

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

➤ **ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΩΣΣΙΑΔΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ**

➤ **ΘΕΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ**

➤ **ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΝΔΡΙΩΤΗΣ – Α.Γ.Μ: 4539**

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 6 / 2 / 2021

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: / / 2021

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότητα	Αξιολόγηση	Υπογραφή
1	ΤΣΟΥΛΗΣ Ν. ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΠΛΟΙΑΡΧΟΣ		
2	ΡΩΣΣΙΑΔΟΥ Κ. ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ	ΦΥΣΙΚΟΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΣ		
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ: ΤΣΟΥΛΗΣ Ν.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	4
1.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	4
1.2. Συμβολή της Ναυτιλίας στην ρύπανση.	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ.....	9
2.1. Τα ηλεκτρικά πλοία.....	9
2.2. Αντίκτυπο των ηλεκτρικών πλοίων.....	14
2.3. Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών πλοίων	16
2.4. Παραδείγματα Ηλεκτρικών Πλοίων.....	18
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	27
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	28

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

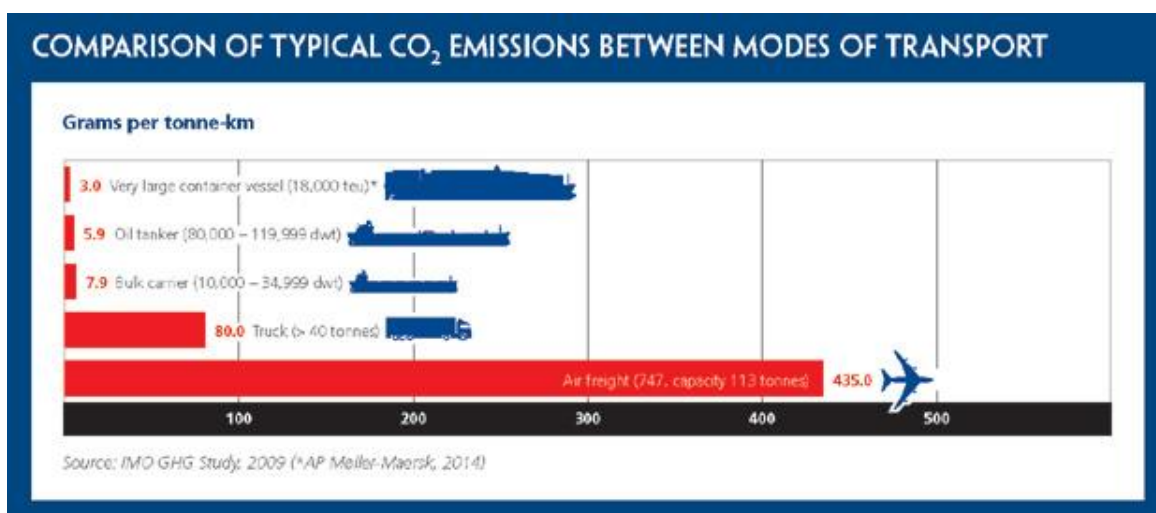
Στην πτυχιακή εργασία που αναλύεται παρακάτω παρουσιάζονται οι πτυχές των ηλεκτρικών πλοίων λόγω της ανάγκης που υπάρχει απόρροια της κλιματικής αλλαγής και την παγκόσμια μετάβαση σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Επιπλέον αναλύεται το περιβάλλον που καλείται να δημιουργηθεί για να γίνει η υιοθέτηση του εν λόγω τύπου πλοίου αλλά και η κατανόηση της σκοπιμότητας που υπάρχει για την άμεση δράση προς αυτή την κατεύθυνση. Η ναυτιλία είναι από τους πιο προσοδοφόρους κλάδους στον τομέα της ανάπτυξης και του παγκόσμιου εμπορίου. Είναι ένας σημαντικός και αναγκαίος κλάδος διακίνησης διαφόρων προϊόντων μέχρι και στο πιο απομακρυσμένο μέρος της γης. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός ναυπήγησης πλοίων ώστε να ικανοποιήσουν της ανάγκες τόσο των κρατών όσο και το παγκόσμιο εμπόριο με το μικρότερο δυνατό κόστος μεταφοράς, και με την μικρότερη δυνατή ρύπανση. Τα πλοία που χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν τις μεταφορές των εμπορευμάτων είναι κυρίως φορτηγά πλοία και δεξαμενόπλοια τα οποία πλέουν σε όλους τους ωκεανούς, τις θάλασσες και στα περισσότερα ποτάμια της γης. Η ναυτιλία στατιστικά είναι ο λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον τρόπος μεταφοράς αγαθών. Όμως στον χώρο της ναυτιλίας τις τελευταίες δεκαετίες έχουν σημειωθεί αρκετές περιβαλλοντολογικές καταστροφές οι οποίες προκλήθηκαν από πλοία που μετάφεραν επιβλαβή φορτία τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Τα πλοία μπορούν να προκαλέσουν πολλές μορφές μόλυνσης τόσο στο θαλάσσιο περιβάλλον όσο και στην ατμόσφαιρα διότι εκπέμπουν βλαβερά αέρια από τα καύσιμα που χρησιμοποιούν.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η ρύπανση πλοίων που έχουν κινητήρα εσωτερικής καύσης, καθώς και ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν. Ακόμη θα αναλυθεί και η συμβολή της ναυτιλίας στην ρύπανση. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει την καινοτομία των ηλεκτρικών πλοίων, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών και συγκεκριμένα παραδείγματα ηλεκτρικών πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

1.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Τα πλοία μεταφέρουν περίπου το 80% των παγκόσμιων εμπορευμάτων. Παρόλη την στασιμότητα που παρουσιάστηκε στο παγκόσμιο εμπόριο, λόγω covid-19, οι προβλέψεις για τα επόμενα χρόνια είναι ότι θα έχουμε αύξηση των θαλάσσιων μεταφορών. Ωστόσο, τα πλοία παράγουν μεγάλες ποσότητες καυσαερίων όπως οξείδια του θείου και οξείδια του αζώτου, σωματίδια αιθάλης, λεπτή σκόνη και διοξείδιο το άνθρακα. Αλλά σε αυτό το σημείο, πρέπει να εξετάσουμε το ποσοστό του περιβαλλοντικού κόστους της αποστολής αγαθών έναντι του Ωκεανού. Για την ευκολότερη κατανόηση του προαναφερθέν θέματος σημειώνεται ότι ένα πλοίο μεταφοράς 8.000 εμπορευματοκιβωτίων προκαλεί 12,5 γραμμάρια CO₂ ανά τονοχιλιόμετρο, όταν μια νταλίκια με ένα και μόνο προκαλεί 80 γραμμάρια CO₂. Αξίζει να αναφερθεί ότι ένα Boeing 747 προκαλεί 435 γραμμάρια CO₂ ανά τονοχιλιόμετρο.



