



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δ.Π.Μ.Σ. 'ΝΑΥΤΙΚΗΣ & ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ'

Διπλωματική Εργασία με Θέμα:

Μελέτη σκοπιμότητας για χρήση ηλεκτροπρόωσης σε μικρά επιβατηγά πλοία μεταφοράς προσωπικού (επιβατηγίδες) εντός λιμενικών εγκαταστάσεων ή μετακινήσεων πολύ μικρών αποστάσεων.

Επιβλέπων: Λυρίδης Δημήτριος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Γιαννούλης Αθανάσιος– 08119804

2021

Ευχαριστίες

Για την βοήθεια του, την διαβούλευση και την ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω ειλικρινείς ευχαριστίες και βαθιά εκτίμηση στον επιβλέποντα μου, τον καθηγητή Δ. Λυρίδη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες τον Κυβερνήτη μου Πχης Δ. Καψοκαβάδη ΠΝ για την στήριξη να ολοκληρώσω την διπλωματική μου εργασία, καθώς και τον παλιό μου Πρώτο Μηχανικό Πχης Δ. Γασπαρής ΠΝ για την πολύτιμη βοήθεια του.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την Θάλεια Κλαπάκη για την αμέριστη συμπαράσταση και ανιδιοτελής στήριξη της στην ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, η μέγιστη ευγνωμοσύνη μου επεκτείνεται στην οικογένεια μου για την υπομονή και την πλήρη υποστήριξη τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η πράσινη ναυτιλία, όπως έχει εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια, αναμένεται να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα και ταυτόχρονα να ενισχύσει την αναγκαιότητα της βιώσιμης διαχείρισης των τεχνολογικών μέσων που κατέχει η κοινωνία μας.

Οι ενεργειακοί πόροι βρίσκονται στο επίκεντρο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και το παγκόσμιο εμπόριο σημειώνει σημαντική ανάκαμψη. Η κλιματική αλλαγή ώθησε τη στροφή του παγκόσμιου εμπορίου προς μια κατεύθυνση που θα περιορίσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η βιωσιμότητα των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων εμφανίζεται πλέον ως μια επιτακτική ανάγκη για τη διατήρηση του πλανήτη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, λοιπόν, αποτελούν μια πηγή ενίσχυσης της δύναμης της ναυτιλίας και των θαλάσσιων μεταφορών.

Η ναυτιλία μικρών αποστάσεων έχει σημαίνουσα βαρύτητα για την ναυτιλία παγκοσμίως και για να εξασφαλισθεί η οικονομική ανάπτυξη και ο ανταγωνισμός στη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση των μεταφορών στο δύσκολο πλαίσιο των ενεργειακών προβλημάτων, τα ηλεκτροκίνητα μέσα θα αποτελέσουν μια πιθανή λύση. Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής είναι η καταγραφή και η οικονομική και τεχνική αξιολόγηση για εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης σε μικρά πλωτά μέσα που τα δρομολόγια τους εκτελούνται σε εντός μεγάλων λιμένων ή σε πολύ μικρές αποστάσεις και στόχο έχουν τη μεταφορά προσωπικού ή επιβατών.

Η εργασία θα αναφέρεται στην ηλεκτρική πρόωση και την δυνατότητα ή την ευκαιρία εφαρμογής της σε πλοία του παραπάνω τύπου. Αναλύοντας τα επιμέρους συστήματα που συνθέτουν την εγκατάσταση θα εστιάσει στις εφικτές λύσεις που επιτρέπουν την είσοδο της ηλεκτροπρόωσης, και θα γίνει ανάλυση των ναυπηγικών στοιχείων μικρών πλωτών μέσων μεταφοράς, συγκεκριμένα:

- Επιβατηγίδες
- Πλοία εφοδιασμού (supply vessels)

Στη συνέχεια η εργασία θα αναλύσει οικονομοτεχνικά το κατά πόσο οικονομικά συμφέρουσα είναι η αλλαγή του συστήματος πρόωσης από συμβατική σε ηλεκτρική πρόωση, και κατά πόσο μπορεί να εφαρμοσθεί και εν συνεχεία υποστηριχθεί από τις υπάρχουσες λιμενικές εγκαταστάσεις αυτή την στιγμή. Έπειτα θα ακολουθήσει μια μελέτη για τις μετατροπές και τις επενδύσεις που πρέπει να γίνουν στις λιμενικές εγκαταστάσεις για να υποστηρίξουν τα πλοία με πλήρως ηλεκτροκίνητη πρόωση.

Τέλος, έχοντας συγκεντρώσει και αναλύσει όλες τις δυνατές τεχνικές λύσεις, θα γίνει οικονομική αξιολόγηση αυτών των λύσεων ώστε να προσδιοριστεί κατά πόσο συμφέρουσα είναι η πλήρως ηλεκτρική πρόωση επί συγκεκριμένης

μελέτης σε επιβατηγίδα που έχει έδρα στο λιμάνι του Πειραιά στο ώστε βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα η χρήση της ηλεκτροπρόωσης μπορεί να εφαρμοσθεί στο δύσκολο ελληνικό οικονομικό περιβάλλον στις μεταφορές των μικρών αποστάσεων (NMA).

Κατάλογος Πινάκων

- Πίνακας 2.1: Ports using cold ironing (WPCI, 2017)
- Πίνακας 2.2: Επενδυτικό κόστος για την μετασκευή
(<https://glomeep.imo.org/technology/shore-power/>)
- Πίνακας 2.3- Τυπικές απαιτήσεις συστήματος για διαφορετικά τύποι πλοίων
(<https://glomeep.imo.org/technology/shore-power/>)
- Πίνακας 5.1 : Κύρια χαρακτηριστικά του ROUSSIS IV
- Πίνακας 5.2 : Λειτουργικά χαρακτηριστικά του Ε/Γ ROUSSIS IV
- Πίνακας 5.3 : Χαρακτηριστικά μονάδας μπαταρίας Corvus Energy AT6700-50 (Li-ion)
- Πίνακας 5.4 : Σενάριο υπολογισμών (Α).
- Πίνακας 5.5 : Σενάριο υπολογισμών (Β).
- Πίνακας 5.6 : Σενάριο υπολογισμών (Γ).
- Πίνακας 5.7 : Σενάριο υπολογισμών (Δ).
- Πίνακας 5.8 : Σενάριο υπολογισμών (Ε).
- Πίνακας 5.9 : Υπολογισμοί Κόστους Εγκατάστασης
- Πίνακας 5.10 : Υπολογισμοί Κόστος λειτουργίας
- Πίνακας 5.11 : Ανάλυση απόσβεση επένδυσης

Κατάλογος Εικόνων

- Εικόνα 1.1 : Τρέχουσες περιοχές εκπομπών ελέγχου ECA
(<https://www.hallmarkfuels.com/eca>)
- Εικόνα 1.2 : Τα παγκόσμια όρια θείου τώρα και στο μέλλον
(<https://deltamarin.com/current-challenges/future-fuel-options-and-emission-control/>)
- Εικόνα 2.1: Η ακτοπλοϊκή εγκατάσταση cold ironing στην Στοκχόλμη (πηγή Tallink Grupp)
- Εικόνα 2.2 : Το καθεστώς διαμόρφωσης του συστήματος ηλεκτρικής τροφοδοσίας σκαφών στο λιμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ
- Εικόνα 2.3 : Περιγραφική απεικόνιση του συστήματος cold ironing (πηγή: <https://safety4sea.com/abb-cavotec-join-forces-to-offer-shore-to-ship-power-solutions/>)
- Εικόνα 2.4 : Ζήτηση ισχύος διαφορετικών τύπων πλοίων στα λιμάνια (Dariusz TARNAPOWICZ Akademia Morska w Szczecinie Sergiej GERMAN-GALKIN University ITMO, Sankt Petersburg)
- Εικόνα 2.5 : Σύστημα σύνδεσης χαμηλής τάσης στην πλευρά του λιμανιού(Πηγή: IEC/ISO/IEEE80005-3)
- Εικόνα 5.1 : Ε/Γ ROUSSIS IV (Πηγή: <http://www.serviceboats.gr/passenger-boats/roussis-iv/>)
- Εικόνα 5.2 : Τοπολογία στην ξηρά (Bakirtzoglou, 2017).
- Εικόνα 5.3 : Τοπολογία του δικτύου σκάφους
- Εικόνα 5.4 : Ε/Γ ROUSSIS IV Σκαριφηματική διάταξη
- Εικόμα Π.1 : Ρυμουλκό Πλοίο (<https://www.zeetug.com/>)
- Εικόμα Π.2 : Ρυμουλκό Πλοίο της εταιρείας ZEETUG (<https://www.zeetug.com/>)
- Εικόμα Π.3 : Ρυμουλκό Πλοίο της εταιρείας ZEETUG (<https://www.zeetug.com/>)
- Εικόμα Π.4 : Εγκατάσταση cold ironing (<https://www.zeetug.com/>)

Πίνακας Περιεχομένων	Σελίδα
Περίληψη	3
Κατάλογος Πινάκων	5
Κατάλογος Εικόνων	5
Κεφάλαιο 1: Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων και Πράσινη Ναυτιλία	8
1.1 Η Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA)	8
1.2 Τα πλεονεκτήματα της Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA)	8
1.3 Κανονισμοί και οδηγίες για Πράσινη Ναυτιλία	9
1.4 Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA) στο σύγχρονο περιβάλλον	10
1.5 Η Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων στην Ελλάδα	12
1.6 Επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών	13
Κεφάλαιο 2: Ηλεκτρική διασύνδεση των λιμανιών (Cold Ironing)	14
2.1. Ηλεκτροδότηση πλοίων από το δίκτυο της ξηράς (Cold Ironing)	14
2.2 Εμπόδια στη Χρήση του Cold Ironing	16
2.3. Τα οφέλη του Cold Ironing	19
2.4. Βελτίωση του Cold Ironing	20
2.5 Σύστημα διασύνδεσης ξηράς-πλοίου	22
2.6 Εξοπλισμός διασύνδεσης επί του πλοίου	25
Κεφάλαιο 3: Εφαρμογή της ηλεκτρικής διασύνδεσης των λιμανιών (Cold Ironing) παγκοσμίως	28
3.1 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη Φινλανδία	28
3.1.1 Φινλανδικοί ναυτιλιακοί κανονισμοί και υποδομές	28
3.1.2 Εμπόδια στην αύξηση της χρησιμοποίησης της παροχής ρεύματος ξηράς στην Φινλανδία	30
3.2 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη Ισλανδία	30
3.2.1 Εμπόδια στην αύξηση της χρησιμοποίησης της παροχής ρεύματος ξηράς στην Ισλανδία	32
3.3 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη Νορβηγία	33
3.4 Ηλεκτροδότηση στο λιμάνι του Shenzhen	36
3.5 Ηλεκτροδότηση στα λιμάνια της Ελλάδας	35
3.5.1 Το λιμάνι της Κυλλήνης	36
3.5.2 Τα λιμάνια του Πειραιά και του Ηρακλείου	36
Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές της Ηλεκτροπρόωσης Παγκοσμίως	38
4.1 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Άμστερνταμ	38
4.2 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Όσλο	38
4.3 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Κοπεγχάγη	41
4.4 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στη Γαλλία	43
4.5 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Καλιφόρνια	45
4.6 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Σουηδία	46
4.7 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Πλύμουθ	47
4.8 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Κίνα	48
4.9 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Βαλτική	51
4.10 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Ολλανδία	52

4.11 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Νέα Ζηλανδία	53
Κεφάλαιο 5: Η περίπτωση της μελέτης: Μικρών πλωτών μέσων μεταφοράς (Επιβατηγίδες)	55
5.1 Ανάλυση Δεδομένων	55
5.2 Υπολογισμοί του Συστήματος	57
5.3 Δεδομένα και Εξισώσεις του Μοντέλου	59
5.4 Σενάριο Ε/Γ ROUSSIS IV	64
5.4.1 Σενάριο (Α)	65
5.4.2 Σενάριο (Β)	65
5.4.3 Σενάριο (Γ)	66
5.4.4 Σενάριο (Δ)	66
5.4.5 Σενάριο (Ε)	67
5.5 Αξιολόγηση της Επένδυσης	70
5.6 Συμπεράσματα της επένδυσης	71
Παράρτημα: Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στα Ρυμουλκά πλοία (P/K)	72
Βιβλιογραφία	78

Κεφαλαίο 1

Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων και Πράσινη Ναυτιλία

1.1 Η Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA)

Η Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA) αποτελεί ένα τρόπο μεταφοράς δια θαλάσσης κυρίως εμπορευμάτων. Η συμβολή της NMA έχει αδιαμφισβήτητα βαρύτερη σημασία για την ναυτιλία παγκοσμίως, έχοντας ως απώτερο στόχο στην διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφορών. Η NMA περιλαμβάνει όλες εκείνες τις θαλάσσιες μεταφορές οι οποίες δεν δραστηριοποιούνται σε ωκεάνιες μεταφορές, αλλά συμπεριλαμβάνει:

- α. την ακτοπλοΐα
- β. τις θαλάσσιες μεταφορές από την ηπειρωτική χώρα προς τα νησιά
- γ. τις θαλάσσιες μεταφορές, οι οποίες πραγματοποιούνται στο εσωτερικό ενός κράτους ή ακόμα μεταξύ κρατών.

Η NMA βρίσκεται γεωγραφικά σε πλεονεκτική θέση συγκριτικά με τα παραδοσιακά μέσα μεταφοράς. Η συγκεκριμένη πλεονεκτική θέση δημιουργεί ένα πλαίσιο ανταγωνισμού με μεγάλο οικονομικό όφελος μεταξύ των γειτνιαζόντων κρατών.

Οι ορισμοί για την NMA είναι πολλοί και διαφορετικοί αποδεικνύοντας ότι η NMA έχει μία πολύπλευρη δράση, η οποία μπορεί να ερμηνευτεί διαφορετικά ανάλογα με τους στόχους και τα ζητούμενα. Αυτή η πολύπλευρη δράση δεν περιορίζεται ούτε με τον όρο «απόσταση» ούτε με τον όρο «ναυτιλία», μπορούν να διακριθούν πολλές και διαφορετικές μορφές της ή ακόμα και συμπληρωματικές υπηρεσίες της, οι οποίες δεν είναι ομοιογενείς και συνεχώς εξελίσσονται και διαφοροποιούνται. (Γουλιέλμος AM & Σαμπράκος E 2002)

1.2 Τα πλεονεκτήματα της Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA)

Σύμφωνα με την οικονομική και κοινωνική επιτροπή τα βασικά πλεονεκτήματα της NMA μπορούν να συνοψιστούν στα κάτωθι σημεία:

- α. Μείωση των αρνητικών επιρροών από το περιβάλλον και ανάπτυξη φιλικότητας προς αυτό
- β. Περισσότερες και πιο συχνές υπηρεσίες προς τους λιμένες
- γ. Ενίσχυση της αξιοπιστίας στις μεταφορές και συνέπεια στην παράδοση
- δ. Ελκυστική τιμολογιακή πολιτική, γεγονός στο οποίο συμβάλλουν και τα αρκετά χαμηλότερα, συγκριτικά με τις οδικές μεταφορές και τα θαλάσσια κόστη μεταφορών.

ε. Ενεργειακά αποδοτικές και περιβαλλοντικά φιλικές υπηρεσίες

στ. Οδική αποσυμφόρηση και περιορισμός κοινωνικού κόστους (Γουλιέλμος AM & Σαμπράκος Ε 2002)

1.3. Κανονισμοί και οδηγίες για Πράσινη Ναυτιλία

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης του ναυτιλιακού κλάδου έχουν καθοριστεί κανονισμοί και οδηγίες. Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (International Maritime Organization (IMO)) αποτελεί ένα εξειδικευμένο οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών με την ευθύνη για την ασφάλεια της ναυτιλίας και την πρόληψη της θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία και ταυτόχρονα προωθεί σε μεγάλο βαθμό τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών, έχει υιοθετήσει περισσότερες από 25 βασικές συμβάσεις που αφορούν τη ναυτική ασφάλεια. Ο IMO προωθεί τη χρήση ορισμένων δεικτών για τη μέτρηση των εκπομπών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον και προσανατολίζεται στην επίτευξη μείωσης των εκπομπών έως και 80%, αυτοί είναι ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης EEDI και το σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης SEEMP. (IMO, n.d.).

Ο δείκτης EEDI τέθηκε σε ισχύ το 2013 και ορίζει το ελάχιστο όριο εκπομπών που απαιτείται από τα πλοία). Το σχέδιο διαχείρισης ενέργειας πλοίων SEEMP (Ship Energy Efficient Management Plan), αποτελεί ένα διαχειριστικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να ελέγξει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου. Οι εκτιμήσεις του IMO με βάση το δείκτη EEDI και το σχέδιο SEEMP αναφέρουν ετήσια εξοικονόμηση κόστους περίπου 50 και 200 δισεκατομμύρια δολάρια ως το 2020 και το 2030 αντίστοιχα (IMO, n.d.). Η Ευρωπαϊκή ένωση συστηματικά προωθεί μέτρα για την βιώσιμη ανάπτυξη της Πράσινης Ναυτιλίας όπως τη δημοσίευση της Πράσινης Βίβλου, με κεντρική ιδέα μια συντονισμένη θαλάσσια πολιτική με πλήρη αξιοποίηση των πόρων που προσφέρουν οι ωκεανοί. Έχουν εκδοθεί κανονισμοί όπως το 2005/33/EK που αναφέρεται στον περιορισμό της περιεκτικότητας σε θείο στα καύσιμα των πλοίων, με όριο το 0,1%, καθώς και το 2014/94/EE που αφορά την ανάπτυξη υποδομών για τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων αλλά και τη μείωση χρήσης των ορυκτών καυσίμων (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014).

Επιπλέον η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εισάγει και περιβαλλοντικές συστάσεις όπως τη 2006/339/EK που προωθεί τη χρήση της ηλεκτροδότησης των πλοίων από το λιμάνι και επιδοτεί προγράμματα για τη σύνδεση των πλοίων με παροχή ρεύματος ξηράς όπως το πρόγραμμα MARCO POLO, ένα πρωτοποριακό μοντέλο χρηματοδότησης που προσδίδει στην ΕΕ ένα σημαντικό πλεονέκτημα ισχυροποίησης (European Commission, n.d.). Επίσης οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με τη δημιουργία κανονισμών και του συμβουλίου ατμοσφαιρικών πόρων στη Καλιφόρνια, το οποίο μέσα από τις αποφάσεις του προώθησε ένα σημαντικό επίτευγμα, όπου υποχρέωσε τον εξοπλισμό όλων των πλοίων της

περιοχής με σύστημα σύνδεσης με τη ξηρά από το 2010. Έως το 2014 υποχρεώνει τα πλοία που δένουν στο λιμάνι να κάνουν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 50% και από το 2017 ορίζει ελάχιστο ποσοστό το 70% και το 2020 το 80%. Στη συνέχεια ένα ακόμα βήμα για την μείωση των εκπομπών ρύπων με ορόσημο τη συνεργασία των εθνικών κυβερνήσεων είναι η δημιουργία περιοχών ελέγχου εκπομπών (ECAs), όπου θεσπίστηκαν αυστηρότεροι έλεγχοι για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τέσσερις ενεργές περιοχές ελέγχου: στη Βαλτική και Βόρεια θάλασσα υπάρχει περιορισμός μόνο για εκπομπές SO_x, ενώ στη περιοχή της Βόρειας Αμερικής και της Καραϊβικής υπάρχει περιορισμός για εκπομπές αερίων SO_x, NO_x, PM.



Εικόνα 1.1 : Τρέχουσες περιοχές εκπομπών ελέγχου ECA (<https://www.hallmarkfuels.com/eca>)

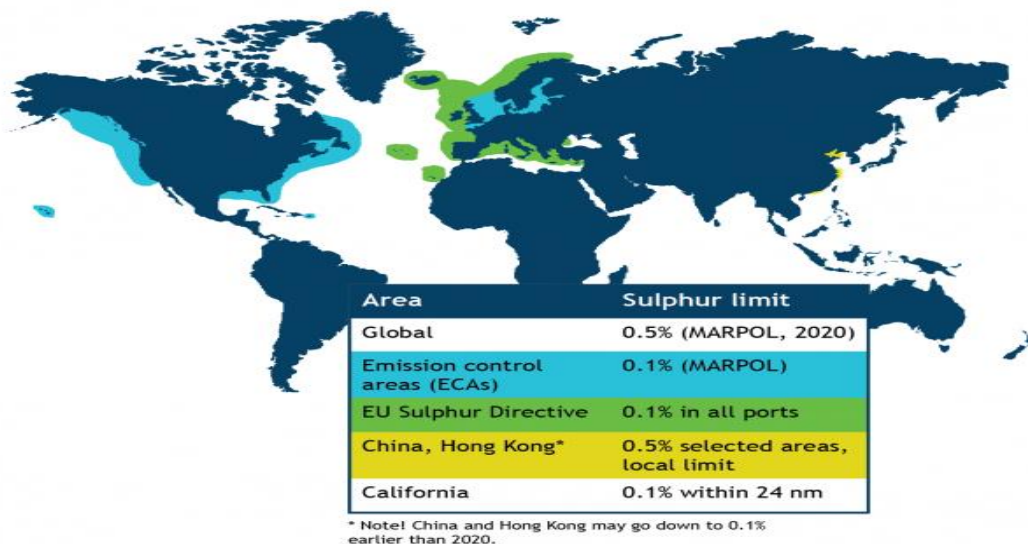
Το 2015 άρχισαν να λειτουργούν οι περιοχές ελέγχου εκπομπών (Βόρεια θάλασσα, Βαλτική, ακτές Βόρειας Αμερικής), όπου τα πλοία δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη του 0,1% και ως το 2020 δεν πρέπει να ξεπερνάει το 0,5% παγκοσμίως. Η χρήση ορυκτών καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο αποτελεί επιπρόσθετο κόστος για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, καθώς η τιμή τους είναι αυξημένη κατά 50% συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα. Σύμφωνα με την οδηγία 2003/87/ΕΚ θεσπίστηκε, το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το οποίο ξεκίνησε να εφαρμόζεται το 2005 λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Σκοπός του σχεδίου είναι η επένδυση σε αποδοτικότερες τεχνολογίες στο ναυτιλιακό κλάδο. Ουσιαστικά οι ναυτιλιακές δεσμεύονται στη μείωση των εκπομπών και αν καταφέρουν να ξεπεράσουν το στόχο, έχουν τη δυνατότητα πώλησης των επιπλέον δικαιωμάτων εκπομπών που διαθέτουν.

1.4 Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (NMA) στο σύγχρονο περιβάλλον

Ο ρόλος της Ναυτιλίας Μικρών Αποστάσεων (NMA) είναι καθοριστικός στην επίτευξη του στόχου των μεταφορών της Ε.Ε. για μείωση κατά 60% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που παράγονται από τις μεταφορές μέχρι το 2050 και η μετατόπιση του 30% των οδικών εμπορευματικών μεταφορών σε απόσταση άνω των 300 χιλιομέτρων σε άλλους τρόπους μεταφοράς μέχρι το 2030 (Shortsea, n.d.).

Οι νέοι ευρωπαϊκοί κανονισμοί για τη μείωση της ρύπανσης από τα πλοία απαιτούν επενδύσεις αρκετών δισ. ευρώ από τις ναυτιλιακές εταιρείες σε τεχνολογίες φίλτρων και από τις πετρελαϊκές εταιρείες για την αναβάθμιση των διυλιστηρίων. Προκειμένου να συμμορφωθούν με τους νέους κανόνες της Ε.Ε., οι ναυτιλιακές εταιρείες πλοίων μικρών αποστάσεων είναι αντιμέτωπες τώρα με πρόσθετο κόστος για τη χρήση διαφορετικών καυσίμων ή για τη χρήση φίλτρων που θα απομακρύνουν το θείο από το βαρύ πετρέλαιο. Η καύση καθαρότερου πετρελαίου ντίζελ θα αποτελούσε μια γρήγορη λύση που θα ικανοποιούσε τις παραπάνω απαιτήσεις, ωστόσο αυτό σήμερα πωλείται έναντι 300 έως και 500 δολάρια ανά τόνο ακριβότερα από το καύσιμο που τα περισσότερα πλοία καταναλώνουν και έχει από 1% έως 3,5% περιεκτικότητα σε θείο. Παράλληλα η Ευρώπη έχει «δομική» έλλειψη πετρελαίου ντίζελ, με τα παλαιότερα και λιγότερο περίπλοκα διυλιστήριά της να μην μπορούν να παράγουν περισσότερο πετρέλαιο ντίζελ χωρίς σημαντικές επενδύσεις και χρονοβόρες διακοπές λειτουργίας. Η αναβάθμιση των διυλιστηρίων για παραγωγή περισσότερο πετρελαίου θα κόστιζε αρκετά εκατομμύρια ευρώ (Shortsea, n.d.).

Μια άλλη επιλογή που «προτείνεται» στα πλοία, τα «φίλτρα καυσαερίων» που εμποδίζουν το θείο που εκπέμπει το βαρύ πετρέλαιο να εισέλθει στο περιβάλλον, απαιτούν δαπάνη αρκετών εκατομμυρίων δολαρίων, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα τέτοιο σύστημα ζυγίζει από 20 έως 90 τόνους ανάλογα με την ισχύ της μηχανής, και συνεπώς η αποτελεσματικότητά τους ελέγχεται. Σημαντικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη ναυτιλία θα μπορούσε να παίξει η χρήση ως καυσίμου από τα πλοία του υγροποιημένου φυσικού αερίου ή της ηλεκτροπρώσης.



Εικόνα 1.2 : Τα παγκόσμια όρια θείου τώρα και στο μέλλον (<https://deltamarin.com/current-challenges/future-fuel-options-and-emission-control/>)

Έκδηλος είναι ο προβληματισμός των μικρότερων ναυτιλιακών εταιρειών που δραστηριοποιούνται κυρίως στην Μεσόγειο Θάλασσα, με αφορμή την διαφαινόμενη ανακήρυξη της περιοχής σε ECA (Emission Control Area), δηλαδή σε μια Περιοχή Ελέγχου των Εκπομπών Αερίων Ρύπων των Πλοίων. Μια τέτοια εξέλιξη θα σημάνει την υποχρεωτική χρήση ναυτιλιακών καυσίμων με μόλις 0,1% περιεκτικότητα σε θείο, δηλαδή ακόμα χαμηλότερα από το όριο του 0,5% που έχει τεθεί σε ισχύ παγκοσμίως, από την 1η Ιανουαρίου του 2020. Αντίστοιχες θαλάσσιες ζώνες λειτουργούν σήμερα στην Βαλτική Θάλασσα, στην Βόρειο Θάλασσα, στο Κανάλι της Μάγχης (Ντόβερ-Καλαί) και σε όλα τα ύδατα που βρίσκονται σε απόσταση μέχρι 200 ναυτικά μίλια από τις ακτές των ΗΠΑ. Ωστόσο, κατά την διάρκεια των τελευταίων μηνών έχει ενταθεί η δραστηριότητα των χωρών της Νότιας Ευρώπης, όπως η Ισπανία, η Γαλλία και η Ιταλία, που εμφανίζονται πλέον έτοιμες να προχωρήσουν σε μια τέτοια κίνηση και για την Μεσόγειο (Shortsea, n.d.).

Οι εν λόγω εξελίξεις φαίνεται πως έχουν επιταχυνθεί έπειτα από την δημοσίευση τεχνικής μελέτης στις αρχές του 2019, βάσει της οποίας οι ρύποι από τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμάται ότι ευθύνονται για 50.000 πρόωρους θανάτους και κοστίζουν περίπου 60 δις ευρώ σε δαπάνες για την δημόσια υγεία. Στο πλαίσιο αυτό, υπολογίστηκε ότι η θέσπιση μιας ζώνης ECA θα μπορούσε να μειώσει τους βλαβερούς ρύπους κατά 80%. Η εν λόγω μελέτη πραγματοποιήθηκε για λογαριασμό της Γαλλίας και συγκεκριμένα με πρωτοβουλία του Υπουργείου Οικολογικής Μετάβασης και Αλληλεγγύης της χώρας, από το ECAMED Project, με την συνεργασία τεσσάρων οργανισμών που ειδικεύονται στην αέρια ρύπανση και την θαλάσσια δραστηριότητα. Προς το παρόν, η Γαλλία, η Ισπανία και πριν και η Ιταλία, έχουν ταχθεί υπέρ της δημιουργίας μιας ζώνης ECA στην λεκάνη της Μεσογείου. Αντιθέτως, στο

παρελθόν, τόσο η Ελλάδα, όσο και η Μάλτα και η Κύπρος είχαν αντιπαχθεί σε μια τέτοια προοπτική.

Το επιπλέον κόστος των καυσίμων και οι αναγκαίες προσαρμογές στον υφιστάμενο μηχανολογικό εξοπλισμό των πλοίων, θα αποτελέσουν δύο ακόμα «πνοκεφάλους» για το 1/3 της παγκόσμιας ναυτιλίας, που εκτιμάται ότι διαπλέει την Μεσόγειο Θάλασσα. Ακόμα περισσότερο, οι συνέπειες θα είναι εμφανείς για μια κατηγορία πλοιοκτητών, που δεν τυγχάνει ιδιαίτερης προβολής, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μία λίαν σημαντική δραστηριότητα της ελληνικής οικονομίας (Shortsea, n.d.).

1.5 Η Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων στην Ελλάδα

Η ΝΜΑ αποτελεί το 60% των συνολικά διακινούμενων φορτίων μέσω θαλάσσης στην Ε.Ε. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat, το 2016 διακινήθηκαν συνολικά 1,9 δις τόνοι στα 28 Κράτη-Μέλη της Ένωσης, παρουσιάζοντας αύξηση της τάξεως 2,6%. Σε όρους γεωγραφικής κατανομής η Μεσόγειος συγκεντρώνει το 29% του συνολικά διακινούμενου τονάζ, δηλαδή 611 εκατομμύρια τόνους (στοιχεία 2016).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης για την Γαλάζια Ανάπτυξη, η ΝΜΑ αποτελεί την 3η σημαντικότερη θαλάσσια οικονομική δραστηριότητα στην Ελλάδα, με προστιθέμενη αξία, η οποία εκτιμάται στα 3,63 δις ευρώ (στοιχεία 2012). Ο κλάδος απασχολεί περισσότερα από 1,600 άτομα στα πλοία και περίπου 15,000 άτομα στις συμπληρωματικές και υποστηρικτικές υπηρεσίες.

Από πλευρά μεγέθους και χωρητικότητας των πλοίων που εκτελούν ναυσιπλοΐα μικρών αποστάσεων δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός. Μικρότερα πλοία είναι απολύτως κατάλληλα για υπερωκεάνιους πλόες καθώς το μέγεθος τους τα κάνει λειτουργικά τόσο για τα μικρά όσο και τα μεγάλα λιμάνια, ενώ μεγαλύτερα πλοία χρησιμοποιούνται σε διαδρομές μικρών αποστάσεων. Βάσει των τάσεων στην ναυπηγική βιομηχανία το τυπικό μέγεθος ενός πλοίου ΝΜΑ κυμαίνεται από 1,000 dwt μέχρι 20,000 dwt.

