11.919.685,09 €	1.726.100,07 €	10.024.159,03 €	11.919.685,09 €	1.895.526,06 €
2035	10.289.192,30 €	14.318.545,52 €	4.029.353,22 €	10.119.766,31 €	14.318.545,52 €	4.198.779,21 €
2036	10.320.312,02 €	13.488.388,97 €	3.168.076,95 €	10.150.886,03 €	13.488.388,97 €	3.337.502,94 €
2037	10.339.547,31 €	15.295.334,24 €	4.955.786,94 €	10.170.121,32 €	15.295.334,24 €	5.125.212,93 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €
2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €

2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €
------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------

25-26	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.648.459,60 €	1.972.469,38 €	-9.675.990,22 €	11.479.033,61 €	1.972.469,38 €	-9.506.564,23 €
2025	17.072.599,87 €	5.528.064,54 €	-11.544.535,33 €	16.903.173,88 €	5.528.064,54 €	-11.375.109,34 €
2026	12.900.726,73 €	5.338.637,29 €	-7.562.089,43 €	12.731.300,74 €	5.338.637,29 €	-7.392.663,44 €
2027	12.192.146,60 €	6.356.495,43 €	-5.835.651,18 €	12.022.720,61 €	6.356.495,43 €	-5.666.225,19 €
2028	12.346.169,74 €	7.897.751,31 €	-4.448.418,43 €	12.176.743,75 €	7.897.751,31 €	-4.278.992,44 €
2029	12.460.036,36 €	9.708.108,31 €	-2.751.928,06 €	12.290.610,37 €	9.708.108,31 €	-2.582.502,07 €
2030	12.111.554,64 €	10.431.518,20 €	-1.680.036,44 €	11.942.128,65 €	10.431.518,20 €	-1.510.610,45 €
2031	12.103.445,47 €	12.923.824,28 €	820.378,81 €	11.934.019,48 €	12.923.824,28 €	989.804,80 €
2032	11.793.305,77 €	14.062.175,99 €	2.268.870,22 €	11.623.879,78 €	14.062.175,99 €	2.438.296,21 €
2033	11.822.479,03 €	12.590.692,09 €	768.213,06 €	11.653.053,04 €	12.590.692,09 €	937.639,05 €
2034	11.742.330,53 €	11.919.685,09 €	177.354,56 €	11.572.904,54 €	11.919.685,09 €	346.780,55 €
2035	11.861.839,63 €	14.318.545,52 €	2.456.705,89 €	11.692.413,64 €	14.318.545,52 €	2.626.131,88 €
2036	11.900.739,29 €	13.488.388,97 €	1.587.649,68 €	11.731.313,30 €	13.488.388,97 €	1.757.075,67 €
2037	11.924.783,39 €	15.295.334,24 €	3.370.550,85 €	11.755.357,40 €	15.295.334,24 €	3.539.976,84 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €
2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €
2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €

27-28	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.378.066,24 €	1.972.469,38 €	-9.405.596,86 €	11.208.640,25 €	1.972.469,38 €	-9.236.170,87 €
2025	16.797.485,90 €	5.528.064,54 €	-11.269.421,35 €	16.628.059,91 €	5.528.064,54 €	-11.099.995,36 €
2026	12.590.513,36 €	5.338.637,29 €	-7.251.876,07 €	12.421.087,37 €	5.338.637,29 €	-7.082.450,08 €
2027	11.824.444,63 €	6.356.495,43 €	-5.467.949,20 €	11.655.018,64 €	6.356.495,43 €	-5.298.523,21 €
2028	11.890.732,10 €	7.897.751,31 €	-3.992.980,78 €	11.721.306,11 €	7.897.751,31 €	-3.823.554,79 €
2029	11.919.556,52 €	9.708.108,31 €	-2.211.448,21 €	11.750.130,53 €	9.708.108,31 €	-2.042.022,22 €
2030	11.487.448,57 €	10.431.518,20 €	-1.055.930,37 €	11.318.022,58 €	10.431.518,20 €	-886.504,38 €
2031	11.399.759,84 €	12.923.824,28 €	1.524.064,44 €	11.230.333,85 €	12.923.824,28 €	1.693.490,43 €
2032	11.013.835,49 €	14.062.175,99 €	3.048.340,50 €	10.844.409,50 €	14.062.175,99 €	3.217.766,49 €
2033	11.040.091,42 €	12.590.692,09 €	1.550.600,67 €	10.870.665,43 €	12.590.692,09 €	1.720.026,66 €
2034	10.967.957,77 €	11.919.685,09 €	951.727,32 €	10.798.531,79 €	11.919.685,09 €	1.121.153,31 €
2035	11.075.515,97 €	14.318.545,52 €	3.243.029,55 €	10.906.089,98 €	14.318.545,52 €	3.412.455,54 €
2036	11.110.525,65 €	13.488.388,97 €	2.377.863,32 €	10.941.099,66 €	13.488.388,97 €	2.547.289,30 €
2037	11.132.165,35 €	15.295.334,24 €	4.163.168,89 €	10.962.739,36 €	15.295.334,24 €	4.332.594,88 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €
2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €
2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

