



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
& ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑ00000ΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

ΤΙΤΛΟΣ

ΠΡΩΩΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

MARINE PROPULSION AND GREEN SHIPPING

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:

ΤΣΙΚΟΥΡΑΣ ΜΑΡΙΟΣ

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:

ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Σεπτέμβριος 2018



Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής διατριβής

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τσικούρας Μάριος, του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 28 φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διατριβή. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διατριβή προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική διατριβή».

Ο δηλών

Ημερομηνία 25/10/2018

Τσικούρας Μάριος



| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Περίληψη | 4 |
| Εισαγωγή | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 5 |
| 1.1 Ιστορική Αναδρομή Ναυσιπλοΐας Από Την Αρχαιότητα Μέχρι Σήμερα | 5 |
| 1.2 Ιστορική αναδρομή πλοίων | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 24 |
| Πρόλογος | 24 |
| 2.1 Ηλεκτρική Πρόωση Πλοίων | 24 |
| 2.2 Ιστορική Αναδρομή Ηλεκτροπρόωσης | 24 |
| 2.3 Ορολογία Ηλεκτροπρόωσης | 26 |
| 2.4 Ηλεκτροκινητήρες Πρόωσης | 27 |
| 2.5 Σύγχρονοι Κινητήρες Μόνιμου Μαγνήτη | 27 |
| 2.6 Σύγχρονοι Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος | 28 |
| 2.7 Κίνηση Της Έλικας Μέσω Του Άξονα (Shaft Propulsion) | 29 |
| 2.8 Αζιμουθιακοί Προωστήρες (Azimuth Thrusters) | 30 |
| 2.9 Σύστημα Αζιμουθιακής Πρόωσης POD/AZIPOD | 31 |
| 2.10 Προωστήρια Συστήματα Voith Schneider | 32 |
| 2.11 Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης | 33 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 34 |
| 3.1 Χρήση Δύο Ειδών Καυσαερίου | 34 |
| 3.2 LNG Ως Καύσιμο | 36 |
| 3.3 Ανάμειξη Νερού Και Καυσίμου | 36 |
| 3.4 Ειδικά Διαμορφωμένα Φίλτρα Για Το Φιλτράρισμα Των Καυσαερίων | 37 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 38 |
| 4.1 Βιοκαύσιμο & Πυρηνική Ενέργεια | 38 |
| 4.2 Κυψέλη Καυσίμων | 39 |
| 4.3 Αιολική Ενέργεια | 41 |
| 4.4 Ηλιακή Ενέργεια | 41 |
| 4.5 Χάραξη Αποτελεσματικότερων Πορειών Με Αποτέλεσμα Την Εξοικονόμηση Καυσίμου | 41 |



| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6 Διαγωγή Και Επίδοση Πλοίου | 41 |
| 4.7 Οικολογική Συνείδηση Και Εκπαίδευση Πληρώματος | 42 |
| 4.8 Κύκλος Ζωής Πράσινου Πλοίου | 43 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | 44 |
| Πρόλογος | 44 |
| 5.1 Λόγοι Για Τον Σχεδιασμό Πράσινων Πλοίων | 44 |
| 5.2 Κοστολογική Προσέγγιση Της Προστασίας Κατά Της Ρύπανσης Του Περιβάλλοντος Στην Ναυτιλία | 45 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 | 47 |
| 6.1 Οφέλη Ύπαρξης Πράσινων Πλοίων | 47 |
| 6.2 Μελέτη Και Σχεδιασμός Για Την Μείωση Εκπομπών Αερίων | 48 |
| 6.3 Τα Μελλοντικά Σχέδια Των Πράσινων Πλοίων | 51 |
| 6.4 Παραδείγματα Πλοίων Φιλικά Προς Το Περιβάλλον Από Τον Διεθνή Χώρο | 53 |
| 6.6 Συμπεράσματα – Προτάσεις | 59 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 60 |

Περίληψη

Στην διπλωματική αυτή εργασία, κάνοντας αρχικά μια ιστορική αναδρομή, θα προσπαθήσουμε να δείξουμε στον αναγνώστη τα πρώτα βήματα της ναυσιπλοΐας, έχοντας ως σκοπό την κατανόηση της σημαντικότητάς της. Ύστερα στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθούν αρκετά είδη κινητήρων οι οποίοι έχουν ως κινητήρια δύναμη τον ηλεκτρισμό, μαζί με διάφορα σχεδιαγράμματα και εικόνες για την καλύτερη κατανόησή τους. Έπειτα θα αναλύσουμε τα εναλλακτικά καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται στις μέρες μας για την πρόωση των πλοίων. Στην πρόωση των πλοίων βοηθούν και οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας, όπου και αυτές θα αναφερθούν παρακάτω. Τέλος επισημαίνεται η σημαντικότητα των πράσινων πλοίων, δίνοντας διάφορα παραδείγματα και ιδέες. Έχοντας αναπτύξει όλα τα παραπάνω κεφάλαια, διατυπώνονται τα συμπεράσματα – προτάσεις για την ύπαρξη οικολογικής συνείδησης στην ναυτιλία.



Εισαγωγή

Ο άνθρωπος από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα είχε και έχει την ανάγκη να διανύει μεγάλες αποστάσεις για πολλούς και διάφορους λόγους. Ένα από τα μεγαλύτερα, αν όχι το μεγαλύτερο, εμπόδιό του είναι η θάλασσα, την οποία έχει κληθεί να διασχίσει με οποιοδήποτε τρόπο. Το αρχαιότερο μέσο για την μετακίνηση πάνω από την θάλασσα είναι το πλοίο, το οποίο «εφευρέθηκε» λόγω της άνωσης που διέκριναν οι άνθρωποι τότε, ενός ξύλου στην επιφάνεια της θάλασσα. Όλα ξεκίνησαν δηλαδή από ένα απλό, αλλά θεμελιώδη, νόμο της φυσικής, ο οποίος υπήρξε η αρχή για μια ριζική αλλαγή στις ζωές όλων μας. Παρακάτω θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή για το πώς τα πλοία μπήκαν στις ζωές μας από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Στις μέρες μας έχουμε φτάσει στο σημείο να μπορούμε να μεταφερθούμε οι ίδιοι καθώς και αρκετοί τόνοι από αγαθά τα οποία θα θέλαμε να μεταφέρουμε, οποιασδήποτε μορφής και να είναι αυτά. Για αυτό άλλωστε υπάρχουν και τόσοι διαφορετικοί τύποι πλοίων, για να εξυπηρετείται κάθε ανάγκη με το κατάλληλο πλοίο. Ο κάθε τύπος λοιπόν έχει και διαφορετικές ανάγκες διότι προορίζεται για διαφορετική παροχή υπηρεσιών προς τον άνθρωπο. Ο κινητήριος μοχλός ενός πλοίου είναι η κύρια μηχανή πρόωση η οποία επιτρέπει στο πλοίο να κινείται μέσω της καύσης ενός καυσίμου. Γι' αυτό παρακάτω θα εμβαθύνουμε στην λειτουργία καθώς και τις κατηγορίες κύριων μηχανών την σήμερον ημέρα, καθώς και στα καύσιμα τα οποία καταναλώνονται. Όσο τα χρόνια περνούν και το φαινόμενο του θερμοκηπίου γιγαντώνεται οι άνθρωποι προσπαθούν να βρουν πιο «πράσινους» τρόπους για να πραγματοποιούν τις μεταφορές τους. Κάποιους τρόπου θα αναλύσουμε παρακάτω στο ανάλογο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ιστορική Αναδρομή Ναυσιπλοΐας Από Την Αρχαιότητα Μέχρι Σήμερα

Την ακριβή χρονική στιγμή που ο άνθρωπος μπόρεσε να βγει στα «ανοιχτά» δεν μπορεί κανένας να την διευκρινίσει με απόλυτη βεβαιότητα. Κατά την διάρκεια της Πρώιμης Παλαιολιθικής περιόδου, δηλαδή πριν από περίπου 700.000 χρόνια, πρέπει να ξεκίνησαν τα πρώτα πειράματα του ανθρώπου εν πλω. Η σημαντικότερη στιγμή είναι πριν 200.000-500.000 χρόνια, καθώς ο άνθρωπος κατόρθωσε να διασχίσει την θάλασσα που συνέδεε την Αφρική με την Ευρώπη. Ακόμη σημαντικές είναι η διάσχιση των στενών του Γιβραλτάρ καθώς και του Βερίγγειου πορθμού.

Το επικρατέστερο σενάριο για την πρώτη πλευστή κατασκευή από τότε που ονομάζουμε τον άνθρωπο «homo erectus», το οποίο σημάει «όρθιος άνθρωπος», είναι μια απλή σχεδία η οποία επέτρεπε στους ανθρώπους να μετακινούνται όρθιοι άνω σε αυτή. Αυτού του είδους τις κατασκευές τις χρησιμοποιούσαν για να μπορέσουν να πλεύσουν πάνω σε ποτάμια, λίμνες και γενικότερα υδάτινα μονοπάτια. Η ανάγκη της κατασκευής δημιουργήθηκε λόγω του ότι οι φυλές ύστερα από πλημμύρες,



διασκορπίζονταν σε διάφορα σημεία και με αυτό το μεταφορικό μέσο μπορούσαν να έρθουν κοντά με μεγαλύτερη ευκολία.

Ενώ η τεχνολογία δεν έχει ανθίσει ακόμα σε εκείνα τα χρόνια, οι άνθρωποι τότε χρησιμοποίησαν μια δυνατότητά τους η οποία τους δίνεται με το που γεννιούνται, την παρατηρητικότητα. Παρατήρησαν λοιπόν τον αρχαιότερο «κατασκευαστή» σχεδίων πάνω στην γη, τον κάστορα, όπου πρέπει να τους δίδαξε αρχικά την έννοια τη πλεύσης. Τα επόμενα βήματα θα πρέπει να ήταν λοιπόν η ισορροπία πάνω σε κάποιον κορμό ενός δέντρου και η πρόωση μέσω του αέρα ή υποβοηθούμενη μέσω των χεριών τους, χρησιμοποιώντας τα ως κουπιά.



Εικόνα 1.1Α Σχεδία¹

Η ορολογία «σχεδία» περιγράφει τις πρώτες πλωτές απόπειρες των ανθρώπων πάνω από το νερό, περιέχει αρκετές κατηγορίες σκαφών όπως:

- Σχεδία από καλάμια, ήταν κατασκευασμένα από χοντρές δεσμίδες καλάμιών δεμένες αναμεταξύ τους
- Σχεδία από φλούδες των κορμών των δέντρων, τις οποίες τις έδεναν μεταξύ τους έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί ένα συμπαγές αποτέλεσμα
- Η «επιπλέουσα» σχεδία είναι μια κατασκευή από ένα σκελετό φτιαγμένο από ξύλο, στον οποίο προστίθεται μεγαλύτερη πλευστότητα μέσω φουσκωμένων δερμάτων, κολοκυθών ή σφραγισμένων αμφορέων

¹ <http://epikuros-epikuros.blogspot.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



- Τέλος η σχεδία από κορμούς είναι η σχεδία όπου έχουμε όλοι στο μυαλό μας, μια συστοιχία κορμών δέντρων ή μπαμπού δεμένους μεταξύ τους .

Το μέγεθος των σχεδίων διέφερε ανάλογα με την ανάγκη του κατόχου, δηλαδή ξεκινούσε από σχεδία μήκους ενός μέτρου που εξυπηρετούσε μόνον ένα επιβάτη και έφτανε και στα οχτώ – δέκα μέτρα όπου εξυπηρετούσε περισσότερους επιβάτες καθώς και ζώα.

Οι μεταγενέστερες ορολογίες «βάρκα» και «λέμβος» χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν κάτι πιο σύγχρονο, με ποικίλες τρόπους κατασκευής. Η βάρκα συνήθως ήταν φτιαγμένη από γερά δεμένα δεμάτια καλαμιών που διαμορφώνουν ένα κοίλο σχήμα το οποίο είναι πλήρως στεγανοποιημένο, χρησιμοποιώντας κατράμι ή άλλες ουσίες . Επίσης μπορούσε να φτιαχτεί από διάφορα τεμάχια φλοιού δέντρων τα οποία είχαν ραφτεί μεταξύ τους και στηρίζονταν από μια ξύλινη κατασκευή στο εσωτερικό της. Ακόμη κατασκευάζονταν από ένα κλειστό πλεκτό πλαίσιο το οποίο έμοιαζε με καλάθι, είτε από γενικότερα μια κατασκευή από ξύλο όπου στεγανοποιούταν με την επικάλυψη από ύφασμα ή δέρμα εμποτισμένο με κατράμι.

Η αρχή λοιπόν έγινε βλέποντας τον άνθρωπο να ανεβαίνει σε έναν απλό κορμό δένδρου ο οποίος έπλεε, στην συνέχεια μετά από πολλά χρόνια τα κλαδιά από το δέντρο αφαιρέθηκαν με την βοήθεια αιχμηρών εργαλείων που είχαν. Έπειτα αυτός ο κορμός έγινε κοίλος με την βοήθεια της φωτιάς και οστράκων για το σκάψιμο. Από σκαμμένο μονόξυλο λοιπόν εμπνεύστηκαν και οι δημιουργοί του κανό αυτήν την κατασκευή. Η ορολογία μονόξυλο έχει διεισδύσει και στις ξένες γλώσσες, όπως τα Γαλλικά «monoxyle» και τα Ιταλικά «monossile». Το μονόξυλο ήταν ένα άλμα της ναυπηγικής τεχνολογίας. Παρόμοιες κατασκευές χρησιμοποιούνται ακόμα στην Ωκεανία , Αφρική και Βόρεια Αμερική.



Εικόνα 1.1B Κορμός δέντρου²

Από την Παλαιολιθική καθώς και την Μεσολιθική εποχή δεν έχουν διασωθεί πηγές ή εικόνες πλοίων, για να μπορέσουμε να καταλάβουμε τις κατηγορίες των πλοίων και τις κατασκευαστικές μεθόδους όπου χρησιμοποιούσαν οι πρόγονοί μας. Τα συμπεράσματα που έχουμε βγάλει είναι καθαρά εικασίες και έμμεσες πληροφορίες. Από την Νεολιθική εποχή και μετά βέβαια υπάρχουν βραχογραφίες και πολλών ειδών χαράγματα που έχουν σχεδιασμένα πλοία, ενώ ακόμα πιο μετά, στην εποχή του Χαλκού υπάρχουν χαράξεις πάνω σε πήλινα αγγεία καθώς και ομοιώματα πλοίων από πηλό. Όσο πέρασαν τα χρόνια ακόμα περισσότερες πληροφορίες και μαρτυρίες φτάνουν στα χέρια των ερευνητών, όπως τοιχογραφίες, ξύλινα ή μεταλλικά ομοιώματα, απεικόνιση σε σφραγίδες, μέχρι και στα νομίσματα.

Η πηγή που κατανοήσαμε περισσότερο τις λεπτομέρειες της κατασκευής των πλοίων είναι κατά κύριο λόγο η ενάλια αρχαιολογία, η οποία μας έδωσε αρκετές εικόνες και γραπτές πηγές όπου περιγραφόντουσαν αρχαία πολεμικά και εμπορικά πλοία. Οι μελετητές δεν είχαν ποτέ οπτική επαφή όμως με ένα πλοίο εκείνων των χρόνων και αυτός ήταν ο λόγος ο οποίος δεν μπορούσαν να δώσουν τις τελικές πληροφορίες. Αυτό επιτεύχθηκε την στιγμή που ανακαλύφθηκε το σκάφος ειδικό για καταδύσεις που ονομάζετε SCUBA (Self Contained Diving Apparatus) με το οποίο κατάφεραν να φτάσουν στον πυθμένα και να έρθουν σε επαφή με τα απομεινάρια αρχαίων πλοίων καθώς και των φορτίων των οποίων μετέφεραν.

Η γη των Φαραώ, η Αίγυπτος, είναι τόπος εύρεσης των αρχαιότερων πλοίων καθώς λόγω του τεράστιου ποταμού Νείλου που την διασχίζει είχαν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό οι ναυπηγικές τεχνικές. Οι πληροφορίες μας ξεκινούν από τις αρχές της 4^{ης} χιλιετίας π.Χ. όπου κατασκευάζονταν σχέδια της Γερζεάνης (Νάκαντα) από πάπυρο, οι οποίες μετεξελίχθηκαν σε σύνθετες κατασκευές φτιαγμένες από ξύλο, μια χιλιετία αργότερα. Την ίδια περίπου χρονολογία οι κάτοικοι της Μεσοποταμίας

² <http://epikuros-epikuros.blogspot.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



κατασκεύαζαν και αυτοί με την σειρά τους σχεδίες φτιαγμένες από καλάμια και χρησιμοποιούσαν ως τρόπο στεγάνωσης το κατράμι. Επικεντρώνοντας στην χώρα μας, την Ελλάδα, θα χρειαστεί να αναφέρουμε ότι οι λαοί οι οποίοι βρέχονται από την μεσόγειο έχουν αρκετά κοινά στοιχεία στην τεχνολογία κατασκευής, καθώς ο ένας λαός «έκλεβε» από τον άλλον τεχνικές. Με αυτήν την πληροφορία, όπως είναι λογικό, καταλαβαίνουμε ότι δεν υπάρχει κάτι ξεχωριστό σε κατασκευή που να διαχωρίζει τους λαούς μεταξύ τους. Ωστόσο η μεταφορά της γνώσης και τεχνογνωσίας, αργούσε να γίνει αποδεκτή από λαό σε λαό, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της εξέλιξης σε κάποια γεωγραφικά σημεία.

Τα ελάχιστα στοιχεία της Νεολιθικής περιόδου

Στην εποχή της Νεολιθικής Ελλάδας οι δηλώσεις σκαφών είναι πολύ λίγες. Τα μόνα δημοφιλή υπολείμματα τις αρχαιολογικής περιόδου ανακαλύφθηκαν το 1992 στη λίμνη της Καστοριάς, στο Δισπηλιό, στη Μακεδονία. Ένα λιμναίο σκάφος, ένα μονόξυλο μήκους 3,30 μέτρα, που η χρονολογία του φτάνει στις αρχές της Ύστερης Νεολιθικής ή ακόμα και στα τέλη της Μέσης Νεολιθικής εποχής, είχε διατηρηθεί σε καλή κατάσταση μέσα στην λάσπη της λίμνης. Παρόλα αυτά, ανάμεσα σε μία αφθονία αντικειμένων που ανακαλύφθηκαν στον οικισμό του Δισπηλιού, τα οποία υπόκεινται ακόμα στη διαδικασία της μελέτης και της χρονολόγησης, ανακαλύφθηκαν τουλάχιστον δέκα πήλινα ομοιώματα μονόξυλων – τα πιο πολλά σε θραύσματα. Ένα από αυτά είναι σχεδόν ακέραιο, το οποίο έχει μήκος 20,50 εκατοστά και χρονολογείται επίσης στα τέλη της Μέσης Νεολιθικής εποχής.

Ακόμα υπάρχουν δύο βραχογραφίες από την Κορφή τ' Αρωνιού, στο κυκλαδικό νησί της Νάξου, που παριστάνουν πλοία. Το πρώτο παρουσιάζει ένα πλοίο πάνω στο οποίο στέκονται δύο ανθρώπινες μορφές, ενώ στο δεύτερο ένα βοοειδές και μια αίγα βρίσκονται σε ένα πλοίο, ενώ μια ανθρώπινη μορφή επιβιβάζεται σε αυτό. Αυτή η παράσταση, της Ύστερης Νεολιθικής εποχής, παρουσιάζει ένα σκάφος σε καλή κατάσταση, με υπερυψωμένη πλώρη και αρκετή σταθερότητα και μέγεθος που του επιτρέπει τη μεταφορά ενός ζώου εξημερωμένου.

Τα εξελιγμένα πλοία των Μινωιτών και η τοιχογραφία του Ακρωτηρίου (Θήρα) κατά την Εποχή του Χαλκού

Με την εξάπλωση της χρήσης των χάλκινων εργαλείων οι άνθρωποι των ναυπηγείων συνέχισαν να αναπτύσσουν τις τεχνικές και την απόδοση τους και η ενίσχυση της ναυπηγικής έφτασε στην κορύφωση της με τα εκπληκτικά ξύλινα πλοία των Κυκλαδιτών, των Μινωιτών και των Μυκηναίων, που χρονολογούνται από το 16^ο έως το 12^ο αιώνα π.Χ.

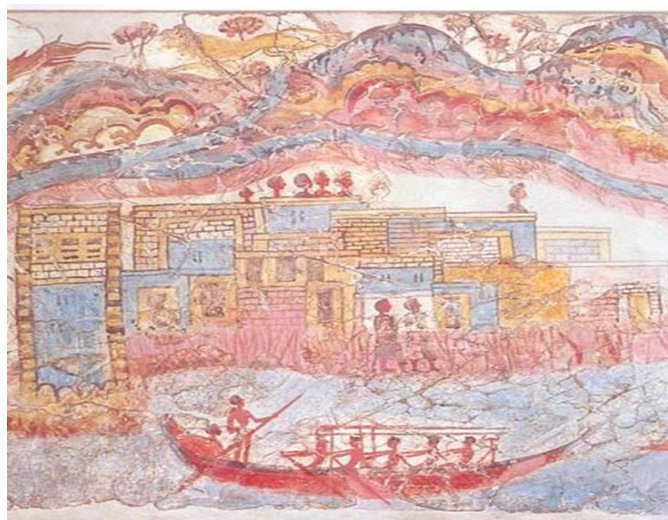
Οι πρώτες παραστάσεις των πλοίων της Πρώιμης εποχής του Χαλκού φαίνεται να χρονολογούνται στην 3^η χιλιετία π.Χ. και έρχονται από τα νησιά των Κυκλάδων και την Κρήτη. Πολλά μακρά πλοία με μεγάλο αριθμό κουπιών εμφανίζονται



χαραγμένα στα λεγόμενα «τηγανόσχημα» σκεύη. Αυτά ήταν πήλινα αγγεία, κυκλικού σχήματος και με χαμηλό χείλος, για την χρήση των οποίων υπάρχουν ακόμα διαμάχες μεταξύ των αρχαιολόγων. Χρονολογούνται από το 2800 μέχρι το 2300 π.Χ. Από την ίδια περίοδο υπάρχουν στην διάθεση μας ορισμένα πήλινα ομοιώματα πλοίων από το Μόγλο, στην Κρήτη, και μια παράσταση πλοίου από τον Ορχομενό της Βοιωτίας.