Ο Ελληνικός και Ελληνόκτητος στόλος αποτελείται από περισσότερα από 700 πλοία χωρητικότητας από 500-20,000 dwt. Η κύρια κατηγορία πλοίων είναι των δεξαμενοπλοίων, τα οποία αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 50% του στόλου. Το μέσο μέγεθος του ελληνόκτητου ΝΜΑ στόλου εκτιμάται στα 7,500 dwt με μέση ηλικία τα 23 έτη (Shortsea, n.d.).

1.6 Επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών

Η ναυτιλία, η οποία μεταφέρει πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου, είναι ο πιο ενεργειακά αποδοτικός τρόπος μεταφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τον τεράστιο όγκο φορτίων που μεταφέρουν πλοία καθημερινά. Ωστόσο, καθώς οι θαλάσσιες μεταφορές αυξάνονται συνεχώς, υπάρχει αυξανόμενη ανησυχία για τις επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών στο περιβάλλον, καθώς συμβάλλει

στην παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση, όπως τα παγκόσμια αέρια θερμοκηπίου (GHG), τα οξειδία του θείου (SO_x) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x) εκπομπών καθώς και σωματιδίων (PM). Ειδικότερα στις παράκτιες περιοχές, η καύση εκπομπών που προέρχονται από καύσιμα πλοίων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο που παράγονται από ελλιμενισμένα πλοία σε λιμάνια, συμβάλλει σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση και με συναφείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, ιδίως για τις λιμενικές πόλεις ή για λιμάνια κοντά σε αστικές περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ηλεκτρική διασύνδεση των λιμανιών (Cold Ironing)



Εικόνα 2.1: Η ακτοπλοϊκή εγκατάσταση cold ironing στην Στοκχόλμη (πηγή Tallink Grupp)

2.1. Ηλεκτροδότηση πλοίων από το δίκτυο της ξηράς (Cold Ironing)

Η ηλεκτροδότηση των πλοίων από το δίκτυο ξηράς κρύο, Cold Ironing, είναι ένας όρος που χρησιμοποιήθηκε αρχικά από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ, που αναφέρεται στη σύνδεση ενός πλοίου με μια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από την ξηρά μέσω μηχανημάτων στο πλοίο με την προϋπόθεση ότι το λιμάνι έχει την υποδομή και την «πιο πράσινη» ενέργεια (π.χ. ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) για να υποστηρίξει την προσπάθεια. Η ηλεκτροδότηση των πλοίων από το δίκτυο του λιμανιού πραγματοποιείται για να καλύψει λειτουργικές ανάγκες κατά τη διάρκεια παραμονής στο λιμάνι όπως το φωτισμό του πλοίου, το κλιματισμό ή τη θέρμανση, τη φορτοεκφόρτωση αλλά και τον ανεφοδιασμό. Για να πραγματοποιηθούν όλες αυτές οι λειτουργίες ήταν αναγκαία η χρήση των μηχανών του πλοίου. Αυτές οι εργασίες καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα ντίζελ και βαρέος πετρελαίου, παράγοντας επιβλαβείς αναθυμιάσεις καυσαερίων, θόρυβο και δονήσεις. Βασικός στόχος του cold ironing είναι η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και η μείωση των εκπομπών ρυπογόνων αερίων (J. Prousalidis, D. Lyridis. S. Dallas, Z. Soghomonian, V. Georgiou & D. Spathis 2017).

Τα λιμάνια δεδομένου ότι αποτελούν τον κύριο άξονα για την ανάπτυξη της οικονομίας και του διεθνούς εμπορίου, παράλληλα όμως θεωρούνται από τις τοπικές κοινότητες ως πηγή ρύπανσης και θορύβου. Οι εκπομπές αερίων από τα πλοία δημιουργούν έντονες περιβαλλοντικές ανησυχίες και ακόμα μεγαλύτερες όταν το πλοίο βρίσκεται σε ελλιμενισμό, καθώς διαταράσσεται η ποιότητα ζωής του κοινωνικού συνόλου. Θα πρέπει τα λιμάνια να εφαρμόζουν τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης με ιδιαίτερη βαρύτητα στην προστασία του περιβάλλοντος. Για τα ελλιμενισμένα πλοία υπάρχουν δύο τρόποι να συμβαδίσουν με τα περιβαλλοντικά πρότυπα: είτε να παράγουν τη δική τους ενέργεια μέσω χρήσης καθαρών καυσίμων, είτε να συνδεθούν με το λιμάνι για παροχή ενέργειας. Πολλά λιμάνια έχουν προωθήσει κάποιες πρακτικές ενθάρρυνσης για τη χρήση του Cold Ironing, όπως μείωση φόρων με τη δημιουργία ενός περιβαλλοντικού δείκτη που μετράει τις εκπομπές αερίων από τα πλοία και δίνει αντίστοιχα βαθμούς καλής διαγωγής. Τα πράσινα πλοία μπορούν να απολαύσουν εκπτώσεις ως και 10%. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στη ξηρά έχει μικρότερο οικολογικό αποτύπωμα στο περιβάλλον συγκριτικά με την ενέργεια που παράγεται από τις μηχανές των πλοίων κατά τον ελλιμενισμό τους. Μεγάλη σημασία για την επιτυχία της μεθόδου έχει ο τρόπος που παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή της στη ξηρά χαρακτηρίζεται από μικρότερες εκπομπές οξειδίων θείου και δύναται να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 50%. Ο θόρυβος κοντά στη μηχανή κατά τη λειτουργία της μπορεί να φτάσει τα 120 db. κάτι που γίνεται αισθητό στην περιοχή περιμετρικά του λιμανιού. Τα πλοία επιλέγοντας τη σύνδεση με τη ξηρά για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να συμμορφώνονται με τη marplot 6 και το πρότυπο IEC/ISO/IEEE 80005-1 που ορίζουν τις γενικές απαιτήσεις (Schneider Electric Ltd, 2011).

Πολλά ευρωπαϊκά και διεθνή λιμάνια έχουν ήδη κάνει το βήμα προς την ηλεκτροδότηση, ενσωματώνοντας έξυπνα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή για να τροφοδοτήσουν τις λειτουργίες τους.

Πίνακας 2.1- Ports using cold ironing (WPCI, 2017)

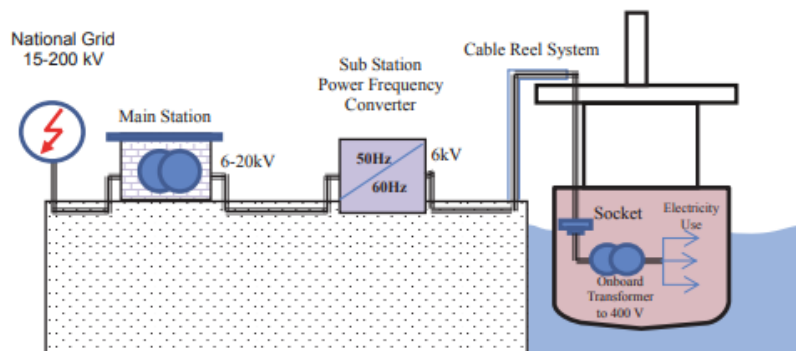
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>ΛΙΜΑΝΙ</u>	<u>ΧΩΡΑ</u>	<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>ΛΙΜΑΝΙ</u>	<u>ΧΩΡΑ</u>
2000	Gothenburg	Sweden	2010	Verko, Karlskrona	Sweden
2000	Zeebrugge	Belgium	2010	Amsterdam	Netherlands
2001	Juneau	USA	2011	LongBeach	USA
2004	LosAngeles	USA	2011	Oslo	Norway
2005	Seattle	USA	2011	PrinceRupert	Canada
2006	Kemi	Finland	2012	Rotterdam	Netherlands
2006	Kotka	Finland	2012	Oakland	USA
2006	Oulu	Finland	2012	Ystad	Sweden
2006	Stockholm	Sweden	2012	Helsinki	Finland
2008	Antwerp	Belgium	2013	Trelleborg	Sweden
2008	Lubeck	Germany	2014	Riga	Latvia
2009	Vancouver	Canada	2015	Bergen	Norway
2010	SanDiego	USA	2015	Hamburg	Germany
2010	SanFrancisco	USA	2015	Civitavecchia	Italy

2.2 Εμπόδια στη Χρήση του Cold Ironing

Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει είναι η σύνδεση του ηλεκτρικού συστήματος τροφοδοσίας του σκάφους με ένα ηλεκτρικό δίκτυο ξηράς, το ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετικές βαθμολογίες και η έλλειψη τυποποίησης της του ηλεκτρικού δικτύου ξηράς. Οι ονομαστικές αξιολογήσεις του χερσαίου δικτύου χαμηλής τάσης διαφέρουν μεταξύ των λιμένων και πιο συγκεκριμένα μεταξύ των χωρών. Η ονομαστική τάση του δικτύου δεν είναι τόσο σημαντική όσο η συχνότητά του. Βασικά, στην Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική υπάρχει συχνότητα τάσης ηλεκτρικού δικτύου 50 Hz και στη Βόρεια Αμερική 60 Hz. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή την πτυχή σε σχέση με το ηλεκτρικό σύστημα του πλοίου, τόσο τα επίπεδα τάσης όσο και συχνότητας είναι απαραίτητα. Η ονομαστική τάση του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία του σκάφους, το μέγεθός του και τις περιφερειακές συνθήκες

λειτουργίας του σκάφους. Η συχνότητα τάσης του ηλεκτρικού συστήματος πλοίου 60 Hz (περίπου 70 τοις εκατό) επικρατεί στο παγκόσμιο εμπορικό ναυτικό, ενώ υπάρχουν τουλάχιστον πέντε επίπεδα τάσης κάτω από 1 kV και τρία που υπερβαίνουν το 1 kV. Η πλειοψηφία των πλοίων που βρίσκονται επί του παρόντος σε λειτουργία διαθέτει χωριστό πεδίο στον κύριο πίνακα μεταγωγής του, επιτρέποντας τη σύνδεση του ηλεκτρικού συστήματος τροφοδοσίας του σκάφους σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο ξηράς. Ο πίνακας της "σύνδεσης ξηράς" είναι εξοπλισμένος μόνο με την εγκατάσταση σύνδεσης και εναλλακτικά τον έλεγχο ακολουθίας φάσης. Το πλοίο μπορεί εναλλακτικά να είναι συνδεδεμένο στην ακτή μόνο εάν μια πηγή τάσης ξηράς είναι διαθέσιμη με τις εκτιμήσεις τάσης ηλεκτρικού συστήματος σκαφών. Επί του παρόντος, η ηλεκτρική ασυμβατότητα είναι το κύριο εμπόδιο, επομένως η παροχή ηλεκτρικού συστήματος σκάφους με επίγειο ηλεκτρικό δίκτυο είναι σχετικά σπάνια. Η μέθοδος μετάβασης από το δικό του, το αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα του πλοίου, σε μια σύνδεση στην ακτή και αντίστροφα είναι μια σημαντική πτυχή καθώς εμφανίζεται σύντομο μπλακ-άουτ. Σε ένα σύγχρονο αυτοματοποιημένο σύστημα αυτοματισμού μηχανοστασίου και ελέγχου σκαφών είναι απαραίτητο. Στις τρέχουσες οικονομικές και οργανωτικές συνθήκες, καθώς και στις τεχνικές υποδομές των θαλάσσιων μεταφορών με έμφαση στην ασφάλεια, δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη ο τρόπος αλλαγής της πηγής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν υπάρχει μπλακ-άουτ. Όπως προαναφέρθηκε, το κύριο πρόβλημα κατά το σχεδιασμό της σύνδεσης του ηλεκτρικού συστήματος τροφοδοσίας του σκάφους με ένα ηλεκτρικό δίκτυο ξηράς είναι η «προσαρμογή» του ηλεκτρικού δικτύου ξηράς σε διάφορα, αυτόνομα συστήματα σκαφών. Η έννοια ενός καθολικού ηλεκτρικού συστήματος Shore to Ship, που συνιστάται στις οδηγίες της ΕΕ μπορεί να είναι μία από τις λύσεις. Τα κύρια στοιχεία του συστήματος είναι τα εξής:

- μετασχηματιστής στον κύριο πίνακα διακοπών, που αντιστοιχεί στην τάση του διανεμητικού δικτύου ξηράς με την εγκατάσταση του συστήματος (από ακτή σε πλοίο)
- μετατροπέας συχνότητας που ταιριάζει με τη συχνότητα του χερσαίου δικτύου με το σύστημα του σκάφους
- σύστημα κυλίνδρου καλωδίων που επιτρέπει την παροχή χαμηλής τάσης στο πλοίο
- μετασχηματιστής (στο πλοίο) που ταιριάζει με τη χαμηλή τάση στην τάση του πλοίου



Εικόνα 2.2 : Το καθεστώς διαμόρφωσης του συστήματος ηλεκτρικής τροφοδοσίας σκαφών στο λιμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ

Το κόστος ολόκληρου του συστήματος καθορίζεται από έναν μετατροπέα συχνότητας που είναι η μόνη τεχνολογικά περίπλοκη συσκευή στο σύστημα Shore to Ship. Λόγω της συστηματικής ανάπτυξης ηλεκτρικών τεχνολογιών υψηλής ισχύος της τάξης των 20 MVA, προέκυψε η δυνατότητα κατασκευής μετατροπέα συχνότητας ρεύματος εναλλασσόμενου ρεύματος. Επί του παρόντος, οι μετατροπείς συχνότητας υψηλής ισχύος έχουν κυριαρχηθεί από δύο τύπους πλήρως ελεγχόμενων βαλβίδων: το μονωμένο διπολικό τρανζίστορ πύλης και το μονωμένο Gatecommutated Thyristor που είναι μια σύνδεση μεταξύ της στροφής πυλών και του συστήματος ελέγχου πυλών. Οι εναλλακτικές διαμορφώσεις του ηλεκτρικού συστήματος τροφοδοσίας του σκάφους ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και καθεμία από αυτές έχει διακριτικά χαρακτηριστικά. Διακρίνονται οι ακόλουθες διαμορφώσεις:

- ένας μετατροπέας κεντρικής συχνότητας που βρίσκεται στον κύριο πίνακα διακοπών, ενώ στην προβλήτα υπάρχουν μόνο αντίστοιχο μετασχηματιστές
- στον κεντρικό σταθμό υπάρχει μόνο ένας μετασχηματιστής τάσης χερσαίου δικτύου, ενώ ο μετατροπέας με τον αντίστοιχο μετασχηματιστή βρίσκεται σε δεδομένη αποβάθρα
- στον κεντρικό σταθμό υπάρχει μετασχηματιστής και διορθωτής, ο ενεργειακός εφοδιασμός στο λιμάνι περνάει από ένα σύστημα μεταφοράς άμεσου ρεύματος, και στις αποβάθρες, υπάρχουν μετατροπείς και αντίστοιχο μετασχηματιστές.

Ένα από τα πιο σημαντικά εμπόδια στην χρήση Cold Ironing είναι το υψηλό κόστος της ενέργειας. Αυτός είναι ο λόγος που τα περισσότερα λιμάνια έχουν ως προτεραιότητα τη χρήση ορυκτών καυσίμων πιο φιλικά στο περιβάλλον παρά τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το επόμενο δαπανηρό εμπόδιο είναι η επένδυση που αφορά το πλοίο, όπου οι τροποποιήσεις κυμαίνονται από 300.000\$ ως 3.000.000\$ ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του σκάφους. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε πως το κόστος ενός καινούργιου σκάφους σχεδιασμένου σύμφωνα με πρότυπα για χρήση cold ironing μπορεί να είναι το μισό από το κόστος τροποποίησης ενός υφιστάμενου πλοίου.

Πίνακας 2.2- Επενδυτικό κόστος για την μετασκευή (<https://glomeep.imo.org/technology/shore-power/>)

Investment cost for vessel (USD)	1000 – 4999 GT	5000 – 9999 GT	10000 – 24999 GT	25000 – 49999 GT	50000 – 99999 GT	>= 100000 GT
Crude tankers	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000
Chemical / product tankers	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000		
Gas tankers	\$50 000 – \$350 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000
Bulk carriers	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	0,5 – 3 Mill	0,5 – 3 Mill	\$100 000 – \$400 000	
General cargo	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	0,5 – 3 Mill	\$100 000 – \$400 000		
Container vessels	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000
Ro Ro vessels	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	
Reefer	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000			
Passenger ship	\$50 000 – \$350 000	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000
Offshore supply ship	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000				
Other offshore service ships	\$50 000 – \$350 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000	\$100 000 – \$400 000

Other activities	\$50 000 – \$ 350 000	\$100 000 – \$400 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000	\$300 000 – \$750 000
Fishing vessels	\$50 000 – \$ 350 000	\$100 000 – \$400 000				

2.3. Τα οφέλη του Cold Ironing

Η τροφοδότηση πλοίων με ρεύμα ξηράς αποτελεί μια μέθοδο που μετακυλίζει τους ρύπους σε απομακρυσμένες περιοχές, εκεί όπου βρίσκονται οι μεγάλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Η χρήση αυτής της ενέργειας μειώνει τις εκπομπές που προέρχονται από τα πλοία, καθώς αντλείται από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο και ως εκ τούτου τα πλοία απενεργοποιούν τις ηλεκτρομηχανές ντιζελ κατά τη διάρκεια παραμονής του στο λιμάνι. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η χρήση της ηλεκτροδότησης από τη ξηρά μπορεί να μειώσει τις εκπομπές Co₂ κατά 39% και προσφέρει το μικρότερο οικολογικό αποτύπωμα, καθώς εξαλείφονται οι εκπομπές Sox και Nox

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η μείωση του θορύβου και των δονήσεων χαμηλής συχνότητας που αποτελεί λύση σε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των λιμανιών που προκαλούνται από τα πλοία. Η παροχή λιμενικών ευκολιών με την χρήση cold ironing μπορεί να βελτιώσει τη ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα στις περιοχές των λιμανιών και ταυτόχρονα τη ποιότητα ζωής του κοινωνικού συνόλου. Η χρήση ρεύματος από τη ξηρά στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου και επιτρέπει τη συντήρηση των μηχανών ντιζελ κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού. Τα σκάφη μη χρησιμοποιώντας τις μηχανές τους εξοικονομούν σημαντικά ποσά, καθώς μειώνεται το κόστος της συντήρησης. Η οικονομική εξέλιξη των λιμανιών μπορεί να συνδυαστεί με την αιφόρο ανάπτυξη. Σύμφωνα με μελέτη του United States Energy Information Administration η ζήτηση για προϊόντα πετρελαίου θα αυξάνεται κατά 1,5% ανά έτος για τα επόμενα 5 χρόνια που δημιουργεί κίνητρα για να καταστεί πιο ελκυστική η σύνδεση των πλοίων με τη ξηρά. Τα λιμάνια προχωρώντας στην επένδυση της ηλεκτροδότησης πλοίων κατά τη παραμονή τους στο λιμάνι, αναπτύσσουν νέες επιχειρηματικές πρακτικές, που μπορούν να εξασφαλίσουν επιπρόσθετα κέρδη και θέσεις εργασίας. Με τη χρήση του cold ironing ένα ferry boat μπορεί να έχει συνολική ετήσια εξοικονόμηση ως 200.000\$, ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων 180.340\$ και ένα κρουαζιερόπλοιο 516.880\$ (Schneider Electric Ltd, 2011). Τέλος, η χρήση της μεθόδου cold ironing στα πλοία ενισχύει το οικονομικό προφίλ των ναυτιλιακών εταιρειών. Μια ναυτιλιακή επιχείρηση που θα λειτουργεί με περιβαλλοντικές ανησυχίες και σεβασμό στο κοινωνικό σύνολο, αποκτά σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά.

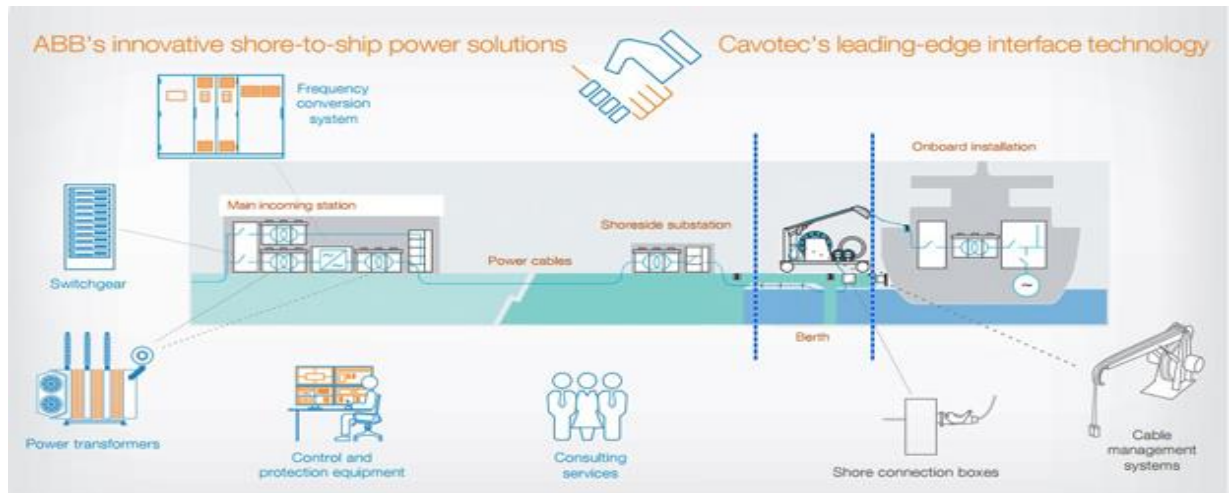
2.4. Βελτίωση του Cold Ironing

Στο πλαίσιο αύξησης της χρήσης του cold ironing στην ναυσιπλοΐα πρέπει να οριστεί ένα πρότυπο σύνδεσης για όλα τα λιμάνια της ΕΕ. Να καταστεί υποχρεωτική η χρήση του στις περιοχές αναμονής, που αποτελεί ασφαλώς ένα ελκυστικό επενδυτικό σχέδιο με προοπτικές κερδοφορίας. Είναι σημαντικό να εδραιωθούν επενδυτικά προγράμματα και επιδοτήσεις, καθώς και ίσοι όροι στη φορολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας και των καυσίμων, ώστε η μέθοδος να μπορεί να αποκτήσει χρήση οικονομικών εργαλείων για την ενίσχυση των επενδύσεων στα πλοία.

Για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του σχεδίου του cold ironing έχουν δημιουργηθεί ορισμένα συστήματα ελέγχου και παροχής πληροφοριών που διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του. Δύο από αυτά είναι το Energy Management And Control System και το Energy Management Information System. Αυτά τα δύο συστήματα είναι απαραίτητα για τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη διασφάλιση της λειτουργίας της τεχνολογίας αυτής. Παράλληλα γίνεται και συλλογή δεδομένων για κάθε λειτουργία των συστημάτων ώστε να είναι εφικτή η μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας. Με αυτό το τρόπο μπορεί να παρέχεται στα πλοία ενέργεια υψηλής ποιότητας. Έτσι τα λιμάνια μπορούν να διαπραγματευτούν τα συμβόλαια μίσθωσης του λιμανιού με ευνοϊκότερους όρους και υψηλότερα κέρδη. Η μέτρηση των δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο, για καλύτερο έλεγχο των δυνατοτήτων του συστήματος. Το πρόγραμμα παρακολούθησης δίνει τη δυνατότητα άμεσης απόκρισης σε κατάσταση ανάγκης, καθώς κάνει συνεχείς διαγνωστικούς ελέγχους για την αποτροπή ατυχημάτων. Ο δείκτης ESI αποτελεί ένα μέτρο των ποσοτήτων των εκπεμπόμενων αερίων από ένα πλοίο και δίνει αντίστοιχους βαθμούς ανάλογα με τη περιβαλλοντική απόδοση. Όσα πλοία χρησιμοποιούν σύνδεση με τη ξηρά λαμβάνουν υψηλότερους βαθμούς, καθώς η πρακτική αυτή βρίσκεται στη κορυφή για πρόληψη ρυπογόνων συνεπειών. Ο δείκτης έχει χρησιμοποιηθεί σε λιμάνια ως δείκτης μέτρησης δασμών και πολλά πλοία ανάλογα με τα πρότυπα που ακολουθούν μπορούν να εξασφαλίσουν μέχρι και 10% μείωση.

2.5 Σύστημα διασύνδεσης ξηράς-πλοίου

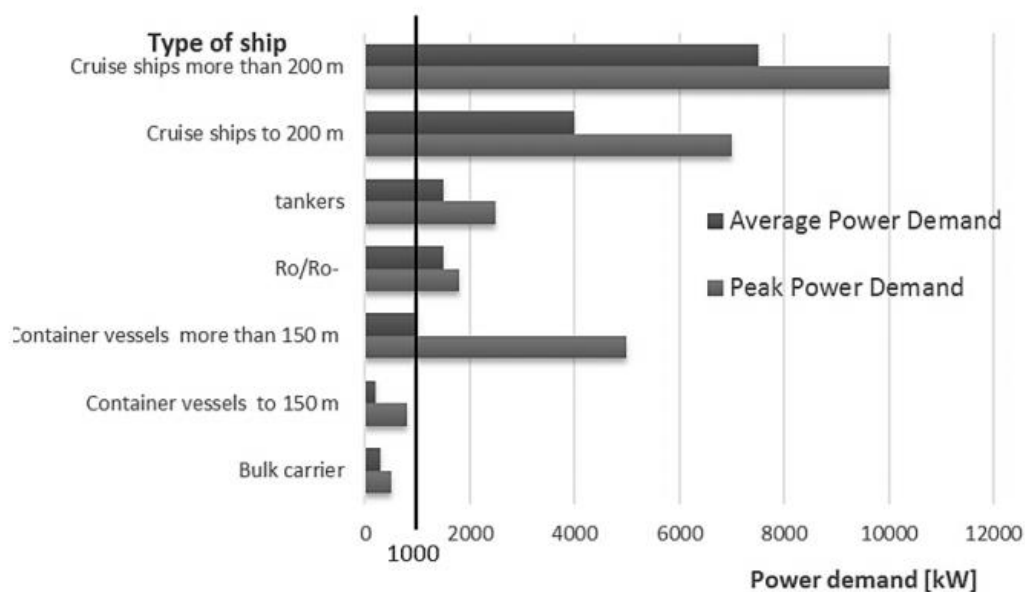
Ο κανονισμός IEC 80005-1 καλύπτει τα συστήματα διασύνδεσης στεριάς εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής τάσης, ενώ ο IEC 80005-3 καλύπτει τα συστήματα διασύνδεσης στεριάς εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής τάσης. Επί του παρόντος, δεν υπάρχει πρότυπο ή σύσταση που να καλύπτει συστήματα διασύνδεσης στεριάς με συνεχές ρεύμα, συνεπώς επιλέγεται το σύστημα φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος, αν και το σύστημα φόρτισης συνεχούς ρεύματος μπορεί να παρουσιάζει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα.



Εικόνα 2.3 : Περιγραφική απεικόνιση του συστήματος cold ironing (πηγή: <https://safety4sea.com/abb-cavotec-join-forces-to-offer-shore-to-ship-power-solutions/>)

Το πρότυπο IEC 80005 περιγράφει τις προδιαγραφές και τους κανονισμούς που θεσπίζονται με σκοπό την επίτευξη της συμβατότητας μεταξύ πλοίου και του εξοπλισμού στη ξηρά. Το συγκεκριμένο πρότυπο περιγράφει όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες με σκοπό τον όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό πλοίων που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε κάθε λιμάνι. Σύμφωνα με τις οδηγίες του προτύπου η σύνδεση μεταξύ του πλοίου και του εξοπλισμού ξηράς οφείλει να είναι άμεση, απλή και να μην χρειάζεται κάποια τροποποίηση για κάθε πλοίο. Τα πρότυπα καλύπτουν τις απαιτήσεις του ηλεκτρικού εξοπλισμού, την ποιότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τις απαιτούμενες περιβαλλοντικές προδιαγραφές ασφαλείας

Ουσιαστικά αυτό το πρότυπο περιγράφει την επίγεια σύνδεση χαμηλής τάσης (LVSC) στα ρεύματα μετάδοσης, τα οποία δεν υπερβαίνουν τα 250 A (μέγιστο 125 A ανά καλώδιο) και μια τάση που δεν υπερβαίνει τα 300 V σε σχέση με τη ξηρά.



Εικόνα 2.4 : Ζήτηση ισχύος διαφορετικών τύπων πλοίων στα λιμάνια (Dariusz TARNAPOWICZ Akademia Morska w Szczecinie Sergiej GERMAN-GALKIN University ITMO, Sankt Petersburg)

Πίνακας 2.3- Τυπικές απαιτήσεις συστήματος για διαφορετικά τύποι πλοίων (<https://glomeep.imo.org/technology/shore-power/>)

Vessel types	<= 999	1000 – 4999 GT	5000 – 9999 GT	10000 – 24999 GT	25000 – 49999 GT	50000 – 99999 GT	>= 100000 GT
Oil tankers	230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz
Chemical/product tankers	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz		
Gas tankers	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz
Bulk carriers	230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11kVV – 50/60hz	
General cargo	230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz		
Containers vessels		400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz

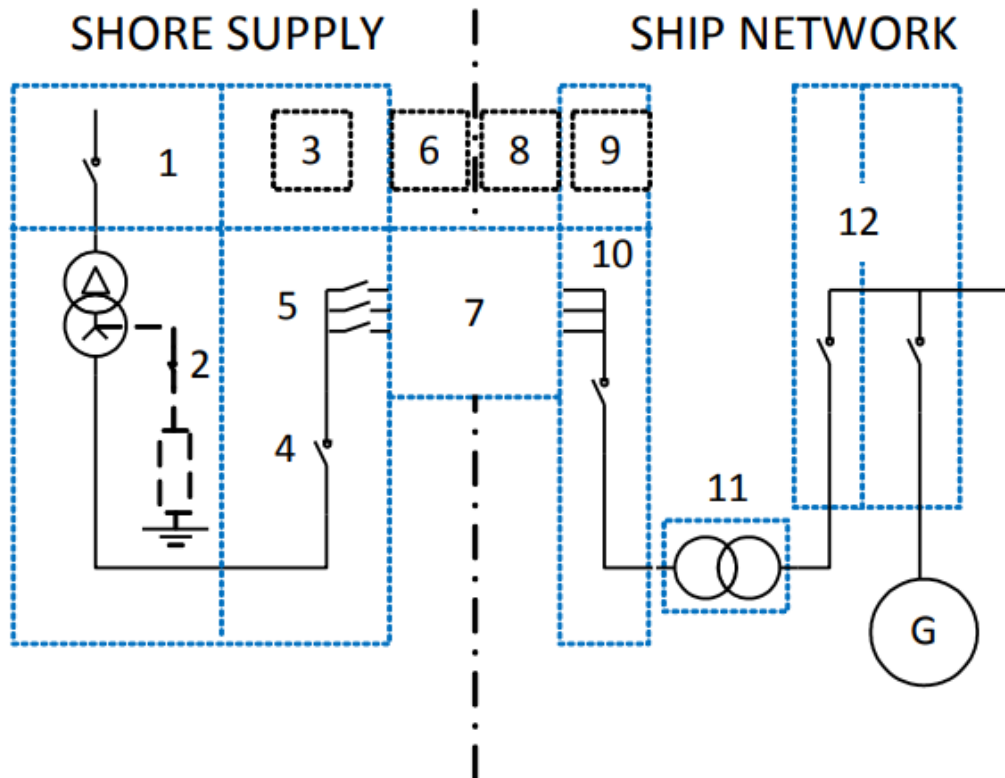
Ro vessels	Ro	230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	–	
Reefers		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz				
Passengers vessels		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	400/440/690 V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	–	6.6/11kV – 50/60hz
Offshore supply vessel		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz					
Other offshore service vessels		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11kVV – 50/60hz		690V/6.6/11 kVV – 50/60hz
Other activities		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	–	6.6/11kV – 50/60hz
Fishing vessels		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz					
Vessel types		<= 999	1000 – 4999 GT	5000 – 9999 GT	10000 – 24999 GT	25000 – 49999 GT	50000 – 99999 GT		>= 100000 GT
Oil tankers		230/400/44 0V – 50/60hz	400/440/69 0V – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	690V/6.6/11 kVV – 50/60hz	6.6/11kV – 50/60hz	–	6.6/11kV – 50/60hz

Το πρότυπο IEC/ISO/IEEE 80005-3 καθορίζει τα βασικά στοιχεία του συστήματος που βρίσκονται τόσο στο σκάφος όσο και στην ξηρά. Αυτό το πρότυπο ισχύει για το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη δοκιμή των συστημάτων LVSC και τις ακόλουθες διευθύνσεις:

- συστήματα διανομής LV shore
- εξοπλισμός σύνδεσης και διεπαφής από ξηρά σε πλοίο
- μετασχηματιστές / αντιδραστήρες
- ημιαγωγοί / περιστρεφόμενοι μετασχηματιστές
- συστήματα διανομής πλοίων, έλεγχος
- παρακολούθηση, διασύνδεση
- συστήματα διαχείρισης ισχύος.

