

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
& ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Πατέστος Νικόλαος

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως
μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2020

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

υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη 1ΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

1. ΤΖΑΝΝΑΤΟΣ ΕΡΝΕΣΤΟΣ ΠΥΡΙΔΩΝ (Επιβλέπων)
2. ΘΕΟΤΟΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
3. ΤΣΕΛΕΝΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ-ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Περιεχόμενα

Περίληψη	11
Abstract	12
1.1 Ιστορική αναδρομή	14
1.2 Χρονολογική Πορεία Ηλεκτρικών Πλοίων.....	16
1.3 Σύγχρονα Ηλεκτρικά Πλοία.....	19
2 Θεωρητική ανάλυση	21
2.1 Ο κλάδος της ναυτιλιακής βιομηχανίας	21
2.2 Δομή συντήρησης και μηχανικής διαχείρισης ενός πλοίου	21
2.3 Ενεργειακή απόδοση του πλοίου	23
2.4 Σκοπός του SEEMP	24
2.5 Δομή του SEEMP.....	26
3 Ηλεκτρικά πλοία	27
3.1 Δομή ηλεκτρικού πλοίου	27
3.2 Απαιτούμενες δομές	30
3.2.1 Σημεία επαναφόρτισης.....	30
3.2.2 Αναβάθμιση λιμένων	31
4 Αντίκτυπο των ηλεκτρικών πλοίων	32
4.1 Επιπτώσεις σε επίπεδο υποδομών	32
4.2 Επιπτώσεις σε επίπεδο οικονομίας	32
4.3 Επιπτώσεις σε επίπεδο εμπορίου.....	34
5 Προοπτικές ηλεκτρικών πλοίων	39
5.1 Δυνάμεις σε επίπεδο υποδομών	39
5.2 Δυνάμεις σε επίπεδο οικονομίας	43
5.3 Δυνάμεις σε επίπεδο εμπορίου	44
6 Επίλογος	45
Βιβλιογραφία	49

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1-1: Επιμέρους στοιχεία ηλεκτρικού πλοίου.....	18
Εικόνα 1-2: Δρομολόγιο «Yara Birkeland».....	19
Εικόνα 1-3: E-ELLEN – Φόρτιση στο λιμάνι	20
Εικόνα 2-1: Ενεργειακή απόδοση πλοίου – Ενεργειακή κατανομή	23
Εικόνα 2-2: SEEMP as part of SMS.....	25
Εικόνα 2-3: Συνεχής βελτίωση μέσω κύκλου SEEMP.....	26
Εικόνα 2-4: SEEMP as 4-step ship energy management.....	27
Εικόνα 5-1: Αέριες εκπομπές πλοίων	44

Περίληψη

Στην διπλωματική εργασία που αναλύεται παρακάτω παρουσιάζονται οι πτυχές των ηλεκτρικών πλοίων λόγω της ανάγκης που υπάρχει απόρροια της κλιματικής αλλαγής και την παγκόσμια μετάβαση σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Επίσης παρουσιάζονται και αναλύονται οι προοπτικές και οι περιορισμοί με τους οποίους καθίσταται δυνατή η ανάπτυξη και εδραίωση ενός αμιγώς ηλεκτρικού στόλου εμπορικών και επιβατηγών πλοίων. Επιπλέον αναλύεται το περιβάλλον που καλείται να δημιουργηθεί για να γίνει η υιοθέτηση του εν λόγω τύπου πλοίου αλλά και η κατανόηση της σκοπιμότητας που υπάρχει για την άμεση δράση προς αυτή την κατεύθυνση.

Abstract

The dissertation analyzed below presents the key aspects of electric vessels due to the need that arises, because of climate change and the global transition to alternative energy sources. The perspectives and limitations with which it is possible to sufficiently develop and consolidate a purely electric fleet of merchants and passenger ships are also presented and properly analyzed. The environment that will properly accommodate such a type of vessels is examined and analyzed, to clarify the need for immediate actioned towards that direction.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω της ναυτιλίας κι ωστόσο αυτό γίνεται με τέτοιο τρόπο που δημιουργεί πολύ μικρό αντίκτυπο στο παγκόσμιο περιβάλλον. Η συμμόρφωση πολλών ναυτιλιακών με την MARPOL κι άλλα όργανα του IMO , καθώς και οι επιπλέον δράσεις κι ενέργειες που αναλαμβάνουν πέρα από τις υποχρεωτικές απαιτήσεις, στοχεύουν στην περαιτέρω μείωση του αντίκτυπου αυτού. Αδιαμφισβήτητα η ενίσχυση των αποδόσεων μπορεί να μειώσει τις καταναλώσεις καυσίμων, να εξοικονομήσει χρήματα και να ελαττώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεμονωμένων πλοίων. Ενώ λοιπόν το όφελος εξατομικευμένων μέτρων μπορεί να είναι μικρό, η συνολική επίδραση συνδυαστικά για όλο τον εν ενεργεία στόλο θα είναι σημαντική. Ένα Ship Energy Efficiency Management Plan παρέχει μία πιθανή προσέγγιση για την παρακολούθηση της επίδοσης αποδοτικότητας πλοίων και στόλων στο πέρασμα του χρόνου καθώς και κάποιες επιλογές που μπορούν να ληφθούν υπόψη στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της απόδοσης του πλοίου(MEPC, 2009).

Στην MEPC 62 τον Ιούλιο του 2011, η υποχρεωτική εφαρμογή και υλοποίηση του SEEMP συμφωνήθηκε. Στην MEPC.213(63) στις 2 Μαρτίου 2012 εκδόθηκαν επίσημες οδηγίες για την ανάπτυξη σχεδίου ενεργειακής αποδοτικότητας για τα πλοία (2012 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)) , και από την 1η Ιανουαρίου 2013, ως μέρος του MARPOL Annex VI με τον κανονισμό 22 (SEEMP) αποτελεί υποχρέωση για όλα τα πλοία, υπάρχοντα και νέα, των 400 GT (gross tonnage) και πάνω. Την συμμόρφωση με τον κανονισμό θα καταδεικνύει το International Energy Efficiency (IEE) Certificate το οποίο θα εκδίδεται από τον οργανισμό δεδομένου ότι το SEEMP πληροί τις καθορισμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές. Στις 28 Οκτωβρίου 2016 στο Resolution MEPC.282(70) θεσπίστηκαν επικαιροποιημένες, αναθεωρημένες οδηγίες αυτών του 2012 από τον IMO , με τον τίτλο 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP). Υπάρχουν δύο μέρη ενός SEEMP. Το πρώτο παρέχει μία πιθανή προσέγγιση παρακολούθησης της επίδοσης απόδοσης του πλοίου και στόλου στον χρόνο και κάποιες επιλογές προς εξέταση στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της απόδοσης του πλοίου. Το δεύτερο παρέχει τις μεθοδολογίες που τα πλοία 5,000 GT και άνω θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν για να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα προς συμμόρφωση με τον κανονισμό 22A του MARPOL Annex VI και τις διαδικασίες ώστε να αναφέρουν τα δεδομένα στην Διοίκηση του πλοίου Administration ή οποιοδήποτε οργανισμό εξουσιοδοτημένο από αυτή (MEPC, 2016).

Η παρούσα εργασία θα εστιάσει στη μελέτη των αλλαγών που θα επιφέρουν τα ηλεκτρικά πλοία στη ναυτιλία, το πώς θα επηρεάσουν σε θέματα συντήρησης, ενεργειακής ικανότητας, περιβαλλοντικής διαχείρισης και γενικά θα γίνει αναφορά στους περιορισμούς αλλά και στα θετικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη παρούσα

αγορά. Επιπλέον η συνθήκη του Παρισιού(Paris Agreement,2016) για την κλιματική αλλαγή που έχει τεθεί σε ισχύ από τον Νοέμβριο του 2016 και συνυπογράφουν 195 χώρες προκειμένου να υιοθετήσουν μια κοινή πολιτική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτές όλες οι ενέργειες και οι κινήσεις δημιουργούν ένα πλαίσιο αλλαγών που στοχεύουν στον απογαλακτισμό της παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο και την στροφή της κοινωνίας για την αξιοποίηση εναλλακτικών και καθαρών πηγών ενέργειας με μειωμένο έως ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ένα πρώιμο ηλεκτρικό σκάφος αναπτύχθηκε από τον Γερμανό εφευρέτη Moritz von Jacobi το 1839 στην Αγία Πετρούπολη της Ρωσίας. Ήταν ένα σκάφος 24 ποδιών (7,3 μ.) που μετέφερε 14 επιβάτες με 3 μίλια την ώρα . Αποδείχθηκε με επιτυχία στον αυτοκράτορα Νικόλαο Α της Ρωσίας στον ποταμό Νέβα(Wikipedia). Χρειάστηκαν περισσότερα από 30 χρόνια ανάπτυξης μπαταρίας και κινητήρα προτού το ηλεκτρικό σκάφος γίνει πρακτική πρόταση. Αυτή η μέθοδος προώθησης απολάμβανε κάτι από μια χρυσή εποχή από περίπου το 1880 έως το 1920, όταν οι εξωλέμβιοι κινητήρες με βενζίνη έγιναν η κυρίαρχη μέθοδος. Ο Gustave Trouné, Γάλλος ηλεκτρολόγος μηχανικός, κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας έναν μικρό ηλεκτρικό κινητήρα το 1880. Αρχικά πρότεινε ότι ο κινητήρας θα μπορούσε να τροφοδοτήσει ένα σετ τροχών κουπιών για να ωθήσει σκάφη στο νερό, και αργότερα υποστήριξε τη χρήση μιας έλικας. Ηλεκτρικός κινητήρας σχεδιασμένος από την Immisch & Co., ο οποίος ίδρυσε τον πρώτο στόλο ηλεκτρικών πλοιαρίων στο Λονδίνο. Ένας αυστριακός μετανάστης στη Βρετανία, ο Anthony Reckenzaun, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των πρώτων πρακτικών ηλεκτρικών σκαφών. Ενώ εργάστηκε ως μηχανικός στην εταιρεία ηλεκτρικής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανέλαβε πολύ πρωτότυπο και πρωτοποριακό έργο σε διάφορες μορφές ηλεκτρικής έλξης. Το 1882 σχεδίασε το πρώτο ηλεκτρικό πλοιάριο που βασίζεται σε μπαταρίες αποθήκευσης και ονόμασε το σκάφος Electricity. Το σκάφος είχε χαλύβδινο κύτος και είχε μήκος πάνω από επτά μέτρα.

Οι μπαταρίες και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός ήταν κρυμμένα από το κατάστρωμα, αυξάνοντας τον διαθέσιμο χώρο για τη διαμονή των επιβατών. Τα σκάφη χρησιμοποιήθηκαν για εκδρομές αναψυχής πάνω και κάτω από τον ποταμό Τάμεση και παρείχαν ένα πολύ ομαλό, καθαρό και ήσυχο ταξίδι. Το σκάφος μπορούσε να τρέξει για έξι ώρες και να λειτουργεί με μέση ταχύτητα 8 μίλια ανά ώρα. Ο Moritz Immisch ίδρυσε την εταιρεία του το 1882 σε συνεργασία με τον William Kerpel, 7ο Earl of Albemarle, που ειδικεύεται στην εφαρμογή ηλεκτρικών κινητήρων στις μεταφορές. Η εταιρεία απασχολούσε τη Magnus Volk ως διευθυντής στην ανάπτυξη του τμήματος ηλεκτρικής εκτόξευσης. Μετά από 12 μήνες πειραματικής εργασίας που ξεκίνησε το 1888 με ένα randan skiff, η εταιρεία ανέθεσε την κατασκευή γάστρας που εξοπλίστηκαν με ηλεκτρικές μηχανές. Ο πρώτος στόλος ηλεκτρικών σκαφών στον κόσμο για ενοικίαση, με μια αλυσίδα σταθμών ηλεκτρικής

φόρτισης, ιδρύθηκε κατά μήκος του ποταμού Τάμεση το 1880. Ένας χάρτης αναψυχής του Τάμεση του 1893 δείχνει οκτώ «σταθμούς φόρτισης για ηλεκτρικά πλοιάρια» μεταξύ Kew (Strand-on-the-Green) και Reading (Caversham). Η εταιρεία έχτισε την έδρα της στο νησί που ονομάζεται Platt's Eyot. Από το 1889 μέχρι λίγο πριν τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, η περίοδος βαρκάδας και οι regattas είδαν τα σιωπηλά ηλεκτρικά σκάφη να σκαρφαλώνουν προς τα πάνω. Τα ηλεκτρικά πλοιάρια της εταιρείας χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από τους πλούσιους ως μεταφορά κατά μήκος του ποταμού. Τα μεγάλα πλοία κατασκευάστηκαν από τικ ή μαόνι και επιπλωμένα πολυτελή, με βιτρό παράθυρα, μεταξωτές κουρτίνες και βελούδινα μαξιλάρια. Ο William Sargeant ανέθεσε στην εταιρεία Immisch να κατασκευάσει το Mary Gordon το 1898 για το Δημοτικό Συμβούλιο του Λιντς για χρήση στη λίμνη Roundhay Park - το σκάφος εξακολουθεί να επιβιώνει και αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε λειτουργία. Αυτό το πολυτελές σκάφος αναψυχής μήκους 70 ποδιών μπορεί να μεταφέρει άνετα έως και 75 επιβάτες. Τα πλοιάρια εξήχθησαν και αλλού - χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή Lake και σε όλο τον κόσμο. Στην Παγκόσμια Έκθεση του Σικάγο το 1893, 55 πλοιάρια που αναπτύχθηκαν από το έργο του Anthony Reckenzaun μετέφεραν περισσότερους από ένα εκατομμύριο επιβάτες. Τα ηλεκτρικά σκάφη είχαν μια πρώιμη περίοδο δημοτικότητας μεταξύ περίπου 1890 και 1920, πριν από την εμφάνιση του κινητήρα εσωτερικής καύσης τα έβγαλε από τις περισσότερες εφαρμογές. Τα περισσότερα από τα ηλεκτρικά σκάφη αυτής της εποχής ήταν μικρά επιβατικά σκάφη σε μη παλιρροιακά νερά σε μια εποχή που η μόνη εναλλακτική ισχύς ήταν ο ατμός.

Με την έλευση του βενζινοκίνητου εξωλέμβιου κινητήρα, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε σκάφη μειώθηκε από τη δεκαετία του 1920. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις, η χρήση ηλεκτρικών σκαφών έχει συνεχιστεί από τις αρχές του 20ού αιώνα έως σήμερα. Ένα από αυτά είναι στη λίμνη Königssee, κοντά στο Berchtesgaden στη νοτιοανατολική Γερμανία. Εδώ η λίμνη θεωρείται τόσο ευαίσθητη από το περιβάλλον που απαγορεύεται το ατμό και τα μηχανοκίνητα σκάφη από το 1909. Αντ' αυτού, η εταιρεία Bayerische Seenschiffahrt και οι προκάτοχοί της έχουν λειτουργήσει έναν στόλο ηλεκτρικών εκτοξεύσεων για την παροχή δημόσιας υπηρεσίας επιβατών στη λίμνη. Τα πρώτα ηλεκτρικά υποβρύχια κατασκευάστηκαν το 1890, όπως το ισπανικό Peral υποβρύχιο, που ξεκίνησε το 1888. Από τότε, η ηλεκτρική ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί σχεδόν αποκλειστικά για την τροφοδοσία υποβρυχίων υποβρύχιας (παραδοσιακά από μπαταρίες), αν και το ντίζελ χρησιμοποιήθηκε για την άμεση τροφοδοσία της έλικας ενώ ήταν στην επιφάνεια μέχρι την ανάπτυξη της μετάδοσης ντίζελ-ηλεκτρικού από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ το 1928, στην οποία η έλικα τροφοδοτούσε πάντα έναν ηλεκτρικό κινητήρα, ενέργεια που προέρχεται από μπαταρίες ενώ βυθίζεται ή γεννήτρια ντίζελ ενώ εμφανίζεται. Η χρήση συνδυασμένου καυσίμου και ηλεκτρικής πρόωσης (συνδυασμένο ντίζελ-ηλεκτρικό ή φυσικό αέριο ή CODLOG) επεκτάθηκε σταδιακά με την πάροδο των ετών στο βαθμό που ορισμένα μοντέρνα χιτώνια όπως το Queen Mary 2 χρησιμοποιούν μόνο

ηλεκτρικούς κινητήρες για την πραγματική πρόωση, κινητήρες ντίζελ και αεροστροβίλων. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την ικανότητα λειτουργίας των κινητήρων καυσίμου με τη βέλτιστη ταχύτητα ανά πάσα στιγμή και τη δυνατότητα τοποθέτησης του ηλεκτρικού κινητήρα σε ένα λοβό που μπορεί να περιστραφεί κατά 360° για αυξημένη ευελιξία. Σημειώστε ότι αυτό δεν είναι στην πραγματικότητα ένα ηλεκτρικό σκάφος, αλλά μάλλον μια παραλλαγή κίνησης ντίζελ-ηλεκτρικού ή στροβίλου-ηλεκτρικής ενέργειας, παρόμοια με το ντίζελ ή την ηλεκτρική πρόωση που χρησιμοποιείται στα υποβρύχια από τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος μόνο για ηλεκτρικά σκάφη σταμάτησε εκτός από την εξωλέμβια χρήση τους ως κινητήρες συρμού έως ότου η Duffy Electric Boat Company της Καλιφόρνια ξεκίνησε μαζική παραγωγή μικρών ηλεκτρικών σκαφών το 1968. Μόλις το 1982 ιδρύθηκε η Ένωση Ηλεκτρικών Σκαφών και ηλιακή ενέργεια άρχισαν να εμφανίζονται βάρκες.