Ένας μεγάλος όγκος σφραγίδων και δαχτυλιδιών, ιερού χαρακτήρα, από τη 2^η χιλιετία π.Χ., καθώς και πήλινα ομοιώματα πλοίων και τοιχογραφίες από την Κρήτη, ενισχύουν τη θεωρία της μινωικής θαλασσοκρατίας.

Η πιο σημαντική όμως αρχαιολογική απόδειξη που συνδέεται με τη ναυπηγική της Εποχής του Χαλκού στο Αιγαίο ανακαλύφθηκε το 1971, την ώρα που πραγματοποιούνταν ανασκαφές στο Ακρωτήρι, στο ηφαιστειογενές νησί της Θήρας (Σαντορίνη). Είναι επίσης σημαντικό να επισημάνουμε ότι στη λεγόμενη «πομπή των πλοίων», στην γνωστή τοιχογραφία της «Δυτικής Οικίας», εμφανίζονται όλα τα μέσα για να κινείται ένα πλοίο: το πανί, τα κουπιά τα οποία στηρίζονται σε σκαρμούς και η ελεύθερη κωπηλασία. Η τοιχογραφία φαίνεται να χρονολογείται στα μέσα του 16^{ου} αιώνα π.Χ., λίγα χρόνια προτού η έκρηξη του ηφαιστείου όπου κατέστρεψε την πόλη του Ακρωτηρίου και επηρέασε τη γεωμορφολογία σχεδόν ολόκληρου του νησιού της Θήρας. Την ίδια στιγμή μετά από την καταστροφή που προκλήθηκε, εμφανίστηκε η ελαφρόπετρα η οποία προστάτευσε τη θέση. Οι κατοικίες οι οποίες σε μερικές περιπτώσεις έφταναν σε ύψος τους τρεις ορόφους διατηρήθηκαν σε εξαιρετική κατάσταση.



Εικόνα 1.1C Τοιχογραφία στο δωμάτιο 5 της Δυτικής Οικίας³

Αξίζει να σημειωθεί ότι παγκοσμίως, οπουδήποτε η ταρσοπλοία έχει διασωθεί, υπήρξε ελάχιστη άνοδος στη ναυπηγική και τα σκάφη έχουν παραμείνει πρωτόγονα. Στο Αιγαίο, ωστόσο, παρατηρείται μια πραγματική έκρηξη στην δημιουργία πλοίων,

³ <http://zervonikolakis.lastros.net/santorini2.html> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



όπου προόδευσε σταθερά κατά τη διάρκεια της Εποχής του Χαλκού, καθώς τα νέα εργαλεία βοήθησαν ιδιαίτερα στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Το μέγεθος των πλοίων μεγάλωσε και τα χαρακτηριστικά τους συνεχώς γίνονταν καλύτερα από τη στιγμή που οι λίθινες πλάνες, τα τοξωτά τρυπάνια και τα σκεπάρνια αντικαταστάθηκαν με μεταλλικά εργαλεία.

Δεν παρέχουμε εικόνες πλοίων στο χώρο της Ελλάδας τόσο στην ηπειρωτική χώρα όσο και τα νησιά πριν από την 3^η χιλιετία, εκτός από τις βραχογραφίες της Νάξου και τα ομοιώματα πλοίων του Δισπηλιού που αναφέρθηκαν νωρίτερα, η αιτία ίσως να είναι πως η άνοδος της στάθμης της Μεσογείου, όπου στην περιοχή του σπηλαίου Φράγγθι είναι πάνω από 100 μ. Από τη Μεσολιθική εποχή, ίσως κάλυψε ανάλογα στοιχεία. Με αποτέλεσμα οι απεικονίσεις βαρκών σε βραχογραφίες ή χαράγματα που κάποτε στόλιζαν τμήματα των σπηλαίων κοντά στις ακτές έχουν χαθεί.

Όμως από τα τέλη της 3^{ης} χιλιετίας και έπειτα υπάρχει ο ισχυρισμός μιας πληθώρας εξαιρετικών εικόνων πλοίων από την ελληνική ηπειρωτική χώρα και τα νησιά, που αποδεικνύει το υψηλό επίπεδο της ναυτικής τέχνης.

Στα τέλη της Μυκηναϊκής περιόδου, οι ανακαλύψεις του Κύνου, στην Κεντρική Ελλάδα (1.200 π.Χ.), επαληθεύουν για πρώτη φορά τη διαφοροποίηση μεταξύ του εμπορικού και του πολεμικού πλοίου. Πριν από αυτή την περίοδο τα εμπορικά πλοία κινούνταν, όταν ήταν ανάγκη, ακόμα και στον πόλεμο. Τα πλοία που αναφέρονται στα ομηρικά έπη πιο πιθανόν έμοιαζαν με τα πλοία που εμφανίζονται στα κεραμικά όστρακα που ανακαλύφθηκαν στη θέση του Κύνου όπου βρίσκεται κοντά στην Αταλάντη στις αιγιακές ακτές της Κεντρικής Ελλάδας.

Αφού εξαφανίστηκε ο μυκηναϊκός πολιτισμός γύρω στο 1150 π.Χ, και κατά την διάρκεια των τριών σχεδόν αιώνων που ακολούθησαν, γνωστοί ως Σκοτεινοί Αιώνες, δεν υπάρχουν κάποιες εικόνες πλοίων. Ωστόσο υπάρχουν στοιχεία που φανερώνουν μετανάστευση από την ηπειρωτική Ελλάδα και τα νησιά του Αρχιπελάγους στις ακτές της Μικράς Ασίας και την Κύπρο.

Κατά την διάρκεια των Σκοτεινών Αιώνων η απουσία γραπτών στοιχείων δε σημαίνει πως οι Έλληνες δεν είχαν γλώσσα, με αποτέλεσμα η έλλειψη εικονογραφικών μαρτυριών από ναυτικούς δεν είναι απόδειξη κενού στη ναυπηγική και τη ναυσιπλοΐα. Από την άλλη πλευρά τα μακρόστενα σκαριά που καταγράφονται στην περίοδο που ακολουθεί (8^{ος} αι. π.Χ.) συνθέτουν απόδειξη της πορείας των ελληνικών ναυτικών δραστηριοτήτων.

Τα ομοιώματα πλοίων της Κύπρου

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα καλύτερα και πιο περίτεχνα πήλινα ομοιώματα πλοίων της 1^{ης} και 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. βρέθηκαν σε τάφους στο νησί της Κύπρου ή σε μικρό βάθος στο βυθό της θάλασσας. Το νησί όπου είχε στενούς δεσμούς με την



ηπειρωτική Ελλάδα από τα μέσα της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. είχε κατοικηθεί στη Μυκηναϊκή εποχή από Έλληνες από την Αρκαδία, τη Σαλαμίνα, το Άργος και την Κυρήνεια.

Τα κυπριακά πήλινα ομοιώματα πλοίων που ανακαλύφθηκαν κατά την διάρκεια ανασκαφών ή ανασύρθηκαν από τα δίχτυα των ψαράδων είναι πολύ περισσότερα από το συνολικό αριθμό των ομοιωμάτων πλοίων από τα ελληνικά νησιά, τη Μικρά Ασία και την ηπειρωτική Ελλάδα μαζί. Ορισμένα από τα ομοιώματα αυτά είναι μεγάλα σε μέγεθος και γεμάτα με ανθρώπινες μορφές, αντίθετα με άλλα παρόμοια αντικείμενα. Οι πιο μεγάλες και πιο λεπτομερείς παραστάσεις φέρουν το λιγότερο από 9 μορφές πάνω τους. Ορισμένες από αυτές τις πολυάνθρωπες σκηνές έχουν μεταφραστεί ως τελετουργικές, άλλες μπορεί απλώς να παριστάνουν τον καπετάνιο και το πλήρωμα του.

Η Εποχή του Σιδήρου και οι πολυήρεις της Γεωμετρικής περιόδου

Από τη Γεωμετρική και την Αρχαϊκή περίοδο μερικά παραδείγματα της αγγειογραφίας με απεικονίσεις πλοίων έχουν διατηρηθεί. Είναι η περίοδος της εξέλιξης του μακρού πλοίου το οποίο εμφανίζεται με ένα μεγάλο αριθμό κουπιών και συχνά με παραπάνω από μια σειρά κωπηλατών. Οι πολυήρεις κάνουν την εμφάνισή τους με μια καινοτομία, το έμβολο, ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο όπλο που πλέον αποτελούσε τμήμα κάθε πλοίου που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί σε πόλεμο. Αυτά τα κωπήλατα πολεμικά πλοία που για πρώτη φορά εμφανίζονται τον 8ο αι. π.Χ. θα συνεχίσουν να έχουν τον έλεγχο στη Μεσόγειο για είκοσι τρεις ακόμα αιώνες. Η ναυμαχία της Ναυπάκτου, που έγινε το 1571, ανάμεσα στον ενωμένο χριστιανικό και τον οθωμανικό στόλο στην είσοδο του Κορινθιακού κόλπου, σηματοδότησε το τέλος της κυριαρχίας της πολυήρους στις θάλασσες. Στα επόμενα διακόσια πενήντα χρόνια στον πόλεμο στη θάλασσα θα κυριαρχούν οι τακτικές των μεγάλων ιστιοφόρων. Οι περισσότερες από τις πρώιμες γεωμετρικές απεικονίσεις πλοίων φιλοτεχνήθηκαν πάνω σε κρατήρες, μεγάλα κεραμικά αγγεία, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων έχει ανακαλυφθεί στην ηπειρωτική Ελλάδα, κυρίως στη Βοιωτία και την Αττική. Οι πιο καλές και μεγαλύτερες πρώιμες γεωμετρικές απεικονίσεις χρονολογούνται στον 8ο αι. π.Χ. Ένα παράδειγμα με προέλευση από την Βοιωτία είναι ένας κρατήρας από τη Θήβα, που χρονολογείται στα 735-710 π.Χ. και βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο. Απεικονίζει ένα μεγάλο πλοίο με τρία επίπεδα κωπηλατών: είναι το πρώτο παράδειγμα μιας τριήρους.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτή ήταν η περίοδος που ο β' ελληνικός αποικισμός έφτασε στο απόγειό του (8ος-6ος αι. π.Χ.) και οι εμπορικοί θαλάσσιοι δρόμοι διέτρεχαν πλέον όλη τη Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα. Τα ελληνικά πλοία έπλεαν τακτικά από τα ελληνικά λιμάνια της ηπειρωτικής χώρας, τα νησιά, τις ακτές της Μικράς Ασίας, στη Μαύρη θάλασσα, τη Μεγάλη Ελλάδα, στις ελληνικές αποικίες της Νότιας Γαλλίας, συνεχίζοντας δυτικά έως τις Στήλες του Ηρακλέους και ακόμα παραπέρα. Έφτασαν ακόμα στις Βόρειες Θάλασσες, τις Κασσιτερίδες Νήσους (Βρετανικά νησιά). Τα πλοία αυτά εκτός από εμπορεύματα στα αμπάρια τους και



επιβάτες στα καταστρώματά τους, μετέφεραν επίσης την κουλτούρα και τα 11 ιδανικά του ελληνικού πολιτισμού. Ο Πυθέας, ένας Έλληνας ναυτικός από τη Μασσαλία, την εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου, το 330-320 π.Χ., έφτασε πέρα από τις Στήλες του Ηρακλέους, δηλαδή τα Στενά του Γιβραλτάρ, και πραγματοποίησε ένα ταξίδι στη μυθική Θούλη του Βορρά. Ο Πυθέας δεν ήταν ο πρώτος που ταξίδεψε προς τη Δύση αφού ακολούθησε το θαλασσινό δρόμο των παλαιότερων Ελλήνων ναυτικών. Θα πρέπει να επισημάνουμε επίσης ότι τα αρχαία πλοία ήταν για την εποχή τους το πιο μεγάλο, πιο σύνθετο και περίπλοκο τεχνολογικό επίτευγμα.

Η Κλασική περίοδος και το Πλοίο της Κερύνειας

Στην τοποθεσία του Κάστρου των Σταυροφόρων της Κερύνειας στην Κύπρο, μπορούμε να βρούμε σήμερα ένα αρχαίο εμπορικό πλοίο με τους αμφορείς που αποτελούσαν το φορτίο του. Το πλοίο ανακαλύφθηκε το 1967, σε βάθος μόλις 52 μ. έξω από το λιμάνι της Κερύνειας. Το ανέσυραν, το μελέτησαν, το συντήρησαν και αποκαταστάθηκε με τρόπο ώστε να δίνει μια σχεδόν πλήρη εικόνα για τον τρόπο κατασκευής ενός εμπορικού πλοίου τον 4ο αι. π.Χ. Θεωρούν ότι το πλοίο βυθίστηκε ύστερα από επίθεση πειρατών το 390 π.Χ. Εξαιτίας της καλής κατάστασης διατήρησής του – περίπου 75% του ξύλου του σκαριού διασώθηκε και αποκαταστάθηκε – το πλοίο έχει μοναδική σημασία για τη μελέτη των ναυπηγικών τεχνικών της Αρχαιότητας και έγινε γνωστό στους μελετητές της ναυτικής αρχαιολογίας ως το Πλοίο της Κερύνειας. Το Ελληνικό Ινστιτούτο για την Προστασία της Ναυτικής Παράδοσης στην Αθήνα, με τη συνεργασία επιστημόνων του Ινστιτούτου Ναυτικής Αρχαιολογίας του Τέξας οι οποίοι είχαν συμβάλει στην ανασκαφή του αρχαίου πλοίου, ολοκλήρωσε ένα πρόγραμμα πειραματικής αρχαιολογίας. Κατά τη διάρκεια αυτού του προγράμματος το οποίο διήρκεσε από το 1982 μέχρι το 1985 δημιουργήθηκε ένα αντίγραφο σε φυσικό μέγεθος σε ένα παραδοσιακό ναυπηγείο του Περάματος, κοντά στον Πειραιά.

Το αντίγραφο είχε τις ίδιες διαστάσεις, 15 μ. μήκος, με το πρωτότυπο, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και τα ίδια υλικά και εργαλεία ναυπηγικής όπως αυτά στην Αρχαιότητα. Σε αντίθεση με τη μοντέρνα τεχνική που κυριαρχεί στην παραδοσιακή ναυπηγική ξύλινων σκαφών, όπου μετά το στήσιμο της καρίνας τοποθετούνται πρώτα οι νομείς, στο «Κερύνεια II» εφαρμόστηκε η μέθοδος που χρησιμοποιούνταν από τους αρχαίους ναυπηγούς. Αυτή η μέθοδος θέλει τη συναρμογή πρώτα του εξωτερικού κελύφους του σκαριού. Γνωστή πρώτα ως -το πέτσωμα- (shell-first) ή κελυφική, αυτή η μέθοδος από όσο γνωρίζουμε μέχρι τώρα, είναι η μοναδική μέθοδος που εφαρμοζόταν κατά την Αρχαιότητα. Τα διάφορα μέρη του ναυαγίου που έλειπαν όπως το κατάρτι, το τετράγωνο πανί, η σκάτσα, τα πηδάλια, τα κουπιά, η εξάρτηση, η κουπαστή, τα καταστρώματα, συμπληρώθηκαν με βάση την έρευνα σε εικονογραφικά στοιχεία της ίδιας περιόδου. Από το 1985 μέχρι το 1987, το «Κερύνεια II», με ένα πλήρωμα που απαρτιζόταν από τέσσερις άνδρες, συμπεριλαμβανομένου του καπετάνιου ταξίδεψε για πάνω από 2.000 ναυτικά μίλια σε μια δοκιμή να κατανοήσουν οι μελετητές πώς ένα πλοίο που είχε κατασκευαστεί με την κελυφική μέθοδο στο τέλος της Κλασικής περιόδου έπλεε τον καιρό του Μεγάλου Αλεξάνδρου



και των επιγόνων του. Η γνώση μας πάνω στη ναυπηγική και τη ναυσιπλοΐα της Αρχαιότητας αναπτύχθηκε σημαντικά χάρη σε αυτή την προσπάθεια πειραματικής αρχαιολογίας που μέχρι σήμερα παραμένει μοναδική.

Οι γίγαντες των θαλασσών της Ελληνιστικής και της Ελληνορωμαϊκής εποχής

Η Ελληνιστική Εποχή απλώνεται από το θάνατο του Μεγάλου Αλεξάνδρου το 323 π.Χ. έως το 30 π.Χ., χρονιά θανάτου της Κλεοπάτρας Ζ', που σηματοδότησε το τέλος της δυναστείας των Πτολεμαίων (μερικοί ιστορικοί πιστεύουν ότι ο Ελληνιστικός Κόσμος στην Ανατολή συνεχίζεται μέχρι τον 3ο, ακόμα και τον 4ο αι. μ.Χ. και το τέλος της αρχαίας ειδωλολατρίας) ήταν η εποχή του γιγαντισμού στα εμπορικά και πολεμικά πλοία. Οι πολυήρεις εξελίχθηκαν και αυξήθηκαν σε μέγεθος και σε αριθμό πάγκων για τους κωπηλάτες. Έχουμε γνώσεις σχετικά με τις διήρεις και τις τριήρεις όταν ωστόσο πρόκειται για μεγαλύτερα πλοία, με περισσότερες σειρές κουπιών, είναι δύσκολο να κατανοήσουμε την πολύπλοκη δομή τους. Υπάρχει επίσης η αμφιβολία στη σημασία των αριθμών. Τι συνέβαινε με την «τεσσαραντακόντορος» του Πτολεμαίου; Η «τεσσαραντακόντορος» ήταν πράγματι ένα πλοίο με 40 πάγκους κουπιών. Αυτοί οι «γίγαντες» των θαλασσών έφεραν προβληματισμούς στους μελετητές για αιώνες και πολλά ερωτήματα που έχουν διατυπωθεί παραμένουν αναπάντητα. Παρά τις έρευνες για τις περισσότερες πολυήρεις, είναι γεγονός ότι κατά τους Ελληνιστικούς χρόνους έχουμε ένα μεγάλο αριθμό απεικονίσεων πλοίων, συμπεριλαμβανομένων πολλών χαραγμάτων, που έχουν βοηθήσει πολύ τους μελετητές του πεδίου να κατανοήσουν την πολύπλοκη μέθοδο της κατασκευής των πλοίων. Μερικά από αυτά ήταν πελώρια και πιθανότατα μπορούσαν να αγκυροβολήσουν μόνο σε πολύ μεγάλα λιμάνια όπως της Αλεξάνδρειας ή των Συρακουσών.



Εικόνα 1.1D Ρωμαϊκή πολυήρης με πολεμικούς πυργίσκους στο κατάστρωμα της⁴

Οι τεχνικές ναυπηγικής εν συντομία

Η μελέτη των λεπτομερειών κατασκευής των αρχαίων πλοίων μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο επιφανειακά και με περιληπτικό τρόπο μέσα από αυτό το κείμενο. Αρχικά πρέπει να αναφερθεί πως όλα τα πλοία της Μεσογείου φτιάχνονταν με την κελυφική τεχνική. Η τεχνική αυτή εμφανίζεται σε όλα τα πλοία που έχουν βρεθεί στην Αίγυπτο, στην Ελλάδα, στις ακτές της Ανατολικής Μεσογείου και γενικότερα την Ανατολική και Δυτική Μεσόγειο, καθώς και στη Μαύρη θάλασσα. Η μέθοδος προτείνεται στο αρχικό στήσιμο της καρίνας, του πλωριού και του πρυμνιού ποδοστήματος στην συνέχεια ακολουθεί η συναρμογή των σανίδων του πετσώματος, δηλαδή του κελύφους του σκαριού. Με τη μέθοδο εντορμίας και τένοντα στήνεται το σκαρί του πλοίου. Όταν τελικά ολόκληρο το «κέλυφος» ήταν σταθερό στη θέση του, τότε ο ναυπηγός προσέθετε τους νομείς, για να χρησιμοποιηθούν ως αντιστήριγμα στη δύναμη της θάλασσας. Κατά την ύστερη Ρωμαϊκή και την Πρώιμη Βυζαντινή εποχή (5ος-7ος αιώνας), εξελίχθηκε σταδιακά η σκελετική μέθοδος και αργότερα τα πλαϊνά πηδάλια αντικαταστάθηκαν από το κεντρικό πηδάλιο της πρύμνης. Η αργή αυτή διαδικασία ολοκληρώθηκε τον 11ο αιώνα. Μετά το τέλος της περιόδου αυτής δεν υπάρχουν άλλα λείψανα πλοίων φτιαγμένων με την κελυφική μέθοδο, καθώς πλέον χρησιμοποιείται η σκελετική. Το τριγωνικό πανί εμφανίστηκε γύρω στον 4ο-5ο αι. μ.Χ. και αργότερα ο πλαϊνός μηχανισμός διεύθυνσης σταδιακά αντικαταστάθηκε από το κεντρικό πηδάλιο και τη μονή λαγουδέρα. Η καμπύλη καρίνα που ήταν αναγκαία για τα πλαϊνά πηδάλια και ιδανική για την κελυφική μέθοδο γίνεται πλέον ίσια. Ένας ακόμα εκσυγχρονισμός είναι τα ξύλινα βαρέλια που αντικαθιστούν τους πήλινους αμφορείς ως δοχεία μεταφοράς του φορτίου των πλοίων. Η κελυφική μέθοδος

⁴ <https://periklisdeligiannis.wordpress.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



κατασκευής πλοίων ήταν κυρίαρχη δύναμη σε όλη τη Μεσόγειο θάλασσα από την αυγή της ιστορίας. Υπάρχει επίσης και στο «Πλοίο της Κερύνειας» του 4ου αι. π.Χ., όπως και στο εμπορικό πλοίο που βυθίστηκε τον 1ο αι. π.Χ. στα Αντικύθηρα. Δετά, ραμμένα, συναρμολογημένα με συνδέσμους εντορμίας και τένοντα, όλα τα πλοία της ελληνικής αρχαιότητας κατασκευάστηκαν με την κελυφική μέθοδο. Αυτό που ανάγκασε την αλλαγή στη μέθοδο συναρμογής ήταν η ανάγκη μείωσης του κόστους. Το ξύλο είχε γίνει σπάνιο αγαθό και τα ικανά χέρια των βοηθών του ναυπηγού κόστιζαν περισσότερο. Η κελυφική μέθοδος έχει εξαιρετικό κόστος σε ξύλο που πετιέται και σε εργατοώρες. Το πλάνισμα των σανίδων του σκαριού στο επιθυμητό σχήμα σημαίνει την απώλεια τουλάχιστον των 2/5 του ξύλου σε σχέση με το κόψιμο ίσων σανίδων με ένα πριόνι και το κάρφωμά τους σε έναν προκατασκευασμένο σκελετό, ενώ και η ώρα που χρειάζεται για εργασία είναι τουλάχιστον διπλάσια. Ανάμεσα στον 7ο και το 10ο αιώνα, η κελυφική μέθοδος συνέχιζε να συνυπάρχει με τη σκελετική και μόνο τότε εξαφανίστηκε. Η σκελετική μέθοδος κυριάρχησε κατά τη διάρκεια των Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών χρόνων.