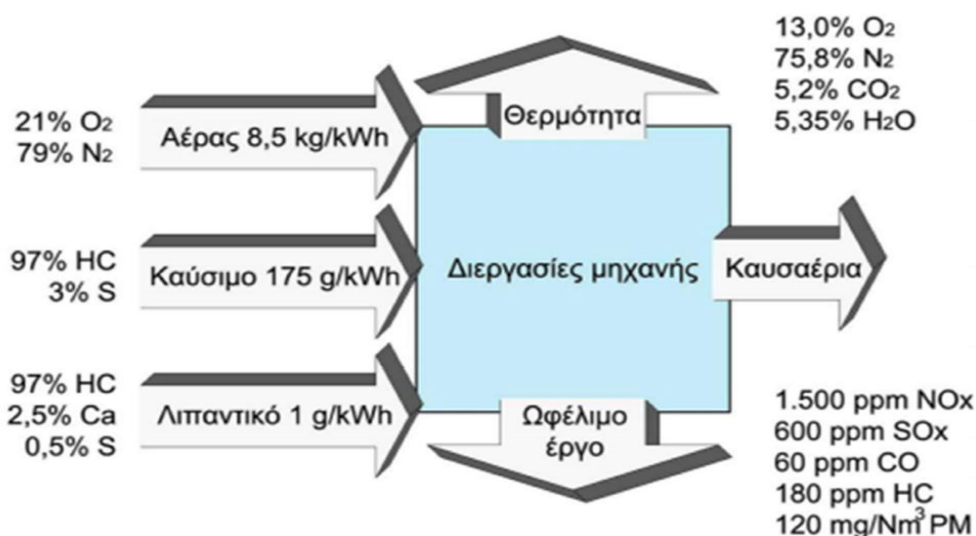
Εικόνα 1: Σύγκριση εκπομπής CO₂ μεταξύ των μέσων μεταφοράς.

Αναφορικά με έρευνα που έγινε στην Ευρωπαϊκή Ένωση ένα συμβατικό επιβατηγό/ οχηματαγωγό πλοίο παράγει γύρω στο 85 %

πιο αυξημένα καυσαέρια σε χρόνο μιας ώρας από ότι 500 αυτοκίνητα σε 24 ώρες. Ένα μέσο συμβατικό πλοίο παράγει γύρω στις 500 φορές πιο πολύ νέφος από αυτό που παράγουν τα αέρια των αυτοκινήτων και προκαλούν 176% πιο πολλά καρκινογόνα καυσαέρια. Στα λιμάνια στα οποία διακινούνται εμπορευματοκιβώτια, γύρω στα 16 πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ημερησίως στο λιμάνι παράγουν την αιθαλομίχλη που σχηματίζουν οι εκπομπές από 1 εκατομμύρια αυτοκίνητα, ενώ αντίστοιχα ένα κρουαζιερόπλοιο προκαλεί τις αντίστοιχες εκπομπές όσες 12.400 αυτοκίνητα. Οι προαναφερόμενες εκπομπές προκαλούν όξινη βροχή, η οποία οδηγεί σε περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμια αλλαγή του κλίματος, όπως και σε επιζήμιες συνέπειες στην υγεία του μικρού εισοδήματος κοινοτήτων που υπάρχουν πλησίον λιμένων. Παρότι υπάρχουν δυσάρεστες προβλέψεις διάφορες έρευνες καταγράφουν ότι εφόσον διαρκέσουν οι υπάρχοντες ρυθμοί εκπομπής καυσαερίων, η ατμοσφαιρική ρύπανση πρόκειται να σημειώσει άνοδο σε ποσοστό της τάξης 150% στο διάστημα της επόμενης τριακονταετίας. Σύμφωνα με τις παραπάνω αναφορές το σύνολο των διεθνών οργανισμών και μετά από αρκετές διασκέψεις και συμβούλια τελικά κατέληξαν ότι μια ριζική μεταβολή στις ναυτιλιακές εταιρίες στο πλαίσιο της μεταβολής των στοιχείων των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία θα ήταν μία από τις ιδανικότερες επιλογές για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία. Επομένως τα πλοία που περνούν μέσα από τους ωκεανούς της γης θα ήταν ιδανικότερο να έχουν μικρότερες ρυπογόνες μορφές ντίζελ.

Στην αρχή υπήρξε θέμα για το τρόπο που θα πραγματοποιούνταν η μετάβαση σε καθαρότερα καύσιμα και τι ακριβώς έπρεπε να μειωθεί, ποιο ακριβώς χημικό στοιχείο, ώστε να μειωθεί δραστικά η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία, η οποία εκτός των άλλων προκαλεί την όξινη βροχή και εκπέμπει επιβλαβή σωματίδια που μπορούν να προσβάλλουν την 9 ανθρώπινη υγεία. Εδώ και δύο χρόνια ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός αποφάσισε να μειώσει δραστικά τις εκπομπές. Η ναυτιλιακή κοινότητα αποφάσισε μέχρι το 2050, να μειώσει κατά το ήμισυ τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία. Ήδη το καύσιμο που χρησιμοποιείται, το οποίο είναι φυσικά πιο ακριβότερο, περιέχει όχι περισσότερο από 0,5 % σε θείο. Το θέμα της πρόωσης στη ναυτιλία είναι το πρώτο και βασικό θέμα συζήτησης στο παγκόσμιο εμπόριο. Στον χώρο της ναυτιλίας τις τελευταίες δεκαετίες έχουν σημειωθεί αρκετές περιβαλλοντολογικές καταστροφές οι οποίες προκλήθηκαν από πλοία που μετάφεραν επιβλαβή φορτία τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Τα πλοία μπορούν να προκαλέσουν πολλές μορφές μόλυνσης τόσο στο θαλάσσιο περιβάλλον όσο και στην ατμόσφαιρα διότι εκπέμπουν βλαβερά αέρια από τα καύσιμα που χρησιμοποιούν.