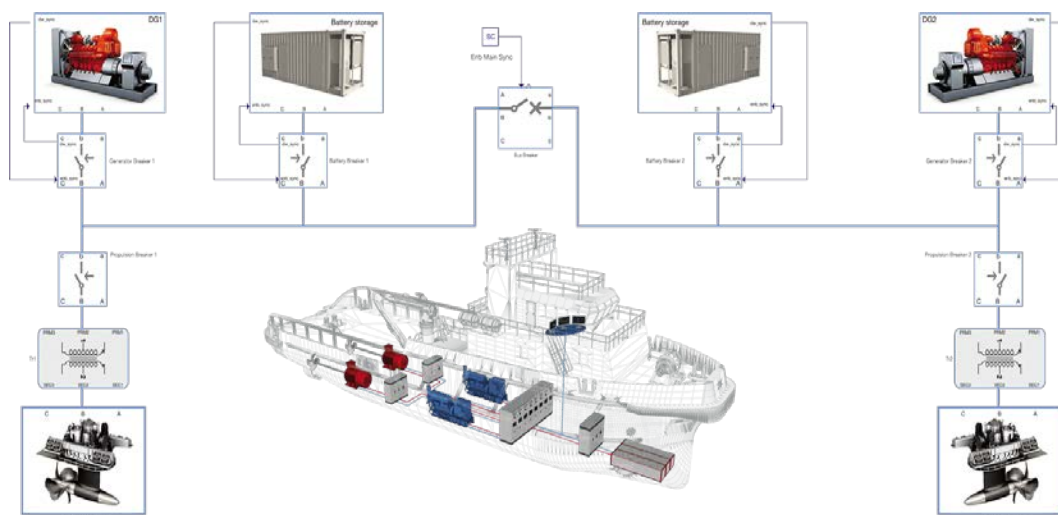
1.2 Χρονολογική Πορεία Ηλεκτρικών Πλοίων

Ιστορικά και ανακαινισμένα ηλεκτρικά σκάφη, όπως το ηλεκτρικό σκάφος Mary Gordon, υπάρχουν και είναι συχνά σημαντικά έργα για όσους εμπλέκονται. Παράδειγμα μιας παλιάς ιδέας που ξαναγεννιέται, το 2014, το πρώτο με ηλεκτρικό εξοπλισμό του είδους του πραγματοποιήθηκε σε 1973 Tollycraft 30 'Sedan Cruiser. Το σκάφος τροφοδοτήθηκε αρχικά από δύο (2) Chrysler 318 V8 συνοδευόμενα από δύο (2) δεξαμενές καυσίμου 80 γαλονιών (Wikipedia). Η μετατροπή πραγματοποιήθηκε στο Βανκούβερ του Καναδά και το σκάφος (e-Tolly) τροφοδοτείται τώρα από δύο κινητήρες LMC 9 kW με ενέργεια που παρέχεται από 16 μπαταρίες βαθμού κύκλου 6 διαφόρων ενδιάμεσων κύκλων. Μέγιστη αντοχή 13 ώρες. Μέγιστη ταχύτητα 10 κόμβων. Ο παράγοντας της εμβέλειας είναι μια κοινή ανησυχία για όσους εξετάζουν την ηλεκτρική πρόωση σε ένα σκάφος. Το 2018, το πλήρωμα του Rigging Doctor στο Wisdom διέσχισε τον Ατλαντικό Ωκεανό με έναν ηλεκτροκινητήρα. Τα ηλεκτρικά σκάφη, με το περιορισμένο εύρος και τις επιδόσεις τους, τείνουν να χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικές πλωτές οδούς, όπου η πλήρης εξάλειψη της τοπικής ρύπανσης είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Ηλεκτρικοί κινητήρες είναι επίσης διαθέσιμοι ως βοηθητική πρόωση για ιστιοπλοϊκά σκάφη στα εσωτερικά ύδατα. Ηλεκτρικές εξωλέμβιες και κινητήρες συρτών είναι διαθέσιμες εδώ και μερικά χρόνια σε τιμές από περίπου 100 \$ (ΗΠΑ) έως αρκετές χιλιάδες. Αυτά απαιτούν εξωτερικές μπαταρίες στο κάτω μέρος του σκάφους. Οι περισσότερες διαθέσιμες ηλεκτρικές εξωλέμβιες δεν είναι τόσο αποτελεσματικές όσο οι προσαρμοσμένες μονάδες δίσκου, αλλά είναι βελτιστοποιημένες για την προβλεπόμενη χρήση τους, π.χ. για ψαράδες εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Τέτοιου είδους κινητήρες είναι ήσυχοι και δεν μολύνουν το νερό ή τον αέρα, οπότε δεν τρομάζουν ούτε βλάπτουν ψάρια, πουλιά και άλλα άγρια ζώα. Σε συνδυασμό με σύγχρονες αδιάβροχες μπαταρίες, οι ηλεκτρικές εξωλέμβιες είναι επίσης ιδανικές για προσφορές σκαφών αναψυχής. Τα ιστιοφόρα συνήθως έχουν βοηθητικό κινητήρα,

και υπάρχουν δύο βασικές χρήσεις για αυτό: Το ένα είναι να κινηθεί μπροστά ή να κινηθεί στη θάλασσα όταν ο άνεμος είναι ελαφρύς ή από λάθος κατεύθυνση. Το άλλο είναι να προωθήσουμε τα τελευταία 10 λεπτά περίπου όταν το σκάφος βρίσκεται στο λιμάνι και πρέπει να ελιχθεί σε ένα στενό αγκυροβόλιο σε μια γεμάτη και περιορισμένη μαρίνα ή λιμάνι. Η ηλεκτρική πρόωση δεν είναι κατάλληλη για παρατεταμένη κρουαζιέρα με πλήρη ισχύ, αν και η ισχύς που απαιτείται για αργή κίνηση σε ελαφρούς αέρα και ήρεμες θάλασσες είναι μικρή. Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, οι ηλεκτρικές μονάδες ταιριάζουν ιδανικά καθώς μπορούν να ελεγχθούν λεπτομερώς και να παρέχουν σημαντική ισχύ για σύντομα χρονικά διαστήματα. Το πρώτο πλοίο ηλεκτρικής ενέργειας της Νορβηγίας είναι το MV AMPERE, με χωρητικότητα 120 αυτοκινήτων και 12 φορτηγών. Από τον Νοέμβριο του 2016, έχει λειτουργήσει για 106.000 μίλια. Η μπαταρία της διαθέτει ενέργεια 1 MWh, αλλά παρά τον μειωμένο χρόνο ταχυφόρτισης (περίπου 10λεπτα), δεν εξυπηρετούσε τις ανάγκες της γραμμής και χρειάστηκε επέκταση των μπαταριών (αύξηση χωρητικότητας) . Η Νορβηγία έχει προγραμματίσει πολλά άλλα έργα ηλεκτρικών πορθμείων. Με βάση τα δεδομένα, η Siemens καταλήγει στην εκτίμηση ότι 61 από τις 112 διαδρομές ντίζελ της Νορβηγίας θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από ηλεκτρικά πλοία με χρόνο απόδοσης 5 ετών. Η ανάλυση περιλαμβάνει βοηθητικά κόστη, όπως φορτιστές, πλέγμα και ούτω καθεξής. Στη Φινλανδία το πλοίο «Föri», στο ιστορικό πορθμείο της πόλης του Τουρκού απέναντι από τον ποταμό Aura στο Abo, μετατράπηκε σε ηλεκτρικό τον Απρίλιο του 2015. Το πλοίο εισήχθη ως ατμοπλοϊκό καύσης ξύλου το 1904, μετατράπηκε σε λειτουργία ντίζελ το 1955 και τώρα παρέχει μια συνεχή καθημερινή υπηρεσία από τις πρώτες πρωινές ώρες έως αργά το βράδυ για τους επιβάτες με ισχύ μπαταρίας. Η φόρτιση πραγματοποιείται τη νύχτα. Με βάση τις προβλέψεις της κατανάλωσης, ο χρόνος απόδοσης είναι 3 χρόνια.

Στα συστήματα φόρτισης με πλοίο, όταν το πλοίο βρίσκεται στη θέση σύνδεσης, ο παντογράφος φόρτισης συνδέεται για λίγα δευτερόλεπτα με την ενσωματωμένη μονάδα και ξεκινά η φόρτωση της μπαταρίας. Άλλα έργα εξετάζονται στον Καναδά, τη Σουηδία και τη Δανία. Το First Solar Ferry της Ινδίας, ένα σκάφος 75 επιβατών, το οποίο τροφοδοτείται από ηλιακά πάνελ σε ένα συνδυασμό με ένα πλέγμα με μπαταρίες λιθίου, τέθηκε σε λειτουργία πιλοτικά τον Ιούλιο του 2020. Υβριδικό ηλεκτρικό ντίζελ: Υπάρχει μια τρίτη πιθανή χρήση για βοηθητικό ντίζελ και είναι η φόρτιση των μπαταριών, όταν ξαφνικά αρχίζουν να εξασθενίζουν μακριά από την ακτή στη μέση της νύχτας, ή σε αγκυροβόλιο μετά από μερικές ημέρες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση, όπου αναμένεται αυτού του είδους η χρήση, ίσως σε ένα μεγαλύτερο σκάφος κρουαζιέρας, τότε μπορεί να απαιτηθεί μια συνδυασμένη λύση ντίζελ-ηλεκτρικής ενεργείας. Μια τέτοιου είδους λύση θα μπορούσε να αποτελέσει μια μεταβατική λύση για την πλήρη ηλεκτρική αυτονομία των πλοίων. Ο πετρελαιοκινητήρας εγκαθίσταται με πρωταρχικό σκοπό τη φόρτιση των συστοιχιών μπαταριών με τον ηλεκτρικό κινητήρα να αποτελεί το κύριο μέσω πρόωσης. Ωστόσο

το βασικό μειονέκτημα της εν λόγω μεθόδου είναι η μειωμένη απόδοση, καθώς η ισχύς του ντίζελ μετατρέπεται πρώτα σε ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια σε κίνηση, αλλά υπάρχει εξισορρόπηση κάθε φορά που πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας για την φόρτιση των μπαταριών είτε εκμεταλλευόμενοι τυχόν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ανέμου ή ηλιακής φόρτισης) είτε του φυσικής ορμής που έχει αναπτύξει το πλοίο λόγω ταχύτητας ή θαλασσίων ρευμάτων. Επιπλέον, μειονέκτημα θεωρείτε το βάρος και το κόστος εγκατάστασης, ωστόσο στα μεγαλύτερα εμπορικά πλοία ή και σε πλοία όπου η δραστηριότητά τους περιλαμβάνει μεγάλα διαστήματα στο αγκυροβόλιο αυτό δεν είναι αποτελεί μεγάλο ζήτημα, σε σύγκριση με την εξοικονόμηση που μπορεί να γίνει σε άλλες ώρες (βλ. εικόνα 1.1). Ένα παράδειγμα είναι το αλιευτικό σκάφος Selfa El-Max 1099, με μπαταρία 135 kWh και γεννήτρια diesel 80 kW. Ένα πλοίο τροφοδοσίας με ΥΦΑ άρχισε να λειτουργεί το 2016 με μπαταρία 653 kWh / 1600 kW που ενεργούσε ως εφεδρικό περιστρεφόμενο κατά τη δυναμική θέση, εξοικονομώντας 15-30% καύσιμο(Wikipedia).



Εικόνα 1-0-1: Επιμέρους στοιχεία ηλεκτρικού πλοίου
 Πηγή:Typhoon-Hil – marine solutions

Μια ακόμη μορφή ενός σύγχρονου τύπου ηλεκτροκίνητου σκάφους είναι η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας από την άμεση αξιοποίηση μέσω ειδικών πάνελ της ηλιακής ενέργειας. Το διαθέσιμο ηλιακό φως σχεδόν πάντα μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό από ηλιακά στοιχεία, αποθηκεύεται προσωρινά σε συσσωρευτές μπαταρίες και χρησιμοποιείται για την οδήγηση μιας έλικα μέσω ενός ηλεκτροκινητήρα. Τα επίπεδα ισχύος είναι συνήθως της τάξης από μερικές εκατοντάδες watt έως μερικά kilowatt. Τα ηλιακά σκάφη άρχισαν να γίνονται γνωστά γύρω στο 1985 και το 1995 εμφανίστηκαν τα πρώτα εμπορικά ηλιακά επιβατικά σκάφη. Τα ηλιακά σκάφη έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη θάλασσα, με την

πρώτη διέλευση του Ατλαντικού Ωκεανού πραγματοποιήθηκε το χειμώνα του 2006/2007 από το ηλιακό καταμαράν Sun21.

1.3 Σύγχρονα Ηλεκτρικά Πλοία

Τα ηλεκτρικά πλοία έχουν ήδη ξεκινήσει να δραστηριοποιούνται στα πλαίσια πιλοτικών προγραμμάτων προκειμένου να μελετηθούν οι δυνατότητες τους σε επίπεδο αγοράς και να σημειωθούν τυχόν αδυναμίες έτσι ώστε και η εξέλιξη τους να εστιαστεί σε αυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου προγράμματος είναι το ηλεκτρικό πλοίο και πλήρως αυτόνομο πλοίο M/V “YARA BIRKELAND”, το οποίο θα εξυπηρετήσει εσωτερικές γραμμές εμπορευματοκιβωτίων εντός της Νορβηγίας. Πιο συγκεκριμένα το πλοίο M/V “YARA BIRKELAND”, θα κινείται από δυο ηλεκτροκινητήρες των 900 kW έκαστος ενώ είναι εξοπλισμένο και με δύο ηλεκτρικούς προωθητήρες των 700 kW έκαστος για τις πλευρικές μετατοπίσεις - Bow Thrusters. Η μέγιστη μεταφορική του δυνατότητα είναι 120TEU με 3200 Dwt. Το δρομολόγιο θα πραγματοποιείται μεταξύ τριών λιμανιών της Νορβηγίας:

a.HEROYA – BREVIK (7nm)

b.HEROYA – LARVIK (30nm)

Για τα δυο αυτά δρομολόγια προκειμένου να εξυπηρετηθούν το πλοίο θα είναι εφοδιασμένο με μια μπαταρία 7-9 MWh. (Kongsberg – Yara Brikeland, 2020)



Εικόνα 1-0-2: Δρομολόγιο «Yara Brikeland»

Πηγή: KONGSBERG MARITIME >Support>Themes>Yara Brikeland

Το εγχείρημα αυτό έχει ως κύριο στόχο να αντικαταστήσει την μεταφορά αγαθών που εξυπηρετούνταν από με 40.000 δρομολόγια ετησίως με την χρήση φορτηγών. Ανάλογη είναι και η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για τις περιοχές που καλείται να εξυπηρετήσει το πλοίο αυτό μειώνοντας τον παράγοντα των αέριων εκπομπών κατακόρυφα.

Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεί το πλοίο «E-ELLEN» το οποίο βρίσκεται ήδη σε λειτουργία και είναι ένα επιβατηγό-οχηματαγωγό πλοίο της γραμμής [Ro-Ro passenger] και εξυπηρετεί το δρομολόγιο μεταξύ δύο νησιών της Δανίας [Søby – fynshavn] απόστασης 30 (nm). Για την πρόωση του το ηλεκτρικό φέρρυ είναι εφοδιασμένο με δυο ηλεκτροκινητήρες των 750 kW έκαστος. Η διάταξη των μπαταριών βρίσκεται στη μέση και προς την πρύμνη του πλοίου εντός δύο δωματίων. Η συνολική χωρητικότητα είναι 4,3 MWh. Η χωρητικότητα των συλλεκτών του επιτρέπει να πραγματοποιήσει το ταξίδι μετ' επιστροφής με μια ταχύτητα των 22 κόμβων ανά ώρα. Η φόρτιση των μπαταριών επιτυγχάνεται στο μητρικό λιμάνι του Søby (Andrew Tunnicliffe, 2019).



Εικόνα 2-3: E-ELLEN – Φόρτιση στο λιμάνι
Πηγή: www.ship-technology.com/features/ellen-e-ferry

Η μεταφορική δυνατότητα του «E-ELLEN» είναι 200 επιβάτες και 30 οχήματα. Το περιβαλλοντικό όφελος από την αξιοποίηση του σε ετήσια βάση ισοδυναμεί με 2000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Ενώ το κόστος κατασκευής του ανήλθε στα 21,3 εκ. ευρώ και η ναυπήγηση του διήρκεσε 4 χρόνια.

2 Θεωρητική ανάλυση

2.1 Ο κλάδος της ναυτιλιακής βιομηχανίας

Η ναυτιλιακή βιομηχανία πλαισιώνεται από τέσσερις διαφορετικές αγορές, οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Οι υπηρεσίες των θαλασσιών μεταφορών αναφέρονται στην αγορά των ναύλων. Η επόμενη αγορά είναι αυτή των νεότευκτων στην οποία παραγγέλλονται και κατασκευάζονται νέα πλοία. Μια άλλη αγορά είναι αυτή των μεταχειρισμένων στην οποία διακινούνται παλαιά πλοία τα οποία οι εταιρείες θέλουν να πουλήσουν, τέλος στην αγορά της διάλυσης, κινούνται πλοία που είναι προς διάλυση. Οι τιμές στις συγκεκριμένες αγορές καθορίζονται από τους αγοραστές και τους πωλητές (Dikos and Marcus, 2003). Οι παρούσες είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε πραγματικές και βοηθητικές αγορές (Strandenes 2002, Adland et al 2006a Lun and Quaddus 2009). Οι εταιρείες προβαίνουν στην αγορά νέων πλοίων στην αγορά των νεότευκτων ενώ ανακυκλώνουν τα παλιά και αχρησιμοποίητα στην αγορά της διάλυσης. Οι προαναφερόμενες είναι πραγματικές αγορές και οι δράσεις σε αυτές επηρεάζουν το σύνολο των ναυτικών δράσεων. Από την άλλη πλευρά, οι ναυτιλιακές εταιρείες παρέχουν υπηρεσίες θαλάσσιων μεταφορών στους φορτωτές στις αγορές ναύλων και οι πλοιοκτήτες διαπραγματεύονται τα μεταχειρισμένα πλοία τους στην αγορά των αγοραπωλησιών. Η επικουρική αγορά πλαισιώνεται και αποτελείται από τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται στην αγορά των ναύλων για θαλάσσιες μεταφορικές υπηρεσίες και από τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται για τα μεταχειρισμένα πλοία στην αγορά των αγοραπωλησιών. Αυτές οι δύο αγορές χαρακτηρίζονται ως βοηθητικές, καθώς οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται σε αυτές δεν μεταβάλλουν την υπάρχουσα ναυτιλιακή δυναμική. Οι ναυτιλιακές εταιρείες παρέχουν υπηρεσίες θαλάσσιων μεταφορών στους φορτωτές στην αγορά των ναύλων και οι πλοιοκτήτες διαπραγματεύονται εμπορικά τα μεταχειρισμένα πλοία τους στην αγορά των αγοραπωλησιών.

2.2 Δομή συντήρησης και μηχανικής διαχείρισης ενός πλοίου

Σήμερα στη ναυτιλία γενικά αλλά και στην αγορά των τάνκερ η ανάπτυξη ενός προγραμματισμένου συστήματος συντήρησης βασίζεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις, οι οποίες σε ένα βαθμό από κάποιους θεωρητικούς χαρακτηρίζεται γραφειοκρατικό, δαιδαλώδες και σε μεγάλο βαθμό περιοριστικό σε επίπεδο ανταγωνιστικότητας των ναυτιλιακών επιχειρήσεων (Yunpan, 2019). Οι κανόνες και οι κανονισμοί σχετικοί με τη συντήρηση αναφέρονται σε κανόνες που ορίζουν οι νηογνώμονες, σε κανόνες του κράτους σημαίας, σε κανονισμούς που αναπτύσσονται από το Port State Control αλλά και τους κανόνες διεθνών οργανισμών, απαιτήσεις που θέτει η ναυτιλιακή εταιρεία με βάση τη συμφωνία που έχει με τον πελάτη της, οδηγίες της κατασκευαστικής εταιρείας, θαλάσσια

πρακτική (Chen, 2010). Η διαδικασία της συντήρησης είναι υποχρεωτική και βοηθά την εταιρεία να μειώνει τους κινδύνους λειτουργίας, να εξασφαλίζει ενεργειακή απόδοση και γενικά να ενισχύει την ανταγωνιστικότητα της. Η σημασία της συντήρησης είναι μεγάλη όπως γίνεται κατανοητό για μια ναυτιλιακή εταιρεία και αυτό αποτέλεσε κίνητρο προκειμένου να συνδεθεί με παράγοντες όπως το ανθρώπινο δυναμικό και την ενέργεια να εξεταστεί από τον ενασχολούμενο με την παρούσα μελέτη. Πάνω στα πλοία γίνονται τόσο εργασίες προληπτικής συντήρησης του εξοπλισμού όσο και εργασίες διορθωτικής συντήρησης όταν κάποιος εξοπλισμός ή σύστημα του πλοίου πάθει βλάβη. Το σύνολο των προηγούμενων εργασιών συντήρησης που πραγματοποιούνται στο πλοίο αποτελούν περίπου το 14 % των λειτουργικών εξόδων του (Storford, 2008). Πέρα από τις εργασίες που γίνονται εν πλω έχουμε και τις επισκευές που γίνονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα στην δεξαμενή. Οι εργασίες αυτές γίνονται κάθε πέντε χρόνια περίπου, διαρκούν αρκετές μέρες και αποτελούν περίπου το 4 % των συνολικών εξόδων του πλοίου (Storford, 2009). Σύμφωνα με το SMS της εταιρείας καθορίζονται παρακάτω οι διαδικασίες με τις οποίες γίνονται όλες οι εργασίες συντήρησης και οι επισκευές στα πλοία της.