29-30	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.107.672,89 €	1.972.469,38 €	-9.135.203,51 €	10.938.246,90 €	1.972.469,38 €	-8.965.777,52 €
2025	16.522.371,92 €	5.528.064,54 €	-10.994.307,37 €	16.352.945,93 €	5.528.064,54 €	-10.824.881,38 €
2026	12.280.300,00 €	5.338.637,29 €	-6.941.662,70 €	12.110.874,01 €	5.338.637,29 €	-6.772.236,71 €
2027	11.456.742,65 €	6.356.495,43 €	-5.100.247,23 €	11.287.316,66 €	6.356.495,43 €	-4.930.821,24 €
2028	11.435.294,45 €	7.897.751,31 €	-3.537.543,14 €	11.265.868,46 €	7.897.751,31 €	-3.368.117,15 €
2029	11.379.076,67 €	9.708.108,31 €	-1.670.968,36 €	11.209.650,68 €	9.708.108,31 €	-1.501.542,37 €
2030	10.863.342,49 €	10.431.518,20 €	-431.824,29 €	10.693.916,50 €	10.431.518,20 €	-262.398,30 €
2031	10.696.074,21 €	12.923.824,28 €	2.227.750,08 €	10.526.648,22 €	12.923.824,28 €	2.397.176,07 €
2032	10.234.365,20 €	14.062.175,99 €	3.827.810,78 €	10.064.939,21 €	14.062.175,99 €	3.997.236,77 €
2033	10.257.703,81 €	12.590.692,09 €	2.332.988,28 €	10.088.277,82 €	12.590.692,09 €	2.502.414,27 €
2034	10.193.585,02 €	11.919.685,09 €	1.726.100,07 €	10.024.159,03 €	11.919.685,09 €	1.895.526,06 €
2035	10.289.192,30 €	14.318.545,52 €	4.029.353,22 €	10.119.766,31 €	14.318.545,52 €	4.198.779,21 €
2036	10.320.312,02 €	13.488.388,97 €	3.168.076,95 €	10.150.886,03 €	13.488.388,97 €	3.337.502,94 €
2037	10.339.547,31 €	15.295.334,24 €	4.955.786,94 €	10.170.121,32 €	15.295.334,24 €	5.125.212,93 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €
2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €
2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €

31-32	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.341.797,68 €	1.972.469,38 €	-9.369.328,30 €	11.172.371,69 €	1.972.469,38 €	-9.199.902,31 €
2025	16.704.605,57 €	5.528.064,54 €	-11.176.541,02 €	16.535.179,58 €	5.528.064,54 €	-11.007.115,03 €
2026	12.532.732,42 €	5.338.637,29 €	-7.194.095,13 €	12.363.306,43 €	5.338.637,29 €	-7.024.669,14 €
2027	11.885.484,68 €	6.356.495,43 €	-5.528.989,26 €	11.716.058,69 €	6.356.495,43 €	-5.359.563,27 €
2028	12.162.172,59 €	7.897.751,31 €	-4.264.421,28 €	11.992.746,60 €	7.897.751,31 €	-4.094.995,29 €
2029	12.460.036,36 €	9.708.108,31 €	-2.751.928,06 €	12.290.610,37 €	9.708.108,31 €	-2.582.502,07 €
2030	12.356.884,18 €	10.431.518,20 €	-1.925.365,98 €	12.187.458,19 €	10.431.518,20 €	-1.755.939,99 €
2031	12.655.436,93 €	12.923.824,28 €	268.387,35 €	12.486.010,94 €	12.923.824,28 €	437.813,34 €
2032	12.713.291,53 €	14.062.175,99 €	1.348.884,46 €	12.543.865,54 €	14.062.175,99 €	1.518.310,45 €
2033	12.742.464,79 €	12.590.692,09 €	-151.772,70 €	12.573.038,80 €	12.590.692,09 €	17.653,29 €
2034	12.662.316,29 €	11.919.685,09 €	-742.631,20 €	12.492.890,30 €	11.919.685,09 €	-573.205,21 €
2035	12.781.825,39 €	14.318.545,52 €	1.536.720,12 €	12.612.399,41 €	14.318.545,52 €	1.706.146,11 €
2036	12.820.725,05 €	13.488.388,97 €	667.663,92 €	12.651.299,06 €	13.488.388,97 €	837.089,91 €
2037	12.844.769,16 €	15.295.334,24 €	2.450.565,09 €	12.675.343,17 €	15.295.334,24 €	2.619.991,08 €
2038	11.908.859,47 €	14.791.674,22 €	2.882.814,75 €	11.739.433,48 €	14.791.674,22 €	3.052.240,74 €
2039	11.933.420,75 €	12.867.724,57 €	934.303,82 €	11.763.994,76 €	12.867.724,57 €	1.103.729,81 €
2040	11.957.835,18 €	12.005.257,59 €	47.422,41 €	11.788.409,19 €	12.005.257,59 €	216.848,39 €
2041	12.000.476,63 €	12.446.785,55 €	446.308,92 €	11.831.050,64 €	12.446.785,55 €	615.734,91 €
2042	12.028.227,37 €	15.876.188,57 €	3.847.961,19 €	11.858.801,38 €	15.876.188,57 €	4.017.387,18 €
2043	11.936.827,24 €	15.516.616,16 €	3.579.788,92 €	11.767.401,25 €	15.516.616,16 €	3.749.214,91 €

