



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

«Τεχνικό-οικονομική διερεύνηση μετατροπής σκαφών μικρών αποστάσεων της ελληνικής επικράτειας σε ηλεκτρικά »

Τσιδήμας Αναστάσιος

Επιβλέπων: Προυσαλίδης Ιωάννης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Στη μητέρα μου Ελένη
και στον αδερφό μου Γιώργο.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία συμπίπτει με την ολοκλήρωση των σπουδών μου στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αυτή η περίοδος υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική στη ζωή μου, καθότι έλαβα υψηλού επιπέδου εξειδικευμένη γνώση στο αντικείμενο των σπουδών μου, η οποία θεωρώ ότι με έχει βοηθήσει ιδιαίτερα στην επαγγελματική μου σταδιοδρομία. Παράλληλα, είχα την τύχη να συνεργαστώ με πλήθος αξιόλογων ανθρώπων που αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης και σημείο στήριξής μου, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την ανεκτίμητη παρουσία τους.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κ. Προυσαλίδη Ιωάννη, Καθηγητή και Διευθυντή του τομέα Ναυτικής Μηχανολογίας της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Οι συμβουλές και η καθοδήγησή του μέχρι και την τελευταία στιγμή της συγγραφής υπήρξαν πολύτιμες και καθοριστικές για το τελικό αποτέλεσμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τη μητέρα μου, Ελένη, και τον αδερφό μου, Γιώργο, χωρίς την ανιδιοτελή και συνεχή στήριξη των οποίων, θα ήταν αδύνατο να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η τεχνικό-οικονομική ανάλυση για την μετασκευή μικρών πλοίων, που εκτελούν ταξίδια πορθμειακών γραμμών, σε ηλεκτρικά με αποτέλεσμα και την μείωση των λειτουργικών εξόδων του πλοίου αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Με την ηλεκτροπρόωση επιτυγχάνεται ένα μεγάλο ποσοστό της ενέργειας που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα να είναι “green energy” καθώς είναι πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του πετρελαίου.

Προκειμένου η συγκεκριμένη ανάλυση να είναι πραγματική υπήρχε η αναγκαιότητα δημιουργίας μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας που ονομάζεται “Marine electrical” που δημιουργήθηκε από συναδέλφους σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες. Στη συγκεκριμένη πλατφόρμα-εφαρμογή αφού δοθούν οι κατάλληλες πληροφορίες, στις οποίες θα εμβαθύνουμε και στη συνέχεια, γίνεται ένας υπολογισμός του κόστους της μετασκευής καθώς και του χρηματικού οφέλους που θα έχουμε από την λειτουργία των πλοίων με την χρήση μπαταριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Εκτός της εφαρμογής που αναπτύχθηκε υπήρχε εξαιρετικά μεγάλη απαίτηση να βρεθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για τα πλοία που θα μελετηθούν όπως τα γενικά τους χαρακτηριστικά καθώς και ο αριθμός κυρίων μηχανών, ηλεκτρογεννητριών και ο τύπος τους. Όλα τα παραπάνω απαιτούνταν για να υπάρχει μια ρεαλιστική εκτίμηση της ενέργειας που θα απαιτείται να εγκατασταθεί στα ηλεκτρικά πλοία μετά την μετασκευή τους.

Στην Ελλάδα οι πορθμειακές γραμμές δεν εκτελούνται κάθε χρόνο από τα ίδια πλοία με αποτέλεσμα ορισμένα από αυτά να είναι σχεδιασμένα για ταξίδια μεγαλύτερων απαιτήσεων από ότι της πραγματικής λειτουργίας τους. Στη συγκεκριμένη εργασία θα υποθέσουμε ότι τα πλοία δεν θα μετατοπίζονται σε άλλες πορθμειακές γραμμές προκειμένου να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε την ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύ που θα τοποθετηθεί μετά την μετασκευή. Αυτό θα εξυπηρετήσει πολύ και το μειωμένο κόστος που θέλουμε να επιτύχουμε προκειμένου να είναι βιώσιμη η επένδυση που θέλουμε να περιγράψουμε στο βάθος είτε 7ετίας είτε 15ετίας.

Όσον αφορά στο τεχνικό κομμάτι της εργασίας, η βασική προτεραιότητα ήταν να γίνει μια ακριβής εκτίμηση της συνολικής ισχύς που χρειάζεται για την πραγματοποίηση ενός δρομολογίου. Για αυτό ακριβώς το λόγο για κάθε πλοίο που έχει μελετηθεί έχει γίνει ένας υπολογισμός της ταχύτητας υπηρεσίας τους μέσα από την απόσταση που πρέπει να καλύψουν σε συνδυασμό με τον χρόνο.

Αφού εκτιμηθεί η ταχύτητα και είναι επίσης γνωστά και η κύρια μηχανή αλλά και οι ηλεκτρογεννήτριες γίνεται ένας υπολογισμός για το φορτίο που θα επιφέρεται στο κάθε ένα από τα παραπάνω. Μόλις προσδιοριστεί πλήρως η ισχύς στην μηχανή και στην κάθε γεννήτρια μπορούμε να προσδιορίσουμε και το πόσες μπαταρίες θα χρειαστεί να τοποθετηθούν πάνω στο πλοίο προκειμένου να καλυφθούν όλες οι ενεργειακές ανάγκες τόσο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού όσο και για τις ενεργειακές ανάγκες στο λιμάνι. Για τα συγκεκριμένα πλοία το ταξίδι χωρίζεται σε τρία κομμάτια: διάρκεια ταξιδιού, διάρκεια ελιγμών και χρόνος παραμονής στον λιμένα. Το άθροισμα των ενεργειακών απαιτήσεων όλων των παραπάνω θα καθορίσει τον τελικό αριθμό των μπαταριών που θα χρησιμοποιηθούν.

Στη συνέχεια προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η χρήση των μπαταριών γίνεται μια συγκριτική μελέτη για το εάν συμφέρει η φόρτιση των μπαταριών να γίνεται σε κάθε στάση στο λιμάνι ή μετά την πραγματοποίηση μερικών συνεχόμενων δρομολογίων. Στον παραπάνω υπολογισμό τα βασικότερα

ζητήματα είναι να εξασφαλιστεί ο βέλτιστος χρόνος ζωής της μπαταρίας σε συνδυασμό με την ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ.

Τέλος θα παρουσιαστεί μια εκτίμηση για το αν η μετασκευή των πλοίων σε ηλεκτρικά μπορεί να είναι μια βιώσιμη επένδυση ταυτοχρόνως με μια προσπάθεια διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος μειώνοντας τους ρύπους και την γενικότερη μόλυνσή του.

ABSTRACT

The object of this work was the technical-economic analysis for the retrofitting of small ships, which carry out journeys of ferry lines, to electric ones with the result of reducing the operating costs of the ship as well as protecting the environment. With electric propulsion, a large percentage of the energy emitted into the atmosphere is "green energy" as the use of electricity is more environmentally friendly than the burning oil.

For the specific analysis to be accurate there was the necessity to create an electronic platform called "Marine electrical" created by colleagues in previous diplomatic work. In this specific platform-application, after providing the appropriate information, which we will delve into and then, a calculation is made of the cost of the retrofit as well as the financial benefit that we will have from the operation of the ships using batteries to produce electricity.

In addition to the developed application there was an extremely high requirement to find specific characteristics for the ships to be studied such as their general characteristics as well as the number of main engines, generators, and their type. All the above was required in order to have a realistic estimation of the energy that would be required to be installed on the electric ships after their conversion.

In Greece, the ferry lines are not operated every year by the same ships, with the result that some of them are designed for journeys with greater requirements than their actual operation. In this work, we will assume that the ships will not be shifted to other ferry lines in order to be able to estimate the minimum installed power that will be installed after the retrofit. This will also greatly serve the reduced cost that we want to achieve to make the investment sustainable in the depth of either 10 years or 20 years.

As for the technical part of the work, the main priority was to make an accurate estimate of the total power needed to carry out a route. For this very reason, for each ship that has been studied, a calculation of their service speed has been made through the distance they have to cover in combination with the time.

After the speed is estimated and the main engine and generators are also known, a calculation is made for the load that will be applied to each of the above. Once the power in the engine and in each generator is fully determined, we can also determine how many batteries will need to be placed on board to cover all energy needs. For the specific ships, the journey is divided into three parts: 1) duration of journey, duration of maneuvers and time of stay in port. The sum of the energy requirements of all the above will determine the final number of batteries to be used.

Then, in order to optimize the use of the batteries, a comparative study is made on whether it is beneficial to charge the batteries at each stop in the port or once at the end of the day. In the above calculation the main issues are to ensure the optimal battery lifetime combined with the minimum required installed power.

Finally, an assessment will be presented on whether the conversion of ships to electric can be a sustainable investment as well as an opportunity to preserve the natural environment by reducing pollutants.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Εισαγωγή.....	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου.....	9
1.1 Κύριες αέριες εκπομπές	9
1.2 Ιστορική αναδρομή	13
1.3 Εκπομπές Αερίου από τη ναυτιλιακή δράση.....	14
1.4 Ευρωπαϊκή κατεύθυνση στην απανθρακοποίηση του κλάδου	16
1.4.1 EU Fit for 55.....	17
1.4.1.1 FuelEU Maritime.....	18
1.4.1.2 EU ETS	18
1.5 Υπολογισμός των αέριων εκπομπών	20
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ναυτιλία μικρών αποστάσεων	22
2.1 Θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων.....	23
2.1.1 Σημασία Θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων	23
2.1.2 Πλεονεκτήματα Θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων.....	24
2.1.3 Ελλάδα & Ευρώπη στις Θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων	25
2.2 Εναλλακτικές πηγές ενέργειας στη ναυτιλία	27
2.2.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	28
2.2.2 Ηλεκτρική ενέργεια - Ηλεκτροπρόωση.....	29
Κεφάλαιο 3 ^ο : Μεθοδολογία Υπολογισμού Εγκαταστημένης Ισχύος Μπαταριών και Εκτίμηση Κόστους Μετασκευής.....	34
3.1 Υπολογισμός Εγκαταστημένης Ισχύος Μπαταριών.....	34
3.2 Καθορισμός Σεναρίου Φόρτισης	35
3.3 Υπολογισμός Ισχύος Ηλεκτρικού Μοτέρ, Inverter και Φορτιστών.....	39
3.4 Εκτίμηση Συνολικού Κόστους Μετασκευής	40
3.5 Προσδιορισμός Λειτουργικού Κόστους και Ετησίου Εισοδήματος λόγω Μετασκευής.....	41
3.6 Μελέτη Εφικτότητας Μετασκευής σε Μπαταριόπλοιο	43
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μελέτη διαδρομής Κόστα – Σπέτσες	44
4.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Κόστα – Σπέτσες	44
4.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής	47
4.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης	50
4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματαγια την διαδρομή Κόστα – Σπέτσες	57
Κεφάλαιο 5 ^ο : Μελέτη διαδρομής Ελαφόνησος – Πούντα	59
5.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Ελαφόνησος – Πούντα	59
5.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής	60

5.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης	62
5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματαγια την διαδρομή Ελαφώνησος – Πούντα	67
Κεφάλαιο 6 ^ο : Μελέτη διαδρομής Πούντα – Αντίπαρος	68
6.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Πούντα – Αντίπαρος.....	68
6.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής	69
6.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης	71
6.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματαγια την διαδρομή Πούντα - Αντίπαρος.....	77
Συμπεράσματα.....	78
Αρθρογραφία.....	81
Βιβλιογραφία	81
Σχετικοί ιστότοποι.....	81

Κεφάλαιο 1^ο: Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου

Οι θαλάσσιες μεταφορές διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη βιωσιμότητα του τομέα των μεταφορών, όμως, παράλληλα έχουν σημαντική συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Miola and Ciuffo, 2011).

Σύμφωνα με έρευνες (Mathiasetal., 2010), οι αέριες εκπομπές από τη λειτουργία των πλοίων έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα επίπεδα συγκεντρώσεων σημαντικών ρύπων στην ατμόσφαιρα, ιδίως στις παράκτιες περιοχές.

Για τον λόγο αυτό, οι πολιτικές δράσεις για τον περιορισμό των εκπομπών από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα αυξάνονται διαρκώς τις τελευταίες δεκαετίες, όμως ο σχεδιασμός και η εφαρμογή αποτελεσματικών δράσεων απαιτούν, τόσο τον ακριβή προσδιορισμό των αερίων εκπομπών, όσο και ακριβείς εκτιμήσεις για την ποσοτικοποίηση τους.

1.1 Κύριες αέριες εκπομπές

Για την καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων της ναυτιλιακής δραστηριότητας στον άνθρωπο και στο περιβάλλον, στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι κύριες αέριες εκπομπές που οφείλονται σε αυτήν, καθώς και οι άμεσες και έμμεσες συνέπειές τους.

Μικροσωματίδια (PM)

Ως μικροσωματίδια ορίζεται ένα μείγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Το μείγμα αυτό αποτελείται από σωματίδια, όπως σκόνη, βρωμιά και αιθάλη, τα οποία είναι ορατά με γυμνό μάτι, αλλά και από σωματίδια τα οποία γίνονται αντιληπτά μόνο με την χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

Τα μικροσωματίδια προέρχονται είτε από φυσικές πηγές, όπως το θαλασσινό αλάτι, η αιωρούμενη σκόνη, η γύρη και η ηφαιστειακή τέφρα (ΕΕΑ, 2012c), είτε από ανθρωπογενείς πηγές, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων για την λειτουργία οχημάτων, η οικιακή θέρμανση, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες.

Η συνήθης κατηγοριοποίηση των PM γίνεται με βάση το μέγεθος τους και διακρίνονται στα PM 2.5 και PM 10, όπου τα πρώτα έχουν διάμετρο μικρότερη από 2.5 μm, ενώ τα δεύτερα μικρότερη από 10 μm. Το μέγεθός τους αποτελεί το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, καθώς τα μικροσωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 10 μm μπορούν να εισέλθουν στους οργανισμούς κατά την διαδικασία της αναπνοής, μέσω την αναπνευστικής οδού, προσβάλλοντας το αίμα και τους πνεύμονες (Panagiotopoulou, 2016).

Σύμφωνα με μελέτες, η συνεχής έκθεση και εισπνοή μικροσωματιδίων μπορεί να οδηγήσει σε πνευμονικές και καρδιαγγειακές παθήσεις, αρρυθμίες και εμφράγματα, μπορεί να επηρεάσει το κεντρικό νευρικό και το αναπαραγωγικό σύστημα και να προκαλέσει καρκίνο, οδηγώντας σε πρόωρο θάνατο. Τέλος, μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη της βλάστησης και άλλες διαδικασίες του οικοσυστήματος (ΕΕΑ, 2014).

Οξειδία του αζώτου (NOX)

Ο γενικός όρος οξειδία του αζώτου (NOX) περιγράφει τις χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και περιέχουν ένα άτομο αζώτου και ένα ή περισσότερα άτομα οξυγόνου και αποτελούν ένα από τους σημαντικότερους παράγοντες ρύπανσής της. Τα κύρια από αυτά είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Τα περισσότερα NOX εκπέμπονται ως NO, το οποίο οξειδώνεται άμεσα στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας NO₂ και έπειτα νιτρικό οξύ και άλλα νιτρικά άλατα (Chatzinikolaou et al., 2015).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των NOX προέρχεται από ανθρωπογενείς πηγές που σχετίζονται κυρίως με την καύση ορυκτών καυσίμων σε ηλεκτρικές συσκευές, σε βιομηχανικές διεργασίες σε υψηλές θερμοκρασίες και σε λειτουργίες μηχανοκίνητων οχημάτων. Ωστόσο, υπάρχουν και φυσικές διαδικασίες, όπως η βιολογική αποσύνθεση, που συμβάλλουν στην εκπομπή οξειδίων του αζώτου (EPA, 2008).

Τα οξειδία του αζώτου συμβάλλουν στην οξίνιση και τον ευτροφισμό των υδάτων και των εδαφών και μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό μικροσωματιδίων και όζοντος, ενός από τα πιο σημαντικά από τα αέρια του θερμοκηπίου. Το διοξείδιο του αζώτου θεωρείται ότι έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, καθώς σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί φλεγμονές στο αναπνευστικό σύστημα και μειωμένη πνευμονική λειτουργία (EEA, 2014).

Οξειδία του θείου (SOX)

Ο γενικός όρος οξειδία του θείου (SOX) περιγράφει τις χημικές ενώσεις που αποτελούνται μόνο από άτομα θείου και άτομα οξυγόνου, όπως τα υποοξειδία του θείου (S₇O₂, S₆O₂), το μονοξείδιο του θείου (SO), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το τριοξείδιο του θείου (SO₃) και τα υπεροξειδία του θείου (SO₃+X).

Τα οξειδία του θείου εκπέμπονται κυρίως από την καύση καυσίμων που περιέχουν χημικές ενώσεις θείου για οικιακή θέρμανση, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για λειτουργία οχημάτων, ενώ η ηφαιστειακή δραστηριότητα αποτελεί τη βασική φυσική πηγή SOX (EEA, 2014). Όσον αφορά τις ναυτιλιακές δραστηριότητες, γενικά τα πλοία για τη λειτουργία τους χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλής ποιότητας, όπως τα HFO και MDO, τα οποία περιέχουν μεγάλη ποσότητα θείου. Όμως, η υιοθέτηση αυστηρότερων κανονισμών από τον IMO (MARPOL Annex VI) έχει οδηγήσει στη χρήση καυσίμων καλύτερης ποιότητας.

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι τα οξειδία του θείου έχουν επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα και στην πνευμονική λειτουργία, προκαλώντας βήχα, επιδείνωση του άσθματος και της χρόνιας βρογχίτιδας, ενώ η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς στα μάτια (EEA, 2014). Η θνησιμότητα και οι εισαγωγές στα νοσοκομεία εξαιτίας καρδιακών νόσων αυξάνονται, όταν είναι αυξημένα τα επίπεδα SO₂ στην ατμόσφαιρα (WHO, 2008).

Το SO₂ αντιδρά με την υγρασία δημιουργώντας όξινες ενώσεις (H₂SO₄), οι οποίες οξύνουν το νερό και οδηγούν στο φαινόμενο της όξινης βροχής (Hunter et al., 2011). Γίνεται κατανοητό ότι τα φαινόμενα αυτά προκαλεί επιπτώσεις στο υδάτινο οικοσύστημα, καταστροφές στα δάση και οξίνιση των εδαφών.

Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)

Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO), σε συνηθισμένες συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασία 25°C και πίεση 1 atm), είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο, το οποίο είναι τοξικό για τους ανθρώπους και τα αιμογλοβικά ζώα, ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις (κάτω από τα 35ppm), παρ' όλο που παράγεται σε μικρές ποσότητες από τον ζωικό μεταβολισμό και συμμετέχει σε κάποιες βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού.

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα οφείλονται κυρίως στην ατελή καύση ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων (EEA, 2014), ενώ άλλες πηγές είναι οι βιομηχανικές διεργασίες, όπως η μεταλλουργία σιδήρου.

Το μονοξειδίο του άνθρακα εισέρχεται κατά τη διαδικασία της αναπνοής και μεταφέρεται εύκολα από τους πνεύμονες στο αίμα. Η παρουσία του στο αίμα μειώνει την πρόσληψη οξυγόνου, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου στους ιστούς του σώματος και οδηγώντας σε υποξία των ιστών (Raubetal., 1999).

Μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC)

Οι μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις (Non-methanevolatile organic compounds, NMVOC) είναι μια ομάδα χημικών ουσιών που περιέχουν τον άνθρακα στη μοριακή τους δομή. Γενικά, περιλαμβάνουν τις ακόλουθες χημικές ομάδες:

αλκοόλες, αλδεΐδες, αλκάνια, αρωματικά και κετόνες, καθώς και αλογονωμένα παράγωγα αυτών των ουσιών.

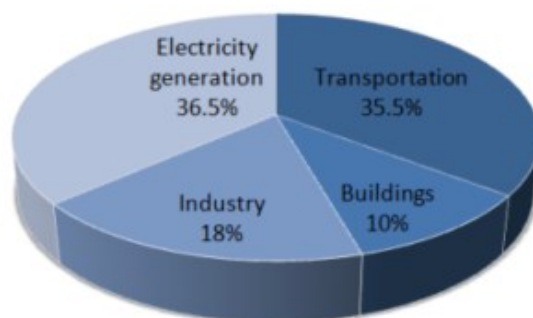
Τα NMVOC απελευθερώνονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ συχνά περιέχονται σε διαλύτες, για παράδειγμα σε χρώματα και σπρέι αερολύματος. Επίσης, δέντρα και φυτά παράγουν φυσικά NMVOC(Swedish environmental protection agency, 2016).

Τα NMVOC θεωρούνται ότι προκαλούν διάφορες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, καθώς συνεισφέρουν στην αύξηση της συγκέντρωσης όζοντος στην τροπόσφαιρα και των δευτερογενών οργανικών αερολυμάτων, τα οποία οδηγούν σε αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις. Τέλος, πέρα από τις έμμεσες συνέπειες, κάποια από τα NMVOC, όπως το βενζόλιο και η φορμαλδεΐδη θεωρούνται τοξικές ουσίες με καρκινογόνα και μεταλλαξιογόνα αποτελέσματα και μπορεί να οδηγήσουν σε οξείες και χρόνιες ασθένειες (Laurent and Hauschild,2013).

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου και οδηγεί σε κλιματικές αλλαγές (EEA, 2014) και στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Σύμφωνα με έρευνες (U.S. Department of Energy, 2017), για το έτος 2015 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσε την σημαντικότερη πηγή εκπομπής CO₂ με ποσοστό 36.5%, ενώ ο τομέας των μεταφορών ήταν η επόμενη σημαντικότερη πηγή με ποσοστό 35.5%, όπου η χρήση ορυκτών καυσίμων ευθύνεται για το 99.8% των εκπομπών CO₂ από τον συγκεκριμένο τομέα. Τέλος, μικρή συνεισφορά είχαν οι βιομηχανικές δραστηριότητες και η καύση ορυκτών καυσίμων για οικιακή χρήση με ποσοστά 18% και 10% αντίστοιχα. Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πηγές εκπομπής CO₂ για το 2015.



Διάγραμμα 1: Οι σημαντικότερες πηγές εκπομπής CO₂ το 2015 (U.S. Department of Energy, 2017)

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)

Το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) ανήκει στα οξείδια του αζώτου, όμως θεωρείται κύριο αέριο του θερμοκηπίου και για τον λόγο αυτό στην παρούσα εργασία εξετάζεται ξεχωριστά.

Το υποξείδιο του αζώτου παράγεται κυρίως κατά τη διάρκεια γεωργικών δραστηριοτήτων, αλλά εκπέμπεται και από βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και στερεών αποβλήτων.

Ως ένα από τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου ο κύριος αντίκτυπος του N₂O είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη. Αν και οι συνολικές εκπομπές του στο περιβάλλον είναι μικρότερες σε σχέση με τα άλλα GHG, το GWP του είναι 298 φορές μεγαλύτερο του διοξειδίου του άνθρακα (IPCC, 2007).

Μεθάνιο (CH₄)

Το μεθάνιο (CH₄) είναι η απλούστερη οργανική ένωση και ειδικότερα το απλούστερο αλκάνιο-δηλαδή άκυκλος κορεσμένος υδρογονάνθρακας-αποτελώντας ένα από τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου.

Το μεθάνιο εκπέμπεται κατά την παραγωγή και μεταφορά άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου. Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνες, μεγάλες ποσότητες CH₄ εκπέμπονται και κατά την καύση LNG, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μεθάνιο.

Η υπερβολική έκθεση στο μεθάνιο μπορεί να επηρεάσει τον εγκέφαλο και τελικά να οδηγήσει σε ασφυξία, ενώ η κύρια περιβαλλοντική ανησυχία για το μεθάνιο είναι ο ρόλος που διαδραματίζει ως αέριο του θερμοκηπίου που επηρεάζει την κλιματική αλλαγή (Swedish environmental protection agency, 2016). Το GWP του μεθανίου είναι 25 φορές μεγαλύτερο από του διοξειδίου του άνθρακα (IPCC, 2007).

1.2 Ιστορική αναδρομή

Γενικά, ο άνθρωπος ανησυχούσε για τη μόλυνση του περιβάλλοντος από τότε που σχηματίστηκαν οι πρώτες φυλές, πολύ πριν καν εντοπιστεί η φωτιά.

Αυτό συνέβαινε αφού έβλαψε το περιβάλλον στο οποίο διέμενε και αναγκάστηκε να μεταγκατασταθεί λόγω της οσμής και των απορριμμάτων που άφησε πίσω του.

Ιδιαίτερα μετά την ανακάλυψη της φωτιάς και μέχρι τον Μεσαίωνα, οι άνθρωποι μάταια προσπαθούσαν να βρουν διάφορους τρόπους για να σταματήσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, που προκαλούσε κυρίως ο καπνός της φωτιάς.

Αργότερα, κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκλήθηκε από την καύση άνθρακα παρέμεινε και μετά από 116 χρόνια η καύση άνθρακα σε κλιβάνους ασβέστη τέθηκε εκτός νόμου.

Ειδικός κανονισμός ελέγχου εκδόθηκε το 1661 λόγω των υψηλών επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης ιδίως στο Λονδίνο.

Η χρήση άνθρακα και πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας αυξήθηκε δραματικά τον 18ο αιώνα κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης, η οποία χαρακτηρίστηκε από βιομηχανίες όπως η μεταλλουργία, η κεραμική και η συντήρηση ζωικών προϊόντων. Αυτό είχε σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω του καπνού και της τέφρας.

Αυτό το πρόβλημα παρέμεινε τον 19ο αιώνα έως την πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνα, μεταξύ 1900 και 1925, όταν βελτιώθηκε σημαντικά με την αντικατάσταση του άνθρακα με το πετρέλαιο και την αντικατάσταση της ατμομηχανής που μετέφερε εκπομπές καπνού και τέφρας από τον καυστήρα του εργοστασίου στο ο καυστήρα του σταθμού.

Φυσικά, παρά το γεγονός ότι υπήρχαν περισσότερες πόλεις και εργοστάσια, η κατάστασή της τελικά χειροτέρεψε καθώς ο αριθμός των αυτοκινήτων στο δρόμο αυξήθηκε ξαφνικά.

Η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και του πετρελαίου στην οικιακή θέρμανση, η οποία είχε αξιοσημείωτες επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα, την περίοδο 1925-1980, κατά την οποία σημειώθηκαν πολυάριθμα καταστροφικά ατμοσφαιρικά γεγονότα ρύπανσης και πολλαπλών θανάτων.

Ο πρώτος εξοπλισμός παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα εγκαταστάθηκε το 1950 και έκτοτε έχουν αναπτυχθεί μαθηματικά μοντέλα και όργανα μέσω επιστημονικής έρευνας για τη μέτρηση διαφόρων χημικών συστατικών.

Ως αποτέλεσμα, τρεις τύποι ατμοσφαιρικής ρύπανσης άρχισαν να τυγχάνουν ιδιαίτερης προσοχής: α) τα φαινόμενα του θερμοκηπίου που προκαλούνται από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και άλλα αέρια του θερμοκηπίου, β) την απώλεια του όζοντος της στρατόσφαιρας και γ) τα περιφερειακά, διακρατικά, και διηπειρωτική διέλευση αερίων ρύπων.

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχουμε δει μια αύξηση της οικολογικής και περιβαλλοντικής συνείδησης μεταξύ των κρατικών κυβερνήσεων και οργανισμών.

Καθώς υπογράφηκαν οι πρώτες διεθνείς συνθήκες μεταξύ κρατών, όπως το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την αντιμετώπιση της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

1.3 Εκπομπές Αερίου από τη ναυτιλιακή δράση

Δεδομένου ότι φαίνεται να είναι ένα θέμα αυξανόμενης σημασίας, η μελέτη για τις εκπομπές αέρα από τα πλοία έχει αποτελέσει το επίκεντρο πολλών επιστημόνων τα τελευταία χρόνια. Η έρευνα έχει δείξει ότι η ναυτιλιακή δραστηριότητα είναι σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές, η οποία έχει αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, το παγκόσμιο κλίμα και την ποιότητα του αέρα.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει δείξει ότι η θαλάσσια δραστηριότητα αντιπροσωπεύει το 3,1% των παγκόσμιων εκπομπών στην περίπτωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Year	Global CO ₂	Total Shipping	% of global
2007	31409	1100	3.5%
2008	32204	1135	3.5%
2009	32047	978	3.1%
2010	33612	915	2.7%
2011	34723	1022	2.9%
2012	35640	938	2.6%
Average	33273	1015	3.1%

Πίνακας 1: Εκπομπές CO₂ 2007-2012 (IMO, 2014)

Year	Global CO ₂	Total Shipping	% of global
2007	34881	1121	3.2%
2008	35677	1157	3.2%
2009	35519	998	2.8 %
2010	37085	935	2.5%
2011	38196	1045	2.7%
2012	39113	961	2.5%
Average	36745	1036	2.8%

Πίνακας 2: Εκπομπές CO_{2e} 2007-2012 (IMO, 2014)

Ωστόσο, δεν μπορούν να θεωρηθούν ασήμαντες επειδή, σύμφωνα με τις τρέχουσες προβλέψεις (IMO, 2014), οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες αναμένεται να αυξηθούν κατά 250% έως το 2050.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τη θαλάσσια δραστηριότητα κατά την πενταετία μεταξύ 2007 και 2012 παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2.

Είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι διαφορετικά αέρια θερμοκηπίου (GHG), όπως το διοξείδιο του θείου (CO₂), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και το μεθάνιο (CH₄), έχουν ποικίλες επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα και απορροφούν θερμότητα σε διάφορες χρονικές περιόδους. Το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) κάθε GHG αποκαλύπτει πόση θερμότητα θα απορροφήσει σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (συχνά 100 χρόνια) (Brander, 2012). Το GWP του CO₂ είναι ίσο με 1, επομένως τα GWP άλλων αερίων του θερμοκηπίου δείχνουν πόσο περισσότερο, σε σύγκριση με το CO₂, συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη, σύμφωνα με μελέτη (IPCC, 2007). Τέλος, μια τυπική μονάδα γνωστή ως "ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα" μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει όλα τα αέρια θερμοκηπίου πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα GHG με το κατάλληλο GWP (Carbon dioxide equivalent, CO_{2e}).

Επιπλέον, οι πρόσθετες αέριες εκπομπές όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι πτητικές οργανικές ενώσεις χωρίς μεθάνιο (NMVOCs) και το υποξείδιο του αζώτου αναμένεται να αυξηθούν αναλογικά με τις εκπομπές CO₂, σύμφωνα με τον IMO (2014). Επειδή περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο, αναμένεται ότι οι εκπομπές μεθανίου θα αυξηθούν γρήγορα. Ως αποτέλεσμα των κανόνων που έχουν τεθεί σε ισχύ και της αυξημένης χρήσης των κινητήρων Tier II και Tier III στα πλοία, οι εκπομπές οξειδίου του αζώτου (NO_x) προβλέπεται να αυξηθούν λιγότερο από ό,τι θα αυξάνονταν διαφορετικά. Τέλος, λόγω κυρίως των κανονισμών του παραρτήματος VI της MARPOL για την περιεκτικότητα σε θείο καυσίμου, οι εκπομπές σωματιδίων (PM) αναμένεται να παρουσιάσουν απόλυτη μείωση έως το 2020 και οι εκπομπές οξειδίου του θείου (SO_x) θα συνεχίσουν να μειώνονται μέχρι το 2050.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι από τα πλοία έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με προκαταρκτικά στοιχεία, οι εκπομπές σωματιδίων (PM) από πλοία συνδέονται με περισσότερους από 60.000 πρόωρους θανάτους ετησίως, ειδικά σε παράκτιες περιοχές. Από την άλλη πλευρά, οι απαιτήσεις μεταφοράς συνδέονται στενά με την παγκόσμια οικονομία, η οποία πρόσφατα γνώρισε προοδευτική επέκταση που έχει αυξήσει το θαλάσσιο

**Growth in international seaborne trade
(Millions of tons loaded)**

Year	Oil and Gas	Main bulks	Dry cargo other than main bulks	Total (all cargoes)
1970	1440	448	717	2605
1970	1871	608	1225	3704
1990	1755	988	1265	4008
2000	2163	1295	2526	5984
2005	2422	1709	2978	7109
2006	2698	1814	3188	7700
2007	2747	1953	3334	8034
2008	2742	2065	3422	8229
2009	2642	2085	3131	7858
2010	2772	2335	3302	8409
2011	2794	2486	3505	8785
2012	2841	2742	3614	9197
2013	2829	2923	3762	9514
2014	2825	2958	4033	9843
2015	2932	3121	3971	10023
2016	3055	3172	4059	10287

Πίνακας 3: Ανάπτυξη του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου (UNCTAD, 2017)

εμπόριο σε όλο τον κόσμο (UNCTAD, 2017).

Από το 1970 έως το 2016, η άνοδος του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου φαίνεται στον Πίνακα 3.

Η εφαρμογή ολοένα και ισχυρότερων κανόνων που διέπουν τις ατμοσφαιρικές εκπομπές από τις θαλάσσιες δραστηριότητες, καθώς και η αύξηση της χρήσης νέων, πιο φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων, αναμένεται ως αντίδραση σε όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Σύμφωνα με αναφορές, προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια και η βιωσιμότητα, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ναυτιλιακής Ασφάλειας (EMSA) εξέδωσε Οδηγίες προς τις Λιμενικές Αρχές και τις κρατικές αρχές για την παράδοση LNG σε ευρωπαϊκούς λιμένες (EMSA, 2018).

1.4 Ευρωπαϊκή κατεύθυνση στην απανθρακοποίηση του κλάδου.

Το τελευταίο διάστημα υπάρχει μια συνολική προσπάθεια για την μείωση της μόλυνση του περιβάλλοντος από όλους τους μεγάλους βιομηχανικούς κλάδους. Όσον αφορά στην ναυτιλία είναι πολλοί οι θεσμοί που έχουν προχωρήσει τόσο στη σύνθεση επιτροπών προκειμένου να εκτιμήσουν την απαίτηση για ενεργειακά μέτρα όσο και στο να ψηφίσουν κανονισμούς που θα αλλάξουν ριζικά τον τομέα της ναυτιλίας τα ερχόμενα έτη.

Έχουν περάσει πολλά χρόνια από τότε που οι επιστήμονες έχουν προβλέψει τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που προκύπτουν από το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και τις επιπτώσεις του στη δυνατότητα επιβίωσης του ανθρώπινου είδους. Οι αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν οδηγήσει σε ταχεία και σταθερή αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η οποία με τη σειρά της προκαλεί καταστροφικά γεγονότα σε όλο τον κόσμο. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι ο κύριος μοχλός της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Είναι ευρέως γνωστό ότι για να αποφευχθούν οι χειρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ο κόσμος πρέπει να μειώσει επείγοντως τις εκπομπές.



Πέρα από την κατανόηση ενός επικείμενου προβλήματος και των συνεπειών του, έχει μεγαλύτερη σημασία να κάνετε ένα σχέδιο μάχης για τον αποτελεσματικό χειρισμό του. Για να μετριαστεί η απειλή της ανεξέλεγκτης κλιματικής αλλαγής, η Συμφωνία του Παρισιού απαιτεί περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη πολύ κάτω από τους 2 και κατά προτίμηση στους 1,5°C, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αυτό απαιτεί οι παγκόσμιες εκπομπές να κορυφωθούν το συντομότερο δυνατό, με ταχεία πτώση 45 τοις εκατό από τα επίπεδα του 2010 έως το 2030 και να συνεχίσουν να μειώνονται απότομα για να επιτευχθούν καθαρές μηδενικές εκπομπές έως το 2050. Με πολλές περιβαλλοντικές αλλαγές στο δρόμο, έχουν σημειωθεί πολλοί νέοι κανονισμοί που τίθενται σε ισχύ κάθε χρόνο με μοναδικό σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και τη ναυτιλιακή βιομηχανία δεν θα μπορούσαν να μείνουν ανεπηρέαστοι.

Καθώς ο παγκόσμιος στόλος αυξάνεται, η ανάγκη για τον περιορισμό των εκπομπών των πλοίων γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Μετά την παγκόσμια εφαρμογή για την χρήση καυσίμων που θα περιέχουν μικρό ποσοστό θείου (S), έρχονται μια σειρά από μέτρα να περιορίσουν και τις εκπομπές άνθρακα παγκοσμίως.

Με την εφαρμογή του κανονισμού IMO DCS & EU MRV κάθε πλοίο είναι υποχρεωμένο να ενημερώνει τόσο για την θέση του στο χάρτη, την διαδρομή που έχει διανύσει, τα λιμάνια που έχει επισκεφτεί, τα καύσιμα που έχει χρησιμοποιήσει καθώς και το είδος και τον αριθμό που παραμένει πάνω στο πλοίο. Όλη αυτή η πληροφορία θα πρέπει αν δίνεται καθημερινά προκειμένου να είναι εφικτό να παρακολουθησει κανείς τις εκπομπές άνθρακα του κάθε πλοίου στο βάθος ενός έτους.

Με βάση τις ετήσιες καταναλώσεις του πλοίου, το μέγεθός του αλλά και τα ταξίδια που έχει πραγματοποιήσει θα του απονέμεται ένας ενεργειακός δείκτης αποδοτικότητας. Αυτό τα προηγούμενα χρόνια συνέβαινε αλλά χωρίς να έχει ουσιαστικές επιπτώσεις για το πλοίο μέσα από τον δείκτη ΕΕΟΙ.

Ο νέος δείκτης Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) θα δείχνει την ενεργειακή αποδοτικότητα του κάθε πλοίου και θα συγκρίνεται με μία γραμμή βάσης που θα σχηματίζεται ξεχωριστά για τον κάθε τύπο πλοίου.

Τα πλοία υποχρεούνται να πληρούν έναν ΕΕΧΙ, ο οποίος θα εκφράζεται ως ποσοστό του υφιστάμενου δείκτη ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficiency Design Index -EEDI).

Το CII: Carbon Intensity Index / Δείκτης έντασης του άνθρακα θα περιγράφει την ετήσια μείωση που θα πρέπει να επιτυγχάνεται στις εκπομπές άνθρακα του κάθε πλοίου και με βάση αυτόν το πλοίο θα εντάσσεται σε μια από τις πέντε κλίμακες Α, Β, C, D ή Ε. Ένα πλοίο με διαβάθμιση D ή Ε επί τρία συναπτά έτη, θα πρέπει να υποβάλει σχέδιο διορθωτικών μέτρων, προκειμένου να δείξει πώς θα επιτευχθεί ο απαιτούμενος δείκτης (C ή μεγαλύτερος). Το σχέδιο της συμφωνίας προβλέπει ακόμη ότι ο ΙΜΟ θα επανεξετάσει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των απαιτήσεων CII και ΕΕΧΙ, το αργότερο έως το 2026, και, εάν είναι απαραίτητο, θα αναπτύξει και θα εγκρίνει περαιτέρω τροποποιήσεις.

Οι κανονισμοί αυτοί που έρχονται να απαιτήσουν για ενεργειακά αποδοτικότερα πλοία σε σχεδιασμό και σε λειτουργία δίνουν μια ξεκάθαρη εικόνα για το πού οδεύει ο κλάδος της ναυτιλίας τα ερχόμενα χρόνια. Η στροφή του κλάδου στις πράσινες μεταφορές και στην πράσινη ενέργεια είναι μονόδρομος καθώς και η διαφυγή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας όπως είναι για παράδειγμα ο ηλεκτρισμός.

1.4.1 EU Fit for 55

Η ΕΕ δημοσίευσε την επικαιροποίησή της για την πράσινη συμφωνία, γνωστή ως "Fit for 55" σε σχέση με τη μείωση κατά 55% των εκπομπών άνθρακα που έχει στόχο το 2030 τον Ιούλιο του 2021. Οι προτάσεις έχουν στόχο να επιτρέψουν την επιτάχυνση των μειώσεων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο επόμενο δεκαετία και συνδυασμού: εφαρμογή της εμπορίας εκπομπών σε νέους τομείς και αυστηροποίηση του υφιστάμενου συστήματος εμπορίας εκπομπών της ΕΕ (ETS). αυξημένη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας· μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση· ταχύτερη ανάπτυξη τρόπων μεταφοράς χαμηλών εκπομπών και υποδομών και καυσίμων για την υποστήριξή τους· ευθυγράμμιση των φορολογικών πολιτικών με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας· μέτρα για την πρόληψη της διαρροής άνθρακα· και εργαλεία για τη διατήρηση και την ανάπτυξη των φυσικών μας καταβόθρων άνθρακα.



Οι προτάσεις "Fit for 55" επηρεάζουν τη ναυτιλιακή βιομηχανία με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, η ναυτιλιακή πρωτοβουλία FuelEU θέτει ένα όριο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από πλοία που καταπλέουν σε λιμάνια της ΕΕ για να προωθήσει τη χρήση βιώσιμων θαλάσσιων καυσίμων και

τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών. Επιπλέον, όπως αναμενόταν, οι προτάσεις επιδιώκουν να επεκτείνουν το πεδίο εφαρμογής του EU ETS ώστε να συμπεριλάβει τις θαλάσσιες μεταφορές.

1.4.1.1 FuelEU Maritime

Ένα μακροπρόθεσμο πλαίσιο για τη μείωση των εκπομπών μέσω της ενίσχυσης της χρήσης βιώσιμων εναλλακτικών καυσίμων στη ναυτιλία και στα ευρωπαϊκά λιμάνια εισάγεται με την πρόταση FuelEU Maritime Proposal.

Επιπλέον, η πρόταση απαιτεί από τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων να τηρούν τους ανώτερους περιορισμούς της έντασης GHG της ενέργειας που καταναλώνεται επί του πλοίου.

Με την πάροδο του χρόνου, η σοβαρότητα αυτών των περιορισμών θα αυξηθεί.

Τα ακόλουθα ποσοστά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των στόχων σε σχέση με μια τιμή αναφοράς που αντιπροσωπεύει τη μέση ένταση ενέργειας GHG του στόλου που καταναλώνεται επί του πλοίου από τα πλοία το 2020:

- 2% by 2025
- 6% by 2030
- 13% by 2035
- 26% by 2040
- 59% by 2045
- 75% by 2050

Επιχειρήσεις που δεν συμμορφωθούν με τους κανονισμούς μέχρι την 1η Μαΐου του επόμενου έτους θα τιμωρηθούν, με το πρόστιμο να πηγαίνει σε ταμείο πράσινων καυσίμων.

Όσον αφορά τη συμμόρφωση, οι ιδιοκτήτες πολλών πλοίων μπορούν να συγκεντρώσουν τους πόρους τους μαζί εάν όλα τα συμμετέχοντα πλοία έχουν επιβεβαιωθεί από τον ίδιο επαληθευτή.

Ως αποτέλεσμα, μια επιχείρηση μπορεί να πουλήσει τις αχρησιμοποίητες πιστώσεις της σε άλλη εταιρεία που απαιτεί περισσότερο χώρο για τα πλοία της.

Επιπλέον, εκτός εάν μπορούν να αποδείξουν ότι χρησιμοποιούν εναλλακτική τεχνολογία μηδενικών εκπομπών, τα επιβατηγά πλοία και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων πρέπει να χρησιμοποιούν χερσαία τροφοδοτικά.

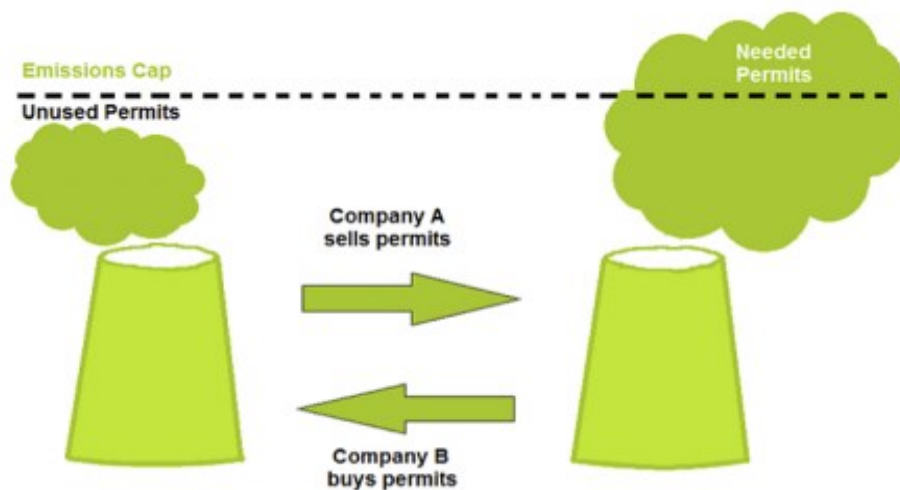
1.4.1.2 EU ETS

Βασικό στοιχείο του πλαισίου πολιτικής της ΕΕ για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με το χαμηλότερο δυνατό κόστος είναι το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS).

Το σύστημα, το οποίο περιλάμβανε λειτουργίες από τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, τις βιομηχανικές βιομηχανίες και τις αερομεταφορές, κάλυψε περίπου το 36% των συνολικών εκπομπών του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ) την περίοδο 2020–21. (συμπεριλαμβανομένων των πτήσεων από τον ΕΟΧ προς το Ηνωμένο Βασίλειο).

Το EU ETS είναι το παλαιότερο σύστημα που χρησιμοποιείται ακόμη, το οποίο εισήχθη το 2005 και επί του παρόντος βρίσκεται στην τέταρτη φάση εμπορίας του. Οι σταθερές εγκαταστάσεις έχουν μειώσει τις εκπομπές κατά περίπου 43% από το 2005. Το EU ETS έχει υποστεί πολλές αναθεωρήσεις από τότε που εισήχθη για πρώτη φορά. Η δομή του συστήματος υποβλήθηκε στην πιο πρόσφατη αναβάθμισή του το 2018, η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2021 για τη φάση 4. Για τους σκοπούς της εφαρμογής της «Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε πρόσθετες προσαρμογές του ETS το 2021. Η τέταρτη εμπορική φάση του EU ETS ξεκίνησε επίσημα το 2021.

Το Αποθεματικό Σταθερότητας της Αγοράς (MSR), λόγω του συνεχιζόμενου πλεονάσματος δικαιωμάτων, μείωσε τον όγκο των δημοπρασιών για το 2021 κατά περισσότερο από 40%. Με βάση τις πληροφορίες που παρείχαν τα κράτη μέλη, η Επιτροπή εξέδωσε τον Μάρτιο ενημερωμένες τιμές αναφοράς για δωρεάν κατανομή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις κατά την περίοδο 2021–2025.



Επιπλέον, ο δια τομεακός συντελεστής διόρθωσης έγινε αποδεκτός και θα χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή της δωρεάν κατανομής έως το 2025.

Τον Ιούλιο του 2021, τέθηκε σε ισχύ ο «Ευρωπαϊκός Νόμος για το Κλίμα», ο οποίος θεσπίζει νέους, νομικά δεσμευτικούς κλιματικούς στόχους σε όλη την ΕΕ για το 2030 (μείωση 55% των εκπομπών GHG σε σχέση με τα επίπεδα του 1990) και το 2050 (καθαρές μηδενικές εκπομπές), καθώς και έναρξη της διαδικασίας για τον καθορισμό του στόχου για το 2040.

Η «Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία» και ο τροποποιημένος στόχος του 2030 για το κλίμα ήταν οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από την πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για ένα πακέτο μεταρρυθμίσεων πολιτικής.

Με σημαντικές τροποποιήσεις όπως αυτές, το πακέτο έθεσε το EU ETS στο επίκεντρο της ατζέντας της ΕΕ για την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές:

- Εφάπαξ μείωση του ανώτατου ορίου που θα εφαρμοστεί αναδρομικά μετά την ολοκλήρωση της νομοθετικής διαδικασίας για την τροποποίηση και αυξημένος συντελεστής γραμμικής μείωσης από 2,2% σε 4,2%.
- Την προσθήκη της ναυτιλιακής βιομηχανίας από το 2023 και τη δημιουργία χωριστού ETS καυσίμων για κτίρια και οδικές μεταφορές
- Τη θέσπιση συνεπών σημείων αναφοράς προϊόντων για την υποστήριξη πρωτοποριακών καινοτομιών, αυστηρότερων αξιών αναφοράς και ρήτρας που εξαρτά τη δωρεάν κατανομή στις επενδύσεις της δικαιούχου οντότητας σε έργα χαμηλών εκπομπών άνθρακα
- Τη δημιουργία ενός μηχανισμού προσαρμογής των συνόρων άνθρακα (CBAM), ο οποίος θα αρχίσει να τιμολογεί τα εισαγόμενα αγαθά με βάση τις ενσωματωμένες εκπομπές τους το 2026· τη σταδιακή κατάργηση της δωρεάν κατανομής στον τομέα των αερομεταφορών
- Το νέο όριο προσωρινής αποθήκευσης και η επέκταση του τρέχοντος ποσοστού πρόσληψης κατά 24% πέραν του 2023 είναι δύο παραδείγματα αναθεωρημένων ρυθμίσεων MSR

- Για την αντιμετώπιση των διανεμητικών συνεπειών και την προώθηση της καινοτομίας, έχουν εφαρμοστεί νέοι κανόνες σχετικά με τη χρησιμοποίηση των εσόδων, συμπεριλαμβανομένου του Ταμείου Κοινωνικού Κλίματος.

Οι τροποποιήσεις, οι οποίες έχουν χωριστεί σε διάφορα νομοθετικά μέτρα, είναι το αποτέλεσμα μιας μακρόχρονης διαδικασίας που περιελάμβανε πολλούς γύρους διαβούλευσης. Προτού τεθούν σε ισχύ, το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο πρέπει να συμφωνήσουν για την τελική τους μορφή.

1.5 Υπολογισμός των αέριων εκπομπών

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν δημιουργηθεί πολυάριθμες μελέτες που χρησιμοποιούν διάφορες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών κατά τη λειτουργία του πλοίου (Whalley et al., 2002; Miola et al., 2009; Tzannatos, 2010). Οι κύριες τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί είναι οι εξής:

Πλήρης προσέγγιση εκ των άνω προς τα κάτω (Full top-down approach)

Αυτή η μέθοδος υπολογίζει τις συνολικές εκπομπές του πλοίου χωρίς να λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά του πλοίου.

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στις μελέτες των Skjalsvik et al. (2000) και Endresen et al. (2007), το οποίο χρησιμοποίησε πληροφορίες από όλο τον κόσμο σχετικά με τη χρήση καυσίμων των πλοίων που παρέχονται από τη Διοίκηση Ενεργειακών Πληροφοριών (EIA).

Ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και τον τύπο του κινητήρα, χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλοί παράγοντες εκπομπών για τον υπολογισμό των παγκόσμιων εκπομπών, οι οποίοι βασίστηκαν στη συνολική χρήση καυσίμου.

Προσέγγιση εκ των κάτω προς τα άνω (Bottom-up approach)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τη μέση ισχύ κινητήρα για κάθε τύπο πλοίου και κάνει υποθέσεις σχετικά με το τυπικό φορτίο του κινητήρα και τη διάρκεια λειτουργίας για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου και, επομένως, των εκπομπών, σύμφωνα με τον τύπο του πλοίου (Miola and Ciuffo, 2011).

Πολυάριθμες έρευνες (Corbett and Koehler, 2003· Eyring et al., 2005) χρησιμοποίησαν αυτή τη μέθοδο, ωστόσο τα ευρήματα έδειξαν σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τα στοιχεία των καυσίμων για την παγκόσμια χρήση καυσίμου.

Ταυτόχρονα, ο IMO (2009) πρότεινε μια καλύτερη προσέγγιση στην οποία υπολογίζονται οι λειτουργίες των πλοίων, ενώ λαμβάνονται υπόψη πληροφορίες για την κίνησή τους από δορυφορικές βάσεις δεδομένων.

Προσέγγιση εκ των άνω προς τα κάτω (Top-down approach)

Ο Wangetal (2008) παρουσίασε αυτή τη μέθοδο, στην οποία η γη χωρίζεται σε κύτταρα με ακτίνα $0,1^\circ$.

Οι βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ποσότητας της κυκλικότητας του πλοίου σε κάθε κυψέλη και, στη συνέχεια, οι εκπομπές αναφέρονται απευθείας ως εκφραστές από τις κυψέλες, ενώ υποθέτουμε τους τύπους πλοίων που ταξιδεύουν σε καθένα από αυτά (Miola και Ciuffo, 2011).

Πλήρης προσέγγιση εκ των κάτω προς τα πάνω (Full bottom-up approach)

Αυτή η στρατηγική εφαρμόστηκε σε μια σειρά από έρευνες χρησιμοποιώντας διάφορες μορφές ανάλυσης. Σύμφωνα με την έρευνα Entec από το 2005, οι εκπομπές αερίων υπολογίζονται για κάθε πλοίο και κάθε διαδρομή με βάση βάσεις δεδομένων που παρακολουθούν τις κινήσεις των πλοίων. Η Georgakakietai χρησιμοποίησε διαφορετική μορφή ανάλυσης σε αυτή τη στρατηγική (2005). Σε αυτή τη μελέτη, εξετάστηκε ένα δίκτυο καναλιών που αποτελείται από πραγματικές διαδρομές πλοίων. Χρησιμοποιώντας δεδομένα για εμπορικές δραστηριότητες, υπολογίζεται πόση κίνηση υπάρχει μεταξύ των διαφόρων λιμένων σε κάθε σύνδεσμο του δικτύου για τους διαφορετικούς τύπους πλοίων. Τέλος, με βάση τις εκτιμήσεις σχετικά με τον τυπικό χρόνο ταξιδιού για κάθε σύνδεση δικτύου, υπολογίζονται η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές αερίων.

Κεφάλαιο 2^ο: Ναυτιλία μικρών αποστάσεων

Σε τοποθεσίες όπου τα θαλάσσια ταξίδια είναι η κύρια μορφή μεταφοράς, τα πορθμεία είναι ένας αρκετά δημοφιλής τύπος σκάφους. Σε τέτοια μέρη, χρησιμοποιούνται οχηματαγωγά για τη μεταφορά εμπορευμάτων εκτός από ανθρώπους από τη μια ακτή στην άλλη. Η Ελλάδα γέννησε τα πλοία, τα οποία με τα χρόνια έχουν γίνει γνωστά όχι μόνο στην Ελλάδα και την Ευρώπη αλλά και σε όλο τον κόσμο.

Ωστόσο, η λέξη «φέρι» είναι απίστευτα διφορούμενη. Σήμερα, υπάρχουν πολλές ποικιλίες φεριμπότ. Κάθε πλοίο έχει ένα ξεχωριστό όνομα που αντικατοπτρίζει μια βασική ποιότητα ή χαρακτηριστικό του πλοίου. Ακολουθούν μερικοί από τους πιο συνηθισμένους τύπους πορθμείων:

Catamarans: Τα καταμαράν είναι ένα πολύ γνωστό είδος πορθμείου.

Είναι εξαιρετικά δημοφιλή όπου χρησιμοποιούνται και συνήθως λειτουργούν ως επιβατηγά σκάφη. Το βασικότερο χαρακτηριστικό αυτών των πλοίων είναι η δυνατότητα να αναπτύσσουν πολύ μεγάλες ταχύτητες που τα καθιστούν μια πολύ καλή επιλογή για γρήγορες μεταφορές.

Car Ferries: Οχηματαγωγό (Ο/Γ) (car carrier, car ferry) ονομάζεται ένας ειδικός τύπος πλοίου για μεταφορές οχημάτων.

Υπάρχουν δύο τύποι οχηματαγωγών πλοίων:

- Ειδικά πλοία με πολλά κλειστά και χαμηλά καταστρώματα που χρησιμοποιούνται για μεταφορά άφορτων οχημάτων, που αποτελούν το κύριο αντικείμενο του φορτίου τους και που συνήθως μεταφέρουν εργοστασιακές παραγωγές οχημάτων στις διάφορες αγορές διάθεσής τους. Αυτά είναι τα λεγόμενα "car carrier ships" και στην ελληνική δημόδη ναυτική γλώσσα "αυτοκινητάδικα".
- Ειδικά πλοία που χρησιμοποιούνται ως πορθμεία (ferry boat) για τη μεταφορά έμφορτων αυτοκινήτων (car ferry) από λιμένα σε λιμένα. Αυτά τα πλοία διακρίνονται επιπρόσθετα σε "ανοικτού τύπου" οχηματαγωγά, που δρομολογούνται σε μικρές σχετικά αποστάσεις και "κλειστού τύπου" οχηματαγωγά που δρομολογούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε ανοικτή θάλασσα.

Roll-On/Roll-Off Ferries: Τα πλοία Roll-on/roll-off (RORO ή ro-ro) είναι φορτηγά πλοία που κατασκευάζονται για τη μεταφορά φορτίου με τροχούς, όπως αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, φορτηγά, λεωφορεία, ρυμουλκούμενα και σιδηροδρομικά βαγόνια, τα οποία οδηγούνται πάνω και έξω από το πλοίο χρησιμοποιώντας είτε τους δικούς τους τροχούς είτε ένα όχημα πλατφόρμας, όπως ένας αυτοκινούμενος αρθρωτός μεταφορέας. Είναι ένας πολύ χρήσιμος τύπος πορθμείου, ιδιαίτερα κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων με τη μορφή άλλων οχημάτων. Η πλειονότητα της χρήσης αυτού του τύπου πορθμείων είναι στο Ηνωμένο Βασίλειο. Εκτός από τη μεταφορά επιβατών, υπάρχουν πολλά άλλα πλοία που χρησιμοποιούν τέτοιες ράμπες Ro-Ro και για επιβίβαση αυτοκινήτου όπως για παράδειγμα τα κρουαζιερόπλοια.