Η ποντοπόρος ναυτιλία παρέχει ένα σημαντικό μέσο για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε διεθνές επίπεδο και επιτρέπει κι άλλες δραστηριότητες, όπως η αλιεία, οι μεταφορές αναψυχής, κ.λπ. Σήμερα, η πλειονότητα του παγκόσμιου στόλου χρησιμοποιεί κινητήρες ντίζελ, ως μέσο για την παροχή δύναμης πρόωσης για πλοία. Οι κυριότεροι ρύποι που παράγονται από την ναυσιπλοΐα είναι συνέπεια της καύσης του καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Αυτοί είναι ρύποι (CO, VOC, NOx και PM) που κυρίως έχουν να κάνουν με την τεχνολογία του κινητήρα, και ρύποι οι οποίοι προέρχονται από το είδος καυσίμου.



Εικόνα 2: Εκπεμπόμενοι ατμοσφαιρικοί ρύποι κατά τη λειτουργία ναυτικής μηχανής.

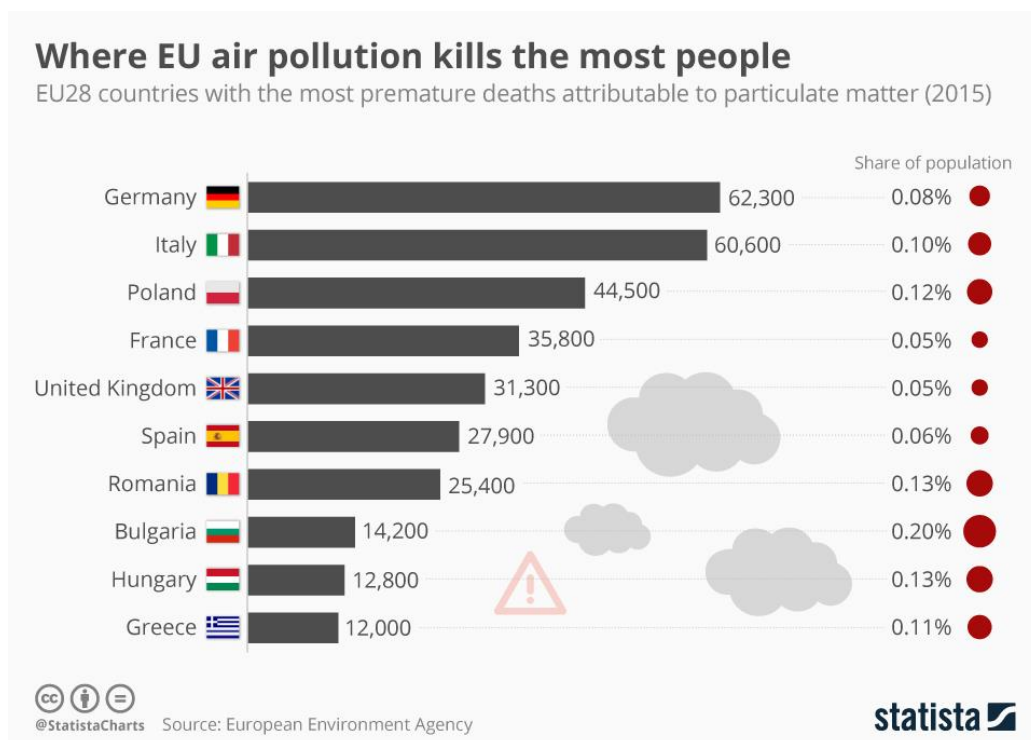
Η ναυτιλία έχει μικρή συμβολή στις παγκόσμιες συνολικές εκπομπές CO₂. Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, τα SO₂ και NO_x από την εθνική ναυτιλία μπορεί να είναι σημαντικά όσον αφορά τις συνολικές εθνικές εκπομπές. Η τεχνολογία για τον έλεγχο εκπομπών από πλοία περιλαμβάνει βελτιωμένη σχεδίαση του κινητήρα για να επιτευχθεί βέλτιστη απόδοση (βελτιστοποίηση εκπομπών CO₂) μειώνοντας τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και VOC. Η τεχνική της ανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) και οι τεχνολογίες ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης (πλύντριες, κλπ.) δεν έχουν ακόμα τεθεί σε τακτική υπηρεσία για τα πλοία. Επομένως, απαιτείται ακόμη αρκετή προσπάθεια προς την κατεύθυνση της μείωσης εκπομπών καυσαερίων από τη ναυτιλία προσαρμόζοντας υφιστάμενους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και υφιστάμενες τεχνολογίες ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

1.2. Συμβολή της Ναυτιλίας στην ρύπανση.