Μετά το τέλος του αρχαίου κόσμου

Η ναυτιλία των Ελλήνων συνεχίστηκε κατά τη διάρκεια των χρόνων του Μεσαίωνα αφού υπήρχε στην ηπειρωτική χώρα, αλλά και σε μεγάλα και μικρά νησιά, η ναυπηγική και η ναυσιπλοΐα ήταν πάντα μια απόλυτη ανάγκη. Ορισμένα από τα μικρότερα νησιά του Αιγαίου είναι τόσο άγονα με αποτέλεσμα οι κάτοικοί τους μόνο χάρη στην ασχολία τους με τη θάλασσα μπορούσαν να επιβιώσουν. Στο τέλος του αρχαίου κόσμου, όταν η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία χωρίστηκε σε Ανατολική και Δυτική, η Ελλάδα ήταν τμήμα του ανατολικού μέρους. Η Κωνσταντινούπολη, η Νέα Ρώμη, ήταν η πρωτεύουσα της Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Στους αιώνες που ακολούθησαν εξακολούθησαν να φτιάχνονται πλοία στην Ελλάδα με τη σκελετική μέθοδο, που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα, σε ένα μικρό πλέον αριθμό παραδοσιακών ταρσανάδων διασκορπισμένων στην Ελλάδα. Έχουμε την δυνατότητα να γνωρίζουμε τα πλοία της Βυζαντινής και Μεταβυζαντινής περιόδου χάρη στις διάφορες απεικονίσεις τους, στα εικονογραφημένα χειρόγραφα, τα μωσαϊκά, την εφυαλωμένη κεραμική, τις αφηγήσεις των ξένων ταξιδιωτών και τις εικονογραφήσεις των ταξιδιών τους. Κατά τη διάρκεια της Οθωμανικής περιόδου που είχε διάρκεια από τα μέσα του 15ου αιώνα μέχρι τις αρχές του 19ου, η Ελλάδα, μολονότι ένα μεγάλο μέρος της ισχύος της χάθηκε, συνέχισε να δραστηριοποιείται στο θαλάσσιο εμπόριο και συνέχισε να κατασκευάζει πλοία μικρού και μεσαίου μεγέθους. Οι Τούρκοι, λόγω του ότι υστερούσαν σε ναυτική παράδοση, απασχολούσαν μεγάλο αριθμό Ελλήνων ναυτικών στους πολεμικούς και εμπορικούς τους στόλους. Στα τέλη του 18ου αιώνα λόγω του θαλάσσιου εμπορίου ορισμένα ελληνικά νησιά είχαν γίνει πλούσια. Οι Σπέτσες, τα Ψαρά, η Ύδρα, παρότι νησιά μικρά και άγονα, είχαν ήδη επωφεληθεί από τις ναυτικές ικανότητες των κατοίκων τους και είχαν κατασκευάσει σημαντικούς στόλους. Γίνονταν παραγγελίες σε μεγάλα πλοία από το εξωτερικό, ιδιαίτερα από τα



γαλλικά ναυπηγεία, ενώ τα πιο μικρά εξακολουθούσαν να κατασκευάζονται στους τοπικούς ταρσανάδες. Λόγω των Ναπολεόντειων πολέμων και τον αποκλεισμό των γαλλικών λιμανιών από το αγγλικό ναυτικό δημιουργήθηκε μια σημαντική στροφή στη σύγχρονη ελληνική ναυτιλία. Τολμηροί καπετάνιοι από αυτά τα περίφημα ναυτικά κέντρα επανειλημμένα έσπαζαν τον αγγλικό αποκλεισμό και ως αποτέλεσμα αυτού μεγάλος πλούτος συσσωρεύτηκε στις πατρίδες τους. Αυτό ακολούθως βοήθησε την δημιουργία ολοένα και περισσότερων πλοίων. Η βοήθεια των εμπορικών στόλων της Ύδρας, των Σπετσών και των Ψαρών στον αγώνα της ανεξαρτησίας του 1821 ενάντια στην οθωμανική κυριαρχία ήταν αποφασιστική. Από τα αρχικά 700 ελληνικά πλοία που έπλεαν στην αρχή της εξέγερσης, μόνο τα 150 είδαν το τέλος των εχθροπραξιών. Αφού ιδρύθηκε το ανεξάρτητο ελληνικό κράτος το 1832, οι Έλληνες ναυτικοί ήταν ανυπόμονοι να χρησιμοποιήσουν τις μοντέρνες τεχνολογίες, αρχικά την ατμοκίνηση, έπειτα την κατασκευή σκαριών όχι πια από ξύλο αλλά από ενωμένες σιδερένιες πλάκες. Οι ιδιοκτήτες πλοίων, που συχνά ήταν και οι καπετάνιοι αυτών, από νησιά όπως η Άνδρος, οι Οινούσες, η Χίος και η Σύρος, έκαναν εμπόριο σε όλο τον κόσμο ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα. Το γεγονός ότι σήμερα ο εμπορικός στόλος της Ελλάδας διαθέτει τη μεγαλύτερη χωρητικότητα στον κόσμο δεν οφείλεται μόνο στην ικανότητα των Ελλήνων πλοιοκτητών, αλλά κυρίως είναι το αποτέλεσμα μιας μεγάλης και μακράς ναυτικής της ναυσιπλοΐας των Ελλήνων.

1.2 Ιστορική αναδρομή πλοίων

Ναυπηγείται από τους Κορίνθιους η Τριήρης

Ανάμεσα στο 650-610 π.Χ. ναυπηγείται για πρώτη φορά στην Κόρινθο (ή στη Σάμο) από τον Κορίνθιο Αμεινοκλή η αρχαία τριήρης, η οποία 2500 χρόνια μετά την πρώτη τριήρη ταξιδεύει ξανά τα ελληνικά νερά. Απόγειο της αρχαίας ναυπηγικής η τριήρης έγινε σύμβολο της Αθηναϊκής Δημοκρατίας τόσο για την κομψή εμφάνιση της όσο και για την κατασκευή της. Αναμφίβολα θεωρείτε το πιο περίφημο πλοίο της αρχαιότητας και η κατασκευή του βοήθησε στην εδραίωση της αθηναϊκής θαλασσοκρατίας. Η Ολυμπία είναι αντίγραφο της τελικής μορφής, του αρχαίου σκάφους όπως το γνωρίζουμε από το τέλος 1,50 μ. βύθισμα και εκτόπισμα περίπου 70 τόνοι. Απαρτιζόταν από πλήρωμα 210-216 ανδρών από τους οποίους οι 170 ήταν κωπηλάτες, 85 από κάθε πλευρά, κατανεμημένοι σε τρεις πλευρές. Μέγιστη ταχύτητα 9-12 μίλια ανά ώρα. Ανώτατος διοικητής του πλοίου ήταν ο τριήραρχος με τη βοήθεια 5 αξιωματικών και 4 υπαξιωματικών. Όσο αφορά την ιστιοπλοΐα η τριήρης είχε έναν κεντρικό ιστό με μεγάλο τετράγωνο πανί και έναν ακόμη μικρότερο προς την πλώρη, τον ακάτιο, ο οποίος συνοδευόταν από ένα μικρότερο πανί. Για να κατευθυνθεί, χρησιμοποιούσε δύο τιμόνια, σε μορφή πολύ πλατιών κουπιών, ευέλικτου και ταχύτατου πολεμικού σκάφους ήταν το φοβερό έμβολο της πλώρης με μεταλλική ισχυρή επένδυση. Απαριθμούσε επίσης διάφορα όπλα, στα οποία τις αρχές του 4ου αι. π.Χ προστέθηκαν καταπέλτες και δελφίνες. Τα πλοία αυτά στις 28 Σεπτεμβρίου 480 π.Χ συνέτριψαν στη Σαλαμίνα τους Φοίνικες και τους Πέρσες και σφράγισαν με την παρουσία τους την Μεσόγειο μετατρέποντας τη σε μια «Θάλασσα Ελληνική». Όλοι



οι κωπηλάτες της ήταν ελεύθεροι πολίτες των Αθηνών και όχι σκλάβοι, και η εργασία τους σ' αυτήν ήταν μισθοδοτούμενη από το κράτος.



Εικόνα 1.2Α Αρχαία ελληνική τριήρης⁵

Ναυπηγούνται τεράστια πολεμικά πλοία (210 π.Χ.)

Οι Επίγονοι, οι διάδοχοι του Αλεξάνδρου, ασχολήθηκαν σε ένα μεγάλο ανταγωνισμό για την κατασκευή γιγαντιαίων πολεμικών πλοίων δημιουργώντας έτσι μια λαμπρή ναυπηγική παράδοση, που έμεινε στην ιστορία του ελληνικού πολεμικού ναυτικού. Ήταν ογκώδες πλοία αλλά και μεγάλα σε σειρές κουπιών, λόγω όμως του όγκου τους δεν χρησιμοποιήθηκαν αρκετά. Για περίπου 300-400 χρόνια κατάφεραν να διαφοροποιήσουν το σκηνικό της εποχής, να αναπτύξουν τη ναυπηγική τέχνη και να δώσουν νέα μορφή στις πολεμικές συγκρούσεις στη θάλασσα. Γύρω στα 315 π.Χ., ο Αντίγονος δημιούργησε ένα πλοίο με επτά σειρές κουπιών. Ο γιος του Δημήτριος ο Πολιορκητής, το 301 π.Χ., διέταξε να κατασκευάσουν μια δεκατριήρη, δηλαδή ένα πλοίο με δεκατρείς σειρές κουπιών, μια δεκαπεντήρη και μια δεκαεξήρη. Οι πρώτοι Πτολεμαίοι γρήγορα τους μιμήθηκαν κατασκευάζοντας δυο δεκατριήρεις και ο Λυσίμαχος ναυπήγησε μια δεκαεξήρη. Ο πτολεμαίος II ο Φιλάделφος ναυπήγησε μια εικοσήρη και ένα ζεύγος τριακοντήρων, ενώ ο Πτολεμαίος IV, ο Φιλοπάτωρ (221-205 π.Χ.), έκανε κάτι όπου κανείς δεν είχε καταφέρει να πετύχει μέχρι τότε και κατασκεύασε μια τεσσαρακοντήρη.

Λέγοντας δεκαεξήρης ή τριακοντήρης, δεν πρέπει να εννοηθεί δεκαέξι ή τριάντα σειρές κουπιών. Αυτή η αίσθηση με τα επανωτά στρώματα των κουπιών δεν υφίσταται. Μετά την τριήρη δεν υπάρχουν άλλες σειρές σε παράλληλη θέση των

⁵ <https://el.wikipedia.org> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



κουπιών. Από εκεί και πέρα μπορούμε μόνο να αναφερθούμε σε αριθμούς ανθρώπων που χειρίζονται το κάθε κουπί. Για παράδειγμα με τον όρο δεκαεξήρης ίσως εννοείτε ότι δεκαέξι άτομα χειρίζονται το ένα κουπί, ή τα δυο παράλληλα κουπιά, ή ακόμα πως σε μια ομάδα κουπιών σε κάθετη σειρά εργάζονται 16 κωπηλάτες. Για αυτές τις τεράστιες κατασκευές καθοριστικό ρόλο είχε η ανάπτυξη της πολεμικής τακτικής που στηριζόταν στους καταπέλτες, βαλλίστρες κ.λ.π. Με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν υπερδύναμα πλοία τύπου καταμαράν που αποτελούνταν από δυο κήτη ενωμένα μεταξύ τους, με χιλιάδες κωπηλάτες και συγκεκριμένα περίπου 4.000 στον αριθμό, μήκους 128 μ. όπως ακόμη και πολλούς πολεμιστές και συγκεκριμένα περίπου 2.850 στρατιώτες. Σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα όμως αυτά τα τεράστια πλοία έπεσαν σε αχρησία λόγω της μικρής τους ταχύτητας και του τεράστιου κόστους τους. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως όλα τα παραπάνω στοιχεία αμφισβητούνται και δεν είναι τελικά. Υπάρχουν μεγάλα ερωτηματικά που δεν έχουν απαντηθεί ακόμη και φυσικά το όλο θέμα παραμένει ανοικτό για οποιαδήποτε διερεύνηση.

Βυζαντινά πλοία

Ο Δρόμων ή Δρόμωνας υπήρξε ο κατάλληλος τύπος πλοίου του Βυζαντινού πολεμικού ναυτικού. Ήταν ταχύτατο και ευκίνητο πλοίο. Ο Δρόμων είχε δύο σειρές 50 κουπιών ανά πλευρά, με δυο κωπηλάτες ανά κουπί με πλήρωμα περίπου 200 κωπηλατών. Είχε επίσης ιστίο στον κεντρικό ιστό του το λεγόμενο κατάρτι. Στο κατάστρωμά του υπήρχαν πολεμιστές που επεδίωκαν όμως την από κοντά μάχη με τον εχθρό. Περίπου τον 6ο αι. μ.Χ οι δρόμωνες κατείχαν το μεγαλύτερο μέρος του βυζαντινού στόλου των Βελισαρίου και Ναρσή. Κατά το τέλος του 7ου αιώνα τα πλοία αυτά είχαν στη πλώρη τους μια ειδική κατασκευή με την οποία εκτόξευαν το υγρό πυρ. Κατά την διάρκεια της μάχης, το πλοίο μπορούσε να φθάσει σε ταχύτητα περίπου τους 6 με 7 κόμβους, ωστόσο για να μπορούσε να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα έπρεπε να ήταν απαραίτητες οι ευνοϊκές καιρικές συνθήκες.

Το πιο ξακουστό πολεμικό πλοίο του ναυτικού του Βυζαντίου ήταν ο Δρόμων. Ένα ταχύτατο κωπήλατο σκάφος με βοηθητικά ιστία το οποίο αναπτύσσεται γρήγορα και κάπου στον 9ο αιώνα κατασκευάζεται πλέον σε διάφορους τύπους. Κάπως έτσι ερχόμαστε να συναντήσουμε τη διήρης, την τριήρης, την μονήρης και την γαλαία. Το πιο γνωστό πολεμικό σκαρί ήταν η τριήρης, το οποίο έφτανε στα 37μ. μήκος και μέγιστο πλάτος στα 5,5μ. Για να κινηθούν χρησιμοποιούν 170 κωπηλάτες καθισμένους σε τρία επίπεδα, καθώς και πανιά. Βασικό χαρακτηριστικό της ήταν τα σιφώνια, με τα οποία ήταν εξοπλισμένη για την εκτόξευση του υγρού πυρ. Ο αυτοκρατορικός στόλος που δημιουργήθηκε είχε αγκυροβολήσει στην Κωνσταντινούπολη και εκπλήρωνε μακρινές αποστολές. Υπήρχε ακόμη και ο επαρχιακός στόλος που ήταν επανδρωμένος με ελαφριές πολεμικές μονάδες και λειτουργούσε κυρίως για άμυνα. Για να μπορέσει να συντηρηθεί είχαν κατασκευαστεί ναύσταθμοι και ναυπηγεία σε πολλά σημεία της βυζαντινής επαρχίας. Οι επανειλημμένες εκστρατείες που πραγματοποιούνταν κατά το απόγειο της Βυζαντινής περιόδου, τους ανάγκασαν να κατασκευάσουν και ορισμένα πολεμικά πλοία, που τα



χρησιμοποιούσαν ως βοηθητικά, για τη μεταφορά στρατιωτών, αλόγων και πυρομαχικών. Αυτό το συγκεκριμένο τύπο πλοίου ονομαζόταν "χελάνδιον".

Κάραβος

Η σημαντικότερη ανακάλυψη του 12ου αιώνα μ.Χ. στη ναυπηγική θεωρείται το πηδάλιο, το οποίο ήταν τοποθετημένο κατά μήκος του πρυμνίου ποδοστάματος. Ξεκινούσε από την καρίνα του σκάφους και κατέληγε μέχρι το κατάστρωμα. Μπορούσε να γυρίσει αριστερά ή δεξιά με την βοήθεια ξύλινου μοχλού που βρισκόταν στο επάνω μέρος, της γνωστής λαγουδέρας. Η ανάπτυξη αυτή, μαζί με την καθιέρωση της κατασκευής, αρχικά του σκελετού του σκάφους και ύστερα του πετσώματος, στο διάστημα μεταξύ του 9ου και 11ου αιώνα μ.Χ. έφερε σημαντικές και επαναστατικές αλλαγές στον σχεδιασμό των πλοίων. Δυστυχώς δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ποιος λαός επινόησε το πηδάλιο. Υπάρχουν μερικοί ιστορικοί οι οποίοι το αποδίδουν στους Άραβες και άλλοι στους Βυζαντινούς. Ένας τύπος πλοίου το οποίο διέθετε τα χαρακτηριστικά που έχουμε αναφέρει, δηλαδή να έχει ένα μοναδικό πηδάλιο-τιμόνι και να έχει την μορφή των πλοίων που γνωρίζουμε σήμερα είναι το ελληνικό πλοίο του μεσαίωνα, το γνωστό σε όλους "καράβι" λέξη που πρέπει αρχικά να ήταν υποκοριστικό του όρου "κάραβος". Ο κάραβος είναι βασικός κρίκος για την ανάπτυξη της ευρωπαϊκής και κυρίως της μεσογειακής ναυπηγικής. Πιθανολογείται πως επάνω σε ένα κάραβο, ο γνωστός εξερευνητής Χριστόφορος Κολόμβος, απέκτησε την ναυτοσύνη και ναυτική τέχνη δίπλα στον διάσημο κουρσάρο θείο του και αργότερα ναύαρχο του Βυζαντινού ναυτικού Colon.

Επανάσταση του 1821

Στην επανάσταση του 1821 πολύ σημαντικό ρόλο είχε και το τότε Ναυτικό των Ελλήνων όπου αποτελούσαν κυρίως από εμπορικά πλοία της εποχής. Κατά τους πρώτους μήνες της επανάστασης τα ελληνικά πλοία κατείχαν μια σχετική ελευθερία κίνησης στο Αιγαίο. Ένα μέρος του οθωμανικού στόλου παρέμεινε στον ναύσταθμο της Πόλης, ο λόγος ήταν πως υπήρχε έντονος φόβος ενός νέου ρωσο-οθωμανικού πολέμου, ενώ ένα άλλο μέρος του βρισκόταν στις ακτές της Ηπείρου, λαμβάνοντας μέρος στον πόλεμο με τον Αλή-πασά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ο ελληνικός στόλος να επιτεθεί των οθωμανικών πλοίων από τα οποία πολλά καταλήφθηκαν. Ο ηρωισμός των ανθρώπων σε συνδυασμό με την πολεμική τακτική οδήγησαν σε επιτυχίες. Τα μικρά πλοία και εκείνα όπου δεν ήταν καλά εξοπλισμένα, δεν ήταν αντάξια να αντιμετωπίσουν τα οθωμανικά σε ανοιχτή σύγκρουση. Χαρακτηριστική υπήρξε η ανατίναξη της ναυαρχίδας από τον Κανάρη στα ανοιχτά του Τσεσμέ τον Ιούνιο του 1822.



Πυρπολικό

Το πυρπολικό πλοίο υπήρξε το σύνηθες ιστιοφόρο καταδρομικό πλοίο στις πολεμικές επιχειρήσεις των Ελλήνων κατά την Επανάσταση του 1821. Τα πυρπολικά ήταν παλιά πλοία, ή πλοία πολύ φτηνής κατασκευής, γεμάτα με εύφλεκτα υλικά. Τα χρησιμοποιούσαν κυρίως για να βάλουν φωτιά σε εχθρικά πλοία ή να πανικοβάλλουν το πλήρωμα τους. Αγκιστρώνονταν πάνω στα εχθρικά πλοία και κατόπιν το πλήρωμα έβαζε φωτιά με αποτέλεσμα να ακολουθήσει έκρηξη ή μεγάλη πυρκαγιά. Το πλήρωμα του πυρπολικού εγκατέλειπε το πλοίο λίγο πριν αυτό εκραγεί.

Σιαμπέκο Μήκος σκάφους : 25 m

Το Σιαμπέκο ήταν ένα μικρό ιστιοφόρο ή /και κωπήλατο, με στενό σκαρί. Είχε την δυνατότητα να κινηθεί και με κουπιά γι' αυτό διέθετε 18-20 κωπηλάτες και κάποτε περισσότερους. Αρκετά γρήγορο και ελαφρύ σκάφος, πολύ γνωστό στη Μεσόγειο, ήταν κατά κύριο λόγο πλοίο των Ψαριανών και το χρησιμοποίησαν με επιτυχία στον αγώνα του 1821.