Double-Ended Ferries: Είναι τα πλοία που έχουν ναυπηγηθεί με τρόπο ώστε η πλήρη και η πρύμνη να είναι ίδιες ώστε να μπορεί το πλοίο να ταξιδέψει και προς τις δύο κατευθύνσεις χωρίς να χρειαστεί να κάνει στροφή. Αποτελούνται από μηχανοστάσια και στις δύο μεριές του πλοίου και η κυριότερη

χρήση τους είναι είτε σε ποταμούς και χώρους με περιορισμένη δυνατότητα κίνησης είτε σε μικρές πορθμειακές γραμμές.

Channel Ferries: Τα πλοία της Μάγχης είναι πλοία που διασχίζουν συχνά τη Μάγχη.

Στις αρχές του 19ου αιώνα, τα πλοία για κανάλια αναπτύχθηκαν ως μέσο μεταφοράς λόγω των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τα πλοία που πλέουν στα επικίνδυνα ύδατα της Μάγχης τόσο στην Αγγλία όσο και στη Γαλλία. Επειδή ήταν μικρότερα και πιο γρήγορα κινούνταν, τα πλοία της Μάγχης ήταν ιδιαίτερα αξιόπιστα μέσα μεταφοράς.

Σήμερα, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φερριμπότ της Μάγχης που εκτελούν δρομολόγια όχι μόνο μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας αλλά και μέσω της Μάγχης σε άλλες περιοχές της Ευρώπης.

2.1 Θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων

Κατατάσσουμε τις θαλάσσιες μετακινήσεις ανθρώπων και αγαθών που δεν περιλαμβάνουν πλοία που διασχίζουν ωκεανούς ως θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων.

Περιλαμβάνει την ακτοπλοΐα, τις μεταφορές μεταξύ λιμένων και λιμανιών της ηπειρωτικής χώρας, τις μεταφορές σε όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και τις θαλάσσιες και ποτάμιες μεταφορές από και προς τα ποτάμια λιμάνια της ευρωπαϊκής ενδοχώρας και των ακτών.

Μόλις πρόσφατα έχει αναγνωριστεί ως ένας πραγματικός οικονομικός τομέας με ξεχωριστά χαρακτηριστικά, ζητήματα και πρωτίστως διακριτούς στόχους.

Μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τις διαστάσεις των πλοίων που εξυπηρετούν τις διάφορες περιοχές ή χρησιμοποιώντας τις διαδρομές που ακολουθούν οι θαλάσσιες μεταφορές.

Γεωγραφικά μιλώντας, οι μεταφορές μικρών αποστάσεων μπορεί να αναφέρονται τόσο σε ενδοανθρώπινα όσο και σε δια-ανθρώπινα ταξίδια.

Εκτείνεται μέχρι τη Μαύρη Θάλασσα, τη Βαλτική και φυσικά τις ακτές της Μεσογείου εκτός των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα έθνη μεταξύ των οποίων κινούνται τα πλοία διακρίνονται από μια κοινή ακτογραμμή.

Σχετικά με το μέγεθος και τη μεταφορική ικανότητα των πλοίων που χρησιμοποιήθηκαν δεν υπάρχει ακριβής κατηγοριοποίηση διότι δρομολόγια μικρών αποστάσεων πραγματοποιούνται και από πλοία αρκετά μεγάλα σε μέγεθος.

2.1.1 Σημασία Θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων

Οι θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέθοδος μεταφοράς που θα είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των συνθηκών μεταφοράς τα επόμενα χρόνια.

Η συνεχής διαδικασία ευρωπαϊκής οικονομικής ολοκλήρωσης και ολοκλήρωσης της ενιαίας εσωτερικής της αγοράς είχε ως αποτέλεσμα τη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες μεταφορών.

Η σημασία του θέματος των συνδυασμένων μετα-χρόνων έχει τεθεί από το 1992 στη Λευκή Βίβλο της Επιτροπής για τη μελλοντική ανάπτυξη των κοινών μετα-καιρών, και αργότερα στη Συνθήκη του Μάαστριχτ η ανάπτυξη της ευρώ-ειρηνικής οικονομίας με την οικοδόμηση διευρωπαϊκών δικτύων μεταφορών.

Η έλλειψη ολοκλήρωσης και η συνεχιζόμενη υπερφόρτωση των δικτύων χερσαίων μεταφορών της Ένωσης, σε σημείο κορεσμού, συχνά καταλήγουν σε μεγάλα ζητήματα στα αστικά κέντρα και εμποδίζουν την επιτυχή ένταξη των περιφερειακών οικονομιών στην ενιαία αγορά.

Το συνολικό σύστημα μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης χαρακτηρίζεται πλέον από αναποτελεσματικότητα και ανισορροπίες που προκύπτουν από διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών μεταφοράς.

Πολυάριθμες αρνητικές επιπτώσεις προκαλούνται ως αποτέλεσμα της συνεχούς αύξησης του ποσοστού των οδικών μεταφορών στο συνολικό συγκοινωνιακό έργο, η οποία καθίσταται δυνατή από την κλιμάκωση της επιδείνωσης της χρήσης και της επιβάρυνσης των οδικών αξόνων.

Λόγω των σημαντικών εξωγενών δαπανών που προκαλούνται από αυτές τις επιπτώσεις, οι οποίες ουσιαστικά εσωτερικεύονται, καθώς δεν περιλαμβάνονται στην τιμολόγηση του εσωτερικού κόστους, η ζήτηση για υπηρεσίες οδικών μεταφορών είναι ωστόσο ισχυρή και συνεχίζει να αυξάνεται.

Μια αλλαγή πολιτικής και σχεδιασμού είναι απαραίτητη δεδομένου του σταδίου που έχει φτάσει το σύστημα μεταφορών τα τελευταία χρόνια, με την εμφάνιση εκτός από τις αρνητικές οικονομίες κλίμακας που προκαλούνται από την αυξημένη οδική κυκλοφορία εμπορευμάτων και ανθρώπων.

Είναι απαραίτητο να επανεξεταστεί η υποχρησιμοποίηση των πιο αποτελεσματικών και οικολογικά ωφέλιμων μέσων μεταφοράς.

Η ανάπτυξη αποτελεσματικών υπηρεσιών μεταφοράς που καλύπτουν ολόκληρο το κόστος τους, τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά, είναι ασφαλείς, φιλικές προς το περιβάλλον και κοινωνικά αποδεκτές θα πρέπει να αποτελεί βασικό συστατικό αυτής της στρατηγικής για τη διασφάλιση ικανοποιητικής κινητικότητας και μετακίνησης εμπορευμάτων σε ολόκληρη την Ένωση.

Σε αυτή την περίπτωση, η ναυτιλία είναι προτιμότερη από εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς.

Η ναυτιλία μικρών αποστάσεων θεωρείται επί του παρόντος ως μια σημαντική εναλλακτική λύση για τη χρήση χερσαίων μέσων μεταφοράς, ιδιαίτερα στην ευρωπαϊκή περιοχή.

Σε

Σε αντίθεση με τις χερσαίες μεταφορές, οι θαλάσσιες μεταφορές μικρού μήκους έχουν μεγάλες δυνατότητες επέκτασης αλλά υποτονική παραγωγική ικανότητα.

2.1.2 Πλεονεκτήματα Θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων

Η γεωγραφική διάταξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για τις συνδυασμένες μεταφορές.

Μόνο λίγοι βιομηχανικοί και εμπορικοί κόμβοι της Ευρώπης απέχουν περισσότερο από 400 χιλιόμετρα από ένα λιμάνι, παρά το γεγονός ότι οι ακτές του φτάνουν τα 67.000 χιλιόμετρα όταν συνδυάζονται με τα έθνη της πιο πρόσφατης διεύρυνσης.

Ένα σημαντικό τμήμα τους συνδέεται με τα λιμάνια με ποτάμια ή κανάλια. Περίπου το 60% έως το 70% των βιομηχανικών κόμβων στην Ένωση βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ 150 και 200 χιλιομέτρων στην ενδοχώρα, γεγονός που βοηθά τις εσωτερικές μεταφορές μέσω λιμένων.

Ένα από τα πλεονεκτήματα των μεταφορών μικρών αποστάσεων είναι η δυνατότητά τους να παρέχει πρόσβαση σε έναν υπερβολικά μεγάλο αριθμό απομακρυσμένων αγορών.

Όταν το ακριβές πλοίο που εκτελεί τη μεταφορά μπορεί να ταξιδέψει και στις δύο τοποθεσίες, δεν απαιτείται μεταφόρτωση ποταμού-θαλάσσης για τη σύνδεση της ενδοχώρας με διεθνείς προορισμούς.

Εφόσον δεν υπάρχει άμεση μεταφόρτωση, αυτό μειώνει το κόστος μεταφοράς και μειώνει τον κίνδυνο ζημιάς.

Λόγω του τρέχοντος διαχωρισμού μεταξύ των μέσων μεταφοράς, η ναυτιλία σε μικρές αποστάσεις θα πρέπει και μπορεί να συμβάλει στη μείωση του αριθμού των πυραύλων στην προπαραγωγή.

Αυτά τα ζητήματα περιλαμβάνουν την πίεση από τη συνεχώς αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος, τη μείωση του ποσοστού των φυσικών δρόμων που εξακολουθούν να είναι

ανεκμετάλλευτες, τη διατήρηση της ασφάλειας στη διαδικασία μεταφοράς και τη μειωμένη προσβασιμότητα.

Σε αντίθεση με τις χερσαίες μεταφορές η ναυτιλία μικρών αποστάσεων διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα που μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων του σήμερα. Κάποια από αυτά είναι τα παρακάτω:

1. Σε σύγκριση με την ικανότητά της να μεταφέρει, είναι η πιο οικονομική επιλογή.

Η ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών μικρής διάρκειας δεν απαιτεί σημαντικές πρόσθετες δαπάνες υποδομής, αλλά το κόστος των σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών είναι αρκετά υψηλό.

Για να μπορέσουν τα σημερινά λιμάνια να προσαρμοστούν στις τεχνολογικές αλλαγές και την παγκόσμια ανταγωνιστικότητα, απαιτείται περιοδικά επιπλέον επενδύσεις στις υποδομές τους.

2. Σε σύγκριση με τα άλλα χερσαία μέσα μεταφοράς εμπορευμάτων, είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό και πιο ευνοϊκό από οικολογική άποψη.

Οι εκπομπές ρύπων και τοξικών ουσιών από τις θαλάσσιες μεταφορές είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες από συγκρίσιμες οδικές ή σιδηροδρομικές μεταφορές.

Επιπλέον, η κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα του βάρους που μεταφέρεται είναι περίπου 60% μεγαλύτερη όταν γίνεται σιδηροδρομικώς και σχεδόν επτά φορές μεγαλύτερη όταν γίνεται οδικώς.

3. Λόγω της μορφολογίας της περιοχής 12, είναι η πλέον κατάλληλη για την εξυπηρέτηση της περιφέρειάς της στην Ευρώπη καθώς και στη Μαύρη Θάλασσα και τη Βαλτική (εξυπηρετεί μεταφορές από και προς περισσότερα από 300 ευρωπαϊκά λιμάνια).

ο ρόλος των μεταφορών μικρών αποστάσεων στην ανάπτυξη των πιο απομακρυσμένων περιοχών της ΕΕ.

4. Οι τύποι πλοίων μικρών αποστάσεων, φυσικά, μερικές φορές χρησιμοποιούνται ως αστεία για την ευρωπαϊκή ναυπηγική βιομηχανία ανάλογα με την κατάσταση.

Επιπλέον, τα πλοία που δραστηριοποιούνται στον τομέα των μικρών ναυτιλιακών αποστάσεων θεωρείται ότι απαιτούν περισσότερο εργατικό δυναμικό από τη ποντοπόρο ναυτιλία.

Με αυτόν τον τρόπο, μπορείτε να μειώσετε επιτυχώς το ποσοστό ανεργίας, το οποίο είναι μείζον ζήτημα σε όλη την Ευρώπη, και να αυξήσετε τις ευκαιρίες εργασίας για τους Ευρωπαίους στη ναυπηγική ή ναυπηγική δραστηριότητα.

2.1.3 Ελλάδα & Ευρώπη στις Θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων

Λόγω της ευνοϊκής μορφολογίας τους, η οποία ενθαρρύνει την ευρεία χρήση της ναυτιλίας, τα έθνη της Δυτικής Ευρώπης έχουν πιο ανεπτυγμένη ναυτιλία από την Ελλάδα όσον αφορά τις αποστάσεις μεταφοράς εμπορευμάτων, αλλά και επειδή τα μεγάλα πλεονεκτήματα για την οικονομία και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν πολύ νωρίς.

Η ναυτιλία μικρών αποστάσεων έχει συνήθως αναγνωριστεί στο έθνος μας για τη δέσμευσή της στην υποστήριξη των πολυάριθμων περιοχών και εθνών που την περιβάλλουν.

Τέτοιες επιχειρηματικές συναλλαγές πραγματοποιούνται με την Ιταλία, τη Γαλλία, και ιδιαίτερα με την Τουρκία και τα κράτη της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και με τα λιμάνια της Βόρειας Αφρικής.

Δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι πολλά από τα νησιά μας συνδέονται με την ηπειρωτική χώρα με θαλάσσιες λωρίδες μικρών αποστάσεων.

Πριν από την έναρξη της σύγκρουσης στη Γιουγκοσλαβία, ο σιδηρόδρομος ήταν δεύτερος σε σημασία μετά τους βαλκανικούς αυτοκινητόδρομους για διαμετακομιστικές μετακινήσεις προς και από την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση.

Είχε πρόσβαση σε ένα ταχύτερο και λιγότερο ακριβό μέσο μεταφοράς εμπορευμάτων μέσα και έξω από την Ελλάδα για δεκαετίες χάρη στη διαδρομή που συνδέει την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη, το Βελιγράδι, την Αυστρία και το Μόναχο.

Αν και το θαλάσσιο ταξίδι κατά μήκος της Αδριατικής στην Ευρώπη ήταν ακόμη πιο προσιτό, χρειαζόταν επιπλέον μισή μέρα ταξιδιού όταν επιλέχθηκε αυτή η επιλογή, που είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο δεν χρησιμοποιήθηκε αυτή η μέθοδος μεταφοράς.

Λόγω της επικίνδυνης κατάστασης των αυτοκινητοδρόμων από τη Γιουγκοσλαβία, η Ελλάδα εισήγαγε και εξήγαγε μέσω των Βαλκανικών χωρών μέχρι το 1989, οπότε και αναγκάστηκε να ερευνήσει εναλλακτικές μεθόδους ναυτιλιακών εμπορευμάτων.

Η απόφαση για σύνδεση με τα ιταλικά λιμάνια ελήφθη απότομα, καθιστώντας αδύνατη την άμεση εξυπηρέτηση ενός σημαντικού όγκου φορτίου.

Η κύρια χερσαία σύνδεση της Βαλκανικής Χερσονήσου έγινε ιδιαίτερα επικίνδυνη και ανίκανη να χειριστεί τον συνεχώς αυξανόμενο όγκο των μεταφερόμενων φορτίων μετά την έκρηξη της σύγκρουσης στο έδαφος της πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας.

Η πολυτροπική μεταφορά εμπορευμάτων συνδέεται με τη δεύτερη χερσαία διαδρομή που συνδέει το έθνος μας με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Μέσω της Αδριατικής Θάλασσας συνδέει λιμάνια της Δυτικής Ελλάδας με εκείνα της Ανατολικής Ιταλίας.

Αυτή είναι η πιο ασφαλής και δημοφιλής μέθοδος αποστολής εμπορευμάτων από/προς την Ελλάδα μέχρι να διαμορφωθούν πλήρως οι πολιτικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες στη Γιουγκοσλαβία.

Μεταξύ Ελλάδας και Ευρωπαϊκής Ένωσης, η εμπορευματική ναυτιλία έχει αυξηθεί τόσο σε ποσότητα όσο και σε αξία τα τελευταία χρόνια.

Ωστόσο, οι δυνατότητες του τρέχοντος δικτύου έχουν επιτευχθεί και αρχίζουν να εμφανίζονται όλο και πιο σοβαρά ζητήματα με κακές χερσαίες συνδέσεις.

Η ελληνική ναυτιλία πρέπει να διατηρήσει τη θέση της στο ευρωπαϊκό εμπόριο και να αυξήσει την ανταγωνιστικότητά της για αυτούς τους λόγους, αλλά και λόγω του έντονου διεθνούς ανταγωνισμού που αναπόφευκτα προκαλείται από τις προαναφερθείσες συνθήκες.

Οι Έλληνες πλοιοκτήτες μόλις πρόσφατα άρχισαν να επενδύουν σε νεότευκτα πλοία και σε στρατηγικές δραστηριότητας στην Αδριατική, παρά τη μακρόχρονη ναυτική παράδοση της Ελλάδας και τις ευρέως αναγνωρισμένες θαλάσσιες δυνατότητες. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό επειδή φάνηκε ότι η κατάσταση στις βαλκανικές χώρες θα παρέμενε ασταθής και επικίνδυνη για αρκετό καιρό ακόμη.

Έκαναν μια προσπάθεια να συνεργαστούν με επιχειρήσεις χερσαίων μεταφορών, αλλά η λιμενική υποδομή της Ιταλίας και η αραιή ανάπτυξη της ενδοχώρας δεν υποστήριξαν το νέο ολοκληρωμένο σύστημα μεταφορών και η κυκλοφοριακή συμφόρηση παρέμεινε.

Προκειμένου το έθνος να επωφεληθεί από την προνομιακή γεωγραφική θέση που απολαμβάνει και να χρησιμεύσει ως κόμβος για τη μεταφόρτωση και τη διοχέτευση όλων των φορτίων που μεταφέρονται από την Ευρώπη στη Μέση Ανατολή, την Ασία και την Αφρική, συνδυασμένες θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων και Τα ευρωπαϊκά δίκτυα πρέπει να προωθηθούν.

Για να γίνει αυτό, πρέπει να τροποποιήσει τις επιχειρηματικές της πρακτικές ώστε να συμμορφώνεται με τα πλαίσια που είχαν εφαρμοστεί προηγουμένως από άλλες ευρωπαϊκές ναυτιλιακές εταιρείες, αξιοποιώντας παράλληλα ευκαιρίες που παρέχονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο των Κατευθυντήριων γραμμών για την υποστήριξη της Κοινοτικής Εμπορικής Ναυτιλίας.

Οι θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων θα συμβάλουν σημαντικά στην εκτροπή των μεταφορικών εργασιών από τη στεριά στη θάλασσα και στην ανακούφιση της συμφόρησης στους δρόμους της Ελλάδας ως αποτέλεσμα αυτών των ενεργειών, γεγονός που θα βοηθήσει επίσης τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων να ενισχύσουν τη θέση τους στον κλάδο των μεταφορών.

2.2 Εναλλακτικές πηγές ενέργειας στη ναυτιλία

Προκειμένου να καλύψει τη ζήτηση της για πρόωση πλοίων, η επιστημονική κοινότητα διερευνά τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων.

Η αναφορά εκείνων των καυσίμων που είναι εξαιρετικά πιθανό να χρησιμοποιηθούν θεωρείται σχετική.

Τα πλοία έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούν ορισμένα από τα καύσιμα.

Παρά το γεγονός ότι αυτά τα πλοία αποτελούν ένα πολύ μικρό μέρος του παγκόσμιου στόλου, υπάρχει πλέον μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξή τους.

Μια αποτελεσματική πηγή ενέργειας, το καύσιμο LNG έχει ήδη τεθεί σε χρήση και προσφέρει εξαιρετικές επιδόσεις πρόωσης πλοίων.

Οι εταιρείες που κατασκευάζουν μηχανές υποστηρίζουν ήδη την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Ωστόσο, για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, οι μονάδες εφοδιασμού που υπάρχουν τώρα είναι ανεπαρκείς.

LPG (Liquid Petroleum Gas) (Liquid Petroleum Gas).

Λόγω της υψηλής ευφλεκτότητάς του, η μεταφορά, η χρήση και η αποθήκευση αυτού του καυσίμου είναι επικίνδυνη.

Το LPG έχει δύο κύριες φυσικές ιδιότητες: υγροποιείται σε υψηλότερη θερμοκρασία από το LNG και ζυγίζει περισσότερο από τον αέρα.

Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο ή CNG, έχει επίσης μελετηθεί ως καύσιμο.

Σε σύγκριση με το καύσιμο LNG, αυτό το καύσιμο απαιτεί διπλάσιες δεξαμενές για να καλύψει τις ίδιες απαιτήσεις.

Αυτό το εύρημα θέτει υπό αμφισβήτηση την πιθανή ενσωμάτωσή του σε καύσιμα πλοίων στο μέλλον.

Ο ναυτιλιακός τομέας θέλει να χρησιμοποιεί βιοαέριο ή καύσιμα που παράγονται από απόβλητα της αλυσίδας εφοδιασμού της αγροτοβιομηχανίας.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι το βιοαέριο θα γίνει ευρύτερα διαθέσιμο στο μέλλον.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ο εξοπλισμός που απαιτείται στο πλοίο για τη χρήση βιοαερίου είναι πανομοιότυπος με αυτόν που απαιτείται για τη χρήση καυσίμου LNG.

Οι ειδικοί σημειώνουν ότι το καύσιμο υδρογόνου δεν βλάπτει το περιβάλλον όταν χρησιμοποιείται ως εναλλακτική πηγή ενέργειας.

Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα, καθώς αυτό το καύσιμο παράγεται επί του παρόντος από υδρογονάνθρακες και νερό χρησιμοποιώντας άλλες πηγές ενέργειας.

Το σενάριο υδρογόνου του έχει μειονεκτήματα στο ότι χρειάζεται έξι φορές περισσότερος χώρος αποθήκευσης από το LNG για να καλύψει τις ίδιες απαιτήσεις. Πρέπει να τονιστεί ότι ακόμη γίνονται έρευνες τόσο για την κατασκευή όσο και για την αποθήκευση του.



2.2.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι τεχνολογίες πρόωσης στη ναυτιλία έχουν υποστεί σημαντικές αλλαγές τα τελευταία 150 χρόνια, ξεκινώντας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως πανιά (αιολική ενέργεια), προχωρώντας στον ατμό (άνθρακας), το βαρύ μαζούτ (HFO) και το θαλάσσιο πετρέλαιο (MDO)., τα τελευταία από τα οποία είναι καύσιμα υψηλών εκπομπών και έχουν γίνει οι κυρίαρχες πηγές ενέργειας για την πρόωση πλοίων.

Αντίθετα, τα εμπορικά πλοία που κινούνται με κινητήρες ντίζελ έχουν βελτιωθεί κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, επιτυγχάνοντας επίπεδα θερμικής απόδοσης 55% για κινητήρες χαμηλής ταχύτητας.

Η ανάγκη για πιο αποδοτικά καύσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον πλοία έχει αυξηθεί λόγω της οικονομικής ύφεσης, της αύξησης των τιμών των καυσίμων και των ρυθμιστικών εντολών για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών.

Επιπλέον, τα ναυπηγεία είναι έτοιμα να αντικαταστήσουν τους σημερινούς στόλους με ολοκαίνουργια πλοία που είναι οικολογικά ευνοϊκά.

Σε αυτό το περιβάλλον, τόσο οι νέες όσο και οι ξεχασμένες τεχνολογίες επανέρχονται στην επιφάνεια σε μια προσπάθεια να κατασκευαστούν πλοία που τροφοδοτούνται εξ ολοκλήρου ή εν μέρει από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τα οικολογικά πλοία ορίζονται ως πλοία με σημαντικές μειώσεις λειτουργικού κόστους.

Αυτά τα πλοία έχουν επίσης περιβαλλοντική εστίαση και καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα λιγότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG).

Ακολουθούν οι τρέχοντες τομείς προσοχής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εξετάζονται για τον θαλάσσιο στόλο σε όλα τα επίπεδα και σε όλα τα μεγέθη:

- Αιολική ενέργεια χρησιμοποιώντας Μαλακά πανιά (soft-sails)
- Σταθερά πανιά (fixed-sails)
- Ρότορες Flettner(Flettner rotors)
- Πανιά τύπου χαρταετού (kite-sails)
- Ανεμογεννήτριες(wind turbines)
- Φωτοβολταϊκά
- Κυματική ενέργεια
- Συνδυασμός των παραπάνω τεχνολογιών

Υπάρχουν κυρίως δύο μέθοδοι για την εφαρμογή επιλογών ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία.

Το πρώτο αφορά την αναβάθμιση του τρέχοντος στόλου, ενώ το δεύτερο την ενσωμάτωση της τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα μελλοντικά ναυπηγικά σχέδια.

Ενώ ένας μικρότερος αριθμός προτάσεων σχεδιασμού στοχεύει στην 100% χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών για τα κύρια συστήματα πρόωσης, πολλές προτάσεις σχεδιασμού για πλοία όλων των μεγεθών περιλαμβάνουν επιλογές ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας για βοηθητική πρόωση καθώς και για την παροχή ενέργειας στο βοηθητικά συστήματα του πλοίου.

Η πλειονότητα των εφαρμογών θεωρούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως συστατικό ενός ολοκληρωμένου συνόλου βελτιώσεων της απόδοσης.

Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε παράκτιες υποδομές, κυρίως ως υποκατάστατο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την εξέταση της ενεργειακής απόδοσης του ναυτιλιακού τομέα στο σύνολό του, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται μια ολιστική προσέγγιση που να λαμβάνει υπόψη την πρωτογενή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε καθώς και το ενεργειακό αποτύπωμα κάθε τεχνολογίας κατά τη διάρκεια ζωής ενός πλοίου.

Απαιτούνται θεμελιώδεις λειτουργικές τροποποιήσεις για τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η δρομολόγηση βάσει καιρικών συνθηκών και εποχιακών παραγόντων για τη μεγιστοποίηση της έκθεσης στις κύριες πηγές ενέργειας (ήλιος, άνεμος, κύματα).

Αυτό είναι κρίσιμο τόσο για την ανάπτυξη νέων επιχειρησιακών διαδικασιών όσο και για την αποτελεσματική απόδοσή της.

2.2.2 Ηλεκτρική ενέργεια - Ηλεκτροπρόωση

Η ηλεκτρική πρόωση χαρακτηρίζεται ως μια μορφή πρόωσης στην οποία οι ηλεκτρικοί κινητήρες, αντί για άλλες συσκευές όπως οι κινητήρες ντίζελ, οι αεριοστροβίλοι ή οι ατμοστροβίλοι, κινούν τους άξονες του πλοίου απευθείας (ή ακόμα λιγότερο συχνά, μέσω μειωτήρων).

Οι εφαρμογές σκαφών με διάφορα προφίλ ταχύτητας, όπως πλοία ανεφοδιασμού, πλωτά βιομηχανικά πλοία, γεωτρύπανα, δεξαμενόπλοια, παγοθραυστικά, θωρηκτά και κρουαζιερόπλοια, μπορούν να ωφεληθούν πολύ από τα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης.

Γενικά, οι ακόλουθες περιοχές εφαρμογής μπορεί να δείξουν ότι η ηλεκτρική πρόωση είναι η καλύτερη επιλογή:

1. Σκάφη με υψηλές απαιτήσεις ελικτικών ικανοτήτων (π.χ. πλοία διάτρησης).
2. Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων.
3. Σκάφη με έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης.
4. Σκάφη εξοπλισμένα με πολλές ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές.
5. Υποβρύχια και βαθυσκάφη.

Προφανώς, οι τουρμπίνες ντίζελ, αερίου και ατμού συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται σε συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης, αλλά αντί να κινούν απευθείας την έλικα, κινούν τις ηλεκτρικές γεννήτριες που τροφοδοτούν τους κινητήρες ηλεκτρικής πρόωσης, γνωστές και ως "πρώτες κινητήρες" στη βιβλιογραφία.

Το σύστημα πρόωσης ενισχύεται με ένα σύστημα ελέγχου για το χειρισμό της εκκίνησης συγκράτησης, των διακυμάνσεων της ταχύτητας και των αλλαγών της φοράς περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα.

Στη Γερμανία και τη Ρωσία καθ' όλη τη διάρκεια του τέλους του 19ου αιώνα, οι ηλεκτροκινητήρες πρόωσης κινούνταν απευθείας από συστοιχίες μπαταριών σε πειραματικές εφαρμογές ηλεκτρικής ενέργειας.

Η πρώτη γενιά ηλεκτρικής πρόωσης χρησιμοποιείται σε επιβατηγά πλοία περίπου το 1920 ως αποτέλεσμα του έντονου ανταγωνισμού μεταξύ των ναυτιλιακών εταιρειών για τη μείωση των υπερατλαντικών διελεύσεων.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρικά συστήματα στροβίλου για να καλύψουν τις απαιτήσεις ισχύος πρόωσης των μεγάλων πλοίων.

Οι γεννήτριες ατμού χρησιμοποιήθηκαν για την τροφοδοσία των σύγχρονων ηλεκτροκινητήρων και η ηλεκτρική συχνότητα των γεννητριών καθόριζε πόσο γρήγορα περιστρέφονταν.