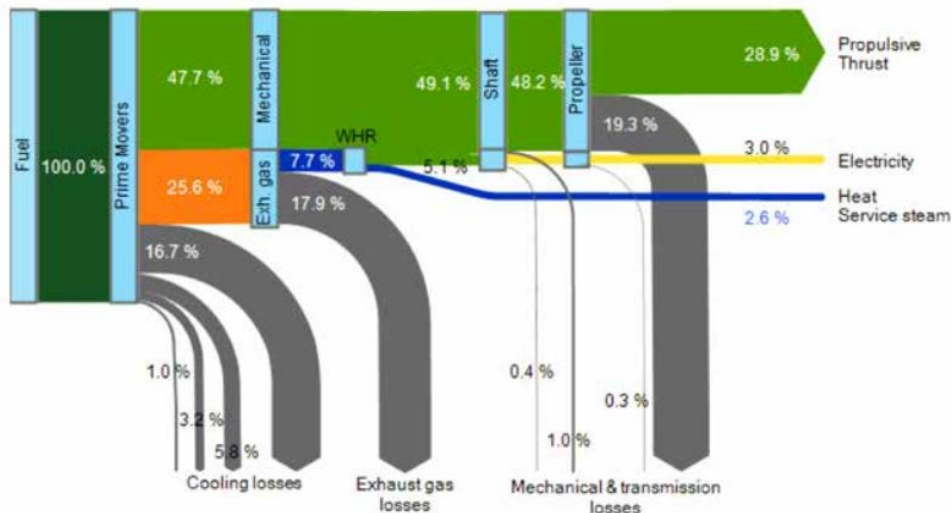
Οι στόχοι της διαδικασίας είναι οι ακόλουθοι:

Να καθορίσει τους ελέγχους και τις διαδικασίες που διασφαλίζουν:

(i) τα πλοία της διαχειρίστριας εταιρείας συντηρούνται σύμφωνα με τους διεθνείς και κρατικούς κανονισμούς, τους κανόνες των νηογνομόνων, τις απαιτήσεις της ίδιας της εταιρείας, τις απαιτήσεις του Port State Control και των διατάξεων που καθορίζονται στην συμφωνία διαχείρισης και στα ναυλοσύμφωνα.

(ii) τη λειτουργική αξιοπιστία των συστημάτων και του εξοπλισμού του πλοίου, η ξαφνική παύση της λειτουργίας των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα ή σε επικίνδυνες καταστάσεις.

(iii) για τα πλοία της διαχειρίστριας εταιρείας, η συντήρηση γίνεται με ένα ασφαλή και λειτουργικά αποτελεσματικό τρόπο (See Figure 3.2)



Εικόνα 2-1: Ενεργειακή απόδοση πλοίου – Ενεργειακή κατανομή

Πηγή: DNV GL STRATEGIC RESEARCH & INNOVATION POSITION PAPER 5-2014 NEXT GENERATION ENERGY MANAGEMENT

Η παρούσα διαδικασία βοηθά στη βελτίωση και έλεγχο τη ταχύτητας, στη βελτίωση των χρόνων λειτουργίας, αλλά και σε άλλες βελτιώσεις σε σχέση με τον αυτόματο πιλότο κ.λ.π. Η συντήρηση δίνει ενεργειακή δυναμική στο πλοίο και γενικά επιφέρει βελτιώσεις σε επίπεδο απόδοσης. Ο πλοίαρχος και ο πρώτος μηχανικός είναι υπεύθυνοι για την καθημερινή συντήρηση του πλοίου σύμφωνα με τις οδηγίες του τεχνικού τμήματος. Είναι επίσης υπεύθυνοι για την γνωστοποίηση των οδηγιών στο υπόλοιπο πλήρωμα και την αναφορά των διαδικασιών συντήρησης και ελέγχου με τις οποίες συμμορφώνονται. Το τεχνικό τμήμα είναι υπεύθυνο για τον συνολικό έλεγχο της συντήρησης των πλοίων. Ο αρχι-μηχανικός είναι υπεύθυνος για να αναθεωρεί τις αναφορές των διαδικασιών συντήρησης και των επισκευών. Ο τεχνικός διευθυντής είναι υπεύθυνος για την παροχή ενός Συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης (PMS) το οποίο συμπεριλαμβάνει τους εφαρμόσιμους κανόνες και κανονισμούς, τις συστάσεις των κατασκευαστών, τα πρότυπα της εταιρείας και την καλή θαλάσσια πρακτική. Ο τεχνικός διευθυντής είναι ο απόλυτος υπεύθυνος για να διασφαλίσει ότι τα αρχεία των αναφορών των εργασιών συντήρησης και των επιθεωρήσεων των πλοίων 56 και του εξοπλισμού του υπάρχουν στο πλοίο και στα κεντρικά γραφεία σε ηλεκτρονική μορφή για πέντε χρόνια. Τέλος η διαδικασία η οποία είναι σχετικά περίπλοκη για αυτό και θα γίνει προσπάθεια να βρεθεί ένας τρόπος βελτίωσης.

2.3 Ενεργειακή απόδοση του πλοίου

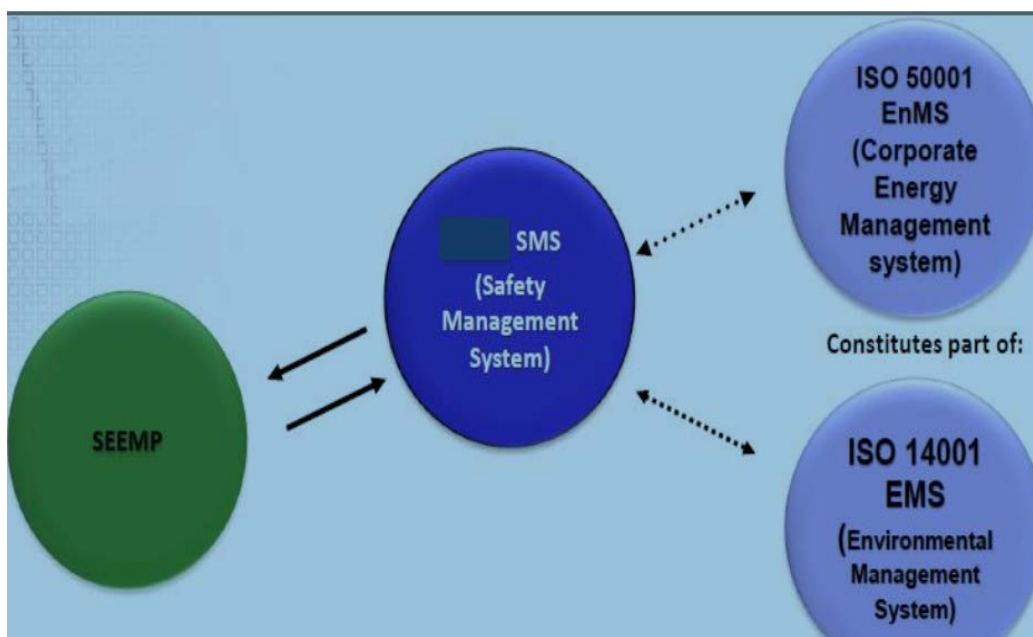
Η ενεργειακή απόδοση του σκάφους αποτελεί σύνθετο πρόβλημα και είναι δυνατό να το μελετήσει και να το εξετάσει κάποιος από διαφορετικές οπτικές. Η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου αναφέρεται σε περιβαλλοντικούς, τεχνολογικούς, οικονομικούς παράγοντες. Η κατανόηση της ευρύτερης λειτουργίας και απόδοσης του, συνδέεται με το κόστος των καυσίμων αλλά και με

την ευρύτερη ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα περισσότερα συστήματα μελέτης και παρακολούθησης της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων, σχετικές επιχειρησιακές στρατηγικές, συστήματα περιορισμού ενεργειακών προβλημάτων, αναπτύχθηκαν κυρίως τη δεκαετία του 1980 συγκεκριμένα μετά την ύφεση που συντελέστηκε στο κλάδο των πετρελαιοειδών και η οποία ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1970(IPCC, 2014). Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, τον ενεργειακό έλεγχο, τη μείωση της πιθανότητας ατυχήματος είναι έντονο οπότε η ενασχόληση με παράγοντες που συντελούν στην επιτυχημένη ενεργειακή διαχείριση όπως η συντήρηση και το ανθρώπινο δυναμικό που εξετάζονται στην παρούσα διατριβή είναι σημαντική και έχει πολλά περιθώρια μελέτης. Εδώ γίνεται ουσιαστικά μια πρόσθετη αναφορά στο κίνητρο ανάπτυξης και μελέτης της παρούσας διατριβής αναφορικά με τη σύνδεση των παραγόντων για τους οποίους έχει γίνει ήδη αναφορά στις ενότητες που προηγήθηκαν. Οι κρίσεις σε παρελθόντες χρόνους σχετικές με τη πολιτική αστάθεια, τα φαινόμενα κερδοσκοπίας, την αύξηση της ζήτησης και τη μείωση της προσφοράς οδήγησαν στην ενεργειακή απορρύθμιση. Οι διαδικασίες μέσα από τις οποίες θα βρεθούν νέες πηγές πετρελαίου γίνονται όλο και πιο δύσκολες, ενώ το κόστος της άντλησης είναι απαγορευτικό. Το 2002 καταναλώθηκε παγκοσμίως τετραπλάσια ποσότητα πετρελαίου από αυτή που βρέθηκε σε νέες πηγές. Προκειμένου να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας είναι βασικό να γίνεται σωστή συντήρηση, να δουλεύει η μηχανή σε χαμηλές ταχύτητες, να έχει το δυνατό λιγότερο φθορές η μηχανή, να είναι το προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο για να συμβάλει στις παραπάνω δράσεις. Η καλή συντήρηση και η βέλτιστη λειτουργία του βοηθά στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, συμβάλει στην αντιμετώπιση ενεργειακών προβλημάτων παρέχει οικονομικές διεξόδους στις ναυτιλιακές εταιρείες και γενικά στη ναυτιλιακή αγορά. Τέλος με βάση το “Monitoring, Reporting, Verification” – MRV που εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 2015 διαπιστώνεται ότι η παραπάνω κατάσταση συμβάλει και στη μείωση των ρύπων αλλά και στην ευρύτερη προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και όχι μόνο. Από την 1^η Ιανουαρίου 2018 απαιτείται να εφαρμόζονται συστήματα και διαδικασίες για την παρακολούθηση των εκπομπών CO₂ που προκαλούνται καθώς και άλλες πληροφορίες σχετικά με τις μετακινήσεις, στη παρούσα διαδικασία η σχέση συντήρηση, ενεργειακή απόδοση και ανθρώπινοι πόροι είναι άκρως σημαντική(Soren Hansen, Stamatis Fradelos 2018,).

2.4 Σκοπός του SEEMP

Το SEEMP σκιαγραφεί τις καλύτερες πρακτικές και μεθόδους για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Παρέχει τα μέσα ώστε να θεσπιστούν επίσημα διαδικασίες. μέσω των οποίων ένας πλοιοκτήτης μπορεί να επιδιώξει να βελτιώσει τις πτυχές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας των λειτουργιών του τόσο εν πλω για κάθε πλοίο του όσο και ευρύτερα ως εταιρεία. Ο σκοπός του

SEEMP είναι να εδραιώσει έναν μηχανισμό για μια εταιρεία και/ή ένα πλοίο ώστε να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου κατά την λειτουργία του. Κατά προτίμηση, το SEEMP συνδέεται με μία ευρύτερη εταιρική πολιτική ενεργειακής διαχείρισης για την εταιρεία που κατέχει, λειτουργεί ή ελέγχει το πλοίο, αναγνωρίζοντας ότι δύο ναυτιλιακές εταιρείες ή πλοιοκτήτες δεν είναι το ίδιο, κι ότι τα πλοία λειτουργούν κάτω από ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών συνθηκών (MEPC, 2012). Πολλές εταιρείες θα έχουν ήδη ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης (EMS) σε λειτουργία σύμφωνα με το ISO 14001 που περιέχει διαδικασίες για να επιλέγονται τα καλύτερα μέτρα για εκάστοτε πλοία και μετά να θέτονται στόχοι για την μέτρηση σχετικών παραμέτρων, μαζί με σχετικά στοιχεία ελέγχου και ανατροφοδότησης. Η παρακολούθηση της λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως αναπόσπαστο/ενιαίο στοιχείο ευρύτερων συστημάτων διαχείρισης της εταιρείας. Επιπροσθέτως, πολλές εταιρείες ήδη αναπτύσσουν, εφαρμόζουν και συντηρούν ένα Safety Management System. Σε αυτή την περίπτωση, το SEEMP μπορεί να αποτελέσει μέρος του Safety Management System του πλοίου.

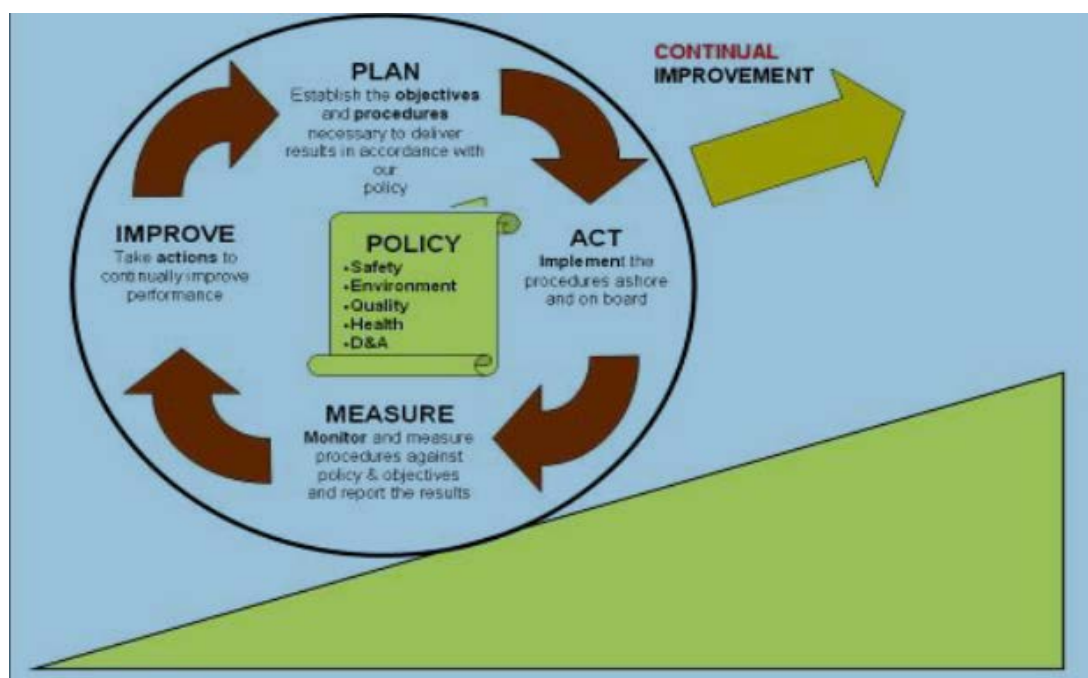


Εικόνα 2-2: SEEMP as part of SMS

Το SEEMP συνδέεται στην πολιτική της εταιρείας για Energy Efficiency Management και στο σχετικό Environmental Program σε Energy Efficiency που έχει καθιερωθεί, συντηρηθεί και εφαρμοστεί σύμφωνα με τις διαδικασίες του ISO 140001. Το SEEMP προορίζεται να είναι ένα εργαλείο διαχείρισης για να βοηθήσει μία εταιρεία να διαχειριστεί την υπό εξέλιξη περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων της κι ως τέτοιο, προτείνεται η εταιρεία να αναπτύξει διαδικασίες για να υλοποιηθεί το SEEMP με ένα τρόπο που περιορίζει οποιοδήποτε διοικητικό βάρος στο ελάχιστο αναγκαίο.

2.5 Δομή του SEEMP

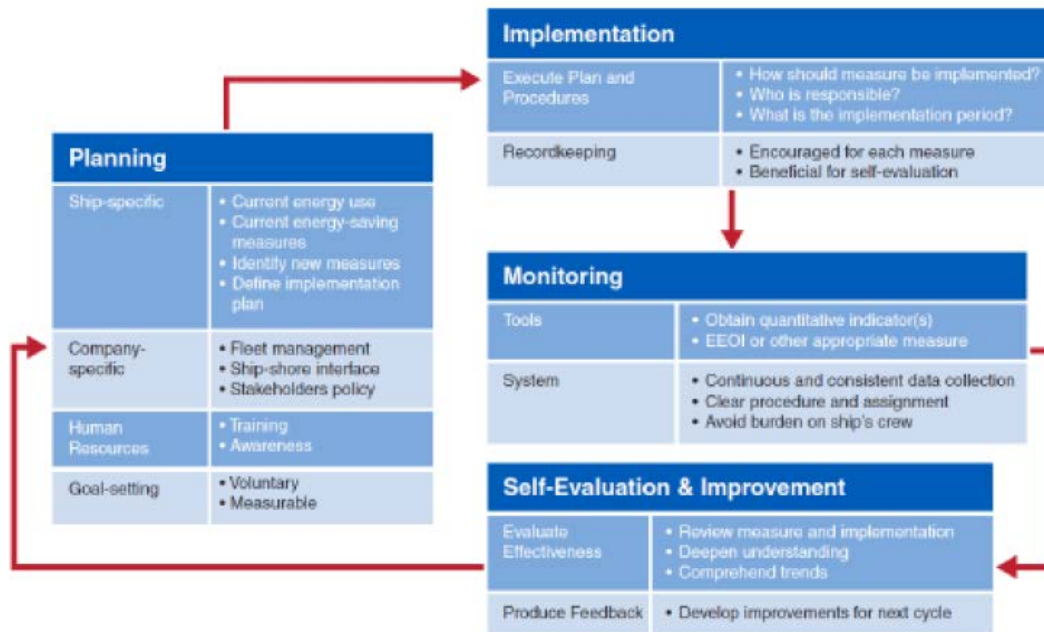
Το SEEMP πρέπει να αναπτύσσεται ως ένα συγκεκριμένο για το πλοίο πλάνο από τον πλοιοκτήτη, χειριστή ή οποιονδήποτε άλλο αφορά. Το SEEMP επιδιώκει να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου μέσω τεσσάρων βασικών βημάτων: Προγραμματισμός, Υλοποίηση, Παρακολούθηση Αυτό-αξιολόγηση και βελτίωση. Αυτά τα στάδια παίζουν καθοριστικό ρόλο στον συνεχή κύκλο για την βελτίωση της διαχείρισης ενέργειας του πλοίου. Ακόμα, ο SEEMP παρέχει σπάντα διαδικασίες και πρακτικές για την καλύτερη δυνατή διαχείριση ενέργειας υπό τις διάφορες λειτουργικές φάσεις του πλοίου, καθώς και πληροφορίες που αφορούν την βιομηχανία και τον IMO με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές GHG.