Η θαλάσσια ναυτιλία παρέχει ένα σημαντικό μέσο διεθνούς μεταφοράς φορτίου και επιτρέπει διάφορες δραστηριότητες όπως ψάρεμα, αναψυχή κ.λπ. Σήμερα, οι περισσότεροι στόλοι του κόσμου χρησιμοποιούν κινητήρες ντίζελ ως τρόπο τροφοδοσίας πλοίων. Οι κύριοι ρύποι από τη ναυσιπλοΐα είναι το αποτέλεσμα της καύσης καυσίμου σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Πρόκειται για ρύπους που σχετίζονται κυρίως με την τεχνολογία των κινητήρων, καθώς και για ρύπους από τύπους καυσίμων. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η εκπομπή CO₂, NO_x και SO₂ από πλοία αντιστοιχεί σε περίπου 2-3%, 10-15% και 4-9% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών, αντίστοιχα. Οι εκπομπές καυσαερίων από ένα θαλάσσιο κινητήρα ντίζελ σε μεγάλο βαθμό αποτελούνται από περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμούς, με μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και του αζώτου και υδρογονανθράκων και σωματιδίων που δεν έχουν καεί πλήρως. Τα καυσαέρια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα φουγάρα των πλοίων και αραιώνονται αλληλεπιδρώντας με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αραιώσης στο πλούμιο του πλοίου οι δραστικές χημικές ενώσεις μετασχηματίζονται εν μέρει και αποτίθενται στο έδαφος και στην επιφάνεια του νερού. Επιπλέον, κατά τη μεταφορά πετρελαίου και διακίνηση φορτίου, η εξάτμιση οδηγεί σε εκπομπές VOCs (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις). Η ναυτιλία συμβάλλει επίσης με τις εκπομπές άλλων ενώσεων (π.χ. ψυκτικά μέσα και μέσα πυρόσβεσης), αλλά δεν καλύπτονται από την παρούσα μελέτη. Οι εκπομπές που παράγονται από ναυσιπλοΐα είναι συνέπεια της καύσης του καυσίμου σε ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Ως εκ τούτου, οι κύριοι ρύποι είναι αυτοί από κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτοί είναι CO, VOC, NO_x και PM που προέρχονται από αιθάλη που έχει να κάνει κυρίως με τη τεχνολογία του κινητήρα, μέταλλα και περαιτέρω PM (κυρίως θειικά παράγωγα) που προέρχονται από τα είδη καυσίμων. Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, οι εκπομπές SO₂ και NO_x από την εθνική ναυτιλία μπορεί να είναι σημαντικές όσον αφορά τις συνολικές εθνικές εκπομπές. Τεχνικά μέτρα για την σημαντική προστασία της ποιότητας του αέρα από τα πλοία είναι διαθέσιμα και οικονομικά αποδοτικά. Αυτά τα μέτρα περιλαμβάνουν την υιοθέτηση καθαρότερων καυσίμων, την προσθήκη «scrubbers» ή άλλων συσκευών καθαρισμού καυσαερίων στα πλοία (για SO_x), συστήματα SCR (για NO_x), αργή εξάτμιση και ευρύτερη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της

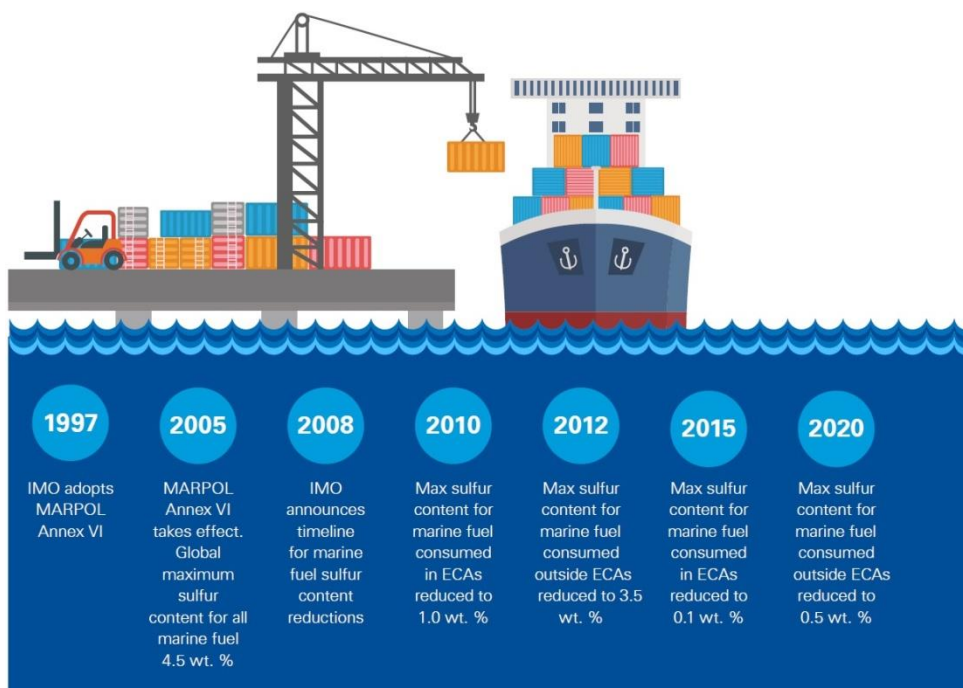
αιολικής πρόωσης, ηλεκτρική πρόωση με μπαταρία, εναλλακτικά καύσιμα όπως αμμωνία και υδρογόνο και ηλεκτρική ενέργεια από την πλευρά του λιμανιού.



Εικόνα 3: Αριθμός θανάτων που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η κακή ποιότητα του αέρα λόγω της διεθνούς ναυτιλίας ευθύνεται για περίπου 400.000 πρόωρους θανάτους ετησίως παγκοσμίως, με ετήσιο κόστος για την κοινωνία άνω των 58 δισεκατομμυρίων ευρώ σύμφωνα με πρόσφατες επιστημονικές μελέτες. Μέσω χημικών αντιδράσεων στον αέρα, το SO₂ και το NO_x μετατρέπονται σε λεπτά σωματίδια, θειικά και νιτρικά αερολύματα. Εκτός από τα σωματίδια που εκπέμπονται άμεσα από πλοία, όπως ο μαύρος άνθρακας, αυτά τα δευτερεύοντα σωματίδια αυξάνουν τις επιπτώσεις της ρύπανσης της ναυτιλίας στην υγεία. Τα μικροσκοπικά αιωρούμενα σωματίδια συνδέονται με πρόωρους θανάτους. Τα σωματίδια εισέρχονται στους πνεύμονες και είναι αρκετά μικρά για να περάσουν από τους ιστούς και να εισέλθουν στο αίμα. Στη συνέχεια, μπορούν να προκαλέσουν φλεγμονές που τελικά προκαλούν καρδιακές και πνευμονικές ανεπάρκειες. Οι εκπομπές των πλοίων μπορεί επίσης να περιέχουν

καρκινογόνα σωματίδια. Το πρότυπο για την περιεκτικότητα θείου για τα καύσιμα ναυτιλίας (Παράρτημα VI MARPOL) που υιοθέτησε ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) το 2008 και το οποίο θα εφαρμοστεί το 2020, αναμένεται να σώσει 26.000 ζωές ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2020.