Εικόνα 1.2B Σιαμπέκο⁶

Γολέτα ή Ημιόλα Μήκος σκάφους : 27.45 m

Ήταν ένα καλοσχεδιασμένο καράβι με στρογγυλή συνήθως πρύμνη, όμορφη αρματωσιά, γρήγορο και ευέλικτο. Βοήθησε αρκετά στον πόλεμο το 1821, τόσο που να χαρακτηριστεί από τους Τούρκους "διαβολοκάραβο".

⁶ <https://greekshipmodels.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



Εικόνα 1.2C Γολέτα ή Ημολία⁷

Ψαριανή Γαλιότα

Εξέλιξη της Γαλέρας ήταν η Γαλιότα ή γαλεότα. Αρκετά γρήγορο, ελαφρύ και ευέλικτο πλοίο, έκανε την εμφάνισή του από τους Ολλανδούς. Η Γαλιότα χρησιμοποιήθηκε στην Ελληνική επανάσταση του 1821.

Μπριγκαντίνι " Πάραλος "Μήκος σκάφους : 19.45 m

Το μπριγκαντίνι " ΠΑΡΑΛΟΣ " το οποίο δημιουργήθηκε στο Λιβόρνο και ανήκε στην οικογένεια Μπουντούρη ,όπως δείχνουν τα έγγραφα παραλαβής του το 1815. Κατά την διάρκεια της Επανάστασης έλαβε μέρος σε επιχειρήσεις του ναυτικού και καταστράφηκε κατά την χρήση του ως πυρπολικό στη ναυμαχία του Γέροντα (28 Αυγούστου 1824) , από τον καπετάνιο του Γ. Θεοχάρη.

Γολετόμπρικο ή Μπρικογολέτα ή Μυοπαρών Πολεμικός Μήκος σκάφους στην καρένα: 29m

Το γολετόμπρικο λεγόταν επίσης μπρικογολέτα ή βρικογολέτα. Το χρησιμοποίησαν πολύ οι Έλληνες ως πολεμικό πλοίο στον αγώνα της επανάστασης του 1821 και ζύγισε κοντά στους 250 τόνους. Είχε οπλισμό 8 - 12 πυροβόλα στο κατάστρωμα. ΑΤΜΟΚΟΡΒΕΤΑ «ΚΑΡΤΕΡΙΑ» ΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ : 38.5 m-ΜΕΓΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ : 7.6 m-ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ : 233 τον-ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ : ΞΥΛΟ-Πρώωση: 2 ατμομηχανές των 84 hp-Ιστιοφορία: Είχε 4 ιστούς.

⁷ <https://greekshipmodels.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



Μπρίκι ή Βρίκι παρών μήκος σκάφους : 25.0 m

Η λέξη Μπρίκι προέρχεται από την Αγγλική brig ή την Γαλλική brick. Ήταν το βασικό πλοίο του αγώνα κατά την επανάσταση. Το πρώτο εμπειρικά κατασκευασμένο μπρίκι ήταν του Α. Κοκκίνη, το 1757, 250 τόνων, με πλήρη όμοια με την πρύμνη. Από τα πιο ονομαστά μπρίκια του επαναστατικού αγώνα, μπορούμε να αναφέρουμε, εκτός από την ναυαρχίδα του Σαχτούρη «ΑΘΗΝΑ» τον «ΑΧΙΛΛΕΑ» τον «ΛΕΩΝΙΔΑ» και τον «ΑΡΗ».



Εικόνα1.2D Μπρίκι ή Βρίκι⁸

⁸ <https://greekshipmodels.com> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Πρόλογος

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα συστήματα αναστροφής των πλοίων, με την χρήση ελικών μεταβλητού βήματος. Για τον λόγο αυτό θα αναφερθούμε αρχικά στην ηλεκτρική πρόωση πλοίων και μετά από μια σύντομη ιστορική αναδρομή θα αναφερθούμε στα επιμέρους στοιχεία που συνθέτουν την ολοκληρωμένη ηλεκτρική εγκατάσταση της πρόωσης του πλοίου.

2.1 Ηλεκτρική Πρόωση Πλοίων

Γενικότερα οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βρίσκονται σε όλους τους τύπους πλοίων καθώς αποτελούν από μέσω φωτισμού μέχρι κινητήρια δύναμη για την πρόωση ενός πλοίου. Για την ηλεκτρική πρόωση λοιπόν πρέπει να συνεργαστούν 3 κλάδοι επιστημών έτσι ώστε να έλθει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Αυτοί οι κλάδοι είναι ναυπηγοί, μηχανολόγοι και ηλεκτρολόγοι όπου συντελούν μια ομάδα για την επίλυση κατασκευαστικών, λειτουργικών καθώς και οικονομικών ζητημάτων.

Η ηλεκτροπρόωση ορίζεται ως η διαδικασία για την μετακίνηση ενός πλοίου όπου οι άξονές του κινούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες χωρίς την βοήθεια κάποιου άλλου κινητήρα (π.χ. diesel, αεροστρόβιλου, ατμοστρόβιλου). Οι κινητήρες που είναι συμβατικοί υπάρχουν προφανώς στις εγκαταστάσεις της ηλεκτρικής πρόωσης, αλλά δεν κινούν το σύστημα απευθείας στον άξονα. Αυτό που κινούν είναι τις ηλεκτρικές γεννήτριες όπου βοηθούν στην τροφοδότηση των ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης.

Η γενική εγκατάσταση αποτελείται από κάποια συστήματα ελέγχου της ηλεκτρικής πρόωσης. Τα τρία κυριότερα είναι η εκκίνηση, η αύξηση - μείωση στροφών και η αλλαγή φοράς περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων.

2.2 Ιστορική Αναδρομή Ηλεκτροπρόωσης

Για ένα χρονικό διάστημα στα τέλη του 19ου αιώνα πραγματοποιήθηκαν ένα πλήθος πειραματικών εφαρμογών ηλεκτρικής πρόωσης σε Ρωσία και Γερμανία όπου ο ηλεκτρικός κινητήρας πρόωσης τροφοδοτούταν κατευθείαν από συστοιχίες συσσωρευτών.

Η πρώτη απόπειρα ηλεκτροπρόωσης πραγματοποιήθηκε το 1920. Ήταν αποτέλεσμα του μεγάλου τότε ανταγωνισμού ανάμεσα στις ναυτιλιακές εταιρείες επιβατηγών πλοίων για να μειωθεί ο χρόνος των υπερατλαντικών ταξιδιών.

Οι ισχυρές απαιτήσεις σε ισχύ πρόωσης καλύπτονταν τότε από στρόβιλο – ηλεκτρικά συστήματα. Το πλοίο S/S Normandie (Εικόνα 1) χρησιμοποιούσε ένα τέτοιο σύστημα, ήταν το πρώτο σκάφος που διέσχισε τον Ατλαντικό Ωκεανό (1935) κινούμενο με 30 και παραπάνω κόμβους. Στρόβιλοι ατμού έδιναν ώθηση στους σύγχρονους ηλεκτρικούς κινητήρες ισχύος 29 MW σε καθέναν από τους τέσσερις άξονες μετάδοσης κίνησης. Η περιστροφική ταχύτητα δινόταν από την ηλεκτρική συχνότητα των γεννητριών.



Σε κανονική λειτουργία οι γεννήτριες έδιναν ρεύμα σε κάθε μηχανή πρόωσης ξεχωριστά, υπήρχε όμως και η δυνατότητα τροφοδότησης δύο μηχανών από την ίδια γεννήτρια το οποίο προοριζόταν για ταξίδι χαμηλότερης ταχύτητας .



Εικόνα 2.2Α S/S Normandie⁹

Με την ερχομό των μηχανών Diesel στα μέσα του 20ου αιώνα, η τεχνολογία ατμοστροβίλων και η ηλεκτρική πρόωση χάθηκαν από την εμπορική ναυτιλία έως τη δεκαετία του '80.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος και πιο συγκεκριμένα των συστημάτων οδήγησης των ηλεκτρικών κινητήρων, επέστρεψαν τα ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα ξανά στα πλοία.

Αρχικά κατά το 1970 μέσω των ανορθωτών (E.P./Σ.Ρ.) για τον έλεγχο μηχανών πρόωσης Σ.Ρ. και στη συνέχεια το 1980 με τη χρήση των μετατροπέων E.P./E.P. για τον έλεγχο μηχανών E.P., έχουμε τη δεύτερη γενιά ηλεκτροπρόωσης.

Το προωστήριο σύστημα δέχεται ρεύμα πλέον από ένα δυνατό δίκτυο σταθερής τάσης και συχνότητας. Μέσω του ελέγχου των στροφών των ηλεκτρικών κινητήρων περιστρέφονται οι έλικες σταθερού βήματος (Fixed – Pitch – Propellers - FPP). Αυτές οι λύσεις αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σε συγκεκριμένες ειδικές κατηγορίες πλοίων όπως ερευνητικά και παγοθραυστικά πλοία όπως και σε κρουαζιερόπλοια.

⁹ <https://en.wikipedia.org> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2018)



Το “S/S QueenElizabeth II”, μετά από μετατροπές έγινε ηλεκτροκίνητο το 1975, ακολούθησαν και άλλα πλοία όπως τα κρουαζιερόπλοια Princess και Fantasy, shuttle tankers κ.α.. Σημειωτέων, στην άμεσα οδηγούμενη πετρελαιοκίνητη πρόωση η ώση συνήθως ελέγχεται μέσω ενός υδραυλικού συστήματος αλλαγής του βήματος των ελίκων. Τους έλικες αυτούς τους γνωρίζουμε ως έλικες μεταβλητού βήματος (Controllable Pitch Propellers – CPP).

Το 1990 εμφανίστηκε το αζιμουθιακό σύστημα πρόωσης (podded propulsion). Σε αυτό το σύστημα ο ηλεκτρικός κινητήρας βρίσκεται μέσα σε μία λοβοειδή κατασκευή ποντισμένη στη θάλασσα. Η έλικα, που είναι απευθείας συνδεδεμένη με τον κινητήρα, είναι σταθερού βήματος και ολόκληρο το σύστημα είναι ικανό να περιστραφεί κατά 360ο δίνοντας την δυνατότητα στο πλοίο να έχει ανεπτυγμένη ευκινησία και ευελιξία (maneuverability).

Όταν εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο κρουαζιερόπλοιο “M/S Elation”, τα αποτελέσματα που εμφάνισε ήταν τόσο ελπιδοφόρα με αποτέλεσμα να καθιερωθεί η αζιμουθιακή πρόωση στα νέα κρουαζιερόπλοια.

2.3 Ορολογία Ηλεκτροπρόωσης

Διαβάζοντας σε διάφορες πηγές μαζέψαμε κάποιες ορολογίες και τις εναποθέτουμε παρακάτω :

1. F.E.P. (Full Electric Propulsion) όπου σημαίνει πλήρης ηλεκτρική πρόωση και είναι η εγκατάσταση η οποία το πλοίο μετακινείται μόνον με ηλεκτρικούς κινητήρες.
2. I.F.E.P. (Integrated Full Electric Propulsion) το οποίο αντιπροσωπεύει την ολοκληρωμένη πλήρης ηλεκτροπρόωση στην οποία τα ζεύγη κινητηρίων μηχανών - γεννητριών, δίνουν ενέργεια στους κινητήρες πρόωσης και στα λοιπά ηλεκτρικά φορτία του πλεούμενου.
3. A.E.S. (All Electric Ship) είναι το πλήρως εξ ηλεκτρισμένο πλοίο το οποίο διαθέτει και αποκλειστικά ηλεκτρική πρόωση καθώς και σε μεγάλη έκταση επιτελεί τις περισσότερες λειτουργίες του μέσω των ηλεκτρικών συστημάτων.
4. P.N. (Propulsion Network) αποτελεί το κομμάτι του δικτύου το οποίο δίνει ενέργεια στα ηλεκτρικά φορτία που συνδέονται με την ηλεκτροπρόωση.
5. S.S.S. (Ship Service System) είναι όλο το δίκτυο του πλοίου εκτός του Propulsion Network.



2.4 Ηλεκτροκινητήρες Πρόωσης

Οι πρώτες εφαρμογές που η πρόωση πραγματοποιήθηκε μέσω του ηλεκτροκινητήρα χρησιμοποιήθηκε συνεχές ρεύμα Σ.Ρ. όπου χρησιμοποιείται ακόμα σε διάφορα πλοία ανεξαρτήτως τύπου. Στις εφαρμογές του σήμερα συναντάμε σύγχρονους κινητήρες με τον βαθμό της απόδοσης να αγγίζει το 96% έως και το 98%, ποσοστό 3% με 4% μεγαλύτερο από του ασύγχρονους κινητήρες με ονομαστική τάση 3,3 έως 6,6 kV.

Οι σύγχρονοι κινητήρες με μόνιμο μαγνήτη εντάχθηκαν στην λίστα των σύγχρονων κινητήρων και η απόδοσή τους αγγίζει το 98 %. Επίσης το τύλιγμα της διέγερσης του δρομέα όπου περνάει συνεχές ρεύμα αντικαθίσταται από μαγνήτες που βρίσκονται μόνιμα εκεί, μέσω των οποίων παράγεται ανάλογο μαγνητικό πεδίο που περιστρέφεται σύγχρονα με τον δρομέα.

2.5 Σύγχρονοι Κινητήρες Μόνιμου Μαγνήτη

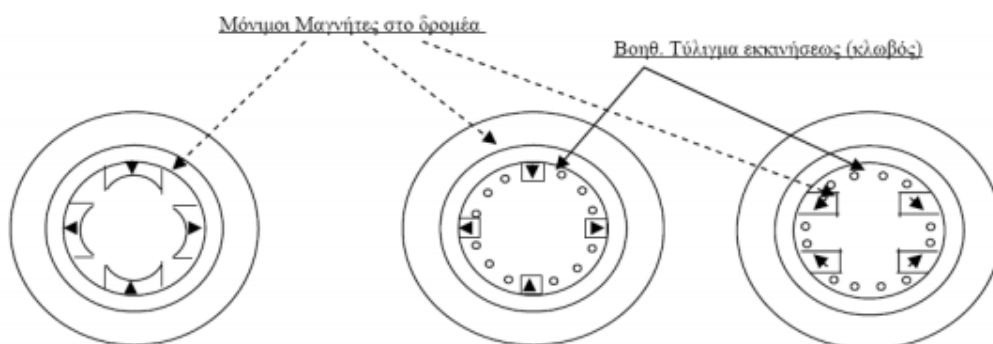
Η ανάγκη για παραπάνω παροχή συνεχούς ρεύματος για το τύλιγμα της διέγερσης, στους κινητήρες μόνιμου μαγνήτη, δεν υπάρχει. Ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι μειώνονται οι απώλειες λόγω της θερμότητας. Αυτοί οι δύο λόγοι είναι οι λόγοι όπου αυτός ο τύπος κινητήρα φτάνει σε τόσο υψηλό βαθμό απόδοσης.

Τα κράματα των μαγνητών SmCo (σαμάριο / κοβάλτιο) και NdFeB (νεόβιδιο / σίδηρος / βόρειο) είναι οι λόγοι που η κατασκευή των μόνιμων μαγνητών ήρθαν εις πέρας καθώς η ιδέα υπήρχε από παλιότερα αλλά δεν υπήρχαν τα υλικά. Αυτά τα υλικά έχουν την ιδιότητα να κρατούν σταθερή την μαγνήτισή τους σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες, σαν αυτές που υπάρχουν σε μια μηχανή σε λειτουργεία.

Η σωστή επιλογή τυλίγματος του στάτη και των πόλων του δρομέα είναι σε θέση να απελευθερώσουν ένα ημιτονοειδές ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο είναι σχεδόν ισοδύναμο με μια συμβατική μηχανή στα χαμηλά επίπεδα απόκρημνων αιχμών της ροπής και μηχανικών δονήσεων.

Στις μέρες μας δοκιμάζονται οι ηλεκτροκινητήρες με υλικά τα οποία είναι υπεραγωγία, κατά κύριο λόγο στην Αμερικάνικη ήπειρο. Λόγω της υπεραγωγιότητας των υλικών δεν υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία και υπερισχύουν σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες.

Ως γνωστόν τα πολεμικά πλοία έχουν λίγο ελεύθερο χώρο και χρειάζονται αρκετή ισχύ, για αυτόν τον λόγο αυτού του τύπου οι ηλεκτροκινητήρες είναι ιδανικοί. Σύμφωνα με δημοσιεύματα η εταιρεία American Superconductor INC είναι υπεύθυνη για την κατασκευή ενός κινητήρα πρόωσης με ισχύ 25 MW.



Εικόνα 2.5Α Διατάξεις σύγχρονων κινητήρων με μόνιμους μαγνήτες¹⁰

Στο πρώτο σχήμα διακρίνουμε τους μαγνήτες στην εξωτερική πλευρά του δρομέα, ενώ στο δεύτερο στην εσωτερική πλευρά. Στην τρίτη περίπτωση βλέπουμε τους εσωτερικούς μαγνήτες του δρομέα με διεύθυνση ροής εγκάρσια στον άξονα.

2.6 Σύγχρονοι Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Αυτού του είδους οι κινητήρες είναι ακριβώς όπως οι συνηθισμένες συμβατικές ηλεκτρικές μηχανές, δηλαδή η μαγνητική ροή τους που επωφελομάστε είναι κατά την ακτινική διεύθυνση. Οι κινητήρες Permasyn είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση τέτοιων κινητήρων, όπου μπορεί να τους βρει κανείς στα πλοία του Ελληνικού πολεμικού Ναυτικού.

Μία ακόμη κατηγορία ηλεκτρικών κινητήρων πρόωσης ονομάζεται εξελιγμένος επαγωγικός (AIM – Advanced Induction Motor) της εταιρείας Alstom όπου επιλεγεί για να κινεί τις φρεγάτες του Βρετανικού πολεμικού Ναυτικού. Το θετικό στοιχείο τους είναι ότι προσφέρουν αρκετά μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος και ροπής σε σχέση με άλλους επαγωγικούς κινητήρες οι οποίοι έχουν ίδια ή παρόμοια ονομαστική ισχύ. Η ικανότητα αυτού του κινητήρα να μπορεί να λειτουργεί με πέντε, δέκα ή δεκαπέντε φάσεις μέσω κάποιων εξελιγμένων συστημάτων ισχύος, τον κάνει αυτόματα ένα πολύ ισχυρό κινητήρα.

¹⁰

<https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK178/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%9D%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

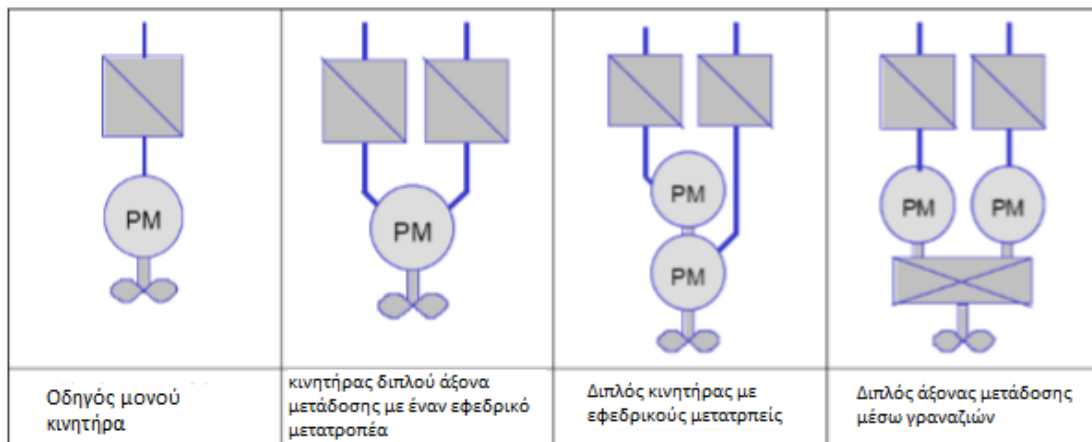


Εικόνα 2.6Α Στα αριστερά μας βλέπουμε τον κινητήρα PERMASYN της εταιρείας SIEMENS.¹¹

Εικόνα 2.6Β Στα δεξιά μας βλέπουμε τον κινητήρα AIM της εταιρείας ALSTOM.¹²

2.7 Κίνηση Της Έλικας Μέσω Του Άξονα (Shaft Propulsion)

Η πρόωση αυτού του είδους συνήθως επιτυγχάνεται μέσω κινητήρων ελεγχόμενης ταχύτητας (βλ. σχήμα 2.5.1.α)



Εικόνα 2.7Α Είδη αξονικής πρόωσης¹³

¹¹<https://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/submarines/propulsion/permasyn/pages/default.aspx> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

¹² <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Advanced-Induction-Motor-Lewis/d4cccd0750ed41526663964d206f4afae51a12cf/figure/1> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

¹³

<https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK178/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%9>



Υπάρχουν 2 τρόποι να συνδεθούν οι ηλεκτρικές μηχανές, ο πρώτος είναι είτε απευθείας στον άξονα της έλικας όπου είναι και πιο ασφαλής τρόπος. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω κάποιων μειωτήρων, όπου αυτό σημαίνει αυτόματα ότι θα χρησιμοποιηθούν μηχανές υψηλών στροφών, άρα πιο συμπαγείς μηχανές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι ότι περιλαμβάνει πολλά παράπλευρα υποσυστήματα, άρα υπάρχουν πολλοί θόρυβοι και απώλειες.

Η μετάδοση της κίνησης μέσω του άξονα συνήθως εφαρμόζεται σε νριζελοηλεκτρικά συστήματα, στα οποία έχουμε κατά πολύ μεγαλύτερη ονομαστική ροπή σε σχέση με τα αζιμουθιακά συστήματα, που θα αναλύσουμε παρακάτω. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όμως να ελαχιστοποιούνται οι ελικτικές ικανότητες του συστήματος και να χρειάζονται άλλα μέσα για να βοηθούν το κομμάτι του ελιγμού (π.χ. έλικες πλευρικής ώσης).

Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται έλικες οι οποίες έχουν σταθερό βήμα (FPP), αλλά σε περιπτώσεις όπου οι στροφές της έλικας δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται τοποθετούνται μεταβλητού βήματος (CPP).