Εικόνα 2-3: Συνεχής βελτίωση μέσω κύκλου SEEMP

Πηγή: IMO Technical Presentation on SEEMP

Με κάθε επανάληψη του κύκλου, κάποια στοιχεία του SEEMP θα αλλάξουν αναγκαστικά, ενώ άλλα θα παραμείνουν ως είχαν. Τα τέσσερα βασικά βήματα θα αναλυθούν περαιτέρω και το ακόλουθο σχήμα παρέχει πιο λεπτομερείς πτυχές κάθε σταδίου του κύκλου:



Εικόνα 2-4: SEEMP as 4-step ship energy management

Source: ABS

3 Ηλεκτρικά πλοία

3.1 Δομή ηλεκτρικού πλοίου

Τα πλοία κινούνται με αιολική ενέργεια εδώ και χιλιάδες χρόνια. Αλλά από τις αρχές του 19ου αιώνα, αυτό το έργο ανέλαβαν ολοένα και περισσότερο οι κινητήρες. Μετά την εφεύρεση των ατμομηχανών και των στροβίλων, χρησιμοποιήθηκαν κινητήρες ντίζελ σε διάφορες μορφές στον 20ο αιώνα, οι οποίες καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα - ντίζελ, βαρύ πετρέλαιο, πετρέλαιο. Παραδοσιακά, αυτός ο τύπος της κίνησης είναι μηχανικός: ο κινητήρας ντίζελ κινεί έναν άξονα ο οποίος στη συνέχεια κινεί την έλικα του πλοίου. Ο κινητήρας ή μια γεννήτρια παράγει επίσης ηλεκτρική ενέργεια για όλα τα ηλεκτρικά συστήματα του πλοίου (Balsamo et al., 2017). Αλλά για αρκετά χρόνια, πολλά πλοία είναι εν μέρει ηλεκτροφόρα: το 80 τοις εκατό των πλοίων που χρησιμοποιούν πετρελαιοειδή χρησιμοποιούν τώρα ένα σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ντίζελ. Οι γεννήτριες ντίζελ παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια οδηγεί τον ηλεκτρικό κινητήρα και αυτός κινεί την έλικα του πλοίου. Αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα: Εξοικονομεί μεταξύ πέντε και 20 τοις εκατό του καυσίμου. Οι ηλεκτρικές μηχανές αποτελούνται επίσης από λιγότερα εξαρτήματα, είναι λιγότερο επιρρεπή σε βλάβες και έχουν λιγότερη φθορά. Αυτό μεταφράζεται σε μειωμένη απώλεια ενέργειας και υψηλότερη απόδοση. Αλλά αυτό δεν αποτελεί ακόμα υβριδικό σύστημα κίνησης. Αυτό ισχύει μόνο εάν το πλοίο μπορεί να πλεύσει χωρίς να λειτουργούν οι κινητήρες ντίζελ, τουλάχιστον για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενέργεια προέρχεται από τις

μπαταρίες που βρίσκονται επί του σκάφους. Στο μέλλον, ο ηλεκτρικός κινητήρας θα μπορούσε επίσης να τροφοδοτείται με ενέργεια με άλλα μέσα, όπως με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, υγροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ) ή ηλιακή ενέργεια (Burkton & Kunshinov, 2017). Το ταξίδι από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης στη κίνηση χωρίς εκπομπές ρύπων περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες. Όπως με τα αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά επαγγελματικά οχήματα ή τα ηλεκτρικά αεροπλάνα, οι υβριδικές τεχνολογίες αποτελούν μια ενδιάμεση λύση για μοντέλα όπου είναι ακόμη δύσκολο να εφαρμοστεί ένα καθαρά ηλεκτρικό σύστημα κίνησης.

- Ντίζελ-ηλεκτρική κίνηση: Οι γεννήτριες ντίζελ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, ο ηλεκτρισμός κινεί τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος κινεί την προπέλα του πλοίου.

- Υβριδική κίνηση: Υπάρχουν μπαταρίες επί του πλοίου, πλέον του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Από τη μία πλευρά, μπορούν να ενεργοποιηθούν επιπρόσθετα για μικρό χρονικό διάστημα όταν απαιτείται μέγιστη ισχύς. Από την άλλη πλευρά, μπορούν να αποθηκεύσουν την πλεονάζουσα ενέργεια, όπως από τη γεννήτρια ντίζελ. Αυτό θα επέτρεπε στο πλοίο να πλέει χρησιμοποιώντας τίποτε άλλο εκτός από ηλεκτρική ενέργεια για κάποιο χρονικό διάστημα.

- Πλήρως ηλεκτρική κίνηση: Δεν υπάρχει κινητήρας εσωτερικής καύσης, όλη η ενέργεια προέρχεται από μπαταρίες.

Ορισμένα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας ήδη πλέουν με ηλεκτρισμό, κυρίως φέρρου και σκάφη αναψυχής. Αυτό συμβαίνει επειδή ταξιδεύουν σε μικρότερες αποστάσεις και μπορούν επομένως να χρησιμοποιούν μικρότερες μπαταρίες. Αρκετοί κατασκευαστές σκαφών σχεδιάζουν επίσης υβριδικά κρουαζιερόπλοια. Ωστόσο, για μεγάλα φορτηγά πλοία που πραγματοποιούν υπερωκεάνια ταξίδια, η ηλεκτρική κίνηση απέχει πολύ ακόμη. Οι μπαταρίες εξακολουθούν να μην είναι αρκετά αποδοτικές και είναι πολύ βαριές για πλοία που ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις στην ανοικτή θάλασσα (Castellan et al., 2018). Τα πλοία μεταφέρουν περίπου το 80% των παγκόσμιων εμπορευμάτων, όπως αναφέρεται στην Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το εμπόριο και την ανάπτυξη. Και οι μεταφορές μέσω των ωκεανών θα συνεχίσουν να αυξάνονται τα επόμενα έτη - κατά 3,8% ετησίως έως το 2022. Ωστόσο, τα πλοία παράγουν μια τεράστια ποσότητα καυσαερίων, όπως οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου, σωματίδια αιθάλης και λεπτή σκόνη, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Οι ερευνητές της αγοράς στο IDTechEx One έχουν υπολογίσει ότι ένα και μόνο μεγάλο πλοίο εκπέμπει τόσο CO₂ όσο 70.000 αυτοκίνητα, τόσο οξείδιο του αζώτου όσο 2 εκατομμύρια αυτοκίνητα και τόσο λεπτή σκόνη και καρκινογόνα σωματίδια όσο 2,5 εκατομμύρια αυτοκίνητα. Κατά συνέπεια, τα πλοία παράγουν το 15% των παγκόσμιων εκπομπών οξειδίου του αζώτου. Εξαιτίας αυτού, τα πλοία συγκαταλέγονται στις πιο σοβαρές πηγές ρύπανσης στους θαλάσσιους λιμένες (Fang et al., 2019). Τα περισσότερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και κρουαζιερόπλοια, πετρελαιοφόρα και φορτηγά πλοία λειτουργούν με βαρύ

πετρέλαιο ντίζελ. Και καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες: Μαζί, τα 90.000 πλοία παγκοσμίως καταναλώνουν 370 εκατομμύρια τόνους καυσίμου κάθε χρόνο - και παράγουν 20 εκατομμύρια τόνους οξειδίου του θείου. Στην εσωτερική ναυσιπλοΐα, από την άλλη πλευρά, το θαλάσσιο ντίζελ χρησιμοποιείται ως καύσιμο, το οποίο είναι λιγότερο επιβλαβές από το βαρύ πετρέλαιο όταν καίγεται. Επιπλέον, εκπέμπονται λιγότερα επικίνδυνα οξείδια του αζώτου. Τα καυσαέρια έχουν καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον: το κλίμα του κόσμου αλλάζει, οι ωκεανοί οξεοποιούνται. Υπάρχουν κίνδυνοι για την υγεία - από το άσθμα στα παιδιά έως τον πρόωρο θάνατο. Το πρόβλημα θα επιδεινωθεί εάν συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται οι συμβατικές πηγές ενέργειας όπως στο παρελθόν. Έως το 2050, η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μπορούσε να αυξηθεί κατά τουλάχιστον 50%. Στην χειρότερη περίπτωση, ακόμη και έως και 250%. Μια μελέτη του κοινοβουλίου της ΕΕ υποθέτει επίσης ότι έως το 2050 η θαλάσσια κυκλοφορία θα ευθύνεται για σχεδόν το ένα πέμπτο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Αυτό θέτει σε κίνδυνο τους στόχους της Συμφωνίας για το Κλίμα του Παρισιού, η οποία καθορίζει τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε επίπεδα κάτω του δύο% (Kim et al., 2018). Τον Απρίλιο του 2018, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός αποφάσισε να μειώσει δραστικά τις εκπομπές. Μέχρι το 2050, η επιδίωξη των 173 κρατών μελών του ΟΗΕ είναι να μειωθούν κατά το ήμισυ οι εκπομπές CO₂ από πλοία σε σύγκριση με το 2008. Από τον Μάρτιο του 2018, πρέπει να καταγράφεται η κατανάλωση καυσίμων όλων των πλοίων και κατά συνέπεια, οι εκπομπές καυσαερίων. Από το 2020, μόνο καύσιμα που περιέχουν όχι περισσότερο από 0,5% θείο μπορούν να χρησιμοποιούνται. Επί του παρόντος, η οριακή τιμή είναι επτά φορές μεγαλύτερη. Προκειμένου το φιλόδοξο σχέδιο να επιτύχει, θα χρειαστεί μια αλλαγή νοοτροπίας. Αλλά ποιες επιλογές είναι διαθέσιμες για τη μείωση των εκπομπών; Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες: Για παράδειγμα, τα πλοία θα μπορούσαν να εγκαταστήσουν καταλύτες, παρόμοια με τα αυτοκίνητα. Αυτοί διαχωρίζουν τα επιβλαβή οξείδια του αζώτου σε άζωτο και οξυγόνο και ένα φίλτρο αιθάλης διατηρεί τα σωματίδια. Ή τα πλοία θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν θαλάσσιο ντίζελ αντί για το εξαιρετικά βρώμικο βαρύ πετρέλαιο. Το θαλάσσιο ντίζελ περιέχει πολύ λιγότερο θείο, αλλά είναι πολύ πιο ακριβό. Εξάλλου και οι δύο αυτές επιλογές έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα: Βασίζονται σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και κατά συνέπεια, στα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, το ορυκτέλαιο από το οποίο παράγεται το ντίζελ θα μπορούσε να εξαντληθεί σε 50 χρόνια με τον τρέχοντα ρυθμό κατανάλωσης (Ni, Hu & Li, 2017). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η χρήση άλλων πηγών ενέργειας είναι πιο αποτελεσματική και καθαρότερη, όπως το υδροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ), το υδρογόνο ή η ηλεκτρική ενέργεια. Τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης δεν θεωρούνται απλώς βιώσιμα στην ξηρά και στον αέρα. Σε πολλές περιπτώσεις, οι φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις για το πετρέλαιο είναι κατάλληλες για την εσωτερική ναυσιπλοΐα - και επίσης για τα ποντοπόρα πλοία στο μακρινό μέλλον. Ένα πλεονέκτημα της λειτουργίας με μπαταρία είναι ότι ο ηλεκτρισμός είναι πολύ

φθηνότερος από το πετρέλαιο και ιδίως, το θαλάσσιο ντίζελ. Εξαιτίας αυτού, οι αναλυτές στο IDTechEx προβλέπουν ότι οι παγκόσμιες πωλήσεις πλήρως ηλεκτρικών και υβριδικών πλοίων θα αυξηθούν. Ο αριθμός θα μπορούσε να φτάσει τα 20 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2027 (Nuchtaree & Li, 2018).

3.2 Απαιτούμενες δομές

3.2.1 Σημεία επαναφόρτισης

Προκειμένου ένα ηλεκτρικό σύστημα κίνησης να είναι «χρήσιμο» σε ένα πλοίο, οι μπαταρίες πρέπει επομένως να γίνουν πολύ πιο αποτελεσματικές. Με το «SAVE Energy», η Rolls-Royce ανέπτυξε ένα νέο σύστημα μπαταριών για την ηλεκτροδότηση των πλοίων, το οποίο είχε προγραμματιστεί να κυκλοφορήσει στην αγορά το 2019. Η εταιρεία αναπτύσσει και παράγει συστήματα αποθήκευσης ενέργειας από το 2010, αλλά στο παρελθόν, οι μπαταρίες προέρχονταν από εξωτερικούς προμηθευτές. Το σύστημα ψύξης υγρού SAVE Energy θεωρείται εξαιρετικά αποδοτικό και ιδιαίτερα ευέλικτο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήρως ηλεκτρικά ή σε υβριδικά πλοία, σε φέριμποτ, κρουαζιερόπλοια και φορτηγά πλοία. Με κινητήρα υδροποιημένου αερίου ή ντίζελ, το σύστημα παρέχει επίσης υποστήριξη και μειώνει τις εκπομπές. Αρχικά, το SAVE Energy θα παραδοθεί στη νορβηγική ναυτιλιακή εταιρεία Prestfjord. Η Rolls-Royce αναμένει αύξηση, καθώς μόνο το 2019, οι ναυτιλιακές εταιρείες θα μπορούσαν να εγκαταστήσουν περισσότερες μπαταρίες από ό,τι στα οκτώ έτη πριν (Senda & Harumi, 2018). Υπάρχουν επίσης άλλες φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις έναντι του ντίζελ, όπως το υδροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ), το οποίο εκπέμπει λιγότερους ρύπους και διοξείδιο του άνθρακα κατά την καύση. Αλλά το ΥΦΑ έχει επίσης κάποια μειονεκτήματα. Από τη μία πλευρά, θα πρέπει να αναπτυχθούν οι κατάλληλες υποδομές στους λιμένες και στα πλοία. Από την άλλη πλευρά, το αέριο είναι επίσης ορυκτό καύσιμο και ως εκ τούτου δεν είναι απεριόριστα διαθέσιμο. Επιπλέον, το αέριο μπορεί να διαφύγει μεταξύ παραγωγής και χρήσης στο πλοίο, αυτό που είναι γνωστό ως ολίσθηση μεθανίου. Το μεθάνιο έχει 25 φορές την επίδραση του CO₂ στο κλίμα και συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως αναφέρει η Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης και της Βιοποικιλότητας της Γερμανίας (NABU). Επί του παρόντος, περίπου 200 από τα 50.000 ποντοπόρα πλοία πλέον με ΥΦΑ ή ετοιμάζονται να το κάνουν. Στο τέλος του 2018, το Aida Nova από την Aida Cruises θα είναι το πρώτο κρουαζιερόπλοιο που θα πλεύσει χρησιμοποιώντας υδροποιημένο φυσικό αέριο. Άλλες ναυτιλιακές εταιρείες σχεδιάζουν επίσης κρουαζιερόπλοια με συστήματα κίνησης ΥΦΑ. Η Royal Caribbean με έδρα τις ΗΠΑ σκοπεύει να θέσει σε λειτουργία δύο κρουαζιερόπλοια με κυψέλες καυσίμων στο μέλλον. Αυτά καταναλώνουν υδροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο (Vu et al., 2017). Ο τεχνολογικός όμιλος ABB και η παραγωγός εταιρεία κυψελών καυσίμων Ballard υποστηρίζει επίσης τις κυψέλες καυσίμου, αλλά με μια εναλλακτική, καθαρή κίνηση. Μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ενέργεια στη συνέχεια λειτουργεί έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Δεν

υπάρχει καύση και καυσαέρια. Ο ABB και η Ballard θέλουν να καταστήσουν δυνατή την υπάρχουσα τεχνολογία και για μεγαλύτερα πλοία. Παρά την ηλεκτρική ισχύ των τριών μεγαβάτ και 4.000 HP, το σύστημα δεν θα είναι μεγαλύτερο από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Οι εταιρείες εστιάζουν αρχικά σε μεγάλα επιβατηγά πλοία. Ωστόσο, δεν υπάρχει ακόμη αξιόπιστο χρονοδιάγραμμα για το έργο. Η Ballard έχει περισσότερα σχέδια, καθώς από το 2021, σχεδιάζει να θέσει σε λειτουργία το πρώτο φέριμποτ με υδρογόνο στον κόσμο, το HySeas III το οποίο θα ταξιδέψει μεταξύ δύο νησιών της Σκωτίας χρησιμοποιώντας κυψέλες καυσίμων από τον Καναδό παραγωγό. Τα ηλιακά σκάφη βρίσκονται επίσης σε λειτουργία, όπως τα καταμαράν «SolarWave» και «Tûranor PlanetSolar» τα οποία λαμβάνουν την ενέργειά τους από κυψέλες φωτοβολταϊκών επί του σκάφους. Το 2012, το «Tûranor PlanetSolar» ήταν επίσης το πρώτο ηλιακό σκάφος που έπλεε σε όλο τον κόσμο. Το ταξίδι διήρκεσε 585 ημέρες (Xu Y et al., 2017).

3.2.2 Αναβάθμιση λιμένων

Προκειμένου να υπάρξουν περισσότερα ηλεκτρικά πλοία στο μέλλον, πρέπει να ξεπεραστεί μια βασική πρόκληση. Οι μπαταρίες για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι πολύ πιο αποτελεσματικές. Μέχρι σήμερα, η ενεργειακή τους πυκνότητα είναι ακόμα πολύ χαμηλή. Αυτό σημαίνει ότι οι μπαταρίες δεν μπορούν να αποθηκεύουν αρκετή ενέργεια σε σχέση με το μέγεθος και το βάρος τους. Τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία πρέπει να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις με μία φόρτιση μπαταρίας. Οι μπαταρίες για αυτό είναι γενικά ακόμα πολύ μεγάλες και πολύ βαριές. Επιπλέον, οι λιμένες χρειάζονται την κατάλληλη υποδομή για την φόρτιση. Αυτό αποτελεί ήδη ένα πρόβλημα με την ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά, καθώς τα κρουαζιερόπλοια χρειάζονται συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια για τις ξενοδοχειακές τους λειτουργίες όταν είναι ελλιμενισμένα. Συχνά, την παράγουν μέσω κινητήρων και βοηθητικών μονάδων ισχύος και εκπέμπουν ρύπους. Θα ήταν πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στους λιμένες. Ωστόσο, εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή όπως αυτές, εξακολουθούν να είναι σπάνιες. Οι λιμένες θα πρέπει επομένως να επενδύσουν πολλά χρήματα για εξοπλισμό φόρτισης. Οι μπαταρίες είναι ακόμη πολύ ακριβές για πολλές ναυτιλιακές εταιρείες. Σύμφωνα με την DST, ένα κέντρο ανάπτυξης θαλάσσιας τεχνολογίας και συστημάτων μεταφοράς στη Γερμανία, οι μπαταρίες είναι το πιο ακριβό συστατικό ενός ηλεκτρικού πλοίου. Παρ' όλα αυτά, τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης εξακολουθούν να είναι δυνατά για φέριμποτ και σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Ελλιμενίζονται συχνά και μπορούν είτε να ανταλλάσσουν μπαταρίες είτε να τις επαναφορτίζουν για λίγο κάθε φορά που ελλιμενίζονται και να τις φορτίζουν εντελώς κατά την διάρκεια της νύχτας (Balsamo et al., 2017).