Εικόνα 4: Μεγίστη περιεκτικότητα σε θείο για τα καύσιμα πλοίων ανά έτος.

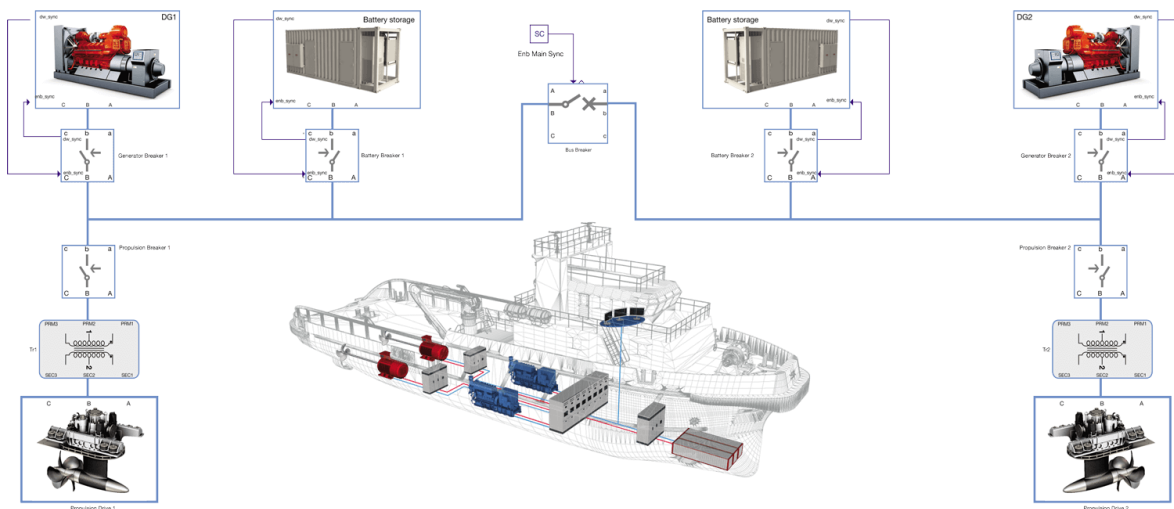
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ

2.1. Τα ηλεκτρικά πλοία

Τα πλοία κινούνται με αιολική ενέργεια εδώ και χιλιάδες χρόνια. Αλλά από τις αρχές του 19ου αιώνα, αυτό το έργο ανέλαβαν ολοένα και περισσότερο οι κινητήρες. Μετά την εφεύρεση των ατμομηχανών και των στροβίλων, χρησιμοποιήθηκαν κινητήρες ντίζελ σε διάφορες μορφές στον 20ο αιώνα, οι οποίες καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα ντίζελ, βαρύ πετρέλαιο, πετρέλαιο. Ο κινητήρας ή μια γεννήτρια παράγει επίσης ηλεκτρική ενέργεια για όλα τα ηλεκτρικά συστήματα του πλοίου. Αλλά για αρκετά χρόνια, πολλά πλοία είναι εν μέρει ηλεκτροφόρα: το 80% των πλοίων που χρησιμοποιούν πετρελαιοειδή χρησιμοποιούν τώρα ένα σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

ντίζελ. Οι γεννήτριες ντίζελ παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια οδηγεί τον ηλεκτρικό κινητήρα και αυτός κινεί την έλικα του πλοίου. Η ενεργεια αυτή εξοικονομεί μεταξύ 5 και 20% του καυσίμου.

Οι ηλεκτρικές μηχανές αποτελούνται από λιγότερα εξαρτήματα, είναι λιγότερο επιρρεπή σε βλάβες και έχουν λιγότερη φθορά. Αυτό μεταφράζεται σε μειωμένη απώλεια ενέργειας και υψηλότερη απόδοση. Αλλά αυτό δεν αποτελεί ακόμα υβριδικό σύστημα κίνησης. Αυτό ισχύει μόνο εάν το πλοίο μπορεί να πλεύσει χωρίς να λειτουργούν οι κινητήρες ντίζελ, τουλάχιστον για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενέργεια προέρχεται από τις μπαταρίες που βρίσκονται επί του σκάφους. Στο μέλλον, ο ηλεκτρικός κινητήρας θα μπορούσε επίσης να τροφοδοτείται με ενέργεια με άλλα μέσα, όπως με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, υδροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ) ή ηλιακή ενέργεια. Το ταξίδι από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης στη κίνηση χωρίς εκπομπές ρύπων περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες. Όπως με τα αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά επαγγελματικά οχήματα ή τα ηλεκτρικά αεροπλάνα, οι υβριδικές τεχνολογίες αποτελούν μια ενδιαμέση λύση για μοντέλα όπου είναι ακόμη δύσκολο να εφαρμοστεί ένα καθαρά ηλεκτρικό σύστημα κίνησης.



Εικόνα 4: Επιμέρους στοιχεία ηλεκτρικού πλοίου

Οι τρόποι ηλεκτροκίνησης είναι οι εξής:

- **Ντίζελ-ηλεκτρική κίνηση:** Οι γεννήτριες ντίζελ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, ο ηλεκτρισμός κινεί τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος κινεί την προπέλα του πλοίου.
- **Υβριδική κίνηση:** Υπάρχουν μπαταρίες επί του πλοίου, πλέον του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Από τη μία πλευρά, μπορούν να ενεργοποιηθούν επιπρόσθετα για μικρό χρονικό διάστημα όταν απαιτείται μέγιστη ισχύς. Από την άλλη πλευρά, μπορούν να αποθηκεύσουν την πλεονάζουσα ενέργεια, όπως από τη γεννήτρια ντίζελ. Αυτό θα επέτρεπε στο πλοίο να πλέει χρησιμοποιώντας τίποτε άλλο εκτός από ηλεκτρική ενέργεια για κάποιο χρονικό διάστημα.
- **Πλήρως ηλεκτρική κίνηση:** Δεν υπάρχει κινητήρας εσωτερικής καύσης, όλη η ενέργεια προέρχεται από μπαταρίες.