2.8 Αζιμουθιακοί Προωστήρες (Azimuth Thrusters)

Οι προωστήρες αυτού του τύπου έχουν το χαρακτηριστικό ότι η παραγόμενη ώση η οποία υπόκειται στο σύστημα μπορεί να μεταδοθεί προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Σε αυτή την περίπτωση συναντάμε και την περίπτωση του έλικα ελεγχόμενου βήματος (CPP) με μη μεταβλητές στροφές, αλλά και την περίπτωση σταθερού βήματος (CPP) με στροφές όπου μεταβάλλονται.

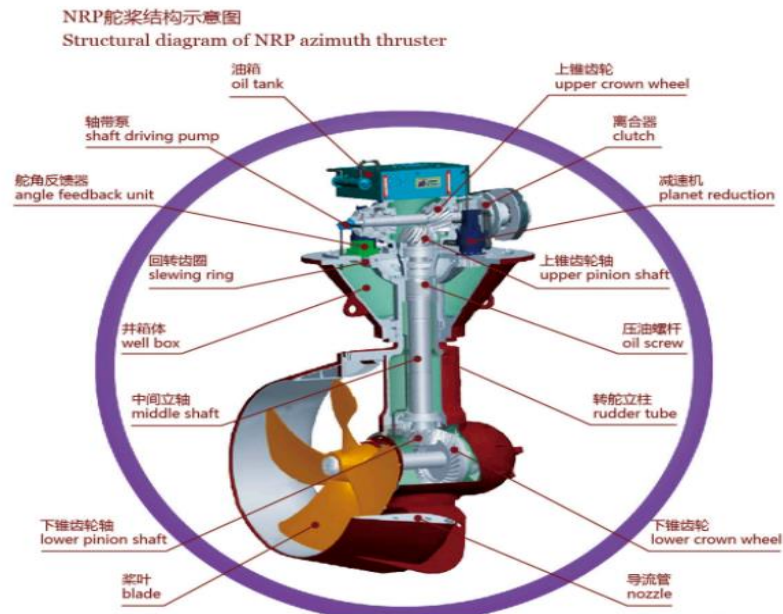


Εικόνα 2.8A Low Noise and Vibration Accurate Remote Control Marine Azimuth¹⁴

1%CE%99%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%9D%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

¹⁴ <https://www.deyuanmarine.com/Low-Noise-and-Vibration-Accurate-Remote-Control-Marine-Azimuth-Thruster-pd429874.html> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

Η πρώτη χρήση των αζιμουθιακών προωστήρων ήταν η διατήρηση της θέσης ενός πλοίου καθώς και για τους ελιγμούς. Στις μέρες μας εξελίσσοντας τα συστήματα τους δέχονται ως και 7 MW και αποτελούν κύριο προωστήριο μέσω. Παρακάτω μπορείτε να δείτε την διάταξη ενός αζιμουθιακού προωστήρα της εταιρείας TUF PP MARINE:



Εικόνα 2.8B Marine Azimuth Thruster/Marine Rudder Propeller¹⁵

2.9 Σύστημα Αζιμουθιακής Πρόωσης POD/AZIPOD

Τα τελευταία χρόνια όπου η ηλεκτρική πρόωση έχει γίνει πρωταρχικός παράγοντας της κίνησης ενός πλοίου, έκανε την εμφάνιση του ένα εναλλακτικό σύστημα το οποίο ο ηλεκτρικός κινητήρας και η έλικα είναι μια αδιάσπαστη μονάδα, τοποθετημένη στην πρύμνη του πλοίου, ακριβώς όπως οι εξωλέμβιες. Το ιδιαίτερο στοιχείο αυτού του συστήματος είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μια ή δύο έλικες οι οποίες μπορούν να περιστραφούν σχεδόν 360 μοίρες. Αυτό το χαρακτηριστικό αυτόματα σημαίνει ότι αυξάνονται κατακόρυφα οι δυνατότητες ελιγμών καθώς και καταργείται το σύστημα πηδαλίου. Το σύστημα pod υπάρχει σε εφαρμογές της τάξεως του 1 μέχρι και 25 MW.

¹⁵ <http://www.tufinc.com/marine-azimuth-thruster-2.html> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Εικόνα 2.9Α Σύστημα Pod/Azipod¹⁶

2.10 Προωστήρια Συστήματα Voith Schneider

Ένας δίσκος κυκλικού σχήματος ο οποίος περιστρέφεται γύρω από ένα συγκεκριμένο σημείο και προσαρμοσμένα κάθετα πτερύγια σε αυτόν, είναι η περιγραφή ενός συστήματος πρόωσης τύπου Voith Schneider. Αυτός ο δίσκος βρίσκεται στον «πάτο» του πλοίου. Το κάθε πτερύγιο μπορεί να περιστρέφεται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα, έτσι σε συνδυασμό με την κίνηση του δίσκου αποτελεί πολύ δυνατή κινητήρια δύναμη για το πλοίο προς κάθε κατεύθυνση. Οι προωστήρες αυτού του τύπου έχουν την παρακάτω μορφή :



Εικόνα 2.9B Προωστήρας τύπου Voith Schneider¹⁷

¹⁶ [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-\(azimuthing-podded-drive\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-(azimuthing-podded-drive)) (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

¹⁷ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Voith-Schneider> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



2.11 Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα Ηλεκτρικής Πρόωσης

Πλεονεκτήματα

Η ηλεκτροπρόωση αποτελεί βασική κινητήρια δύναμη στα περισσότερα πλοία στις μέρες μας, είτε με πρωταρχικό είτε με δευτερεύον ρόλο. Σίγουρα για να προτιμάται υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα που την καθιστούν αναντικατάστατη. Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Η ταχύτητα περιστροφής της έλικας καθώς και η γενικότερη του πλοίου μεταβάλλεται σε όλο το εύρος του πεδίου 0-100 %
- Ο χρόνος απόκρισης την ώρα του χειρισμού του σκάφους είναι ελάχιστος.
- Θόρυβοι και κραδασμοί είναι αρκετά λίγοι.
- Ένας καθοριστικό πλεονέκτημα είναι η οικονομία του καυσίμου, καθώς υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής των προωστήρων που θα λειτουργούν, καθώς και σε ποιες στροφές δουλεύουν (για να επιτευχθεί ο οικονομικότερος συνδυασμός).
- Εξοικονόμηση χώρου, καθώς και ευελιξία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων, όπου αυτό είναι πολύ σημαντικό για την διαχείριση χώρου στις μηχανές των πλοίων.
- Πιο εύκολη εγκατάσταση αυτοματισμών στο εσωτερικό του πλοίου.
- Αξιοπιστία λειτουργείας και ασφάλεια.
- Περιορισμός ρύπων κατά την διάρκεια λειτουργείας όπως προαναφέραμε και κυριότερα εκπομπών τύπου NOx όπου είναι αισθητά λιγότερες.
- Εκμηδενισμός της περίπτωσης ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατύχημα όπως για παράδειγμα τα δεξαμενόπλοια. Αυτό συμβαίνει όπως είπαμε και πιο πριν λόγω της πολύ γρήγορης απόκρισης των συστημάτων πάνω στο πλοίο και κατ' επέκταση του χειρισμού του.

Μειονεκτήματα

Το μείζον πρόβλημα στους ηλεκτροκινητήρες είναι ένα το κόστος. Αποτελεί ακόμα και σήμερα, όπου οι βιομηχανίες των τρίτων χωρών είναι σε τεράστια άνθιση, μια τεράστια επένδυση για όλα τα νεόδμητα πλοία. Ακόμα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι εκτός από την μηχανή αυτούσια το κοστολόγιο ανεβάζουν και αυτοματισμοί – μηχανισμοί ελέγχου των κινητήρων γύρω από τον κινητήρα.

Η επιλογή του μηχανικού συστήματος αποτελεί μια καλύτερη λύση όσο αναφορά τις απώλειες στο σύστημα μετάδοσης. Για παράδειγμα σε έναν συμβατικό πετρελαιοκινητήρα με περιστρεφόμενη έλικα μεταβλητού βήματος έχουμε απώλειες στο σύστημα μετάδοσης (έλικα) που αγγίζουν^[1] το 2 % έως και το 4% και στον μειωτήρα 2 %, ενώ σε έναν ηλεκτρο-πετρελαιοκινητήρα έχουμε απώλειες στο σύστημα μετάδοσης (έλικα) που αγγίζουν το 7% έως και το 8% , 3% στις υπάρχουσες



γεννήτριες, 2% στους μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνοτήτων, καθώς και 2% με 3% στους ηλεκτροκινητήρες πρόωσης. Όλα αυτά τα ποσοστά ισχύουν όταν η έλικα βρίσκεται στον βέλτιστο βαθμό ταχύτητας και βήματος. Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι ο ηλεκτροκινητήρας έχει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης μόνον όταν λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα περιστροφής και για αρκετά μεγάλα διαστήματα στην περιοχή με την μεγαλύτερη απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ναυτικές μηχανές

Όσο αναφορά τις ναυτικές μηχανές υπάρχουν ι παρακάτω καινοτόμες κατηγορίες:

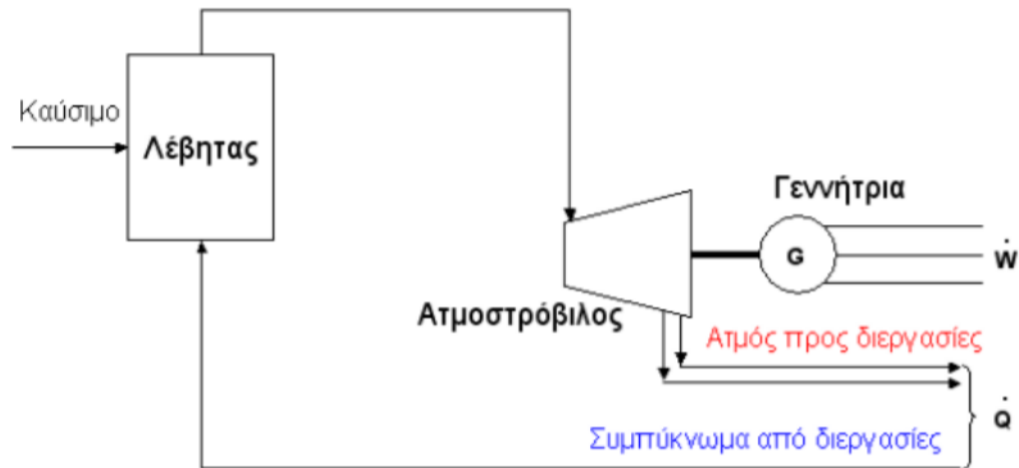
- Χρήση δύο ειδών καυσίμου
- Συστήματα ανάκτησης και χρήσης απολυμένης θερμότητας
- Τροφοδότηση κινητήρα με καύσιμο LNG
- Ανάμειξη νερού και καυσίμου
- Ειδικά διαμορφωμένα φίλτρα για το φιλτράρισμα των καυσαερίων

3.1 Χρήση Δύο Ειδών Καυσαερίου

Αυτή η καινοτόμα κατηγορία έχει ήδη εφαρμοστεί εμπορικά στα πλοία και αντικαθιστά τα ήδη υπάρχοντα συστήματα πρόωσης. Μέσω αυτής της αλλαγής μειώνεται το Nox (Nitrogen oxides air pollution) και οι ναυτιλιακές εταιρείες συμμορφώνονται στους κανόνες του IMO (International Maritime Organization)-Tier III. Κατά κύριο λόγο οι μηχανές που χρησιμοποιούν δύο καύσιμα λειτουργούν με LNG σε συνδυασμό με βιοκαύσιμο ή Marine Diesel Oil (MDO) ή Heavy Fuel Oil (HFO). Βασικότατο πλεονέκτημα αυτών των ναυτικών μηχανών είναι, χωρίς να αλλάζει η απόδοση των μηχανών, η γρήγορη εναλλαγή των καυσίμων την στιγμή που η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία.

Συστήματα ανάκτησης και χρήσης απολυμένης θερμότητας

Αν συγκρίνουμε την απόδοση με την κατανάλωση καυσίμου σε μια δίχρονη ναυτική μηχανή θα καταλάβουμε ότι η απόδοση βρίσκεται σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα. Η απόδοση μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ με την εκμετάλλευση των αέριων ρύπων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω ειδικού συστήματος απορρόφησης της θερμότητας από τα καυσαέρια και τα μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία είτε υποβοηθά έναν ηλεκτροκινητήρα, είτε χρησιμοποιείτε για την εξυπηρέτηση των υπόλοιπων λειτουργιών του πλοίου. Επίσης αν απομονωθούν αυτοί οι ρύποι σε έναν λέβητα μπορεί να μετατραπεί η θερμική ενέργεια σε ατμό όπου τροφοδοτείται σε έναν αμοστρόβιλο. Αυτός ο αμοστρόβιλος είναι συνδεδεμένος με μια γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3.1Α Σύστημα ατμοστρόβιλου¹⁸

Για την καλύτερη εκμετάλλευση της ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν συστήματα συμπίεσης του ατμού για να αυξάνουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά 11-12% με την ύπαρξη ατμοστρόβιλου ή 7% χωρίς ατμοστρόβιλο. Μέσω των συστημάτων ανάκτησης πωλημένης θερμότητας επιτυγχάνετε η μείωση των αέριων ρύπων ως εξής :

- CO₂ (Διοξείδιο του άνθρακα) κατά 7-14%
- NO_x (Nitrogen oxides air pollution) κατά 7-14 %
- SO_x (Sulphur oxides air pollution) κατά 7-14%

¹⁸<https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK179/%CE%91%CF%84%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%B9%CE%BB%CE%BF%CE%B9/%CE%A3%CE%A5%CE%93%CE%A7%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%95%CE%A3%20%CE%95%CE%93%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%91%CE%A4%CE%9C%CE%9F%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%92%CE%99%CE%9B%CE%A9%CE%9D%20%CE%A3%CE%A4%CE%91%20%CE%95%CE%9C%CE%A0%CE%9F%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A0%CE%9B%CE%9F%CE%99%CE%91.pdf> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



3.2 LNG Ως Καύσιμο

Εδώ και αρκετά χρόνια έχει ξεκινήσει η τεχνολογική ανάπτυξη για την χρήση του LNG ως καύσιμο όπου θεωρείτε από πολλούς και ως το μέλλον της βιομηχανίας. Το LNG είναι η ανάμειξη υγροποιημένο φυσικό αέριο με πετρέλαιο (κίνησης) και βοηθά αρχικά στην μείωση των αέριων ρίπων και στην συνέχεια υπάρχει και οικονομικό όφελος καθώς συνεπάγεται η βέλτιστη απόδοση των μηχανών των πλοίων και κατ' επέκταση στην εξοικονόμηση των πλοίων. Το σημαντικότερο στοιχείο οικολογικού ενδιαφέροντος είναι η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% όπου σε σχέση με το πετρέλαιο (κίνησης).



Εικόνα 3.2Α πλοίο μεταφοράς LNG ¹⁹

Όπως γνωρίζουμε όλοι οι κύριες μηχανές αποτελούν την κυριότερη πηγή κατανάλωσης πάνω σε ένα πλοίο, έτσι το να χρησιμοποιείται καύσιμο LNG αποτελεί ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα διότι οι μηχανές δεν σταματούν ποτέ την λειτουργία τους όσο το πλοίο βρίσκεται στην θάλασσα. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον η λειτουργία είναι συνεχής και για πολλές συνεχόμενες ώρες, η χρήση LNG καυσίμου θα αποτελέσει κύρια οικολογική ανάσα.

3.3 Ανάμειξη Νερού Και Καυσίμου

Κατά την διάρκεια της καύσης αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες όπου δημιουργούνται τα οξείδια του αζώτου. Άρα όσο μειώνουμε την θερμοκρασία κατά

¹⁹ <https://www.fnlnalliance.com/2017/03/16/want-know-lng-shipping-b-c-coast/>
(τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



την καύση του καυσίμου μειώνουμε και τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η ανάμειξη νερού στα καύσιμα και αυτό συμβαίνει λόγω της εξάτμισης του νερού στον θάλαμο καύσης καυσίμου, όπου αυξάνει την θερμοκρασία και κατ' επέκταση τα οξείδια του αζώτου. Το ποσοστό μείωσης της παραγωγής οξειδίου του αζώτου είναι ανάλογο του 30 – 35 %, όταν αναμειξουμε το νερό το καύσιμο. Αντίθετα με το οξείδιο του αζώτου, έχουμε μια αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1-2%. Ακόμα ένα θετικό στοιχείο της προσθήκης νερού στα καύσιμα είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου με την βοήθεια των υπερσυμπιεστών (compressors). Η μηχανή, καθώς και τα περιφερειακά συστήματα πρέπει να υποστούν αλλαγές αν πρόκειται να αναμειχθεί το νερό με το καύσιμο.

3.4 Ειδικά Διαμορφωμένα Φίλτρα Για Το Φιλτράρισμα Των Καυσαερίων

Τα φίλτρα καθαρισμού φίλτρων EGS (Exhaust Gas Scrubber) καυσαερίων έχουν εισαχθεί στην αγορά από όλες τις ανάλογες εταιρείες παροχής ναυτιλιακού εξοπλισμού, έτσι ώστε να μπορούν να μειώνονται οι εκπομπές SOx από τα πλοία. Αυτά τα φίλτρα τοποθετούνται στις εσοχές των καπνοδόχων για την μείωση των εκπομπών των Sox. Η μείωση του SOx αντίστοιχη στην μείωση που θα είχαμε με την χρήση καυσίμου χωρίς θείο (S) το οποίο είναι σαφώς ακριβότερο. Παλιότερα χρησιμοποιούνταν αρκετά χημικά για το φιλτράρισμα των καυσαερίων στις καπνοδόχους, αλλά τα EGS χρησιμοποιούν φυσικά υλικά (γλυκό – θαλασσινό νερό και καυστική σόδα) τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Το φιλτράρισμα πραγματοποιείται με τις εξής ενέργειες:

- Αρχικά τα καυσαέρια υπόκειντο ψύξης από τους 350°C στους 160°C – 180°C από μια συσκευή ψύξης και οι θερμοότητες τους χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενέργειας για τα υπόλοιπα συστήματα του πλοίου. [1]
- Έπειτα εγκλωβίζουμε το καυσαέριο σε μια άλλη συσκευή η οποία επιτυγχάνει ακόμα περισσότερη ψύξη των καυσαερίων με την έγχυση νερού τα οποία αφαιρούν το μεγαλύτερο ποσοστό σωματιδίων αιθάλης.
- Τα σωματίδια διοξειδίου του θείου αφαιρούνται σε μεγάλο ποσοστό και αυτά με την βοήθεια ενός απορροφητικού αγωγού, στον οποίο διέρχονται στη συνέχεια τα καυσαέρια. Έπειτα τα καυσαέρια επαναθερμούνται για την αποφυγή διαβρώσεων λόγω του ύδατος πριν φτάσουν στην τσιμινιέρα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπό έρευνα

Όσο αναφορά τις υπό έρευνα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι εξής :

1. Βιοκαύσιμο & Πυρηνική ενέργεια
2. Κυψέλη καυσίμων
3. Αιολική ενέργεια
4. Ηλιακή ενέργεια

Κάποιες από τις παραπάνω βρίσκονται και σε πρώιμο στάδιο, αλλά είναι θέμα χρόνου να εφαρμοστούν.

4.1 Βιοκαύσιμο & Πυρηνική Ενέργεια

Τα βιοκαύσιμα είναι μια κατηγορία αποβλήτων ή προϊόντων τα οποία δημιουργούνται από τις διάφορες ανθρώπινες εργασίες – δραστηριότητες. Αυτά τα καύσιμα μπορούν να είναι σε υγρή – στερεά – αέρια μορφή και είναι η νεότερη μορφή καυσίμου. Έτσι η ναυτιλιακή αγορά στρέφεται προς αυτόν τον κλάδο όπου σίγουρα θα βοηθήσει μελλοντικά και οικονομικά αλλά κυρίως οικολογικά (μείωση CO₂). Σίγουρα η απόδοση χρησιμοποιώντας βιοκαύσιμο είναι αρκετά μειωμένη, όπου βέβαια διαφέρει ανάλογα την κατηγορία του βιοκαυσίμου. Ονομαστικά οι κατηγορίες βιοκαυσίμων:

- Βιοντίζελ
- Βιοαιθανόλη
- Βιοαέριο
- Βιομεθανόλη
- Βιοδουμεθλαιθέρας
- Καθαρά φυτικά έλαια

Στην ναυτιλία κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται τα βιοκαύσιμα στερεάς μορφής, αλλά και η υγρή μορφή έχει αρχίσει να γίνεται πιο διαδεδομένη σε διάφορες εφαρμογές. Η βιομάζα έχει 3 βασικά σημεία που υστερεί σε σχέση με το οικονομικό καύσιμο της ναυτιλίας (HFO). Το πρώτο και βασικότερο είναι όπως προ είπαμε η ενεργειακή απόδοση που είναι μικρότερη κατά 10 -15 %. Έπειτα ένα ακόμα σημαντικό σημείο είναι ότι είναι σε πολύ υψηλή τιμή το σημείο ανάφλεξης, καθώς και η υγρασία που υπάρχει στην βιομάζα η οποία μπορεί να δημιουργήσει ζημιές στα μηχανικά μέρη του κινητήρα.

Μια ακόμα κινητήρια «δύναμη» για την πρόωση των πλοίων είναι η πυρηνική ενέργεια. Υπάρχουν πλοία τα οποία κινούνται με πυρηνική ενέργεια, κυρίως πολεμικά, αλλά λόγω των αντιδράσεων της κοινής γνώμης δεν προτιμούνται .



Εικόνα 4.1Α Παράδειγμα πλοίου κινούμενο από πυρηνική ενέργεια ²⁰

4.2 Κυψέλη Καυσίμων

Αυτή η τεχνολογία, αν και δεν είναι κάτι νέο και έχει αποδειχθεί αρκετά αποδοτική ως λύση, δεν εφαρμόζεται πλήρως στην ναυτιλία. Και αυτό συμβαίνει λόγω της εξέτασης διαφόρων θεμάτων ασφάλειας εν ώρα λειτουργίας. Γι' αυτό ακόμα και τώρα μελετιούνται διάφορα μοντέλα προσομοίωσης για να μπορούν να εξετάσουν την ασφάλεια καθώς και την απόδοση.