Το πρότυπο απαριθμεί τις απαιτήσεις σχετικά με την ασφάλεια του συστήματος LVSC – συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης και ασφάλειας.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται διάγραμμα που περιέχει τα κύρια στοιχεία του συστήματος STS-LVSC σύμφωνα με το πρότυπο IEC/ISO/IEEE 80005-3 .



Εικόνα 2.5 : Σύστημα σύνδεσης χαμηλής τάσης στην πλευρά του λιμανιού(Πηγή: IEC/ISO/IEEE80005-3)

1. Σύστημα παροχής ξηράς
2. Ουδέτερη αντίσταση και μετασχηματιστής από τη ξηρά
3. Ηλεκτρονόμος προστασίας από ξηρά
4. Διακόπτης προστασίας
5. Ηλεκτρικός διακόπτης παροχής ενέργειας
6. Σύστημα ελέγχου από τη ξηρά
7. Εξοπλισμός διασύνδεσης από ξηρά προς το πλοίο
8. Σύστημα ελέγχου από το πλοίο

9. Ηλεκτρονόμος προστασίας από το πλοίο
10. Πίνακας διασύνδεσης στη ξηρά
11. Κατά περίπτωση μετασχηματιστής επί του πλοίου
12. Πίνακας διανομής

2.6 Εξοπλισμός διασύνδεσης επί του πλοίου

Το πρότυπο IEC/ISO/IEEE 80005-3 προτείνει τις ακόλουθες οδηγίες με σκοπό τη διασφάλιση της ορθής και ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης ρεύματος ξηράς επί του πλοίου. Στη περίπτωση σύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος με τη ξηρά, το σύστημα του πλοίου θα πρέπει να διαθέτει το δικό του σύστημα φόρτισης των μπαταριών. Ο σχεδιασμός της φόρτισης πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες χωρητικότητας των εφαρμογών, να συνδέεται με το σύστημα διαχείρισης μπαταριών και να λειτουργεί εντός των ορίων που καθορίζει το σύστημα διαχείρισης. Το σύστημα φόρτισης και η σύνδεση ξηράς, θα πρέπει να περιλαμβάνουν αισθητήρες θερμοκρασίας, προκειμένου να ανιχνεύσουν περιστατικά αυξημένης αντίστασης και θερμοκρασίας καθώς και τυχόν απώλειες μόνωσης όσο το δυνατόν στο αρχικό τους στάδιο. Η διαδικασία παραλληλισμού κατά τη σύνδεση με τη ξηρά προτιμάται να γίνεται αυτόματα, στη περίπτωση που γίνεται χειροκίνητα θα πρέπει να γίνει μελέτη εκτίμησης κινδύνου για τα μέλη του προσωπικού που θα εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία. Η σχεδίαση του φορτιστή πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποτρέπεται η υψηλή τάση φόρτισης καθώς και οι υψηλές τιμές ρεύματος. Σε περίπτωση βλάβης ή αστοχίας φόρτισης πρέπει να δίνεται σήμα (alarm) σε επανδρωμένο σταθμό ελέγχου. Το σύστημα φόρτισης πρέπει να έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης της σύνδεσης με τη ξηρά, με σκοπό τη δυνατότητα απενεργοποίησης του συστήματος πρόωσης κατά τη φόρτιση. Το σύστημα διαχείρισης μπαταριών οφείλει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Πρέπει να παρέχονται τα κατάλληλα μέσα και οδηγίες στο προσωπικό όταν απαιτείται αλλαγή ρυθμίσεων της συσκευής όταν αυτή συνδέεται σε τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος. Όλες οι απαιτούμενες ρυθμίσεις ασφαλείας πρέπει να αναφέρονται με σαφήνεια στον σταθμό ελέγχου.
- Είναι αναγκαία και υποχρεωτική η εγκατάσταση πίνακα ξηράς επί του πλοίου, σε σημείο όσο το δυνατόν πλησιέστερα με το σημείο υποδοχής.
- Η απόσταση του σημείου παροχής και του σημείου υποδοχής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Η διαμόρφωση του πίνακα

σύνδεσης ξηράς πρέπει να είναι σύμφωνη με το πρότυπο IEC-61439.

- Είναι υποχρεωτική η ύπαρξη διακόπτη προστασίας στον πίνακα σύνδεσης, ώστε σε περίπτωση βλάβης του συστήματος να προστατευθεί ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του πλοίου.
- Είναι υποχρεωτική η ύπαρξη διακόπτη στον πίνακα σύνδεσης με ενσωματωμένη λειτουργία αποσύνδεσης, ώστε να απομονώνεται η εγκατάσταση πριν τη σύνδεση.
- Ο διακόπτης του πίνακα σύνδεσης πρέπει να είναι σύμφωνος με το πρότυπο IEC- 60947-2
- Η ονομαστική χωρητικότητα κατασκευής του διακόπτη υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61363-1 και είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος.
- Θα πρέπει να παρέχεται διακόπτης προστασίας του μηχανισμού της μηχανής.
- Ο πίνακας σύνδεσης επί της ξηράς εφοδιάζεται με βολτόμετρο τριών φάσεων, ένδειξη σφάλματος γείωσης, συσκευή υπερέντασης ρεύματος, συσκευές βραχυκυκλώματος και προστασία ανισοροπίας.
- Όλα τα συστήματα προστασίας του συστήματος οφείλουν να διαθέτουν εφεδρική μπαταρία ικανή να καλύψει τις ανάγκες του συστήματος για 30 λεπτά, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 600902-504.
- Σε περίπτωση βλάβης κατά τη φόρτιση των μπαταριών, καθώς και στη περίπτωση ενεργοποίησης του εφεδρικού συστήματος το αρμόδιο προσωπικό ειδοποιείται με την ενεργοποίηση συναγερμού.
- Το εφεδρικό σύστημα ενεργοποιείται στις περιπτώσεις: βραχυκυκλώματος, υπερέντασης, βλάβης της γείωσης, υπέρταση ή υπόταση και υπερβολικής ή ανεπαρκούς συχνότητας.
- Στη ξηρά παρέχεται ο γαλβανικός διαχωρισμός μεταξύ λιμανιού και συστήματος πλοίου. Στη περίπτωση που το δίκτυο του πλοίου έχει σχεδιαστεί ώστε η τάση τροφοδοσίας να παρέχεται από τη ξηρά μπορεί να μην απαιτείται.
- Στη περιοχή κοντά του βύσματος τροφοδοσίας επί της ξηράς απαγορεύεται η ύπαρξη εύφλεκτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εφαρμογή της ηλεκτρικής διασύνδεσης των λιμανιών (Cold Ironing) παγκοσμίως

3.1 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη Φινλανδία

Το 2005, το λιμάνι του Ελσίνκι ξεκίνησε μια μελέτη, η οποία ασχολήθηκε με τη σύνδεση των πλοίων με την ξηρά από την άποψη της τεχνολογίας, της οικονομίας και της φιλικότητας προς το περιβάλλον. Εκείνη την εποχή, μερικά κρουαζιερόπλοια χρησιμοποιούσαν την ισχύ της ξηράς, αλλά τα περισσότερα πλοία δεν το έκαναν. Το αποτέλεσμα ήταν ότι η αναβάθμιση της χωρητικότητας της ξηράς και η αύξηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά είναι τεχνικά δυνατή, αλλά το πρόβλημα είναι η ποικιλία στην ετοιμότητα των πλοίων για σύνδεση με την ξηρά και την έλλειψη τυποποίησης. Αποδείχθηκε επίσης ανέφικτο να συνδεθούν τα πλοία με την ηλεκτρική ενέργεια ξηράς για μία ή δύο ώρες λόγω του χρόνου που απαιτείται για τη ρύθμιση και την αποσύνδεση του εξοπλισμού φόρτισης.

Οι εκπομπές CO₂ από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Φινλανδία ήταν 105 g/kWh το έτος 2016 και μειώθηκαν τη δεκαετία του 2000. Η Φινλανδία εισάγει επίσης ηλεκτρική ενέργεια από τη Σουηδία, τη Νορβηγία και τη Ρωσία, κυρίως υδροηλεκτρική και πυρηνική ενέργεια (Icelandic New Energy 2017).

3.1.1 Φινλανδικό ναυτιλιακό κανονισμό και υποδομές

Εκτός από τις οδηγίες της ΕΕ, το Υπουργείο Δικαιοσύνης της Φινλανδίας, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών και το Υπουργείο Περιβάλλοντος καθορίζουν κανονισμούς για θέματα εκπομπών και περιβάλλοντος θαλάσσιων δραστηριοτήτων στη Φινλανδία. Το ναυτικό περιβαλλοντικό δίκαιο έχει επικαιροποιηθεί ώστε να περιλαμβάνει κανονισμούς της MARPOL. Τον Οκτώβριο του 2016, η Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού IMO ενέκρινε τον χαρακτηρισμό της Βαλτικής Θάλασσας και της Βόρειας Θάλασσας ως περιοχής ελέγχου των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (ECA). Στους τομείς αυτούς, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου πρέπει να μειωθούν κατά 80 τοις εκατό από το σημερινό επίπεδο. Ο κανονισμός θα εφαρμοστεί σε νέα πλοία που θα κατασκευαστούν μετά την 1η Ιανουαρίου 2021 όταν πλέουν στη Βαλτική Θάλασσα και τη Βόρεια Θάλασσα. Η απόφαση σημαίνει ότι τα πλοία που κατασκευάζονται μετά την 1η Ιανουαρίου 2021 πρέπει να έχουν εγκατεστημένους μετατροπείς καταλύτη ή να χρησιμοποιούν υγροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ) ως καύσιμο. Η οδηγία 2014/94/ΕΕ15 ενδέχεται να έχει κάποια θετική επίδραση στη χρήση της παράκτιας ισχύος ανάλογα με το λιμάνι. Το κύριο περιεχόμενο της οδηγίας έχει να κάνει με το ότι τα κράτη μέλη διασφαλίζουν την ανάγκη παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά για σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας σε λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Η εν λόγω παράκτια παροχή ηλεκτρικής

ενέργειας εγκαθίσταται κατά προτεραιότητα στους λιμένες του TEN-T Core Network και σε άλλους λιμένες έως τις 31 Δεκεμβρίου 2025, εκτός εάν δεν υπάρχει ζήτηση και το κόστος είναι δυσανάλογο προς τα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών οφελών.

Στη Φινλανδία, ο τοπικός διαχειριστής συστήματος διανομής υποχρεούται να συνδέει ηλεκτρικό εξοπλισμό που πληροί τις απαιτήσεις στο δίκτυο διανομής μετά από κατάλληλη επιθεώρηση. Σε γενικές γραμμές, μπορεί να υπάρχει μόνο ένα μόνιμο σημείο σύνδεσης ανά περιοχή. Οι πελάτες δεν χρειάζονται το δικό τους σημείο σύνδεσης στο δίκτυο διανομής, αλλά πρέπει να παρέχουν μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να υπάρχουν αρκετά μέτρα συνδεδεμένα σε ένα σημείο σύνδεσης (για παράδειγμα, όπως σε μια πολυκατοικία). Εάν η χωρητικότητα του τοπικού δικτύου διανομής δεν επαρκεί για νέο εξοπλισμό, ο φορέας εκμετάλλευσης του δικτύου υποχρεούται να τον ενισχύσει. Ο πελάτης ή ο κάτοχος νέου εξοπλισμού που πρόκειται να εγκατασταθεί δεν ευθύνεται για το άμεσο κόστος που προκαλείται από την αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου, αλλά η τιμή για ένα νέο ή αναβαθμισμένο σημείο σύνδεσης βασίζεται στη μέγιστη ισχύ, την απόσταση από το υπάρχον δίκτυο και το πραγματικό κόστος της νέας γραμμής. Στο λιμάνι, είναι τεχνικά δυνατή η εγκατάσταση νέου μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε τακτικό χρήστη ηλεκτρικής ενέργειας που επιτρέπει στους πλοιοκτήτες να συνάπτουν σύμβαση με τον πωλητή ηλεκτρικής ενέργειας. Η έλλειψη χώρου και νέων καλωδιακών εγκαταστάσεων μπορεί να προκαλέσει προκλήσεις.

Είναι ευκολότερο και πιο συνηθισμένο να χρησιμοποιείτε ισχύ ξηράς εάν ο τυπικός σύνδεσμος φάσης 3 400 V είναι επαρκής. Η χωρητικότητα αυτού του τύπου σύνδεσης είναι 16 / 32 / 63 / 125 A που αντιστοιχεί σε 10 / 20 / 40 / 80 kW ισχύος. Τα πλοία ενδέχεται να μην διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό, επειδή η συμβατότητα σε όλα τα λιμάνια δεν είναι εγγυημένη και τα λιμάνια δεν ενδιαφέρονται για την εγκατάσταση σημείων σύνδεσης επειδή τα πλοία δεν είναι σε θέση να τα χρησιμοποιήσουν. Τα λιμάνια Turku, Uusikaupunki, Tolkkinen, Kalajoki και Inkoo παρέχουν 400 V ισχύ ξηράς έως 63-125 A. Το λιμάνι της Ούλου παρέχει σύνδεση 6 kV. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, η παροχή ρεύματος ξηράς χρησιμοποιείται μόνο στα πλοία της Viking Line στα λιμάνια του Ελσίνκι και Στοκχόλμης, όπου τα πλοία παραμένουν ελλιμενισμένα για 6-8 ώρες κάθε μέρα. Λόγω των συνδέσεων ισχύος στην ξηρά στον τερματικό σταθμό Katajanokka στο λιμάνι του Ελσίνκι, τα πλοία Mariella και Gabriella έχουν εξοικονομήσει 2087 MWh ενέργειας που παράγεται από πετρελαιοκινητήρες μηχανές το έτος 2014 και 2528 MWh το έτος 2015. Αυτό σημαίνει ότι 1120 τόνοι λιγότερες εκπομπές CO₂ το 2014 και 1380 τόνοι το 2015. Οι λιμένες Kemä και Kotka παρέχουν επίσης σύνδεση 6,6 kV. 18 Το λιμάνι του Turku, το λιμάνι του Ταλίν, το λιμάνι του Ελσίνκι και τα λιμάνια της Στοκχόλμης συνεργάζονται για την αύξηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά. Οι λιμένες αυτοί θα παρέχουν στα πλοία ισχύ 11 kV ξηράς

στο εγγύς μέλλον και ενθαρρύνουν άλλους λιμένες και εταιρείες πλοίων να θέσουν σε λειτουργία την ξηρά σε μεγαλύτερη κλίμακα (Icelandic New Energy 2017).

3.1.2 Εμπόδια στην αύξηση της χρησιμοποίησης της παροχής ρεύματος ξηράς στην Φιλανδία

Φαίνεται ότι τα κύρια εμπόδια για την αύξηση της χρήσης ρεύματος ξηράς από τα πλοία είναι τα εξής:

- Το σημείο σύνδεσης υψηλής ισχύος είναι ακριβό
- Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι πάντα ανταγωνιστική
- Η σύνδεση και η αποσύνδεση διαρκεί πολύ
- Δεν διαθέτουν όλα τα πλοία εξοπλισμό για την ισχύ της ξηράς
- Ορισμένα πλοία έχουν ηλεκτρικό σύστημα 60 Hz
- Η θέση και ο τύπος του σημείου σύνδεσης στο σκάφος δεν είναι τυποποιημένος

Διάφορα επίπεδα τάσης σε χρήση: 0,4 kV / 6 kV / 11 kV (Icelandic New Energy 2017).

3.2 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη στην Ισλανδία

Η Ισλανδία είναι συμβαλλόμενο μέρος της MARPOL και τα ζητήματα που σχετίζονται με τα εναλλακτικά καύσιμα και την ισχύ των ακτών στην Ισλανδία ανήκουν σε ένα ποικίλο σύνολο νόμων και κανονισμών. Έτσι, διαφορετικά υπουργεία και κυβερνητικοί φορείς ασχολούνται με την εφαρμογή των ακόλουθων οδηγιών. Το γεγονός ότι τόσο πολλοί κυβερνητικοί φορείς είναι υπεύθυνοι καθιστά μια επισκόπηση ένα σύνθετο έργο που πρέπει να παρουσιαστεί. Ως εκ τούτου, ο κατάλογος καταρτίστηκε ως προσπάθεια κάλυψης της θαλάσσιας και ενεργειακής νομοθεσίας στην Ισλανδία. (Hafnalög (ε. Λιμενικός νόμος) αριθ. 61/200324). Αυτός είναι ο γενικός νόμος για τους λιμένες στην Ισλανδία, την εγκατάσταση, την κατασκευή και τη συντήρησή τους, τις λειτουργίες και τη διακυβέρνηση και παρατίθενται οι λειτουργίες εξυπηρέτησης ενός λιμένα και μία από αυτές είναι η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

Γύρω από τις ισλανδικές ακτές των 6088 χιλιομέτρων, υπάρχουν περίπου 80 λιμενικές περιοχές που αποτελούν 35 λιμενικές αρχές στο πλαίσιο της Ισλανδικής Λιμενικής Ένωσης. Το μέγεθος και οι τομείς υπηρεσίας τους ποικίλλουν σημαντικά, αλλά γενικά τα λιμάνια χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες: μεγάλα αλιευτικά λιμάνια, μεσαίες αλιευτικά λιμάνια, λιμάνια σκαφών, μαρίνες και βιομηχανικά λιμάνια. Το καθένα παρέχει ποικίλες

υπηρεσίες στα πλοία κλήσης, συμπεριλαμβανομένων των φορτηγών πλοίων, των οχηματαγωγών πλοίων και των ερευνητικών σκαφών, του τουρισμού και των μεταφορών, πλοίων που φροντίζουν και ξεφορτώνουν αλιεύματα από αλιευτικά σκάφη διαφόρων μεγεθών, επισκευή πλοίων, υπηρεσίες προς τη βιομηχανία μεγάλης κλίμακας και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με λιμένες. Πέντε λιμένες χαρακτηρίζονται ως βιομηχανικές, εξυπηρετώντας βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής αλουμινίου και σιδήρου. Δέκα λιμένες χειρίζονται το 85% των αλιευμάτων του συνολικού φορτίου και της αλιευτικής βιομηχανίας στη χώρα και έντεκα λιμάνια είναι προορισμοί κρουαζιερόπλοιων. Μεγάλο μέρος των εσόδων των λιμενικών αρχών βασίζεται στην παροχή διαφόρων υπηρεσιών στον ισλανδικό αλιευτικό στόλο και, σε μικρότερο βαθμό, στην εξυπηρέτηση φορτηγών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων. Από τη δεκαετία του 2000, ο τουρισμός βρίσκεται σε απότομη άνοδο και αυτό έχει γίνει αισθητό τόσο από τους παράκτιους και θαλάσσιους ταξιδιωτικούς πράκτορες όσο και από τα λιμάνια. Ο αριθμός των επιβατών κρουαζιέρας τετραπλασιάστηκε μεταξύ 2003 και 2012, φθάνοντας περίπου τους 210.000 επιβάτες σε 85 πλοία που έφταναν σε 11 ισλανδικά λιμάνια και αναμένεται να αυξάνεται ετησίως κατά 4-11% τα επόμενα 15 χρόνια. Σχεδόν όλοι οι ισλανδικοί λιμένες ανήκουν εν μέρει ή πλήρως σε γειτονικούς δήμους και πολλοί λειτουργούν ως δημόσιες εταιρείες.

Η δημόσια χρηματοδότηση περιορίζεται στην έρευνα και την κατασκευή και συντήρηση των μικρότερων λιμανιών. Τα περισσότερα ισλανδικά λιμάνια είναι εφοδιασμένα με καλώδια παροχής υπηρεσιών μεγέθους που κυμαίνονται από 160 A το καθένα και τα μεγαλύτερα που φτάνουν τα 1200 A. Για μικρότερα λιμάνια, είναι σύνηθες να υπάρχουν μερικά καλώδια και αγκυρώσεις 160-250 A που προσφέρουν συνδέσεις 16A, 32A, 63A και 125 A και χαμηλής τάσης (0,4 kV, 50 Hz). Η τρέχουσα υποδομή αποσκοπεί στην εξυπηρέτηση μικρότερων σκαφών: αλιευτικά σκάφη ολικής χωρητικότητας κάτω των 50 τόνων και τουριστικά σκάφη 50-500 τόνων, αν και πολλά μπορούν να εξυπηρετήσουν ερευνητικά σκάφη, μηχανότρατες και άλλα μεγέθους άνω των 1000 τόνων. Ωστόσο, τα αλιευτικά σκάφη διαφόρων μεγεθών είναι οι σημερινοί κύριοι χρήστες ηλεκτρικής υποδομής σε ισλανδικούς λιμένες. Τα μεγαλύτερα πλοία, όπως αυτά που μεταφέρουν φορτηγά ή κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν επιβάτες κατά χιλιάδες, απαιτούν εξοπλισμό υψηλής τάσης. Η εξυπηρέτηση αυτών των τύπων πλοίων θα απαιτούσε τεράστιες επενδύσεις για την παροχή υψηλής τάσης σε καθέναν από τους λιμένες. Ακόμη και τότε, τα πλοία που καλούν ενδέχεται να μην είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν την υποδομή ή να το επιθυμούν. Αυτό το ζήτημα, η έκταση της διαθεσιμότητας και της χρήσης των υποδομών θα διερευνηθεί περαιτέρω στις ακόλουθες ενότητες.

Τα συνδεδεμένα ισλανδικά λιμάνια (AIP), ή Faxaflóahafnir όπως είναι γνωστά στα ισλανδικά, ιδρύθηκαν το 2004 όταν το λιμάνι του Ρέικιαβικ συγχωνεύθηκε με τρεις άλλους δήμους, Akranes, Borgarnes και Grundartangi. Ανήκει από

κοινού στους δήμους Ρέικιαβικ, Ακράνες, Χβαλφάρουαρσβιτ, Μποργκάρμπιγκ και Σκορδαλαραπούρ. Οι τέσσερις λιμένες βρίσκονται στα νοτιοδυτικά της Ισλανδίας, μέσα και γύρω από την πρωτεύουσα του Ρέικιαβικ και σχηματίζουν ένα δίκτυο λιμένων ικανών να χειρίζονται τόσο μεγάλα όσο και μικρά πλοία και μεγάλο όγκο φορτίου, θαλάσσιων αλιευμάτων και επιβατικής κίνησης. Το 2012, το 49,7% του φορτίου πέρασε από τρία λιμάνια της AIP και όλα τα μεγαλύτερα κρουαζιερόπλοια (81 συνολικά) που έφθασαν στην Ισλανδία ελλιμενίστηκαν στο Sundahöfn ή στο Παλιό Λιμάνι του Ρέικιαβικ. Το 10% των ετήσιων αλιευμάτων της Ισλανδίας εκφορτώνεται στα λιμάνια του Ρέικιαβικ.

Το συνολικό μήκος ελλιμενισμού στα λιμάνια AIP είναι περίπου 4700 m σε διάφορα βάθη 4,5-12 m. Ο μέσος ετήσιος αριθμός λιμενικών αφίξεων είναι 1500, εκ των οποίων περίπου 100 είναι μεγάλα κρουαζιερόπλοια που μεταφέρουν συνολικά 100.000 επιβάτες. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι διαθέσιμη στις περισσότερες κουκέτες στις 125 A και 63 A, που πωλούνται στην τιμή των 16,1 ISK ανά κιλοβατώρα. Η συνολική διαθέσιμη χωρητικότητα για την περιοχή του λιμανιού στο Ρέικιαβικ είναι 8400 A, 400 A για Grundartangi και 1230 A για Akranes. Το δίκτυο περιλαμβάνει 0,4 kV, 50 σημεία σύνδεσης Hz των 16 A, 32 A, 63 A, 125 A και 200A και για σκάφη με μεγαλύτερη ενεργειακή απαίτηση, διατίθενται δύο συνδέσεις 125 A.

Σύμφωνα με την AIP, συνολικά 100-110 σκάφη κάνουν τακτική χρήση της ηλεκτρικής υποδομής που είναι διαθέσιμη στα λιμάνια και το 40%, κυρίως τοπικά αλιευτικά σκάφη, επωφελούνται από την ηλεκτρική υποδομή. Γενικά, η στάση απαιτεί 16- 18 ώρες ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια κάθε ελλιμενισμού. Τα μικρότερα σκάφη, λιγότερο από 20 τόνοι, συνδέονται αμέσως μετά την πρόσδεσης τους (Icelandic New Energy 2017).

3.2.1 Εμπόδια στην αύξηση της χρησιμοποίησης της παροχής ρεύματος ξηράς στην Ισλανδία

Οι κύριοι λόγοι για τα σκάφη που δεν χρησιμοποιούν τη διαθέσιμη υποδομή στο AIP στο Ρέικιαβικ περιελάμβαναν:

- Απαίτηση μετατροπέα συχνότητας (για μετατροπή από 60 σε 50 Hz)
- Απαίτηση σύνδεσης άνω των 125 A (ή 200 A), η οποία δεν ήταν διαθέσιμη κατά τη στιγμή της
- Χρήση εξοπλισμού υψηλής ενεργειακής έντασης επί σκαφών, δηλαδή γερανών και μονάδων ψύξης ή κατάψυξης, ο οποίος δεν τελεί υπό τη διαχείριση της τρέχουσας διαθέσιμης σύνδεσης
- Ζημιές σε συνδέσεις (από την πλευρά του λιμένα ή/και του σκάφους)

Επιπλέον, τα μεγαλύτερα πλοία που καλούν, όπως τα κρουαζιερόπλοια, απαιτούν ισχύ άνω των 5 MW, μια κλίμακα που το τρέχον δίκτυο στο AIP δεν έχει κατασκευαστεί για να εξυπηρετεί. Αυτό ισχύει για όλα τα ισλανδικά λιμάνια και είναι ένα ζήτημα που τίθεται τακτικά στη συζήτηση για την ηλεκτροδότηση των λιμανιών και την ενίσχυσή τους. Μια άποψη αφορά την ανάγκη δημιουργίας υποδομών έτσι ώστε η χωρητικότητα και οι προδιαγραφές της να επιτρέπουν την εξυπηρέτηση όλων των σκαφών, μικρών και μεγάλων, ξένων και εγχώριων. Μια άλλη προοπτική επικεντρώνεται μάλλον στην προσπάθεια να παρευρεθεί στην πλειοψηφία του τοπικού στόλου κάθε λιμανιού, εκείνοι που σταματούν για ώρες εκτός από εκείνους που ελλιμενίζονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, η απαίτηση θα είναι επταπλάσια της δυναμικότητας του 2015 4300 MWh ή περίπου 29.000 MWh. Αν και οι ισλανδικοί λιμένες μπορούν να υποβάλουν αίτηση για μερικές κρατικές επιχορηγήσεις για την κάλυψη κατασκευαστικών έργων, μια επιχειρηματική υπόθεση για τη χρηματοδότηση των υποδομών θα ήταν ένα ευπρόσδεκτο μέσο περαιτέρω ανάπτυξης σε πολλούς ισλανδικούς λιμένες.

Μια άλλη δυνατότητα θα μπορούσε να είναι η επανεξέταση της τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας και της σύνδεσης με τα καλώντας σκάφη και, ακόμη, η επανεξέταση οικονομικών ή άλλων κινήτρων για την προώθηση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά ή για την αποθάρρυνση της καύσης ορυκτών καυσίμων κατά τη διάρκεια του χρόνου ελλιμενισμού. Αυτό, ωστόσο, θα καλούσε για συλλογική δράση εξ ονόματος της βιομηχανίας, των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας, των ρυθμιστικών αρχών, των λιμενικών αρχών και, σε ορισμένες περιπτώσεις, των συναφών δήμων για τη δημιουργία κοινής πολιτικής με συλλογικό στόχο τη μείωση των τοπικών εκπομπών, τη χρήση της εγχώριας ενέργειας και την προώθηση υγιών λιμενικών κοινοτήτων (Icelandic New Energy 2017).