Ορισμένα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας ήδη πλέουν με ηλεκτρισμό, κυρίως φέρρυ και σκάφη αναψυχής. Αυτό συμβαίνει επειδή ταξιδεύουν σε μικρότερες αποστάσεις και μπορούν επομένως να χρησιμοποιούν μικρότερες μπαταρίες. Αρκετοί κατασκευαστές σκαφών σχεδιάζουν επίσης υβριδικά κρουαζιερόπλοια. Ωστόσο, για μεγάλα φορτηγά πλοία που πραγματοποιούν υπερωκεάνια ταξίδια, η ηλεκτρική κίνηση απέχει πολύ ακόμη. Οι μπαταρίες εξακολουθούν να μην είναι αρκετά αποδοτικές και είναι πολύ βαριές για πλοία που ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις στην ανοικτή θάλασσα. Τα πλοία μεταφέρουν περίπου το 80% των παγκόσμιων εμπορευμάτων, όπως αναφέρεται στην Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το εμπόριο και την ανάπτυξη. Και οι μεταφορές μέσω των ωκεανών θα συνεχίσουν να αυξάνονται τα επόμενα έτη - κατά 3,8% ετησίως έως το 2022. Ωστόσο, τα πλοία παράγουν μια τεράστια ποσότητα καυσαερίων, όπως οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου, σωματίδια αιθάλης και λεπτή σκόνη, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Ερευνητές έχουν υπολογίσει ότι ένα και μόνο μεγάλο πλοίο εκπέμπει τόσο CO₂ όσο 70.000 αυτοκίνητα, τόσο οξείδιο του αζώτου όσο 2 εκατομμύρια αυτοκίνητα και τόσο λεπτή σκόνη και καρκινογόνα σωματίδια όσο 2,5 εκατομμύρια αυτοκίνητα. Κατά συνέπεια, τα πλοία παράγουν το 15% των παγκόσμιων εκπομπών οξειδίου του αζώτου. Εξαιτίας αυτού, τα πλοία συγκαταλέγονται στις πιο σοβαρές πηγές ρύπανσης στους θαλάσσιους λιμένες. Τα περισσότερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και κρουαζιερόπλοια, πετρελαιοφόρα και φορτηγά πλοία λειτουργούν με βαρύ πετρέλαιο ντίζελ. Και καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες. Μαζί, τα 90.000 πλοία

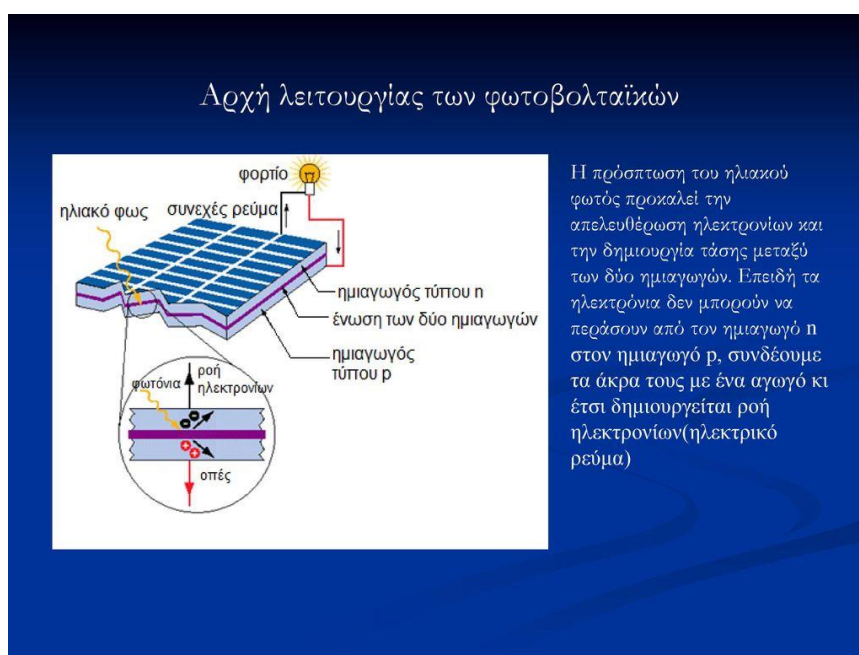
παγκοσμίως καταναλώνουν 370 εκατομμύρια τόνους καυσίμου κάθε χρόνο, και παράγουν 20 εκατομμύρια τόνους οξειδίου του θείου. Στην εσωτερική ναυσιπλοΐα, από την άλλη πλευρά, το θαλάσσιο ντίζελ χρησιμοποιείται ως καύσιμο, το οποίο είναι λιγότερο επιβλαβές από το βαρύ πετρέλαιο όταν καίγεται. Επιπλέον, εκπέμπονται λιγότερα επικίνδυνα οξείδια του αζώτου.