33-34	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	18.503,17 €	0,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	11.071.404,32 €	1.972.469,38 €	-9.098.934,94 €	10.901.978,33 €	1.972.469,38 €	-8.929.508,95 €
2025	16.429.491,59 €	5.528.064,54 €	-10.901.427,05 €	16.260.065,60 €	5.528.064,54 €	-10.732.001,06 €
2026	12.222.519,06 €	5.338.637,29 €	-6.883.881,76 €	12.053.093,07 €	5.338.637,29 €	-6.714.455,77 €
2027	11.517.782,71 €	6.356.495,43 €	-5.161.287,28 €	11.348.356,72 €	6.356.495,43 €	-4.991.861,29 €
2028	11.706.734,94 €	7.897.751,31 €	-3.808.983,63 €	11.537.308,95 €	7.897.751,31 €	-3.639.557,64 €
2029	11.919.556,52 €	9.708.108,31 €	-2.211.448,21 €	11.750.130,53 €	9.708.108,31 €	-2.042.022,22 €
2030	11.732.778,11 €	10.431.518,20 €	-1.301.259,90 €	11.563.352,12 €	10.431.518,20 €	-1.131.833,91 €
2031	11.951.751,30 €	12.923.824,28 €	972.072,98 €	11.782.325,31 €	12.923.824,28 €	1.141.498,97 €
2032	11.933.821,25 €	14.062.175,99 €	2.128.354,74 €	11.764.395,26 €	14.062.175,99 €	2.297.780,73 €
2033	11.960.077,18 €	12.590.692,09 €	630.614,91 €	11.790.651,19 €	12.590.692,09 €	800.040,90 €
2034	11.887.943,54 €	11.919.685,09 €	31.741,55 €	11.718.517,55 €	11.919.685,09 €	201.167,54 €
2035	11.995.501,73 €	14.318.545,52 €	2.323.043,79 €	11.826.075,74 €	14.318.545,52 €	2.492.469,78 €
2036	12.030.511,41 €	13.488.388,97 €	1.457.877,55 €	11.861.085,43 €	13.488.388,97 €	1.627.303,54 €
2037	12.052.151,11 €	15.295.334,24 €	3.243.183,13 €	11.882.725,12 €	15.295.334,24 €	3.412.609,12 €
2038	11.117.833,82 €	14.791.674,22 €	3.673.840,40 €	10.948.407,83 €	14.791.674,22 €	3.843.266,39 €
2039	11.139.938,97 €	12.867.724,57 €	1.727.785,60 €	10.970.512,99 €	12.867.724,57 €	1.897.211,59 €
2040	11.161.911,96 €	12.005.257,59 €	843.345,63 €	10.992.485,97 €	12.005.257,59 €	1.012.771,62 €
2041	11.200.289,26 €	12.446.785,55 €	1.246.496,28 €	11.030.863,27 €	12.446.785,55 €	1.415.922,27 €
2042	11.225.264,93 €	15.876.188,57 €	4.650.923,63 €	11.055.838,94 €	15.876.188,57 €	4.820.349,62 €
2043	11.143.004,81 €	15.516.616,16 €	4.373.611,35 €	10.973.578,82 €	15.516.616,16 €	4.543.037,34 €