3.3 Ηλεκτροδότηση λιμένων στη Νορβηγία

Μια κοινή αρχή στις νορβηγικές ρυθμιστικές αρχές ναυτιλίας είναι ότι η κυβέρνηση προσπαθεί να μην προωθεί ή να καταστέλλει τύπους τεχνολογίας, οι αρχές προσπαθούν να είναι τεχνολογικά ουδέτερες. Αντί για τεχνολογικές απαιτήσεις αποτελούν απαιτήσεις για λειτουργικότητα. Με άλλα λόγια, δεν λένε τι είδους τεχνολογία θα χρησιμοποιηθεί, αλλά αντίθετα λένε ότι το σκάφος σας πρέπει να "είναι ασφαλές" και "να μολύνει λιγότερο". Από την άλλη, είναι επιθυμία για περισσότερους νορβηγικούς λιμένες να προσφέρουν ισχύ στις ακτές της θάλασσας και η Νορβηγία έχει κίνητρα και χρηματοδότηση για την εισαγωγή και εγκατάσταση υποδομών θαλάσσιας ξηράς μέσω του ENOVA. Όσον αφορά τους διεθνείς κανονισμούς, η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πλοία από επιχειρησιακά ή τυχαία αίτια. Και τα έξι παραρτήματα της MARPOL επικυρώνονται και εφαρμόζονται από τα κράτη μέλη. Το παράρτημα VI της

MARPOL θέτει όρια στις εκπομπές οξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου από τα καυσαέρια των πλοίων και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον, αλλά δεν υπάρχουν κανονισμοί που καθιστούν υποχρεωτική την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στις ακτές της θάλασσας στους λιμένες. Οι ευρωπαϊκές αρχές (κοινοβούλιο της ΕΕ) έχουν μια ελαφρώς διαφορετική προσέγγιση, η οποία μπορεί να εξεταστεί στην «ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22 Οκτωβρίου 2014 σχετικά με την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων» , όπου αναφέρεται ότι τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι η ανάγκη παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά για σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας αξιολογείται στα εθνικά τους πλαίσια πολιτικής. Η εν λόγω παράκτια παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαθίσταται κατά προτεραιότητα στους λιμένες του TEN-T Core Network και σε άλλους λιμένες έως τις 31 Δεκεμβρίου 2025, εκτός εάν δεν υπάρχει ζήτηση και το κόστος είναι δυσανάλογο προς τα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών οφελών.

Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι οι εγκαταστάσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά για θαλάσσιες μεταφορές, που αναπτύσσονται ή ανανεώνονται από τις 18 Νοεμβρίου 2017, συμμορφώνονται με τις τεχνικές προδιαγραφές που ορίζονται στο σημείο 1.7 του παραρτήματος ΙΙ. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σημείο 5 αναφέρεται ότι «εκτός εάν δεν υπάρχει ζήτηση και το κόστος είναι δυσανάλογο προς τα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών οφελών», πράγμα που σημαίνει ότι δεν πρόκειται για αναλλοίωτη ρύθμιση. Χρησιμοποιώντας αυτή τη διατύπωση, το κοινοβούλιο της ΕΕ ασκεί έντονες πιέσεις στα κράτη μέλη τους για να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τη χρήση της παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας. Γενικά, δεν υπάρχουν εθνικοί ή διεθνείς κανονισμοί που να καθιστούν υποχρεωτικό για τους λιμένες να προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια στην ακτή εκτός από την Καλιφόρνια στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου είναι υποχρεωτική η απενεργοποίηση των κινητήρων στο λιμάνι. Κατά την τελευταία δεκαετία έχει αναπτυχθεί ένα πρότυπο για την εγκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας. Το IEC/ISO/IEEE 80005-1:2012(E) περιγράφει συστήματα σύνδεσης ξηράς υψηλής τάσης (HVSC), επί του πλοίου και στην ξηρά. Τον Ιούνιο του 2016 δημοσιεύθηκε ένα πρότυπο που καλύπτει επίσης τις συνδέσεις ξηράς χαμηλής τάσης. Το IEC/IEEE 80005-2:2016 περιγράφει τις διεπαφές δεδομένων ξηράς και πλοίων, καθώς και τις διαδικασίες βήμα προς βήμα για την επικοινωνία συστημάτων σύνδεσης ξηράς χαμηλής και υψηλής τάσης για λειτουργίες μη λειτουργίας, όπου απαιτείται. Αυτό το πρότυπο καθορίζει τις περιγραφές διασύνδεσης, τις διευθύνσεις και τον τύπο δεδομένων. Η ΕΝΟΒΑ στη Νορβηγία απαιτεί την εφαρμογή αυτών των προτύπων και την παρακολούθηση των αιτούντων χρηματοδότηση. Η Νορβηγία είναι μακράν η πιο προηγμένη όσον αφορά την ηλεκτροδότηση των λιμένων. Σχεδόν όλα τα λιμάνια προσφέρουν απλές συνδέσεις, αρκετές για να τροφοδοτούν τον φωτισμό των πλοίων και τις βασικές λειτουργίες. Το ενδιαφέρον και η εφαρμογή του εξοπλισμού παροχής

ρεύματος ισχύος αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς και 10 από τους 21 λιμένες που έχουν σχέδια να ξεκινήσουν ή να επεκτείνουν την τρέχουσα ικανότητά τους, αλλά ανέφερε σαφή ανάγκη για ευκαιρίες χρηματοδότησης βάσει της κυβέρνησης (Icelandic New Energy 2017).

3.4 Ηλεκτροδότηση στο λιμάνι του Shenzhen

Σε απάντηση στην ανησυχία σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη, η κυβέρνηση Shenzhen τον Σεπτέμβριο του 2013 δημοσίευσε το σχέδιο βελτίωσης της ποιότητας του αέρα Shenzhen. Το σχέδιο καθορίζει χρονοδιαγράμματα-στόχους για διάφορα μέτρα ελέγχου των εκπομπών πλοίων, τα περισσότερα από τα οποία πρέπει να επιτευχθούν το αργότερο το 2015. Ζήτησε τη μείωση των συγκεντρώσεων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μικρόμετρα, στην πόλη από 35 mg/cm³ το 2013 σε 33 mg/cm³ έως το 2015, 32 mg/cm³ έως το 2016 και 30 mg/cm³ έως το 2017. Ως εκ τούτου, το λιμάνι της Shenzhen σχεδίασε να έχει οκτώ προβλήτες που θα παρέχουν παράκτια ενέργεια έως το 2014 και 15 αγκυροβόλια μέχρι το 2015, με τουλάχιστον το 15% των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων να χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά. Από το 2014, στον τερματικό σταθμό κρουαζιερόπλοιων έχει εγκατασταθεί σύστημα παροχής με ηλεκτρική ρεύματος ξηράς σε όλες τις προβλήτες. Η δημοτική κυβέρνηση παρέχει επίσης φορολογικά κίνητρα για τις παράκτιες υποδομές (Δημοτική Κυβέρνηση Shenzhen, 2013).

Η πρώτη παράκτια υποδομή ισχύος έχει κατασκευαστεί στο Σέκου. Δύο επιλογές τάσης, 440 και 6.600, παρέχονται σε πλοία που μπορεί να είναι εξοπλισμένα με διαφορετικό εξοπλισμό ισχύος ξηράς. Μπορούν τώρα να εξυπηρετήσουν τρεις ελλιμενίσεις πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στο Σέκου.

Το λιμάνι Shenzhen θα αγοράσει ηλεκτρική ενέργεια από το Χονγκ Κονγκ λόγω της φυσικής εγγύτητας με τη γειτονική πόλη. Το Χονγκ Κονγκ διαθέτει επί του παρόντος τέσσερις σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκτός από ένα μικρό αιολικό πάρκο. Η ηλεκτρική ενέργεια από αυτούς τους σταθμούς διανέμεται από την CLP Power Hong Kong Limited (CLP) και την Ηλεκτρική Εταιρεία του Χονγκ Κονγκ Limited (ΗΚΕ). Μέχρι το τέλος του 2013, η CLP Power είχε 218 πρωτεύοντες και 13.692 δευτερεύοντες υποσταθμούς στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής της. Το ηλεκτρικό σύστημα της εταιρείας έχει συνδεθεί με το ηλεκτρικό σύστημα της Γκουανγκντόνγκ από τον Απρίλιο του 1979 και η ηλεκτρική ενέργεια εξάγεται στην επαρχία Γκουανγκντόνγκ. Το ΗΚΕ διαθέτει 51 υποσταθμούς μεταγωγής/ζώνης και 3.776 υποσταθμούς. Η διασύνδεση μεταξύ του συστήματος μεταφοράς της εταιρείας με αυτό της CLP Power μέσω διασύνδεσης μεταξύ λιμένων έχει εγκατεστημένη ισχύ 720 MVA, επιτρέποντας την παροχή κοινής υποστήριξης έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια βλάβης της γεννήτριας, μειώνοντας την πιθανή απώλεια εφοδιασμού

των πελατών. Για να αμβλύνει τις ανησυχίες σχετικά με το κόστος της παράκτιας ενέργειας και τη διάβρωση της ανταγωνιστικότητας του λιμένα shenzhen, η κυβέρνηση ελπίζει ότι το αποτέλεσμα του δικτύου — περισσότεροι λιμένες με υποδομές ξηράς που θα οδηγήσουν σε μείωση του συνολικού κόστους του — θα κρατήσουν. Για να επιτευχθεί αυτό, το λιμάνι επιδιώκει ενεργά συνεργασία με λιμάνια στην Καλιφόρνια και προσελκύει πλοία με υποδομές παράκτιας ενέργειας που βρίσκονται ήδη στο πλοίο για να επισκεφθούν το λιμάνι της shenzhen. Η κυβέρνηση αναπτύσσει επίσης ένα σχέδιο για τη δημιουργία Σινοαμερικανικών Πράσινων Ναυτιλιακών Λωρίδων που θα απευθύνονται όχι μόνο στους μεταφορείς, αλλά και σε εταιρείες και καταναλωτές που μπορούν να παρέχουν επιπλέον κίνητρα στα πλοία για την εγκατάσταση περισσότερων συστημάτων παράκτιας ισχύος (Haifeng Wang, Xiaoli Mao & Dan Rutherford 2015)

3.5 Ηλεκτροδότηση στα λιμάνια της Ελλάδας

3.5.1 Το λιμάνι της Κυλλήνης

Στο πλαίσιο του Elemed project που συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, υλοποιούνται μελέτες για την εγκατάσταση υποδομών ηλεκτροδότησης πλοίων σε τρεις χώρες (Ελλάδα, Κύπρος Σλοβενία) και σε τέσσερα λιμάνια, του Κόπερ (Σλοβενία), Κυλλήνης, Πειραιά και Λεμεσού, περιορίζοντας δραστικά τον θόρυβο και τους αέριους ρύπους (Οξειδία Αζώτου, Αιωρούμενα Σωματίδια, Οξειδία του Θείου, Διοξειδία Άνθρακα, κλπ), ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές πλησίον των λιμένων. Η πρώτη υποδομή ηλεκτροδότησης πλοίων στην Ανατολική Μεσόγειο ξεκίνησε πιλοτικά από το λιμάνι της Κυλλήνης, με το οποίο αρκετά λιμάνια της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων έχουν άμεσο συσχετισμό (Ζάκυνθος, Πόρος, Σάμη, Πίσω Αετός). Το λιμάνι της Κυλλήνης είναι ένας τερματικός σταθμός πλοίων Roll-On Roll-Off (RoRo) τεσσάρων προβλητών. Στο λιμάνι της Κυλλήνης υπάρχει εγκατάσταση ισχύος 500 kVA για πλοία συχνότητας 50/60 Hz, με πρόβλεψη για 4 θέσεις ηλεκτροδότησης και για 1 θέση ηλεκτροφόρτισης. (J. Prousalidis, D. Lyridis. S. Dallas, Z. Soghomonian, V. Georgiou & D. Spathis 2017).

3.5.2 Τα λιμάνια του Πειραιά και του Ηρακλείου

Το έργο CIPORT (Cold Ironing in the Port of Piraeus: Taking the Final Step) στο λιμάνι Πειραιά και το έργο ELECTRIPORT (Port Electrification – Alternative Maritime Power), στο λιμάνι Ηρακλείου Κρήτης. Τα έργα αυτά είναι μεταξύ των 68 βασικών έργων, συνολικού ύψους χρηματοδότησης 800 εκ. €, που θα στηρίξουν τις ευρωπαϊκές υποδομές μεταφορών τα επόμενα χρόνια.

Το έργο CIPORT (εκτιμώμενου επιλέξιμου προϋπολογισμού 1,400.000 €), αφορά την εκπόνηση σειράς μελετών για την ηλεκτροδότηση πλοίων σε τέσσερα σημεία του τμήματος εξυπηρέτησης κρουαζιέρας του λιμένα του Πειραιά, καθώς και απαιτούμενων μελετών για την ανάπτυξη των σχετικών υποδομών, συμπεριλαμβανομένων περιβαλλοντικών, μεταφορικών και κοινωνικοοικονομικών μελετών. Στόχος της δράσης είναι η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και βελτιστοποίηση λειτουργίας του λιμένα, δημιουργώντας προστιθέμενη αξία για τον λιμένα, τους χρήστες και της τοπική οικονομία της πόλης του Πειραιά.

Το έργο ELECTRIPORT (εκτιμώμενου επιλέξιμου προϋπολογισμού 1,447.440 €), αφορά την εκπόνηση σειράς μελετών και σχεδίαση των απαιτούμενων έργων για την από ξηράς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για την φόρτιση των πλοίων στο λιμένα του Ηρακλείου, με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ και εκπομπών αερίων ρύπων, τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την βιώσιμη ανάπτυξη του λιμένα και της πόλης του Ηρακλείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εφαρμογές της Ηλεκτροπρόωσης Παγκοσμίως

Οι ακόλουθες εφαρμογές περιπτώσεων σκοπεύουν να αποδείξουν την πρόοδο που έχει σημειωθεί όσον αφορά τη μετάβαση των στόλων πλοίων ορυκτών καυσίμων σε διάφορους χώρους εσωτερικών πλωτών οδών σε όλο τον κόσμο προς την κατεύθυνση εναλλακτικών καυσίμων μηδενικών εκπομπών αερίων.

4.1 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Άμστερνταμ

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90 ξεκίνησαν οι πρώτες διερευνητικές ενέργειες για χρήση της ηλεκτρικής πρόωσης στα κανάλια της πόλης στο Άμστερνταμ. Ήδη από το 1993 στην πόλη Giethoorn χρησιμοποιούνταν ένας ηλεκτροκίνητος στόλος για τις καθημερινές δραστηριότητες της πόλης. Το 1998, η ναυτιλιακή εταιρεία κρουαζιέρας Rondvaart Delft αρχίζει να εξοπλίζεται με ντιζελ-ηλεκτρική πρόωση εφαρμόζοντας πρώτη τη δημιουργία ενός e-στόλου επιβατηγίδων. Από το Φεβρουάριο του 2013 ο Δήμος της πόλης αποφάσισε το καθεστώς της μηδενικής εκπομπής ρύπων σε ιδιωτικά και μικρά τουριστικά σκάφη ώστε να γίνουν ηλεκτρικά ως το 2020, και για μεγαλύτερα των 20 μέτρων (65 ft) να είναι απαλλαγμένα από εκπομπές ρύπων έως το 2025 το αργότερο. Για να βοηθήσει στην προώθηση και την μετάβαση της ηλεκτρικής ενέργειας, ο δήμος του Άμστερνταμ πρόκειται να εγκαταστήσει 100 σταθμούς φόρτισης σκαφών έως το τέλος του 2021. Το Σεπτέμβριο του 2020, η Corvus Energy ανακοίνωσε ότι έχει επιλέγει από την Holland Ship Electric για την προμήθεια συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες ιόντων λιθίου (ESS) για πέντε νέα επιβατηγά πλοία (ferry boat) με πλήρη ηλεκτροπρόωση (Full Electric Propulsion) για λογαριασμό τον δημοτικό πάροχο δημόσιων μεταφορών του Άμστερνταμ, την GVB. Τα οποία θα είναι 41m μήκος και 13,9m πλάτος και θα είναι σε θέση να μεταφέρει 20 αυτοκίνητα, 4 φορτηγά και 400 επιβάτες και θα τεθεί το πρώτο σε λειτουργία μέχρι το τέλος του 2021. Τα ανωτέρω ferry boat θα χρησιμοποιηθούν στην γραμμή North Sea Canal η οποία είναι από τις πιο πολυσύχναστες διαδρομές μεταφέροντας πάνω από 350.000 αυτοκίνητα κάθε χρόνο. Η αντικατάσταση ή μετασκευή των παλαιών ferry boat είναι σύμφωνη με τους στόχους βιωσιμότητας που τέθηκαν από την GVB και του δήμου του Άμστερνταμ. Στόχος του εκτεταμένου νέου προγράμματος της GVB ότι

ολόκληρος ο στόλος θα είναι υβριδικός ή πλήρης ηλεκτρικός μέχρι το 2025 (Kevin Desmond 2020).

4.2 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Όσλο

Από το 2014 η Νορβηγία έχει ως στόχο ένα σύστημα μεταφοράς χωρίς ορυκτά καύσιμα. Η Siemens με βάση τα επιχειρησιακά δεδομένα καταλήγει στο συμπέρασμα σε μία ανάλυση ενός κύκλου ζωής ότι τα 61 από τα 112 πετρελαιοκίνητων επιβατηγών δρομολογίων από τα λιμάνια της Νορβηγίας, θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από ηλεκτρικά επιβατηγά πλοία με χρόνο αποπληρωμής τα 5 χρόνια. Η ανάλυση περιλαμβάνει δαπάνες όπως φορτιστές, εκσυγχρονισμός δικτύου ηλεκτρικού ρεύματος και ούτω καθεξής. Τον Ιούνιο του 2015 η Norled μία από τις μεγαλύτερες ακτοπλοϊκές εταιρείες της χώρας εγκαίνιασε το Amperge, το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό οχηματογωγό πλοίο στον κόσμο, το οποίο κατά τα δύο πρώτα χρόνια έπλευσε σε απόσταση που ισοδυναμεί με 4 φορές γύρω από το ισημερινό, μεταξύ δύο λιμένων που ονομάζονταν Lavik και Orpedal. Το 2018 ένα 400 επιβατών ηλεκτρικό καταμαράν από ανθρακονήματα Future of the Fjords άρχισε να ταξιδεύει στα νερά των περίφημων μεγαλοπρεπών φιόρδ της χώρας. Το νορβηγικό κοινοβούλιο αποδέχτηκε ένα ψήφισμα το οποίο θα επιτρέπει την απαγόρευση των εκπομπών ρύπων στο αξιοθέατο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO, το συντομότερο τεχνικά δυνατό και το αργότερο έως το 2026, το οποίο σημαίνει θα επιτρέπεται να διασχίσουν τα φιόρδ μόνο ηλεκτρικά πλοία.

Σε απάντηση ως προς αυτό, η ακτοπλοϊκή εταιρεία Fjord 1 που διαχειρίζεται ένα από τα μεγαλύτερα περιφερειακά δίκτυα μεταφορών στη Νορβηγία εξηλεκτρίζει ολόκληρο τον στόλο της. Υπέγραψε συμφωνία με τον Όμιλο Havyard για την κατασκευή άλλων επτά ηλεκτρικών πλοίων με μπαταρίες. Πέντε από αυτά θα κατασκευαστούν στο ναυπηγείο της επιχείρησης στο Leirvåg, ενώ άλλα δύο θα κατασκευαστούν στο τουρκικό ναυπηγείο Cemre. Τα ονόματά τους είναι Όραμα των Φιόρδ, Κληρονομιά των Φιόρδ κλπ.

Οι ειδικοί μπαταριών που έχουν επικεντρωθεί στην πραγματοποίηση εγχειρήματος περιλαμβάνουν την αποθήκευση ενέργειας PBES και τη Siemens. Στο Oslofjord, στο βόρειο άκρο του οποίου βρίσκεται η νορβηγική πρωτεύουσα Όσλο, τα πλοία αυτά θα τεθούν σε λειτουργία έως το 2022 – το πρώτο από αυτά ήδη από το 2021. Η αρχή μεταφορών Ruter ανέθεσε τη σύμβαση για τη λειτουργία των ηλεκτρικών οχηματογωγών στον νορβηγικό πάροχο Boreal Sjø. Μέχρι στιγμής είναι σαφές ότι τα πορθμεία, μήκους 35 μέτρων και πλάτους οκτώ μέτρων, μπορούν να μεταφέρουν 350 επιβάτες. Επιπλέον, τον Ιούνιο του 2020, ανατέθηκε στην Wärtsilä να σχεδιάσει και να εξοπλίσει δύο οχηματογωγά πλοία με μπαταρίες για τη νορβηγική εταιρεία Boreal Sjø στα Holland Shipyards στην Ολλανδία. Τον επόμενο μήνα στο Νέο Δελχί της Ινδίας, η Cochin Shipyard Ltd (CSL) έλαβε επίσης προμήθεια για την

κατασκευή και προμήθεια δύο αυτόνομων ηλεκτρικών οχηματαγωγών πλοίων στην ASKO Maritime με έδρα τη Νορβηγία, με δυνατότητα κατασκευής δύο ακόμη πανομοιότυπων πλοίων. Τα πλοία μήκους 67 μέτρων θα παραδοθούν αρχικά ως πλήρως ηλεκτρικά φέρι μεταφοράς, τα οποία θα τροφοδοτούνται από μπαταρία χωρητικότητας 1.846 kWh. Μετά τη λειτουργία ως αυτόνομου εξοπλισμού και δοκιμών στη Νορβηγία, θα λειτουργούν ως πλήρως αυτόνομα πλοία της ASKO που μπορούν να μεταφέρουν 16 πλήρως φορτωμένα τυποποιημένα ρυμουλκούμενα της ΕΕ άπαξ στα φιόρδ.

Τον Αύγουστο του 2020, ο ειδικός προώθησης Schottel ανακοίνωσε ότι το Festøya, το πρώτο από τα τέσσερα υβριδικά πλοία της νορβηγικής ακτοπλοϊκής εταιρείας Norled που είναι εξοπλισμένο με τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης, τέθηκε πρόσφατα σε λειτουργία. Σύμφωνα με την εταιρεία, καθένα από τα τέσσερα οχηματαγωγά τύπου double ended ro-rah, τα οποία κατασκευάστηκαν στο ναυπηγείο Remontowa στην Πολωνία, διαθέτουν δύο από τα SRE 340 EcoPellers, τα οποία τροφοδοτούνται από ένα πετρελαιοκίνητο υβριδικό σύστημα και λειτουργούν με μπαταρία κατά τη διάρκεια της διέλευσης.

Ένας άλλος Τούρκος κατασκευαστής σκαφών η Sefine Shipyard κέρδισε μια περίφημη εντολή να προμηθεύσει τον νορβηγικό μεταφορέα Boreal με πέντε ηλεκτρικά πλοία - το καθένα υποστηριζόμενο από δύο σετ γεννητριών Volvo Penta D13 MG IMO III (gensets). Τα πλοία θα εκτελούν δρομολόγια από και προς τα νησιά στο εσωτερικό φιόρδ του Όσλο και θα εκτελούν προγραμματισμένα δρομολόγια καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Τα πλοία που έχουν σχεδιαστεί από την Multi Maritime θα έχουν μήκος 35 μέτρα το καθένα, μια δέσμη οκτώ μέτρων και δύο καταστρώματα επιβατών ικανά να φιλοξενούν έως και 350 επιβάτες.

Η Νορβηγία έχει επίσης τους δικούς της κατασκευαστές ηλεκτρικών κινητήρων μικρότερου μεγέθους: η EVOY στη Νορβηγία κάνει συστήματα μετάδοσης κίνησης για συστήματα σκαφών στα 74-671 kW, 100-900hp, για νέα και μεταχειρισμένα σκάφη γρήγορου σχεδιασμού από 20 έως 30ft (6 έως 9 m.). Τον Ιούλιο του 2019, το Enoy I, ένα 28ft (8.6 μ.) σκάφος εργασίας Polarcircle 860, χρονομετρήθηκε με ταχύτητα 50 κόμβων κατά μήκος του Ranafjorden. Το 2020, η Enoy συνεργάστηκε με δύο άλλες νορβηγικές ναυτιλιακές εταιρείες, την Frydenbo και την Hurtigruten για να δημιουργήσει ένα ηλεκτρικό εξωλέμβιο 150hp – το οποίο θα είναι το πιο ισχυρό στον κόσμο μέχρι σήμερα.

Ταυτόχρονα, το λιμάνι του Όσλο προσπαθεί να μειώσει κατά 85% από τα επίπεδα του 1990 τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίου του θείου, οξειδίου του αζώτου και σωματιδίων, με στόχο να γίνει ο πρώτος λιμένας μηδενικών εκπομπών στον κόσμο έως το 2030. Πρόκειται για ένα διάταγμα που δεν απαλλάσσει κανέναν ούτε τη βιομηχανία. Το σχέδιο δράσης του λιμανιού για το κλίμα, διάρκειας 17 σημείων, περιλαμβάνει την ανακαίνιση των πλοίων, την εφαρμογή διαδικασίας σύναψης συμβάσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα

και την εγκατάσταση ισχύος στην ξηρά, η οποία θα επιτρέψει στα σκάφη να κόβουν τις μηχανές τους και να συνδέονται στο δίκτυο όταν είναι αγκυροβολημένα. Αυτό ξεκίνησε με ένα ηλεκτρικό σκάφος λιμανιού για τη συλλογή υγρών σκουπιδιών.

Το Όσλο ενώνει αρκετά λιμάνια σε όλο τον κόσμο — το Λος Άντζελες και το Λονγκ Μπιτς, το Όκλαντ, την ισπανική πόλη Βαλένθια, το Γκουαγιακίλ του Ισημερινού και το Μπακού στο Αζερμπαϊτζάν με στόχο την ουδέτερη ως προς τον άνθρακα μηδενική εκπομπή. Τον Οκτώβριο του 2019, το λιμάνι του Λος Άντζελες παρουσίασε δύο νέους φορτιστές μπαταριών. Το Ρότερνταμ, το μεγαλύτερο λιμάνι της Ευρώπης, χρησιμοποιεί λιμενικό εξοπλισμό μηδενικών εκπομπών (Kevin Desmond 2020).

4.3 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Κοπεγχάγη

Τον Ιούνιο του 2020, ένας συνασπισμός αριστερών κομμάτων υπό την ηγεσία της Mette Frederiksen Σοσιαλοδημοκρατών στο κοινοβούλιο της Δανίας υιοθέτησε το "Klimaloven", δεσμευόμενος να φτάσει το 70% κάτω από τις εκπομπές του 1990 έως το 2030. Η εκάστοτε εκλεγμένη κυβέρνηση πρέπει να υποβάλλει ετήσια παγκόσμια έκθεση σχετικά με τις διεθνείς επιπτώσεις της δανικής δράσης για το κλίμα, καθώς και τις επιπτώσεις των δανικών εισαγωγών και κατανάλωσης. Θα πρέπει επίσης να παράσχει μια στρατηγική για τον τρόπο με τον οποίο η εξωτερική, αναπτυξιακή και εμπορική πολιτική της οδηγεί τη διεθνή δράση για το κλίμα. Ο νόμος στοχεύει στην ουδετερότητα του άνθρακα μέχρι το 2050 και περιλαμβάνει ένα ισχυρό σύστημα παρακολούθησης. Νέοι νομικά δεσμευτικοί στόχοι θα καθορίζονται κάθε πέντε χρόνια, με προοπτική δέκα ετών. Το πρώτο από αυτά θα οριστεί το 2020. Μια δανική κυβέρνηση θα μπορούσε να χάσει την πλειοψηφία της εάν δεν επιτύχει τον στόχο της για το κλίμα.

Τον Ιούλιο του 2018, ο Όμιλος Damen Shipyards υπέγραψε σύμβαση με την κορυφαία πολυεθνική εταιρεία δημόσιων συγκοινωνιών Arriva Danmark για επτά πλήρως ηλεκτρικά πλοία προς χρήση στο λιμάνι της Κοπεγχάγης. Η Arriva θα εκμεταλλεύονταν αυτά τα πορθμεία για τον πελάτη της, το δανικό πρακτορείο δημόσιων συγκοινωνιών Monia. Μια κρίσιμη προϋπόθεση ήταν τα νέα πλοία να είναι σε θέση να ενταχθούν στο υφιστάμενο πλαίσιο – συμπεριλαμβανομένης της χρήσης των σημερινών δρομολογίων και υποδομών, καθώς και της ικανότητας μεταφοράς 60 επιβατών τουλάχιστον.

Η προώθηση ήταν ένας σημαντικός παράγοντας στο σχεδιασμό των πλοίων. Η Monia ζήτησε μια καθαρότερη, πιο πράσινη χρήση ενέργειας από την υπηρεσία πορθμείων της, και ο Damen είχε μια σειρά από διαθέσιμες επιλογές. Οι μηχανικοί εξέτασαν τους κινητήρες βιοντιζέλ, τα υβριδικά σκάφη με γεννήτριες επί του σκάφους και τα πλήρη ηλεκτρικά διαλύματα, αποφασίζοντας

τελικά ότι το πλήρες ηλεκτρικό ήταν η βέλτιστη επιλογή για τη δωδεκαετή λειτουργία των πλοίων, με βάση διάφορους παράγοντες. Αυτή η μηδενική εκπομπή, πλήρως ηλεκτρικό διάλυμα είναι αθόρυβο σε λειτουργία και είναι πολύ πιο φιλικό προς τη συντήρηση από μια επιλογή ντίζελ. Οι κινητήρες καύσης περιέχουν πολύ περισσότερα μηχανικά μέρη που μπορούν να αποτύχουν και το λάδι που χρησιμοποιείται για τη λίπανση αυτών των κινούμενων μερών καθιστά το σύστημα πολύ βρώμικο σε σύγκριση με έναν ηλεκτροκινητήρα.

Η επόμενη απόφαση που έπρεπε να λάβουν ήταν πόσο συχνά τα πλοία θα μπορούσαν να φορτίσουν την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος - πώς θα μπορούσαν τα πλοία να λειτουργούν όλη την ημέρα με ελάχιστη μπαταρία και να επαναφορτίζουν χωρίς να διακόπτουν το πρόγραμμά τους. Για να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα, η Damen Civil – ένας άλλος κλάδος της πλήρους παροχής υπηρεσιών του Damen – διερεύνησε πλήρεις αστικές λύσεις όπως η προσβασιμότητα στο τοπικό δίκτυο, οι κανονισμοί που περιβάλλουν την παροχή αστικής ηλεκτρικής ενέργειας και οι πρακτικοί περιορισμοί των προβλητών ως πιθανά σημεία φόρτισης. Η διαδρομή του πλοίου διαρκεί μία ώρα για να ολοκληρωθεί και σε κάθε άκρο υπάρχει ένα μικρό παράθυρο για να προετοιμαστεί για την επόμενη διαδρομή. Ο Damen το είδε αυτό ως ευκαιρία για να επωφεληθεί από ένα σύστημα γρήγορης φόρτισης.

Για να το εκπληρώσει αυτό, η Echantia Marine της Στοκχόλμης (με τα πιστοποιημένα με DNV-GL συστήματα μπαταριών LTO), η Eekels, η Heliox και η Staubli, μαζί με τον Damen, ανέπτυξαν μία σχεδίαση 23,3 μέτρων x 5,6 μέτρα, το E-Ferry 2306 με χωρητικότητα 50 επιβατών, προσαρμοσμένο έτσι ώστε τα πλοία να μπορούν να ελλιμενιστούν αυτόματα στις υπάρχουσες προβλήτες και να επαναφορτιστούν γρήγορα σε μόλις επτά λεπτά. Τα πρώτα 5 κίτρινα πλοία παραδόθηκαν τον Ιούλιο του 2020 παρουσία του Δημάρχου της Κοπεγχάγης Φρανκ Τζένσεν. Τα υπόλοιπα 2 ακολούθησαν το φθινόπωρο.