Τα καυσαέρια έχουν καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον, το κλίμα του κόσμου αλλάζει, οι ωκεανοί οξεοποιούνται. Υπάρχουν κίνδυνοι για την υγεία καθώς από το άσθμα στα παιδιά έως τον πρόωρο θάνατο. Το πρόβλημα θα επιδεινωθεί εάν συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται οι συμβατικές πηγές ενέργειας όπως στο παρελθόν. Έως το 2050, η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μπορούσε να αυξηθεί κατά τουλάχιστον 50%. Στην χειρότερη περίπτωση, ακόμη και έως και 250%. Μια μελέτη του κοινοβουλίου της ΕΕ υποθέτει επίσης ότι έως το 2050 η θαλάσσια κυκλοφορία θα ευθύνεται για σχεδόν το ένα πέμπτο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Τον Απρίλιο του 2018, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός αποφάσισε να μειώσει δραστικά τις εκπομπές. Μέχρι το 2050, η επιδίωξη των 173 κρατών μελών του ΟΗΕ είναι να μειωθούν κατά το ήμισυ οι εκπομπές CO₂ από πλοία σε σύγκριση με το 2008. Από τον Μάρτιο του 2018, πρέπει να καταγράφεται η κατανάλωση καυσίμων όλων των πλοίων και κατά συνέπεια, οι εκπομπές καυσαερίων. Από το 2020, μόνο καύσιμα που περιέχουν όχι περισσότερο από 0,5% θείο μπορούν να χρησιμοποιούνται. Επί του παρόντος, η οριακή τιμή είναι επτά φορές μεγαλύτερη. Προκειμένου το φιλόδοξο σχέδιο να επιτύχει, θα χρειαστεί μια αλλαγή νοοτροπίας. Αλλά ποιες επιλογές είναι διαθέσιμες για τη μείωση των εκπομπών; Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες. Για παράδειγμα, τα πλοία θα μπορούσαν να εγκαταστήσουν καταλύτες, παρόμοια με τα αυτοκίνητα. Αυτοί διαχωρίζουν τα επιβλαβή οξείδια του αζώτου σε άζωτο και οξυγόνο και ένα φίλτρο αιθάλης διατηρεί τα σωματίδια. Ή τα πλοία θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν θαλάσσιο ντίζελ αντί για το εξαιρετικά βρώμικο βαρύ πετρέλαιο. Το θαλάσσιο ντίζελ περιέχει πολύ λιγότερο θείο, αλλά είναι πολύ πιο ακριβό. Εξάλλου και οι δύο αυτές επιλογές έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα, Ότι βασίζονται σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και κατά συνέπεια, στα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, το ορυκτέλαιο από το οποίο παράγεται το ντίζελ θα μπορούσε να εξαντληθεί σε 50 χρόνια με τον τρέχοντα ρυθμό κατανάλωσης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η χρήση άλλων πηγών ενέργειας είναι πιο αποτελεσματική και καθαρότερη, όπως το υδροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ), το υδρογόνο ή η ηλεκτρική ενέργεια.

Τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης δεν θεωρούνται απλώς βιώσιμα στην ξηρά και στον αέρα. Σε πολλές περιπτώσεις, οι φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις για το πετρέλαιο είναι κατάλληλες για την εσωτερική ναυσιπλοΐα - και επίσης για τα ποντοπόρα πλοία στο μακρινό μέλλον. Ένα πλεονέκτημα της λειτουργίας με μπαταρία είναι ότι ο ηλεκτρισμός είναι πολύ φθηνότερος από το πετρέλαιο και ιδίως, το θαλάσσιο ντίζελ. Εξαιτίας αυτού προβλέπεται ότι οι παγκόσμιες πωλήσεις πλήρως ηλεκτρικών και υβριδικών πλοίων θα αυξηθούν. Ο αριθμός θα μπορούσε να φτάσει τα 20 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2027. Προκειμένου να υπάρξουν περισσότερα ηλεκτρικά πλοία στο μέλλον, πρέπει να ξεπεραστεί μια βασική πρόκληση. Οι μπαταρίες για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι πολύ πιο αποτελεσματικές. Μέχρι σήμερα, η ενεργειακή τους πυκνότητα είναι ακόμα πολύ χαμηλή. Αυτό σημαίνει ότι οι μπαταρίες δεν μπορούν να αποθηκεύουν αρκετή ενέργεια σε σχέση με το μέγεθος και το βάρος τους. Τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία πρέπει να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις με μία φόρτιση μπαταρίας. Οι μπαταρίες για αυτό είναι γενικά ακόμα πολύ μεγάλες και πολύ βαριές. Επιπλέον, οι λιμένες χρειάζονται την κατάλληλη υποδομή για την φόρτιση. Αυτό αποτελεί ήδη ένα πρόβλημα με την ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά, καθώς τα κρουαζιερόπλοια χρειάζονται συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια για τις ξενοδοχειακές τους λειτουργίες όταν είναι ελλιμενισμένα. Συχνά, την παράγουν μέσω κινητήρων και βοηθητικών μονάδων ισχύος και εκπέμπουν ρύπους. Θα ήταν πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στους λιμένες. Ωστόσο, εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας στην ακτή όπως αυτές, εξακολουθούν να είναι σπάνιες. Οι λιμένες θα πρέπει επομένως να επενδύσουν πολλά χρήματα για εξοπλισμό φόρτισης. Οι μπαταρίες είναι ακόμη πολύ ακριβές για πολλές ναυτιλιακές εταιρείες. Σύμφωνα με την DST, ένα κέντρο ανάπτυξης θαλάσσιας τεχνολογίας και συστημάτων μεταφοράς στη Γερμανία, οι μπαταρίες είναι το πιο ακριβό συστατικό ενός ηλεκτρικού πλοίου. Παρ' όλα αυτά, τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης εξακολουθούν να είναι δυνατά για φέριμποτ και σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Ελλιμενίζονται συχνά και μπορούν είτε να ανταλλάσσουν μπαταρίες είτε να τις επαναφορτίζουν για λίγο κάθε φορά που ελλιμενίζονται και να τις φορτίζουν εντελώς κατά την διάρκεια της νύχτας.

Ένας ακόμη τρόπος φόρτισης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και κυρίως από ηλιακή ενέργεια καθώς δεν εξαντλείται ποτέ. Φωτοβολείται ενέργεια, ονομάζεται η φυσική εκείνη διεργασία, κατά την οποία δύο ανόμοια υλικά σε στενή επαφή μεταξύ τους, ενεργούν ως ένα ηλεκτρικό στοιχείο όταν εκτίθενται στο φως ή σε άλλη

ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ως φωτοβολταϊκό φαινόμενο ορίζεται η πόλωση των ηλεκτρονικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία (Πάρη, 2012). Η διαδικασία της απορρόφησης του φωτός από κάποια συγκεκριμένα υλικά, έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της σε θερμότητα. Κάποια υλικά μπορούν να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Όταν το φως προσπίπτει πάνω σε κρυστάλλους ορισμένων στερεών υλικών, όπως π.χ. γερμανίου ή πυριτίου, στα οποία τα ηλεκτρόνια δεν είναι εν γένει ελεύθερα να κινηθούν από άτομο σε άτομο μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα, παρέχεται η απαιτούμενη ενέργεια για την απελευθέρωση ορισμένων ηλεκτρονίων. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται από την επίδραση του φωτός (φωτοηλεκτρόνια) διασχίζουν τα διαχωριστικά όρια των δύο ανόμοιων κρυστάλλων ευκολότερα κατά τη μια από τις δύο δυνατές διευθύνσεις, με αποτέλεσμα την εμφάνιση από τη μια πλευρά της επαφής αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου δηλαδή αρνητικού δυναμικού σ' αυτήν, σε σχέση με την άλλη πλευρά (Πάρη, 2012). Το φωτοβολταϊκό στοιχείο θα συνεχίζει να εμφανίζει ηλεκτρική τάση και να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, όσο το φως εξακολουθεί να προσπίπτει στα δυο υλικά. Το φωτοβολταϊκό σύστημα λειτουργεί μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία είναι ηλεκτρονικές συσκευές, που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο φαινόμενο για την άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή στήλη ή κυψέλη (PV cell).