4 Αντίκτυπο των ηλεκτρικών πλοίων

4.1 Επιπτώσεις σε επίπεδο υποδομών

Δεν είναι μυστικό ότι ο κόσμος αναζητά νέες, πιο αποτελεσματικές πηγές ενέργειας, δημιουργώντας μια νέα ενεργειακή εποχή. Οι αυστηρότεροι κανονισμοί σε συνδυασμό με ελαφρύτερες και ισχυρότερες μπαταρίες, παίζουν σημαντικό ρόλο στο να κάνουν την ηλεκτρική πρόωση μια ελκυστική επιλογή, εξήγησε η Lucy Gilliam, ειδικός στην αεροπορία και τη ναυτιλία στον μη κυβερνητικό οργανισμό Μεταφορές και Περιβάλλον. Ένα από τα επιχειρήματα για τους οποίους οι μπαταρίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι ότι τα πλοία δεν έχουν αρκετή χωρητικότητα. Αυτό δεν είναι απαραίτητα αλήθεια, είπε η Lucy Gilliam, εξηγώντας ότι, ειδικά σε σύντομα ταξίδια, οι μπαταρίες δεν προσθέτουν περισσότερο βάρος σε σύγκριση με τα παραδοσιακά καύσιμα πλοία. Μιλώντας στο SAFETY4SEA, ο Jan Kjetil Paulsen, Ανώτερος Σύμβουλος Ναυτιλίας στο Ίδρυμα Bellona, φαινόταν αισιόδοξος και για το μέλλον των ηλεκτρικών πλοίων. Η ηλεκτροδότηση της ναυτιλίας θα αντιπροσωπεύει στις περισσότερες περιπτώσεις μια κερδοφόρα επιχειρηματική υπόθεση: η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες να ανταγωνιστεί την ενέργεια από ορυκτές πηγές: Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι λιγότερο περίπλοκοι από τους κινητήρες καύσης, οι οποίοι και πάλι θα αυξήσουν τη διάρκεια ζωής και θα μειώσουν τη συντήρηση και τη συντήρηση κόστος για τον εξοπλισμό. Οι αρχικές επενδύσεις (CAPEX) στη νέα τεχνολογία μπορεί να είναι μια πρόκληση, καθώς και οι επενδύσεις στην απαιτούμενη υποδομή για υποδομή ακτής σύνδεσης και φόρτισης. Η τελευταία πρέπει να θεωρηθεί ως δημόσια ευθύνη που χρηματοδοτείται από την κυβέρνηση και διαχειρίζεται από τις τοπικές λιμενικές διοικήσεις. Ο κ. Paulsen πρόσθεσε επίσης ότι έχουμε ήδη την τεχνολογία για τη μόχλευση ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι «δοκιμασμένο και επαληθευμένο τόσο όσον αφορά τη λειτουργικότητα όσο και την ασφάλεια. Οι προμηθευτές που έχουν κλίση προς τα εμπρός θα είναι εύκολα σε θέση να προσαρμοστούν στη νέα τεχνολογία όπου αυτό ισχύει - απλά με κίνητρο την κερδοφόρα επιχειρηματική περίπτωση. Επιπλέον, οι αναλυτές της IDTechEx έχουν εκδώσει μια νέα έκθεση, που ονομάζεται Electric Boats and Ships 2017-2027, εξετάζοντας αυτόν τον κατακερματισμένο αλλά συχνά εξαιρετικά κερδοφόρο και αναπτυσσόμενο τομέα. Σύμφωνα με την έκθεση, υπάρχουν ήδη περισσότεροι από 100 κατασκευαστές ηλεκτρικών σκαφών και πλοίων. Η έκθεση διαπιστώνει επίσης ότι η αγορά υβριδικών και καθαρών ηλεκτρικών σκαφών και πλοίων θα αυξηθεί γρήγορα σε πάνω από 20 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ παγκοσμίως το 2027 για μη στρατιωτικές εκδόσεις.

4.2 Επιπτώσεις σε επίπεδο οικονομίας

Η Νορβηγία έχει μια μεγάλη ακτή και ένα μοναδικό αρχιπέλαγος με ευκαιρίες για μια εκτεταμένη ψυχαγωγική ζωή με βάρκα. Η ακτή σημαίνει πολλά για τον πληθυσμό, για τις περιφέρειες και για τις επιχειρήσεις. Στη Νορβηγία, υπάρχουν

περίπου 750000 σκάφη αναψυχής και ο αριθμός αυξάνεται. Το 24,5% όλων των νοικοκυριών έχουν σκάφος και στο νότο, υπάρχει μεγαλύτερη πυκνότητα ιδιοκτητών σκαφών. Τα μηχανοκίνητα σκάφη χωρίς διαμονή είναι το μεγαλύτερο ενιαίο γκρουπ με το 38,7% του πάρκου σκαφών. Το σκάφος της κονσόλας και το Daycruiser αντιπροσωπεύονται ως ο τύπος του σκάφους που έχουν οι περισσότεροι άνθρωποι και συχνά είναι κατασκευασμένοι από φίμπεργκλας ή πλαστικό. (Aanesen et al., 2018). Η πλειονότητα των σκαφών νερού τροφοδοτείται από κινητήρες βενζίνης ή ντίζελ, αλλά τα ηλεκτρικά σκάφη είναι επίσης διαθέσιμα για πάνω από 120 χρόνια και ήταν πολύ δημοφιλή από τη δεκαετία του 1880 έως το 1920. Τα ηλεκτρικά σκάφη πωλούνται σήμερα σε Ευρώπη και ΗΠΑ σε μικρούς αριθμούς. Υπάρχουν μόνο 100 κατασκευαστές ηλεκτρικών σκαφών, αλλά η αγορά αναπτύσσεται. Το κλειδί για την ανάπτυξη της αγοράς ηλεκτρικών σκαφών εξαρτάται κυρίως από τεχνικές λύσεις όπως η αποθήκευση ενέργειας, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων πρόωσης και η χρήση ελαφρών υλικών.

Η ζήτηση ηλεκτρικών σκαφών αυξάνεται λόγω περιβαλλοντικών προβλημάτων και προβλημάτων υγείας και οι ηλεκτρικές μεταφορές αποτελούν απάντηση σε αυτό. Λόγω της απαγόρευσης της χρήσης κινητήρων θαλάσσιας καύσης σε συγκεκριμένες περιοχές και της επιβολής αυστηρών περιορισμών σε άλλες περιοχές, η ηλεκτρική βάρκα και η ιστιοπλοΐα έχουν γίνει πιο δημοφιλή, ειδικά στην Αυστρία. Ως αποτέλεσμα αυτών των περιορισμών, περισσότεροι Αυστριακοί απαιτούν ηλεκτρικά σκάφη ή ηλιακά σκάφη, τα οποία επιτρέπονται. «Εκτιμάται ότι τα ηλεκτρικά και ηλιακά σκάφη αντιπροσωπεύουν το ένα τέταρτο όλων των σκαφών στην Αυστρία» (Gonzalez, 2016). Πολλοί συμβιβασμοί μπορούν να γίνουν όσον αφορά το βάρος και το σχήμα του κύτους σε σκάφη που ταξιδεύουν σε ελεγχόμενα νερά, ποτάμια και λίμνες, με μικρά κύματα και χωρίς την ανάγκη για πολύ βαρύ εξοπλισμό ασφαλείας. Υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές όπου η μικρή απόσταση δεν έχει σημασία. Παραδείγματα θα μπορούσαν να είναι εάν ένα σκάφος χρησιμοποιείται για τοπικό ψάρεμα, συντομότερα ταξίδια και ψαρόβαρκες που χρησιμοποιούν μόνο κινητήρες για είσοδο και έξοδο από στενές μαρίνες. Άλλα παραδείγματα είναι για τα τρυφερά σκάφη που ανήκουν σε ένα μητρικό πλοίο, που χρησιμοποιούνται για μικρότερες εκδρομές για να φτάσουν στην ξηρά όταν το σκάφος είναι στην κούνια. Καταστάσεις όπου είναι ασήμαντο να υπάρχει πάντα ένα ορισμένο ποσοστό του στόλου για φόρτιση, για παράδειγμα, ενοικίαση σκαφών σε ένα μικρό φράγμα σε ένα tivolì, σκάφη για αξιοθέατα κ.λπ. (Tveitdal, 2018). Στις παρακάτω λίστες παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα :

Πλεονεκτήματα

1. Φιλικό προς το περιβάλλον
2. Αποφύγετε τον θόρυβο του κινητήρα

3. Λιγότερη δόνηση
4. Λιγότερη συντήρηση κινητήρα - χωρίς αλλαγή λαδιού, αλλαγή στροφείου, αλλαγή φίλτρου ντίζελ κ.λπ.
5. Οικονομία καυσίμων
6. Αποφύγετε την τοπική μόλυνση
7. Ο ηλεκτρικός κινητήρας ζυγίζει πολύ λιγότερο από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, εάν δεν χρειάζεστε μεγάλη απόσταση μπορείτε να εξοικονομήσετε πολύ βάρος
8. Ο κίνδυνος πυρκαγιάς της αποθήκευσης μπαταριών είναι μικρότερος από τον κίνδυνο πυρκαγιάς που σχετίζεται με την αποθήκευση βενζίνης

Μειονεκτήματα

- Έχετε αρκετά περιορισμένο εύρος λειτουργίας μπαταρίας. Οι μπαταρίες δεν είναι κοντά σε ανταγωνισμό με το ντίζελ ή το αέριο όταν πρόκειται για το πεπρωμένο της ενέργειας και για παράδειγμα, τα ηλιακά κύτταρα δεν παρέχουν αρκετή ισχύ για να επιτύχουν αυτό που θεωρείται κανονική ταχύτητα στη θάλασσα.
- Χαμηλή κατανάλωση ισχύος και ταχύτητα. Ένα άγκιστρο μετατόπισης που πηγαίνει για ταχύτητα μισού κύτους απαιτεί λίγη ενέργεια
- Τα ηλεκτρικά σκάφη που είναι ισχυρά κοστίζουν πολύ.

4.3 Επιπτώσεις σε επίπεδο εμπορίου

Πολλοί παράγοντες μπορούν να εξηγήσουν τα εμπόδια στην αγορά για ηλεκτρικά σκάφη. Τα δημογραφικά στοιχεία, οι τιμές και ο τρόπος ζωής επηρεάζουν όχι μόνο τις προτιμήσεις αλλά και την πρακτικότητα ενός δεδομένου ηλεκτρικού σκάφους για έναν συγκεκριμένο καταναλωτή. Θα χρειαστούν λύσεις για διαφορετικές αγορές για διαφορετικές κατηγορίες και τμήματα της αγοράς. Τα δημογραφικά στοιχεία μπορούν να εξηγήσουν ποιος αγοράζει συγκεκριμένα προϊόντα και τα ψυχογραφικά είναι πιο πιθανό να εξηγήσουν γιατί οι πελάτες αγοράζουν συγκεκριμένα προϊόντα. Επομένως, η ψυχογραφία είναι γενικά πιο χρήσιμη από τα δημογραφικά στοιχεία στην κατανόηση των αποφάσεων των πελατών. Η γνώση της ψυχολογίας του καταναλωτή βοηθά τις εταιρείες και τους οργανισμούς να βελτιώσουν τις στρατηγικές μάρκετινγκ τους, κατανοώντας θέματα όπως το πώς σκέφτονται, ενεργούν, αισθάνονται, συλλογίζονται και γιατί επιλέγουν διαφορετικά πράγματα. Εάν εξετάσουμε πώς επηρεάζεται ο καταναλωτής από το περιβάλλον όπως η οικογένεια, ο πολιτισμός, οι φίλοι, οι πινακίδες, τα μέσα ενημέρωσης κ.λπ., θα κατανοήσουμε καλύτερα τις διάφορες ψυχολογικές πτυχές. Αναλύοντας την ψυχολογία, παίρνουμε μια καλύτερη εικόνα για το ποιος είναι ο καταναλωτής και τι θέλει. Αυτό μας φέρνει στην επόμενη φυσιολογική πτυχή που οι άνθρωποι τείνουν να θέλουν να αγοράσουν κάτι καινούργιο αλλά όχι τόσο νέο που είναι άγνωστο. Ο όρος MAYA (πιο εξελιγμένος αλλά αποδεκτός) λέει κάτι για αυτήν τη συμπεριφορά

των καταναλωτών. Ο άντρας πίσω από αυτόν τον όρο Raymond Lowey έζησε από αυτό, και πίστευε ότι «η γεύση του ενήλικου κοινού δεν είναι απαραίτητα έτοιμη να δεχτεί τις λογικές λύσεις στις απαιτήσεις τους, εάν η λύση συνεπάγεται υπερβολικά μεγάλη απόκλιση από αυτό που έχουν θεωρηθεί ως αποδεκτά ως κανόνας." (Designbyben, 2012). Ο καταναλωτής κοιτάζει κάτι τυπικό μιας κατηγορίας προϊόντων. Όταν κοιτάζετε πίσω αυτά τα προϊόντα, μειώνει τον κίνδυνο του άγνωστου, αλλά ταυτόχρονα, είναι σημαντικό να ξεπεραστεί η πλήξη. (Hekkert, 2006) Όταν το γνωρίζετε, είναι σημαντικό να γνωρίζετε τους πελάτες σας και να διερευνήσετε τις ξεχωριστές ανάγκες τους και για να το κάνετε αυτό μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια ανθρωποκεντρική σχεδιαστική προσέγγιση. «Για να πουλήσεις κάτι οικείο, κάνε έκπληξη. Για να πουλήσετε κάτι εκπληκτικό, κάντε το οικείο. " Είναι μια συνεχής μάχη μεταξύ της ανακάλυψης και της οικειότητας που καθορίζει τη ζωή μας. Οι άνθρωποι θέλουν να αισθάνονται ασφαλείς, αλλά ταυτόχρονα, θέλουμε να εξερευνήσουμε, να κάνουμε και να δούμε κάτι νέο. Αυτή η θεωρία εξηγεί γιατί ενεργούμε και σκεφτόμαστε να αποφασίσουμε για το τι να κάνουμε. Η θεωρία του Loewy αποδείχθηκε επίσης αργότερα στην ακαδημαϊκή έρευνα. (Hekkert, Snelders & van Wieringen, 2003). Οι καταναλωτές τείνουν να είναι ανθεκτικοί στη νέα τεχνολογία που θεωρείται άγνωστη ή μη αποδεδειγμένη. Επομένως, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι κατασκευαστές πρέπει να εντοπίσουν και να ξεπεράσουν τα ζητήματα των καταναλωτών για να αντισταθμίσουν τη χαμηλή αποδοχή. Παρόλο που επιλύονται τεχνικά προβλήματα, μπορεί να χρειαστεί πολύς χρόνος έως ότου οι καταναλωτές αναγνωρίσουν και αρχίσουν να χρησιμοποιούν τη νέα τεχνολογία. (Egbue & Long, 2012) Σύμφωνα με την Ayantunji Gbadamosi (2013), οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι τεχνολόγοι συνήθως διαχωρίζουν τις κοινωνικές ανησυχίες από τις τεχνικές, ενώ περιγράφουν την τεχνολογική πρόοδο. Ωστόσο, τα εμπόδια σε κοινωνικό επίπεδο θα μπορούσαν να θέσουν τόσο μεγάλο εμπόδιο όσο το «τεχνικό» στην πρόοδο των ηλεκτρικών οχημάτων για την καταναλωτική αγορά.

Η έρευνα δείχνει ότι μερικά κοινά εμπόδια στην υιοθέτηση οποιασδήποτε νέας τεχνολογίας περιλαμβάνουν την έλλειψη γνώσης από πιθανούς υιοθετηθέντες, το υψηλό αρχικό κόστος και την ανοχή χαμηλού κινδύνου (Diamond, 2009). Η αντίληψη του κοινού για τον κίνδυνο βασίζεται στην εμπειρία, τα συναισθήματα, τα μέσα ενημέρωσης και άλλες μη τεχνικές πηγές (Sjöberg, 1998). Γενικά, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και τα κοινωνικά δίκτυα επηρεάζουν συχνά τιμές που επηρεάζουν τις επιλογές των καταναλωτών (Rogers, 2003). Για να έχουμε την επιθυμητή αποδοχή για ένα νέο προϊόν, πρέπει να εξετάσουμε μια θεωρία που εξηγεί τη διάδοση της Καινοτομίας. Η θεωρία αναπτύχθηκε από τον E.M. Rogers το 1962 και είναι μια από τις παλαιότερες θεωρίες κοινωνικής επιστήμης. Εξηγεί πώς, με την πάροδο του χρόνου, μια ιδέα ή ένα προϊόν κερδίζει ορμή και διαχέεται ή εξαπλώνεται μέσω ενός συγκεκριμένου πληθυσμού ή κοινωνικού συστήματος. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας διάχυσης είναι ότι οι άνθρωποι, υιοθετούν μια νέα ιδέα, συμπεριφορά ή προϊόν. Υιοθεσία σημαίνει ότι ένα άτομο κάνει κάτι διαφορετικό από

αυτό που είχε ή έκανε προηγουμένως. Ένα παράδειγμα αυτού θα μπορούσε να είναι η απόκτηση και η εκτέλεση μιας νέας συμπεριφοράς. Το κλειδί για την υιοθέτηση είναι ότι το άτομο πρέπει να αντιληφθεί την ιδέα, τη συμπεριφορά ή το προϊόν ως νέο ή καινοτόμο. Μέσω αυτού είναι δυνατή η διάχυση (LaMorte, 2016). Τα χαρακτηριστικά της καινοτομίας, όπως αντιλαμβάνονται τα μέλη ενός κοινωνικού συστήματος, καθορίζουν το ποσοστό υιοθέτησής του. Πέντε χαρακτηριστικά καινοτομιών είναι (Everett, 1983): 1. Σχετικό Πλεονέκτημα 2. Συμβατότητα 3. Πολυπλοκότητα 4. Εφαρμοστικότητα 5. Παρατηρητικότητα Όσον αφορά τα οικονομικά οφέλη, τα άτομα είναι πιο πιθανό να επιλέξουν επιλογές που μεγιστοποιούν τη χρησιμότητα με βάση τις προτιμήσεις τους, τη γνώση των εναλλακτικών λύσεων και προϋπολογισμός (Roche et al., 2010). Το αρχικό κόστος ενός e-boat είναι σημαντικά υψηλότερο σε σύγκριση με το βενζινοκίνητο ή ντίζελ, και αυτό το κόστος αυξάνεται γραμμικά με το μέγεθος ή το εύρος της μπαταρίας. Το οικοσύστημα καινοτομίας για ηλεκτρικά σκάφη έχει τα εμπόδια μετάβασης που πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη μέγιστη διείσδυση στην αγορά. Οι Spagnolo et al., (2012) προτείνουν ότι η ευρεία ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είναι συνάρτηση τριών πτυχών της ανάπτυξης υποδομής

1	Τεχνολογία προϊόντος: Αυτό μπορεί για παράδειγμα να είναι βιώσιμη τεχνολογία μπαταρίας χαμηλού κόστους.
2	Υποδομή κατάντη: Για παράδειγμα, έμποροι, εγκαταστάσεις επισκευής, υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και επιλογές ανακύκλωσης μπαταριών.
3	Συμπληρωματική υποδομή: Αυτό είναι για παράδειγμα σταθμοί φόρτισης. Δεδομένης της πολυπλοκότητας της καινοτομίας, οι κύριοι καταναλωτές συνήθως δεν είναι πρόθυμοι να αναλάβουν αυτό που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως επικίνδυνο αγορά έως ότου όλα τα στοιχεία της απαιτούμενης υποδομής έχουν τεθεί σε εφαρμογή.