Σύμφωνα με τον Damen, τα πορθμεία μειώνουν τις εκπομπές NOX στις δημόσιες συγκοινωνίες της Κοπεγχάγης κατά 2,5%, τις εκπομπές CO2 κατά 10% και τις εκπομπές σωματιδίων κατά 66%. Εκτός από τις θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, θα υπάρξει αισθητή βελτίωση της αποδοτικότητας και της εμπειρίας. Τα πλοία είναι αθόρυβα, κάνοντας μια όμορφη βόλτα - και πρέπει να φορτίζονται για μόλις 7 λεπτά μετά από κάθε ταξίδι - ακυρώνοντας την ανάγκη για μεγαλύτερους περιόδους φόρτισης που καθιστούν τα πλοία εκτός λειτουργίας. Δεδομένων των απαιτήσεων της λειτουργίας του, κάθε πλοίο φέρει δύο συστήματα μετάδοσης κίνησης για να παρέχει ένα καλό επίπεδο επάρκειας σε περίπτωση απροσδόκητων προβλημάτων.

Τα πλοία καλύπτουν τα δρομολόγια των επιβατών στην κεντρική μητροπολιτική περιοχή της Κοπεγχάγης καθώς και στην περιοχή του λιμανιού και χρησιμεύουν

ως σχέδιο για μελλοντικά έργα βιωσιμότητας σε πόλεις σε όλο τον κόσμο. Αυτά περιλαμβάνουν δύο πλήρως ηλεκτρικά πλοία για το Οντάριο του Καναδά, τέσσερα (έχοντας παραδώσει δύο μέχρι σήμερα) υβριδικά πλοία, εύκολα μετατρέψιμα σε πλήρους ηλεκτρικής πρόωσης στο μέλλον για την BC Ferries στη Βρετανική Κολούμπια του Καναδά και το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό ρυμουλκό λιμανιού στον κόσμο με έλξη 70 τόνων για το λιμάνι του Ωκλαντ της Νέας Ζηλανδίας.

Αν και παράκτια, κατά το πρώτο έτος λειτουργίας της σε μια διαδρομή 22 ναυτικών μιλίων, το πρωτοποριακό δανικό πλήρως ηλεκτρικό πλοίο Ellen έχει σημειώσει μερικά αξιοσημείωτα ορόσημα. Λειτουργώντας μεταξύ των δανέζικων νησιών Ærø και Fynshavn, το πλοίο σχεδιάστηκε από τον Jens Kristensen Consulting Naval Architects και κατασκευάστηκε από το ναυπηγείο Søby Værft. Λίγο λιγότερο από 60 μέτρα μήκος και με πλάτος περίπου 13 μέτρα, το πλοίο ταξιδεύει με ταχύτητες 12-12,5 κόμβων και μπορεί να μεταφέρει 198 επιβάτες τους καλοκαιρινούς μήνες, με τη χωρητικότητα αυτή να πέφτει στους 147 κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μπορεί επίσης να μεταφέρει 31 αυτοκίνητα ή πέντε φορτηγά στο ανοιχτό κατάστρωμα του.

Με μπαταρία χωρητικότητας 4,3 MWh, τη μεγαλύτερη που έχει εγκατασταθεί επί του παρόντος για θαλάσσια χρήση, είναι το πρώτο ηλεκτρικό πλοίο που δεν διαθέτει εφεδρική γεννήτρια έκτακτης ανάγκης στο σκάφος. Σε σύγκριση με ένα παρόμοιο σύγχρονο πετρελαιοκίνητο πλοίο, κάνοντας περίπου 1.800 ταξίδια, το Ellen εξοικονομεί ετησίως περίπου 2.520 τόνους CO₂, 14,3 τόνους NO_x, 1,5 τόνους SO₂, 1,8 τόνους CO και μισό τόνο σωματιδίων. Το E-ferry χρεώνεται από το τοπικό δίκτυο στο νησί Ærø, του οποίου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτείται εξ ολοκλήρου από τον άνεμο. Ακόμη και αν το Ellen χρησιμοποιούσε ηλεκτρική ενέργεια από το συνηθισμένο μείγμα δανικού δικτύου, θα εξοικονομούσε περίπου 2.010 τόνους CO₂ ετησίως.

Τον Αύγουστο του 2020, η ακτοπλοϊκή εταιρεία Stena Line ανακοίνωσε ότι σχεδιάζει να προσθέσει ένα σύστημα μπαταριών 1.000kWh στο πλοίο Stena Jutlandica, το οποίο λειτουργεί μεταξύ των πόλεων Γκέτεμποργκ, Σουηδία και Frederikshavn, Δανία. Το έργο ξεκίνησε το 2018 και αποτελείται από τρεις φάσεις, η πρώτη από τις οποίες είναι η εγκατάσταση της μπαταρίας. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την εγκατάσταση ενός πάρκου μπαταριών 20.000kWh, το οποίο θα δημιουργήσει δέκα μίλια αμιγούς ηλεκτρικής αυτονομίας, ενώ η τρίτη φάση θα επικεντρωθεί στην αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας στα 50.000kWh. Η ποσότητα ενέργειας θα επιτρέψει στο πλοίο να διανύσει την απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων (Kevin Desmond 2020).

4.4 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στη Γαλλία

Τον Μάιο του 1881, ο Γάλλος ηλεκτρολόγος μηχανικός, Gustave Trouné, δοκίμασε το πρώτο επαναφορτιζόμενο ηλεκτρικό εξωλέμβιο σκάφος μπαταριών στον ποταμό Σηκουάνα στο Παρίσι.

Το 1994, το Πανεπιστήμιο του Μπορντό, σε συνεργασία με τη γαλλική εταιρεία ηλεκτρισμού EDF και τον πρώην πρόεδρο της Ένωσης Ηλεκτρικών Σκαφών (Ηνωμένο Βασίλειο), ίδρυσε τη Γαλλική Ένωση Ηλεκτρικών Σκαφών (AFBE). Ακολουθώντας ένα σκάφος επίδειξης, μια ηλεκτροκίνητη ξύλινη λέμβος που ονομάζεται Egretta, λειτουργεί για την προώθηση ηλεκτρικών σκαφών γύρω από τις πλωτές οδούς του Εξάγωνα. Για να γίνει αυτό, η AFBE δημιούργησε σταδιακά ένα σημαντικό σώμα 50 ενεργών και επαγγελματικών μελών. Με πρωτοποριακές εταιρείες όπως η Ruban Bleu της Νάντης, μέχρι το 2020 ο συνολικός αριθμός μικρών σκαφών αναψυχής, ιδιόκτητων ή προς ενοικίαση, έχει αυξηθεί σε 9.000.

Εν τω μεταξύ, οι Εναλλακτικές Ενέργειες της La Rochelle, που ιδρύθηκε το 1996 από τον Philippe Palu de la Barrière, ξεκινώντας από ένα ηλιακό πλοίο 35PAX, έχουν προχωρήσει σε 15 τέτοια σκάφη για διάφορες πόλεις της Γαλλίας (Παρίσι, Μπορντό, Μασσαλία, Ρουέν, Στρασβούργο, Ατζάκιο, Καλαί, Λα Ροσέλ, Λοριαντ, Ναυτ και Τουλόν), Το 2009 η ODC Marine παρουσίασε το πρώτο επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο που τροφοδοτείται από μπαταρίες λιθίου και το 2012 το πρώτο υβριδικό επιβατηγό πλοίο. Πρόκειται για έναν πανεθνικό στόλο 70 επιβατικών και πλήρως ηλεκτρικών επιβατηγών πλοίων, ο οποίος κατασκευάστηκε από άλλα ναυπηγεία, όπως το Chantier Naval Franco Suisse, το Transfluid, το Torqeedo, το Fisher Panda και το Naviwatt, mayday, ABB, ODC Marine με χωρητικότητα από 12 έως 200 επιβάτες.

Το 2017 η ΑΕ ανέπτυξε ένα θαλάσσιο πλοίο κυψελών καυσίμου που ονομάζεται Γαλιλαία. Συνεργάστηκαν επίσης με τη NavAlt στην Ινδία για να δημιουργήσουν το πρώτο τους ηλιακό-ηλεκτρικό πλοίο Aditaya (βλ. Περίπτωση Kochi παρακάτω). Η AFBE, με επικεφαλής τον πρόεδρό της Xavier de Montgros, είναι επίσης συνομιλητές επαγγελματικών οργανώσεων και δημόσιων αρχών, οι οποίες καλούνται να συμμετάσχουν σε διάφορες ομάδες εργασίας, όπως το πρότυπο ISO για την ηλεκτρική προώθηση μέσω του AFNOR ή το σύστημα PAMI (Σχέδιο Βοήθειας εκσυγχρονισμού και καινοτομίας) του VNF για καθαρότερο στόλο ποταμών. Η AFBE είναι επίσης μέλος της Ομοσπονδίας Ναυτικών Βιομηχανιών, του δικτύου EcoNav και του Ομίλου Βιομηχανιών Κατασκευών και Activités Navales (GICAN) και του Ναυτιλιακού Συμπλέγματος.

Ενώ όσοι επιθυμούν να κατασκευάσουν ή να εξοπλίσουν εκ των υστέρων ηλεκτρικά σκάφη στη Γαλλία μπορούν να λάβουν οικονομική ενίσχυση, η πρόσφατη νομοθεσία που ψηφίστηκε από τη γαλλική κυβέρνηση απαιτεί από οποιοδήποτε λιμάνι με περισσότερες από 200 κουκέτες να δεσμεύσει το 1% για ηλεκτρική ενέργεια με σημεία επαναφόρτισης. Αυτό θα δημιουργήσει 2000 θέσεις ελλιμενισμάτων έως το τέλος του 2021.

Ο Jean-Marc Roué, Διευθύνων Σύμβουλος της Brittany Ferries ισχυρίστηκε ότι άρχισε να πρασινίζει το στόλο του με ένα πλοίο προώθησης με ηλεκτρικό LNG, το Honfleur, για να κάνει δρομολόγιο από το Πόρτσμουθ στο Καέν. Με LNG, οι

τέσσερις κύριοι κινητήρες της Honfleur τροφοδοτούν ηλεκτρικές γεννήτριες και δύο ηλεκτροκινητήρες προώθησης αξόνων με δύο σταθερούς έλικες. Η Honfleur προωθήθηκε ως πιο φιλικό προς το περιβάλλον πλοίο που λειτουργεί τακτικά στα ύδατα του Ηνωμένου Βασιλείου όταν βγήκε στις θάλασσες σε μια εποχή μετά το COVID/Brexit. Η Brittany ferries ανακοίνωσε μια συνέχεια με άλλα τρία πλοία κλάσης E-Flexer 215 μέτρων 42.200 τόνων, τα οποία κατασκευάστηκαν στη Γαλικία, τη Σαλαμάνκα και τη Σαντόνα, τα οποία κατασκευάστηκαν στο ναυπηγείο CMJL στο Weihai της Κίνας. Θα πρέπει να βρίσκονται σε τακτική λειτουργία μέχρι το 2022 και το 2023. Ωστόσο, υπάρχει μια προειδοποίηση για το κατά πόσον, το πολύ, με μέτρια κέρδη της τάξης του 10-15% σε λειτουργία, το ΥΦΑ θα πρέπει να θεωρείται ως ενέργεια απαλλαγής από τις ανθρακούχες πηγές οποιασδήποτε σημασίας (Kevin Desmond 2020).

4.5 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Καλιφόρνια

Από το 1970, η Duffy Boat Company του Νιούπορτ Μπιτς, στην πολιτεία Orange της Καλιφόρνια των ΗΠΑ, έχει κατασκευάσει και πουλήσει περισσότερα από 30.000 πολυτελώς εξοπλισμένα ηλεκτρικά ημερήσια σκάφη 16 - 22 ποδιών, εκ των οποίων περισσότερα από 3.500 τοπικά, αλλά εξάγονται σε πελάτες σε όλο τον κόσμο. Μόνο το 2000, η Duffy παρέδωσε πάνω από 15.000 σκάφη. Για αρκετά χρόνια διοργάνωναν τον "Μεγάλο Αγώνα Ηλεκτρικών Σκαφών" γύρω από το λιμάνι του Νιούπορτ.

Τα Duffys προορίζονται κυρίως για λιμάνια, κόλπους, ποτάμια και μικρές λίμνες, οπότε οι βάρκες τους είναι πολύ ικανές να χειρίζονται ανέμους έως και 40 mph σε προστατευόμενα ύδατα. Αν και δεν έχει σχεδιαστεί για χρήση σε βαριές θάλασσες, το Duffy 22 ολοκλήρωσε ένα ταξίδι 100 μιλίων στις θάλασσες της νότιας Καλιφόρνιας γύρω από το νησί Catalina στις 19 Απριλίου 2013 σε ανέμους 25 κόμβων. Το φυλλάδιο πωλήσεων τους αναφέρει "Ένα Duffy δεν είναι απλά ένα σκάφος, είναι ένας τρόπος ζωής.. Μόλις ζήσετε την πρώτη σας κρουαζιέρα Duffy θα καταλάβετε ακριβώς τι πραγματικά σημαίνει αυτό. Το σύνθημά μας - Αποσυνδέστε, Λυθείτε και Χαλαρώστε... είναι τόσο απλό." Το 2008, το Duffy 22 Cuddy εκτοξεύτηκε, πλάτους άνω των 9 ποδιών, το σκάφος έχει το μεγαλύτερο εσωτερικό από οποιοδήποτε προηγούμενο Duffy κατά 50%, έτσι σχεδιασμένο για να δώσει περισσότερο χώρο στα κομπά επικαλυμμένα καθίσματα και τραπέζια για "γεύματα ηλιοβασιλέματος" εν πλω.

Το 2020, η Duffy γιόρτασε την 50ή επέτειό της. Η συνεισφορά του Μάρσαλ Ντάφιλιτ στο Νιούπορτ Μπιτς έχει προχωρήσει περισσότερο από την παραγωγή σκαφών. Το 2014 εξελέγη Δήμαρχος του Δήμου και τοποθέτησε 20 νέους σταθμούς φόρτισης EV παράλληλα με τις υπάρχουσες υποδομές για μαρίνες εκατοντάδων σκαφών Duffy. Πιο πρόσφατα έχει εφεύρει SafeHuts (καλύβες ασφαλείας) από υαλοβάμβακα για τους άστεγους που κοιμούνται στις τοπικές προβλήτες. Παράλληλα με τους ηλεκτρικούς εξωλέμβιους του

Torqueedo (100.000 που πωλούνται από το 2006), η ιστορία υποθέσεων Duffy αποτελεί παράδειγμα του μεγάλου δυναμικού της μετάβασης του στόλου των εσωτερικών πλωτών οδών.

Περίπου 425 μίλια βόρεια κατά μήκος της ακτογραμμής της Καλιφόρνιας, στο Σαν Φρανσίσκο, επιβιβάζεται κανείς στην Enhadra, (ένας φόρος τιμής στην ενυδρίδα της Θάλασσας της Καλιφόρνια), ένα υβριδικό πλοίο μήκους 128 ποδιών που λειτουργεί από την Red & white Fleet, μια εταιρεία ξεναγών που είναι μία από τις παλαιότερες επιχειρήσεις της περιοχής του Κόλπου του Σαν Φρανσίσκο. Το σκάφος μπορεί να μεταφέρει έως και 600 επιβάτες για πάνω από μία ώρα χρησιμοποιώντας μπαταρίες ιόντων λιθίου που αναπτύχθηκαν από την Corvus Energy, μια εταιρεία που κατασκευάζει λύσεις αποθήκευσης ενέργειας για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η BAE Systems ενσωμάτωσε μέρος της τεχνολογίας, η οποία περιλαμβάνει επίσης εργαλεία από την Cummins Red & white Fleet σχεδιάζει να έχει στόλο μηδενικών εκπομπών 4 ισχύων έως το 2025. Το πρώτο υβριδικό σκάφος βύσματος με κύτος αλουμινίου, μπαταρία ιόντων λιθίου που κατασκευάστηκε από την καρίνα σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ.

Το Enhadra μπορεί να ταξιδέψει σε όλη την ηλεκτρική λειτουργία με 7 κόμβους για 2+ ώρες, καταναλώνοντας λιγότερο από 8 γαλόνια την ώρα. Με σχεδόν αθόρυβη λειτουργία, το Enhadra είναι εξοπλισμένο με κομψά εσωτερικά φινιρίσματα, καθαρές χειρολισθήρες για μέγιστη χωρητικότητα θέασης, υπερσύγχρονο ηχοσύστημα και προσωπικά ακουστικά ήχου για ηχητικές περιηγήσεις σε 16 γλώσσες. Το 2021 η R&W σχεδιάζει το πρώτο της σκάφος που τροφοδοτείται με κυψέλη καυσίμου υδρογόνου. Το e-ferry 84 επιβατών ήταν υπό κατασκευή στο ναυπηγείο All American Marine στο Bellingham της WA χρησιμοποιώντας ιδιωτική χρηματοδότηση από το SWITCH και επιχορήγηση 3 εκατομμυρίων δολαρίων από το Συμβούλιο Αεροπορικών Πόρων της Καλιφόρνια (CARB). Ενώ η ομάδα διαχείρισης κατασκευής σκαφών του Ομίλου Hornblower επέβλεπε και εξασφάλιζε την επιτυχή κατασκευή αυτού του καινοτόμου σκάφους, το έργο αξιοποιούσε την τεχνολογία από συνεργάτες όπως η Golden Gate Zero Emission Marine, η BAE Systems και η Hydrogenics. Η κλιμάκωση αυτής της τεχνολογίας μηδενικών εκπομπών θα είναι δυνατή μόνο με σημαντικές επενδύσεις σε νέες υποδομές τροφοδοσίας. Η SWITCH συνεργάζεται με την Clean Marine Energy (CME) για την ανάπτυξη υποδομών ηλεκτρικής φόρτισης και τροφοδοσίας υδρογόνου στην ξηρά. Με την υποστήριξη των ίδιων ιδρυτών, η CME σχεδιάζει να καταστήσει διαθέσιμη την υποδομή καθαρών καυσίμων σε πολλά λιμάνια σε όλες τις ΗΠΑ (Kevin Desmond 2020).

4.6 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Σουηδία

Το 2014, οι σουηδικές εταιρείες Echandia και Green City Ferries εγκαινίασαν το πλήρως μετασκευασμένο ηλεκτρικό επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο Movitz. Με μπαταρία 200 kWh και πετρελαιοκινητήρα ως εφεδρικό, ο Movitz θα μπορούσε να λειτουργήσει ως επιβατηγό στη Στοκχόλμη για 1 1/2 ώρες και να επαναφορτιστεί σε 15 λεπτά. Δύο χρόνια αργότερα, η Green City Ferries εγκαινίασε το πρωτότυπο BB Green, ένα πλήρως ηλεκτρικό σκάφος ινών άνθρακα υψηλής ταχύτητας 20 000 με την τεχνική ASV (Air Supported Vessel). Με μπαταρία 200 kWh το σκάφος λειτουργεί για 15 λεπτά με ταχύτητα 30 κόμβων.

Τέσσερα χρόνια αργότερα, η Αρχή Μεταφορών εξακολουθεί να μην ενδιαφέρεται. Η Green City Ferries μαζί με τον πρώην υπουργό Οικονομικών, Allan Larsson, ανέλαβαν στη συνέχεια την πρωτοβουλία να αναπτύξουν ένα σχέδιο για τη μετάβαση σε έναν στόλο αρχιπελάγους χωρίς εκπομπές. Από τα σημερινά 60 σκάφη, τα 30 από αυτά θα πρέπει να εξοπλιστούν εκ των υστέρων με μπαταρίες ή κυψέλες καυσίμου. 30 από αυτά θα πρέπει να παύσουν και 30 νέα πλοία θα πρέπει να χρηματοδοτηθούν. Το σχέδιο του στόλου ήταν μέχρι τώρα να αλλάξει από ορυκτό ντίζελ σε βιοντίζελ, το οποίο υποστηρίζεται ότι είναι ουδέτερο ως προς τον άνθρακα, το οποίο αμφισβητείται. Επιπλέον, κάθε ντίζελ εκπέμπει οξειδία του αζώτου και σωματίδια που είναι επιβλαβή για τους ανθρώπους και τα ύδατα.

Η διερεύνηση έγινε πλοίο με πλοίο και διαδρομή με διαδρομή ενώ ο σημερινός στόλος εκπέμπει 40 000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα κάθε χρόνο, ο νέος στόλος δεν εκπέμπει σχεδόν τίποτα, και το συνολικό κόστος είναι μικρότερο από ό, τι αν κάποιος είχε συνεχίσει με τον υπάρχοντα στόλο και το βιοντίζελ. Επιπλέον, η συνολική επένδυση για νέα πλοία και η εκ των υστέρων τοποθέτηση υφιστάμενων σκαφών θα ανέλθει σε 150 εκατ. Η υποδομή φόρτισης θα χρηματοδοτηθεί από προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό θα αφήσει τον προϋπολογισμό της κομητείας της Στοκχόλμης ανέγγιχτο και ελπίζουμε ότι οι πολιτικοί θα το εκλάβουν αυτό ως προσφορά που δεν μπορούν να αρνηθούν (Kevin Desmond 2020).

4.7 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στο Πλύμουθ

Η εταιρεία κρουαζιέρας, πορθμείων και αλιείας Plymouth Boat Trips (PBT), η ναυπηγική εταιρεία Voyager Marine σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Πλύμουθ, το Πανεπιστήμιο του Έξετερ, τον κατασκευαστή Προωστήρες Teignbridge και την εταιρεία τεχνολογίας μηχανικής EV Parts έχουν αναπτύξει ένα ηλεκτρικό πλοίο που ονομάζεται e-Voyager. Χρησιμοποιεί μπαταρίες Nissan Leaf και έναν προηγμένο ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος αντικαθιστά τον παραδοσιακό πετρελαιοκινητήρα. Το πράσινο πλοίο θα υποβληθεί σε αυστηρές δοκιμές, πριν μεταφέρει επιβάτες σε δρομολόγια πλοίων από τον Απρίλιο του 2022.

Το Δημοτικό Συμβούλιο του Πλύμουθ σχεδιάζει να εγκαταστήσει τρεις φορτιστές 22kWh, εξέλιξη που θα επιτρέψει στο σκάφος να επιτύχει πλήρη φόρτιση σε λιγότερο από τρεις ώρες.

Το έργο χρηματοδοτείται μέσω της πρωτοβουλίας Clean Maritime Call, ύψους 1,4 εκατομμυρίων λιρών Αγγλίας, η οποία υποστηρίζεται από το Υπουργείο Μεταφορών, η οποία ξεκίνησε για να υποστηρίξει τον στόχο του Ηνωμένου Βασιλείου για αποστολή μηδενικών εκπομπών.

Οι εταίροι σημειώνουν ότι το e-Voyager θα είναι το πρώτο πλοίο που θα αναγνωριστεί τόσο από την Υπηρεσία Ναυτιλίας και Ακτοφυλακής όσο και από έναν Νηογνώμονα. Η συνεργασία θα έχει πλέον ως στόχο τη μετατροπή μεγαλύτερων επιβατικών πλοίων.

Επιστήμονες από το Πανεπιστήμιο του Πλύμουθ πραγματοποίησαν έρευνα κατά τη διάρκεια της κατασκευής, μετρώντας τις εκπομπές, συμπεριλαμβανομένης της ηχορύπανσης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κατανάλωσης καυσίμων και υποστηρίζουν ότι η διαδικασία θα μπορούσε να μεταφερθεί σε εμπορικά πλοία μήκους μικρότερης των 24 μέτρων (Kevin Desmond 2020).

4.8 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Κίνα

Ο Σι Τζινπίνγκ, Πρόεδρος της Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας, δήλωσε ότι η ηλεκτρική ενέργεια είναι εθνική στρατηγική. Με περισσότερα από 2.500 χρόνια ιστορίας και τα αρχαία πέτρινα γεφύρια της, η κινεζική πόλη μεταξύ ποταμών και διώρυγας, με το παρατσούκλι «Η Βενετία της Ανατολής», και ειδικά ο ομώνυμος ποταμός, βρισκόταν υπό την επήρεια σοβαρής ρύπανσης. Το 2018, ο δήμος Suzhou εγκαινίασε ένα στόλο σκαφών εξοπλισμένων με ηλεκτροκινητήρες Torqeedo για να απελευθερώσει τα κανάλια των αποβλήτων. Στο πλαίσιο του προγράμματος καθαρισμού, η αρχή διαχείρισης ποταμών κατασκεύασε 177 σκάφη για τη συλλογή πλωτών αποβλήτων και επέλεξε σύγχρονα ηλεκτρικά σκάφη που κινούνται από κινητήρες Torqeedo.

Το Κέντρο Επιστημονικής Έρευνας Πλοίων της Κίνας (CSSRC) σχεδίασε και κατασκεύασε τα σκάφη που ανήκουν στη διοίκηση του ποταμού Suzhou, αλλά διευθύνονται από ιδιωτικές εταιρείες. Ο στόλος αποτελείται από 18 καταμαράν εννέα μέτρων εξοπλισμένα με εξωλέμβια twin-cruise, 22 καταμαράν χάλυβα επτά μέτρων με διπλούς κινητήρες Cruise 2.0 και 137 ξύλινα σκάφη πέντε έως έξι μέτρων που οδηγούνται από εξωλέμβια Cruise 2.0. Όλα τα σκάφη διαθέτουν ειδικές συσκευές για "ψάρεμα" και συλλογή απορριμμάτων που επιπλέουν στο νερό. Παράλληλα με το πανταχού παρόν Torqeedo, κινεζικές εταιρείες όπως η Caroute της επαρχίας Zhejiang κατασκευάζουν τώρα έναν κινητήρα ψαρέματος με συρτή N400-48V 180LB

Μικρότερα σκάφη γίνονται ηλεκτρικά στην Κίνα:

1. Για την υδατοκαλλιέργεια σε λίμνες, δεξαμενές και υπεράκτια, τα σκάφη γίνονται ηλεκτρικά. Ένας λόγος είναι ότι σε ορισμένες περιοχές απαγορεύεται η μηχανή αερίου; ένας άλλος λόγος είναι ότι ο εκλεκτικός μέσος όρος σκαφών που χρησιμοποιεί το κόστος είναι πολύ φθηνότερος από το σκάφος αερίου.
2. Για ψάρεμα από σκάφη. Οι κινεζικές οικογένειες με έδρα την πόλη δεν έχουν μεγάλη αυλή ή αποθήκη. Έτσι ένα φουσκωτό και ένας ηλεκτρικός κινητήρας είναι μια καλή επιλογή.
3. Για τα αστικά ποτάμια και τα γραφικά μέρη λιμνών, επιτρέπονται μόνο ηλεκτρικά σκάφη αναψυχής και μικρότερα πορθμεία.

Η κλιμάκωση του πλοίου, στην Κίνα, τα φέρι μποτ, τα σκάφη περιηγήσεων στα αξιοθέατα, τα πλοία μεταφοράς υδάτων και τα σκάφη εργασίας σε παράκτιες πόλεις κατά μήκος του ποταμού αναμένεται να ηλεκτροδοτηθούν μερικώς με μπαταρίες λιθίου-σιδήρου-φωσφορικού άλατος (LiFePO). Ο συνολικός αριθμός πλοίων στον ποταμό Yangtze και στο κανάλι Πεκίνο-Hangzhou (εκτιμάται σε 60.000) παρουσιάζει τεράστιες δυνατότητες, αλλά είναι ακόμα στα σπάργανα. Παρ' όλα αυτά, η μεγάλης κλίμακας προώθηση και εφαρμογή των ηλεκτρικών πλοίων εξακολουθεί να υπόκειται σε έλλειψη σχετικών προτύπων, ατελείς εγκαταστάσεις φόρτισης, περιορισμένη ισχύ του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και ασαφή επιχειρηματικά μοντέλα κ.λπ.

Για να διορθωθεί αυτό, τον Ιανουάριο του 2019, η CATL ο κινέζος κατασκευαστής μπαταριών υπέγραψε συμφωνία στρατηγικής συνεργασίας με το Ινστιτούτο Προτύπων της Κινεζικής Εταιρείας Ταξινόμησης (CCS) Wuhan στη Φουτζιάν. Τα δύο μέρη διεξάγουν στρατηγική συνεργασία σε διάφορες πτυχές, όπως η προώθηση της έρευνας και της θαλάσσιας εφαρμογής των τεχνικών προτύπων του συστήματος μπαταριών, η επιτάχυνση της αναγνώρισης και της επιθεώρησης των σχετικών προϊόντων μπαταριών και η περαιτέρω εμπάθυνση της συνεργασίας και των ανταλλαγών, όπως η ανταλλαγή πόρων, η τεχνική συνεργασία και οι αναβαθμίσεις υπηρεσιών. Στις 19 Ιουνίου, η CATL αποκάλυψε ότι η εταιρεία είχε υπογράψει συμφωνίες συνεργασίας με πολλά μέρη στον τομέα των ηλεκτρικών πλοίων. Μεταξύ αυτών, το πρώτο αμιγώς ηλεκτρικό επίσημο πλοίο στη λεκάνη του ποταμού Yangtze, το "Hai Xun 12909" της Διοίκησης Πλοήγησης Τριών Φαραγγιών Yangtze, είναι εξοπλισμένο με μπαταρία φωσφορικού σιδήρου λιθίου από το CATL χωρητικότητας 0,68MWh και μέγιστη ταχύτητα 21 km/h.

Τον Ιούνιο του 2019, η Yiwei Lithium Energy υπέγραψε συμφωνία συνεργασίας με τη Shanghai Hansun Shipping Co., Ltd., η οποία θα παρέχει μπαταρίες ισχύος για 18 5000 τόνους νέας ενέργειας πλοίων μεταφοράς της Shanghai Hansun Shipping. Τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους, η εταιρεία και η CSSC το Ινστιτούτο Έρευνας Ενέργειας υπέγραψε τη «Νέα Συμφωνία Συνεργασίας

Προϊόντων Μπαταριών Συστήματος Ενέργειας» για την από κοινού ανάπτυξη του πεδίου των ηλεκτρικών πλοίων.

Η BYD της Shenghen, κατασκευαστών και παγκόσμιων εξαγωγέων πάνω από 70.000 ηλεκτρικών λεωφορείων, αποκάλυψε ότι σκοπεύει να εμπλακεί στον τομέα των ηλεκτρικών πλοίων. Η Guoxuan Hi-Tech έχει επίσης λάβει παραγγελίες πλοίων.