Κάθε κινητήρας πρόωσης τροφοδοτείτο συνήθως μεμονωμένα από τις γεννήτριες κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, αλλά ήταν επίσης δυνατό να τροφοδοτηθούν δύο κινητήρες από μία γεννήτρια για πιο αργή κίνηση.

Η ηλεκτρική πρόωση και η τεχνολογία αμμοστροβίλων ήταν και οι δύο ξεπερασμένες από τα μέσα του 20ου αιώνα, τουλάχιστον μέχρι την ανάπτυξη των κινητήρων ντίζελ.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας ηλεκτρονικών ισχύος, ιδιαίτερα των συστημάτων κίνησης των ηλεκτροκινητήρων, τα ηλεκτρικά συστήματα μετάδοσης κίνησης επανήλθαν.

Γύρω στο 1970, οι κινητήρες πρόωσης SR της δεύτερης γενιάς ηλεκτρικής πρόωσης ελέγχονταν από ανορθωτές (ER/SR), και το 1980, ο έλεγχος κινητήρα ολοκληρώθηκε από την E.R./E.R. μετατροπείς.

Ένα ισχυρό δίκτυο συνεχούς τάσης και συχνότητας τροφοδοτεί τώρα το σύστημα πρόωσης.

Οι προπέλες σταθερού βήματος (FPP) περιστρέφονται από ηλεκτρικούς κινητήρες που έχουν ελεγχόμενες στροφές.

Παρά το γεγονός ότι αυτές οι λύσεις εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά σε ορισμένες κατηγορίες πλοίων, όπως έρευνα και παγοθραυστικά, πρόσθετα πλοία, συμπεριλαμβανομένων κρουαζιερόπλοιων, δεξαμενόπλοιων και παγοθραυστικών, έχουν μετατραπεί σε ηλεκτρική πρόωση από το 1975. (Queen Elizabeth II, Fantasy, Princess) .

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υδραυλικός μηχανισμός που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ώθησης της πρόωσης σε κινητήρες ντίζελ απευθείας κίνησης επιτρέπει την αλλαγή του βήματος της προπέλας.

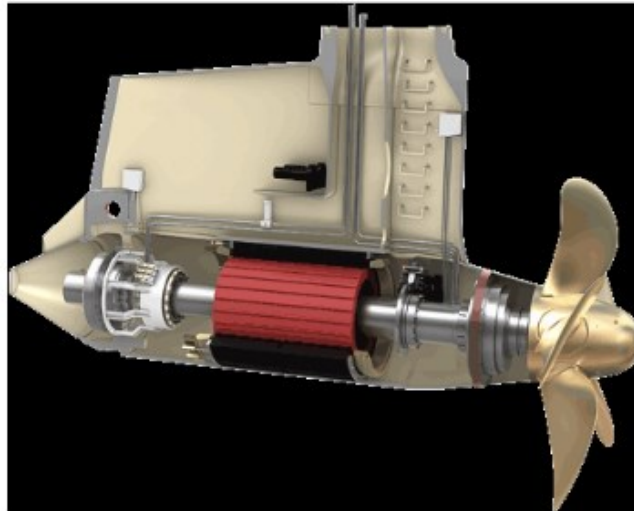
Έλικες ελεγχόμενου βήματος είναι το όνομα που δίνεται σε αυτές τις προπέλες (CPP).



Η εμφάνιση των αζιμουθιακών ελίκων ήταν μια νέα ιδέα που ήταν εξαιρετικά επιτυχημένη από τη δεκαετία του 1990. Έδωσε στα πλοία μεγαλύτερη κινητικότητα, διευκόλυνε την έξοδο από περιοχές υψηλής κινητικότητας και επέτρεψε τη δυνατότητα δυναμικής τοποθέτησης (DP).

Με βάση αυτό, η προπέλα είναι απευθείας συνδεδεμένη με τον κινητήρα ή ο ηλεκτροκινητήρας είναι τοποθετημένος σε βυθισμένο εξωτερικό λοβό με πολύ κοντό άξονα.

Το εξωτερικό περίβλημα του πλοίου μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα 360 μοίρες, δίνοντάς του κινητικότητα και ευελιξία, και η προπέλα έχει σταθερό βήμα.



Τα παραδοσιακά πηδάλια αντικαθίστανται από εξωτερικά φέρινγκ, γεγονός που βελτιώνει τη συνολική υδροδυναμική απόδοση του σκάφους.

Η ηλεκτρική πρόωση, ιδίως για πολεμικά πλοία, είναι η προτιμώμενη επιλογή για υποβρύχια κινητικότητα.

Προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως τα πιθανά οφέλη της ηλεκτρικής πρόωσης, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και διύλιση του υποσυστήματος λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων και των αυστηρότερων - σε σύγκριση με τα εμπορικά πλοία - κριτηρίων του Πολεμικού Ναυτικού.

Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς κινητήρες ντίζελ, οι οποίοι έχουν μια ξεχωριστή κορυφή στην απόδοσή τους γύρω από το ονομαστικό σημείο, οι ηλεκτρικοί προωθητές μπορούν να κατασκευαστούν για εξαιρετικά υψηλή απόδοση σε όλο το εύρος ταχύτητας και ιπποδύναμής τους.

Ένα πλοίο με μεταβλητή ταχύτητα μπορεί να διατηρήσει μεγάλες επιδόσεις σε όλο το εύρος της λειτουργίας του επιλέγοντας τον σωστό αριθμό γεννητριών για να καλύψει την απαιτούμενη ισχύ.

Η απώλεια απόδοσης είναι σημαντική κατά τη λειτουργία εκτός της ονομαστικής λειτουργίας ενός παραδοσιακού συστήματος πρόωσης ντίζελ.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι η υιοθέτηση ενός συστήματος ηλεκτρικής πρόωσης για ένα πλοίο επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία σχεδιασμού, επιλογή υποσυστήματος και επιλογές διάταξης για ολόκληρη την πρόωση και την ηλεκτρική εγκατάσταση.

Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούν κυρίως επαγωγικούς κινητήρες υψηλής ισχύος, είναι η μοναδική επιλογή για βοηθητική πρόωση (δηλαδή, οι μηχανισμοί του συστήματος πλευρικού προωθητή που ενισχύουν την ευελιξία των σκαφών, ειδικά εντός λιμένων) (0,5 -2,5 MW).

Τα ακόλουθα είναι τα βασικά πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, τα οποία έχουν οδηγήσει στην ευρεία χρήση της στις προαναφερθείσες εφαρμογές:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0- 100 %.

-Χαμηλή ποσότητα θορύβου και κραδασμών.

-Γρήγορη αντίδραση κατά τη διάρκεια των χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του εκσκαφέα.

-Η οικονομία καυσίμου επιτρέπει την επιλογή εξοπλισμού που θα λειτουργεί με τον καθένα να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο επίπεδο.

-Η δυνατότητα εγκατάστασης του ξεχωριστού εξοπλισμού του ενεργειακού συστήματος σε οποιαδήποτε τοποθεσία, επιτρέποντας την ευελιξία σχεδιασμού και την αποτελεσματική χρήση του χώρου.

-Πλήρης εκμετάλλευση της ροπής σε όλο το εύρος εργασίας.

-Ο αυτοματισμός είναι απλός.

-Βελτιωμένη ασφάλεια ως αποτέλεσμα μεγαλύτερης αξιοπιστίας (πολλά συστήματα συνδέονται παράλληλα).

-Μειωμένες εκπομπές ρύπων λόγω μειωμένης χρήσης καυσίμου.

Ιδιαίτερα όταν ένας πετρελαιοκινητήρας μεσαίας ταχύτητας λειτουργεί σε σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει με τα σύγχρονα ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης, οι εκπομπές NOx μειώνονται σημαντικά.

-Μείωση της πιθανότητας μόλυνσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά που αφορούν δεξαμενόπλοια, που καθίσταται δυνατή από την ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τη διάρκεια του χειρισμού και τη δυναμική τοποθέτηση του πλοίου.

Τα παρακάτω είναι τα μειονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης:

- Υψηλό κόστος επένδυσης.

Αυτό γίνεται σε μια προσπάθεια να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τεχνολογία ηπειρωτικού ηλεκτρικού δικτύου (Commercial Off The Shelf - COTS), ωστόσο λόγω των ακριβών κινητήρων και των συστημάτων ελέγχου τους, δεν φαίνεται να υπερθερμαίνονται εύκολα.

- Μεγαλύτερες απώλειες συστήματος μετάδοσης σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα

Για παράδειγμα, όταν η προπέλα λειτουργεί με τον ιδανικό συνδυασμό ταχύτητας/ρυθμού, οι απώλειες συστήματος που μεταδίδονται σε ένα κανονικό σύστημα προπέλας κινητήρα ντιζελ είναι περίπου 4%, 2% στην προπέλα και 2% στον μειωτήρα.

Οι απώλειες συστήματος μετάδοσης σε μια διάταξη ντιζελ-ηλεκτρικής πρόωσης είναι 7–8%, 3% στις γεννήτριες, 2% σε μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνότητας και 2–3% σε ηλεκτροκινητήρες πρόωσης.

Ως αποτέλεσμα, η συνολική βαθμολογία απόδοσης του συστήματος ηλεκτρικής πρόωσης είναι μεγαλύτερη μόνο όταν κάθε κινητήρας λειτουργεί στην ιδανική του περιοχή για εκτεταμένες χρονικές περιόδους με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.

- Μια δυσκολία που προκύπτει από την ευρεία χρήση ηλεκτρονικών συσκευών ισχύος είναι ότι ανακύπτουν προβλήματα ποιότητας ισχύος όταν ένας μεγάλος αριθμός αρμονικών στοιχείων ρεύματος και τάσης αναπτύσσεται επίσης εκτός των χρησιμοποιήσιμων συχνοτήτων.

Αυτές οι αρμονικές ενισχύουν την ποσότητα άεργου ισχύος που κυκλοφορεί συνολικά στο ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά προκαλούν επίσης προβλήματα με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα. Επομένως, ο "ηλεκτρομαγνητικός" θόρυβος που δημιουργείται έχει επιζήμια επίδραση σε όλα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που είναι ευαίσθητα, ιδιαίτερα στα κυκλώματα ελέγχου των ηλεκτρονικών ισχύος, ενώ σε καταστάσεις που αφορούν στρατιωτικές εφαρμογές, αυξάνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής ενός πλοίου.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, οι αρμονικές είναι πιθανές παραμορφώσεις ηλεκτρικών μεγεθών που μπορεί να πυροδοτήσουν ιδιοσυχνότητες για ηλεκτρομηχανικές ταλαντώσεις, συμπεριλαμβανομένων των επιδράσεων σιδηροσυντονισμού στους ρότορες των σύγχρονων γεννητριών ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ηλεκτρικό σύστημα του πλοίου είναι ο πρωταρχικός στόχος των εξειδικευμένων αναλύσεων και ερευνών που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που προκαλούνται από την ηλεκτροδότηση των συστημάτων του πλοίου.

Η ηλεκτρική πρόωση είναι η προτιμώμενη επιλογή σε πολλές περιπτώσεις όπου η αντιστάθμιση είναι ευνοϊκή, καθώς έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερα λειτουργικά έξοδα (λιγότερο προσωπικό, λιγότερο ακριβή συντήρηση, ταχύτερες μετακινήσεις, μη ανάγκη ρυμούλκησης κ.λπ.).

Κεφάλαιο 3^ο: Μεθοδολογία Υπολογισμού Εγκατεστημένης Ισχύος Μπαταριών και Εκτίμηση Κόστους Μετασκευής

3.1 Υπολογισμός εγκατεστημένης Ισχύος Μπαταριών

Προκειμένου να υπολογίσουμε την ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ των μπαταριών θα πρέπει να υπολογιστεί το φορτίο λειτουργίας του πλοίου τόσο κατά την διάρκεια του ταξιδιού όσο και κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι. Αυτό θα συμπεριλαμβάνει την ισχύ για την λειτουργία των κύριων μηχανών όταν το πλοίο θα βρίσκεται εν πλω αλλά και την ισχύ για την λειτουργία των γεννητριών κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι.

Φορτία Λειτουργίας στο ταξίδι

$$E_{\text{sea_M/E_load/voyage}} = \frac{N_{\text{M/E}} * \bar{P}_{\text{AVERAGE_M/E}} * \Delta t_{\text{cruising}}}{\eta_{\text{EL_MOTOR}} * 60} \text{ (Kwh)}$$

$$E_{\text{sea_G/E_LOAD/voyage}} = N_{\text{G/E}} * \bar{P}_{\text{AVERAGE_G/E}} * \Delta t_{\text{cruising}} \text{ (Kwh)}$$

$$\bar{P}_{\text{AVERAGE_M/E}} = \frac{\int_0^{\Delta t_{\text{cruising}}} P[\text{KW}] * dt}{\int_0^{\Delta t_{\text{cruising}}} dt}$$

$$E_{\text{sea_total/voyage}} = E_{\text{sea_M/E_load/voyage}} + E_{\text{sea_G/E_LOAD/voyage}}$$

$N_{\text{G/E}}$: Αριθμός γεννητριών σε λειτουργία

$N_{\text{M/E}}$: Αριθμός κύριων μηχανών σε λειτουργία

$P_{\text{NCR_M/E}}$: Ονομαστικό συνεχές φορτίο λειτουργίας της κύριας μηχανής (KW)

$P_{\text{AVERAGE_M/E}}$: Μέσο φορτίο κύριας μηχανής κατά την διάρκεια του ταξιδιού

$P_{\text{AVERAGE_G/E}}$: Μέσο φορτίο γεννήτριας κατά την διάρκεια του ταξιδιού

$\Delta t_{\text{cruising}}$: Χρόνος ταξιδιού (min)

$\eta_{\text{EL_MOTOR}}$: βαθμός απόδοσης ηλεκτροκινητήρα

Προκειμένου να γίνει ακριβής υπολογισμός της απαίτησης ισχύος θα θεωρηθεί ότι μέχρι τη στιγμή που το πλοίο θα επιτυγχάνει την ταχύτητα υπηρεσίας του, θα έχουμε γραμμική άνοδο στην ζήτηση ισχύος της κύριας μηχανής κάτι το οποίο θα επαναλαμβάνεται και κατά την μείωση της ταχύτητας και μέχρι να φτάσει στο λιμάνι.

Επίσης, κατά την εγκατάσταση του ηλεκτρικού μοτέρ θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και ο βαθμός απόδοσής του διότι θα υπάρχει κάποια απώλεια ενέργειας κατά την μετατροπή της από ηλεκτρική σε περιστροφική.

Φορτία Λειτουργίας στο λιμάνι

$$E_{\text{port/voyage}} = \frac{P_{\text{port_electric_load}} * \Delta t_{\text{PORT}}}{60} + \frac{P_{\text{maneuvering}} * \Delta t_{\text{maneuvering}}}{60} \text{ (kwh)}$$

$P_{\text{port_electric_load}}$: Ισχύς λειτουργίας των γεννητριών στο λιμάνι

$\Delta t_{\text{cruising}}$: Χρόνος ταξιδιού (min)

$\Delta t_{\text{maneuvering}}$: Χρόνος maneuvering (min)

Συνολική Απαίτηση Ενέργειας για ένα Δρομολόγιο

$$E_{\text{voyage}} = E_{\text{port/voyage}} + E_{\text{sea_total/voyage}} \text{ (kwh)}$$

3.2 Καθορισμός Σεναρίου Φόρτισης

Για τον καθορισμό του σεναρίου φόρτισης είναι πολλοί οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Αρχικά θα πρέπει να μην ξεπεραστεί σε καμία περίπτωση το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης που θα έχει τεθεί για να μην επηρεαστούν οι δυνατότητες των μπαταριών. Επίσης σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του σεναρίου θα παίζει και η εγκατεστημένη ισχύς που θα απαιτείται για την ολοκλήρωση των δρομολογίων αυτών αλλά και οι ημερήσιοι κύκλοι λειτουργίας της μπαταρίας.

1^ο Σενάριο: Φόρτιση μετά από συγκεκριμένο αριθμό δρομολογίων

Για το συγκεκριμένο σενάριο φόρτισης θα πρέπει η εγκαταστημένη ισχύς να επαρκεί ώστε να πραγματοποιήσει το πλοίο έναν αριθμό δρομολογίων χωρίς να φορτίσει καθόλου και σίγουρα χωρίς να έχει ξεπεραστεί το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης των μπαταριών. Αφού πραγματοποιηθούν όλα τα δρομολόγια, τότε οι μπαταρίες θα φορτίζονται στο 100% της χωρητικότητας τους.

Υπολογισμός ελάχιστης απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος

$$E_{\text{MIN_INSTALLED}} = E_{\text{VOYAGE}} * \frac{Nx}{DOD} \text{ (kwh)}$$

Nx : Αριθμός δρομολογίων χωρίς ενδιάμεση φόρτιση

N_y : Αριθμός φορτίσεων μέσα στην ίδια μέρα

N_{trips} : Αριθμός ταξιδιών μέσα στην ίδια μέρα (1 ταξίδι θα περιλαμβάνει 2 δρομολόγια)

Υπολογισμός Αριθμού Μπαταριών

Τοποθετούνται δύο πακέτα μπαταριών που θα περιλαμβάνουν ένα αριθμό μονάδων ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς. Πολλά κελιά τοποθετούνται σε σειρά σχηματίζοντας μια μονάδα για να επιτύχουν την ονομαστική τάση της μονάδας. Μετά οι μονάδες με σύνδεση τόσο σε σειρά όσο και παράλληλα θα τοποθετηθούν σχηματίζοντας την τελική διάταξη των μπαταριών.



Pack Battery

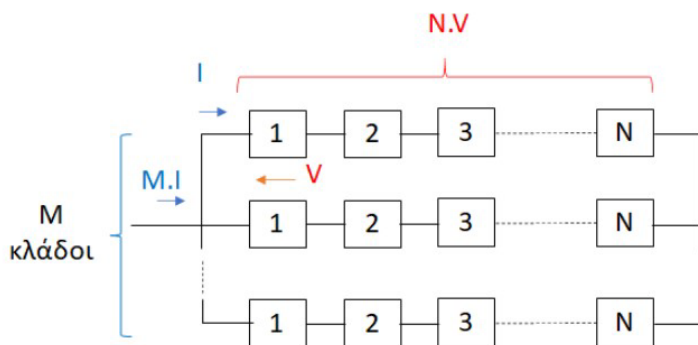
M : κλάδοι τοποθετημένοι παράλληλα

N : πλήθος μπαταριών τοποθετημένων σε σειρά σε κάθε κλάδο.

V : Ονομαστική τάση μπαταρίας (module)

I : ρεύμα κλάδου

$$\text{Power battery} = N * M * V * I$$



$$N_{\text{series_battery}} = \text{roundup}\left(\frac{V_{\text{nominal_battery}}}{V_{\text{δικτύου}}}\right)$$

$V_{\text{nominal_battery}}$: Ονομαστική τάση της μίας μονάδας της μπαταρίας

$V_{\text{δικτύου}}$: Ονομαστική τάση του Δικτύου

$$N_{\text{parallel_battery}} = \text{roundup}\left(\frac{1000 * E_{\text{MIN_INSTALLED}}}{N_{\text{series_battery}} * V_{\text{nominal_battery}} * \text{BatteryCapacity(Ah)}}\right)$$

Υπολογισμός του μέγιστου ποσοστού αποφόρτισης DOD

Μετά τον τελικό αριθμό μπαταριών και της εγκαταστημένης ισχύος στο πλοίο γίνεται μια επανεκτίμηση του μέγιστου ποσοστού αποφόρτισης. Επίσης υπολογίζονται και οι ημερήσιοι κύκλοι λειτουργίας των μπαταριών.

$$DOD_{\text{real}} = \frac{E_{\text{TOTAL_DAY}}}{E_{\text{energy_installed}}} - ((2 * N_{\text{trips}} - 1) * f)$$

$$\text{Daily Cycles} = f(2 * N_{\text{trips}} - 1) + DOD_{\text{real}} = \frac{E_{\text{TOTAL_DAY}}}{E_{\text{energy_installed}}}$$

Υπολογισμός χρόνου φόρτισης της μπαταρίας

Για δεδομένη τιμή ρεύματος φόρτισης έχουμε τον εξής υπολογισμό του χρόνου φόρτισης των μπαταριών του πλοίου:

$$\text{time_charging (min)} = 60 * \frac{DOD_{\text{real}} * \text{BatteryCapacity(Ah)}}{\text{Current_charging(A)}}$$

2° Σενάριο: Φόρτιση μετά από την ολοκλήρωση κάθε δρομολογίου

Στο σενάριο αυτό θα πραγματοποιείται φόρτιση των μπαταριών για όσο χρόνο απομένει το πλοίο στο λιμάνι. Με τον τρόπο αυτό η ενέργεια των μπαταριών θα πέφτει προοπτικά μετά από κάθε δρομολόγιο μέχρις ότου να φτάσει το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης DOD όπου θα επαναφορτίζονται στο μέγιστο της χωρητικότητας τους.

Υπολογισμός Εγκατεστημένης Ισχύος των Μπαταριών

$$E_{\text{TOTAL_DAY}} = N_{\text{TRIPS}} * E_{\text{TRIP}}$$

$$E_{\text{total_energy_charging_DAY}} = E_{\text{MIN_INSTALLED}} * f * (2 * N_{\text{trips}} - 1)$$

$$f = \frac{Current_{charging} * (Time_{port/voyage} - Time_{plug})}{BatteryCapacity (Ah)}$$

2*Ntrips-1: Ο αριθμός των δρομολογίων όπου γίνεται ενδιάμεση φόρτιση

Time_{plug}: Χρόνος που απαιτείται προκειμένου να συνδεθούν και να αποσυνδεθούν τα καλώδια φόρτισης με τον σταθμό του λιμανιού.

Ισοζύγιο Ενέργειας

Σύμφωνα με το ισοζύγιο ενέργειας θα πρέπει η ενέργεια που έχει αποδοθεί στο πλοίο κατά την διάρκεια όλων των φορτίσεων μαζί με την ενέργεια που έχει καταναλωθεί από το μέγιστο της χωρητικότητας μέχρι το μέγιστο ποσοστό αποφόρτισης, ισούται με την συνολική κατανάλωση ενέργειας του πλοίου μέσα στη μέρα.

$$E_{total_energy_charging_DAY} + E_{MIN_INSTALLED} * DOD = E_{TOTAL_DAY} \Rightarrow$$

$$E_{MIN_INSTALLED} = E_{TOTAL_DAY} * \frac{1}{(2 * Ntrips - 1) * f + DOD} \text{ (kwh)}$$

Υπολογισμός Αριθμού Μπαταριών

Όπως αναλύθηκε προηγούμενα, στο πλοίο θα εγκατασταθούν δύο πακέτα μπαταριών τα οποία θα έχουν τον ίδιο αριθμό μπαταριών. Το κάθε πακέτο θα περιλαμβάνει μπαταρίες σε σειρά, δίνοντας την επιθυμητή τάση δικτύου και σύνδεση παράλληλα για την επίτευξη της επιθυμητής ισχύος.

$$N_{series_battery} = \text{roundup} \left(\frac{V_{nominal_battery}}{V_{δικτύου}} \right)$$

$$N_{parallel_battery} = \text{roundup} \left(\frac{1000 * E_{MIN_INSTALLED}}{N_{series_battery} * V_{nominal_battery} * BatteryCapacity(Ah)} \right)$$

Εκ νέου Υπολογισμός του Μέγιστου DOD

Επανυπολογισμός του DOD με βάση την τελική τιμή της εγκατεστημένης ισχύος πάνω στο πλοίο καθώς λόγω των στρογγυλοποιήσεων τοποθετήθηκε λίγο μεγαλύτερος αριθμός μπαταριών.

$$DOD_{real} = \frac{E_{TOTAL_DAY}}{Energy_{installed}} - ((2 * Ntrips - 1) * f)$$

$$Daily\ Cycles = f(2 * Ntrips - 1) + DOD_{real} = \frac{E_{TOTAL_DAY}}{E_{energy_installed}}$$

3.3 Υπολογισμός Ισχύος Ηλεκτρικού Μοτέρ, Inverter και Φορτιστών

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία υπολογίζεται το κόστος μετασκευής σε πλοία για συγκεκριμένο δρομολόγιο που στην πραγματικότητα όμως δεν έχει εφαρμογή καθώς τα περισσότερα από τα πλοία που εκτελούν τις μικρές πορθμειακές γραμμές μετακινούνται ανάλογα με την απαίτηση των μετακινήσεων. Αυτό σημαίνει πως τα πλοία έχουν δυνατότητες αρκετά μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες για κάποια μικρότερα δρομολόγια. Προκειμένου να επιτύχουμε μια μετασκευή με μικρότερο κόστος θα πρέπει να αποφύγουμε την υπερδιαστασιολόγηση σε όσον αφορά την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς. Για αυτό το λόγο επειδή η ισχύς θα υπολογίζεται για ένα και μόνο δρομολόγιο θα εφάπτεται στην απαιτούμενη ταχύτητα υπηρεσίας και αντίστοιχη αυτονομία. Για αυτό τον λόγο η μέγιστη ισχύς του ηλεκτρικού μοτέρ θα καθοριστεί από το μέγιστο φορτίο που θα επιδέχεται η κύρια μηχανή κατά την λειτουργία της και όχι με βάση το MCR της. Στους δύο τύπους πλοίων που θα μελετηθούν στην συγκεκριμένη εργασία, αμφίπλωρα και παντόφλες, θα τοποθετηθούν ισάριθμοι ηλεκτρικοί κινητήρες με τον αριθμό των κύριων μηχανών αλλά και αντίστοιχοι inverters που είναι υπεύθυνοι για τον μετασχηματισμό του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Σημαντικό στοιχείο της μετασκευής είναι και τα δύο πακέτα μπαταριών που θα τοποθετηθούν τόσο στα αμφίπλωρα (πρύμνηθεν και πλώραθεν) όσο και στις παντόφλες (δεξιά και αριστερά του κέντρου πλευστότητας).

Με βάση όλα τα προηγούμενα προκύπτουν οι παρακάτω υπολογισμοί, αξίζει αν αναφερθεί ότι προκειμένου να μην είναι μικρότερη η ισχύς του inverter από την απαίτηση που έχει ο ηλεκτρικός κινητήρας θα την θεωρήσουμε ώστε να είναι κατά 10% μεγαλύτερη.

$$\text{Power}_{\text{motor}} = \max(\text{Power}_{\text{M/E_LOAD}}) / \eta_{\text{motor}}$$

$$\text{Power}_{\text{inverter}} = 1.1 * \text{Power}_{\text{motor}}$$

Για την φόρτιση των δύο πακέτων μπαταριών θα πρέπει να τοποθετηθούν επι του πλοίου και δύο φορτιστές με ισχύς ώστε να καλύπτει ο καθένας όλους τους παράλληλους κλάδους.

$$\text{Power}_{\text{charger}} \text{ (KW)} =$$

$$= \frac{N_{\text{series_battery}} * V_{\text{nominal_battery}} * N_{\text{parallel_battery}} * \text{Current_charging}}{2 * 1000}$$

3.4 Εκτίμηση Συνολικού Κόστους Μετασκευής

Για την εκτίμηση του συνολικού κόστους της μετασκευής θα πρέπει να προστεθεί το κόστος των ηλεκτρικών κινητήρων και των inverters, το κόστος για τα δύο πακέτα μπαταριών, το κόστος για τους δύο φορτιστές και στο σύνολο αυτού να αφαιρεθούν τα χρήματα από την πώληση των κύριων μηχανών και των γεννητριών που θα έχουν πλέον αντικατασταθεί.

Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε:

$$\text{Cost}_{\text{electric_motor}} = N_{M/E} * \text{Power}_{\text{motor}}$$

$$\text{Cost}_{\text{inverter}} = N_{M/E} * \text{Power}_{\text{inverter}}$$

$$\text{Cost}_{\text{Battery}} = V_{\text{nominal_battery}} * \text{Capacity Battery (Ah)} * 10^{(-3)} * \text{Number_of_Batteries} * \text{Cost/kwh}$$

$$\text{Cost}_{\text{charger}} = \text{Number_battery_packs} * \text{Power}_{\text{charger}} * \text{Cost/KW} \Rightarrow$$

$$\text{Cost}_{\text{charger}} = 2 * \text{Power}_{\text{charger}} * \text{Cost/KW}$$

$$\text{Selling}_{M/E} = N_{M/E} * \text{Price}_{\text{sellingM/E}}$$

$$\text{Selling}_{G/E} = N_{G/E} * \text{Price}_{\text{sellingG/E}}$$

$$\text{Total}_{\text{retrofit_cost}} =$$

$$\text{Cost}_{\text{Battery}} + \text{Cost}_{\text{electric_motor}} + \text{Cost}_{\text{inverter}} + \text{Cost}_{\text{charger}} - \text{Selling}_{M/E} - \text{Selling}_{G/E}$$

3.5 Προσδιορισμός Λειτουργικού Κόστους και Ετησίου Εισοδήματος λόγω Μετασκευής

Προκειμένου να υπολογίσουμε το Ετήσιο όφελος από την μετασκευή θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το κόστος λειτουργίας υπό τα δύο διαφορετικά καθεστάτα.