35-36	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ	ΕΞΟΔΑ	ΕΣΟΔΑ	ΧΡΗΜ/ΡΟΗ
2023	3.018.503,17 €	3.000.000,00 €	-18.503,17 €	3.018.503,17 €	0,00 €	-3.018.503,17 €
2024	10.801.010,97 €	1.972.469,38 €	-8.828.541,59 €	10.631.584,98 €	1.972.469,38 €	-8.659.115,60 €
2025	16.154.377,61 €	5.528.064,54 €	-10.626.313,07 €	15.984.951,62 €	5.528.064,54 €	-10.456.887,08 €
2026	11.912.305,69 €	5.338.637,29 €	-6.573.668,40 €	11.742.879,70 €	5.338.637,29 €	-6.404.242,41 €
2027	11.150.080,73 €	6.356.495,43 €	-4.793.585,31 €	10.980.654,74 €	6.356.495,43 €	-4.624.159,32 €
2028	11.251.297,30 €	7.897.751,31 €	-3.353.545,99 €	11.081.871,31 €	7.897.751,31 €	-3.184.120,00 €
2029	11.379.076,67 €	9.708.108,31 €	-1.670.968,36 €	11.209.650,68 €	9.708.108,31 €	-1.501.542,37 €
2030	11.108.672,03 €	10.431.518,20 €	-677.153,83 €	10.939.246,04 €	10.431.518,20 €	-507.727,84 €
2031	11.248.065,66 €	12.923.824,28 €	1.675.758,62 €	11.078.639,67 €	12.923.824,28 €	1.845.184,61 €
2032	11.154.350,97 €	14.062.175,99 €	2.907.825,02 €	10.984.924,98 €	14.062.175,99 €	3.077.251,01 €
2033	11.177.689,58 €	12.590.692,09 €	1.413.002,52 €	11.008.263,59 €	12.590.692,09 €	1.582.428,51 €
2034	11.113.570,78 €	11.919.685,09 €	806.114,31 €	10.944.144,79 €	11.919.685,09 €	975.540,30 €
2035	11.209.178,06 €	14.318.545,52 €	3.109.367,46 €	11.039.752,07 €	14.318.545,52 €	3.278.793,45 €
2036	11.240.297,78 €	13.488.388,97 €	2.248.091,19 €	11.070.871,79 €	13.488.388,97 €	2.417.517,18 €
2037	11.259.533,07 €	15.295.334,24 €	4.035.801,17 €	11.090.107,08 €	15.295.334,24 €	4.205.227,16 €
2038	10.326.808,17 €	14.791.674,22 €	4.464.866,05 €	10.157.382,18 €	14.791.674,22 €	4.634.292,04 €
2039	10.346.457,20 €	12.867.724,57 €	2.521.267,38 €	10.177.031,21 €	12.867.724,57 €	2.690.693,37 €
2040	10.365.988,74 €	12.005.257,59 €	1.639.268,85 €	10.196.562,75 €	12.005.257,59 €	1.808.694,84 €
2041	10.400.101,90 €	12.446.785,55 €	2.046.683,65 €	10.230.675,91 €	12.446.785,55 €	2.216.109,64 €
2042	10.422.302,49 €	15.876.188,57 €	5.453.886,07 €	10.252.876,50 €	15.876.188,57 €	5.623.312,06 €
2043	10.349.182,39 €	15.516.616,16 €	5.167.433,78 €	10.179.756,40 €	15.516.616,16 €	5.336.859,77 €