Στις 8 Μαΐου 2020, το πρώτο αμιγώς ηλεκτρικό φορτηγό πλοίο 1.000 τόννων δοκιμάστηκε στο Changzhou στον ποταμό Yangtze. Το Zhongtian Dianyun 001 οδηγείται από μπαταρίες LiFePO και υπερκαταναλωτές "διπλής ηλεκτρικής ενέργειας". Δοκιμάστηκε με επιτυχία στο τμήμα του ποταμού Yangtze στο Changzhou, στην επαρχία Guangzhou της ανατολικής Κίνας. Η χωρητικότητα της μπαταρίας του πλοίου είναι 1.458 kWh, που ισοδυναμεί με 40 ηλεκτρικά οχήματα. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του, Guangzhou Shipyard International, χρειάζεται περίπου 2 ώρες για να φορτίσει για μια διαδρομή 80 χιλιομέτρων με τελική ταχύτητα 12,8 kmh (7 κόμβοι). Με βάση 150 ταξίδια που πραγματοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 450.000 kWh, γεγονός που μπορεί να αντικαταστήσει 20,16 τόνους καυσίμων. Επί του παρόντος, έχουν κατασκευαστεί συνολικά 4918 σύνολα συστημάτων παράκτιας ισχύος διαφόρων τύπων στην επαρχία Jiangsu.

Η κλίμακα της παράκτιας ισχύος είναι η μεγαλύτερη στη χώρα. Μεταξύ αυτών, το ποσοστό κάλυψης των αγκυροβολιών στις οκτώ πόλεις κατά μήκος του ποταμού Γιανγκτσέ είναι 60,5%. Χρησιμοποιώντας την παράκτια ενέργεια για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε πλοία που φτάνουν στο λιμάνι, η ετήσια ισχύς ξηράς μπορεί να φτάσει τα 57,01 εκατομμύρια κιλοβατώρες. Σε σύγκριση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με υποβοήθηση καυσίμου, η ετήσια μείωση της κατανάλωσης καυσίμου υπερβαίνει τους 20.000 τόνους, των εκπομπών οξειδίων του αζώτου κατά περισσότερους από 600 τόνους και των εκπομπών διοξειδίου του θείου κατά περισσότερους από 200 τόνους. Δυστυχώς, το έργο του Zhongtian Dianyun 001 είναι η παράδοση άνθρακα για τη λειτουργία των σταθμών παραγωγής ενέργειας της Κίνας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το "αβλαβές για το περιβάλλον" πλοίο.

Το 53m / 175ft σε μήκος Jun Iyu Hao, το πρώτο ηλεκτρικό πλοίο της Κίνας, ξεκίνησε στα μέσα Νοεμβρίου 2019 και τώρα μεταφέρει έως και 300 επιβάτες και εκτελεί εκδρομές στα αξιοθέατα του ποταμού Yangtze στη Γιουχάν, μια πόλη 11 εκατομμυρίων ανθρώπων περίπου 800 χιλιόμετρα στην ενδοχώρα από τη Σαγκάη. Τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 2019 η πόλη αποτέλεσε σκηνικό διαμαρτυριών για την κακή ποιότητα του αέρα. Το πλοίο κατασκευάστηκε από το Ινστιτούτο Θαλάσσιας Ηλεκτρικής Προώθησης της Γιουχάν, το οποίο είναι θυγατρική της κρατικής Κρατικής Ναυπηγικής Εταιρείας της Κίνας (CSSC) που

ισχυρίζεται ότι είναι ο μεγαλύτερος ναυπηγικός όμιλος στον κόσμο. Σε μια ανακοίνωση στην έκθεση της ναυτιλιακής βιομηχανίας Marintec China 2019 της Σαγκάης την περασμένη εβδομάδα, η CSSC δήλωσε ότι το Junlyu (= «κάνει καλή χρήση των πάντων») είναι το πρώτο πλήρως τροφοδοτημένο με μπαταρίες επιβατικό πλοίο στην Κίνα. Μπορεί να ταξιδέψει με ταχύτητες έως 19 kmh / 10kts ενώ με ταχύτητες κάτω από 13 kmh / 7kts, μπορεί να ταξιδέψει για οκτώ ώρες (Kevin Desmond 2020).

4.9 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Βαλτική

Αν και η Βαλτική είναι θάλασσα, η προέλευση της χρήσης του AltFuels χρονολογείται από το 2013, όταν η Scandlines μετέτρεψε το πρώτο πλοίο στη διαδρομή Rødby-Puttgarden μήκους 24 χιλιομέτρων σε υβριδική πρόωση. Αυτή η μετατροπή αποδείχθηκε επιτυχής; έτσι, το 2014, που συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η Scandlines μετέτρεψε επίσης τα υπόλοιπα τρία επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία της γραμμής σε υβριδικά. Όταν το 2016 παρήγγειλαν νέα πλοία στη διαδρομή Gedser-Rostock μήκους 63 χιλιομέτρων, η Scandlines παρέμεινε με την υβριδική επιλογή, λειτουργώντας έτσι τον μεγαλύτερο υβριδικό στόλο στον κόσμο. Τον Αύγουστο του 2019, η εταιρεία υπέγραψε συμφωνία με τη φινλανδική πρωτοπόρο του στροφείου Norsepower Oy Ltd, για την εγκατάσταση της λύσης πλεύσης στροφέα της τελευταίας, μια εκσυγχρονισμένη έκδοση του στροφέα Flettner (ένας περιστρεφόμενος κύλινδρος που χρησιμοποιεί το φαινόμενο Magnus για να αξιοποιήσει την αιολική ενέργεια για να ωθήσει ένα πλοίο) - στο υπάρχον υβριδικό επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο M/V Copenhagen. Με την προσθήκη της τεχνολογίας της Norsepower, το σκάφος θα μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές του κατά 5%.

Σε αυτό το πλαίσιο, το ηλεκτρικό έργο BSR (περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας) αποσκοπεί στην ενίσχυση της χρήσης της ηλεκτρονικής κινητικότητας στα συστήματα αστικών μεταφορών, διερευνώντας τις ανεξερεύνητες δυνατότητες και αποδεικνύοντας εφαρμογές διαφόρων τύπων αστικής ηλεκτρονικής κινητικότητας, όπως η ηλεκτρική εφοδιαστική πόλεων, τα ηλεκτρικά ποδήλατα, τα ηλεκτρονικά λεωφορεία, τα ηλεκτρονικά σκούτερ και τα ηλεκτρονικά πορθμεία. Εταίροι: Πανεπιστήμιο Εφαρμοσμένων Επιστημών του Αμβούργου (LP), Ένωση Τεχνολογίας και Καινοτομίας ATI Küste GmbH, Δήμος Høje-Taastrup, Επιστημονικό Πάρκο Lindholmen AB, Οργανισμός Πόρων Μηδενικών Εκπομπών (ZERO), Green Net Finland, Αρχή Περιβαλλοντικών Υπηρεσιών περιφέρειας Ελσίνκι (HSY), Ινστιτούτο Μελετών της Βαλτικής (IBS), Κυβέρνηση πόλης Tartu, LTD Ardenis, Δημοτικό Συμβούλιο της Ρίγας, Πόλη του Γκντανσκ, Διοίκηση Αστικών Μεταφορών Γκέτεμποργκ, Ελεύθερη και Χανσεατική Πόλη του Αμβούργου, Δήμος Μπέργκερντορφ.

Τον Ιούνιο του 2019, η ATI Küste διοργάνωσε τον Ιούνιο του 2019 ημερίδα με τίτλο «Ηλεκτροκίνηση στα Ύδατα - Συμβολή στην Καθαρή Ναυτιλία», με επίκεντρο τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας καθώς και την αυτόνομη οδήγηση στην ηλεκτρική κινητικότητα του νερού. Τον Μάρτιο του 2020, πραγματοποιήθηκε στην Porsche Zentrum στη Λειψία εργαστήριο με θέμα «E-ferries και αστική ηλεκτροκίνηση - οφέλη από τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας» με φορείς από διάφορους κλάδους, όπως οι αερομεταφορές, οι οδικές μεταφορές και οι θαλάσσιες μεταφορές. Η 5λεπτη ακτοπλοϊκή σύνδεση που συνδέει το Gehlsdorf με το Rostock-Kabutzenhof (που λειτουργεί από την antaris, ΑΟ 10) κατά μήκος του ποταμού Warnow αναμένεται να αναθεωρηθεί τα επόμενα χρόνια και ένα ηλεκτρονικό πλοίο μπορεί να παρουσιαστεί ως εφικτή εναλλακτική λύση.

Τον Απρίλιο του 2020, ο Δήμος του Rostock προκήρυξε πανευρωπαϊκό διαγωνισμό για μια σύμβαση ναυπήγησης. Η θέση σε λειτουργία του ηλεκτρικού πλοίου έλαβε χώρα την άνοιξη του 2021. Αυτή η απόδειξη του πρωτότυπου σκάφους, που τροφοδοτείται με ηλιακή ενέργεια / φορτισμένο δίκτυο, θα επικεντρωθεί στην ανάλυση των φάσεων σχεδιασμού και επενδύσεων για την ηλεκτροδότηση των πλοίων, ιδίως όσον αφορά τις τεχνικές λύσεις και τις διαδικασίες προμηθειών, στις λιμενικές πόλεις Rostock και Gdansk της περιοχής της Βαλτικής Θάλασσας (Kevin Desmond 2020).

4.10 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Ολλανδία

Με έδρα τις Κάτω Χώρες, ο Ton van Meegen, επιχειρηματίας εσωτερικών πλωτών οδών στην περιοχή Nijmegen των Κάτω Χωρών, ξεκίνησε το βιογραφικό της Port-Liner Holdings για να αναπτύξει έναν στόλο πλήρως ηλεκτρικών εμπορευματοκιβωτίων χωρίς πλήρωμα για τη μεταφορά εμπορευμάτων αρχικά από τα λιμάνια της Αμβέρσα, του Άμστερνταμ και του Ρότερνταμ. Αποκαλούμενο «σκάφη Tesla», ένα kempenaar-μεγέθους σκάφος αποκαλούμενο Tempship είναι 170 πόδια (52 μ) σε μήκος και 19ft (6.7m) σε εύρος, και ικανός να μεταφέρει είκοσι τέσσερα εμπορευματοκιβώτια 20 ποδών (6 μ) που ζυγίζουν μέχρι 468 τόνους (425 τόνοι). Οι ηλεκτροκινητήρες του θα κινούνται με μπαταρίες ροής Vanadium Redox (VRFB) 20 ποδιών (6 m), δίνοντάς του 15 ώρες ισχύος, που φορτίζεται στην ακτή από τον πάροχο ενέργειας χωρίς άνθρακα Eneco.

Αν και έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί χωρίς πλήρωμα, το EC52 θα επανδρωθεί αρχικά. Τα ρυθμιζόμενα καροτσάκια τους επιτρέπουν να περνούν κάτω από γέφυρες 5m60 (16 ft), ενώ πλημμυρίζοντας τις δεξαμενές έρματος, μπορεί να μειώσει περαιτέρω το ύψος του. Η έκδοση EC 110 έχει μήκος 328 ft (100 m) και πλάτος 38 ft (11m45), για να φορτώσει 14 δοχεία των 20 ft (6 m). ή 7 εμπορευματοκιβώτια των 40 ft.(12 m) ή οποιοδήποτε συνδυασμό των δύο μεγεθών με τέσσερα E-Powerboxes που θα έχουν ακτίνα δράσης περίπου 30

ώρες (143 mi ή 230km). Αυτό επιτρέπει στο σκάφος να καλύπτει εύκολα τους διαδρόμους Ρότερνταμ/Αμβέρσα/Ντούισμπουργκ, με ανταγωνιστικό κόστος σε σύγκριση με τη συμβατική προώθηση ντίζελ. Το πλοίο μπορεί να προσαρμοστεί (διαστάσεις, τύπος φορτίου) μέχρι 7700 τόνους (7.000 τόνοι). Η Port-Liner υπέβαλε ένα έργο στο πλαίσιο του οποίου θα κατασκευάσει πέντε υβριδικές φορηγίδες που θα αλιεύουν μεταξύ του διατροφικού τερματικού σταθμού De Kempen στις Κάτω Χώρες και της Αμβέρσα.

Χάρη σε αυτές τις υβριδικές φορηγίδες θα υπάρχουν 23.000 λιγότερα πετρελαιοκίνητα φορηγά στους δρόμους ετησίως και μείωση περίπου 18.000 τόνων CO¹ ετησίως. Σύμφωνα με δημοσίευμα του ειδησεογραφικού ιστότοπου Elektrek, το έργο των 100 εκατομμυρίων ευρώ (122 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) έχει υποστηριχθεί από επιδότηση 7 εκατομμυρίων ευρώ (8,6 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) από την Ευρωπαϊκή Ένωση, με την Loadstar να έχει επίσης αναφέρει ότι το λιμάνι της Αμβέρσα είχε προσθέσει επιδότηση 200.000 ευρώ (245.000 δολάρια ΗΠΑ) στο πλαίσιο μιας ευρύτερης πρωτοβουλίας για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του λιμανιού της. Το Port-Liner μπορεί να κατασκευάσει 500 από αυτά τα πλοία ετησίως. Η μπαταρία θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκ των υστέρων τοποθέτηση υφιστάμενων φορηγών ποταμών. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2020, το 443 ft (135 m) Portliner Anna πήγε σε δοκιμές από το Werkendam, στις νότιες Κάτω Χώρες. (portliner.nl)

Στο πλαίσιο αυτό, το λιμάνι της Αμβέρσα, το λιμάνι του Ρότερνταμ, το λιμάνι του Άμστερνταμ, το λιμάνι της Βόρειας Θάλασσας των Κάτω Χωρών, το Drechtsteden και το De Vlaamse Waterweg σχεδιάζουν τη δημιουργία ενός ενιαίου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με βάση την ξηρά για την εσωτερική ναυσιπλοΐα και τη βιομηχανία κρουαζιέρας στον ποταμό. Η εσωτερική ναυτιλία έχει αναγνωριστεί ως ένας πιο φιλικό προς το περιβάλλον και αποτελεσματικότερο τρόπος παράδοσης φορτίου σε σύγκριση με τις οδικές μεταφορές.

Η χρήση της παράκτιας ισχύος για διαφορετικούς τύπους σκαφών εσωτερικής ναυσιπλοΐας μειώνει περαιτέρω το αποτύπωμα άνθρακα κατά τη διάρκεια των λιμένων, επιτρέποντας στα πληρώματα να χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις τους επί του πλοίου χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιούν γεννήτριες ντίζελ ή τον κύριο κινητήρα του πλοίου.

"Στην καλύτερα των περιπτώσεων, αυτή η νέα τυποποίηση θα υιοθετηθεί από πολλές άλλες χώρες εκτός από το Βέλγιο και τις Κάτω Χώρες", ανέφερε το λιμάνι της Αμβέρσας σε κοινή ανακοίνωση (Kevin Desmond 2020).

4.11 Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στην Νέα Ζηλανδία

Το πρώτο ηλεκτρικό σκάφος στη Νέα Ζηλανδία ονομαζόταν Australia όταν τα δύο νησιά ήταν τότε μέρος της βρετανικής αποικίας της Νέας Νότιας Ουαλίας. Το έτος ήταν το 1884. Κατασκευασμένη από τη Φόρεστ του Μίλγουολ και επίσης εξοπλισμένη με συσσωρευτές EPS, η Australia από μαόνι προοριζόταν τελικά να πάει στην εταιρεία Stephen Smith & Co. με έδρα το λιμάνι Kairara, στη βορειοδυτική πλευρά του βόρειου νησιού της Νέας Ζηλανδίας. Πριν τη ναυτιλία, το Australia ανταγωνίστηκε με τον ηλεκτρισμό σε έναν αγώνα στον ποταμό Τάμεση της Αγγλίας, σε μια πορεία από το Μίλγουολ στη Γέφυρα Charing Cross και πίσω. Δεν υπάρχει αρχείο για το ποιο σκάφος κέρδισε, αλλά προφανώς η Αυστραλία ήταν πολύ λίγο μπροστά στο Charing Cross στο δρόμο προς την πρόοδο.

Τον Αύγουστο του 2020, οι εταιρείες HamiltonJet και EV Maritime της Νέας Ζηλανδίας υπέγραψαν μνημόνιο κατανόησης για την κατασκευή προηγμένων σύνθετων, ηλεκτρικών πλοίων. Η συνεργασία τους είχε επισημοποιηθεί στα κεντρικά γραφεία της HamiltonJet στο Christchurch τον Μάιο, παρουσία της Hon Dr. Megan Woods, Υπουργού Ενέργειας & Πόρων της Νέας Ζηλανδίας και Υπουργού Έρευνας Επιστήμης και Καινοτομίας. Με στόχο την απαλλαγή των πόλεων του λιμανιού από τις ανθρακούχες εκπομπές παγκοσμίως, οι εταιρείες επιδιώκουν να αναπτύξουν ένα από τα πρώτα πραγματικά, πλήρους μεγέθους, μηδενικών εκπομπών ταχύπλοα στον κόσμο.

Εν τω μεταξύ, ο Καμ Χάρις και ο Άνταμ Ράιτσον της Beacon Marine, μαζί με τον ναυτικό αρχιτέκτονα Νταν Λιτς έχουν σχεδιάσει δύο σκάφη, το σκάφος αναψυχής EVO33 και το εμπορικό σκάφος EVO33c. Και τα δύο είναι καταμαράν 33 ποδιών. Τα πλοία θα κατασκευάζονται πλήρως στη Νέα Ζηλανδία και θα τροφοδοτούνται από το OceanVolt, ένα ηλεκτρικό σύστημα προώθησης από τη Φινλανδία, το οποίο η Beacon Marine έχει εξασφαλίσει μοναδική υπηρεσία διανομής στη Νέα Ζηλανδία και τις Νήσους του Ειρηνικού. Εν τω μεταξύ, το ναυπηγείο κατασκευής ηλεκτρικών σκαφών Wellington στο Lower Hutt έχει κατασκευάσει ένα πλήρως ηλεκτρικό πλοίο από ανθρακονήματα χωρητικότητας 135 επιβατών.

Τον Αύγουστο του 2020, η Damen Shipyards και η Echandia Marine δημιούργησαν μια εταιρική σχέση για την ανάπτυξη αυτού που λέγεται ότι θα είναι το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό ρυμουλκό διαχείρισης πλοίων στον κόσμο. Το εγχείρημα συνδυάζει την περίφημη εμπειρία ρυμουλκών της Damen και την τεχνογνωσία της Echandia στα συστήματα ενέργειας μπαταριών. Το RSD-E Tug 2513 θα εξυπηρετεί τα λιμάνια του Ώκλαντ (POAL), της εταιρείας που διαχειρίζεται τον μεγαλύτερο τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων και διεθνούς εμπορίου της Νέας Ζηλανδίας. Το λιμάνι διαχειρίζεται πάνω από το ήμισυ των εισαγωγών και εξαγωγών της χώρας, καθώς επίσης φιλοξενεί εκατοντάδες χιλιάδες κρουαζιερόπλοια κάθε χρόνο (Kevin Desmond 2020).

Κεφάλαιο 5

Η περίπτωση της μελέτης: Μικρών πλωτών μέσων μεταφοράς (Επιβατηγίδες)

Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η διερεύνηση της μετασκευής ενός υφιστάμενου σκάφους με μπαταρίες, και τα οφέλη της σε σύγκριση με τον τρέχοντα, συμβατικό, τρόπο λειτουργίας. Η εταιρεία Roussis Service Boats με ιδιόκτητες επιβατηγίδες (λάντζες), δραστηριοποιείται στο χώρο της ναυτιλίας από το 1967 με 2 έδρες, τον κεντρικό λιμένα Πειραιά (πύλη Ε11) και το λιμάνι του Κερατσινίου, έτσι ώστε να παρέχει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση στα άτομα του γραφείου – πληρώματα – επισκέπτες – συνεργεία. Η περίπτωση της ενοικίασης μικρών σκαφών εντός του λιμένα του Πειραιά παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον κυρίως επειδή τα επόμενα χρόνια η Πράσινη Ενέργεια θα πρωταγωνιστήσει στην Ελλάδα και εντός της λεκάνης της Μεσογείου. Παρά τα οφέλη τους, οι εκπομπές τους σε ρύπους (NOX, SOX, CO₂, PM, NMVOC) έχουν προκαλέσει μεγάλη ζημιά στο τοπικό φυσικό περιβάλλον και οικοσύστημα και στους δύο λιμένες. Ο ρόλος και η θέση του Πειραιά, όπου τον επισκέπτονται πλοία από/προς τους περισσότερους θαλάσσιους προορισμούς της Ελλάδας, πολλαπλασιάζει τις επιπτώσεις από την ατμοσφαιρική ρύπανση στις ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες, ευαίσθητες και πολιτιστικά πολύτιμες Ελληνικές παράκτιες περιοχές.

Η μελέτη μετασκευής είναι συνεπής με τις πρόσφατες εξελίξεις της πολιτικής της ΕΕ. Προωθεί την έξυπνη ανάπτυξη με την έρευνα, την τεχνολογική ανάπτυξη και καινοτομία, την απασχόληση της, τη βιώσιμη ανάπτυξη της επηρεάζοντας το περιβάλλον και την ενέργεια στον τομέα των μεταφορών, και σίγουρα συμμορφώνεται με την πολιτική κλίματος της ΕΕ για την προστασία του τοπικού και παγκόσμιου περιβάλλοντος.

5.1 Ανάλυση Δεδομένων

Για την σύνταξη των παρακάτω δεδομένων, έγινε επίσκεψη στο επιβατικό σκάφος ROUSSIS IV όσο αυτό βρισκόταν στο Λιμάνι του Κερατσινίου.

Χαρακτηριστικά πλοίου

Πίνακας 5.1 : Κύρια χαρακτηριστικά του ROUSSIS IV

LENGTH (L.O.A)	15.10 (m)	Κύριες Μηχανές ντίζελ	2x VOLVO PENTA 370 BHP / 3500 RPM
LENGTH (LWL)	12.77 (m)		
BREADTH (MLD)	3.80 (m)	Προπέλες	2

DEPTH (MLD)	1.63 (m)	Μέγιστη ταχύτητα	37 Knots
DRAUGHT (DR)	0.85 (m)	Υπηρεσιακή ταχύτητα	20 Knots
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	11 (tn)	Κατανάλωση Πετρελαίου	65 Lts/Hour
Year built	2013	Μέγιστος αριθμός επιβατών	40



Εικόνα 5.1 : Ε/Γ ROUSSIS IV (Πηγή: <http://www.serviceboats.gr/passenger-boats/roussis-iv/>)

Τα χαρακτηριστικά του δρομολογίου σύμφωνα με την εταιρεία είναι τα εξής:

- Μέγιστη απόσταση από την βάση της εταιρείας προς τα αγκυροβολημένα πλοία έως 20 nm.
- Μέγιστη ώρα πλεύσης 2 ώρα
- Μέσος όρος την ημέρα ωρών πλεύσης 10 ώρες
- Τα δρομολόγια δεν είναι καθορισμένα και θα εξεταστεί ο χρόνος φόρτισης ενδιάμεσα των διαδρομών
- Η εταιρεία δουλεύει 365 μέρες τον χρόνο.

Πίνακας 5.2 : Λειτουργικά χαρακτηριστικά του Ε/Γ ROUSSIS IV

Ισολογισμός Ηλεκτρικής Ισχύος στην πλεύση και στο λιμάνι/ δρομολόγιο	5	kW
Συντελεστής Ισχύος Ηλεκτρογεννητριών	0.80	
Αριθμός Κύριων Μηχανών που λειτουργούν κατά την πλεύση	2	
Ποσοστό Φόρτισης Κύριων Μηχανών	80%	
Ισχύς Πρόωσης	530	kW
Στροφές κινητήρα (με μειωτήρα)	3500	RPM

Ηλεκτρική Ισχύς Πρόωσης	554	kW
Μηχανικός βαθμός απόδοσης Ηλεκτροκινητήρα	0.97	
Ηλεκτρική Ισχύς/Κυκλ. Πλού	5	kW
Μέγιστος Αριθμός Κυκλ. Πλόων/Ημέρα	10	
DOD (ονομαστικό για μέγιστους κύκλους φορτίσεων)	80	%
Τάση συστήματος συνεχούς ρεύματος	1050	V
χρόνος σύνδεσης/αποσύνδεσης	4	min

Χαρακτηριστικά μονάδας μπαταρίας

Πίνακας 5.3 : Χαρακτηριστικά μονάδας μπαταρίας Corvus Energy AT6700-50 (Li-ion)

Προδιαγραφές Μονάδας Μπαταρίας	AT6700-50 (Li-on)	Corvus	
Ονομαστική Τάση Μονάδας	50.4	V	
Ονομαστική Χωρητικότητα	150	Ah	
Διαστάσεις	59x33x38	cm	
Βάρος (υδρόψυκτη)	72	kg	
Όγκος	0.073	m ³	
Ενέργεια	6700	wh	
Ειδική Ενέργεια	93.05	wh/kg	
Πυκνότητα Ενέργειας	90.55	wh/dm ³	
Πιστοποίηση Προστασίας	IP67		
Τυπική Αποφόρτιση (C-Rate)	Κορυφή	10C (1500A)	A
	Συνεχόμενη	4C (600A)	A
Τυπική Φόρτιση (C-Rate)	Κορυφή	5C (750A)	A
	Συνεχόμενη	3C (450A)	A
Αόριστη Εναλλαγή Φόρτισης/Αποφόρτισης (C-Rate)	Υδρόψυκτη	3C (450A)	A
	Αερόψυκτη	1.5C (225A)	A
Χρόνος Φόρτισης απο 0->100	2.5	h	

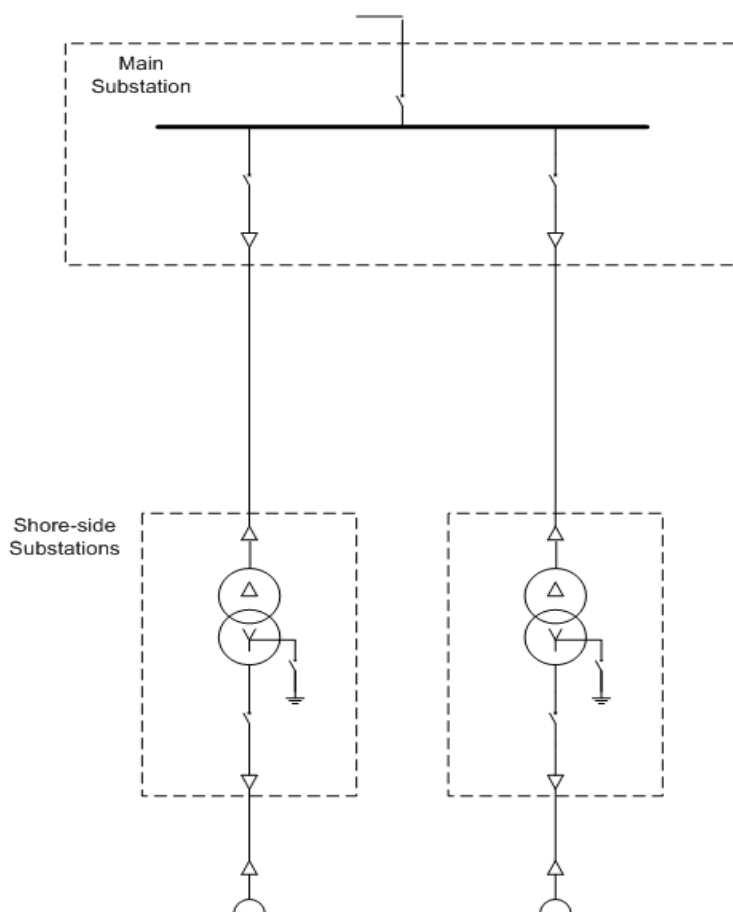
5.2 Υπολογισμοί του Συστήματος

Η τάση του ηλεκτρικού δικτύου διανομής που είναι στα 20kV, μετασχηματίζεται σε χαμηλότερη τάση των 1050 V, ώστε η σύνδεση με το πλοίο να είναι εφικτή. Λόγω εγκατάστασης του συστήματος διπλού διαύλου πάνω στο πλοίο, δεν απαιτείται η μετατροπή της τάσης σύνδεσης στην ακριβή τάση που λειτουργεί το σύστημα το σκάφους, δηλαδή στα 1050V και 50Hz στην περίπτωση μας.

Η ονομαστική ισχύς από την πλευρά της ξηράς θα πρέπει να είναι 1 MVA, προκειμένου να επιτρέπει στο πλοίο να φορτίζει με υψηλή ένταση ρεύματος.

Η εικόνα 5.2 απεικονίζει τη διαμόρφωση στην πλευρά της ξηράς για σύνδεση εναλλασσόμενου ρεύματος. Περιλαμβάνει:

- Έναν κύριο υποσταθμό που είναι εξοπλισμένος με πίνακα διανομής υψηλής τάσης που τροφοδοτεί τους υποσταθμούς της ακτής.
- Υποσταθμοί στην πλευρά της ξηράς που παρέχουν τα σημεία σύνδεσης μεταξύ πλοίων και λιμανιού, εξοπλισμένα με:
Α) μετασχηματιστή απομόνωσης τύπου DYN για την προσαρμογή του δικτύου υψηλής τάσης στην τάση της σύνδεσης, με γείωση του ουδέτερου αγωγού (ενδεχομένως μέσω αντίστασης γείωσης),
Β) τον πίνακα διανομής που τροφοδοτεί τα βύσματα του σημείου σύνδεσης μεταξύ πλοίου και λιμανιού.



Εικόνα 5.2 : Τοπολογία στην ξηρά.

Η φιλοσοφία του σχεδιασμού βασίστηκε σε ένα σκάφος με ένα μηχανοστάσιο, με δύο ανεξάρτητες συστοιχίες μπαταριών, εγκατεστημένες σε δύο διαφορετικά μέρη του μηχανοστασίου για περισσότερη ασφάλεια.