Λειτουργικό κόστος πριν την μετασκευή

Το λειτουργικό κόστος πριν από την μετασκευή θα προκύπτει από το κόστος για την αγορά των καυσίμων του πλοίου αλλά και από το κόστος για την συντήρηση αυτού του εξοπλισμού.

- **Κόστος καυσίμου για την κύρια μηχανή**

$$\text{Fuel_cost_M/E (t)} = 10^{-6} * (\text{be}_{\text{sea_M/E}} * E_{\text{energy_sea_M/E}} + \text{be}_{\text{maneuver_M/E}} * E_{\text{energy_maneuvering_M/E}})$$

Στην περίπτωση του αμφίπλωρου πλοίου, η κατανάλωση καυσίμου για maneuvering θα είναι μηδενική.

- **Κόστος καυσίμου για τις γεννήτριες**

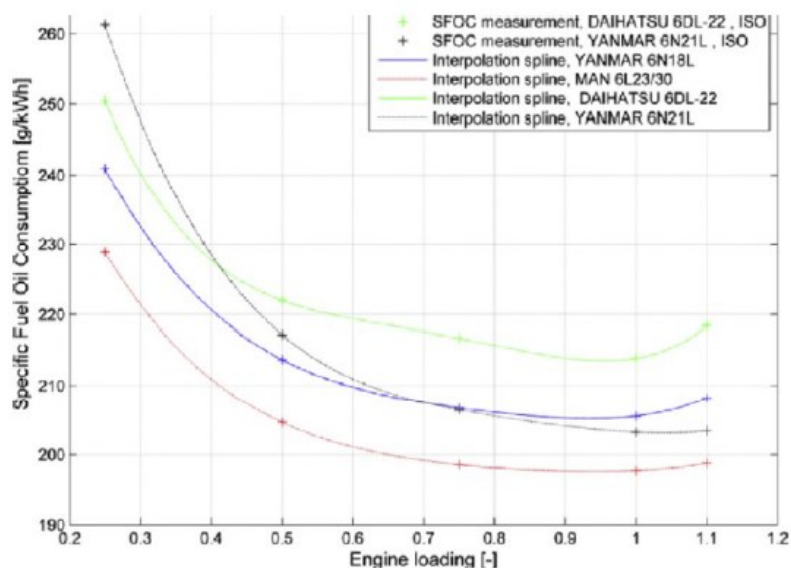
$$\text{Fuel_cost_G/E (t)} =$$

$$10^{-6} * (\text{be}_{\text{sea_G/E}} * E_{\text{energy_sea_G/E}} + \text{be}_{\text{port_G/E}} * E_{\text{energy_port_G/E}} + \text{be}_{\text{maneuver_G/E}} * E_{\text{energy_maneuvering_G/E}})$$

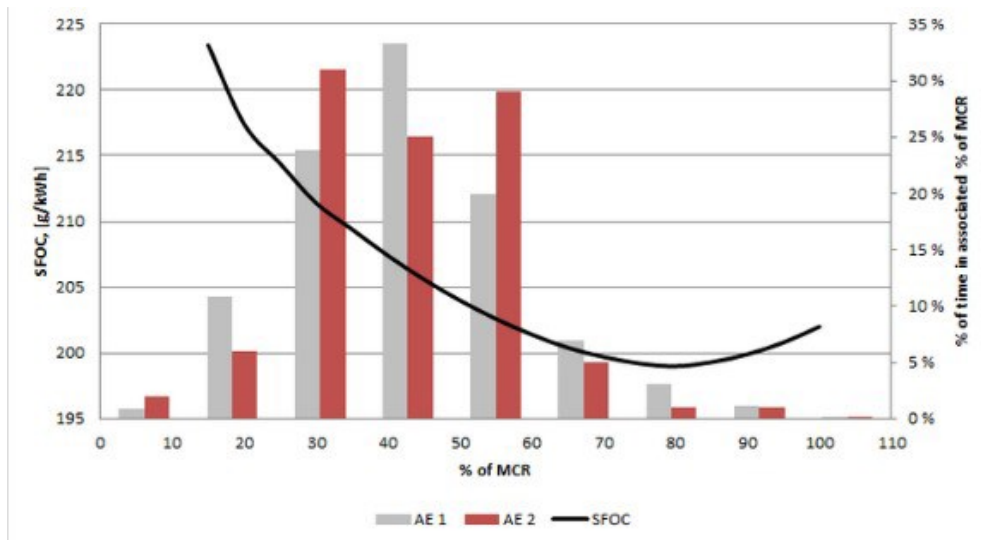
Όπως και προηγουμένως.

Για τον προσδιορισμό της ειδικής κατανάλωσης του καυσίμου (be) θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω δύο διαγράμματα και θα επιλέγεται σε κάθε σενάριο και κάθε πλοίο μια ξεχωριστή τιμή για την ειδική κατανάλωση φορτίου σε σχέση με το φορτίο της κύριας μηχανής και των γεννητριών αντιστοίχως.

Οι τιμές της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου κυμαίνονται μεταξύ του 160-230 (gr/kwh) και για πιο αποδοτικούς κινητήρες η τιμή αυτή είναι μικρότερη. Στους συγκεκριμένους τύπους πλοίων που θα μελετήσουμε έχουμε 4X μηχανές.



Διάγραμμα 2: Ειδική κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με το φορτίο της μηχανής



Διάγραμμα 3: Ειδική κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με το ποσοστό του MCR

Ανάλογα λοιπόν με το φορτίο της κύριας μηχανής και των γεννητριών θα προκύπτουν και κάθε φορά οι ανάλογες ειδικές καταναλώσεις καυσίμου. Για την κύρια μηχανή όταν τα πλοία θα είναι εν πλω θα θεωρούμε μια κατανάλωση κοντά στο 210 gr/kwh διότι το φορτίο θα είναι περίπου στο 40% του MCR. Για τις γεννήτριες το αντίστοιχο φορτίο θα είναι υψηλότερο (περίπου 55%) και άρα η ειδική κατανάλωση θα κυμαίνεται στο 200-205 gr/kwh. Για την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι το φορτίο των γεννητριών θα είναι αρκετά χαμηλότερο λόγω των μικρότερων απαιτήσεων και έτσι θα αυξάνεται σημαντικά η ειδική κατανάλωση καυσίμου.

- **Κόστος συντήρησης των μηχανών**

Θα θεωρηθεί ένα κόστος για την κάθε μηχανή ανάλογη με έναν συντελεστή που θα καθορίζεται από την ισχύ της εκάστοτε μηχανής.

$$\text{Total}_{\text{Maintenance_cost_engine}} = M * (N_{M/E} * \text{POWER}_{MCR_M/E} + N_{G/E} * \text{POWER}_{MCR_G/E})$$

Λειτουργικό κόστος πριν την μετασκευή

Όπως και προηγουμένως το κόστος μετά την μετασκευή θα είναι η πρόσθεση του λειτουργικού κόστους των μπαταριών, δηλαδή η ενέργεια που καταναλώνουν, και το κόστος συντήρησης τους.

- **Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας**

$$\text{Total}_{\text{electric_energy_consumption_annual}} = 360 * E_{\text{total_energy_per_day}}$$

$$\text{Cost}_{\text{electric_energy}} = \text{Price}_{\text{electric_energy}} * \text{Total}_{\text{electric_energy_consumption_annual}}$$

- **Κόστος Συντήρησης**

Θα θεωρηθεί ότι προκειμένου να συντηρηθούν οι μπαταρίες θα πρέπει να καθοριστούν δύο μεταβλητές:

- I) Πάγιο κόστος (ποσοστό του αρχικού κόστους της μπαταρίας)
- II) Κόστος συντήρησης ανάλογα με το κόστος της KWh

$$\text{Battery_maintenance_cost} = A * \text{battery_cost} + B * \text{Energy_installed}$$

Ετήσιο Όφελος από την Μετασκευή

$$\text{Annual_Revenue} = \text{Total}_{\text{Maintenance_cost_engine}} + \text{Fuel_cost}_{\text{M/E}} + \text{Fuel_cost}_{\text{G/E}} - \text{Cost}_{\text{electric_energy}} - \text{Battery_maintenance_cost}$$

3.6 Μελέτη Εφικτότητας Μετασκευής σε Μπαταριόπλοιο

Προκειμένου η μελέτη για την συγκεκριμένη μετασκευή σε μπαταριόπλοιο να γίνει πραγματική θα πρέπει να είναι και οικονομικά εφικτή. Πέρα από το να μειωθούν τα λειτουργικά κόστη των συγκεκριμένων πλοίων θα πρέπει και το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης να έχει άμεση απόσβεση. Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης, αφού προσδιοριστούν το αρχικό κόστος επένδυσης και τα καθαρά ετήσια έσοδα θα υπολογιστεί η Καθαρά Παρούσα Αξία και ο δείκτης IRR.

Για να είναι βιώσιμη η επένδυση θα εξετάσουμε σε βάθος επτά χρόνων που είναι και μια λογική τιμή για την διάρκεια ζωής των μπαταριών που θα χρησιμοποιήσουμε. Μετά από την επταετία με βάση τους κατασκευαστές θα αρχίσει να εμφανίζεται σημαντική απώλεια στην χωρητικότητα των μπαταριών. Εάν σε αυτά τα χρόνια η επένδυση δεν μπορεί να καθοριστεί ως βιώσιμη θα εξετάσουμε και το ενδεχόμενο ολικής ή μερικής χρηματοδότησης.

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^N \frac{\text{income}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^N \frac{\text{expenditure}}{(1+r)^t} - \text{Αρχικός Κόστος Επένδυσης} \Rightarrow$$

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Revenue}}{(1+r)^t} - \text{Αρχικός Κόστος Επένδυσης}$$

$$\text{Revenue} = \text{income} - \text{expenditure}$$

Ο συντελεστής r δηλώνει το ποσοστό έκπτωσης του χρήματος και στην ουσία σημαίνει πως ένα ποσό χρημάτων στο τώρα έχει πολύ διαφορετική αξία από ότι έχει το ίδιο ποσό χρημάτων μετά από μερικά χρόνια. Ο συντελεστής IRR είναι το ποσοστό έκπτωσης r που μηδενίζει το Net Present Value.

$$0 = \sum_{t=1}^N \frac{\text{income}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^N \frac{\text{expenditure}}{(1+r)^t} - \text{Αρχικός Κόστος Επένδυσης}$$

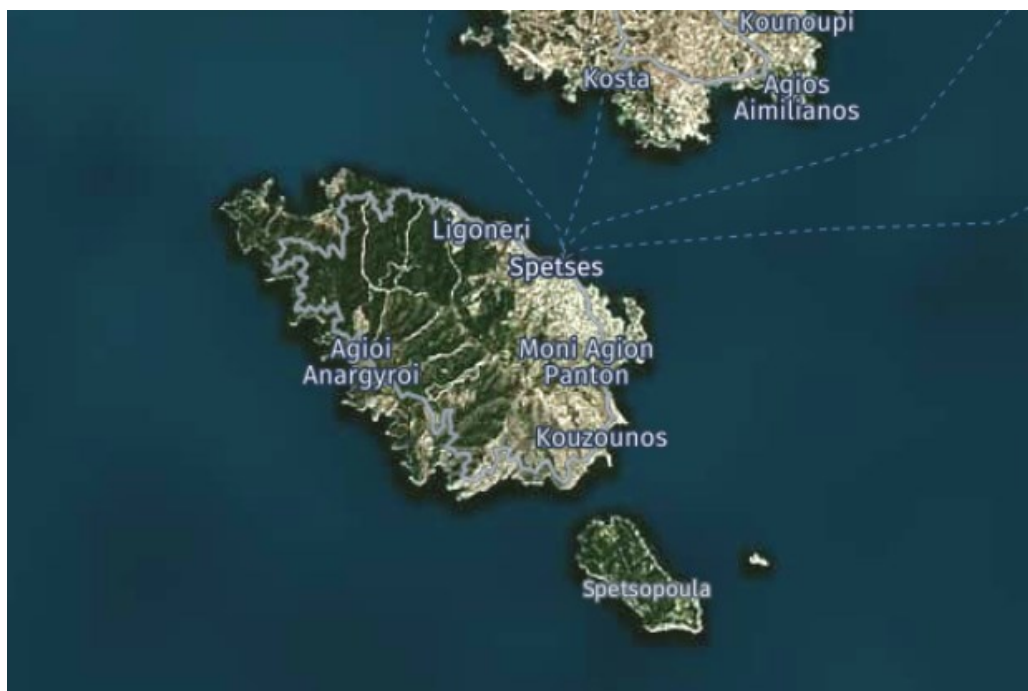
Κεφάλαιο 4^ο: Μελέτη διαδρομής Κόστα – Σπέτσες

Οι Σπέτσες είναι ένα από τα ημιορεινά νησιά του Αργοσαρωνικού, κοντά στην Αργολική χερσόνησο, δεξιά της εισόδου του Αργολικού κόλπου και μαζί με τρεις ακόμα νησίδες (Σπετσοπούλα, Άγιος Ιωάννης και το Μικρό Μπούρμπουλο) σχηματίζουν το νησιωτικό σύμπλεγμα των Σπετσών. Στη συγκεκριμένη εργασία θα ερευνηθεί το δρομολόγιο Κόστα – Σπέτσες λόγω της μικρής απόστασης που θα συντελέσει στο να περιοριστεί η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς πάνω στο πλοίο. Επίσης η συγκεκριμένη διαδρομή δεν έχει μελετηθεί σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες και έχει όλες τις προδιαγραφές για μια μελέτη μετασκευής πλοίου σε ηλεκτρικό χάρη και στην μεγάλη κινητικότητα που έχει λόγω τουρισμού.

4.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Κόστα – Σπέτσες

Γεωγραφική Θέση

Το νησί των Σπετσών έχει ωσειδές σχήμα και έκταση 22.5 τ.χλμ. με περίμετρο ακτογραμμής πάνω από 11 μίλια. Τα πιο χαρακτηριστικά ακρωτήρια του νησιού είναι: το Μπουρμπούθι, το Σουρμπούτι, το Κάβο – Φανάρι, ο Μαυρόκαβος και το Ζάστανο. Το νησί διασχίζεται από βουνοσειρές με υψηλότερη κορυφή τον Προφήτη Ηλία στα 291 μ. Και χαρακτηρίζεται από τυπικό μεσογειακό κλίμα με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια που καθιστούν το νησί έναν πολύ συχνό προορισμό για παραθερισμό.



Οικονομική δραστηριότητα

Πρωτογενής τομέας Παραγωγής: Παρά το γεγονός ότι το μεγαλύτερο κομμάτι του νησιού αποτελείται από καλλιεργήσιμα εδάφη, ένα πολύ μικρό ποσοστό του πληθυσμού ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Τα κύρια προϊόντα που παράγονται είναι ελιά, λάδι, σταφύλια, αμύγδαλα και σύκα ενώ αρκετοί κάτοικοι ασχολούνται με την αλιεία και την κτηνοτροφία.

Δευτερογενής τομέας Παραγωγής: Ο δευτερογενής τομέας παραγωγής του νησιού επιβιώνει μόνο μέσα από τις λίγες βιοτεχνίες και εργαστήρια που υπάρχουν στο νησί και κυρίως εξυπηρετούν μικρές επιχειρήσεις που καλύπτουν τις ανάγκες των τουριστών.

Τριτογενής τομέας Παραγωγής: Σε αυτόν τον τομέα παραγωγής αδιαμφισβήτητα τον πρώτο ρόλο τον έχει ο τουρισμός που αποτελεί και το κλειδί της οικονομίας των Σπετσών. Με βάση την απογραφή του 2011 το νησί έχει 4027 μόνιμους κάτοικους εκ των οποίων μόνο οι 1140 είναι οικονομικά ενεργοί πολίτες. Το μεγαλύτερο ποσοστό (κοντά στο 65%) δήλωσε ότι ασχολείται με τον τριτογενή τομέα παραγωγής και πέρα από τουριστικές υπηρεσίες συναντούνται ασχολίες όπως το εμπόριο, η εκπαίδευση, οι μεταφορές και οι υπηρεσίες επικοινωνίας.

Διαδρομή Κόστα – Σπέτσες

Η διαδρομή αυτή είναι μόλις 1.6 μίλια πράγμα που μας δίνει την δυνατότητα να μελετήσουμε για την μετασκευή του πλοίου που εκτελεί αυτό το δρομολόγιο σε μπαταριόπλοιο λόγω της περιορισμένης ισχύς που θα απαιτείται. Το πλοίο που έχει επιλεγεί για την συγκεκριμένη διαδρομή είναι το KATERINA STAR με IMO#9563263 και είναι ένα πλοίο τύπου παντόφλα που εκτελεί ακόμα και σήμερα το συγκεκριμένο δρομολόγιο. Το KATERINA STAR είναι ένα **Ro-Ro/Passenger Ship** που έχει ναυπηγηθεί το 2001 (**22 χρόνια πριν**) με ελληνική σημαία. Παρά το γεγονός ότι η ηλικία του πλοίου δεν είναι κατάλληλη για την συγκεκριμένη μετασκευή υπάρχουν αρκετά πλοία στον ελληνικό στόλο επιβατηγών που έχουν αντίστοιχη χωρητικότητα και διαστάσεις οπότε θα υπάρχει άμεση συσχέτιση και με αρκετά άλλα πλοία.

Παρακάτω αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά του πλοίου.

Τεχνικά χαρακτηριστικά του KATERINA STAR		
Type	RO-RO Passenger Ship	
IMO Number	9563263	
Year built	2001	
LOA	43	m
B	12,96	m
D	3,8	m
T	2,6	m
DWT	78	tn
Number of M/E	2	
Operating M/E	2	
Number of G/E	2	
Operating G/E	1	
Route	Κόστα - Σπέτσες	
Distance	1,6	nm
Time cruising	10	min
Time maneuvering	1	min
Time at port	20	min
Vmax	16	kn
Vservice	12	kn
P _{M/E} _MCR	500	KW
P _{M/E} _service	300	KW
P _{G/E} _MCR	120	KW
P _{G/E} _service_sea	50	KW
P _{G/E} _service_port	25	KW



KATERINA STAR, IMO NUMBER:963263

4.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής

Προκειμένου να υπολογίσουμε την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς για το συγκεκριμένο πλοίο είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το φορτίο που θα επιδέχεται η κύρια μηχανή κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και επίσης να εκτιμηθούν και οι ενεργειακές απαιτήσεις που καλύπτουν οι γεννήτριες τόσο στο λιμάνι όσο και εν πλω. Για τις ενεργειακές απαιτήσεις θα θεωρήσουμε, από συλλογή διάφορων δεδομένων που έχουν γίνει για όμοια πλοία που εκτελούν μικρές πορθμειακές γραμμές, ότι κατά τη διάρκεια του ταξιδιού θα κυμαίνονται μεταξύ 45-50 KW ενώ κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι οι ενεργειακές απαιτήσεις θα κυμαίνονται μεταξύ 20-25 KW.

Για τον προσδιορισμό του φορτίου της κύριας μηχανής θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου μας σε σχέση με την μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει όταν η μηχανή λειτουργεί σε συνθήκες μέγιστης ισχύος. Αφού υπολογίσουμε την ταχύτητα υπηρεσίας μας θα μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική αντίσταση του πλοίου και μέσω αυτής και το φορτίο λειτουργίας της κύριας μηχανής.

Προσδιορισμός Φορτίου λειτουργίας κύριας μηχανής

Τα πλοία που θα μελετηθούν στη συγκεκριμένη εργασία ανήκουν στην κατηγορία γρήγορων σκαφών εκτοπίσματος και σύμφωνα με το βιβλίο του μαθήματος αντίστασης και πρόωσης θα θεωρήσουμε ότι η σχέση της αντίστασης με την ταχύτητα είναι παραβολικής μορφής.

$$R_{\text{total}} = C_R * V_S^2$$

Επίσης έχουμε ότι:

$$PC = \frac{\text{Power}_{\text{tug}}}{\text{TotalPower}_{\text{engine}}} \Rightarrow \text{Power}_{\text{tug}}(\text{PS})_{\text{MCR}} = PC_{\text{MCR}} * P_{\text{MCR}}$$

$$\text{Power}_{\text{tug}} = \frac{N * R_{\text{tug}} * V_{\text{smax}}}{75} \xrightarrow{\text{N: αριθμός κύριων μηχανών σε λειτουργία}}$$

$$R_{\text{tug_vsmax}} = \frac{75 * PC_{\text{MCR}} * P_{\text{MCR}}}{N * V_{\text{smax}}} \text{ (kp) και } V_{\text{smax}} \text{ (m/s)}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = C_R * V_S^2 \Rightarrow C_R = \frac{R_{\text{tug_vsmax}}}{V_{\text{sm}}^2}$$

Με γνωστή την μέγιστη ταχύτητα του πλοίου και μια εκτίμηση για τον βαθμό απόδοσης της μηχανής μένει μόνο να υπολογίσουμε την αντίσταση ρυμούλκησης σε ήρεμο νερό R_{tug} για την ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου μας που θα γίνει μέσα από την σχέση αντίστασης και ταχύτητας που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω. Τέλος αφού υπολογιστεί η τελική αντίσταση ρυμούλκησης θα χρησιμοποιηθεί και ένας καινούριος βαθμός απόδοσης που θα είναι σχετικά μικρότερος από τον αρχικό διότι η μηχανή μας είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί πιο αποδοτικά σε μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτήν που θα έχουμε.

$$R_{tug_service} = 1.2 * \frac{R_{tug_vsmax}}{V_{smax}^2} * V_{service}^2 = 1.2 * \frac{75 * PC_{MCR} * P_{MCR}}{N * V_{smax}} * \left(\frac{V_{service}}{V_{sm}} \right)^2 \text{ (Kp)}$$

$$Power_{tug_service} = \frac{N * R_{tug_service} * V_{service}}{75} \text{ (PS)}$$

$$Power_engine = Power_{tug_service} / PC_{Vservice}$$

$PC_{Vservice}$: Ο βαθμός απόδοσης στην ταχύτητα υπηρεσίας

Επειδή και στις παντόφλες και στα αμφίπλωρα σκάφη που μελετάμε θα λειτουργούν περισσότερες από μία μηχανές τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ολική ισχύς που θα παράγουν όλες οι μηχανές μαζί.

Προσδιορισμός της Ταχύτητας Υπηρεσίας

Προκειμένου να εκτιμηθεί η ταχύτητα υπηρεσίας θα υποθέσουμε ότι χρειάζεται 1 λεπτό μέχρι να επιτύχει το πλοίο μας την επιθυμητή ταχύτητα και ακόμα 1 λεπτό μέχρι την ακινησία. Για την συγκεκριμένη διαδρομή που είναι 1.6 μίλια και από παρατήρηση καθημερινών διαδρομών του πλοίου στο συγκεκριμένο δρομολόγιο μέσω της πλατφόρμας Marine traffic, το πλοίο μας χρειάζεται περίπου 10 λεπτά για να εκτελέσει το συγκεκριμένο δρομολόγιο. Με γνωστή την απόσταση και την ταχύτητα μπορούμε να εκτιμήσουμε με ικανοποιητική ακρίβεια την ταχύτητα υπηρεσίας που απαιτείται που θα είναι περίπου 9 kn.

Προσδιορισμός Μέγιστου φορτίου λειτουργίας Μηχανής

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επειδή η ταχύτητα υπηρεσίας είναι αρκετά χαμηλότερη από την μέγιστη ταχύτητα θα χρησιμοποιήσουμε και χαμηλότερο βαθμό απόδοσης στην βάση του ότι η υπάρχουσα έλικα είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί πιο αποδοτικά σε μεγαλύτερη ταχύτητα από την επιλεγμένη. Άρα θα έχουμε $PC_{Vsmax}=0.6$ και $PC_{Vservice}=0.5$

Για το υπό μελέτη πλοίο γνωρίζουμε μέσα από δεδομένα παγκοσμίως διαδεδομένης πλατφόρμας στο χώρο της ναυτιλίας ότι η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου είναι 14 kn και με βάση αυτό και τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι οι μηχανές του πλοίου θα λειτουργούν στο 38% MCR. Κάνοντας μια μικρή προσαύξηση λόγω ρυπασμένης γάστρας (περίπου 20%) τότε θα θεωρήσουμε ότι οι μηχανές θα λειτουργούν περίπου στο **45% του MCR** στην ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου.

Για τους ελιγμούς στο λιμάνι του συγκεκριμένου πλοίου, επειδή είναι παντόφλα, που θα πραγματοποιούνται με την λειτουργία της κύριας μηχανής θα θεωρήσουμε ότι διαρκούν 1 λεπτό και περίπου στο **30% MCR**.

Βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου KATERINA STAR από την εφαρμογή Marine electrical:

Ship KATERINA STAR - [id: 46]

General

Name:

IMO:

Class:

Flag:

Type:

Principal Dimensions

Length (m):

Breadth (m):

Depth (m):

Draft (m):

DWT (t):

Main Engines

No of M/Es:

No of Operating M/Es:

M/E MCR (kW):

M/E NCR (kW):

M/E Manoeuvring Load (kW):

M/E NCR Consumption (gr/kWh):

M/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh):

M/E Efficiency Factor (0-1, Just for Reference):

Generator Engines

No of G/Es:

No of Operating G/Es:

G/E MCR (kW):

G/E NCR (kW):

G/E Manoeuvring Load (kW):

G/E Port Load (kW, For All Oper. G/Es):

G/E NCR Consumption (gr/kWh):

G/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh):

G/E Port Consumption (gr/kWh):

G/E Efficiency Factor (0-1):

DC Voltage (V):

4.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης

Για την επιλογή του κατάλληλου σεναρίου φόρτισης θα πρέπει αν λάβουμε υπ' όψιν πρωταρχικά την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς και το βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας. Για την συγκεκριμένη διαδρομή θα γίνει αρχικά μια συγκριτική μελέτη για φόρτιση μετά από έναν αριθμό δρομολογίων και έπειτα για ενδιάμεση φόρτιση σε κάθε λιμάνι όπου ο χρόνος παραμονής θα για φόρτιση θα είναι 20 λεπτά και θα θεωρηθεί ότι ο χρόνος για σύνδεση και αποσύνδεση θα διαρκεί περίπου 2 λεπτά.

Φόρτιση μετά από συγκεκριμένο αριθμό δρομολογίων

1^ο: Φόρτιση κάθε 3 δρομολόγια

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 8	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 176	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 38.88 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 215.38 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 265.83 kW	New DOD: 0.648	
	Total Weight of Batteries: 2868.8 kg	
	Total Volume of Batteries: 1.78 m ³	
	Daily Cycles: 3.457	
	Life Expectancy: 6.43 years	

2^ο: Φόρτιση κάθε 4 δρομολόγια

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 10	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 220	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 41.46 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 287.18 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 332.29 kW	New DOD: 0.691	
	Total Weight of Batteries: 3586 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.22 m ³	
	Daily Cycles: 2.766	
	Life Expectancy: 8.03 years	

3^ο: Φόρτιση κάθε 5 δρομολόγια

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 12	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 264	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 43.20 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 358.97 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 398.75 kW	New DOD: 0.72	
	Total Weight of Batteries: 4303.2 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.67 m ³	
	Daily Cycles: 2.305	
	Life Expectancy: 9.64 years	

4^ο: Φόρτιση κάθε 6 δρομολόγια

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 14	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 308	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 44.46 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 430.76 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 465.2 kW	New DOD: 0.741	
	Total Weight of Batteries: 5020.4 kg	
	Total Volume of Batteries: 3.11 m ³	
	Daily Cycles: 1.975	
	Life Expectancy: 11.25 years	

Συγκεντρωτικά τα παραπάνω αποτελέσματα συμπυκνώνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Routes W/O charging	MAX_DOD_real	E_installed (kwh)	Daily_cycles	Life_exp (years)	Required time for charging
3	0.648	265.83	3.457	6.43	38.88
4	0.691	332.29	2.766	8.03	41.46
5	0.72	398.75	2.305	9.64	43.2
6	0.741	465.2	1.975	11.25	44.46

Συμπερασματικά ο βέλτιστος αριθμός δρομολογίων χωρίς ενδιάμεση φόρτιση θα είναι 4 διότι επιτυγχάνουμε τον καλύτερο συνδυασμό μεταξύ απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύς και διάρκεια ζωής των μπαταριών. Επειδή η απαίτηση στο συγκεκριμένο δρομολόγιο για μεγάλο αριθμό ταξιδιών δεν υπάρχει, με βάση την υπάρχουσα κατάσταση, ο χρόνος φόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση των 4 δρομολογίων δεν επηρεάζει την λειτουργία του πλοίου μας.