Η διείσδυση στην αγορά για νέα τεχνολογία είναι δαπανηρή. Οι καινοτομίες με ένα περίπλοκο σύστημα είναι συνήθως μια αργή διαδικασία που διαρκεί 10-15 χρόνια ή περισσότερο για να επιτευχθεί ακόμη και μικρή διείσδυση στην αγορά. (Packey, 1993) «Όταν έχετε πραγματικά νέα τεχνολογία χρειάζονται συνήθως τρεις μεγάλες εκδόσεις για να το καταστήσετε ένα συναρπαστικό μαζικό προϊόν» (Musk, 2013) Για να πετύχετε με τη νέα τεχνολογία στους καταναλωτές, ο Moore (2014) προτείνει την επιλογή beachhead, "ένα στενό τμήμα της αγοράς των καταναλωτών για να προσφέρουν" έναν επιτακτικό λόγο να αγοράσουν "αυτήν τη νέα τεχνολογία. Αυτή η μέθοδος είναι σε αντίθεση με τη σύμβαση ότι η ευρεία αγορά μάζας είναι η πιο επιθυμητή. Το Tesla Roadster είναι ένα καλό παράδειγμα σε αυτό. Ο Elon Musk μιλά για μια διαδικασία τριών σταδίων. Όπου η έκδοση 1 ήταν ένα εκτεταμένο αυτοκίνητο σε χαμηλή ένταση (εδώ το Roadster), η έκδοση δύο είναι μεσαίου όγκου και μεσαίου όγκου, και η τρίτη έκδοση είναι η χαμηλή τιμή χαμηλού όγκου. Ο βαθμός στον οποίο μια καινοτομία θεωρείται καλύτερη από την ιδέα, το πρόγραμμα ή το προϊόν που

αντικαθιστά. Τα αντιληπτά οφέλη για έναν αγοραστή είναι η υιοθέτηση (όπως εξοικονόμηση καυσίμου) σε σχέση με την τιμή που καταβάλλεται και το μη χρηματικό κόστος, όπως ανησυχίες σχετικά με τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, την υποδομή φόρτισης, την τιμή μεταπώλησης και το εύρος. Είναι σημαντικό η καινοτομία να είναι συνεπής με τις εμπειρίες, τις αξίες και τις ανάγκες των πιθανών υιοθετούν. Πόσο καλά όμως ταιριάζει η νέα τεχνολογία στον τρόπο ζωής του καταναλωτή; Ένα παράδειγμα για αυτό θα μπορούσε να είναι: είναι αρκετά καλή η γκάμα ενός ηλεκτρικού σκάφους; Οι προσαρμογείς θα μπορούσαν να έχουν ανησυχίες σχετικά με τα πρότυπα. Αυτό θα μπορούσε να είναι όλα από τους διαφορετικούς τύπους βύσματος και τα δίκτυα φόρτισης με διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και μεθόδους πληρωμής. Το μοντέλο διάχυσης μας λέει ότι οι καταναλωτές έχουν την τάση να περιμένουν και να δουν να αποφεύγουν να αγοράζουν λάθος προϊόν που δεν γίνεται το κοινό προϊόν που όλοι θέλουν. Πόσο δύσκολο είναι να χρησιμοποιήσετε ένα νέο προϊόν; Μερικά παραδείγματα σχετικά με αυτό θα μπορούσαν να είναι, τι αφορά τη φόρτιση στο έγγραφο, στην εργασία ή σε δημόσιους σταθμούς και απομακρυσμένες περιοχές. Απαιτούνται άδειες για εγκατάσταση και απαιτείται η εγγραφή μέλους στο δίκτυο φόρτισης; Πόσο θα κοστίσει το ηλεκτρικό ρεύμα το σκάφος και πώς υπολογίζεται αυτό το κόστος; Αυτές είναι ερωτήσεις που πρέπει να αναρωτηθείτε εάν σκέφτεστε να αγοράσετε ηλεκτρικό σκάφος. Θα βοηθήσει στη συνέχεια να δοκιμάσετε το προϊόν για να δείτε πόσο περίπλοκο είναι η χρήση και συντήρηση. Ένα άλλο ερώτημα είναι πόσο εύκολο είναι ένας δυνητικός αγοραστής να δοκιμάσει τη νέα τεχνολογία.

Μια τυπική δοκιμαστική κίνηση μπορεί να αποδείξει την ικανότητα οδήγησης, την επιτάχυνση και την ταχύτητά της, αλλά δεν επιτρέπει στον αγοραστή να βιώσει πώς είναι να φορτίσει το σκάφος ή να δει τις άλλες ανησυχίες που εμποδίζουν την αγορά. Ο έλεγχος της κίνησης είναι κρίσιμος και σημαντικός για τους πιθανούς αγοραστές, επειδή επιτρέπει στους δυνητικούς αγοραστές να κρίνουν τη δυναμική και τα χαρακτηριστικά οδήγησης. Η οδηγική εμπειρία είναι μια ευκαιρία να εξοικειωθείτε με την απόσταση και τη φόρτιση Αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων των καταναλωτών. Οι πέντε κορυφαίοι λόγοι που οι καταναλωτές δίνουν για τις επιλογές αγοράς σκαφών τους είναι γενικά η αξιοπιστία, η ανθεκτικότητα, η ποιότητα κατασκευής, η αξία για τα χρήματα και η φήμη του κατασκευαστή (Strategic Vision, 2013). Ο συχνά υποτιθέμενος σημαντικός παράγοντας κατά την αγορά ενός σκάφους είναι η οικονομία καυσίμου και αυτός είναι ο πρωταρχικός παράγοντας για τους καταναλωτές. Η μελέτη Strategic Vision, Egbue και Long (2012) διαπίστωσε επίσης ότι οι περιβαλλοντικές εκτιμήσεις έχουν μικρότερο βάρος στην απόφαση αγοράς για σκάφη από το εύρος και το κόστος της μπαταρίας. Οι πωλητές στο Båter i sjøen θα μπορούσαν επίσης να το επιβεβαιώσουν. Δεν είχαν ποτέ την ερώτηση για το πόσο φιλικό είναι το σκάφος. Οι καταναλωτές εξετάζουν τι είδους ταξίδια κάνουν όταν αγοράζουν (και χρησιμοποιούν) σκάφος. Αυτές οι σκέψεις και οι σκέψεις θα επηρεάσουν τις απόψεις τους σχετικά με τη

χρησιμότητα του σκάφους. Πολλοί καταναλωτές ενδέχεται να μην θεωρούν ότι η χρησιμότητα ενός ηλεκτρικού σκάφους περιορίζεται ουσιαστικά από την απόσταση ταξιδιού. Αυτό το εύρος άγχους είναι ίσως το μεγαλύτερο ζήτημα για την αποδοχή ενός ηλεκτρικού οχήματος (Czyzewski, 2012). Το πόσο φιλική προς το περιβάλλον η αγορά ηλεκτρικού σκάφους εξαρτάται από το πού βρίσκεστε στον κόσμο και πόσο βιώσιμη και ανανεώσιμη είναι η ισχύς. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σημαντικά πιο ρυπογόνα από ό,τι τα οχήματα εσωτερικής καύσης βρίσκονται στη φάση παραγωγής. Ωστόσο, το ηλεκτρικό όχημα θα το αντισταθμίσει καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και θα το χρησιμοποιήσει εάν λειτουργεί με σχετικά καθαρή ισχύ. Η απειλή από την απόρριψη μπαταριών είναι ακόμη δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί, αλλά εξακολουθεί να είναι ο ανθρώπινος κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσει αυτήν την απειλή υπερθέρμανσης του πλανήτη. Είναι επομένως σημαντικό να έχουμε καλή υποδομή για την ανακύκλωση των μπαταριών. Ωστόσο, για την ανακύκλωση των μπαταριών, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια απρόσιτα ακριβή τεχνολογία. Έτσι, για τη μακροπρόθεσμη τύχη των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων παραμένει απροσδιόριστη, αν όχι η τιμή πέφτει για αυτήν την τεχνολογία. (Lambilliotte, 2014). Οι καταναλωτές έχουν προβλήματα να δουν τη μεγαλύτερη εικόνα και τα οφέλη των τεχνολογιών απόδοσης καυσίμου (Tsang, et al., 2012). Υποτίθεται επίσης ότι οι πιθανοί αγοραστές έχουν προβλήματα να δουν την οικονομική αξία ενός ηλεκτρικού σκάφους. Το να βρεις το οικονομικό σημείο για το ηλεκτρικό σκάφος είναι δύσκολο, καθώς εξαρτάται από το πού παίρνεις τη δύναμή σου. Από καταναλωτικό σημείο, είναι πολύ πιο εύκολο να συγκρίνουμε τις τιμές λιανικής. Αυτό μπορεί να παραπλανήσει τον καταναλωτή από ενδεχόμενη αγορά ενός ηλεκτρονικού σκάφους. Εμπόδια στην αγορά ηλεκτρικών σκαφών 8 Για να αντιμετωπίσουμε αυτό το ζήτημα, εξετάζουμε πώς οι καταναλωτές αντιλαμβάνονται τη χαρακτηριστική αξία της καινοτομίας για τα χρήματα ανάλογα με τις γνώσεις τους. Υποθέτουμε ότι οι καταναλωτές με χαμηλή συμμετοχή πλοίων γνωρίζουν επίσης λιγότερο την αναλογία τιμής / χρήματος των EV και επομένως τους θεωρούν πιο δυσμενείς από τους καταναλωτές με υψηλή συμμετοχή σκαφών.

Αυτή η διορατικότητα μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες σκαφών να διευκρινίσουν το ερώτημα εάν θα επικεντρωθούν στις ενημερωτικές επικοινωνίες μπορεί να είναι μια αποτελεσματική λύση για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο υιοθέτησης. Το μοναδικό σημείο πώλησης ενός ηλεκτρικού σκάφους είναι η καθαρή πρόωση του. Ωστόσο, εάν συμπεριλάβουμε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα, το επιχείρημα της καθαρής πρόωσης δεν ισχύει. Εάν προσθέσουμε την ανακύκλωση και τη διάθεση στον υπολογισμό, γίνεται ακόμη χειρότερο. Αν κοιτάξουμε τους συνηθισμένους πρώτους υιοθετητές της νέας τεχνολογίας, μπορούμε να δούμε ότι οι καταναλωτές με μεγάλη συμμετοχή γνωρίζουν περισσότερο τη βιωσιμότητα και καθυστερούν ή απορρίπτουν την υιοθέτηση της νέας τεχνολογίας. Αναμένουμε ότι οι εμπλεκόμενοι καταναλωτές θα έχουν μεγαλύτερη επίγνωση της πραγματικής κατάστασης της

φιλικότητας προς το περιβάλλον των EV και πιθανόν να το αντιληφθούν ως λιγότερο επωφελές από τους μη εμπλεκόμενους καταναλωτές. (Ayantunji Gbadamosi, 2013) Οι πιθανοί αγοραστές που ενδιαφέρονται για το περιβάλλον είναι πιο πιθανό να συμπεριφέρονται φιλικό προς το περιβάλλον, για παράδειγμα, να μειώσουν το οικολογικό τους αποτύπωμα (Heffner, 2007). Γενικά, αναμένουμε από τους καταναλωτές που εκτιμούν τα φιλικά προϊόντα να έχουν καλή στάση απέναντι στα EV. Υπάρχουν επίσης εκείνοι οι καταναλωτές που σκέφτονται βιωσιμότητα και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις και εξακολουθούν να έχουν αρνητική στάση απέναντι στην EV. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης ηλεκτρικού εξοπλισμού, της αμφισημίας της εξέλιξης της τεχνολογίας ή της έλλειψης υποδομής φόρτισης. Για να δημιουργήσουμε ένα ισχυρό σχέδιο προώθησης και επικοινωνίας, πρέπει να γνωρίζουμε πώς αισθάνονται και σκέφτονται οι καταναλωτές τα ηλεκτρικά σκάφη. Θα μπορούσε να είναι, οι φιλικό προς το περιβάλλον καταναλωτές με κακή αντίληψη για τα EV δεν θα έλκονταν από το μάρκετινγκ που τονίζει την πράσινη ποιότητα του προϊόντος. Θα ήταν καλύτερα να παρέχουμε πληροφορίες που μειώνουν τις αβεβαιότητες και τους φόβους των καταναλωτών έναντι της νέας τεχνολογίας ή προϊόντος.

5 Προοπτικές ηλεκτρικών πλοίων

5.1 Δυνάμεις σε επίπεδο υποδομών

Για αιώνες, οι θαλάσσιες μεταφορές διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στο παγκόσμιο οικονομικό σύστημα και βρέθηκαν στην καρδιά των παγκόσμιων δικτύων μεταφορών. Εκτιμάται ότι ο παγκόσμιος εμπορικός στόλος αποτελείται σήμερα από περισσότερα από 93.000 πλοία και έχει συνδυασμένη χωρητικότητα 1,86 δισεκατομμυρίων dwt (Ducruet, (2016). Κατά συνέπεια, υπάρχει αύξηση των ανησυχιών του κοινού σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω των εκπομπών θαλάσσιας κυκλοφορίας. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, οι εκπομπές CO₂ που παράγονται από τον ναυτιλιακό τομέα αντιπροσωπεύουν περίπου το 3% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) (Bouman et al., 2017). Όπως αναφέρεται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΔΝΟ), εάν δεν επιβληθούν περαιτέρω μέτρα μετριασμού, η προβολή των εκπομπών αναμένεται να αυξηθεί έως και 250% έως το 2050 (Tatar & Özer, 2018). Σε αυτήν την ανησυχία, η θαλάσσια βιομηχανία αναγκάζεται να συμμορφωθεί με αυστηρούς περιορισμούς στις εκπομπές πλοίων που επιβάλλονται από τον IMO. Η διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από το πλοίο (MARPOL) που υιοθετήθηκε από τον IMO εισήγαγε ένα νέο κεφάλαιο του παραρτήματος VI της MARPOL για να επιβάλει στις ναυτιλιακές εταιρείες να μειώσουν περαιτέρω τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της χρήσης υποχρεωτικών προτύπων απόδοσης (Kim, Koo & Joung, 2020). Τα πρότυπα περιλαμβάνουν το Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) και το

Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP), καθώς και τον Λειτουργικό Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΕΟΙ), οι οποίοι καθορίζονται με κύριο στόχο τη μείωση των εκπομπών πλοίων με την εφαρμογή τεχνολογικών εξελίξεων και την εφαρμογή πρακτικών για την εξοικονόμηση καυσίμου λειτουργίες. Για την απαίτηση πιο αποτελεσματικών πλοίων, η εκτεταμένη ηλεκτροδότηση της θαλάσσιας πλατφόρμας έχει γίνει θέμα εκτεταμένης έρευνας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Η ηλεκτρική πρόωση που εφαρμόζεται με ενσωματωμένο σύστημα ισχύος (IPS) εμφανίζεται ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς μέσω της συμβολής του συστήματος υψηλότερης απόδοσης καυσίμου. Η ιδέα του IPS είναι να επιτρέπει στο σύστημα πρόωσης πλοίου και σε όλα τα ηλεκτρικά φορτία να τροφοδοτούνται από ένα μόνο σύνολο μονάδων παραγωγής ενέργειας και έτσι να εξαλείφεται η απαίτηση μηχανικών συνδέσεων. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ορισμένες τεχνολογίες και προσεγγίσεις διαχείρισης ενέργειας για αποδοτικές λειτουργίες καυσίμων όλων των ηλεκτρικών πλοίων. Με βάση τον σχεδιασμό της ενεργειακής απόδοσης και τον υπολογισμό του λειτουργικού δείκτη, οι εκπομπές CO₂ που εκπέμπονται από ένα σκάφος είναι άμεσα ανάλογες με την κατανάλωση καυσίμου στην οποία εφαρμόζεται ένας συντελεστής εκπομπών στον τύπο (Alisafaki & Papanikolaou, 2017). Επομένως, μια προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου ισοδυναμεί περίπου με τη μείωση των εκπομπών CO₂.

Η ενσωμάτωση της αποθήκευσης ενέργειας συμβάλλει σημαντικά στη βέλτιστη λειτουργία μέσω βελτιωμένης ισοπέδωσης φορτίου και μείωσης της διακύμανσης ισχύος. Όπως και η αυτοκινητοβιομηχανία, οι μπαταρίες είναι πρωταρχικά χρησιμοποιούμενα σκάφη λόγω της σχετικά υψηλής πυκνότητας ενέργειας και της λύσης χαμηλού κόστους σε σύγκριση με άλλα μέσα αποθήκευσης. Το χαρακτηριστικό της παραμονής υψηλής απόδοσης στα πρακτικά ρεύματα εκφόρτισης είναι επίσης ελκυστικό για εφαρμογές που απαιτούν συνεχείς λειτουργίες. Μια μελέτη στο αναλύει την τεχνολογία της μπαταρίας στην κλίμακα της παγκόσμιας ναυτιλίας με επίκεντρο τον τομέα των μεταφορέων χύδην. Η χρήση των μπαταριών αποδεικνύεται πιο αποτελεσματική στη μείωση των εκπομπών που θα μπορούσε να επιτευχθεί το δυναμικό μείωσης 1,8% των παγκόσμιων GHG. Γίνεται επίσης σύγκριση των τύπων μπαταριών για την εξέταση μιας κατάλληλης τεχνολογίας για εγκατάσταση επί του σκάφους. Από οικονομική άποψη, η μπαταρία νάτριο-χλωριούχο νάτριο είναι εφικτή για αρχική απόδοση επένδυσης, ενώ άλλο μέσο αποθήκευσης εξακολουθεί να έχει υψηλό κόστος ή δεν είναι ακόμη κατάλληλο για θαλάσσιες εφαρμογές (Yuan, 2019). Η προτεινόμενη στρατηγική διαχειρίζεται τις μπαταρίες για την αποθήκευση ενέργειας κατά τη λειτουργία χαμηλού φορτίου και τη διανομή ισχύος όταν η ζήτηση φορτίου είναι υψηλή. Εναλλακτικά δηλώνεται ότι η ισχύς πρόωσης αυξάνεται κατά τη διάρκεια χαμηλού φορτίου και μειώνεται για υψηλό φορτίο. Αυτό οδηγεί σε βέλτιστη ρύθμιση ισχύος για το σύστημα πρόωσης διατηρώντας παράλληλα τις εκπομπές χαμηλές (Dedes, Hudson, & Turnock, 2012).