Τα εξερχόμενα κυκλώματα σε ένα σύστημα μπαταριών θα πρέπει, επιπλέον της προστασίας από βραχυκύκλωμα και υπέρταση, να είναι εφοδιασμένα με

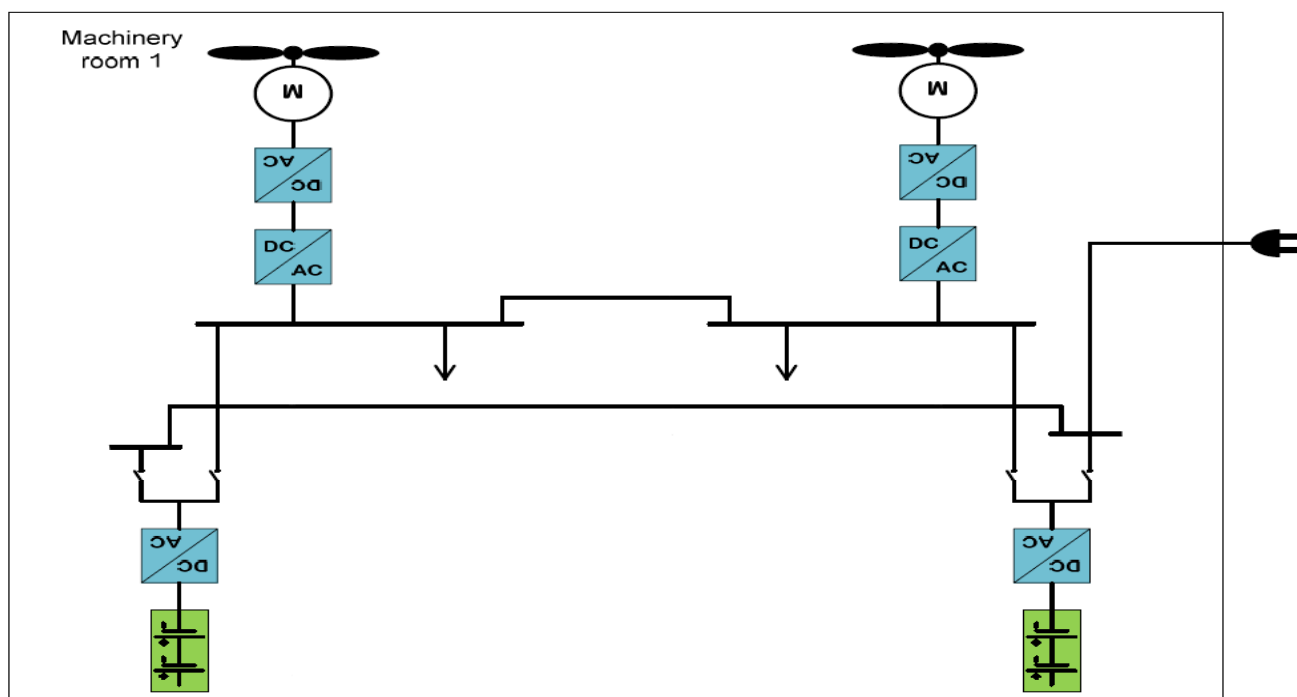
διακόπτη αποσύνδεσης για λόγους απομόνωσης, έτσι ώστε η απομόνωση για συντήρηση να είναι εφικτή.

Για την γείωση των μπαταριών, όπως συνιστάται από τον DNV-GL, θα πρέπει να υπάρχει ένα απομονωμένο θετικό τερματικό και ένα απομονωμένο αρνητικό τερματικό από το σύστημα.

Η εικόνα 5.3 που ακολουθεί παρουσιάζει το μονογραμμικό διάγραμμα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας με ένα σύστημα διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα κύρια συστατικά της παρακάτω διαμόρφωσης είναι:

- Δύο μετατροπείς (AC/DC), ένας από κάθε συστοιχία μπαταριών, για τη μετατροπή της τάσης DC των μπαταριών σε AC.
- Δύο διαδοχικούς (back to back) μετατροπείς (AC/DC/AC) για τον έλεγχο των επαγωγικών κινητήρων πρόωσης.
- Δύο τριφασικά καλώδια AC για τη διασύνδεση των κινητήρων.

Εάν η μέγιστη ισχύς φόρτισης του συστήματος είναι περισσότερη από 1 MW, τότε είναι απαραίτητη μια σύνδεση ξηράς υψηλής τάσης, σύμφωνα με το πρότυπο IEC/IEEE/ISO 80005. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να εγκατασταθεί ένας μετασχηματιστής επί του σκάφους, για την προσαρμογή της τάσης σύνδεσης (3.3/6.6/11 kV) στην τάση των πλοίων (380/400/440 V).



Εικόνα 5.3.: Τοπολογία του δικτύου σκάφους

5.3 Δεδομένα και Εξισώσεις του Μοντέλου

Είναι σημαντικό σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι για τον υπολογισμό του έργου θα χρειαστούμε κάποια πολύ χρήσιμα δεδομένα, ώστε να καταστήσουμε την μελέτη αυτή έγκυρη και αποτελεσματική. Τα απαιτούμενα δεδομένα για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισολογισμού μας και τη δημιουργία των σεναρίων λειτουργίας του πλοίου, καταγράφονται σε κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω:

Χαρακτηριστικά του πλοίου

- Αριθμός κύριων μηχανών, για την πρόωση, και η ονομαστική ισχύς τους
- Αριθμός των κύριων μηχανών που λειτουργούν για την πρόωση
- Ποσοστό φόρτισης κύριας μηχανής
- Αριθμός ηλεκτρογεννητριών και η ονομαστική ισχύς τους
- Αριθμός των ηλεκτρογεννητριών που λειτουργούν για τις ηλεκτρικές ανάγκες
- Ποσοστό φόρτισης ηλεκτρογεννητριών • Ηλεκτρικός ισολογισμός κατά την πλεύση
- Ηλεκτρικός ισολογισμός κατά την αναμονή στο λιμάνι
- Συντελεστής ισχύος ηλεκτροκινητήρα • Μηχανικός βαθμός απόδοσης ηλεκτροκινητήρα
- Τάση (V) συνεχούς ρεύματος του συστήματος

Χαρακτηριστικά της διαδρομής

- Απόσταση πλεύσης (nm)
- Χρόνος πλεύσης (nm)
- Χρόνος στο λιμάνι (nm)
- Μέγιστος αριθμός κυκλικών πλόων ανά ημέρα

Χαρακτηριστικά της μονάδας μπαταριών

- Ονομαστική τάση (V)
- Διαστάσεις (m)
- Χωρητικότητα (Ah)
- Όγκος (m³)
- Βάρος (kg)
- Ονομαστική ένταση ρεύματος φόρτισης/αποφόρτισης (A)
- C-rate

- Ονομαστικό ποσοστό αποφόρτισης (D.O.D)

Προκειμένου να συνταχθούν οι παρακάτω εξισώσεις και μεθοδολογίες, ώστε να εξασφαλισθεί η εγκυρότητα των εξισώσεων υπολογισμών, συλλέχθηκαν στοιχεία από την διπλωματική εργασία του Χρίστου Μπακιρτζόγλου (Bakirtzoglou, 2017).

Η ζήτηση ενέργειας για την πρόωση ανά πλου μονής κατεύθυνσης, $E_{ΠΡ/ΠΛΟΥ}$, υπολογίζεται από την παρακάτω Εξ. 5-1:

$$E_{ΠΡ/ΠΛΟΥ}(kWh) = [P_{ΚΙΝΗΤΗΡΑ} * N_{ΚΙΝΗΤΗΡΑ} * Π.Φ. * \left(\frac{T_{ΠΛΕΥΣΗΣ}}{60}\right) * \left(\frac{1}{\eta_{ΗΛ.ΚΙΝΗΤΗΡΑ}}\right)],$$

(Εξ. 5-1)

Όπου:

$P_{ΚΙΝΗΤΗΡΑ}$: Ονομαστική ισχύς κινητήρων (kW)

$N_{ΚΙΝΗΤΗΡΑ}$: Αριθμός κινητήρων που λειτουργούν κατά την πλεύση

Π.Φ.: Ποσοστό φόρτισης κινητήρα (%)

$T_{ΠΛΕΥΣΗΣ}$: Χρόνος πλεύσης (min)

$\eta_{ΗΛ/ΚΙΝΗΤΗΡΑ}$: Μηχανικός βαθμός απόδοσης του νέου ηλεκτροκινητήρα

Η ζήτηση ενέργειας για τα λειτουργικά/ηλεκτρικά φορτία ανά πλου μονής κατεύ/σης, $E_{ΛΕΙΤ/ΠΛΟΥ}$, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E_{ΗΛ/ΠΛΟΥ}(kWh) = \left[P_{ΗΛ/ΠΛΕΥΣΗΣ} * \Sigma.I. * \left(\frac{T_{ΠΛΕΥΣΗΣ}}{60}\right) \right] + \left[P_{ΗΛ/ΛΙΜΑΝΙΟΥ} * \Sigma.I. * \left(\frac{T_{ΛΙΜΑΝΙΟΥ}}{60}\right) \right],$$

(Εξ. 5-2)

Όπου:

$P_{ΗΛ/ΠΛΕΥΣΗΣ}$: Ηλεκτρική ισχύς κατά την πλεύση (kW)

$P_{ΗΛ/ΛΙΜΑΝΙΟΥ}$: Ηλεκτρική ισχύς κατά την αναμονή στο λιμάνι (kW)

$\Sigma.I.$: Συντελεστής ισχύος ηλεκτρογεννητριών (%)

$T_{ΠΛΕΥΣΗΣ}$: Χρόνος πλεύσης (min)

$T_{ΛΙΜΑΝΙΟΥ}$: Χρόνος στο λιμάνι (min)

*Αξίζει να σημειωθεί ότι εάν δεν είναι διαθέσιμος ο ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου, η ενέργεια για τα λειτουργικά/ηλεκτρικά φορτία μπορεί να υπολογιστεί με τον ίδιο τρόπο όπως υπολογίστηκε η ενέργεια για την πρόωση.

Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια για έναν κυκλικό πλου, $E_{ΚΥΚΛ/ΠΛΟΥ}$, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E_{ΚΥΚΛ/ΠΛΟΥ}(kWh) = 2 * (E_{ΠΡ/ΠΛΟΥ} + E_{ΗΛ/ΠΛΟΥ}),$$

(Εξ. 5-3)

Η συνολική απαιτούμενη ενέργεια του πλοίου ανά ημέρα, σύμφωνα με επιλεγμένο αριθμό κυκλικών πλώων, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E_{ΣΥΝΟΛ/ΗΜΕΡΑ}(kWh) = N_{ΚΥΚΛ/ΠΛΟΥ} * E_{ΚΥΚΛ/ΠΛΟΥ},$$

(Εξ. 5-4)

Όπου:

$N_{\text{ΚΥΚΛ.ΠΛΟΥ}}$: Αριθμός κυκλικών πλόων ανά ημέρα.

Η ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς στο πλοίο, $E_{\text{ΕΛΑΧ.ΕΓΚΑΤ.}}$, για την εκπλήρωση του αριθμού κυκλικών πλόων ανά ημέρα, ενώ λειτουργεί με ονομαστική τιμή D.O.D. για μέγιστους κύκλους ζωής φόρτισης μπαταριών, μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους σύμφωνα με το επιχειρησιακό προφίλ του πλοίου:

$$A) E_{\text{ΕΛΑΧ.ΕΓΚΑΤ.}} (kWh) = \frac{E_{\text{ΣΥΝΟΛ.ΗΜΕΡΑ}}}{\frac{N_X}{DOD}}, \text{ (Εξ. 5-5α)}$$

$$B) E_{\text{ΕΛΑΧ.ΕΓΚΑΤ.}} (kWh) = E_{\text{ΣΥΝΟΛ.ΗΜΕΡΑ}} / ((N_{\text{ΚΥΚΛ.ΠΛΟΥ}} - 1) * f + DOD), \text{ (Εξ. 5-5β)}$$

Όπου:

DOD: Ποσοστό αποφόρτισης των μπαταριών για μέγιστους κύκλους φόρτισης (%)

N_X : Αριθμός κυκλικών πλόων χωρίς ενδιάμεση φόρτιση

f : Μια παράμετρος για την εκτίμηση της επίπτωσης του διαφορετικού ρεύματος φόρτισης και του χρόνου που απαιτείται για τη σύνδεση του συστήματος στο δίκτυο φόρτισης (%), η οποία υπολογίζεται:

$$f(\%) = \frac{C_1}{C_2} * \frac{(T_{\text{ΛΙΜΑΝΙΟΥ}} - T_{\text{ΣΥΝΔΕΣΗΣ}})}{T_{0-100}}, \text{ (Εξ. 5-6)}$$

C1: Ένταση ρεύματος φόρτισης (A)

C2: Ονομαστική ένταση ρεύματος φόρτισης (A)

T0-100: Συνολικός χρόνος (min) που χρειάζεται για την πλήρη φόρτιση (0-100%) των μπαταριών με ονομαστική ένταση ρεύματος φόρτισης

TΣΥΝΔΕΣΗΣ: Συνολικός χρόνος που χρειάζεται για την σύνδεση/αποσύνδεση του πλοίου από το δίκτυο φόρτισης.

Ο αριθμός των μονάδων συνδεδεμένες σε σειρά, $N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΕΙΡΑ}}$, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΕΙΡΑ}} = V_{\text{ΣΥΣΤ.}} / V_{\text{ΜΠΑΤ.}}, \text{ (Εξ. 5-7)}$$

Όπου:

$V_{\text{ΣΥΣΤ.}}$: Τάση κεντρικού διαύλου του συστήματος (V)

$V_{\text{ΜΠΑΤ.}}$: Ονομαστική τάση της μονάδας μπαταριών (V)

Ο αριθμός των παράλληλων συστοιχιών μπαταριών, $N_{\text{ΜΠΑΤ.ΠΑΡΑΛ.}}$, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N_{\text{ΜΠΑΤ.ΠΑΡΑΛ.}} = \frac{E_{\text{ΕΛΑΧ.ΕΓΚΑΤ.}}}{N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΕΙΡΑ}} * V_{\text{ΜΠΑΤ.}} * Ah_{\text{ΜΠΑΤ.}}}, \text{ (Εξ. 5-8)}$$

Όπου:

$Ah_{\text{ΜΠΑΤ.}}$: Ονομαστική χωρητικότητα της μονάδας μπαταριών (Ah)

Στη συνέχεια, το σύστημα μας θα χωριστεί σε μία ή δύο συστοιχίες μπαταριών, ώστε να εξασφαλιστεί η περίσσεια ενέργεια. Εξαιτίας αυτού, ο αριθμός $N_{\text{ΜΠΑΤ.ΠΑΡΑΛ.}}$ πρέπει να διορθωθεί έτσι ώστε ο αριθμός των εγκατεστημένων μονάδων μπαταριών ανά συστοιχία να είναι ακέραιος.

Η συνολικός αριθμός των μπαταριών, $N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΝΟΛ.}}$, και της εγκατεστημένης ισχύος, $E_{\text{ΕΓΚΑΤ.}}$, υπολογίζονται από τους τύπους:

$$N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΝΟΛ.}} = N_{\text{ΣΥΣΤ.}} * N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΣΤ.}} * N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΕΙΡΑ}}, \text{ (Εξ. 5-9)}$$

$$E_{\text{ΕΓΚΑΤ.}}(kWh) = N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΝΟΛ.}} * V_{\text{ΜΠΑΤ.}} * Ah_{\text{ΜΠΑΤ.}}, \text{ (Εξ. 5-10)}$$

Όπου:

$N_{\text{ΣΥΣΤ.}}$: Αριθμός συστοιχιών μπαταριών

$N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΣΤ.}}$: Αριθμός μπαταριών ανά συστοιχία

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής επιστροφή στο λιμάνι, μετά από βλάβη σε μία συστοιχία μπαταριών η υπολειπόμενη υπολογιζόμενη ενέργεια, $E_{\text{ΥΠΟΛ.}}$, από την Εξ. 5.10, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την $E_{\text{ΠΛΟΥ.}}$.

$$E_{\text{ΥΠΟΛ.}}(kWh) = (1 - DOD) * \frac{E_{\text{ΕΓΚΑΤ.}}}{N_{\text{ΣΥΣΤ.}}}, \text{ (Εξ. 5-11)}$$

$$E_{\text{ΠΛΟΥ.}}(kWh) = \frac{E_{\text{ΚΥΚΛ.ΠΛΟΥ.}}}{2}, \text{ (Εξ. 5-12)}$$

Το συνολικό βάρος, $W_{\text{ΣΥΝΟΛ.}}$, και ο όγκος, $V_{\text{ΣΥΝΟΛ.}}$, του εγκατεστημένου συστήματος μπαταριών, υπολογίζονται από τους τύπους:

$$W_{\text{ΣΥΝΟΛ.}}(tn) = N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΝΟΛ.}} * W_{\text{ΜΠΑΤ.}}, \text{ (Εξ. 5-13)}$$

$$V_{\text{ΣΥΝΟΛ.}}(m^3) = N_{\text{ΜΠΑΤ.ΣΥΝΟΛ.}} * V_{\text{ΜΠΑΤ.}}, \text{ (Εξ. 5-14)}$$

Όπου:

$W_{\text{ΜΠΑΤ.}}$: Βάρος μίας μονάδας μπαταρίας (tn)

$V_{\text{ΜΠΑΤ.}}$: Όγκος μίας μονάδας μπαταρίας (m^3)

Οι ημερήσιοι κύκλοι φόρτισης, $\text{Κύκλοι}_{\text{Ημερησίως}}$, που εξετάζονται για την εκτίμηση του προσδόκιμου ζωής του συστήματος μπαταριών, $\text{Προσδόκιμο}_{\text{ζωής}}$, υπολογίζεται ως εξής:

A) Ίσοι με τον αριθμό των φορτίσεων ανά ημέρα, εάν $E_{\text{ΕΛΑΧ.}} > E_{\text{ΕΓΚΑΤ.}}$ σύμφωνα με την Εξ. 5-5α

B) Υπολογίζονται από τον ακόλουθο τύπο, εάν $E_{\text{ΕΛΑΧ.}} > E_{\text{ΕΓΚΑΤ.}}$ Σύμφωνα με την Εξ. 5-5β

$$\text{Κύκλοι}_{\text{Ημερησίως}} = \frac{T_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} * (N_{\text{ΚΥΚΛ.ΠΛΟΥ.}} - 1)}{DOD * T_{0-100}} + 1, \text{ (Εξ. 5-15)}$$

$$\text{Προσδόκιμο}_{\text{ζωής}} (\text{χρόνια}) = \frac{\text{Κύκλοι}_{\text{Ονομαστικοί}}}{\text{Κύκλοι}_{\text{Ημερησίως}}}, \text{ (Εξ. 5-16)}$$

Όπου:

ΤΦΟΡΤΙΣΗΣ: ΤΛΙΜΑΝΙΟΥ - ΤΣΥΝΔΕΣΗΣ

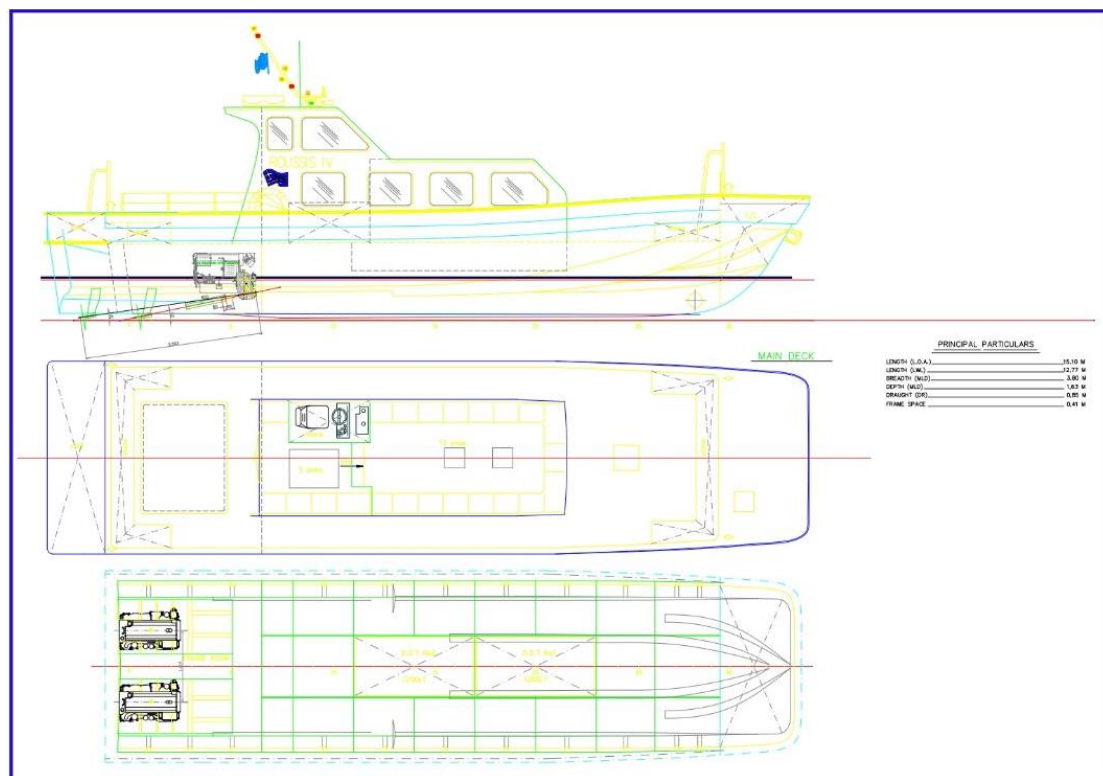
Κύκλοι_{Ονομαστικοί}: Ονομαστικός αριθμός κύκλων φορτίσεων όταν το σύστημα λειτουργεί με ονομαστικές τιμές (τάση, ένταση, θερμοκρασία κλπ.)

5.4 Σενάριο Ε/Γ ROUSSIS IV

Υπολογισμοί για τον αριθμό των μπαταριών επί του σκάφους

Λόγω του μικρού μεγέθους του σκάφους (11 tn) υπάρχει περιορισμός ως προς τον αριθμό των μπαταριών που μπορούμε να τοποθετήσουμε επί του σκάφους λόγω ευστάθειας. Σύμφωνα με τα στοιχεία που έδωσε η εταιρεία και με την παρακάτω σκαριφηματική διάταξη έχουμε τα εξής κάτωθι:

- Το βάρος των δύο μηχανών είναι 1316 Kg
- Μέγιστη χωρητικότητα στις δεξαμενές πετρελαίου είναι 2 m³



Εικόνα 5.4 : Ε/Γ ROUSSIS IV Σκαριφηματική διάταξη

Το σκάφος μπορεί να αναπτύξει μέγιστη ταχύτητα 37 knots αλλά σύνηθες ταχύτητα που χρησιμοποιείται από την εταιρεία είναι 20 knots.

Κατόπιν των ανωτέρω για τις δεξαμενές πετρελαίου που έχουν χωρητικότητα 2 m³, σύμφωνα με τις εξισώσεις (Εξ. 5-13) και (Εξ. 5-14), μπορούν τοποθετηθούν 28 μπαταρίες AT6700-50 (Li-on). Για το μηχανοστάσιο, λαμβάνοντας υπόψη το

σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS), δύο Μετατροπείς (Inverter) Μπαταριών, δύο Οδηγοί Ηλεκτροκινητήρα (Motor Drives) και δύο Ηλεκτροκινητήρες δεν ξεπερνούν τα 500 Kg, λόγω της αφαίρεσης των δύο μηχανών (1316 Kg) και λόγω της καινούργια εγκατάστασης πλοίου μπορούν να τοποθετηθούν ακόμα 14 μπαταρίες AT6700-50 (Li-on).

Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που μπορούν να εγκατασταθούν στο πλοίο είναι 42 μπαταρίες AT6700-50 (Li-on).

5.4.1 Σενάριο (A)

Υπολογισμοί για το πλοίο

Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που θα εγκατασταθούν στο πλοίο, παρακάτω παρατίθεται το σενάριο (A) υπολογισμών, το οποίο είναι το σημερινό λειτουργικό προφίλ του πλοίου, κατά το οποίο το πλοίο αναμένει στο λιμάνι του Κερατσινίου για 60 λεπτά και μέγιστο χρόνο πλεύσης δύο (2) ώρες και πέντε (5) δρομολόγια.

Πίνακας 5.4 : Σενάριο υπολογισμών (A).

Χρόνος στο Λιμάνι (min)		60
ΕΞΛΑΧ. ΕΓΚΑΤ. (kWh)		2552,9178
ΝΜΠΑΤ. ΣΕΙΡΑ		21
ΝΜΠΑΤ. ΠΑΡΑΛ.	2 Συστοιχίες	22
ΝΜΠΑΤ. ΣΥΝΟΛ.		462
ΕΕΓΚΑΤ. (kWh)		3095,4
ΕΥΠΟΛ. (kWh)		309,54
W_{ΣΥΝΟΛ.} (tn)		33,264
V_{ΣΥΝΟΛ.} (m³)		34,1815
Κύκλοι Ημερησίως		2,55
Προσδόκιμο Ζωής (years)		10,95

Το σενάριο (A) με δύο συστοιχίες μπαταριών δεν θεωρείται βιώσιμο καθώς το βάρος των μπαταριών και όγκος ξεπερνάει την χωρητικότητα του σκάφους.

5.4.2 Σενάριο (B)

Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που θα εγκατασταθούν στο πλοίο, παρακάτω παρατίθεται το σενάριο (A) υπολογισμών, το οποίο είναι το σημερινό λειτουργικό προφίλ του πλοίου, κατά το οποίο το πλοίο αναμένει στο λιμάνι του Κερατσινίου για 60 λεπτά και μέγιστο χρόνο πλεύσης μία (1) ώρα και πέντε (5) δρομολόγια.

Πίνακας 5.5 : Σενάριο υπολογισμών (B).

Χρόνος στο Λιμάνι (min)		60
ΕΕΛΑΧ. ΕΓΚΑΤ. (kWh)		1245,0463
ΝΜΠΑΤ. ΣΕΙΡΑ		21
ΝΜΠΑΤ. ΠΑΡΑΛ.	2 Συστοιχίες	12
ΝΜΠΑΤ. ΣΥΝΟΛ.		252
ΕΕΓΚΑΤ. (kWh)		1688,4
ΕΥΠΟΛ. (kWh)		168,84
W_{ΣΥΝΟΛ.} (tn)		18,144
V_{ΣΥΝΟΛ.} (m³)		18,664
Κύκλοι Ημερησίως		2,55
Προσδόκιμο Ζωής (years)		10,95

Το σενάριο (Β) με δύο συστοιχίες μπαταριών δεν θεωρείται βιώσιμο καθώς το βάρος των μπαταριών και όγκος ξεπερνάει την χωρητικότητα του σκάφους.

5.4.3 Σενάριο (Γ)

Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που θα εγκατασταθούν στο πλοίο, παρακάτω παρατίθεται το σενάριο (Α) υπολογισμών, το οποίο είναι το σημερινό λειτουργικό προφίλ του πλοίου, κατά το οποίο το πλοίο αναμένει στο λιμάνι του Κερατσινίου για 120 λεπτά και μέγιστο χρόνο πλεύσης μία (1) ώρα και τρία (3) δρομολόγια.

Πίνακας 5.6 : Σενάριο υπολογισμών (Γ).

Χρόνος στο Λιμάνι (min)		120
ΕΕΛΑΧ. ΕΓΚΑΤ. (kWh)		434,86
ΝΜΠΑΤ. ΣΕΙΡΑ		21
ΝΜΠΑΤ. ΠΑΡΑΛ.	2 Συστοιχίες	4
ΝΜΠΑΤ. ΣΥΝΟΛ.		84
ΕΕΓΚΑΤ. (kWh)		562,8
ΕΥΠΟΛ. (kWh)		56,28
W_{ΣΥΝΟΛ.} (tn)		6,048
V_{ΣΥΝΟΛ.} (m³)		6,214
Κύκλοι Ημερησίως		2,61
Προσδόκιμο Ζωής (years)		10,95

Το σενάριο (Γ) με δύο συστοιχίες μπαταριών δεν θεωρείται βιώσιμο καθώς το βάρος των μπαταριών και όγκος ξεπερνάει την χωρητικότητα του σκάφους.

5.4.4 Σενάριο (Δ)

Το σκάφος μπορεί να αναπτύξει μέγιστη ταχύτητα 37 knots αλλά σύνηθες ταχύτητα που χρησιμοποιείται από την εταιρεία είναι 20 knots. Θα γίνει μείωση την ισχύ των κινητήρων ώστε να αναπτύσσει μέγιστη ταχύτητα 20 knots. Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που θα εγκατασταθούν στο πλοίο, κατά το οποίο το πλοίο αναμένει στο λιμάνι του Κερατσινίου για 60 λεπτά και μέγιστο χρόνο πλεύσης μία (1) ώρα και πέντε (5) δρομολόγια.

Πίνακας 5.7 : Σενάριο υπολογισμών (Δ).

Χρόνος στο Λιμάνι (min)		60
ΕΕΛΑΧ. ΕΓΚΑΤ. (kWh)		702,67
ΝΜΠΑΤ. ΣΕΙΡΑ		21
ΝΜΠΑΤ. ΠΑΡΑΛ.	2 Συστοιχίες	6
ΝΜΠΑΤ. ΣΥΝΟΛ.		126
ΕΕΓΚΑΤ. (kWh)		844,2
ΕΥΠΟΛ. (kWh)		84,42
W_{ΣΥΝΟΛ.} (tn)		9,072
∇_{ΣΥΝΟΛ.} (m³)		9,326
Κύκλοι Ημερησίως		2,55
Προσδόκιμο Ζωής (years)		10,95

Το σενάριο (Δ) με δύο συστοιχίες μπαταριών δεν θεωρείται βιώσιμο καθώς το βάρος των μπαταριών και όγκος ξεπερνάει την χωρητικότητα του σκάφους.

5.4.5 Σενάριο (Ε)

Αναφορικά με τον αριθμό των μονάδων μπαταριών που θα εγκατασταθούν στο πλοίο, με μειωμένη την ισχύ ώστε να επιτυγχάνει 8 Knots, κατά το οποίο το πλοίο αναμένει στο λιμάνι του Κερατσινίου για 60 λεπτά και μέγιστο χρόνο πλεύσης 45 λεπτά και πέντε (5) δρομολόγια.

Πίνακας 5.8 : Σενάριο υπολογισμών (Ε).