Φόρτιση σε κάθε ενδιάμεση διαδρομή

1^ο: Με ρεύμα φόρτισης 15 A

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 16	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 352	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 18.00 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 472.67 kW	C Rate (During Charging): 0.25	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 531.66 kW	New DOD: 0.584	
	Total Weight of Batteries: 5737.6 kg	
	Total Volume of Batteries: 3.56 m3	
	Daily Cycles: 1.728	
	Life Expectancy: 12.86 years	

2^ο: Με ρεύμα φόρτισης 20 A

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 12	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 264	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 18.00 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 395.15 kW	C Rate (During Charging): 0.34	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 398.75 kW	New DOD: 0.779	
	Total Weight of Batteries: 4303.2 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.67 m3	
	Daily Cycles: 2.305	
	Life Expectancy: 9.64 years	

3°: Με ρεύμα φόρτισης 30 A

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 10	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 220	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 18.00 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 297.55 kW	C Rate (During Charging): 0.51	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 332.29 kW	New DOD: 0.477	
	Total Weight of Batteries: 3586 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.22 m ³	
	Daily Cycles: 2.766	
	Life Expectancy: 8.03 years	

4°: Με ρεύμα φόρτισης 35 A

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 16.67 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 150 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh	No. of Batteries Parallel: 8	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 114.87 kWh	Total No. of Batteries: 176	Electric Motor Power: 140 kW
Total Energy/Day: 918.96 kWh	Charging Time: 18.00 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 264.85 kW	C Rate (During Charging): 0.59	Charger Power: 60 kW
Energy installed: 265.83 kW	New DOD: 0.787	
	Total Weight of Batteries: 2868.8 kg	
	Total Volume of Batteries: 1.78 m ³	
	Daily Cycles: 3.457	
	Life Expectancy: 6.43 years	

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα όλων των σεναρίων:

Charging Current	MAX_DOD_real	E_installed (kwh)	Daily_cycles	Life_exp (years)
15	0.584	531.66	1.728	12.86
20	0.779	398.75	2.305	9.64
30	0.477	332.29	2.766	8.03
35	0.787	265.83	3.457	6.43

Για ενδιάμεση φόρτιση σε κάθε λιμάνι συμπεραίνουμε ότι το βέλτιστο ρεύμα φόρτισης είναι A=30 διότι μας εξασφαλίζει μικρή απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ σε συνδυασμό με μικρό βάθος αποφόρτισης που θα εγγυάται την διάρκεια της μπαταρίας στο χρόνο που μελετάμε για το συγκεκριμένο project.

Εφόσον το πλοίο θα παραμένει για αρκετά μεγάλο διάστημα στα λιμάνια και η τελική εγκατεστημένη ισχύς και των δύο σεναρίων είναι η ίδια, θα επιλέξουμε το πλοίο να φορτίζει ενδιάμεσα σε κάθε λιμάνι γιατί έτσι επιτυγχάνουμε μικρότερο βάθος αποφόρτισης.

Παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα μέσα από την εφαρμογή *Marine electrical*:

Results

Energy

Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh
 Port Energy/Trip: 16.67 kWh
 Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh
 Total Energy/Trip: 114.87 kWh
 Total Energy/Day: 918.96 kWh
 Energy Min: 297.55 kW
 Energy installed: 332.29 kW

Battery

Battery Arrays: 2
 No. of Modules Series: 22
 No. of Batteries Parallel: 10
 Total No. of Batteries: 220
 Charging Time: 18.00 min
 C Rate (During Charging): 0.51
 New DOD: 0.477
 Total Weight of Batteries: 3586 kg
 Total Volume of Batteries: 2.22 m³
 Daily Cycles: 2.766
 Life Expectancy: 8.03 years

Equipment

No. of Inverters: 2
 Inverter Power: 150 kW
 No. of Motors: 2
 Electric Motor Power: 140 kW
 No. of Chargers: 2
 Charger Power: 60 kW

Financial

Buying Cost: 295652.48 \$
 Battery: 152852.48 \$
 Inverter: 90000 \$
 Motor: 16800 \$
 Charger: 36000 \$
 Selling Cost: 28400 \$
 Grant: 0 \$
 Total Cost after Sell: 267252.48 \$

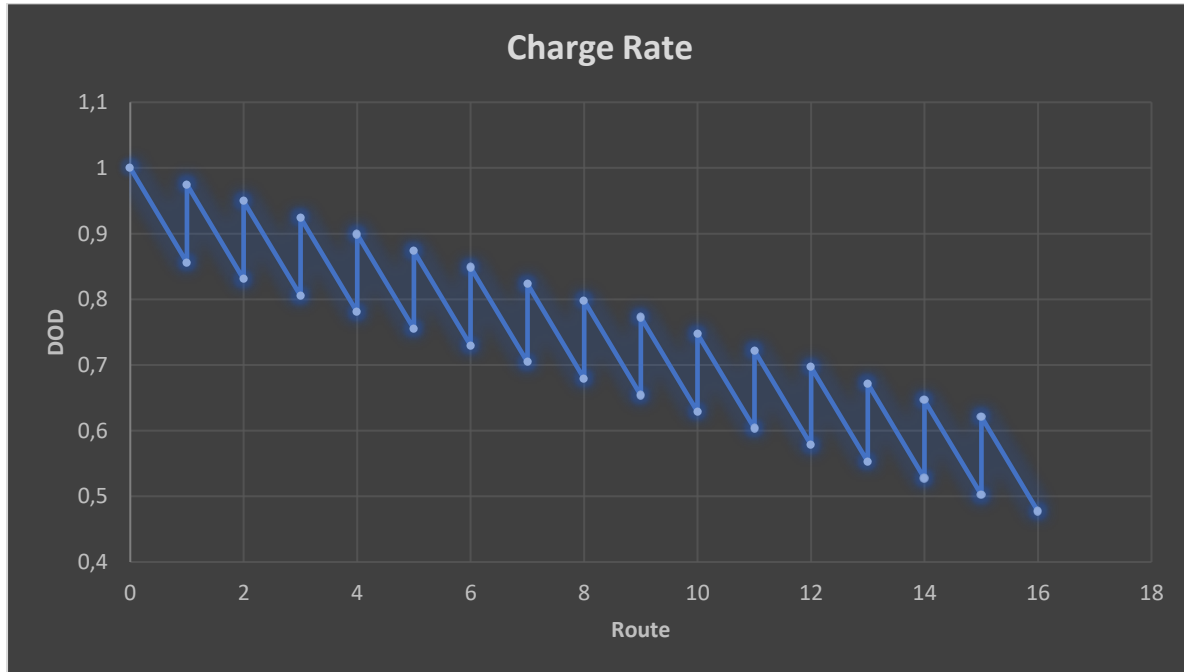
Pre-Retrofit Fuel Costs: 47225.7 \$/year
 Battery Fuel Costs: 16541.28 \$/year
 Fuel Costs Benefit: 30684.42 \$/year

Pre-Retrofit Maintenance Costs: 8880 \$/year
 Battery Maintenance Costs: 3389.34 \$/year
 Maintenance Costs Benefit: 5490.66 \$/year

Total Benefits: 36175.08 \$/year

(Changes per year in a long-term calculation depending on growing rate)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τον βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση κάθε δρομολογίου και της αντίστοιχη φόρτιση σε κάθε λιμάνι. Μετά το τέλος και των 8 ταξιδιών το πλοίο θα φορτιστεί στο 100% της χωρητικότητας των μπαταριών προκειμένου να επαναλάβει τα ταξίδια την επόμενη μέρα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα και με βάση και τους υπολογισμούς μας στα προηγούμενα κεφάλαια το μέγιστο βάθος αποφόρτισης θα είναι περίπου στο 45% και προφανώς θα συμβαίνει μετά την ολοκλήρωση και του τελευταίου ταξιδιού.



Διάγραμμα 4: Βάθος αποφόρτισης της μπαταρίας σε σχέση με τα δρομολόγια

Οικονομικοί παράμετροι

Για να υπολογίσουμε το τελικό κόστος της μετασκευής και το λειτουργικό κόστος του πλοίου στο διάστημα μελέτης της εργασίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω τιμές:

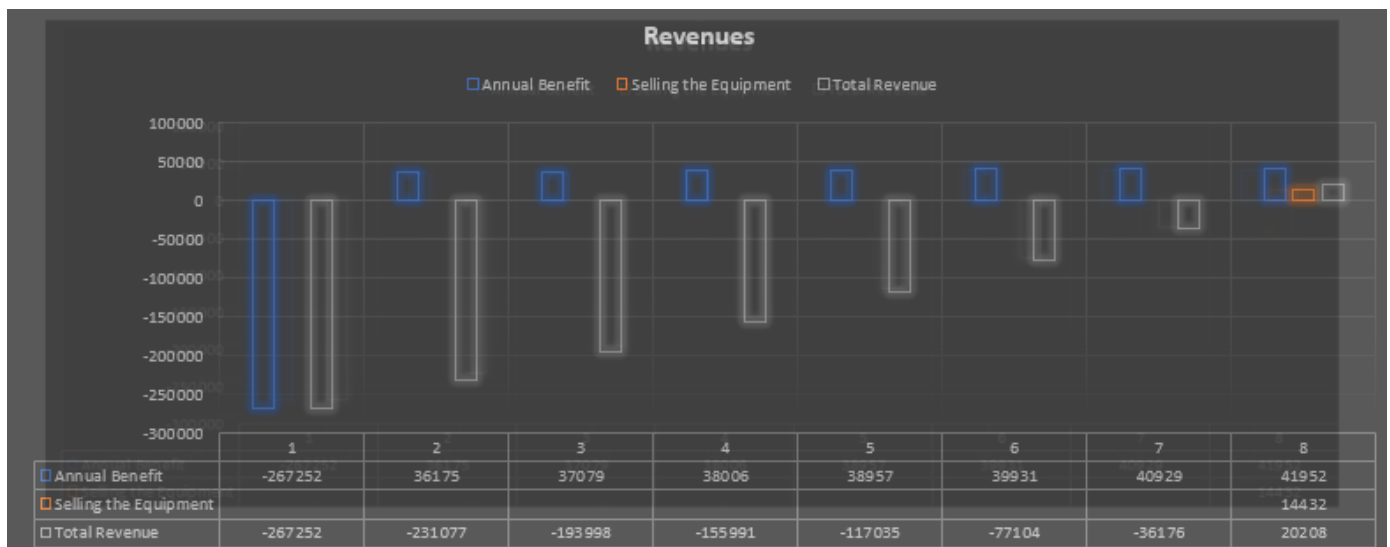
Financial	Results		Operation & Maintenance
Energy Seagoing Energy/Trip: 93.2 kWh Port Energy/Trip: 16.67 kWh Manoeuvring Energy/Trip: 5 kWh Total Energy/Trip: 114.87 kWh Total Energy/Day: 918.96 kWh Energy Min: 297.55 kW Energy installed: 332.29 kW	Battery Battery Arrays: 2 No. of Modules Series: 22 No. of Batteries Parallel: 10 Total No. of Batteries: 220 Charging Time: 18.00 min C Rate (During Charging): 0.51 New DOD: 0.477 Total Weight of Batteries: 3586 kg Total Volume of Batteries: 2.22 m3 Daily Cycles: 2.766 Life Expectancy: 8.03 years	Equipment No. of Inverters: 2 Inverter Power: 150 kW No. of Motors: 2 Electric Motor Power: 140 kW No. of Chargers: 2 Charger Power: 60 kW	
Buying Cost: 295652.48 \$ Battery: 152852.48 \$ Inverter: 90000 \$ Motor: 16800 \$ Charger: 36000 \$ Selling Cost: 28400 \$ Grant: 0 \$ Total Cost after Sell: 267252.48 \$	Pre-Retrofit Fuel Costs: 47225.7 \$/year Battery Fuel Costs: 16541.28 \$/year Fuel Costs Benefit: 30684.42 \$/year	Pre-Retrofit Maintenance Costs: 8880 \$/year Battery Maintenance Costs: 3389.34 \$/year Maintenance Costs Benefit: 5490.66 \$/year	
Total Benefits: 36175.08 \$/year <small>(Changes per year in a long-term calculation depending on growing rate)</small>			

Υπολογίζουμε στη συνέχεια το κέρδος ανά έτος λόγω του κόστους των καυσίμων που γλιτώνουμε καθώς και το κέρδος ανά έτος για την συντήρηση του εξοπλισμού και βρίσκουμε το συνολικό ετήσιο κέρδος μετά την μετασκευή όπως φαίνεται παρακάτω:

Μελέτη Βιωσιμότητας

Καθώς στο σενάριο που έχουμε επιλέξει η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι λίγο πάνω από 8 χρόνια, άρα η περίοδος μελέτης της μετασκευής που θα επιλεγεί είναι τα 7 χρόνια. Τα 7 χρόνια είναι μια καλή εκτιμώμενη περίοδος για την ζωή των μπαταριών διότι μετά από περίπου τόσα χρόνια, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, στις μπαταρίες φθίνουν απότομα οι ιδιότητές τους.

Μελέτη βιωσιμότητας χωρίς χρηματοδότηση:



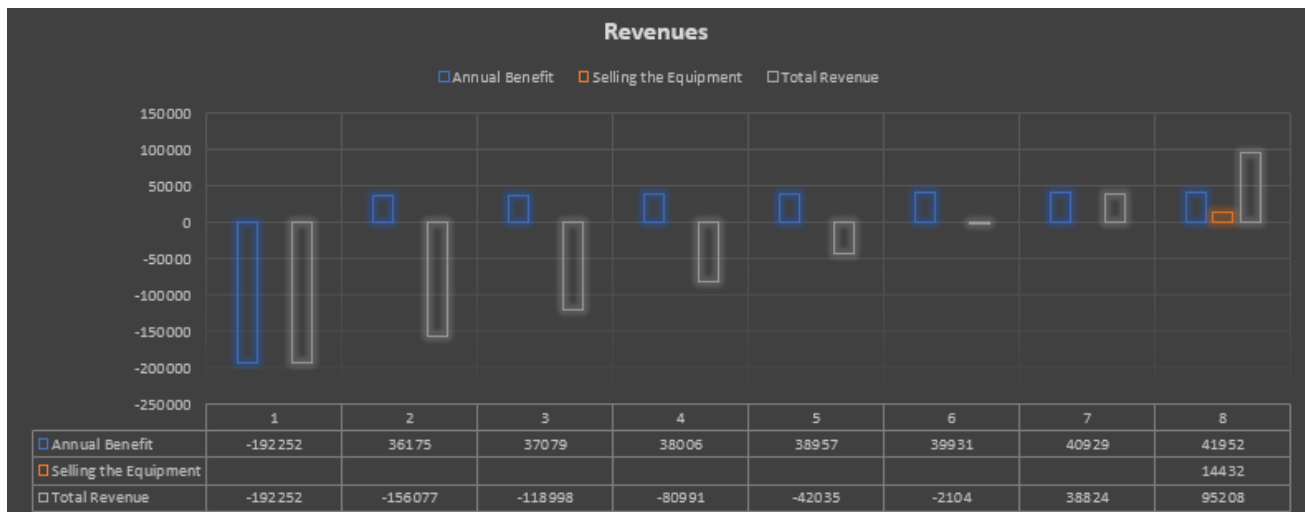
Διάγραμμα 5: Αρχικό κόστος κεφαλαίου και ετήσια έσοδα χωρίς χρηματοδότηση

Υπολογίζουμε για το παραπάνω σενάριο το NPV ως εξής:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{Rt}{(1+i)^t}$$

NPV= -71618.1 \$

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε για την ίδια επένδυση την βιωσιμότητα με αρχική χρηματοδότηση της τάξεως των 75000\$ και θα εκτιμήσουμε και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης εξισώνοντας την παρούσα αξία των μελλοντικών ταμειακών ροών μας με την τρέχουσα αξία της επένδυσης.



Διάγραμμα 6: Αρχικό κόστος κεφαλαίου και ετήσια έσοδα με αρχική χρηματοδότηση

NPV= 3381,85\$

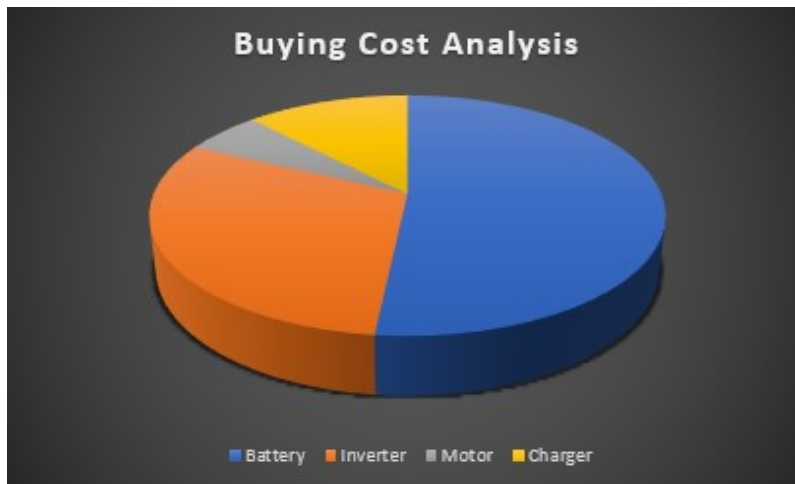
IRR= 10%

4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την διαδρομή Κόστα – Σπέτσες

Συμπερασματικά για την διαδρομή Κόστα-Σπέτσες το βέλτιστο σενάριο φόρτισης είναι αυτό με τις ενδιάμεσες φορτίσεις σε κάθε λιμάνι. Παρά το γεγονός ότι και με την φόρτιση μετά απο 4 συνεχείς διαδρομές, η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς θα ήταν ίδια, με το επιλεγμένο σενάριο επιτυγχάνεται μικρότερο βάθος αποφόρτισης των μπαταριών και άρα λειτουργία σε πιο ασφαλές εύρος για τις μπαταρίες μας. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα με την μετασκευή του πλοίου σε μπαταριόπλοιο να κάνει και συνεχή δρομολόγια χωρίς ενδιάμεση φόρτιση σε περίπτωση που υπάρχει κάποια έκτακτη ανάγκη.

Στο επιλεγθείς σενάριο οι μπαταρίες του πλοίου θα φορτίζουν με ρεύμα 30 A και θα χρειαστεί να αγοραστούν δύο επαγωγικοί κινητήρες 140K KW ο καθένας, δύο inverters ισχύος 150 KW ο καθένας και επιπλέον δύο φορτιστές ισχύος 60 KW ο καθένας. Το κόστος της μετασκευής συνολικά θα ανέρχεται στις 267252.48\$ και η επιστροφή μέσα στο πρώτο χρόνο από το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού και από την κατανάλωση καυσίμου θα είναι 36175.08\$.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με την ανάλυση του κόστους:



Batteries: 152852,48\$

Inverters: 90000\$

Motor:16800\$

Charger:36000\$

Διάγραμμα 7: Ανάλυση κόστους μετασκευής Κόστα - Σπέτσες

Η συγκεκριμένη επένδυση καθίσταται ως μη βιώσιμη διότι χωρίς χρηματοδότηση έχουμε αρνητική τιμή στην καθαρά παρούσα αξία. Η χρονική περίοδος μελέτης είναι τα 7 χρόνια με πιθανή επέκταση και στα 14 όπως έχει μελετηθεί σε προηγούμενες εργασίες. Με την απαραίτητη αρχική χρηματοδότηση, που είναι 75000\$, η επένδυση μας γίνεται βιώσιμη και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου στο 10%. Το ποσό αυτό αποτελεί το 28% του αρχικού κόστους της επένδυσης, μια λογική τιμή για να χρηματοδοτήσει κάποιος το συγκεκριμένο έργο ειδικά αν συνυπολογίσουμε ότι πρόκειται για μια μελέτη με περιβαλλοντικά οφέλη. Είναι αρκετές οι δράσεις που γίνονται από την Ευρώπη σε αυτή την κατεύθυνση και θέλουν να ενθαρρύνουν τέτοιες επενδύσεις που συμπλέουν με την ιδέα της πράσινης Ευρώπης.

Κεφάλαιο 5^ο: Μελέτη διαδρομής Ελαφόνησος – Πούντα

5.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Ελαφόνησος – Πούντα

Η πορθμειακή γραμμή Ελαφόνησος – Πούντα έχει απόσταση 0.7 nm και εκτελείται από δύο πλοία, το ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ και το ΚΑΤΩ ΝΗΣΙ, που πραγματοποιούν ένα ολόκληρο ταξίδι (δύο δρομολόγια) σε διάρκεια μιας ώρας. Ο χρόνος εν πλω είναι περίπου 9 λεπτά οπότε ο χρόνος παραμονής των εν λόγω πλοίων στο λιμάνι διαρκεί 20 λεπτά. Το πλοίο που θα χρησιμοποιηθεί για την συγκεκριμένη μελέτη είναι το ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά περιγράφονται παρακάτω:

Τεχνικά χαρακτηριστικά του ELAFONISOS		
Type	RO-RO Passenger Ship	
IMO Number	9780433	
Year built	2015	
LOA	28,3	m
B	14,5	m
D	1,7	m
T	1,25	m
DWT	162	tn
Number of M/E	2	
Operating M/E	2	
Number of G/E	2	
Operating G/E	1	
Route	Πούντα - Ελαφόνησος	
Distance	0,7	nm
Time cruising	9	min
Time maneuvering	1	min
Time at port	20	min
Vmax	10	kn
Vservice	5	kn
P _{M/E} _MCR	662	KW
P _{M/E} _service	198,6	KW
P _{G/E} _MCR	80	KW
P _{G/E} _service_sea	40	KW
P _{G/E} _service_port	20	KW

5.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής

Όπως και προηγουμένως, για να έχουμε μια καλή εκτίμηση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύς θα πρέπει να προσδιορίσουμε το φορτίο τόσο της κύριας μηχανής όσο και των γεννητριών κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι. Για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίου και με βάση δεδομένα που υπάρχουν για τις ενεργειακές απαιτήσεις που πρέπει να καλύψουν οι γεννήτριες θα θεωρήσουμε ότι για το λιμάνι το πλοίο μας χρειάζεται 20 KW ενώ εν πλω 40 KW. Όσον αφορά την κύρια μηχανή, αφού εκτιμήσουμε την ταχύτητα υπηρεσίας θα υπολογιστεί ξανά το φορτίο λειτουργίας της μηχανής αφού κάνουμε μια εκτίμηση για την συνολική αντίσταση του πλοίου.

Για την συγκεκριμένη απόσταση που πρέπει να καλύψει το πλοίο (0.7 nm) στο χρόνο των 9 λεπτών και αν συμπεριλάβουμε ότι χρειάζεται περίπου 1 λεπτό μέχρι να επιτύχει την ταχύτητα υπηρεσίας, η ταχύτητα μας θα είναι περίπου 5 kn. Στο συγκεκριμένο συμπεριλαμβάνεται και ο χρόνος πηδαλιουχίας μιας και το υπό μελέτη πλοίο είναι παντόφλα.

Προσδιορισμός Μέγιστου φορτίου λειτουργίας Μηχανής

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επειδή η ταχύτητα υπηρεσίας είναι αρκετά χαμηλότερη από την μέγιστη ταχύτητα θα χρησιμοποιήσουμε και χαμηλότερο βαθμό απόδοσης στην βάση του ότι η υπάρχουσα έλικα είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί πιο αποδοτικά σε μεγαλύτερη ταχύτητα από την επιλεγμένη. Άρα θα έχουμε $PC_{Vsmax}=0.6$ και $PC_{Vservice}=0.5$

Για το υπό μελέτη πλοίο γνωρίζουμε μέσα από δεδομένα παγκοσμίως διαδεδομένης πλατφόρμας στο χώρο της ναυτιλίας ότι η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου είναι 10 kn και με βάση αυτό και τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι οι μηχανές του πλοίου θα λειτουργούν στο 23% MCR. Κάνοντας μια μικρή προσαύξηση λόγω ρυπασμένης γάστρας (περίπου 20%) τότε θα θεωρήσουμε ότι οι μηχανές θα λειτουργούν περίπου στο **30% του MCR** στην ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου.

Για τους ελιγμούς στο λιμάνι του συγκεκριμένου πλοίου, επειδή είναι παντόφλα, που θα πραγματοποιούνται με την λειτουργία της κύριας μηχανής θα θεωρήσουμε ότι διαρκούν 1 λεπτό και περίπου στο **25% MCR**.

Βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου ELAFONISOS από την εφαρμογή Marine electrical:

Ship ELAFONISOS - [id: 38]

General

Name:

IMO:

Class :

Flag :

Type :

Principal Dimensions

Length (m):

Breadth (m):

Depth (m):

Draft (m):

DWT (t):

Main Engines

No of M/Es :

No of Operating M/Es :

M/E MCR (kW):

M/E NCR (kW):

M/E Manoeuvring Load (kW):

M/E NCR Consumption (gr/kWh):

M/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh):

M/E Efficiency Factor (0-1, Just for Reference):

Generator Engines

No of G/Es :

No of Operating G/Es :

G/E MCR (kW):

G/E NCR (kW):

G/E Manoeuvring Load (kW):

G/E Port Load (kW, For All Oper. G/Es):

G/E NCR Consumption (gr/kWh):

G/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh):

G/E Port Consumption (gr/kWh):

G/E Efficiency Factor (0-1):

DC Voltage (V):

5.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης

Για την επιλογή του κατάλληλου σεναρίου φόρτισης θα πρέπει αν λάβουμε υπ' όψιν πρωταρχικά την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς και το βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας. Για την συγκεκριμένη διαδρομή θα γίνει αρχικά μια συγκριτική μελέτη για φόρτιση μετά από έναν αριθμό δρομολογίων και έπειτα για ενδιάμεση φόρτιση σε κάθε λιμάνι όπου ο χρόνος παραμονής θα για φόρτιση θα είναι 20 λεπτά και θα θεωρηθεί ότι ο χρόνος για σύνδεση και αποσύνδεση θα διαρκεί περίπου 2 λεπτά.

Φόρτιση μετά από συγκεκριμένο αριθμό δρομολογίων

1^ο: Φόρτιση κάθε 3 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 74.72 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 13.33 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 140 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 13.79 kWh	No. of Batteries Parallel: 6	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 101.84 kWh	Total No. of Batteries: 132	Electric Motor Power: 130 kW
Total Energy/Day: 814.72 kWh	Charging Time: 45.96 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 190.95 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy installed: 199.37 kW	New DOD: 0.766	
	Total Weight of Batteries: 2151.6 kg	
	Total Volume of Batteries: 1.33 m3	
	Daily Cycles: 4.086	
	Life Expectancy: 5.44 years	

2^ο: Φόρτιση κάθε 4 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 74.72 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 13.33 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 140 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 13.79 kWh	No. of Batteries Parallel: 8	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 101.84 kWh	Total No. of Batteries: 176	Electric Motor Power: 130 kW
Total Energy/Day: 814.72 kWh	Charging Time: 45.96 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 254.6 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy installed: 265.83 kW	New DOD: 0.766	
	Total Weight of Batteries: 2868.8 kg	
	Total Volume of Batteries: 1.78 m3	
	Daily Cycles: 3.065	
	Life Expectancy: 7.25 years	

3^ο: Φόρτιση κάθε 5 δρομολόγια

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 74.72 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 13.33 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 140 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 13.79 kWh	No. of Batteries Parallel: 10	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 101.84 kWh	Total No. of Batteries: 220	Electric Motor Power: 130 kW
Total Energy/Day: 814.72 kWh	Charging Time: 45.96 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 318.25 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy installed: 332.29 kW	New DOD: 0.766	
	Total Weight of Batteries: 3586 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.22 m ³	
	Daily Cycles: 2.452	
	Life Expectancy: 9.06 years	

4^ο: Φόρτιση κάθε 6 δρομολόγια

Results

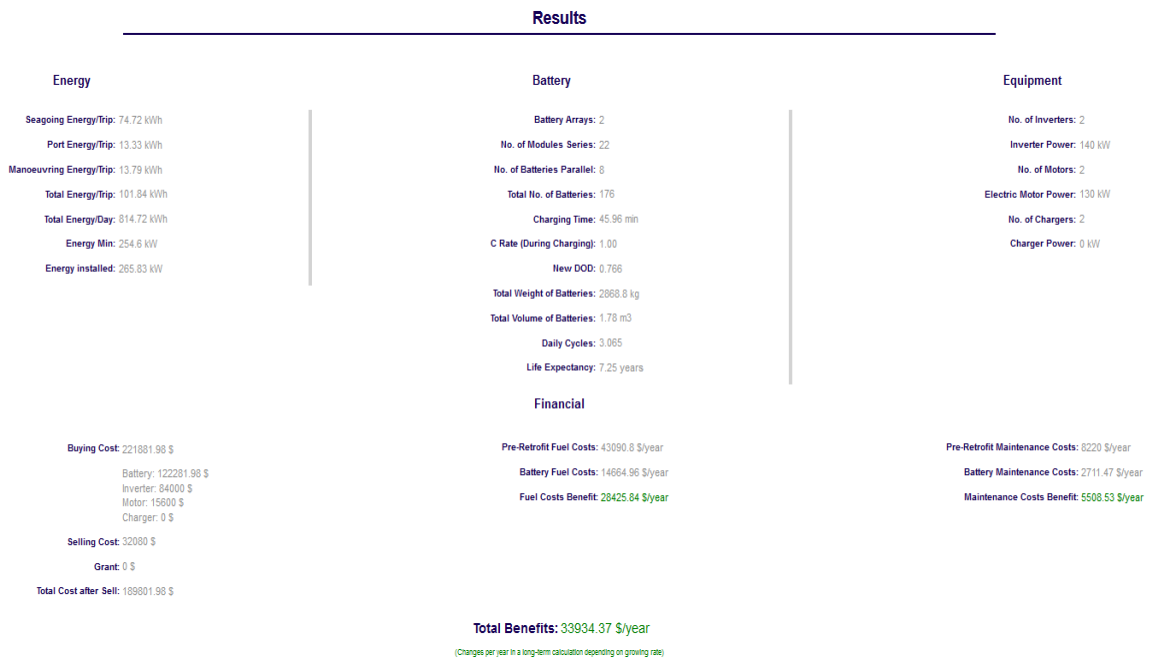
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 74.72 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 13.33 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 140 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 13.79 kWh	No. of Batteries Parallel: 12	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 101.84 kWh	Total No. of Batteries: 264	Electric Motor Power: 130 kW
Total Energy/Day: 814.72 kWh	Charging Time: 45.96 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 381.9 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy installed: 398.75 kW	New DOD: 0.766	
	Total Weight of Batteries: 4303.2 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.67 m ³	
	Daily Cycles: 2.043	
	Life Expectancy: 10.88 years	

Συγκεντρωτικά τα παραπάνω αποτελέσματα συμπυκνώνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Routes W/O charging	MAX_DOD_real	E_installed (kwh)	Daily_cycles	Life_exp (years)	Required time for charging
3	0.766	199.37	4.086	5.44	45.96
4	0.766	265.83	3.065	7.25	45.96
5	0.766	332.29	2.452	9.06	45.96
6	0.766	398.75	2.043	10.88	45.96

Συμπερασματικά ο βέλτιστος αριθμός δρομολογίων χωρίς ενδιάμεση φόρτιση θα είναι 4 διότι επιτυγχάνουμε τον καλύτερο συνδυασμό μεταξύ απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος και διάρκεια ζωής των μπαταριών. Επειδή η απαίτηση στο συγκεκριμένο δρομολόγιο για μεγάλο αριθμό ταξιδιών δεν υπάρχει, με βάση την υπάρχουσα κατάσταση, ο χρόνος φόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση των 4 δρομολογίων δεν επηρεάζει την λειτουργία του πλοίου μας.

Παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα μέσα από την εφαρμογή *Marine electrical*:



Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τον βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση των 4 δρομολογίων, την πλήρη φόρτιση των μπαταριών και την επανάληψη της διαδικασίας αυτής μέχρι να ολοκληρωθούν όλα τα απαιτούμενα δρομολόγια.. Μετά το τέλος και των ταξιδιών το πλοίο θα φορτιστεί στο 100% της χωρητικότητας των μπαταριών προκειμένου να επαναλάβει τα ταξίδια την επόμενη μέρα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα και με βάση και τους υπολογισμούς μας στα προηγούμενα κεφάλαια το μέγιστο βάθος αποφόρτισης θα είναι περίπου στο 78% και προφανώς θα συμβαίνει μετά την ολοκλήρωση και του τελευταίου ταξιδιού.



Διάγραμμα 8: Βάθος αποφόρτισης σε σχέση με τα δρομολόγια

Οικονομικοί παράμετροι

Για να υπολογίσουμε το τελικό κόστος της μετασκευής και το λειτουργικό κόστος του πλοίου στο διάστημα μελέτης της εργασίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω τιμές:

Financial	Operation & Maintenance
Initial Discount (%): <input type="text" value="0"/>	Electricity (\$/kW): <input type="text" value="0.05"/>
Inverter (\$/kW): <input type="text" value="300"/>	Fuel (\$/Ton): <input type="text" value="700"/>
Electric Motor (\$/kW): <input type="text" value="60"/>	Engine Maintenance (\$/kW): <input type="text" value="12"/>
Charger (\$/kW): <input type="text" value="300"/>	Fixed Battery Maint. (%): <input type="text" value="2"/>
M/E Sale (\$/kW): <input type="text" value="40"/>	Variable Battery Maint. (\$/kWh): <input type="text" value="1"/>
G/E Sale (\$/kW): <input type="text" value="35"/>	Year of battery replacement (if none input zero): <input type="text" value="0"/>
Battery Sale Price at replacement (%): <input type="text" value="15"/>	Battery Replacement Cost (\$/kW, if none input zero): <input type="text" value="0"/>
Discount Rate (0-1): <input type="text" value="0.1"/>	
Grant <input checked="" type="checkbox"/>	
Grant Value (\$): <input type="text" value="0"/>	

Longterm & Loan

Longterm

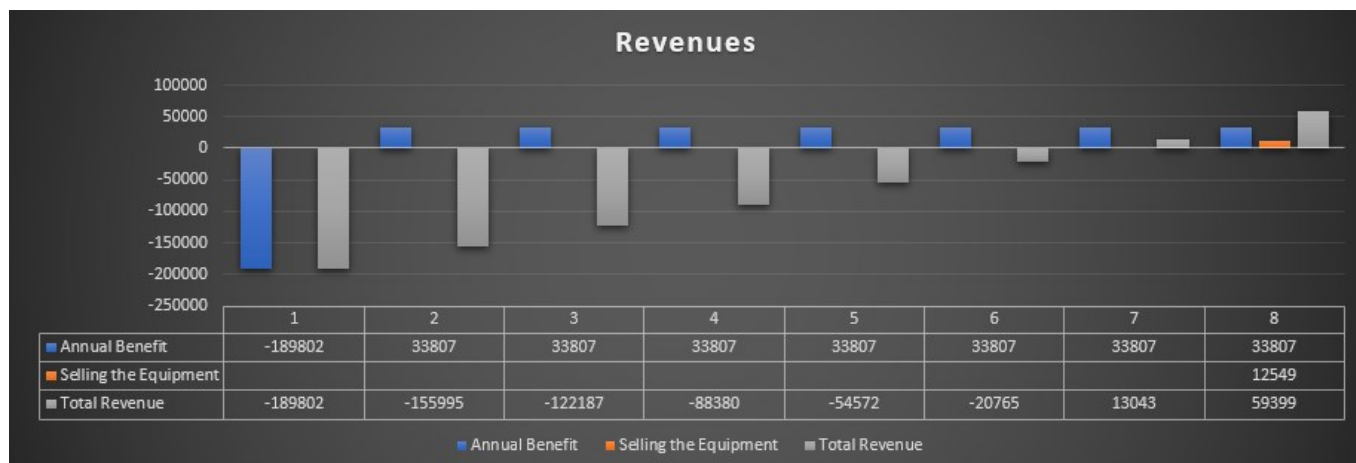
Υπολογίζουμε στη συνέχεια το κέρδος ανά έτος λόγω του κόστους των καυσίμων που γλιτώνουμε καθώς και το κέρδος ανά έτος για την συντήρηση του εξοπλισμού και βρίσκουμε το συνολικό ετήσιο κέρδος μετά την μετασκευή όπως φαίνεται παρακάτω:

Results

Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 74.72 kWh Port Energy/Trip: 13.33 kWh Manoeuvring Energy/Trip: 13.79 kWh Total Energy/Trip: 101.84 kWh Total Energy/Day: 814.72 kWh Energy Min: 254.6 kW Energy installed: 285.83 kW	Battery Arrays: 2 No. of Modules Series: 22 No. of Batteries Parallel: 8 Total No. of Batteries: 176 Charging Time: 45.96 min C Rate (During Charging): 1.00 New DOD: 0.766 Total Weight of Batteries: 2868.8 kg Total Volume of Batteries: 1.78 m3 Daily Cycles: 3.065 Life Expectancy: 7.25 years	No. of Inverters: 2 Inverter Power: 140 kW No. of Motors: 2 Electric Motor Power: 130 kW No. of Chargers: 2 Charger Power: 0 kW
Buying Cost: 221881.98 \$ Battery: 122281.98 \$ Inverter: 84000 \$ Motor: 15600 \$ Charger: 0 \$ Selling Cost: 32080 \$ Grant: 0 \$ Total Cost after Sell: 189801.98 \$	Pre-Retrofit Fuel Costs: 41319.9 \$/year Battery Fuel Costs: 14664.96 \$/year Fuel Costs Benefit: 26654.94 \$/year	Pre-Retrofit Maintenance Costs: 9864 \$/year Battery Maintenance Costs: 2711.47 \$/year Maintenance Costs Benefit: 7152.53 \$/year
Total Benefits: 33807.47 \$/year <small>(Changes per year in a long-term calculation depending on growing rate)</small>		

Μελέτη Βιωσιμότητας

Μελέτη βιωσιμότητας χωρίς χρηματοδότηση:



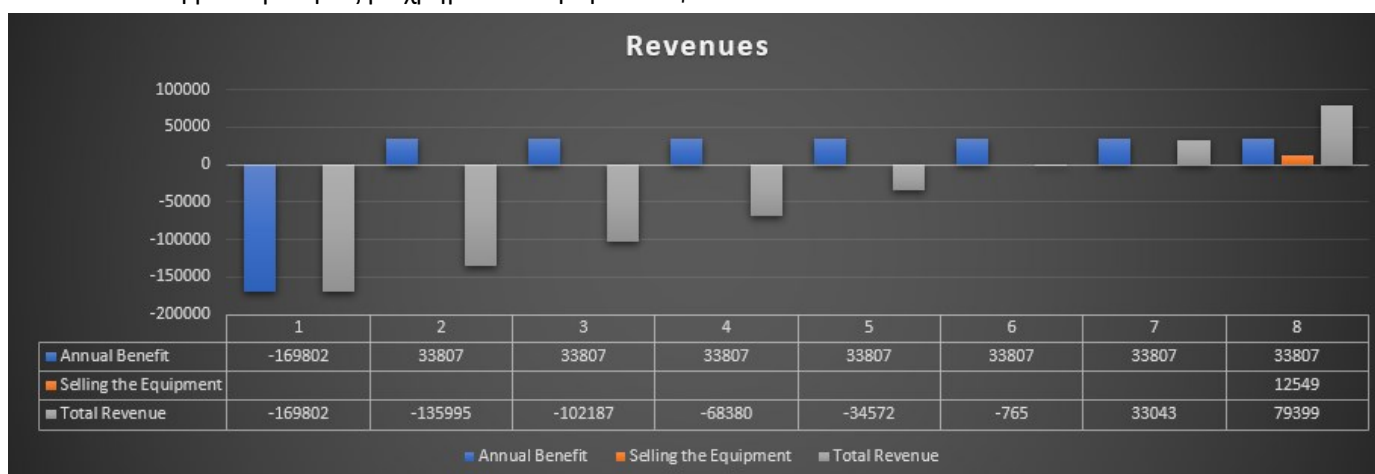
Διάγραμμα 9: Αρχικό κόστος μετασκευής και ετήσια έσοδα χωρίς χρηματοδότηση

Υπολογίζουμε για το παραπάνω σενάριο το NPV:

$$NPV = -18773.4\$$$

Είναι σαφές ότι για το επιλεγμένο σενάριο, δεν είναι βιώσιμη η επένδυση και θα απαιτείται αρχική χρηματοδότηση. Με 20000\$ αρχική χρηματοδότηση θα επανυπολογίσουμε την καθαρά παρούσα αξία και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης.

Μελέτη βιωσιμότητας με χρηματοδότηση 20000\$:



Διάγραμμα 10: Αρχικό κόστος εκπαίδευσης και ετήσια έσοδα με αρχική χρηματοδότηση

$$NPV = 1226.6\$$$

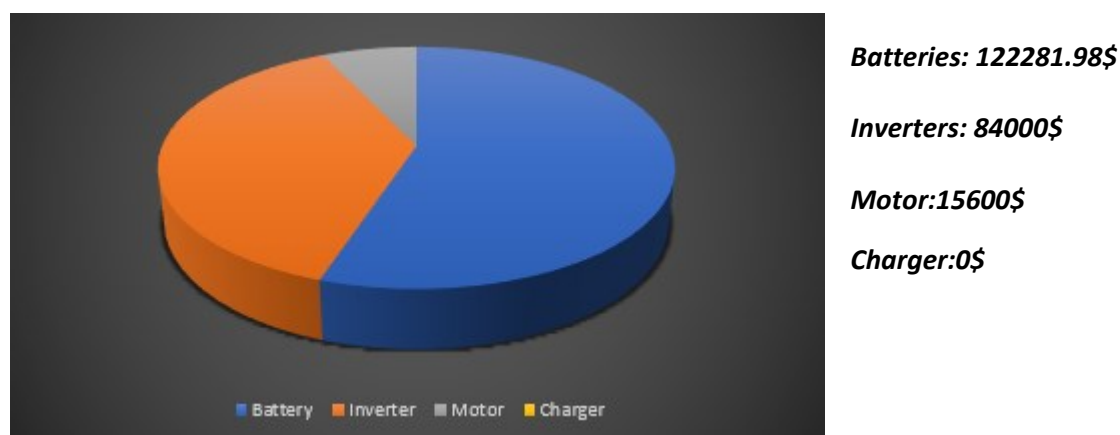
$$IRR = 10.2\%$$

5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την διαδρομή Ελαφόνησος – Πούντα

Συμπερασματικά για την διαδρομή Ελαφόνησος - Πούντα το βέλτιστο σενάριο φόρτισης είναι μετά από την πραγματοποίηση 4 συνεχόμενων δρομολογίων. Η εγκατεστημένη ισχύς μπαταριών στο πλοίο θα είναι 265,83 KW με μια εφεδρεία ισχύος 25%. Το βάρος των μπαταριών θα είναι περίπου στους 3 τόνους. Μετά από την ολοκλήρωση 4 δρομολογίων το πλοίο θα φορτίζει για περίπου 46 λεπτά με ρυθμό φόρτισης 1C rate μέχρι να φορτίσει στο μέγιστο της χωρητικότητας και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία για ακόμα 3 φορές μέσα στην ίδια μέρα.

Θα χρειαστεί να αγοραστούν δύο επαγωγικοί κινητήρες 130K KW ο καθένας και δύο inverters ισχύος 140 KW ο καθένας. Το κόστος της μετασκευής συνολικά θα ανέρχεται στις 189801.98\$ και η επιστροφή μέσα στο πρώτο χρόνο από το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού και από την κατανάλωση καυσίμου θα είναι 33807.47\$.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με την ανάλυση του κόστους:



Διάγραμμα 11: Ανάλυση κόστους μετασκευής Ελαφόνησος - Πούντα

Η συγκεκριμένη επένδυση καθίσταται ως μη βιώσιμη διότι χωρίς χρηματοδότηση έχουμε αρνητική τιμή στην καθαρά παρούσα αξία. Η χρονική περίοδος μελέτης είναι τα 7 χρόνια με πιθανή επέκταση και στα 14 όπως έχει μελετηθεί σε προηγούμενες εργασίες. Με την απαραίτητη αρχική χρηματοδότηση, που είναι 20000\$, η επένδυση μας γίνεται βιώσιμη και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου στο 10.2%. Το ποσό αυτό αποτελεί το 9% του αρχικού κόστους της επένδυσης, μια λογική τιμή για να χρηματοδοτήσει κάποιος το συγκεκριμένο έργο ειδικά αν συνυπολογίσουμε ότι πρόκειται για μια μελέτη με περιβαλλοντικά οφέλη. Είναι αρκετές οι δράσεις που γίνονται από την Ευρώπη σε αυτή την κατεύθυνση και θέλουν να ενθαρρύνουν τέτοιες επενδύσεις που συμπλέουν με την ιδέα της πράσινης Ευρώπης.

Κεφάλαιο 6^ο: Μελέτη διαδρομής Πούντα – Αντίπαρος

6.1 Βασικά χαρακτηριστικά για την διαδρομή Πούντα – Αντίπαρος

Η πορθμειακή γραμμή Πάρος Πούντα – Αντίπαρος έχει απόσταση 0.7 nm και εκτελείται από το πλοία ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΟΙΜΗΣΗΣ, ΑΓΙΑ ΜΑΡΙΝΑ ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ, ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ που πραγματοποιούν ένα ολόκληρο ταξίδι (δύο δρομολόγια) σε διάρκεια 20 λεπτών. Ο χρόνος εν πλω είναι περίπου 7 λεπτά οπότε ο χρόνος παραμονής των εν λόγω πλοίων στο λιμάνι διαρκεί πολύ λίγο. Το πλοίο που θα χρησιμοποιηθεί για την συγκεκριμένη μελέτη είναι το ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά περιγράφονται παρακάτω:



Τεχνικά χαρακτηριστικά του AGIOI ANARGYROI		
Type	RO-RO Passenger Ship	
IMO Number	9862645	
Year built	2018	
LOA	40	m
B	12,6	m
D	1,4	m
T	1,0	m
DWT	438	tn
Number of M/E	2	
Operating M/E	2	
Number of G/E	2	
Operating G/E	1	
Route	Πούντα Πάρου – Αντίπαρος	
Distance	0,7	nm
Time cruising	7	min
Time maneuvering	1	min
Time at port	2	min
Vmax	11,5	kn
Vservice	6	kn
P _{M/E} _MCR	706	KW
P _{M/E} _service	211.8	KW
P _{G/E} _MCR	105	KW
P _{G/E} _service_sea	45	KW
P _{G/E} _service_port	25	KW

6.2 Προσδιορισμός Ταχύτητας Υπηρεσίας και Φορτίου Λειτουργίας Μηχανής

Για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίου και με βάση δεδομένα που υπάρχουν για τις ενεργειακές απαιτήσεις που πρέπει να καλύψουν οι γεννήτριες θα θεωρήσουμε ότι για το λιμάνι το πλοίο μας χρειάζεται 25 KW και εν πλω 45 KW. Όσον αφορά την κύρια μηχανή, αφού εκτιμήσουμε την ταχύτητα υπηρεσίας θα υπολογιστεί ξανά το φορτίο λειτουργίας της μηχανής αφού κάνουμε μια εκτίμηση για την συνολική αντίσταση του πλοίου.

Για την συγκεκριμένη απόσταση που πρέπει να καλύψει το πλοίο (0.7 nm) στο χρόνο των 9 λεπτών και αν συμπεριλάβουμε ότι χρειάζεται περίπου 1 λεπτό μέχρι να επιτύχει την ταχύτητα υπηρεσίας, η ταχύτητα μας θα είναι περίπου 6 kn. Στο συγκεκριμένο συμπεριλαμβάνεται και ο χρόνος πηδαλιουχίας μιας και το υπό μελέτη πλοίο είναι παντόφλα.

Προσδιορισμός Μέγιστου φορτίου λειτουργίας Μηχανής

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επειδή η ταχύτητα υπηρεσίας είναι αρκετά χαμηλότερη από την μέγιστη ταχύτητα θα χρησιμοποιήσουμε και χαμηλότερο βαθμό απόδοσης στην βάση του ότι η

υπάρχουσα έλικα είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί πιο αποδοτικά σε μεγαλύτερη ταχύτητα από την επιλεγμένη. Άρα θα έχουμε $PC_{Vsmax}=0.6$ και $PC_{Vservice}=0.5$

Για το υπό μελέτη πλοίο γνωρίζουμε μέσα από δεδομένα παγκοσμίως διαδεδομένης πλατφόρμας στο χώρο της ναυτιλίας ότι η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου είναι 11.5 kn και με βάση αυτό και τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι οι μηχανές του πλοίου θα λειτουργούν στο 20% MCR. Κάνοντας μια μικρή προσαύξηση λόγω ρυπασμένης γάστρας (περίπου 20%) τότε θα θεωρήσουμε ότι οι μηχανές θα λειτουργούν περίπου στο 30% του MCR στην ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου.

Για τους ελιγμούς στο λιμάνι του συγκεκριμένου πλοίου, επειδή είναι παντόφλα, που θα πραγματοποιούνται με την λειτουργία της κύριας μηχανής θα θεωρήσουμε ότι διαρκούν 1 λεπτό και περίπου στο 25% MCR.

Βασικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου AGIOI ANARGYROI από την εφαρμογή Marine electrical:

Ship AGIOI ANARGYROI - [id: 49]

<h3 style="text-align: center;">General</h3> <p>Name: <input type="text" value="AGIOI ANARGYROI"/></p> <p>IMO: <input type="text" value="9862645"/></p> <p>Class: <input type="button" value="Other"/></p> <p>Flag: <input type="button" value="Greece"/></p> <p>Type: <input type="button" value="Ro-Ro"/></p>	<h3 style="text-align: center;">Principal Dimensions</h3> <p>Length (m): <input type="text" value="40"/></p> <p>Breadth (m): <input type="text" value="12.6"/></p> <p>Depth (m): <input type="text" value="1.4"/></p> <p>Draft (m): <input type="text" value="1"/></p> <p>DWT (t): <input type="text" value="438"/></p>
<h3 style="text-align: center;">Main Engines</h3> <p>No of M/Es: <input type="text" value="2"/></p> <p>No of Operating M/Es: <input type="text" value="2"/></p> <p>M/E MCR (kW): <input type="text" value="706"/></p> <p>M/E NCR (kW): <input type="text" value="211.8"/></p> <p>M/E Manoeuvring Load (kW): <input type="text" value="105"/></p> <p>M/E NCR Consumption (gr/kWh): <input type="text" value="205"/></p> <p>M/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh): <input type="text" value="210"/></p> <p>M/E Efficiency Factor (0-1, Just for Reference): <input type="text" value="0.45"/></p>	<h3 style="text-align: center;">Generator Engines</h3> <p>No of G/Es: <input type="text" value="2"/></p> <p>No of Operating G/Es: <input type="text" value="1"/></p> <p>G/E MCR (kW): <input type="text" value="105"/></p> <p>G/E NCR (kW): <input type="text" value="45"/></p> <p>G/E Manoeuvring Load (kW): <input type="text" value="0"/></p> <p>G/E Port Load (kW, For All Oper. G/Es): <input type="text" value="25"/></p> <p>G/E NCR Consumption (gr/kWh): <input type="text" value="210"/></p> <p>G/E Manoeuvring Cons. (gr/kWh): <input type="text" value="0"/></p> <p>G/E Port Consumption (gr/kWh): <input type="text" value="215"/></p> <p>G/E Efficiency Factor (0-1): <input type="text" value="0.55"/></p> <p>DC Voltage (V): <input type="text" value="550"/></p>

6.3 Επιλογή κατάλληλου σεναρίου φόρτισης

Για την επιλογή του κατάλληλου σεναρίου φόρτισης θα πρέπει αν λάβουμε υπ' όψιν πρωταρχικά την απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς και το βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας. Για την συγκεκριμένη διαδρομή θα γίνει μόνο μελέτη για φόρτιση μετά από έναν αριθμό δρομολογίων διότι ο χρόνος παραμονής των πλοίων στο λιμάνι στις ενδιαμέσες στάσεις είναι πολύ μικρός προκειμένου να έχει νόημα να διερευνήσουμε και την άλλη περίπτωση.

Φόρτιση μετά από συγκεκριμένο αριθμό δρομολογίων

1^ο: Φόρτιση κάθε 4 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 1.87 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 300 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh	No. of Batteries Parallel: 10	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 123.21 kWh	Total No. of Batteries: 220	Electric Motor Power: 270 kW
Total Energy/Day: 1478.52 kWh	Charging Time: 44.52 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 308.03 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy Installed: 332.29 kW	New DOD: 0.742	
	Total Weight of Batteries: 3586 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.22 m ³	
	Daily Cycles: 4.449	
	Life Expectancy: 4.99 years	

2^ο: Φόρτιση κάθε 5 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 1.87 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 300 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh	No. of Batteries Parallel: 10	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 123.21 kWh	Total No. of Batteries: 220	Electric Motor Power: 270 kW
Total Energy/Day: 1478.52 kWh	Charging Time: 44.52 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 308.03 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy Installed: 332.29 kW	New DOD: 0.772	
	Total Weight of Batteries: 4303.2 kg	
	Total Volume of Batteries: 2.67 m ³	
	Daily Cycles: 3.708	
	Life Expectancy: 5.99 years	

3^ο: Φόρτιση κάθε 6 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh Total Energy/Trip: 123.21 kWh Total Energy/Day: 1478.52 kWh Energy Min: 462.04 kW Energy Installed: 465.2 kW Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh Port Energy/Trip: 1.67 kWh Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh Total Energy/Trip: 123.21 kWh Total Energy/Day: 1478.52 kWh Energy Min: 462.04 kW Energy Installed: 465.2 kW	No. of Batteries Parallel: 14 Total No. of Batteries: 308 Charging Time: 47.70 min C Rate (During Charging): 1.00 New DOD: 0.795 Total Weight of Batteries: 5020.4 kg Total Volume of Batteries: 3.11 m3 Daily Cycles: 3.178 Life Expectancy: 6.99 years	No. of Motors: 2 Electric Motor Power: 270 kW No. of Chargers: 2 Charger Power: 0 kW No. of Inverters: 2 Inverter Power: 300 kW

4^ο: Φόρτιση κάθε 7 δρομολόγια

Results		
Energy	Battery	Equipment
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh Total Energy/Trip: 123.21 kWh Total Energy/Day: 1478.52 kWh Energy Min: 539.04 kW Energy Installed: 598.12 kW Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh Port Energy/Trip: 1.67 kWh Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh Total Energy/Trip: 123.21 kWh Total Energy/Day: 1478.52 kWh Energy Min: 539.04 kW Energy Installed: 598.12 kW	No. of Batteries Parallel: 18 Total No. of Batteries: 396 Charging Time: 43.26 min C Rate (During Charging): 1.00 New DOD: 0.721 Total Weight of Batteries: 6454.8 kg Total Volume of Batteries: 4 m3 Daily Cycles: 2.472 Life Expectancy: 8.99 years	No. of Motors: 2 Electric Motor Power: 270 kW No. of Chargers: 2 Charger Power: 0 kW No. of Inverters: 2 Inverter Power: 300 kW

5^ο: Φόρτιση κάθε 8 δρομολόγια

Results

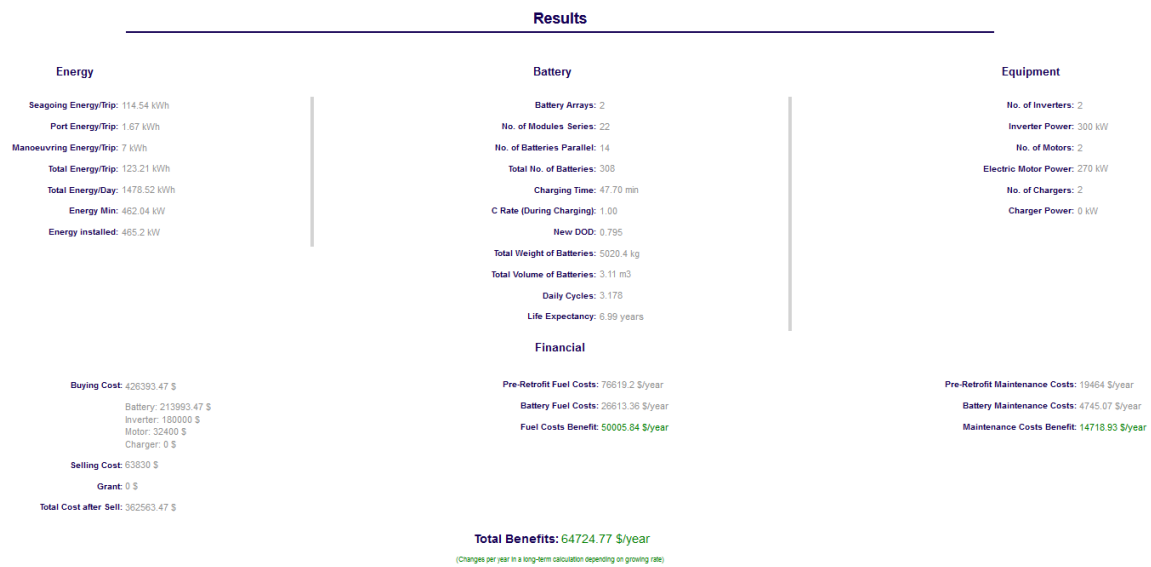
Energy	Battery	Equipment
Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh	Battery Arrays: 2	No. of Inverters: 2
Port Energy/Trip: 1.87 kWh	No. of Modules Series: 22	Inverter Power: 300 kW
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh	No. of Batteries Parallel: 20	No. of Motors: 2
Total Energy/Trip: 123.21 kWh	Total No. of Batteries: 440	Electric Motor Power: 270 kW
Total Energy/Day: 1478.52 kWh	Charging Time: 44.52 min	No. of Chargers: 2
Energy Min: 616.05 kW	C Rate (During Charging): 1.00	Charger Power: 0 kW
Energy Installed: 664.58 kW	New DOD: 0.742	
	Total Weight of Batteries: 7172 kg	
	Total Volume of Batteries: 4.44 m ³	
	Daily Cycles: 2.225	
	Life Expectancy: 9.99 years	

Συγκεντρωτικά τα παραπάνω αποτελέσματα συμπυκνώνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Routes W/O charging	MAX_DOD_real	E_installed (kwh)	Daily_cycles	Life_exp (years)	Required time for charging
4	0,742	332,29	4,449	4,99	44,52
5	0,772	398,75	3,708	5,99	46,32
6	0,795	465,2	3,178	6,99	47,7
7	0,721	598,12	2,472	8,99	43,26
8	0,742	664,58	2,225	9,99	44,52

Συμπερασματικά ο βέλτιστος αριθμός δρομολογίων χωρίς ενδιάμεση φόρτιση θα είναι 6 διότι επιτυγχάνουμε τον καλύτερο συνδυασμό μεταξύ απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύς και διάρκειας ζωής των μπαταριών. Επειδή η απαίτηση στο συγκεκριμένο δρομολόγιο για μεγάλο αριθμό ταξιδιών δεν υπάρχει, με βάση την υπάρχουσα κατάσταση, ο χρόνος φόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση των 6 δρομολογίων δεν επηρεάζει την λειτουργία του πλοίου μας.

Παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα μέσα από την εφαρμογή *Marine electrical*:



Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τον βαθμό αποφόρτισης της μπαταρίας μετά την ολοκλήρωση των 6 δρομολογίων, την πλήρη φόρτιση των μπαταριών και την επανάληψη της διαδικασίας αυτής μέχρι να ολοκληρωθούν όλα τα απαιτούμενα δρομολόγια.. Μετά το τέλος και των ταξιδιών το πλοίο θα φορτιστεί στο 100% της χωρητικότητας των μπαταριών προκειμένου να επαναλάβει τα ταξίδια την επόμενη μέρα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα και με βάση και τους υπολογισμούς μας στα προηγούμενα κεφάλαια το μέγιστο βάθος αποφόρτισης θα είναι περίπου στο 74.5% και προφανώς θα συμβαίνει μετά την ολοκλήρωση και του τελευταίου ταξιδιού.



Διάγραμμα 12: Βάθος αποφόρτισης σε σχέση με τα δρομολόγια

Οικονομικοί παράμετροι

Για να υπολογίσουμε το τελικό κόστος της μετασκευής και το λειτουργικό κόστος του πλοίου στο διάστημα μελέτης της εργασίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω τιμές:

Financial	Operation & Maintenance
Initial Discount (%): <input type="text" value="0"/>	Electricity (\$/kW): <input type="text" value="0.05"/>
Inverter (\$/kW): <input type="text" value="300"/>	Fuel (\$/Ton): <input type="text" value="700"/>
Electric Motor (\$/kW): <input type="text" value="60"/>	Engine Maintenance (\$/kW): <input type="text" value="12"/>
Charger (\$/kW): <input type="text" value="300"/>	Fixed Battery Maint. (%): <input type="text" value="2"/>
M/E Sale (\$/kW): <input type="text" value="40"/>	Variable Battery Maint. (\$/kWh): <input type="text" value="1"/>
G/E Sale (\$/kW): <input type="text" value="35"/>	Year of battery replacement (if none input zero): <input type="text" value="0"/>
Battery Sale Price at replacement (%): <input type="text" value="15"/>	Battery Replacement Cost (\$/kW, if none input zero): <input type="text" value="0"/>
Discount Rate (0-1): <input type="text" value="0.1"/>	
Grant <input checked="" type="checkbox"/>	
Grant Value (\$): <input type="text" value="0"/>	

Longterm & Loan

Longterm

Υπολογίζουμε στη συνέχεια το κέρδος ανά έτος λόγω του κόστους των καυσίμων που γλιτώνουμε καθώς και το κέρδος ανά έτος για την συντήρηση του εξοπλισμού και βρίσκουμε το συνολικό ετήσιο κέρδος μετά την μετασκευή όπως φαίνεται παρακάτω:

Results

Energy

Seagoing Energy/Trip: 114.54 kWh
Port Energy/Trip: 1.67 kWh
Manoeuvring Energy/Trip: 7 kWh
Total Energy/Trip: 123.21 kWh
Total Energy/Day: 1478.52 kWh
Energy Min: 462.04 kW
Energy installed: 465.2 kW

Buying Cost: 426393.47 \$
Battery: 213993.47 \$
Inverter: 180000 \$
Motor: 32400 \$
Charger: 0 \$
Selling Cost: 63830 \$
Grant: 0 \$
Total Cost after Sell: 362563.47 \$

Battery

Battery Arrays: 2
No. of Modules Series: 22
No. of Batteries Parallel: 14
Total No. of Batteries: 308
Charging Time: 47.70 min
C Rate (During Charging): 1.00
New DOD: 0.795
Total Weight of Batteries: 5020.4 kg
Total Volume of Batteries: 3.11 m3
Daily Cycles: 3.178
Life Expectancy: 6.99 years

Financial

Pre-Retrofit Fuel Costs: 76619.2 \$/year
Battery Fuel Costs: 26613.36 \$/year
Fuel Costs Benefit: 50005.84 \$/year

Total Benefits: 64724.77 \$/year
(Changes per year in a long-term calculation depending on growing rate)

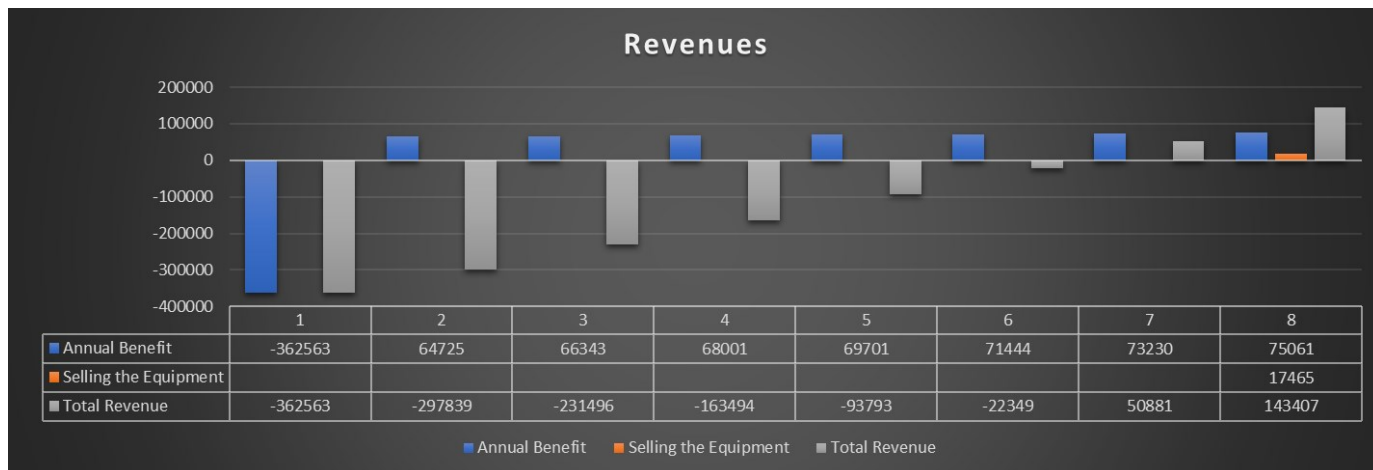
Equipment

No. of Inverters: 2
Inverter Power: 300 kW
No. of Motors: 2
Electric Motor Power: 270 kW
No. of Chargers: 2
Charger Power: 0 kW

Pre-Retrofit Maintenance Costs: 19464 \$/year
Battery Maintenance Costs: 4745.07 \$/year
Maintenance Costs Benefit: 14718.93 \$/year

Μελέτη Βιωσιμότητας

Μελέτη βιωσιμότητας χωρίς χρηματοδότηση:



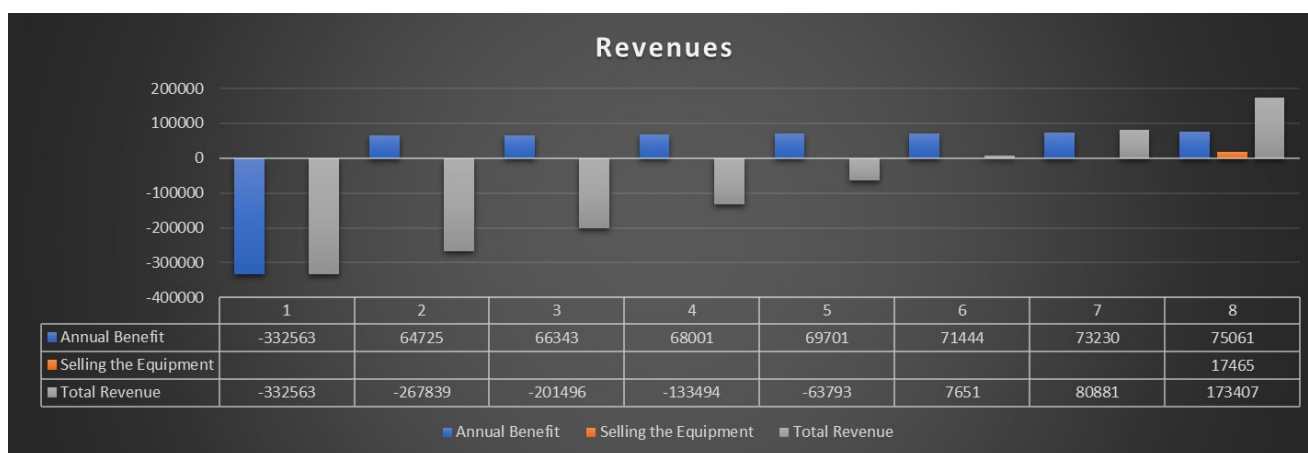
Διάγραμμα 13: Αρχικό κόστος μετασκευής με ετήσια έσοδα Πάρος - Αντίπαρος

Υπολογίζουμε για το παραπάνω σενάριο το NPV:

$$NPV = -28654,6\text{\$}$$

Είναι σαφές ότι για το επιλεγμένο σενάριο, δεν είναι βιώσιμη η επένδυση και θα απαιτείται αρχική χρηματοδότηση. Με 30000\$ αρχική χρηματοδότηση θα επανυπολογίσουμε την καθαρά παρούσα αξία και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης.

Μελέτη βιωσιμότητας με χρηματοδότηση 30000\$:



Διάγραμμα 14: Αρχικό κόστος μετασκευής και ετήσια έσοδα με αρχική χρηματοδότηση

$$NPV = 1345,381\text{\$}$$

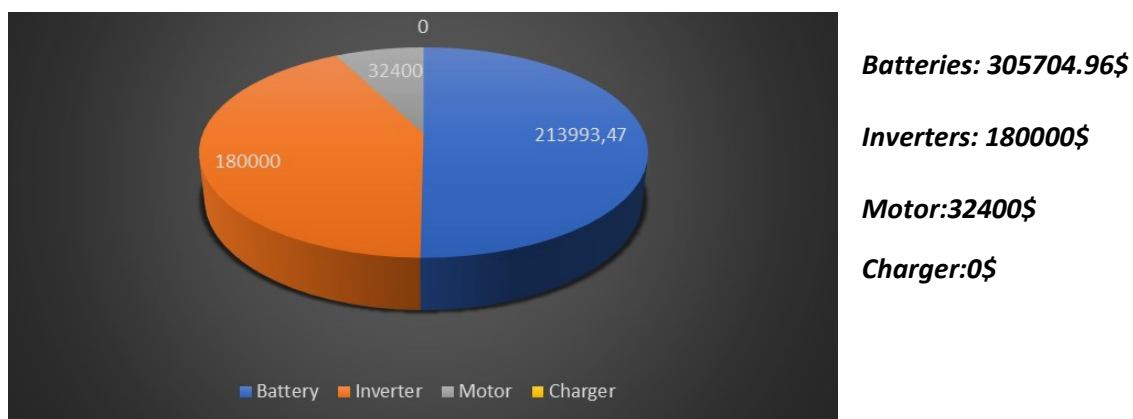
$$IRR = 11\%$$

6.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την διαδρομή Πούντα - Αντίπαρος

Συμπερασματικά για την διαδρομή Αντίπαρος - Πούντα το βέλτιστο σενάριο φόρτισης είναι μετά από την πραγματοποίηση 6 συνεχόμενων δρομολογίων. Η εγκατεστημένη ισχύς μπαταριών στο πλοίο θα είναι 664,58 KW με μια εφεδρεία ισχύος 25%. Το βάρος των μπαταριών θα είναι περίπου στους 7 τόνους. Μετά από την ολοκλήρωση 6 δρομολογίων το πλοίο θα φορτίζει για περίπου 44,5 λεπτά με ρυθμό φόρτισης 1C rate μέχρι να φορτίσει στο μέγιστο της χωρητικότητας και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία για ακόμα 3 φορές μέσα στην ίδια μέρα.

Θα χρειαστεί να αγοραστούν δύο επαγωγικοί κινητήρες 270K KW ο καθένας και δύο inverters ισχύος 300 KW ο καθένας. Το κόστος της μετασκευής συνολικά θα ανέρχεται στις 454274,96\$ και η επιστροφή μέσα στο πρώτο χρόνο από το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού και από την κατανάλωση καυσίμου θα είναι 62691,16\$.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με την ανάλυση του κόστους:



Διάγραμμα 15: Ανάλυση κόστους μετασκευής για Πάρος - Αντίπαρος

Η συγκεκριμένη επένδυση καθίσταται ως μη βιώσιμη διότι χωρίς χρηματοδότηση έχουμε αρνητική τιμή στην καθαρά παρούσα αξία. Η χρονική περίοδος μελέτης είναι τα 7 χρόνια με πιθανή επέκταση και στα 14 όπως έχει μελετηθεί σε προηγούμενες εργασίες. Με την απαραίτητη αρχική χρηματοδότηση, που είναι 30000\$, η επένδυση μας γίνεται βιώσιμη και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου στο 11%. Το ποσό αυτό αποτελεί το 7% του αρχικού κόστους της επένδυσης, μια λογική τιμή για να χρηματοδοτήσει κάποιος το συγκεκριμένο έργο ειδικά αν συνυπολογίσουμε ότι πρόκειται για μια μελέτη με περιβαλλοντικά οφέλη. Είναι αρκετές οι δράσεις που γίνονται από την Ευρώπη σε αυτή την κατεύθυνση και θέλουν να ενθαρρύνουν τέτοιες επενδύσεις που συμπλέουν με την ιδέα της πράσινης Ευρώπης.

Συμπεράσματα

Η ανθρώπινη δραστηριότητα είχε σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον της Γης, με την ατμοσφαιρική ρύπανση να είναι ένα από τα πιο πιεστικά ζητήματα που αντιμετωπίζουμε. Η καύση ορυκτών καυσίμων για τις μεταφορές, την παραγωγή ενέργειας και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες έχει οδηγήσει στην απελευθέρωση επιβλαβών ρύπων στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτοί οι ρύποι μπορούν να προκαλέσουν μια σειρά από προβλήματα υγείας στον άνθρωπο, συμπεριλαμβανομένων των αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων, και μπορεί επίσης να έχουν επιζήμιες επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως να συμβάλουν στην κλιματική αλλαγή και να βλάψουν την άγρια ζωή και τα οικοσυστήματα.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης απαιτεί επείγουσα προσοχή και δράση. Οι κυβερνήσεις, οι βιομηχανίες και τα άτομα πρέπει να συνεργαστούν για να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν λύσεις για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μια λύση είναι η υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών, όπως τα ηλεκτρικά οχήματα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι ενεργειακά αποδοτικές συσκευές. Μια άλλη λύση είναι η προώθηση βιώσιμων πρακτικών, όπως η μείωση των απορριμμάτων και η αύξηση της ανακύκλωσης, που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών και στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών και πρακτικών, μαζί με αποτελεσματικές πολιτικές και κανονισμούς, μπορούν να συμβάλουν στον μετριασμό των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον και να εξασφαλίσουν ένα βιώσιμο μέλλον για τις επόμενες γενιές.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει μια σαφή κατεύθυνση προς τη ναυτιλία πράσινης ενέργειας για να μειώσει τον αντίκτυπο της ναυτιλίας στο περιβάλλον. Η ΕΕ έχει θέσει φιλόδοξους στόχους να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τη ναυτιλία κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030 και να επιτύχει τη ναυτιλία με μηδενικές εκπομπές έως το 2050.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η ΕΕ έχει εφαρμόσει διάφορες πολιτικές και πρωτοβουλίες με στόχο την προώθηση της χρήσης καθαρότερων καυσίμων και τεχνολογιών στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η Οδηγία της ΕΕ για την Υποδομή Εναλλακτικών Καυσίμων, για παράδειγμα, απαιτεί από τα κράτη μέλη να δημιουργήσουν ένα δίκτυο σημείων φόρτισης και ανεφοδιασμού εναλλακτικών καυσίμων όπως ηλεκτρική ενέργεια, υδρογόνο και υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) για να υποστηρίξουν τη μετάβαση σε καθαρότερα καύσιμα.

Η ΕΕ έχει επίσης ξεκινήσει προγράμματα χρηματοδότησης, όπως η διευκόλυνση «Συνδέοντας την Ευρώπη» και το Ταμείο Καινοτομίας για τη στήριξη της ανάπτυξης και της ανάπτυξης καινοτόμων και βιώσιμων τεχνολογιών στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Αυτές οι πρωτοβουλίες έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίξουν την έρευνα και ανάπτυξη καθαρότερων καυσίμων και τεχνολογιών και να διευκολύνουν την ανάπτυξή τους στην αγορά.

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει τονίσει τη σημαντική επίδραση της ναυτιλίας στο περιβάλλον και την επείγουσα ανάγκη υιοθέτησης καθαρότερων καυσίμων για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεών της. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η ναυτιλία είναι μια σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή, την οξίνιση και άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η χρήση παραδοσιακών καυσίμων πλοίων, όπως το βαρύ μαζούτ και το ντίζελ, έχει αναγνωριστεί ως σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην

ατμοσφαιρική ρύπανση από τη ναυτιλία. Ωστόσο, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη λύση για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία. Η έρευνα που διεξήχθη σε αυτή τη διατριβή διερεύνησε τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας ως εναλλακτικό καύσιμο και εντόπισε τα πιθανά οφέλη της όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Η ναυτιλία μικρής κλίμακας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ελληνική οικονομία. Η γεωγραφική θέση της χώρας, με χιλιάδες νησιά και μια εκτεταμένη ακτογραμμή, έχει κάνει τη ναυτιλία ζωτικό μέρος της οικονομίας της εδώ και αιώνες. Η ναυτιλία μικρής κλίμακας, η οποία περιλαμβάνει αλιευτικά, πορθμεία και τουριστικά σκάφη, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη στήριξη των τοπικών οικονομιών και στην παροχή ευκαιριών απασχόλησης σε πολλές παράκτιες κοινότητες.

Η ναυτιλία μικρής κλίμακας συμβάλλει στη μεταφορά αγαθών και ανθρώπων, υποστηρίζοντας βιομηχανίες όπως ο τουρισμός, η αλιεία και η γεωργία και συνδέοντας τα απομακρυσμένα νησιά με την ηπειρωτική χώρα. Ο κλάδος παρέχει επίσης ευκαιρίες απασχόλησης σε χιλιάδες Έλληνες, τόσο σε πλοία όσο και σε υποστηρικτικές βιομηχανίες όπως η ναυπηγική, η επισκευή και η συντήρηση. Επιπλέον, η ναυτιλία μικρής κλίμακας αποτελεί ουσιαστική πηγή εισοδήματος για πολλούς ιδιοκτήτες μικρών επιχειρήσεων και επιχειρηματίες που εκμεταλλεύονται τουριστικά σκάφη ή αλιευτικά σκάφη.

Συνολικά, η ναυτιλία μικρής κλίμακας αποτελεί ζωτικό τομέα της ελληνικής οικονομίας, παρέχοντας ευκαιρίες απασχόλησης και στηρίζοντας τις τοπικές κοινωνίες. Η συμβολή του κλάδου στις μεταφορικές υποδομές της χώρας και ο ρόλος του στη σύνδεση απομακρυσμένων νησιών με την ηπειρωτική χώρα είναι κρίσιμοι για τη διατήρηση της οικονομικής και κοινωνικής συνοχής της χώρας.

Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκαν πλοία τύπου παντόφλες και η πιθανή μετασκευή τους σε μπαταριόπλοια για να εκτελούν μικρές πορθμειακές γραμμές. Η παροχή της ενέργειας θα γίνεται μέσω μπαταριών που θα επαναφορτίζονται είτε ενδιάμεσα σε κάθε λιμάνι είτε μετά την πραγματοποίηση μερικών συνεχόμενων δρομολογίων. Για την μετασκευή θα χρειαστούν πέρα από τις μπαταρίες, δύο inverters που θα αναλαμβάνουν την μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο και θα συμβάλλουν στην ρύθμιση της συχνότητας του ρεύματος. Επιπλέον θα τοποθετηθούν και δύο επαγωγικοί κινητήρες που θα λαμβάνουν την ενέργεια από τα πακέτα μπαταριών και θα την μετατρέπουν από ηλεκτρική σε περιστροφική.

Πρώτη διαδρομή προς μελέτη ήταν η Κόστα-Σπέτσες που έχει απόσταση 1,6 μίλια και ο χρόνος πλεύσης προκειμένου ένα πλοίο να εκτελέσει ένα δρομολόγιο υπολογίστηκε κοντά στα 10 λεπτά. Στο υπό μελέτη πλοίο για την συγκεκριμένη διαδρομή, η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς θα είναι 332,29 KW και το πλοίο θα φορτίζει τις μπαταρίες του σε κάθε ενδιάμεση στάση σε λιμάνι διότι ο χρόνος παραμονής του θα είναι 20 λεπτά. Το μέγιστο βάθος αποφόρτισης για το επιλεγμένο σενάριο θα είναι περίπου 45% και το ρεύμα φόρτισης που βελτιστοποιεί το χρόνο ζωής της μπαταρίας είναι 30A. Για την συγκεκριμένη επένδυση το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται θα είναι 270000\$ και τα ετήσια έσοδα που προκύπτουν από την οικονομία καυσίμου και το μικρότερο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού θα ανέρχεται στα 36000\$.

Στην συνέχεια μελετήθηκε η διαδρομή Ελαφώνησος – Πούντα με απόσταση 0,7 ναυτικά μίλια. Σε αυτήν την διαδρομή, λόγω της μικρότερης απόστασης, η εγκατεστημένη ισχύς που απαιτείται θα είναι 265,83 KW και το βέλτιστο σενάριο φόρτισης μετά από μια συγκριτική μελέτη θα είναι αυτό φόρτισης μετά από την πραγματοποίηση 4 δρομολογίων. Το μέγιστο βάθος αποφόρτισης των μπαταριών θα είναι 75% και μετά την ολοκλήρωση όλων των δρομολογίων, οι μπαταρίες θα επαναφορτίζονται στο μέγιστο της χωρητικότητας τους. Για την χρονική περίοδο μελέτης της

συγκεκριμένης επένδυσης, που είναι τα 7 χρόνια, το αρχικό κόστος υπολογίζεται στα 190000\$ και τα ετήσια κέρδη από τον πρώτο χρόνο θα είναι περίπου 34000\$ ετησίως. Η συγκεκριμένη διαδρομή παρουσιάζεται ως πιο κατάλληλη για την συγκεκριμένη μελέτη και μετασκευή των πλοίων καθώς όσο μεγαλώνει η απόσταση της διαδρομής θα απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός μπαταριών και θα υπάρχει πρόσθετο βάρος και κόστος.

Η τελευταία διαδρομή που μελετήθηκε είναι η Αντίπαρος – Πούντα απόστασης 0.7 ναυτικών μιλίων. Το υπό μελέτη πλοίο για αυτή την διαδρομή μετά την μετασκευή θα έχει εγκατεστημένη ισχύς 664.58 KW. Παρά την μικρή απόσταση της διαδρομής έχει επιλεγθεί σαν το πιο κατάλληλο σενάριο να φορτίζει τις μπαταρίες μετά από την ολοκλήρωση 6 συνεχόμενων δρομολογίων. Το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι 365000\$ και το ετήσιο όφελος από την λειτουργία του πλοίου θα είναι 65000\$ ετησίως. Στη συγκεκριμένη διαδρομή, η διάρκεια ζωής των μπαταριών είναι πολύ κοντά στην επιλεγμένη περίοδο μελέτης της επένδυσης με αποτέλεσμα να γίνεται αποδοτικότερη χρήση τους. Το κόστος για την αγορά των μπαταριών αποτελεί το 50% της αρχικής επένδυσης, γεγονός που επιδεινώνει την βιωσιμότητα της επένδυσης διότι έχει επιλεγθεί ένα σενάριο με πολλαπλά συνεχόμενα δρομολόγια χωρίς την φόρτιση των μπαταριών που οδηγεί σε μεγαλύτερη απαιτούμενη εγκατεστημένη ενέργεια.

Εν κατακλείδι, για τις υπό μελέτη διαδρομές μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τόσο πιο δύσκολα γίνεται βιώσιμη η επένδυση για την μετασκευή του πλοίου. Αυτό συμπυκνώνεται στην απαιτούμενη ισχύς που θα πρέπει να εγκατασταθεί στο πλοίο και στον μεγάλο αριθμό των μπαταριών που θα πρέπει να αγοραστούν. Ανάλογα με το είδος των δρομολογίων και το χρόνο παραμονής του πλοίου στο κάθε λιμάνι μας δίνεται η δυνατότητα να προσαρμόσουμε το σενάριο φόρτισης. Αυτό είναι ένας από τους τομείς που το πετρέλαιο υπερισχύει της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά με σωστό προγραμματισμό μπορεί να αντικρουστεί. Γίνεται σαφής η ανάγκη για την ελληνική και την παγκόσμια ναυτιλία να αναζητηθούν νέες λύσεις και τεχνολογίες για την εξυπηρέτηση των αναγκών της. Η στροφή προς την ηλεκτρική ενέργεια έχει κερδίσει πολύ έδαφος τα τελευταία χρόνια και γίνεται όλο και μεγαλύτερη προσπάθεια από διεθνείς φορείς προκειμένου να ενισχυθούν τέτοια projects. Αυτό σημαίνει πως η πιθανή χρηματοδότηση για την μετασκευή ενός πλοίου σε ηλεκτρικό με στόχο την μείωση των αέριων εκπομπών φαντάζει μια ελκυστική λύση για το μέλλον.

Αρθρογραφία

Παταλά Ζωή. 2012. Διερεύνηση της διεθνούς εμπειρίας ως προς περιορισμούς της κυκλοφορίας σε προστατευόμενες περιοχές. Το παράδειγμα του οικισμού των Σπετσών. Διπλωματική εργασία

Πράπας Μάριος.2021. Τεχνο-οικονομική μελέτη Εφικτότητας μετασκευής επιβατηγών-οχηματαγωγών πλοίων σε πλήρως ηλεκτρικά για τις πορθμειακές γραμμές Μέγαρο-Σαλαμίνα, Πέραμα-Παλούκια,Ωρωπός-Ερέτρια. Διπλωματική εργασία

Bakirtzoglou Christos.2017. Techno-economical feasibility study on the retrofit of double-ended Ro/Pax ferries into battery-powered ones. Diploma Thesis

Δασκαλάκης Χρήστος.2018. Συγκριτική μελέτη λειτουργίας στόλου με τη χρήση κριτηρίων βιωσιμότητας: Ανάπτυξη υπολογιστικού εργαλείου. Διπλωματική εργασία

Brander, M. (2012). Greenhouse Gases, CO₂, CO_{2e}, and Carbon: What do All These Terms Mean. Ecometrica

ClassNK, (2017) Requirements of EU MRV Regulations and Challenges of Shipping Companies. EEDI Department, ClassNK, Tokyo

Ρουμπιέν Βασιλική.2014. Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων κι Ευρωπαϊκή Ένωση. Διπλωματική εργασία

European Shortsea Shipping: First European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping, 26-27 November 1992, Technical University Delft, The Netherlands, Lloyd's of London Press Ltd 1993

Report of the Commission Expert Group on electricity interconnection targets. 2017. Towards a sustainable and integrated Europe.

Ραπτοτάσιος Σπυρίδων. 2018. Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Ναυτιλία με Σκοπό τη Συμμόρφωση με τους Διεθνείς Κανονισμούς Ρύπων.

Μουντάκης Στυλιανός. 2014. Ανάπτυξη γραφικού περιβάλλοντος σε MATLAB για την βέλτιστη μεσοπρόθεσμη διαχείριση ενέργειας σε πλοία.

Βιβλιογραφία

1.Γεράσιμου Κ.Πολίτη, Καθηγητή ΕΜΠ.2018.ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΩΣΗ ΠΛΟΙΟΥ 5^η έκδοση

2. Χ. Φραγκόπουλου, Ι. Προυσαλίδη: "Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου", Εκδόσεις DaVinci (Ζωοδόχου Πηγής 75, 10681 Αθήνα), 2019

Σχετικοί ισότοποι

<https://www.marinetraffic.com/el/ais>

<https://maritime.ihs.com>

<http://marine-electrical.naval.ntua.gr>

<https://shipandbunker.com/prices>