Μια εφαρμογή συστήματος μπαταρίας για λειτουργίες χαμηλών εκπομπών παρέχεται στο. Οι μπαταρίες εισάγονται για να υποστηρίξουν τη λειτουργία μιας γεννήτριας (SGO), η οποία είναι μια εναλλακτική πρακτική για την ενίσχυση της απόδοσης καυσίμου μέσω της μεγιστοποίησης του συντελεστή φόρτωσης των γεννητριών. Κατά τη λειτουργία SGO, τόσο τα φορτία πρόωσης όσο και τα φορτία σέρβις παρέχονται μόνο από μια μονάδα παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, αυτή η πρακτική είναι απαράδεκτη όσον αφορά την αξιοπιστία και την ασφάλεια των εργασιών του πλοίου. Συνεπώς, οι μπαταρίες παρέχουν ισχύ έκτακτης ανάγκης για τη συντήρηση των λειτουργιών σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Σε αυτήν την πτυχή, το σύστημα μπαταρίας πρέπει να είναι σχεδιασμένο ώστε να καλύπτει τις περιορισμένες απαιτήσεις ισχύος και ζωτικής σημασίας φορτίων. Η πρόοδος στους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος κατέστησε δυνατή την ενίσχυση της τάσης για χρήση της διανομής DC ως αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος AC. Το κίνητρο για αυτήν τη μετάβαση έγκειται στις προκλήσεις του συστήματος AC, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για συγχρονισμό γωνίας φάσης και ανισοροπίες του τριφασικού συστήματος. Η έννοια του δικτύου DC, από την άλλη πλευρά, έχει σχεδιαστεί για να ενισχύσει την αποδοτικότητα του συστήματος, εξαλείφοντας την ανάγκη συγχρονισμού όλων των σετ γεννητριών σε μια συγκεκριμένη συχνότητα (50/60 Hz) και επιτρέποντας στους κινητήρες να λειτουργούν με βέλτιστη ταχύτητα περιστροφής (Kim, Cho, & Sul, 2012). Πραγματοποιείται προσομοίωση των κινητήρων ντίζελ μεταβλητής ταχύτητας κατά τη δυναμική τοποθέτηση στο. Ένας δοκιμαστικός κινητήρας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου με βάση διάφορες στροφές και ροπή. Τα αποτελέσματα δείχνουν υψηλότερη απόδοση κινητήρα με εξοικονόμηση καυσίμου έως και 20%, όταν λειτουργεί με μεταβλητή συχνότητα σε περιοχή χαμηλής ισχύος.

Η ικανότητα μεταβλητής ταχύτητας ενισχύεται από την αποθήκευση ενέργειας για την προώθηση ενεργειακά αποδοτικών λειτουργιών ενός υπεράκτιου σκάφους υποστήριξης. Εγγενώς, διάφορες λειτουργίες ενός τέτοιου δοχείου απαιτούν τη διαρκή διατήρηση μιας πλεονάζουσας ενεργού γεννήτριας κατά τη διάρκεια μεγάλων παροδικών φορτίων. Η αποθήκευση ενέργειας είναι επομένως ικανή να ικανοποιήσει την απαίτηση πλεονασμού παίζοντας ρόλο ενεργού κινητήρα και συνεπώς χωρίς επιπλέον κατανάλωση καυσίμου (Zahedi, Norum & Ludvigsen, 2014). Η βέλτιστη απόδοση καυσίμου επιτυγχάνεται επομένως εν μέρει από μειωμένο αριθμό ενεργών γεννητριών και εν μέρει από βελτιστοποιημένη ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων. Η διανομή ηλεκτρικού ρεύματος DC έχει επίσης σχεδιαστεί για να ενισχύσει την αποδοτικότητα μέσω εξοικονόμησης βάρους και διευθετήσεων χώρου. Η αρχιτεκτονική υψηλής πυκνότητας DC καθιστά δυνατή τη μείωση των απαιτήσεων χώρου και του βάρους του εγκατεστημένου ηλεκτρικού εξοπλισμού έως και 30% (Kanellos, Tsekouras & Prousalidis, 2014). Η σημαντική εξοικονόμηση οφείλεται κυρίως στη διευκόλυνση μικρότερων γεννητριών υψηλής

ταχύτητας και στην εξάλειψη μεγάλων μετασχηματιστών χαμηλής συχνότητας. Μια περίπτωση μετασχηματισμού από διανομή AC σε DC δείχνει ότι το συνολικό βάρος του ηλεκτρικού εξοπλισμού επί του σκάφους θα μπορούσε να μειωθεί από 115 τόνους σε 85 τόνους. Μια βέλτιστη προσέγγιση κατανομής φορτίου ενθαρρύνεται στην ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου που προκύπτει από τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας των μεμονωμένων γεννητριών. Καθώς οι συνθήκες του κινητήρα αλλάζουν συνεχώς κατά τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας, η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο για την κατανάλωση καυσίμου και τη διαχείριση του προφίλ φορτίου είναι σημαντικά εργαλεία που βοηθούν τη διαδικασία ελέγχου διανομής ισχύος. Ένας αλγόριθμος εκτίμησης σε πραγματικό χρόνο για τη συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμου (SFC) προτείνεται στο. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση ενός αναδρομικού εκτιμητή για την παρακολούθηση της πραγματικής ισχύος βάσει των καταγεγραμμένων προφίλ λειτουργίας του πλοίου. Η βέλτιστη αποστολή φορτίου μπορεί επομένως να προσδιοριστεί σε σχέση με το εκτιμώμενο σε πραγματικό χρόνο SFC και συμβουλευόντας έναν κατάλληλο τρόπο λειτουργίας (ενεργοποίηση / απενεργοποίηση και αναμονή) για τις μεμονωμένες γεννήτριες (Lundh et al., 2016). Ένα νέο σχήμα πρόβλεψης φορτίου για ένα ρυμουλκό ηλεκτρικού λιμανιού εισάγεται. Η λειτουργία ρυμουλκού απαιτεί ένα μοναδικό χαρακτηριστικό φορτίου και η βέλτιστη διαίρεση ισχύος βασίζεται σε ένα δεδομένο προφίλ φορτίου. Ωστόσο, στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές, το προφίλ φορτίου λειτουργίας δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς. Το προτεινόμενο σχήμα πρόβλεψης φορτίου μπορεί αποτελεσματικά να ανταποκριθεί σε αυτήν την αβεβαιότητα χρησιμοποιώντας μόνο πληροφορίες χρονικού διαστήματος και γενικά χαρακτηριστικά των τρόπων λειτουργίας. Ωστόσο, η απόδοση αυτής της μεθόδου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ακρίβεια της πρόβλεψης φορτίου. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να εξαλειφθεί με ισοδύναμη στρατηγική ελαχιστοποίησης κατανάλωσης (ECMS), η οποία είναι μια εναλλακτική διαχείριση ισχύος για τη βελτίωση της απόδοσης καυσίμου, όπως μελετήθηκε στο (Yuan et al., 2016). Το ECMS υλοποιείται ως έλεγχος ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου, μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε ισοδύναμη κατανάλωση καυσίμου και έτσι το προφίλ φορτίου δεν απαιτείται πλέον. Ένα εξαιρετικό χαρακτηριστικό της ολοκληρωμένης πλήρους ηλεκτρικής πρόωσης είναι η τροφοδοσία όλων των ηλεκτρικών φορτίων μέσω ενός συνόλου μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Αυτό το κεντρικό σύστημα ισχύος επιτρέπει σε διάφορες τεχνικές βελτιστοποίησης να επιλέγουν αυτόματα τις ενεργές γεννήτριες για να ανταποκρίνονται στις αλλαγές φορτίου με τον βέλτιστο τρόπο. Σε αυτόν τον λογαριασμό, ο βέλτιστος προγραμματισμός παραγωγής ενέργειας από κοινού με την προωθητική ρύθμιση ισχύος μπορεί να συμβάλει στην περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Η μελέτη στο χρησιμοποιεί τον προγραμματισμό παραγωγής ενέργειας και την προσαρμογή της ταχύτητας του πλοίου για να ελαχιστοποιήσει το συνολικό μεταβλητό κόστος λειτουργίας που εκφράζεται σε

όρους συνολικού καυσίμου που καταναλώνουν όλες οι γεννήτριες. Ο δυναμικός προγραμματισμός εφαρμόζεται για να αποφασίσει ποιες γεννήτριες θα λειτουργούν κατά τη διάρκεια των εξεταζόμενων χρονικών διαστημάτων. Το ΕΕΟΙ χρησιμοποιείται επίσης για την παρακολούθηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για να διασφαλιστεί ότι η παραγόμενη ρύπανση από τη διαδικασία βελτιστοποίησης διατηρείται κάτω από τα όρια. Πιο συγκεκριμένα, η ισχύς πρόωσης και οι αντίστοιχες προγραμματισμένες γεννήτριες της βελτιστοποιούνται μέσω της ρύθμισης της ταχύτητας του πλοίου, η οποία η ταχύτητα του πλοίου αυξάνεται σημαντικά κατά την προσέγγιση ή την αναχώρηση των λιμένων και μειώθηκε σημαντικά κατά την πλεύση στην ανοιχτή θάλασσα. Ο προγραμματισμός της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βελτιστοποιείται περαιτέρω μέσω συντονισμού της αποθήκευσης ενέργειας και της τροφοδοσίας στην ξηρά, χρησιμοποιώντας την τεχνική fuzzy-based particle swarm optimization (FPSO). Η προτεινόμενη μέθοδος βέλτιστης διαχείρισης ισχύος επιδεικνύει υπεροχή στην εξεύρεση της βέλτιστης λύσης και υψηλότερης απόδοσης από τον δυναμικό προγραμματισμό όσον αφορά τον χρόνο υπολογισμού. Ωστόσο, αυτές οι δύο μελέτες θεωρούν μόνο τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου ως έναν μόνο στόχο βελτιστοποίησης και αντιμετωπίζουν τον παράγοντα εκπομπών ως περιορισμό. Επομένως, μια προσπάθεια εφαρμόζει τόσο οικονομία καυσίμου όσο και περιορισμούς εκπομπών σε ένα πρόβλημα πολλαπλών στόχων βελτιστοποίησης που μπορεί να λυθεί χρησιμοποιώντας μη κυριαρχούμενο γενετικό αλγόριθμο ταξινόμησης II (NSGA-II). Αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα ότι αυτοί οι δύο αντικρουόμενοι στόχοι μπορούν να επιτευχθούν ταυτόχρονα με την προτεινόμενη τεχνική (Kanellios et al., 2017).

5.2 Δυνάμεις σε επίπεδο οικονομίας

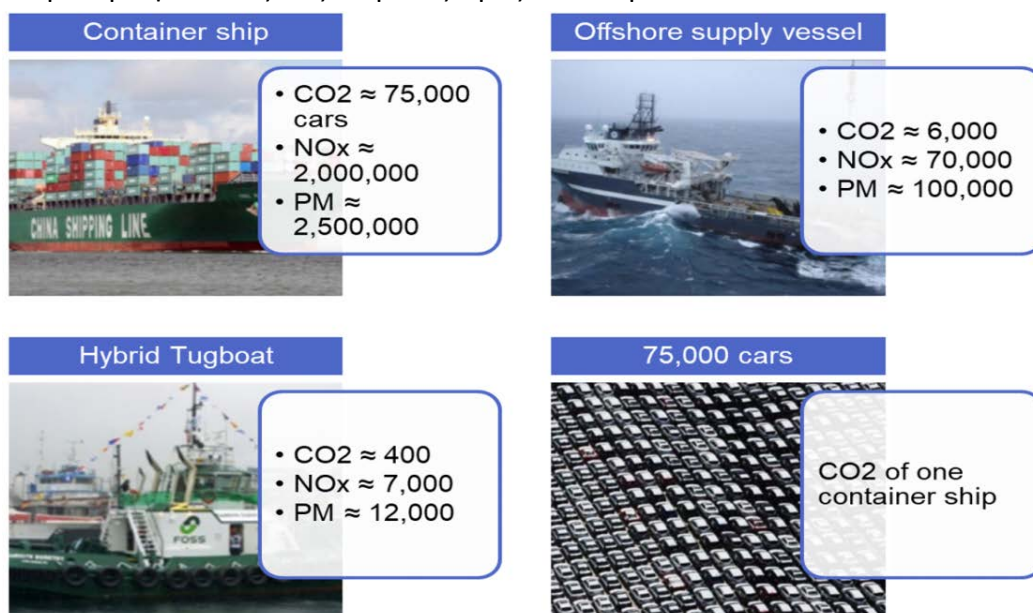
Τα ηλεκτρικά σκάφη θα είναι πιο σημαντικά στο εγγύς μέλλον. Η εξάρτησή μας από τα ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε αυξημένες εκπομπές που σχετίζονται με συμβατικά σκάφη. Παρά τα οφέλη ενός πλήρως ηλεκτρικού σκάφους, υπάρχουν πολλά εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν πριν υιοθετηθούν τα ηλεκτρικά σκάφη. Το μερίδιο αγοράς των ηλεκτρικών σκαφών είναι γενικά χαμηλό σε διάφορες χώρες. Η έρευνα έχει εντοπίσει διαφορετικά εμπόδια που συμβάλλουν στη σχετικά χαμηλή ανταγωνιστικότητα, που σχετίζονται με το πραγματικό κόστος και τις αντιλήψεις κόστους, τους κινδύνους, τον τεχνολογικό συντηρητισμό, την εξοικείωση και την έλλειψη γνώσης (Diamond, 2009).

Μια έκθεση του IDTechEx δείχνει ότι η αγορά υβριδικών και καθαρών ηλεκτρικών σκαφών και πλοίων θα αυξηθεί γρήγορα σε πάνω από 20 δισεκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως το 2027 για τα πλοία των καταναλωτών. Η αγορά σκαφών αναψυχής είναι μεγάλη και ταχέως αναπτυσσόμενη, ειδικά για ηλεκτρικά θαλάσσια σκάφη. (F. Gonzalez, 2017) Υπάρχουν πολλά εμπόδια για την εφαρμογή ηλεκτρικών σκαφών στην αγορά, από τεχνικές προκλήσεις έως αποδοχή ενός ηλεκτρικού σκάφους. Είναι σημαντικό να βρούμε καινοτόμους τρόπους μείωσης

των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από σκάφη αναψυχής, καθώς ένα τυπικό οικογενειακό σκάφος καταναλώνει τεράστια ποσότητα βενζίνης, περίπου 27,6 l / h, όταν ταξιδεύει. Τα σκάφη πρέπει να είναι πιο αποτελεσματικά για να επιτρέψουν την ηλεκτρική πρόωση.

5.3 Δυνάμεις σε επίπεδο εμπορίου

Ενώ τα πλοία ντίζελ και βενζίνης κυριαρχούν επί του παρόντος στις θαλάσσιες μεταφορές, η αγορά για καθαρά ηλεκτρικά και υβριδικά σκάφη και πλοία αναπτύσσεται ραγδαία. Η βιομηχανία αντιμετωπίζει ένα σημείο καμπής καθώς οι φορείς εκμετάλλευσης σκαφών οδηγούνται από μια πληθώρα περιορισμών γύρω από τις εκπομπές NOx και SOx, καθώς και από αέρια θερμοκηπίου όπως το CO2. Αρχίζουν επίσης να καταλαβαίνουν την πρόταση αξίας της εγκατάστασης ενός συστήματος που τροφοδοτείται αποκλειστικά ή εν μέρει από μια μπαταρία, η οποία οδηγεί σε μια αλλαγή του παιχνιδιού στη μείωση του κόστους των καυσίμων με φόντο τις αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου.



Εικόνα 5-1: Αέριες εκπομπές πλοίων

Πηγή: DNG.VL

Σημείωση: Οι αριθμοί αναφέρονται στην ποσότητα επιβατικών αυτοκινήτων που απαιτούνται για ισοδύναμες εκπομπές ενός σκάφους.

Ενώ οι κανονισμοί για τις εκπομπές άνθρακα αφορούν την υπερθέρμανση του πλανήτη, η ανησυχία με τις εκπομπές NOx, SOx και σωματιδίων αφορά την τοπική ρύπανση και την ανθρώπινη υγεία. Το Άμστερνταμ είναι μια πόλη που έχει μια πολιτική που απαιτεί κάθε εμπορικό πλοίο να έχει μηδενικές εκπομπές στα κανάλια του έως το 2020 ή το 2025, ανάλογα με το μέγεθός του. Η Καλιφόρνια έχει περιορισμένους περιορισμούς για εκπομπές από εμπορικά σκάφη στα λιμάνια των Los Angeles, Long Beach, Oakland, San Diego, San Francisco και Hueneme. Σε όγκο, το σκάφος αναψυχής αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη και ταχύτερη μεταμόρφωση. Η τάση για τα σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας, και άλλα μικρά σκάφη αναψυχής και

αναψυχής, είναι ότι μπορούν να μεταπηδήσουν κατευθείαν σε καθαρές ηλεκτρικές εκδόσεις λόγω των απαιτούμενων μικρών αποστάσεων και της δυνατότητας φόρτισης ευκαιριών. Υπάρχει επίσης μια τάση προς καθαρά ηλεκτρικά πορθμεία, τα οποία έχουν πολύ καλά καθορισμένες διαδρομές και προβλέψιμη λειτουργία που διευκολύνουν το μέγεθος της μπαταρίας και σχεδιάζουν πότε να φορτίζουν (π.χ. κατά τη φόρτωση / εκφόρτωση). Ως αποτέλεσμα, τα Ferries έχουν γίνει μια δοκιμαστική βάση για μια ποικιλία τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των υπερκατασκευαστών και των κυψελών καυσίμου καθώς και των μπαταριών.

Ένας άλλος τομέας ταχείας ανάπτυξης είναι τα υπεράκτια σκάφη υποστήριξης (OSV). Σύμφωνα με την Corvus Energy, έναν κορυφαίο πάροχο ναυτιλιακών μπαταριών, υπήρξε μια αύξηση της ζήτησης για υβριδικά OSV, καθώς οι μπαταρίες έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση ενός από τους τέσσερις πετρελαιοκινητήρες: αντικαθιστώντας τους κινητήρες, η εξοικονόμηση καυσίμου πραγματοποιείται μεταξύ 15-30%. Στο μέλλον είναι πιθανό ότι όλες οι νέες εκδόσεις OSV θα είναι υβριδικά.

6 Επίλογος

Φαίνεται ότι ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια στην υιοθέτηση ηλεκτρικών σκαφών είναι ότι οι περισσότερες εταιρείες και επίσης οι καταναλωτές δεν το θεωρούν ως εναλλακτική λύση για την παραδοσιακή ναυτιλιακή βιομηχανία. Για τους δύο τελευταίους αιώνες, τα πλοία με ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για μεταφορά και εμπόριο. Το ηλεκτρικό σκάφος θα αλλάξει τον τρόπο και το πώς σκεφτόμαστε για την ναυτιλιακή βιομηχανία αλλά και τα πλοιάρια παντός τύπου(εμπορευματικά, επιβατηγά & αναψυχής). Θα αμφισβητήσει επίσης τις πρακτικές μας σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε τα σκάφη μας και θα προωθήσουμε τους μακροχρόνιους κανόνες μας σε μια νέα κατεύθυνση. Επιπλέον, οι περισσότερες εταιρείες δεν έχουν χρησιμοποιήσει ποτέ ηλεκτρικό σκάφος, αυτό προσθέτει στο γεγονός ότι η αγορά ηλεκτρικού σκάφους δεν είναι στο στόχαστρο της εταιρείας. Ωστόσο, όλο και πιο αισθητή γίνεται η αύξηση των ηλεκτρικών πλοίων/σκαφών και όντας πλέον αντιληπτή τόσο από την ευρύτερη ναυτιλιακή βιομηχανία αλλά και το κοινωνικό σύνολο, μπορεί να λειτουργήσει ως ένα είδος κοινωνικού ρεύματος, δημιουργώντας μια κοινωνικό-οικονομική τάση και ανάγκη για μετάβαση στην εναλλακτική πηγή ενέργειας του ρεύματος, όπως ήδη έχει πραγματοποιηθεί σε άλλους κλάδους(πχ. Αυτοκινητοβιομηχανία) αναγκάζοντας με αυτό τον τρόπο τα κέντρα λήψης αποφάσεων (IMO, ΕΕ, κτλ.) να θεσμοθετήσουν πιο αυστηρά μέτρα και νομικά πλαίσια που θα φωτογραφίζουν ουσιαστικά την έναρξη της ηλεκτροκίνηση σε ευρύτερο φάσμα στο κλάδο της ναυτιλίας . στην δεδομένη χρονική στιγμή αυτό που χαρακτηρίζει ως ουτοπία την ύπαρξη ηλεκτρικών πλοίων είναι η έλλειψη κατανόησης και γνώσης σχετικά με τις προοπτικές και τα οφέλη που θα προσφέρει το ηλεκτρικό σκάφος.