Οι τέσσερις βασικοί λόγοι που οι κυψέλες καυσίμων απασχολούν την ναυτιλία είναι:

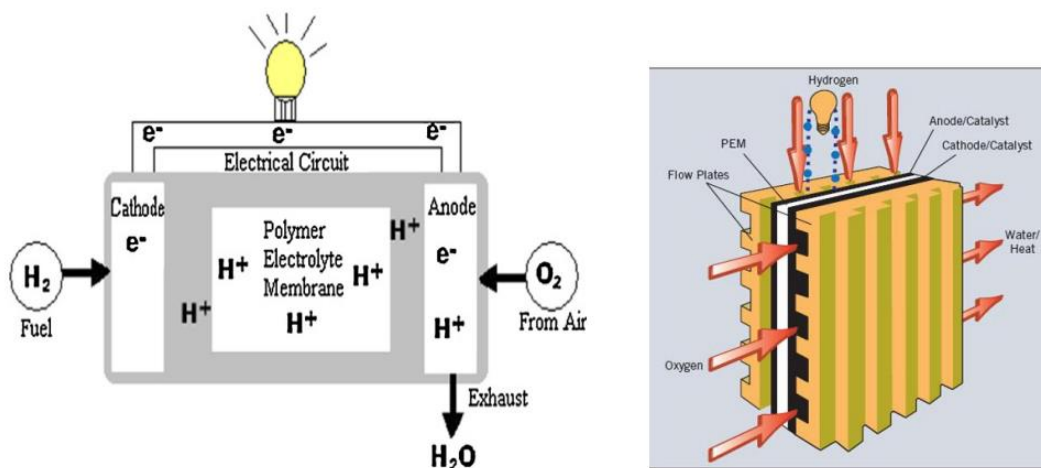
- μείωση της κατανάλωσης καυσίμου
- μείωση εκπομπών ρυπογόνων αερίων
- ελαχιστοποίηση της ηχορύπανσης
- φθηνότερη συντήρηση

²⁰ <https://www.alaskapublic.org/2016/06/17/russia-launches-largest-most-powerful-icebreaker-in-the-world/> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)

οι παραπάνω λόγοι είναι αρκετοί για να μειώσουν τα έξοδα σε πολλούς τομείς. Οι μεγαλύτερες προκλήσεις για τις κυψέλες καυσίμων σε επίπεδο έρευνας και στην συνέχεια σε εφαρμογές πάνω σε πλοία είναι οι εξής:

- Καθαρισμός καυσίμων με ελαχιστοποίηση της περιεκτικότητας του άνθρακα σε αυτά.
- Μείωση του επενδυτικού κεφαλαίου και γρήγορη απόδοσή του.
- Ελαχιστοποίηση μεγέθους και καθαρού βάρους της εγκατάστασής τους.

Η παραγόμενη ενέργεια από τις κυψέλες καυσίμων είναι ηλεκτρικού και θερμικού τύπου, οι οποίες παράγονται μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης, όπου στην ουσία είναι μια αντίδραση ηλεκτρόλυσης ανάμεσα στο οξυγόνο (O_2) και το υδρογόνο (H_2) για την δημιουργία νερού. Παρακάτω βλέπουμε την αρχή λειτουργίας.



Εικόνα 4.2 Α Σχηματική παρουσίαση της αρχής λειτουργίας ενός κελιού καυσίμων με μεμβράνη

ανταλλαγής πρωτονίων (τύπου PEM) και H_2 ως καύσιμο²¹

Οι τέσσερις βασικοί τομείς της μιας κυψέλης είναι η άνοδος, η κάθοδος, ο ηλεκτρολύτης και το εξωτερικό κύκλωμα. Μόνιμα ο τομέας της καθόδου τροφοδοτείται με αέρα ενώ ο τομέας της ανόδου με καύσιμο. Το υδρογόνο οξειδώνεται σε ηλεκτρόνια και πρωτόνια στον τομέα της ανόδου και στον τομέα της καθόδου το οξυγόνο μετατρέπεται σε ιόντα οξυγόνου, όπου αντιδρούν με τα ιόντα υδρογόνου φέρνοντας ως αποτέλεσμα νερό. Με την σειρά του η μορφή του ηλεκτρολύτη μπορεί να είναι υγρή ή στερεή. Ο σημαντικός του ρόλος είναι η ιοντική γεφύρωση την ανόδου και της καθόδου αλλά διαχωρίζει και τα αντιδρώντα στοιχεία και στους δύο τομείς της κυψέλης.

Φυσικά στην περίπτωση της ναυτιλίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα καύσιμα εκτός από υδρογόνο (π.χ. φυσικό αέριο, μεθανόλη, αιθανόλη κλπ.). Οι κυψέλες καυσίμων υπάγονται στην κατηγορία των πράσινων λύσεων για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών NO_x και SO_x .

²¹ <http://artemis.library.tuc.gr/MT2013-0074/MT2013-0074.pdf> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



4.3 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μπορεί να παραχθεί μόνο με την εκμετάλλευση του ανέμου. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα της αιολικής ενέργεια είναι τα ιστιοφόρα σκάφη τα οποία κινούνται εξολοκλήρου με την βοήθεια του ανέμου. Θεωρείται από την αρχαιότητα η καλύτερη κινητήρια δύναμη καθώς δεν ρυπαίνει και κυρίως δεν κοστίζει.

4.4 Ηλιακή Ενέργεια

Χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει σημαντική μείωση της καταναλωμένης ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ειδικά διαμορφωμένων πάνελ ηλιακής περισυλλογής σε ελεύθερους χώρους του πλοίου όπου είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο. Ήδη αρκετά μικρά πλοία όπως κόττερα και σκάφη αναψυχής έχουν τοποθετηθεί αυτά τα ηλιακά πάνελ. Ο ήλιος όπως και ο αέρας είναι άφθονος και δωρεάν, οπότε θα απασχολήσουν αρκετά τους επιστήμονες τα επόμενα χρόνια, έτσι ώστε να τους εκμεταλλεύονται με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. ^[5]

4.5 Χάραξη Αποτελεσματικότερων Πορειών Με Αποτέλεσμα Την Εξοικονόμηση Καυσίμου

Από το 1983, όπου εδραιώθηκε η οδηγία του IMO (International Maritime Organization) όσο αναφορά την χάραξη των πλοίων, οι κυβερνήσεις ήταν υπεύθυνες να προτείνουν διαδρομές όπου είχαν εγκριθεί πρωτότερα από τον WMO (World Meteorological Organization). Συμβουλευόμενοι λοιπόν τις οδηγίες του WMO μέσω συστημάτων του πλοίου, οι πλοιοκτήτες βλέπουν τα πλοία τους να μειώνουν την κατανάλωση. Αυτό συμβαίνει γιατί ο WMO δίνει οδηγίες για την βέλτιστη διαδρομή (και σε απόσταση αλλά και σε καιρικά φαινόμενα), καθώς και την ταχύτητα την οποία θα πρέπει να κινείται το πλοίο κατά την ώρα του ταξιδιού.

Μέσω αυτού του συστήματος πρόγνωσης του καιρού, το οποίο είναι εγκατεστημένο σε κάθε πλοίο τώρα πιά, τα πληρώματα λαμβάνουν πληροφορίες για την εξέλιξη του καιρού κατά την διάρκεια του ταξιδιού τους, καθώς και για τα επόμενα ταξίδια. Επίσης μπορούν να διακρίνουν τυχόν αντίθετους προς την πορεία τους ανέμους οι οποίοι θα τους αυξήσουν την κατανάλωση, αλλά και το αντίθετο το οποίο σημαίνει εξοικονόμηση καυσίμου. Το σύστημα του πλοίου ενημερώνετε μέσω δορυφορικών συστημάτων, μέσω κεραιών που πλαισιώνουν τον εξοπλισμό του.

4.6 Διαγωγή Και Επίδοση Πλοίου

Διαγωγή (trim) ενός πλοίου ορίζεται οποιαδήποτε κατάσταση βρίσκεται το πλοίο όταν δεν είναι ισοβύθιστο (even keel). Οι δύο περιπτώσεις της διαγωγής είναι οι εξής:

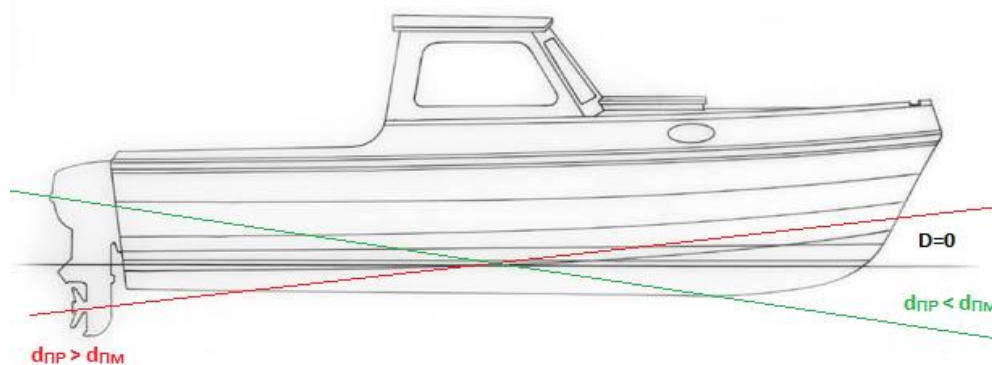
1. Η περίπτωση που το προωαίο βύθισμα είναι μικρότερο από το πρυμναίο (trim by stern) $d_{HP} < d_{HM}$



2. Η περίπτωση που το προραίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο από το πρυμναίο (trim by bow) $d_{ΠΡ} > d_{ΠΜ}$

Συμβολισμοί :

| | |
|----------|-------------------------------------|
| d | Διαγωγή |
| $d_{ΠΡ}$ | Διαγωγή ως προς το προραίο βύθισμα |
| $d_{ΠΜ}$ | Διαγωγή ως προς το πρυμναίο βύθισμα |



Η διαγωγή παίζει καθοριστικό ρόλο στην πρόωση του πλοίου, διότι εάν ένα πλοίο δεν έχει την κατάλληλη διαγωγή αυξάνει τον συντελεστή τριβής του νερού με την γάστρα του και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου. Υπάρχουν ήδη συστήματα τα οποία απεικονίζουν σε μικρογραφία το πλοίο γραφικά και υπολογίζουν την κατανάλωση σύμφωνα με το βύθισμα και τους υπόλοιπους παράγοντες. Ένα τέτοιο σύστημα έχει κόστος 15.000 \$ - 75.000 \$, και φαίνεται πως η απόσβεσή του κόστους του γίνεται με πολύ γοργούς ρυθμούς. Φυσικά τον σημαντικότερο ρόλο παίζει ο τρόπος φόρτωσης του πλοίου και η καλύτερη εξοικονόμηση χώρου πάνω σε αυτό.

4.7 Οικολογική Συνείδηση Και Εκπαίδευση Πληρώματος

Τα τελευταία χρόνια οι «πράσινες» λύσεις, τις οποίες αναλύσαμε και πιο πάνω, όλο και πληθαίνουν με αποτέλεσμα την μείωση πολλών ρύπων. Αυτό όμως δεν αποτελεί μια λύση η οποία αυτούσια μπορεί να μας αποφέρει την καλύτερη δυνατή φροντίδα προς το περιβάλλον.

Ποιοτική και «καθαρή» ναυτιλία έχουμε εάν και οι άνθρωποι οι οποίοι θέτουν και διατηρούν σε λειτουργία αυτά τα συστήματα έχουν και αυτοί περιβαλλοντική συνείδηση και προσπαθούν να αξιοποιήσουν αυτά τα περιβαλλοντικά «όπλα». Αυτή η περιβαλλοντική συνείδηση χτίζεται κατά κύριο λόγο στις σχολές όπου φοιτούν οι διάφοροι εργαζόμενοι αυτού του κλάδου, όπου το πρόγραμμα σπουδών περιέχουν μαθήματα ή σεμινάρια τα οποία προσπαθούν να την διεγείρουν. Θα έπρεπε όμως



θαλάσσιο και μη προσωπικό να εκπαιδευτεί περισσότερες ώρες για την καταπολέμηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την ναυτιλία.

Εάν λοιπόν το πλήρωμα είναι άρτια εκπαιδευμένο και ενημερωμένο από την εταιρεία την οποία εργάζεται είναι σε θέση να κρίνει ποια ενέργεια – διαδικασία του πλοίου είναι λανθασμένη όσο αναφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με λίγα λόγια θα πρέπει λοιπόν να υπάρχει μια σύνδεση της θεωρίας με την πράξη. Άρα οι ενημερώσεις πάνω στην περιβαλλοντική συνείδηση πρέπει να ξεφεύγουν αρκετές φορές από το θεωρητικό επίπεδο και να επικεντρώνονται στο πρακτικό, όπου είναι και η ουσία. Αυτό μπορεί να συμβεί με την πρακτική άσκηση πάνω στα πλοία, είτε με μαζικές αποστολές προσωπικού σε κάποιο κινούμενο πλοίο, είτε με κάποιους προσομοιωτές όπου θα είναι ικανοί να φέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

4.8 Κύκλος Ζωής Πράσινου Πλοίου

Η διάρκεια ζωής ενός πλοίου κρίνεται από πολλά πράγματα, το κυριότερο όμως είναι τα υλικά το οποία είναι κατασκευασμένο ένα πλοίο. Το κύριο υλικό κατασκευής ενός νεότευκτου πλοίου είναι ο ναυπηγικός χάλυβας (π.χ. P265GH). Κυρίως στα Ευρωπαϊκά ναυπηγία γίνεται η προσπάθεια να μειωθούν τα υλικά που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Ο δεύτερος και πολύ κύριος παράγοντας της διάρκειας ζωής ενός πράσινου πλοίου είναι ο τρόπος κατασκευής του πλοίου. Όλα τα Ευρωπαϊκά ναυπηγία χρόνο με τον χρόνο δέχονται πολύ μεγάλες πιέσεις από τους κανονισμούς για την οικολογικότερη δυνατή κατασκευή των πλοίων.

Τρίτο στάδιο είναι τα συστήματα που εξοπλίζουν το πλοίο, καθώς αυτά αποτελούν το 70%^[1] του κόστους του πλοίου. Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να είναι εναρμονισμένος με τους κανονισμούς που αφορούν το περιβάλλον και θα πρέπει να μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες υψηλής ακρίβειας και ποιότητας. Μια πιο ειδική κατηγορία εξοπλισμού είναι τα συστήματα βελτιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης. Αυτά τα συστήματα μπορούν βραχυπρόθεσμα να βελτιώσουν ενεργειακά ως και 30 % και μακροπρόθεσμα ως και 60% σύμφωνα με τον ρυθμό τεχνολογικής ανάπτυξης που υπάρχει την παρούσα στιγμή.

Όσο περνούν τα χρόνια τα πλοία εξελίσσονται σε θέματα ασφαλείας την ώρα του ταξιδιού. Αυτός είναι και ο τέταρτος παράγοντας ο οποίος αναφέρουμε, καθώς η ασφάλεια παίζει καθοριστικό ρόλο για τον κύκλο ζωής του. Μέτρα ασφαλείας λαμβάνονται πρωταρχικά για το προσωπικό, όπου είναι η πρώτη ζώνη που πρέπει να προστατευτεί. Η επόμενη προστατευόμενη ζώνη είναι το περιβάλλον και στην συνέχεια η ασφάλεια όσο αναφορά το προϊόν και τις εγκαταστάσεις του πλοίου. Εάν τα μέτρα ασφαλείας είναι αρκετά καλά μελετημένα, η ζωή του πλοίου αυξάνονται. Ένα απλό παράδειγμα είναι τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται την ώρα μια σφοδρής κακοκαιρίας.



Η σωστή συντήρηση, καθώς και η τακτική επιθεώρηση των συστημάτων ενός πλοίου, μπορεί να είναι μια δαπανηρή διαδικασία αλλά αποτελούν σημαντικό κομμάτι για τον κύκλο ζωής ενός πλοίου, το οποίο είναι πέμπτο στην λίστα μας. Η συντήρηση σε κάθε μηχανικό και ηλεκτρολογικό μέρος του πλοίου, καθώς και εναρμονισμός με τους κανονισμούς θα βοηθήσουν στην σταθερή ενεργειακή απόδοση ενός πράσινου πλοίου.

Τελευταίο και έκτο κατά σειρά στάδιο είναι η ανακύκλωση του πλοίου, την στιγμή όπου το πλοίο δεν είναι πια χρήσιμο και δεν επιφέρει πια κέρδη στην επιχείρηση. Τα περισσότερα μέρη ενός πράσινου πλοίου είναι ανακυκλώσιμα ή ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανταλλακτικά για κάποια άλλα πλοία. Ποσοστιαία το 98 % του πλοίου έχει την δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθεί ή να μεταπωληθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Πρόλογος

Το εύρος των προϊόντων του περιφερειακού εξοπλισμού γύρω από την ναυτιλία ολοένα και μεγαλώνει λόγω των πολύ περισσότερων απαιτήσεων που υπάρχουν από τους πλοιοκτήτες. Τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας - καυσίμου, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων και άλλα τέτοια παραδείγματα αποτελούν νέες τεχνολογίες οι οποίες δημιουργήθηκαν για αυτόν ακριβώς τον λόγο. Αποτελούν τώρα ποια βασικό κριτήριο για την αγορά ενός πλοίου, καθώς η μετεγκατάστασή τους κοστίζει αρκετά. Η νομοθεσία αποτελεί κύριο παράγοντα για την εμφάνιση αυτών των συστημάτων, αφού τώρα πια υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί όσο αναφορά τις εκπομπές SO_x, NO_x και CO₂. Το κυριότερο όμως είναι η εξοικονόμηση χρημάτων. Οι πλοιοκτήτες βλέποντας την τιμή του πετρελαίου να ανεβαίνει σταδιακά, αναζήτησαν στην αγορά τρόπους όπου θα μπορούσαν να τους αποφέρουν περισσότερα χρήματα.

Ειδικότερα έπειτα από την οικονομική ύφεση την χρονιά του 2008, όπου αρκετοί βυθίστηκαν στην οικονομική κρίση, η πράσινη ναυτιλία ξεκίνησε να έχει αλματώδη ανάπτυξη. Η αύξηση των καυσίμων σε συνδυασμό την αρχή της εξάντλησης των πόρων της γης, ώθησε τους πλοιοκτήτες σε οικολογικότερες λύσεις. Εκτός βέβαια από το οικολογικό όφελος, υπάρχει και ένα επιπρόσθετο όφελος το οποίο ονομάζεται δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Θεωρητικά λοιπόν, δημιουργήθηκε ένας νέος κλάδος όπου σε αυτόν δημιουργήθηκαν χιλιάδες θέσεις εργασίες σε ολόκληρο τον κόσμο.

5.1 Λόγοι Για Τον Σχεδιασμό Πράσινων Πλοίων

Κίνητρα για τον σχεδιασμό και γενικότερα την ύπαρξη πράσινων πλοίων υπάρχουν. Ένα από αυτά είναι η ανάδειξη μέσω διοργανώσεων όπως το Green Award το οποίο αναδεικνύει τα πιο καθαρά και ασφαλή πλοία. Αυτή η διάκριση έχει ισχύ μέχρι και 3 χρόνια και παίζει καθοριστικό παράγοντα στο όνομα της ναυτιλιακής εταιρείας η οποία έχει στην διάθεσή της το συγκεκριμένο πλοίο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κινήτρου είναι το λιμάνι



του Long Beach (California), το οποίο δίνει κάποιο χρηματικό έπαθλο σε όποιο πράσινο πλοίο σταθμεύσει εκεί. Ακόμη ένα παράδειγμα είναι η κυβέρνηση της Κορέας η οποία όχι μόνο δανειοδοτεί με μικρά επιτόκια, αλλά σε συγκεκριμένες περιπτώσεις χρηματοδοτεί την κατασκευή νέων πράσινων πλοίων. Αυτή η κίνηση πρέπει να γίνεται και από άλλες κυβερνήσεις για να μπορέσουν να προσελκύσουν ιδιώτες έτσι ώστε να υπάρχει το κίνητρο να χτιστούν νέα πράσινα πλοία. Αυτό το κίνητρο μπορεί να είναι δάνειο χαμηλού επιτοκίου, χρηματοδότηση κάποιου ποσοστού ή κάποιου πράσινου project μέσα στο πλοίο, μέχρι και φοροαπαλλαγές ή φοροελαφρύνσεις. Για παράδειγμα ο παγκόσμιος εμβέλεια νηογνώμονας DNV παρέχει ένα πιστοποιητικό στα πλοία τα οποία οι ρίποι είναι περιορισμένοι (SOx , NOx ,CO₂). Όταν ο ιδιώτης πλοιοκτήτης πάρει αυτό το πιστοποιητικό στα χέρια του, παίρνει αυτόματα δάνειο χαμηλού επιτοκίου από την εκάστοτε τράπεζα.



Εικόνα 5.1A Long Beach Port (California)²²

5.2 Κοστολογική Προσέγγιση Της Προστασίας Κατά Της Ρύπανσης Του Περιβάλλοντος Στην Ναυτιλία

Ο λόγος που κινούνται τα πλοία στις θάλασσες είναι για να μπορέσουν να παρέχουν την υπηρεσία της μεταφοράς. Παρέχοντας όμως αυτής την υπηρεσία ο άνθρωπος, δημιουργεί αρκετά υποπροϊόντα τα οποία έχουν αρνητικές συνέπειες προς το περιβάλλον, τα οποία ονομάζουμε ρύπανση. Ορίζουμε λοιπόν ως κόστος ρύπανσης του περιβάλλοντος την προσαύξηση του οικολογικού βάρους στο περιβάλλον καθώς και στην κοινωνία γενικότερα.