Χρόνος στο Λιμάνι (min)		60
ΕΕΛΑΧ. ΕΓΚΑΤ. (kWh)		224,0076
ΝΜΠΑΤ. ΣΕΙΡΑ		21
ΝΜΠΑΤ. ΠΑΡΑΛ.	2 Συστοιχίες	2
ΝΜΠΑΤ. ΣΥΝΟΛ.		42
ΕΕΓΚΑΤ. (kWh)		281,4
ΕΥΠΟΛ. (kWh)		28,14
W_{ΣΥΝΟΛ.} (tn)		3,024
∇_{ΣΥΝΟΛ.} (m³)		3,1074
Κύκλοι Ημερησίως		2,55
Προσδόκιμο Ζωής (years)		10,95

Το σενάριο (Ε) με δύο συστοιχίες μπαταριών θεωρείται βιώσιμο καθώς:

- Πληροί τις απαιτήσεις ασφαλείας, ΕΥΠΟΛ. $2 \text{ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ} = 281,4 \text{ kWh} > \text{ΕΠΛΟΥ}/2 = 128,76 \text{ kWh}$. Επομένως το σκάφος μπορεί να γυρίσει με ασφάλεια στο λιμάνι ακόμα και μετά από βλάβη στη μια συστοιχία μπαταριών, στο δυσμενέστερο σημείο του ταξιδιού όπου είναι στη μέση της απόστασης.
- $\nabla \text{ΣΥΝΟΛ.} = 3,1074 \text{ m}^3$. Ο όγκος των μπαταριών μπορεί να χωρέσει στο χώρο των δεξαμενών πετρελαίου και στο μηχανοστάσιο,

Πίνακας 5.9 : Υπολογισμοί Κόστους Εγκατάστασης

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΑΦΟΥΣ	
Αριθμός Μπαταριών	42
Κόστος Εγκατάστασης	
Κόστος Μπαταριών (1200 €/μονάδα)	50.400,00 €
Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS) – 50% του κόστους μπαταριών	25.200,00 €
Μετατροπείς (Inverter) Μπαταριών (200 €/kW) 2x Μετατροπείς 1400 kW	136.000,00 €
Οδηγοί Ηλεκτροκινητήρα (Motor Drives) (250 €/kW) 2x Motor Drives 1400 kW	170.000,00 €
Ηλεκτροκινητήρες (60€/kW)2x ABB AMS710 VSD Synchronous Motors 1KV 1800rpm	40.800,00 €
Απρόβλεπτα κόστη (Contingencies) 10%	42.240,00 €
Πώληση των Υφιστάμενων Κινητήρων	

Μεταχειρισμένες Κύριες Μηχανές (80 €/kW) 2x VOLVO PENTA 370 BHP / 3500 RPM	44.160,00 €
Σύνολο Χρημάτων Πωλήσεων (€)	44.160,00 €
Τελικό Κόστος Μετασκευής (€)	420.480,00 €

Πίνακας 5.10 : Υπολογισμοί Κόστος λειτουργίας

ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
Σύγκριση Κόστους Καυσίμου σε 1 έτος Λειτουργίας	
Ημέρες Λειτουργίας/Έτος	365
Κυκλική Πλόες/Ημέρα	5
Με Μπαταρίες	
Ενέργεια/Κυκλικό Πλού (kWh)	128,7628866
Ενέργεια/Έτος (kWh)	104.297,9381
Τιμή/kWh (€) (17-10-2021)	0,08 €
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας (€)	8.343,835052 €
Με Υφιστάμενους Κινητήρες Diesel	
Ωφέλιμη Ισχύς Κύριας Μηχανής	0,44
Ωφέλιμη Ισχύς Ηλεκτρικού Κινητήρα	0,9
Κατανάλωση Καυσίμου (40 LTS/IN VOYAGE)	73.000
Τιμή Καυσίμου Diesel/tn (€) (17-10-2021)	566,00 €
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας (€)	41,318,00 €
Κέρδη/Έτος Λειτουργίας (€)	41.309,65 €

Σύγκριση Κόστους Συντήρησης σε 1 έτος	
Με Μπαταρίες	
Πάγιο Έξοδο 2% του Κόστους Μπαταριών/Έτος (€)	1008,00 €
Μεταβλητά Έξοδα Συντήρησης €/kWh	1,00 €
Κόστος Μεταβλητών Εξόδων Συντήρησης (€)	224,06 €
Συνολικό Κόστος Συντήρησης	1232,06 €
Με Υφιστάμενους Κινητήρες Diesel	
Κόστος Συντήρησης Κύριων Μηχανών /HP (€)	15
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς (HP)	740
Συνολικό Κόστος Συντήρησης (€)	11.100,00 €
Κέρδη/Έτος Συντήρησης (€)	9.867,94 €
Συνολικά Κέρδη του Κόστους Λειτουργίας & Συντήρησης (O&M) /Έτος (€)	51.177,59 €

5.5 Αξιολόγηση της Επένδυσης

Η οικονομική ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για περίοδο οκτώ ετών, όσα και τα έτη ποιοτικής λειτουργίας που προτείνει ο κατασκευαστής για τις μπαταρίες, με λειτουργία έως το 80% D.O.D., προτού αυτές υποστούν σημαντική πτώση στην συνολική τους χωρητικότητα (Ah) λόγω των κύκλων φορτίσεων. Ως εκροές για πλοίο θα θεωρηθούν τα έξοδα τα οποία προκύπτουν από την λειτουργία, φόρτιση και συντήρηση των μπαταριών, καθώς επίσης και οι αποσβέσεις που προκύπτουν λόγω της επενδυτικής κίνησης αν αφαιρεθεί από το συνολικό

κόστος η υπολειπόμενη αξία του εξοπλισμού και το αποτέλεσμα αυτό διαιρείται με τα χρόνια της επένδυσης.

Η υπολειμματική αξία (Residual Value) του εξοπλισμού που θα αγοραστεί υπολογίζεται ως εξής:

- 30% της αρχικής αξίας των μπαταριών
- 70% της αξίας του υπόλοιπου εξοπλισμού (ηλεκτροκινητήρες, καλωδιώσεις κτλ.)

Η αξία του καυσίμου Diesel καθώς επίσης και η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, σε ευρώ, υπολογίζεται ότι αυξάνονται ως εξής:

- Αύξηση τιμής καυσίμου 3,5% κάθε χρόνο
- Αύξηση τιμής ηλεκτρικού ρεύματος 1% κάθε χρόνο

Η υπολειμματική αξία του εξοπλισμού δεν θα θεωρηθεί ως εισροή για το έργο. Όμως θα αφαιρεθεί από τον συνολικό κόστος της επένδυσης πριν τον υπολογισμό των αποσβέσεων στα 8 χρόνια της επένδυσης.

Τα έκτακτα/απρόβλεπτα έξοδα υπολογίζονται στο 10% του συνολικού κόστους του έργου.

Πίνακας 5.11 : Ανάλυση απόσβεση επένδυσης

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗΣ 100% ΚΡΑΤΙΚΗ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗ									
	Έτος Μετασκευής	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5	Έτος 6	Έτος 7	Έτος 8
Δάνειο	0								
Κόστος Επένδυσης	420.480,00 €								
Μετοχικό Κεφάλαιο									
Κρατικό Κεφάλαιο	420.480,00 €								
Λειτουργικά Έξοδα		51.177,59 €	51.689,37 €	52.206,26 €	52.728,32 €	53.255,61 €	53.788,16 €	54.326,04 €	54.869,30 €
Έξοδα Συντήρησης		1.232,06 €	10.790,39 €	10.790,39 €	10.790,39 €	10.790,39 €	10.790,39 €	10.790,39 €	10.790,39 €
Σύνολο Εκρών με Μπαταρίες		52.409,65 €	62.479,75 €	62.996,65 €	63.518,71 €	64.045,99 €	64.578,55 €	65.116,43 €	65.659,69 €
Λειτουργικά Έξοδα		11.100,00 €	11.488,50 €	11.890,60 €	12.306,77 €	12.737,51 €	13.183,32 €	13.644,73 €	14.122,30 €
Έξοδα Συντήρησης		12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €	12.375,00 €
Σύνολο Εκρών με Μηχανές Diesel		23.475,00 €	23.863,50 €	24.265,60 €	24.681,77 €	25.112,51 €	25.558,32 €	26.019,73 €	26.497,30 €
Κέρδη Ετησίως (Λειτουργίας με Μπαταρίες)		-28.934,65 €	-38.616,25 €	-38.731,05 €	-38.836,94 €	-38.933,49 €	-39.020,23 €	-39.096,69 €	-39.162,39 €
Απόσβεση Χρημάτων Ετησίως		-28.934,65 €	-67.550,90 €	-106.281,95 €	-145.118,89 €	-184.052,38 €	-223.072,61 €	-262.169,30 €	-301.331,69 €

5.6 Συμπεράσματα της επένδυσης

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και μετά την επεξεργασία των δεδομένων εισήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Καταρχάς διαφαίνεται η εξέχουσα σημασία της χρήσης της ηλεκτροπρόωσης στο πλαίσιο της εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων που επιτάσσουν οι σύγχρονες επιταγές και αντιλήψεις στον τομέα της ναυτιλίας και των θαλάσσιων μεταφορών.

Η εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης σίγουρα ενδείκνυται και θα μπορούσε να βρει αντίκρισμα στα μικρά πλωτά μέσα μεταφοράς προσωπικού ή επιβατών που εκτελούν δρομολόγια εντός λιμενικών εγκαταστάσεων ή διανύουν μικρές αποστάσεις.

Ειδικότερα, σχετικά με τα υπό κρίση μελέτη μικρά πλωτά μέσα μεταφοράς (επιβατηγίδες) προκύπτει ότι η μετασκευή τους αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι για την υλοποίησή της.

Αξιολογώντας τα οικονομικά και τεχνικά στοιχεία προκύπτει ότι η αλλαγή του συστήματος πρόωσης από συμβατική σε ηλεκτρική πρόωση αποτελεί μία δαπανηρή επένδυση που για την πραγματοποίησή της θα πρέπει να γίνουν ενέργειες ώστε να ληφθούν ευρωπαϊκά κονδύλια.

Όπως προκύπτει στην παραπάνω ανάλυση το κόστος του εξοπλισμού είναι αυτό που δυσχεραίνει σε μεγάλο βαθμό την πραγματοποίησή της επένδυσης. Μάλιστα όπως τεκμαίρεται από τα παραπάνω σενάρια το μεγαλύτερο οικονομικό αγκάθι αποτελεί το κόστος μονάδων μπαταριών.

Σχετικά με τον ρόλο των μπαταριών προκύπτει ότι παρόλο που η ειδική ενέργεια των μπαταριών είναι χαμηλότερη από εκείνη του καυσίμου, οι μπαταρίες είναι μια ενσωματωμένη πηγή ισχύος στο σκάφος, με σταθερό βάρος, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ελαφρύτερη σύμφωνα με το εκάστοτε προφίλ λειτουργίας.

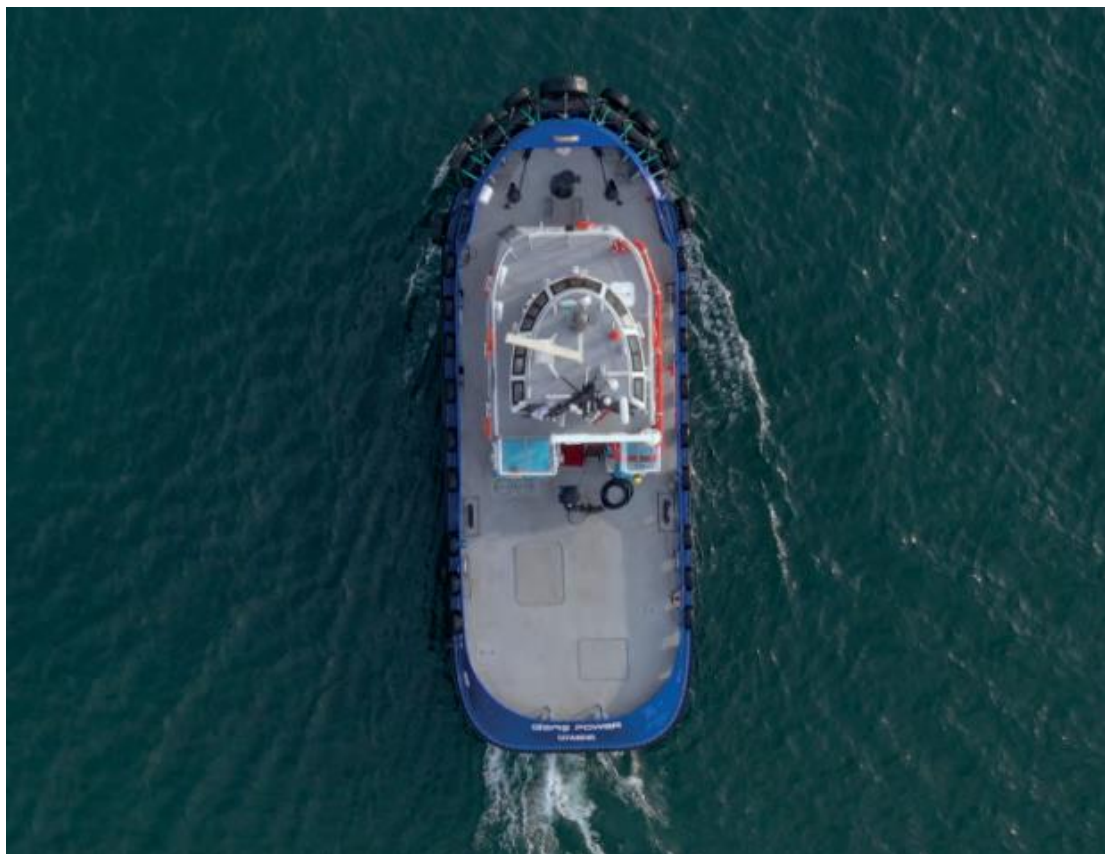
Όσον αφορά την ασφάλεια των επιβατών και του πλοίου, το μέγιστο δηλαδή ζητούμενο, καταλυτικό ρόλο διαδραματίζει η διαίρεση του συστήματος μπαταριών του σκάφους σε τουλάχιστον δύο συστοιχίες όπως προτείνεται και από τον DNV-GL. Έτσι, το γεγονός αυτό το καθιστά να έχει μεγάλη επιρροή στο σχεδιασμό του συστήματος και της μετασκευής.

Επίσης, όπως προκύπτει από το βιώσιμο σενάριο (E), η απαιτούμενη ισχύς φόρτισης είναι 2 MVA, γεγονός που απαιτεί μια ακριβότερη εγκατάσταση στη ξηρά. Παρομοίως, στο σενάριο υπολογισμού με ταχυφοριστή, ενδέχεται να προκύψει η αναγκαιότητα για ένα ακριβότερο σύστημα σύνδεσης-φόρτισης.

Τέλος, αυτά που δυσχεραίνουν την υλοποίηση της μετασκευής αφορούν τις απαιτήσεις της εταιρείας για την ταχύτητα, συγκεκριμένα απαιτείται το σκάφος να έχει μέση ταχύτητα 20knots, καθώς και για τη συχνότητα των δρομολογίων. Στον αντίποδα όμως και είναι κάτι που γεννά μια ελπιδοφόρα προοπτική για τη συνέχιση των ερευνών της μετασκευής ενός συμβατικού πλοίου, είναι το γεγονός που πρέπει να σημειωθεί, πως το κόστος ενός καινούργιου σκάφους σχεδιασμένου σύμφωνα με πρότυπα μπορεί να είναι το μισό από το κόστος τροποποίησης του υφιστάμενου πλοίου.

Παράρτημα

Εφαρμογή της ηλεκτροπρόωσης στα Ρυμουλκά πλοία (P/K)



Εικόμα Π.1 : Ρυμουλκό Πλοίο (<https://www.zeetug.com/>)

Η NAVTEK Naval Technologies, κορυφαίος σχεδιαστής ρυμουλκών με μπαταρίες, έχει αποδείξει το σχεδιασμό και τις λειτουργικές επιδόσεις της ZEETUG, Gisas Power, με σταθερά αποτελέσματα τους τελευταίους 18 μήνες.

Η NAVTEK ανέπτυξε, σχεδίασε, κατασκεύασε και παρέδωσε το ZEETUG (ηλεκτρικό ρυμουλκό μηδενικών εκπομπών), το πρώτο επαναφορτιζόμενο και πλήρως ηλεκτροκίνητο ρυμουλκό στον κόσμο στις αρχές του 2020 για τη ναυπηγική βιομηχανία Gisas, μια μεγάλη εταιρεία Pilotage και Towage στην Κωνσταντινούπολη. Περισσότεροι από 18 μήνες αργότερα η εταιρεία γιορτάζει την εξαιρετική απόδοση της πρωτοποριακής τεχνολογίας της με ασυναγώνιστη αποτελέσματα.

ZEETUG30 (NV 712) - GİSAŞ POWER

	
EQUIPMENT	MANUFACTURER
Main Engine (Electric Motors)	SIEMENS (2x925kW)
Gearboxes and Propulsion System	REINTJESS
Batteries	CORVUS Energy (1450 kWh of battery capacity)
Automation System	BMA TECHNOLOGIES
Drive System	ABB
Navigation Equipment	NAVICO SIMRAD; COBHAM/SAILOR; LILLEY&GILLIE; SPERRY; NETWAVE
Bridge Navigation Alarm System	VEINLAND

Εικόμα Π.2 : Ρυμουκλό Πλοίο της εταιρείας ZEETUG (<https://www.zeetug.com/>)

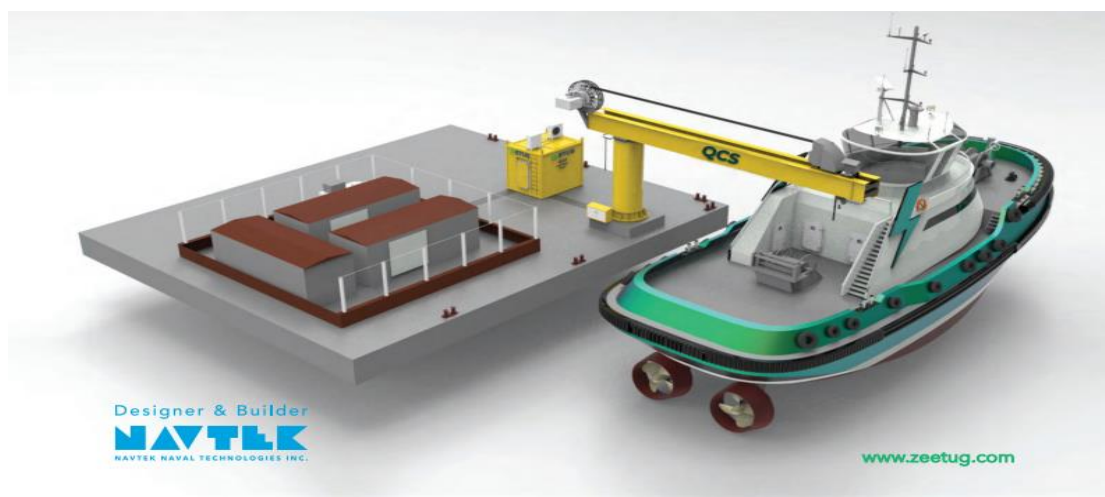
Μετά την παράδοση της πρώτης ZEETUG (32T BP) πέρυσι, η NAVTEK υπέγραψε άλλες τρεις παραγγελίες ρυμουκλών με τη ναυπηγική βιομηχανία gisas για άλλα δύο αδελφά πλοία (ZEETUG30) και ένα 45T BP ZEETUG που επρόκειτο να παραδοθούν στα τέλη του 2021.

Η επαναστατική σειρά zeetug των πλήρως ηλεκτροκίνητων σχεδίων ρυμουκλών κάνει ήδη κύματα με την επιτυχία της Gisas Power που προκαλεί το ενδιαφέρον των ενδιαφερόμενων μερών που επιθυμούν να μειώσουν τις εκπομπές στη συρόμενη συρόμενη βάρκα. Η βιομηχανία έχει γίνει μάρτυρας της αποτελεσματικής λειτουργίας των πρώτων πλοίων zeetug στον κόλπο Tuzla, μια από τις μεγαλύτερες περιοχές για τις βιομηχανίες ναυπήγησης και επισκευής πλοίων στην Τουρκία, τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη, καλωσορίζοντας δεκάδες πλοία κάθε μέρα. Το ηλεκτρικό ρυμουκλό λειτουργεί ομαλά εδώ και περισσότερο από ένα χρόνο και συνεχίζει να αποδεικνύει την επιχειρησιακή του αποδοτικότητα.

Η ZEETUG αντιπροσωπεύει τη νέα γενιά πράσινης τεχνολογίας με την επαναφορτιζόμενη μπαταρία και τον πλήρως ηλεκτρικό κινητήρα μηδενικών εκπομπών, καθώς και χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών. Ο καινοτόμος σχεδιασμός επιτρέπει στα σκάφη να λειτουργούν δυναμικά με υψηλότερη απόδοση και χωρίς να βλάπτουν το περιβάλλον.

Με τη βοήθεια του αρθρωτού συστήματος, τα ZEETUGs μπορούν να κατασκευαστούν κατά παραγγελία από 5T BP έως 80T BP. Είναι έξυπνα

αποδοτικά ρυμουκκά λιμανιού, ικανά να διαχειρίζονται την ενέργειά τους για να φτάσουν σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Η NAVTEK έχει επίσης αναπτύξει ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης ενέργειας ρυμουκκών για αυτά τα πλήρως ηλεκτρικά ρυμουκκά και σταθμούς γρήγορης φόρτισης για τους λιμένες στους οποία δραστηριοποιούνται.



Εικόμα Π.3 : Ρυμουκκό Πλοίο της εταιρείας ZEETUG (<https://www.zeetug.com/>)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των ZEETUGs, που κατασκευάζονται από τον συνεργάτη λύσης της NAVTEK και ειδικό τεχνολογίας πράσινων σκαφών CORVUS ENERGY. Με ισχυρές ηλεκτρικά φορτισμένες μπαταρίες και σταθμούς ταχείας φόρτισης (QCS) ικανούς να φορτίζουν πλήρως ένα ZEETUG μέσα σε μία ώρα, τα ρυμουκκά μπορούν να εκπληρώσουν με επιτυχία καθημερινές λειτουργίες ημέρας και νύχτας βαρέως τύπου.

GENERAL SPECIFICATIONS

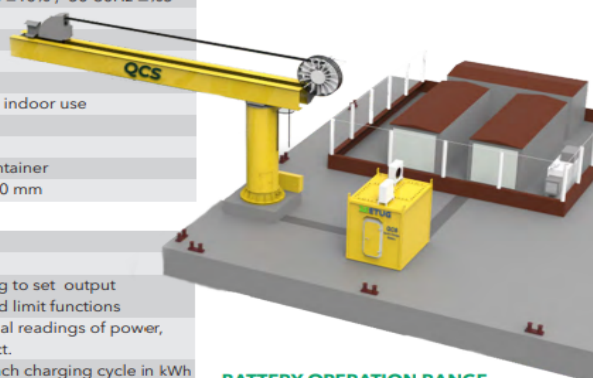
Input	3- phase 500VAC $\pm 10\%$; 50-60Hz $\pm 5\%$
Output	750Vdc
Efficiency	>96%
Power factor	0.99
Output power up to	2x500 KW
Protection degree	IP54 Cabinets for indoor use
Ambient temperature	0°C to 40°C
Ambient humidity	0% to 95%
Heating/Cooling is controlled	by A/C inside container
Dimensions (W x D x H)	1500 x 650 x 2250 mm

CHARGING TECHNOLOGY

Switch board	ABB
Cooling system	Air cooling
Optimizing	Boosting input voltage according to set output voltage, active power control and limit functions
Human machine interface	Hand terminal used as HMI, actual readings of power, voltage, current, temperature, ect.
Energy import	Energy import is recorded for each charging cycle in kWh

CONNECTORS

Connectors	Marechal DS4 1000 V
------------	---------------------



BATTERY OPERATION RANGE

%20-%90 SOC for ZEETUG NV712 :
995 KWH, 55-65min

Εικόμα Π.4 : Εγκατάσταση iron colding (<https://www.zeetug.com/>)

Η NAVTEK ισχυρίζεται ότι η τεχνολογία αυτή μπορεί επίσης να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε υπάρχον σκάφος μικρής απόστασης, όπως πορθμεία, παράκτια αλιευτικά σκάφη, σκάφη αναψυχής, σκάφη αναψυχής και θαλάσσια ταξί.

Το ZEETUG αποφεύγει περίπου 9 τόνους NOx και 210 τόνους Co2 ετησίως, σε σύγκριση με παρόμοια ρυμουλκά με πετρελαιοκινητήρες engines. Ms. Cansu Tunçer, Διευθύντρια Επιχειρηματικής Ανάπτυξης της NAVTEK Naval Technologies λέει ότι "το προφίλ ενός ηλεκτρικού ρυμουλκού είναι εντελώς διαφορετικό από αυτό ενός ρυμουλκού που τροφοδοτείται από ντίζελ. Σύμφωνα με τις μελέτες μας, η επανατοποφορία ενός ρυμουλκού ντίζελ σε μηδενικές εκπομπές ρύπων ή υβριδική προώθηση είναι σχεδόν το ίδιο κόστος με την αγορά ενός νέου ηλεκτρικού ρυμουλκού. Ως εκ τούτου, ενθαρρύνουμε τους ιδιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης να ξεκινήσουν με την κατασκευή ή την αγορά πλήρως ηλεκτροκίνητων ρυμουλκών τώρα για να διασφαλίσουμε το μέλλον της προώθησης χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς.

Το λογισμικό STEMS (Smart Tug Energy Management System) αναπτύσσεται από τη NAVTEK NAVAL TECHNOLOGIES με στόχο τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρικού σκάφους και την επέκταση της γκάμας οδήγησης και των κύκλων λειτουργίας του. Το STEMS είναι τόσο ένα λογισμικό που βασίζεται στο πρόγραμμα περιήγησης όσο και ένα λογισμικό για κινητά, το οποίο έχει πολλές δυνατότητες για το κέντρο ελέγχου στόλου και τους φορείς εκμετάλλευσης ρυμουλκών. Με την ευέλικτη δομή του, μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα στόλο. Η STEMS συλλέγει όλα τα δεδομένα που προέρχονται από τις συσκευές και τον εξοπλισμό του ρυμουλκού και τα αποθηκεύει στο διακομιστή του Κέντρου Ελέγχου.

- Ταχύτητα ρυμουλκού,
- Ταχύτητα κινητήρα,
- Κατανάλωση ενέργειας,
- Θερμοκρασία κινητήρα μπαταρίας,
- Κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας
- Δεδομένα πραγματικής κατάστασης περιβάλλοντος
- Δεδομένα καιρού Χρησιμοποιεί τα σχετικά δεδομένα στην απόδοση, για να βελτιστοποιήσει την ηλεκτρική ενέργεια και δίνει ανατροφοδότηση όσον αφορά τις προτεινόμενες ενέργειες στον Κυβερνήτη.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Τα στελέχη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερα από ένα ZEETUG® (ολόκληρος στόλος)
- Οι εργασίες ρυθαφώνας μπορούν να προγραμματιστούν για την εξέταση της διαθεσιμότητας του φορτισμένου (έτοιμου προς λειτουργία) ZEETUG®.
- Μπορεί να εκτιμηθεί η τελική φόρτιση των μπαταριών.
- Τόσο ο χειριστής του κέντρου ελέγχου όσο και ο χειριστής ρυμουλκού μπορούν να αλλάξουν προκαθορισμένη διαδρομή στο διάγραμμα.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος κινητού tablet Android (προσωπικό ή βιομηχανικός τύπος).
- Όλα τα δεδομένα που προέρχονται από το ZEETUG® αποθηκεύονται στους διακομιστές του κέντρου ελέγχου.
- Το STEMS μπορεί να προετοιμάσει αναφορές για όλη τη λειτουργική παραγωγή.
- Λόγω των πιθανών αλλαγών στο λειτουργικό προφίλ, το λογισμικό μπορεί να αναθεωρηθεί

Βιβλιογραφία

1. Christos Bakirtzoglou (2017), Techno-economical feasibility study on the retrofit of double-ended Ro/Pax ferries into battery-powered ones.
2. Φίνος Άγγελος (2018), «Τεχνικοοικονομική μελέτη μετασκευής επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων κλειστού τύπου για λειτουργία με ηλεκτρική πρόωση».
3. Μαντζαφός Γεώργιος (2020), Μελέτη Σκοπιμότητας Δρομολόγησης Ηλεκτροκίνητου Ε/Γ- Ο/Γ Σκάφους στην Γραμμή Πειραιάς- Αίγινα.
4. Χατζηκωστή Μαρία (2018), Ενέργεια και Περιβάλλον στη Ναυτιλία: Ειδικές Περιπτώσεις Χρήσης Ηλεκτρικής Ενέργειας και Τεχνολογιών Αιχμής
5. Kevin Desmond (2020), Alternative Fuels Committee Zero-emission passenger fleets Case Histories and projects.
6. J. Prousalidis, D. Lyridis , S. Dallas, Z. Soghomonian, V. Georgiou and D. Spathis (2017), Ship to Shore Electric Interconnection: from adolescence to maturity [05 August 2021].
7. Haifeng Wang, Ph.D., Xiaoli Mao, and Dan Rutherford, Ph.D. (2015), Costs and Benefits of Shore Power at the Port of Shenzhen. [07 October 2021].
8. Electrification of harbours Report (2017) ,Icelandic New Energy Hafið, Icelandic Centre of Excellence for Sustainable Use and Conservation of the Ocean Nordic Marina Polytec VTT [(07 October 2021].
9. Winkel et al. (2015). Potential for Shore Side Electricity in Europe FINAL REPORT. available from: <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-potential-for-shore-sideelectricity-in-europe> [02/10/2021]
10. Γουλιέλμος ΑΜ, Σαμπράκος Ε. (2002), Ακτοπλοΐα και Ναυτιλία μικρών αποστάσεων.
11. Shortsea n.d. Ένωση Εφοπλιστών Ναυτιλίας Μικρών Αποστάσεων (2021) available from: <http://www.shortsea.gr/nma/> [01/10/2021].
12. Shortsea n.d. Ελληνικό Κέντρο Προώθησης Ναυτιλίας Μικρών Αποστάσεων (2021), available from: <http://www.shortsea.gr/spc-greece/> [01/10/2021].
13. Shortsea n.d Ένωση Εφοπλιστών Ναυτιλίας Μικρών Αποστάσεων (2021) available from: <http://www.shortsea.gr/nma/sinopsi-europaikis-politikis> [01/10/2021].
14. IMO. (n.d.) (2021) available from: <https://glomeep.imo.org/technology/shore-power> [05/10/2021].
15. Serviceboats n.d. (2021) available from: <http://www.serviceboats.gr/passenger-boats/roussis-iv> [15/11/2021].
16. Hallmarkfuels n.d. (2021), Emission control area available from: <https://www.hallmarkfuels.com/eca> [15/10/2021].
17. Deltamarin n.d. (2021), Current challenges available from: <https://deltamarin.com/current-challenges/future-fuel-options-and-emission-control/> [10/10/2021].
18. Zeetug n.d. (2021), New Tug Boat available from: <https://www.zeetug.com> [07/11/2021]

19. Naftemporiki n.d. (2021), available from: <https://www.naftemporiki.gr/finance/story/1488528/focus-sti-nautilia-mikron-apostaseon> [04/10/2021]
20. Elemedproject n.d. (2021) available from: <https://www.elemedproject.eu/> [01/10/2021].
21. Killiniport n.d. (2021), Πρόγραμμα Elemed Λιμάνι Κυλλήνης available from: <https://www.killiniport.gr/limani-killinis/programma-elemed-limani-killinis/> [01/10/2021].
22. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2006), available from: <https://eur-lex.europa.eu:https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32006H0339> [05/9/2021].
23. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2007), available from: <https://eur-lex.europa.eu:https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM%3A166029> [05/9/2021].
24. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2010), ΕΥΡΩΠΗ 2020 Στρατηγική για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex:52010DC2020> [05/9/2021].
25. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2012). Γαλάζια ανάπτυξη ευκαιρίες για βιώσιμη ανάπτυξη στους τομείς της θάλασσας και της ναυτιλίας available from: <https://eur-lex.europa.eu:https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:52012DC0494> [05/9/2021].
26. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2003). Οδηγία 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Οκτωβρίου 2003, σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου available from: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=fakbjhPXwKw%3D&tabid=775&language=el-GR> [05/9/2021].
27. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2014), available from: <https://eur-lex.europa.eu:https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32014L0094> [05/9/2021].
28. Schneiderelectric n.d (2021), Shore connection available from: <http://www.schneiderelectric.com/shore-connection> [05/9/2021].