Γεγονός που αποτελεί και το βασικότερο εμπόδιο στην χρηματοδότηση και την επένδυση για την περαιτέρω ανάπτυξη και εδραίωση του εν λόγω τύπου πλοίου στην αγορά. Τα ηλεκτρικά σκάφη θα αποτελέσουν μια άκρως ελκυστική αγορά τόσο σε εμπορευματικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο αναψυχής, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων, όπως η μείωση του λειτουργικού κόστους, η εξοικονόμηση χώρου από τον πάγιο εξοπλισμό (π.χ κύρια μηχανή – δεξαμενές καυσίμου), είτε ακόμα και η ηχορύπανση κατά τη χρήση ενός κινητήρα ΜΕΚ παράγοντας βέβαια που αναφέρεται αποκλειστικά στην ελκυστικότητα της αγοράς ενός σκάφους αναψυχής.

Οι εταιρείες που έχουν στο επίκεντρο την μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος είναι πιθανό να εκτιμήσουν τα χαρακτηριστικά του προϊόντος όπως των ηλεκτρικών πλοίων φιλικά προς το περιβάλλον και να αποτελέσουν τους πρωτοπόρους σε μια ενδεχόμενη αγορά ή χρηματοδότηση για την δημιουργία υποδομών εξυπηρέτησης τον εν λόγω τύπων πλοίων. Τα ηλεκτρικά σκάφη είναι ένα βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση πιο βιώσιμων και πιο πράσινων ωκεανών και θαλασσών. Ωστόσο αν και τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών σκαφών είναι πολλαπλά και κατανοητά, η δημιουργία ενός περιβάλλοντος που θα τα υποδεχτεί και θα τα αξιοποιήσει δεν είναι ακόμα οριοθετημένη από κοινωνικοοικονομικά και νομικά πλαίσια προκειμένου να αποτελέσουν βάσεις στην σωστή ανάπτυξη και υιοθέτηση του συγκεκριμένου περιβάλλοντος λειτουργίας των ηλεκτρικών πλοίων. Επίσης υπάρχουν κάποιες βελτιώσεις που απαιτούνται για την επίλυση των εμποδίων όπως η αντίληψη των εταιρειών που πιστεύουν ότι η γκάμα ενός ηλεκτρικού σκάφους/πλοίου δεν είναι αρκετά υψηλή για να ικανοποιήσει τις ανάγκες τους, ενώ σχεδόν όλα τα ταξίδια πραγματοποιούνται βρίσκονται εντός του εύρους ενός ηλεκτρικού σκάφους. Οι εταιρείες μπορεί ακόμη να διαπιστώσουν ότι ένα σκάφος με περιορισμένη εμβέλεια εξακολουθεί να μπορεί να καλύψει τις μέσες ταξιδιωτικές ή μεταφορικές τους ανάγκες. Στο σημείο που μια τέτοια αντίληψη είναι δόκιμη είναι στην ανάγκη τους για να κάνουν περιστασιακά μεγάλα ταξίδια. Η υψηλή συχνότητα αυτών των «άβολων ταξιδιών» μπορεί να αποθαρρύνει σε μεγάλο βαθμό μια εταιρεία από την αγορά ηλεκτρικού πλοίου περιορισμένης εμβέλειας. Ωστόσο, εάν οι εταιρείες έχουν διάφορες επιλογές για να κάνουν αυτά τα μεγαλύτερα ταξίδια, θα μπορούσαν να βρουν ένα ηλεκτρικό σκάφος με μικρότερο εύρος για να ανταποκρίνονται ακόμα στις ανάγκες τους.

Η αγορά ενός πλοίου είναι μια σημαντική απόφαση και οι αγοραστές πρέπει να σταθμίζουν διάφορους παράγοντες. Εάν οι αγοραστές πιστεύουν ότι ένα ηλεκτρικό σκάφος δεν είναι πρακτικό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβούν στην αγορά του. Επομένως, απαιτείται γίνει μια σαφή και ενδεδειγμένη μελέτη τόσο από την πλευρά του κατασκευαστή-ναυπηγείου που καλείται να δημιουργήσει ένα τύπο πλοίου που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες μεγάλου μεριδίου του εν δυνάμει αγοραστικού κοινού όσο και από πλευράς αγοραστή προκειμένου να προβεί στην αγορά του κατάλληλου εμπορικού η αναψυχής πλοίου. Ένα τεχνικό εμπόδιο που εμποδίζει την

αποδοχή των ηλεκτρικών σκαφών είναι η τεχνολογία της μπαταρίας. Η ενεργειακή πυκνότητα των σημερινών μπαταριών δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τα ορυκτά καύσιμα. Είναι επομένως σημαντικό η τεχνολογία μπαταρίας να προχωρά προς τα εμπρός προκειμένου να μειώσει τη διαφορά στην εμβέλεια, καθώς αυτό φαίνεται να είναι το μεγαλύτερο εμπόδιο προς ένα ηλεκτρικό σκάφος ή πλοίο. Επιπλέον στον κατάλογο των μειονεκτημάτων καταλογίζεται ένα ακόμα τεχνολογικό εμπόδιο, που είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση μιας ηλεκτρικής μπαταρίας σκάφους. Η λειτουργία αυτή επηρεάζει αλλά και επηρεάζεται άμεσα, αποτελώντας μια αμφίδρομη σχέση τον χρόνο παραμονής του σκάφους ή του πλοίου στον σταθμό φόρτισης ή το λιμάνι. Αν ο απαιτούμενος χρόνος παραμονής στο λιμάνι για την κάλυψη των λοιπών αναγκών (φορτοεκφόρτωση) είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο χρόνο φόρτισης τότε το πλοίο μπορεί να εξυπηρετηθεί χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία του. Στην αντίθετη περίπτωση το πλοίο έχει τις επιλογές να παραμείνει στο τερματικό σταθμό έως ότου επιτευχθεί μια πλήρης φόρτιση με το όποιο κόστος σε χρόνο, ή να αποχωρήσει από το λιμάνι και να πραγματοποιήσει μια δεύτερη φόρτιση σε κάποιο ενδιάμεσο σταθμό επί της διαδρομής του. Τα ηλεκτρικά σκάφη βρίσκονται αυτή τη στιγμή στο πρώτο τους στάδιο όταν δημιουργούνται διαφορετικά πρωτότυπα για να δουν πώς αποδίδουν.

Οι καθιερωμένοι κατασκευαστές εκτιμούν ότι με την πάροδο του χρόνου θα αρχίσουν να προσθέτουν επιπλέον λειτουργίες και να αυξάνουν τις δυνατότητες του βελτιώνοντας τα γενικότερα χαρακτηριστικά του και θέτοντας το ανταγωνιστικότερο για την αγορά που απευθύνεται. Οι εταιρείες που θα τολμήσουν να αγοράσουν ένα ηλεκτρικό σκάφος θα δείξουν τη σκοπιμότητα της ηλεκτροκίνησης των βαρκών, ειδικά προς όλους τους ανταγωνιστές του που δεν βρίσκονται ακόμα στην θέση ή δεν προτίθενται να αγοράσουν το εν λόγω τύπο πλοίου. Αυτό, θα αποτελέσει ενθαρρυντικό παράγοντα για τις περισσότερες εταιρείες και κα επέκταση την στροφή τους στην χρήση ολοένα και περισσότερων ηλεκτρικών σκαφών. Επίσης το μήνυμα για την μετάβαση από την ενεργειακή εξάρτηση στο πετρέλαιο στην εξάρτησή στο ρεύμα για την κάλυψη των σύγχρονων αναγκών μας είναι πλέον αντιληπτό και προφανώς δεν μπορεί να εξαιρεθεί ο κλάδος των μεταφορών. Ήδη στον ο κλάδος της αυτοκίνησης στρέφεται με έντονους ρυθμούς προς την ηλεκτροδότηση. Σε αυτή την τάση καθοριστικό παράγοντα θα διατελέσουν οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας οι οποίες θα είναι οι πρώτες που καλούνται να ανταποκριθούν στα νέα δεδομένα και να αναπρογραμματίσουν και να εκσυγχρονίσουν τις λειτουργίες και τις υποδομές τους προκειμένου να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν στην αύξηση τόσο της κάλυψης του δικτύου διανομής αλλά και της ποιότητας παροχής, καθιστώντας τις στρατηγικές για τον μετριασμό των υψηλότερων φορτίων και τη μετατόπιση της ζήτησης ως τις πιο άμεσες και αναγκαίες κινήσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν. Η επιτυχής ολοκλήρωση ενός περιβάλλοντος που θα εξυπηρετήσει τις νέες ανάγκες των ηλεκτρικών πλοίων εκτείνεται από την θάλασσα μέχρι την ενδοχώρα, μέσω του δικτύου διανομής ενέργειας, περιεκτικών πληροφοριών, καινοτόμων αναλογισμών,

επενδύσεων σε υποδομές και συνεργατικών συνεργασιών με τους ενδιαφερόμενους.

Η καθιέρωση στρατηγικών συνεργασιών με όλους τους άμεσα και έμμεσα εμπλεκόμενους φορείς και οργανισμούς θα αποτελέσει το άνοιγμα ευκαιριών για τις επιχειρήσεις ώστε να κατανοήσουν πώς μπορούν να σχεδιαστούν και να προσαρμοστούν προκειμένου τα ηλεκτρικά πλοία να μεγιστοποιήσουν τη συμβολή στην επίτευξη του τελικού στόχου που είναι η μείωση έως και εξάλειψη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορών.

Βιβλιογραφία

1. MEPC.1/Circular 683, 2009
2. MEPC.282(70), 2016
3. Paris Agreement, 2016
4. Wikipedia - Electric boat, History
5. Sunboat, History [online available at: <https://sunboat.com/history/history.html>] [access 2-9-2020]
6. Dikos G, Marcus H (2003) The term structure of second-hand prices: a structural Partial equilibrium model. *Marit Econ Logist* 5(3):251–264
7. Adland R, Jia H, Strandenes S (2006b) Asset bubbles in shipping An analysis of recent history in the dry bulk market. *Marit Econ Logist* 8(3):223–233
8. Yuan, J. (2019). Evaluation of Mitigation Strategies in Shipping Industry Using a Metamodel Based Method. *Energy Procedia*, 158, 4031-4036.
9. IPCC, 2014, CLIMATE CHANGE - The IPCC Scientific Assessment 30-40
10. Soren Hansen, Stamatis Fradelos 2018, An Integrated Vessel Performance System for Environmental Compliance, Introduction to Maritime Energy Management
11. Aanesen, M., Falk-Andersson, J., Vondolia, G. K., Borch, T., Navrud, S., & Tinch, D. (2018). Valuing coastal recreation and the visual intrusion from commercial activities in Arctic Norway. *Ocean & Coastal Management*, 153, 157-167.
12. Alisafaki, A. G., & Papanikolaou, A. D. (2017). On the energy efficiency design index of RO-RO passenger and RO-RO cargo ships. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 231(1), 19-30.
13. Ayantunji Gbadamosi, I. B., Sonny Nwankwo. (2013). *Principles of Marketing – A Value-Based Approach*: Palgrave.
14. Balsamo, F., Capasso, C., Miccione, G., & Veneri, O. (2017). Hybrid storage system control strategy for all-electric powered ships. *Energy Procedia*, 126, 1083-1090.
15. Bouman, E. A., Lindstad, E., Riialand, A. I., & Strømman, A. H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping—a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408-421.
16. Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)— Guidance for shipowners and operators, Lloyd’s Register, June 2012, version 2.0
17. MEPC.213(63), 2012
18. Burkov, A. F., & Kuvshinov, G. Y. (2017, May). Study of ships electrification. In *2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and*

- Manufacturing (ICIEAM)* (pp. 1-6). IEEE.
19. Castellan, S., Menis, R., Tassarolo, A., Luise, F., & Mazzuca, T. (2018). A review of power electronics equipment for all-electric ship MVDC power systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *96*, 306-323.
 20. Czyzewski, A. (2012). How to solve range anxiety. [online] available at: <https://www.newscientist.com/article/dn22401-how-to-solve-range-anxiety/> [access 18-8-2020]
 21. Dedes, E. K., Hudson, D. A., & Turnock, S. R. (2012). Assessing the potential of hybrid energy technology to reduce exhaust emissions from global shipping. *Energy policy*, *40*, 204-218.
 22. Designbyben. (2012). MAYA: Most Advanced Yet Acceptable. [online] available at: <https://designbyben.wordpress.com/2012/10/15/maya-most-advanced-yet-acceptable/> [access 18-8-2020]
 23. Diamond, D. (2009). The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states. *Energy policy*, *37*(3), 972-983.
 24. Ducruet, C. (2016). Book review. International Maritime Transport Costs. Market Structures and Network Configurations.
 25. Egbue, O., & Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy policy*, *48*, 717-729.
 26. Everett, R. M. (1983). *Diffusion of innovation* (3 ed.). London: A Division of Macmillan Publishing Co., Inc.
 27. Fang S., Wang Y., Gou, B., & Xu Y. (2019). Toward Future Green Maritime Transportation: An Overview of Seaport Microgrids and All-Electric Ships. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *69*(1), 207-219.
 28. Gonzalez, M. (2016). Market round-up: Europe, [online] available at: <http://www.ibinews.com/country-reports/euro-round-up-5734> [access 19-8-2020]
 29. Heffner, R. R. (2007). *Semiotics and Advanced Vehicles: What Hybrid Electric Vehicles (HEVs) Mean and Why it Matters to Consumers*
 30. Hekkert, P. (2006). Design aesthetics: principles of pleasure in design. *Psychology science*, *48*(2), 157.
 31. Hekkert, P., Snelders, D., & Van Wieringen, P. C. (2003). 'Most advanced, yet acceptable': Typicality and novelty as joint predictors of aesthetic preference in industrial design. *British journal of Psychology*, *94*(1), 111-124.

32. Kanellos, F. D., Anvari-Moghaddam, A., & Guerrero, J. M. (2017). A cost-effective and emission-aware power management system for ships with integrated full electric propulsion. *Electric Power Systems Research, 150*, 63-75.
33. Kanellos, F. D., Tsekouras, G. J., & Prousalidis, J. (2014). Onboard DC grid employing smart grid technology: challenges, state of the art and future prospects. *IET Electrical Systems in Transportation, 5*(1), 1-11.
34. Kim, H., Koo, K. Y., & Joung, T. H. (2020). A study on the necessity of integrated evaluation of alternative marine fuels. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping, 4*(2), 26-31.
35. Kim, K., Park, K., Roh, G., & Chun, K. (2018). DC-grid system for ships: a study of benefits and technical considerations. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping, 2*(1), 1-12.
36. Kim, S. Y., Cho, B. G., & Sul, S. K. (2012, October). Feasibility study of integrated power system with battery energy storage system for naval ships. In *2012 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference* (pp. 532-537). IEEE.
37. Lambilliotte, L. (2014). How Green are Electric Cars. [online] available at: <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/lambilliotte2/>
38. LaMorte, W. W. (2016). Diffusion of Innovation Theory. [online] available at: <http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/SB/BehavioralChangeTheories/BehavioralChangeTheories4.html> [access 20-8-2020]
39. Lundh, M., Garcia-Gabin, W., Tervo, K., & Lindkvist, R. (2016). Estimation and optimization of vessel fuel consumption. *IFAC-PapersOnLine, 49*(23), 394-399.
40. Moore, G. A. (2014). *Crossing the Chasm* (3 ed.).
41. Musk, E. (2013) *Elon Musk the mind behind Tesla SpaceX and solarcity*. TED talk.
42. Ni, K., Hu, Y., & Li, X. (2017). An overview of design, control, power management, system stability and reliability in electric ships. *Power Electronics and Drives, 2*(2), 5-29.
43. Nuchturee, C., & Li, T. (2018). A review of energy efficient methods for all-electric ships. *E&ES, 188*(1), 012050.
44. Packey, D. J. (1993). Market penetration for new technologies
45. Roche, M. Y., Mourato, S., Fishedick, M., Pietzner, K., & Viebahn, P. (2010). Public attitudes towards and demand for hydrogen and fuel cell vehicles: A review of the evidence and methodological implications. *Energy policy, 38*(10), 5301-5310.
46. Rogers, E. M. (2003). Elements of diffusion. *Diffusion of innovations, 5*(1.38).

47. Senda, T., & Harumi, K. (2018). Prospects and Challenges for the Future of Marine Power Systems. *Marine Engineering*, 53(3), 279-284.
48. Sjöberg, L. (1998). Why do people demand risk reduction. *ESREL-98: Safety and reliability*, 751-758.
49. Spagnolo, G. S., Papalillo, D., Martocchia, A., & Makary, G. (2012). Solar-electric boat. *Journal of Transportation Technologies*, 2(2), 144-149.
50. Strategic Vision. (2013). *New Vehicle Experience Studies of Vehicle Registrants*.
51. Tanner, C., & Kast, S. W. (2003). Promoting Sustainable Consumption: Determinants of Green Purchases by Swiss Consumers. *Psychology and Marketing*, 20, 19.
52. Tatar, V., & ÖZER, M. B. (2018). The Impacts of CO2 Emissions from Maritime Transport on The Environment and Climate Change. *Uluslararası Çevresel Eğilimler Dergisi*, 2(1), 5-24.
53. Tsang, F., Pedersen, J. S., Wooding, S., & Potoglou, D. (2012). Bringing the electric vehicle to the mass market: a review of barriers, facilitators and policy interventions.
54. Tveitdal, T., (2018) Market barriers towards electric boats
55. Vu, T. V., Gonsoulin, D., Perkins, D., Diaz, F., Vahedi, H., & Edrington, C. S. (2017, August). Predictive energy management for MVDC all-electric ships. In *2017 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)* (pp. 327-331). IEEE.
56. Xu, Q., Yang, B., Pan, Z., Lin, F., Han, Q., Chen, C., & Guan, X. (2017). Hybrid Optimization Method for Reconfiguration of AC/DC Microgrids in All-Electric Ships. *arXiv preprint arXiv:1709.05505*.
57. Yuan, J. (2019). Evaluation of Mitigation Strategies in Shipping Industry Using a Metamodel Based Method. *Energy Procedia*, 158, 4031-4036.
58. Yuan, L. C. W., Tjahjowidodo, T., Lee, G. S. G., Chan, R., & Ådnanes, A. K. (2016, July). Equivalent consumption minimization strategy for hybrid all-electric tugboats to optimize fuel savings. In *2016 American Control Conference (ACC)* (pp. 6803-6808). IEEE.
59. Zahedi, B., Norum, L. E., & Ludvigsen, K. B. (2014). Optimized efficiency of all-electric ships by dc hybrid power systems. *Journal of power sources*, 255, 341-354.
60. Kongsberg , them Yara Birkeland [online] available at: [Autonomous ship project, key facts about YARA Birkeland - Kongsberg Maritime](#) [access 06 -12-2020]
61. Andrew Tunnicliffe, 2019, [online] available at: [Ellen E-ferry: world first a glimpse of the future of ferries \(ship-technology.com\)](#) [access 06 -12-2020]