Οι βασικές κατηγορίες του οικολογικού κόστους είναι:

- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Θαλάσσια ρύπανση
- Επίγεια ρύπανση

Κύριο μέλημα των ναυτιλιακών εταιρειών λοιπόν είναι η προστασία του περιβάλλοντος απέναντι σε αυτά τα υποπροϊόντα τα οποία δημιουργούν τεράστιες ζημιές στον πλανήτη μας. Στις μέρες μας το 15-40 % του λειτουργικού κόστους καταλαμβάνει η ασφάλιση του πλοίου. Αυτό το γεγονός συμβαίνει διότι η ασφάλεια καλύπτει την περίπτωση ατυχήματος, το οποίο θα προκαλέσει οικολογικό κόστος.

²² https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Long_Beach (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Έτσι λοιπόν εκτός από ασφαλίσεις υλικών και προσωπικού, η ασφαλιστική εταιρεία καλύπτει και τον πλοιοκτήτη σε περίπτωση τέτοιου ατυχήματος, για να μην έχει καμία ευθύνη απέναντι σε τρίτους. Το συμπέρασμα είναι ότι είναι προτιμότερο να δαπανούνται κάποια χρήματα παραπάνω για την πλήρη ασφάλιση, παρά να δημιουργηθεί κάποιου τέτοιου είδους ατύχημα και να χρειαστεί να καταβληθεί ένα υπέρογκο ποσό χρημάτων.

Δύο κατηγορίες, οι οποίες έχουν άμεση συσχέτιση μεταξύ τους, πλαισιώνουν το κόστος της προστασίας του περιβάλλοντος:

- Το κόστος των νέων τεχνολογιών οι οποίες βοηθούν στην μείωση της ρύπανσης. Αυτή η κατηγορία είναι αρκετά δαπανηρή καθώς, όπως προ είπαμε, οι τεχνολογίες αυτού του τύπου είναι αρκετά ακριβές και πρέπει να συνοδεύονται από ειδικά εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο γνωρίζει την ορθή χρήση τους.
- Το κόστος εναρμονισμού με τους κανόνες και τους νόμους που σχετίζονται με τον οικολογικό τομέα, το οποίο τις περισσότερες φορές έχει ως αποτέλεσμα και εξοικονόμηση χρημάτων. Βέβαια στο μεγαλύτερο ποσοστό στρεφόμαστε στην πρώτη κατηγορία, διότι για να υπάρχει οικολογική – οικονομική εναρμόνιση με τους νόμους, πρέπει να χρησιμοποιούνται οι νέες τεχνολογίες που είπαμε παραπάνω.

Το βασικότερο δίλημμα για τους πλοιοκτήτες είναι ποιος από τους δύο δρόμους είναι ο πιο συμφέρον για αυτόν. Η απάντηση κρύβεται πίσω από την ερώτηση για πόσο καιρό θα μείνει το πλοίο στην κατοχή του πλοιοκτήτη. Αυτό το ερώτημα δημιουργείται διότι στις μέρες μας υπάρχει πλειάδα αγοραπωλησιών των караβιών σε πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα. Έχουμε ως συμπέρασμα λοιπόν ότι αν ο πλοιοκτήτης έχει σκοπό να κρατήσει στην κατοχή του για λίγο καιρό ακόμα το πλοίο, τότε δεν συμφέρει οικονομικά να επενδύσει σε νέες τεχνολογίες πάνω σε αυτό, καθώς δεν παίζουν κύριο λόγο στην τιμή μεταπώλησης στον επόμενο αγοραστή. Στην αντίθετη περίπτωση αν ο πλοιοκτήτης έχει σκοπό να κρατήσει στον στόλο του το πλοίο, πιο συμφέρον είναι να εξοπλίσει το πλοίο του με νέες τεχνολογίες οι οποίες θα του παρέχουν ασφάλεια και εξοικονόμηση καυσίμου. Αυτός είναι ένας λόγος που τα νεόδμητα πλοία περιλαμβάνουν συνήθως αυτές τις τεχνολογίες τώρα πια, διότι ο πρώτος πλοιοκτήτης του θα κρατήσει για αρκετά χρόνια το εν λόγω πλοίο, άρα θα αποσβέσει το κόστος αυτών των τεχνολογιών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Οφέλη Ύπαρξης Πράσινων Πλοίων

Μπορεί ο καθένας τώρα πια να διακρίνει ότι η χρήση των πράσινων πλοίων είναι μια νέα σελίδα στον τομέα της ναυπηγικής και ότι μέσω αυτών θα μπορέσουμε να λύσουμε τεράστια περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά θέματα τα οποία προκύπτουν. Παρακάτω είναι τα οφέλη που μας προσφέρουν τα πράσινα πλοία :

- Μέσω των τεχνολογιών μείωσης εκπομπών ρυπογόνων αερίων, χρόνο με τον χρόνο θα μειώνονται τα βλαβερά αέρια τα οποία απελευθερώνουν τα πλοία προς το περιβάλλον.
- Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου είναι μια τεράστια επιτυχία για τους κατασκευαστές πράσινων τεχνολογιών, η οποία συνεπάγεται την μείωση του κόστους λειτουργίας του πλοίου.
- Η αύξηση των πράσινων πλοίων συνεπάγεται την αύξηση του αριθμού των επενδύσεων πάνω σε τεχνολογίες που πλαισιώνουν τα πράσινα πλοία. Αυτό το γεγονός συμβαίνει παγκόσμια και διαμορφώνονται ειδικά τμήματα έρευνας και ανάπτυξης (R&D- Research & development) για να μπορέσουν να κάνουν πιο ενεργειακά αποδοτικά πλοία.
- Διακρίνεται επίσης η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας δημιουργίας ναυτικών ατυχημάτων.

Σίγουρα ο καθένας μπορεί να διακρίνει ότι τα πλεονεκτήματα των πράσινων πλοίων είναι αρκετά μεγάλα, αλλά το μεγαλύτερο στοίχημα είναι όταν αυτά τα πλοία ξεκινήσουν να λειτουργούν σε πραγματικές συνθήκες θαλάσσης, διότι ακόμα βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Ακόμα ένα ερώτημα που προκύπτει είναι πόσο θα είναι το επιπλέον κόστος το οποίο θα επιβαρυνθούν οι αγοραστές, το οποίο θα προστεθεί λόγω της έρευνας και ανάπτυξης αυτών των τεχνολογιών και αν αυτή η επιπρόσθετη επιβάρυνση θα είναι σε λογικά πλαίσια σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές των υπόλοιπων νεόδμητων πλοίων.



Εικόνα 6.1Α²³

6.2 Μελέτη Και Σχεδιασμός Για Την Μείωση Εκπομπών Αερίων

Σε ακαδημαϊκό επίπεδο, υπάρχουν συνεχής συζητήσεις και διαφορετικές απόψεις για το πώς μπορούν να εφαρμοσθούν οι νέες τεχνολογίες έτσι ώστε να μπορέσουμε να μειώσουμε στο βέλτιστο δυνατό την εκπομπή αερίων. Ένα πρόγραμμα από τα πολλά προγράμματα και έρευνες που πραγματοποιήθηκαν πάνω σε αυτό το θέμα είναι το Hercules, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.). Ο κεντρικός στόχος αυτού του προγράμματος είναι η δημιουργία πλοίων τα οποία θα είναι εξαιρετικά φιλικά προς το περιβάλλον, όσο αναφορά τα αέρια και γενικότερα τα απόβλητα και θα είναι σε ικανοποιητικό βαθμό αποδοτικό. Ένα μεγάλο βοήθημα, είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των μηχανών, οι οποίες τοποθετούνται ήδη σε νεόδμητα πλοία, καθώς και σε ήδη υπάρχοντα.

²³ <http://www.bunkerist.com/en/?p=42219> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Εικόνα 6.2Α²⁴

Οι στόχοι του προγράμματος είναι οι παρακάτω .^[x]

- Μείωση κατά 10 % της καταναλωμένης ποσότητας καυσίμου, καθώς και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- Μείωση κατά 20 % της εκπομπής του διοξειδίου του θείου (σύμφωνα με τον IMO 2000).
- Αύξηση του ποσοστού αξιοπιστίας της μηχανής κατά 10 %.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους ενός κύκλου ζωής.

Η διάρκεια της έρευνας ήταν 3 χρόνια και 7 μήνες και διαχωρίστηκε σε 54 υποπρογράμματα. Ο κυριότερος λόγος που μεγάλος αριθμός ναυτιλιακών, ναυπηγίων, ακόμα και κρατών, χρηματοδοτούν την έρευνα και ανάπτυξη των πράσινων πλοίων είναι ότι η τιμή του καυσίμου ολοένα και αυξάνεται. Για αυτόν τον λόγο σε πολλά Ευρωπαϊκά και μη, πανεπιστήμια έχουν δημιουργηθεί τμήματα τα οποία εκπαιδεύουν τους υποψήφιους επιστήμονες για να ανταποκριθούν στις νέες προκλήσεις που δημιουργούνται μέρα με την μέρα σε αυτόν τον κλάδο.

Εμείς θα αναλύσουμε 2 παραδείγματα πράσινων πλοίων από τον διεθνή χώρο. Ο πρώτος τύπος πλοίου που θα εξετάσουμε είναι ο Sea Horse type το οποίο είναι bulk carrier (χύμα φορτίο) ύψους 35.000 Deadweight tons (dwt) handysize (handysize είναι ειδικός όρος ναυπηγικής αρχιτεκτονικής για πλοία χύμα φορτίου μέχρι 50.000 τόνους) και η κατασκευή τους πραγματοποιήθηκε από την Grontmij Carl Bro. Κατασκευάστηκαν 8 πλοία σε κινέζικα ναυπηγία και ο σχεδιασμός τους βασίζεται σε προηγούμενο hardy που σχεδιάστηκε από την Grontmij Carl Bro type Diamond 34 .

²⁴ <http://www.hercules-2.com/> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Σε γενικές γραμμές τα πλοία τύπου Sea Horse είναι πλοία που ο σχεδιασμός τους περιέχει τελευταίες τεχνολογίες και συνάδει με τους τελευταίους κανονισμού όσο αναφορά τους ρύπους και την ασφάλεια.

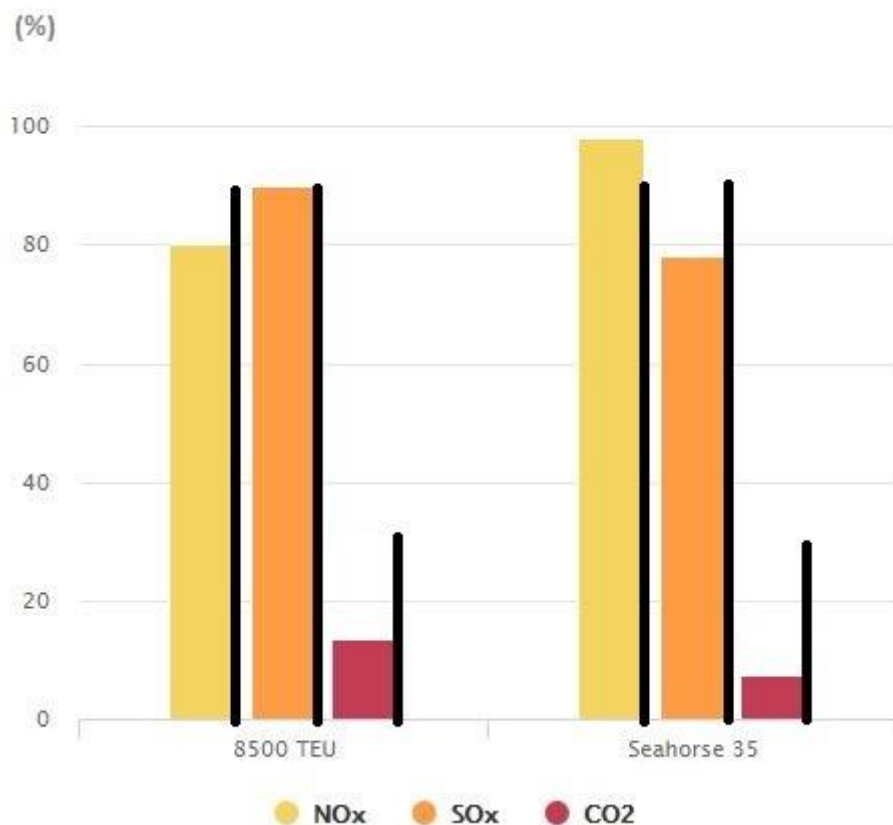
Οι τομείς που δόθηκε περισσότερη προσοχή κατά τον σχεδιασμό είναι οι εξής :

- Εξοικονόμηση χρημάτων κατά την λειτουργία και την συντήρηση
- Όσο το δυνατόν πιο φιλικό προς το περιβάλλον
- Μείωση χρόνου και ευκολία κατά την φόρτωση - εκφόρτωση
- Ευελιξία εξοπλισμού για τυχόν ανερχόμενες ρυθμίσεις στα Bulk Carriers
- Ασφάλεια
- Αξιοποίηση πράσινων τεχνολογιών

Μια πιο ακριβή κατηγορία είναι το Seahorse 35 η οποία κοστίζει 5 εκατομμύρια παραπάνω από την προηγούμενη το οποίο είναι 20% πάνω από την τιμή ενός νεότευκτου πλοίου. Αυτό όμως που προσφέρει είναι η μείωση του COx κατά 20%, του NOx κατά 90% και SOx κατά 79%.

Το επόμενο παράδειγμα που θα εξετάσουμε είναι το container ship 8500 TEU, όπου δημιουργήθηκε στα ναπηγεία Odense Steel Shipyard στην Δανία το (2003-2004) και είναι ένα ταχύ πλοίο για την μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων, αφού εκεί υπήρχε ζήτηση εκείνη την εποχή. Τα πλοία αυτά κοστίζουν στους κατασκευαστές 10.000.000 ευρώ, ποσό το οποίο αποτελεί 10 % αύξηση από το αρχικό κόστος ενός τέτοιου πλοίου. Όσο αναφορά την «πράσινη» πλευρά του πλοίου, διακρίνουμε μείωση εκπομπών CO₂ κατά 11-14 %, μείωση εκπομπών NOx 80-98% και SOx 80-98%.

Παρακάτω μπορείτε να δείτε το διάγραμμα που περιέχει τους στόχους που είχαν τεθεί και τα αποτελέσματα που ελήφθησαν όσο αναφορά την μείωση των αέριων ρύπων:



Το παραπάνω διάγραμμα έχει στον κάθετο άξονα την ποσοστιαία μείωση των ρύπων, ενώ στον οριζόντιο άξονα έχει τα δύο είδη πλοίων που εξετάσαμε προηγουμένως καθώς και τους τύπους των αέριων ρύπων. Κατά σειρά οι αέριοι ρύποι είναι οι εξής :

- Με κίτρινο χρώμα NO_x
- Με πορτοκαλί χρώμα SO_x
- Με κόκκινο χρώμα CO₂

Η μαύρη συνεχόμενη γραμμή που είναι δίπλα από κάθε στήλη είναι ο στόχος που είχε τεθεί. Όπως βλέπουμε στο σχήμα λοιπόν ο στόχος επιτεύχθηκε για την περίπτωση του 8500 TEU μόνο στους ρύπους τύπου SO_x και στην δεύτερη περίπτωση στην του Seahorse 35 στους αέριους ρύπους τύπου NO_x.

6.3 Τα Μελλοντικά Σχέδια Των Πράσινων Πλοίων

Το γεγονός ότι ένα πλοίο φιλικό προς το περιβάλλον είναι αρκετά πιο ακριβό από ένα συμβατικό πλοίο την παρούσα στιγμή, σύμφωνα με τις τιμές των ναύλων, ναυτιλιακών καυσίμων, ναυπηγήσεων. Άρα για έναν επιχειρηματία δεν αποτελεί μια



επένδυση που θα του αποδώσει βραχυπρόθεσμα την απόσβεση που αναζητά. Βέβαια μακροπρόθεσμα, σκεπτόμενοι πως η παγκόσμια κρίση θα κοπάσει και οι επενδύσεις θα επανέλθουν στα φυσιολογικά επίπεδα, τα πλοία που είναι φιλικά προς το περιβάλλον θα είναι από τις πιο σωστές στρατηγικά κινήσεις για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις. Τεράστια πρόκληση αποτελεί για τα ευρωπαϊκά ναυπηγεία να μπορέσουν να αφομοιώνουν στα σχέδια των νεότευκτων πλοίων τις τεχνολογίες οι οποίες βγαίνουν από τα τμήματα έρευνας και ανάπτυξης, όσο το δυνατόν πιο γρήγορα για να μπορέσουν να είναι ανταγωνιστικοί με τα ναυπηγεία του υπόλοιπου κόσμου.

Σήμερα οι τιμές των πλοίων τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον αποτελούν μια τεράστια επένδυση, πόσο μάλλον ο επιχειρηματίας να ναυπηγήσει περισσότερα από ένα πλοία, αν δεν διατίθεται να ξοδέψει τα χρήματά του βραχυπρόθεσμα. Γενικότερα όμως για να μπορέσουμε να μειώσουμε τους ρύπους, καθώς και την δαπανώμενη ενέργεια στα πλοία, πρέπει να ενταχθεί στην νοοτροπία ολόκληρης της αγοράς ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός. Μεγάλο ρόλο για την αλλαγή της νοοτροπίας παίζει και θα παίζει αρκετά και τα επόμενα χρόνια, η αυστηρή νομοθεσία πάνω στους ρύπους και τις ενεργειακές κλίμακες των πλοίων.

Από την άλλη πλευρά η συνεχόμενη αύξηση των καυσίμων δημιουργούν πρόσφορο έδαφος για την αγορά των πράσινων πλοίων, καθώς τα κάνουν πιο ανταγωνιστικά σε σχέση με τα υπόλοιπα πλοία. Γίνονται φυσικά πιο ανταγωνιστικά γιατί έχουν την δυνατότητα χρήσης βιοκαυσίμων και εναλλακτικών μορφών ενέργειας.



Εικόνα 6.3Α²⁵

²⁵ <http://www.cbj.ca/oil-prices-on-the-rise/> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Η εξέλιξη, όσο αναφορά την ναυπήγηση των πλοίων, ενδέχεται να διαφοροποιηθεί αρκετά τα επόμενα χρόνια, λόγω της αλματώδους τεχνολογικής εξέλιξης που διακρίνεται στα μηχανολογικά κομμάτια των κινητήρων των πλοίων. Ενδέχεται λοιπόν να μειωθούν οι ρύποι, καθώς και οι καταναλώσεις και να μην χρειάζεται να δαπανιόνται τόσες ώρες και εργατικό δυναμικό για την συντήρηση του κινητήρα.

6.4 Παραδείγματα Πλοίων Φιλικά Προς Το Περιβάλλον Από Τον Διεθνή Χώρο

Σε αυτό το κομμάτι θα αναλύσουμε εκτενέστερα παραδείγματα πράσινων πλοίων τα οποία είναι υπό κατασκευή. Με αυτά τα παραδείγματα θα μπορέσουμε να δούμε πως λειτουργούν στην πράξη τα πλοία τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον και θα κατανοήσουμε πληρέστερα τα οφέλη τους προς το περιβάλλον αλλά και τους πλοιοκτήτες.

Το πρώτο και βασικότερο παράδειγμα δεν έχει κατασκευαστεί ακόμα καθώς είναι σε στάδιο μελέτης, αλλά αποτελεί το παράδειγμα προς μίμηση για όλα τα υπόλοιπα πράσινα πλοία που θα ακολουθήσουν στο μέλλον. Φυσικά αναφερόμαστε για το πλοίο της εταιρείας NYK, με όνομα NYK Super Eco Ship 2030, το οποίο θα φέρει την επανάσταση της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 6.4A NYK Super Eco Ship 2030²⁶

²⁶ <https://www.elomatic.com/en/industrial-sectors/marine/marine-references/marine-concepts-references/nyk-super-eco-ship-2030.html> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



Το NYK Super Eco Ship 2030 είναι έτοιμο να ανταποκριθεί στις προσκλήσεις της εποχής καθώς θα έχει μείωση εκπομπών CO₂ κατά 70 % σε σχέση με άλλα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων παρόμοιου όγκου και δυνατοτήτων. Κύριος προάγοντας σε αυτή την τεράστια μείωση των εκπομπών CO₂ θα αποτελέσει η μείωση του συνολικού βάρους του πλοίου χωρίς φορτίο, με την χρήση ενός καινοτόμου συστήματος πρόωσης. Με την χρήση κυβέλες καυσίμου, τις οποίες αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, επιτυγχάνει μεγάλη ενεργειακή αποδοτικότητα.

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε και από την παραπάνω φωτογραφία, στον εξοπλισμό του NYK Super Eco Ship 2030 περιλαμβάνονται ιστία και φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποθηκεύουν την ηλιακή ενέργεια, η οποία ενέργεια δίνεται απλόχερα από την φύση κατά την πορεία του πλοίου στις θάλασσες και το σημαντικότερο δωρεάν. Όλα τα φωτοβολταϊκά πάνελ λοιπόν καλύπτουν ολόκληρο το κατάστρωμα του πλοίου σαν σκέπαστρο. Αυτή η επιφάνεια μαζί με τα κοίλα σημεία στα πλάγια υπολογίζεται γύρω στα 33.000 m², παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια ισχύος μέχρι και 9MW. Η τοποθέτηση των πάνελ έχει γίνει πάνω από την ίσαλο γραμμή και είναι ειδικά διαμορφωμένα έτσι ώστε να μπορούν με μοτέρ εκατέρωθέν τους να αλλάζουν την γωνία τους για να μπορέσουν να έχουν την μέγιστη απορρόφηση ηλιακής ενέργειας.