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]: Fournier, A. (2006) Controlling Air Emissions from Marine Vessels: Problems and Opportunities. Santa Barbara: University of California Santa Barbara.
- [2] BIMCO, World fleet to grow by 6.4% over the coming five years, down from 7.4% in previous 5 years
- [3]: Οικονομικός Ταχυδρόμος, Άρθρο, Ακτοπλοΐα: Στο φουλ οι μηχανές, ανεβάζουν στροφές το 2023.
- [4] Characteristics of the Greek owned fleet, Ένωση Ελλήνων Εφοπλιστών
- [5] 2019 annual report on CO² emissions from maritime transport, European Commission, EUROSTAT
- [6] What we know about CO² Emissions from ships in EU?, Data 2019, Infomaritime.eu
- [7] ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΙΝΑΣΗ, Πανεπιστήμιο Πειραιώς
- [8]: Looking Ahead to 2025 as the Mediterranean Sea sets course for SECA Zone Status, Total Energies
- [9] Shore Power Locations in US, www.epa.gov
- [10] ELEMED Project
- [11] https://www.marinetraffic.com/en/ais/vessel_PortCalls
- [12]: Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Τεύχος Α', Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις Εισαγωγή στον Αυτοματισμό, Χ.Αθ. Φραγκόπουλος, Ι.Μ. Προυσαλίδης, Κεφάλαιο 4.6.1, Σελ.63
- [13]: IEC/ISO/IEEE 80005-1 Edition 1.0 2012-07, INTERNATIONAL STANDARD Utility connections in port – Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements
- [14]: Διερεύνηση της Ηλεκτρικής Διασύνδεσης Πλοίων στα Λιμάνια του Πειραιά και της Κυλλήνης, Διπλωματική Εργασία, Πανταζόπουλος Διονύσιος
- [15]: Παροχή δεδομένων ισχύος, Ι.Μ. Προυσαλίδης
- [16]: Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου: Μέρος Α–Ηλεκτρολογικό, Καλωδιώσεις και Κανονισμοί, Ι.Μ.ΠΡΟΥΣΑΛΙΔΗΣ
- [17] Table B.52.3 XLPE insulation / Copper or Aluminium / Two loaded conductors, IEC 60364-5-52,
- [18] Wartsila Marine Auxiliary Systems Catalogue, Engine Configurator
- [19]: Παροχή τιμών των μετασχηματιστών έγινε μετά από διαδικτυακή συνομιλία με τον Ναυπηγό Μηχανολόγο Μηχανικό, συνεργάτη του ΕΜΠ, κων Στέφανο Ντάλλα
- [20]: kent-marine.com/marine_cables/cables_pricing/custom_kA
- [21]: e-chains, e-spools IGUS catalogue for power reel cables, SP1-850-14000-03-R-0 model
- [22] Electric motorized cable reels - Cavotec MSL - PDF Catalogues
- [23]: Maintenance, replacement, and reliability: theory and applications, AKS Jardine, AHC Tsang, 2021

- [24]: ΦΕΚ 31986/28.03.2023 Υπουργική Απόφαση (Β΄ 2003)
- [25]: Η βιομηχανία πετρελεύσεων των πλοίων. Μελέτη περίπτωσης η αγορά του Πειραιά, Αντώνης Παπαβασιλείου, 2007
- [26]: Piraeus Port Bunker VLSFO Price 2020-22, bunkerindex.com
- [27]: Piraeus Port Bunker LS-MGO Price 2020-22, bunkerindex.com
- [28]: Forecast for VLSFO Price in European Ports, Eurostat
- [29]: Μελέτη για την προσομοίωση της βέλτιστης λειτουργίας υβριδικού σταθμού με φωτοβολταϊκό πάρκο και συστοιχία μπαταριών λιθίου που συνδέεται στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, Παπαχαράλαμπος Γεώργιος, 2023
- [30]: Cost benefit analysis for the socialization of the Revithoussa LNG terminal, Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου
- [31]: Electrification of onshore power systems in maritime transportation towards decarbonization of ports: A review of the cold ironing technology, Bakar, Bazmohammadi, Vasquez, Guerrero.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- 1.1 The Geography of Transport Systems FIFTH EDITION, Jean-Paul Rodrigues (2020), Performance Comparison for Selected Freight Modes
- 1.3 Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη, Review of Maritime Transport 2011-2021
- 2.1 Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, UNDP Climate-Box, Breakdown of greenhouse gas emissions by different modes of transport
- 2.2 EU Ports' Climate Performance: An Analysis of maritime supply chain and at berth emissions
- 3.5 Current and possible future ECA's. Source: (Kolbia 2019)
- 4.1 Photo property of John Hansi Flicker
- 4.2 Cold Ironing: Implementation Overview in European Ports, Case Study Croatian Ports
- 4.3 Cold Ironing: Socio-Economic Analysis in the Port of Genoa
- 4.4 metaforespress.gr/cold_ironing_sthn_Kyllhnh_Enas_neos_orizontas
- 4.6 Rundown of Voltages and Frequencies (Hz) Around the World, Midamerica Engines
- 5.1 Ανάλυση μεθόδου ηλεκτρικής τροφοδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από τη στεριά (Cold Ironing) και εφαρμογή στο καινούριο λιμάνι της Πάτρας, Αθηναίος Αθηνάδης Ελευθέριος 2020
- 6.1 (Advanced machinery solutions for RoPax vessels, O. Levander, Wartsila Corporation, 2014)