Οι καιρικές συνθήκες παίζουν καθοριστικό ρόλο για την ρότα, καθώς και την ταχύτητα που θα πλέει το NYK Super Eco Ship 2030. Για αυτόν τον λόγο ειδικά εκπαιδευμένο πλήρωμά του θα επιλέγει την ταχύτητα και την κατεύθυνση σύμφωνα με τα αποθέματα ενέργειας και τις καιρικές συνθήκες. Για αυτό υπάρχουν και τα ειδικά διαμορφωμένα αναδιπλούμενα ιστία, συνολικής επιφάνειας 4.000 m², έτσι ώστε όταν ο άνεμος φυσά προς πλεονεκτική κατεύθυνση, να μπορέσει το πλοίο να επωφεληθεί. Ο άνεμος και η ηλιακή ενέργεια είναι δύο ατέρμονες πηγές ενέργειας, οι οποίες μας δίνονται δωρεάν από την φύση.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η συντήρηση του πλοίου. Αυτό ισχύει σε όλα τα πλοία και όχι μόνο στα πράσινα πλοία, αλλά στην περίπτωση του NYK Super Eco Ship 2030 περιλαμβάνεται στον εξοπλισμό, λογισμικό το οποίο κάνει ταχύτερη διάγνωση σφαλμάτων, καθώς και ελέγχου συντήρησης του πλοίου. Ακόμη ένα θετικό κομμάτι αυτού του πλοίου είναι η επικοινωνία του με τον έξω κόσμο. Το πλήρωμα θα μπορεί πολύ πιο εύκολα να επικοινωνεί με τον υπόλοιπο κόσμο και αυτό θα έχει φυσικά αντίκτυπο στην αποδοτικότητά του.

Σύμφωνα με την γενική διάταξη του NYK Super Eco Ship 2030 υπάρχουν δύο πολύ μεγάλοι χώροι αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων. Ο ένας είναι χαμηλά στα αμπάρια και ο άλλος είναι στο κατάστρωμα. Οι υπεύθυνη φόρτωσης – εκφόρτωσης είναι υπεύθυνοι για την αποδοτική διάταξη μεταφοράς φορτίου. Εάν ο τρόπος διάταξης του φορτίου είναι σωστός, αυτό σημαίνει ότι ελαττώνεται το εκτόπισμα, άρα αυξάνεται η ενεργειακή αποδοτικότητα του πλοίου. Το γνωστό μηχανοστάσιο,



αντικαθίσταται εξολοκλήρου από μια μονάδα παραγωγής ενέργειας, το οποίο τροφοδοτεί τις ηλεκτροκίνητες μηχανές οι οποίες βρίσκονται στο πρυμναίο μέρος του караβιού. Η τροφοδοσία από την μονάδα παραγωγής ενέργειας προς τους ηλεκτροκίνητες, καθώς και σε όλο το υπόλοιπο πλοίο, γίνεται μέσω υπεραγωγίμων καλωδίων έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία πιθανότητα απώλειας. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή δύο προπέλες οι οποίες θα είναι τοποθετημένες εντός σήραγγας θα είναι αρκετές για την ώση του NYK Super Eco Ship 2030. Επιπρόσθετες προπέλες θα βρίσκονται αντικριστά απέναντι από τους αγωγούς για να λάβουν τον ρόλο του πηδαλίου, κάνοντας το πλοίο ακόμα πιο αποδοτικό.

Ένας ακόμα πρωτοποριακός τρόπος εξοικονόμησης καυσίμου είναι η εξαγωγή φυσαλίδων από το πρωαίο μέρος του πλοίου έτσι ώστε να δημιουργούνται κενά ανάμεσα κύτος και στο οριακό στρώμα νερού που διατρέχεται σε ολόκληρο τον πυθμένα του πλοίου. Αυτή η απελευθέρωση φυσαλίδων ελαττώνει την κατανάλωση καυσίμου του πλοίου κατά 10 % το οποίο δεν είναι διόλου ευκαταφρόνητο ποσό.

Η ευελιξία εντός λιμένα παίζει τεράστιο ρόλο γιατί εξοικονομείται χρόνος και χρήματα. Για αυτός τον λόγο το NYK Super Eco Ship 2030 διαθέτει πλευρικές πρωαίες προπέλες, με αποτέλεσμα να μπορεί να μετακινείται με ακρίβεια σε πολύ μικρό χώρο. Με αυτός τον τρόπο σαφώς αποφεύγει το επιπλέον κόστος των ρυμουλκών στα λιμάνια, καθώς και τον χρόνο που θα ξοδευόταν για την ρυμούλκηση. Επιπλέον όπως είπαμε προηγουμένως, όσο αναφορά την φόρτωση - εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων, περιλαμβάνεται στις εγκαταστάσεις του πλοίου ειδικό λογισμικό για την σωστή διαχείριση – διάταξη αυτών. Η σωστή αυτή διαχείριση – διάταξη στο κατάστρωμα, αλλά και στα αμπάρια βοηθούν στην μείωση του χρόνου φόρτωσης εκφόρτωσης και τον μειώνουν ακόμα και στο μισό. Ο τρόπος φόρτωσης – εκφόρτωσης των εμπορευματοκιβωτίων στο κατάστρωμα είναι με τους συνηθισμένους γερανούς των λιμένων, ενώ στα αμπάρια υπάρχει ένας γερανός στις εγκαταστάσεις του πλοίου έτσι ώστε να φορτώνονται – εκφορτώνονται από ανοίγματα στις πλευρές του πλοίου.

Η κινητήρια δύναμη του NYK Super Eco Ship 2030 θα είναι το καύσιμο τύπου LNG (Liquefied Natural Gas), το γνωστό σε όλους μας φυσικό αέριο, το οποίο έχει υγροποιηθεί.

Το LNG θα διαχέεται σε κυνέλες καυσίμου οι οποίες θα ελαφρύνουν το περιβάλλον κατά 30 % του CO₂ , σε σχέση με τα υπόλοιπα παρόμοια πλοία.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του NYK Super Eco Ship 2030 είναι τα εξής:

- Τελικό ολικό μήκος: 352 μέτρα
- Μήκος μεταξύ καθέτων: 343 μέτρα
- Πλάτος κατά την ίσαλο γραμμή: 43 μέτρα
- Τελικό Max πλάτος: 54,6 μέτρα
- Απόσταση ύψους μέχρι το κυρίως κατάστρωμα: 24,0 μέτρα



- Βύθισμα αναφοράς: 11,5 μέτρα
- Max Βύθισμα: 13,0 μέτρα
- Απόσταση ύψος μέχρι τα ιστία: 78 μέτρα
- Τύπος Κύτους: Διπλό κύτος
- Σταθμίδα γάστρας: κλειστού τύπου
- Μεταφορική ικανότητα: 8.000 TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit)
- Αποθηκευτική ικανότητα αμπαριών: 4.470 TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit)
- Αποθηκευτική ικανότητα κυρίως κατάστρωμα: 3.530 TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit)
- Εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς κατεψυγμένων προϊόντων: 500 TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit)
- Ποσότητα και τύπος Καύσιμο: 3.000 τόνοι LNG (υγροποιημένο φυσικό αέριο)
- Τύπος έρματος: ballast free
- Χωρητικότητα (Deadweight): 70.000 τόνοι (το οποίο περιλαμβάνει μεταφερόμενο φορτίο, πλήρωμα, επιβάτες, αποσκευές, καύσιμα, νερό και γενικότερα καταναλώσιμες ύλες (π.χ. τρόφιμα , χρώματα κλπ)
- Ισχύς προώσεως: 44.000 KW

Στις μέρες μας υπάρχουν αρκετά πλοία τα οποία έχουν αρκετά χαρακτηριστικά πράσινου πλοίου και είναι σε λειτουργία. Περιέχουν δηλαδή τεχνολογίες οι οποίες θα πλαισιώνουν τα πλοία του μέλλοντος , με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος.

Ένα παράδειγμα προς μίμηση είναι το πλοίο Viking Lady το οποίο είναι το μοναδικό πλοίο το οποίο χρησιμοποιεί κυνέλες καυσίμου για εμπορική χρήση. Το Viking Lady λέγεται πως είναι το πιο φιλικό προς το περιβάλλον πλοίο. Το 2009 επανδρώθηκε στην Κοπεγχάγη για να πραγματοποιήσει την ολοκλήρωση της διαδικασίας εισαγωγής κυνελών την μέχρι τότε παραδοσιακή μηχανή πλοίου. Το πλοίο έχει σχεδιαστεί από την Wartsila Ship Design και χτίστηκε στην δυτική πλευρά της Νορβηγίας από τους West Constructors. Έχει εισαχθεί στην κατηγορία 1A1 του νηογνώμονα DNV (Det Norske Veritas) και παραδόθηκε στον ιδιοκτήτη του, Eidesvik Offshore, τον μήνα Απρίλιο της ίδιας χρονιάς, όπου μετά πήγε στα χέρια την γνωστής εταιρείας λιπαντικών Total.



Εικόνα 6.4B Viking Lady Vessel²⁷

Όσο αναφορά την τεχνολογία των κυψελών, είναι απόρροια του FellowSHIP project, το οποίο είναι ένα πρόγραμμα έρευνας και ανάπτυξης πάνω στις κυψέλες καυσίμων το οποίο δημιουργήθηκε από τους DNV, Eidesvik και Wartsila το έτος 2003. Το σύστημα αυτό που τοποθετήθηκε στο πλοίο τον Δεκέμβριο του 2009 παράγει ενέργεια ύψους 330 kW και η παροχή διαρκεί παραπάνω από 7.000 ώρες. Γενικότερα η μονάδα κυψελών και ανάκτησης θερμότητας προσφέρουν αποδοτικότητα στο πλοίο ως και 55 %. Το κύριο καύσιμο του πλοίου για την παραγωγή ενέργειας είναι το LNG, όπου διαμέσου διαφόρων μετατροπέων φθάνει στο κεντρικό δίκτυο σε μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Viking Lady είναι τα εξής:

- Τελικό μήκος: 92,2 μέτρα
- Τελικό πλάτος: 21,0 μέτρα
- Μεικτό βάρος σε τόνους : 6.100 τόνοι
- Χωρητικότητα (Deadweight) : 5.900 τόνοι
- Αριθμός πληρώματος: 25
- Εμβαδόν καταστρώματος: 945m²
- Μεταφορική ικανότητα έρματος: 3.518 m³

²⁷ <https://maritimecleantech.no/project/viking-lady/viking-lady/> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



- Μεταφορική ικανότητα γλυκού νερού: 993 m³

Το επόμενο παράδειγμα που θα εξετάσουμε είναι το πλοίο Planetsolar, είναι τύπου Catamaran και είναι το μεγαλύτερο σε λειτουργία πλοίο που κινείται μέσω ηλιακών πάνελ. Κατασκευάστηκε στην Γερμανία από την εταιρεία Knierim Yacht Club.



Εικόνα 6.4C Planetsolar Vessel²⁸

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Planetsolar είναι τα εξής:

- Τύπος: Catamaran
- Διαθέτει πτερύγια στις δύο του πλευρές για καλύτερη ευστάθεια
- Εμβαδόν φωτοβολταϊκών πάνελ στο κατάστρωμα: 50 m²
- Εκτόπισμα: 60 τόνοι
- Αριθμός επιβατών: 50
- Μέγιστη ταχύτητα: 10 κόμβοι

Τελευταίο παράδειγμα είναι το MV Beluga το οποίο κατελκύστηκε στο Αμβούργο το 2007 και έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία Skysails, όπου επιτρέπει στο πλοίο να κινείται μέσω της αιολικής ενέργειας. Το πλοίο MV Beluga διαθέτει ιστία με συνολικό

²⁸ <https://inhabitat.com/planetsolar-the-worlds-largest-solar-powered-boat-docks-in-hong-kong/> (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



εμβαδόν 5.000 m², τα οποία μειώνουν την κατανάλωση καυσίμου από 30 % έως και 50 %, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις των ανέμων.



Εικόνα 6.4D Belunga Vessel²⁹

6.6 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Σε γενικές γραμμές όλοι μας γνωρίζουμε ότι τα πράσινα πλοία είναι το μέλλον της ναυτιλίας και αυτό είναι αδιαμφισβήτητο, διότι βλέπουμε μέρα με την μέρα τις απόρροιας όλων αυτών των χρόνων που δεν υπήρχαν περιβαλλοντικοί κανόνες. Σίγουρα η επένδυση για την αγορά ενός πράσινου πλοίου είναι, όπως είπαμε και παραπάνω, αρκετά πιο ακριβή από την αγορά ενός «απλού» πλοίου, αλλά διαθέτει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρηματοδοτηθεί από διάφορους φορείς ή κράτη και ότι μακροπρόθεσμα θα αποσβεστούν τα παραπάνω χρήματα που δόθηκαν.

Σίγουρα καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την παγκόσμια θα παίξει ο οργανισμός IMO, ο οποίος μέσω των κανονισμών που θεσπίζει κινεί τα νήματα σε όλο τον ναυτικό κόσμο. Κάνοντας τους κανονισμούς ακόμα πιο αυστηρούς έχει την δυνατότητα να αποκλείει τα λιγότερο ενεργειακά αποδοτικά πλοία και να ωθήσει τους πλοιοκτήτες στην ανανέωση των στόλων τους με νέα πράσινα πλοία. Βέβαια από την άλλη πλευρά πρέπει να επιβραβευτεί με διάφορους τρόπους τους πιο «καθαρούς» στόλους έτσι ώστε να μπορεί να υπάρξει κίνητρο για ακόμη αποδοτικότερη ναυτιλία.

Ένα τεράστιο στοίχημα που πρέπει να βάλουν με τον εαυτό τους οι εταιρείες είναι όμως η εναρμόνιση του πληρώματος με τους κανόνες. Πολλές φορές ο λόγος

²⁹http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=WINTECC_Flyer_EN.pdf (τελευταία επίσκεψη 2/9/2019)



που γίνονται τεράστιες φυσικές καταστροφές, εκτός από τα λάθη, είναι και η άγνοια του πληρώματος όσο αναφορά τις οικολογικές συνέπιες των ενεργειών τους. Άρα πρέπει να αναπτύξουν το οικολογικό συναίσθημα στα πληρώματα των πλοίων. Αυτό το συναίσθημα πρέπει να αναπτυχθεί και προς του λιμενάρχες καθώς θα πρέπει να δαπανηθούν αρκετά χρήματα σε πολλά μέρη του κόσμου έτσι ώστε να δημιουργηθούν εγκαταστάσεις οι οποίες να είναι φιλικές προς το περιβάλλον, αλλά και βολικές και για τις δύο πλευρές.

Συνοψίζοντας η πρόταση η οποία έχουμε να υποβάλουμε είναι προς όλους του σχετικούς φορείς να προωθήσουν – χρηματοδοτήσουν κάθε πράσινη ιδέα η οποία θα μπορούσε να βοηθήσει το περιβάλλον έστω και στο ελάχιστο και να δελεάσουν τους πλοιοκτήτες με διάφορες διευκολύνσεις, στο να αγοράσουν πράσινα πλοία, διότι το μέλλον ολόκληρης της ανθρωπότητας, καθώς και της ναυτιλίας, θα διαμορφωθεί από τέτοιες πρωτοβουλίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εικόνες

- a. <http://epikuros-epikuros.blogspot.com> (εικόνα 1.1A)
- b. <http://epikuros-epikuros.blogspot.com> (εικόνα 1.1B)
- c. <http://zervonikolakis.lastros.net/santorini2.html> (εικόνα 1.1C)
- d. <https://periklisdelligiannis.wordpress.com> (εικόνα 1.1D)
- e. <https://el.wikipedia.org> (εικόνα 1.2A)
- f. <https://greekshipmodels.com> (εικόνα 1.2B)
- g. <https://greekshipmodels.com> (εικόνα 1.2C)
- h. <https://greekshipmodels.com> (εικόνα 1.2D)
- i. <https://en.wikipedia.org> (εικόνα 2.2A)
- j. <https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK178/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%9D%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf> (εικόνα 2.5A)
- k. <https://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/submarines/propulsion/permasyn/pages/default.aspx> (εικόνα 2.6A)
- l. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Advanced-Induction-Motor-Lewis/d4cccd0750ed41526663964d206f4afae51a12cf/figure/1> (εικόνα 2.6B)
- m. <https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK178/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AD%CF%82/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%9D%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf>



- A%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A9
%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%
A3%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%9
D%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf (εικόνα 2.7A)
- n. <https://www.deyuanmarine.com/Low-Noise-and-Vibration-Accurate-Remote-Control-Marine-Azimuth-Thruster-pd429874.html> (εικόνα 2.8A)
- o. <http://www.tufinc.com/marine-azimuth-thruster-2.html> (εικόνα 2.8B)
- p. [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-\(azimuthing-podded-drive\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-(azimuthing-podded-drive))
(εικόνα 2.9A)
- q. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Voith-Schneider> (εικόνα 2.9B)
- r. <https://maredu.gunet.gr/modules/document/file.php/MAK179/%CE%91%CF%84%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%B9%CE%BB%CE%BF%CE%B9/%CE%A3%CE%A5%CE%93%CE%A7%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%95%CE%A3%20%CE%95%CE%93%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%91%CE%A4%CE%9C%CE%9F%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%92%CE%99%CE%9B%CE%A9%CE%9D%20%CE%A3%CE%A4%CE%91%20%CE%95%CE%9C%CE%A0%CE%9F%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A0%CE%9B%CE%9F%CE%99%CE%91.pdf> (εικόνα 3.1A)
- s. <https://www.fnIngalliance.com/2017/03/16/want-know-Ing-shipping-b-c-coast/>
(εικόνα 3.2A)
- t. <https://www.alaskapublic.org/2016/06/17/russia-launches-largest-most-powerful-icebreaker-in-the-world/> (εικόνα 4.1A)
- u. <http://artemis.library.tuc.gr/MT2013-0074/MT2013-0074.pdf> (εικόνα 4.2A)
- v. https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Long_Beach (εικόνα 5.1A)
- w. <http://www.bunkerist.com/en/?p=42219> (εικόνα 6.1A)
- x. <http://www.hercules-2.com/> (εικόνα 6.2A)
- y. <http://www.cbj.ca/oil-prices-on-the-rise/> (εικόνα 6.3A)
- z. <https://www.elomatic.com/en/industrial-sectors/marine/marine-references/marine-concepts-references/nyk-super-eco-ship-2030.html> (εικόνα 6.4A)
- aa. <https://maritimecleantech.no/project/viking-lady/viking-lady/> (εικόνα 6.4B)
- bb. <https://inhabitat.com/planetsolar-the-worlds-largest-solar-powered-boat-docks-in-hong-kong/> (εικόνα 6.4C)
- cc. http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=WINTECC_Flyer_EN.pdf (εικόνα 6.4D)

Κείμενο

- dd. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF>
- ee. Χ. Λάζος "Επιστήμη και τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα" Εκδ. Αίολος. 2001
- ff. Περιοδικό "Αρχαία Ελλάδα και Τεχνολογία" Τεύχος 10, 1997, σελ. 23
- gg. Νεώτερον Εγκυκλοπαιδικόν λεξικόν Ηλίου. Τόμος ΙΔ. -"Ναυπηγική" Έκδοσις της Εγκυκλοπαιδικής επιθεωρήσεως Ηλίου. Αθήναι
- hh. Ιστορία του Ελληνικού Έθνους, Εκδοτική Αθηνών



- ii. «Ναυτική Ιστορία», ομώνυμο άρθρο του Παπαδημητρίου Κωνσταντίνου, τ.1, Εκδόσεις Περισκόπιο
- jj. «Ναυτική Ιστορία», «Μινωικό Ναυτικό» του Δεληγιάννη Περικλή, τ.10, Εκδόσεις Περισκόπιο
- kk. «Ναυτική Ιστορία», «Πεντήρης» του Δεληγιάννη Περικλή, τ.12, Εκδόσεις Περισκόπιο.
- ll. K. Adnanes, «Maritime electrical installations and diesel – electric propulsion», Tutorial Report/Textbook, ABB Marine AS, Oslo, Norway, 2003.
- mm. Χ. Α. Φραγκόπουλος, Ι. Μ. Προυσαλίδης, «Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Τεύχος Α', Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις – Εισαγωγή στον Αυτοματισμό», ΕΜΠ, Αθήνα, 2005.
- nn. <https://greatships.net/normandie>
- oo. Αθανάσιος Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρονικά Ισχύος, Θυρίστορ, Μετατροπείς, Εφαρμογές», Τμήμα εκτυπώσεων τυπογραφείου Πανεπιστημίου Πατρών, 2006.
- pp. Εμμανουήλ Κ. Τατάκης, «Σημειώσεις Εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Ισχύος Ι», Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
- qq. Εμμανουήλ Κ. Τατάκης, «Σημειώσεις μαθήματος, Ηλεκτρονικά Στοιχεία Ισχύος και Βιομηχανικές Εφαρμογές», Πανεπιστήμιο Πατρών, 2003.
- rr. <http://www.tufinc.com/marine-azimuth-thruster-2.html>
- ss. [https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-\(azimuthing-podded-drive\)](https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/azipod-(azimuthing-podded-drive))
- tt. Patel M. R. (2012). Shipboard Propulsion, Power Electronics and Ocean Energy. pp. 254.
- uu. Green Ship of the Future (2009) “Green Ship magazine” pp. 7.
- vv. <http://www.ecomarinpower.com/en/wind-and-solar-power-for-ships>
- ww. Khoo, Y. K. K., & Ölçer A. İ. (2011). “Life-cycle impact analysis of green ship design/operation alternatives based on environmental and monetary aspects”. International Conference on Technologies, Operations, Logistics and Modelling for Low Carbon Shipping, (LCS 2011), 22-24 Ιουνίου, Γλασκόβη, UK
- xx. www.polb.com/greenship.
- yy. Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλη, Β' έκδοση, σελ. 918-920
- zz. <http://www.hercules-2.com/>
- aaa. Shipping world & Shipbuilder (2004) Vol. 205, pp. 85.
- bbb. <https://www.nyk.com/english/csr/envi/ecoship/>
- ccc. DNV (2012), “Fuel Cells for Ships, Research and Innovation Position Paper”, pp. 18
- ddd. <https://www.ship-technology.com/projects/viking-lady/>
- eee. https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar
- fff. https://en.wikipedia.org/wiki/Beluga_Shipping
- ggg. <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:385113/mmsi:319091000/imo:1009089/vessel:BELUGA>
- hhh. <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/6513/MN08034.pdf?sequence=1&isAllowed=y>