Εικόνα 5: Αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών.

2.2. Μειονεκτήματα ηλεκτρικών πλοίων

Πολλοί παράγοντες μπορούν να εξηγήσουν τα εμπόδια στην αγορά για ηλεκτρικά πλοία. Τα δημογραφικά στοιχεία, οι τιμές και ο τρόπος ζωής επηρεάζουν όχι μόνο τις προτιμήσεις αλλά και την πρακτικότητα ενός δεδομένου ηλεκτρικού σκάφους για έναν συγκεκριμένο καταναλωτή. Εδώ και πολλά χρόνια, τα περισσότερα πλοία έχουν μερικώς “ηλεκτριστεί”. Το 80% των πλοίων που έχουν ως καύσιμο το πετρέλαιο, χρησιμοποιούν παράλληλα γεννήτριες ντίζελ που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια οδηγεί τον ηλεκτρικό κινητήρα, που κινεί αυτός τον έλικα του πλοίου. Μέσα από την ιστορία διαπιστώνουμε ότι το σπουδαιότερο πρόβλημα της ηλεκτροκίνησης στα πλοία, στο πλαίσιο της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, είναι η χωρητικότητα και η ζωή των μπαταριών. Το βάρος της μπαταρίας είναι περίπου 20πλάσιο από αυτό του ντίζελ, και το βάρος αυτό προφανώς θα πρέπει να αφαιρεθεί από το ωφέλιμο φορτίο του πλοίου, κάτι που δε συμφέρει φυσικά. Η σημερινή τεχνολογία μπαταριών προφανώς μπορεί να περιορίζει την εμβέλεια δράσης των πλοίων όμως θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μικρές διαδρομές και κυρίως στα πορθμεία, στα σκάφη αναψυχής, στα ημερόπλοια και σίγουρα στο πυκνό νησιωτικό πλέγμα των ελληνικών νησιών και λιμένων, όπως αντίστοιχα έχει ξεκινήσει να υλοποιείται στα προφυλαγμένα φιόρδ της Σκανδιναβίας. Πολλά είναι αυτά που θα πρέπει να γίνουν για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, ίσως το βασικότερο είναι να προετοιμαστούν και να αναβαθμιστούν κατάλληλα οι λιμένες υποδοχής ηλεκτρικών πλοίων, αξιοποιώντας τις σύγχρονες καινοτομίες.

Ακόμη ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στους ηλεκτροκινητήρες είναι 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. Μεγάλο κόστος υπάρχει και για τη ναυτιλιακή κοινότητα, καθώς απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές. Ένα ακόμα εμπόδιο εξέλιξης των πράσινων τεχνολογιών αποτελούν οι ατέλειες της αγοράς, καθώς παρατηρείται χαμηλή πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τα οφέλη και την απόδοση των νέων προϊόντων. Αυτό προκύπτει και από την έλλειψη επενδύσεων σε έρευνα ανάπτυξης νέων τεχνολογιών αλλά και αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προκαλεί έντονες ανησυχίες για το πραγματικό κόστος της χρήσης τους. Απαιτείται λοιπόν, ακριβής και σωστός προγραμματισμός. Η εκπαίδευση του ανθρώπινου

δυναμικού είναι πολύ σημαντική αλλά δύναται να αποτελέσει εμπόδιο στη χρήση καινοτόμων ιδεών μετακυλώντας τις αποφάσεις των επενδυτών σε πιο ασφαλή σχέδια. Η κατάρτιση στις νέες τεχνολογίες είναι πολύ σημαντική παράμετρος λόγω της πολυπλοκότητας των διαδικασιών. Επιπρόσθετα, η παράλειψη δημιουργίας συστημάτων έλεγχου για τις εκπομπές αερίων συντελεί αρνητικά στη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών.

2.3. Πλεονεκτήματα ηλεκτρικών πλοίων

Τα ηλεκτρικά πλοία, με το περιορισμένο εύρος και τις επιδόσεις τους, τείνουν να χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικές πλωτές οδούς, όπου η πλήρης εξάλειψη της τοπικής ρύπανσης είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Ηλεκτρικοί κινητήρες είναι επίσης διαθέσιμοι ως βοηθητική πρόωση για ιστιοπλοϊκά σκάφη στα εσωτερικά ύδατα. Τέτοιου είδους κινητήρες είναι ήσυχοι και δεν μολύνουν το νερό ή τον αέρα, οπότε δεν τρομάζουν ούτε βλάπτουν ψάρια, πουλιά και άλλα άγρια ζώα. Σε συνδυασμό με σύγχρονες αδιάβροχες μπαταρίες, οι ηλεκτρικές είναι επίσης ιδανικές για προσφορές σκαφών αναψυχής. Η ηλεκτρική πρόωση δεν είναι κατάλληλη για παρατεταμένη κρουαζιέρα με πλήρη ισχύ, αν και η ισχύς που απαιτείται για αργή κίνηση σε ελαφρούς αέρα και ήρεμες θάλασσες είναι μικρή.

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:

- Εξοικονόμηση χώρου, καθώς και ευελιξία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων, όπου αυτό είναι πολύ σημαντικό για την διαχείριση χώρου στις μηχανές των πλοίων.
- 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.
- Λιγότερη συντήρηση κινητήρα - χωρίς αλλαγή λαδιού, αλλαγή στροφείου, αλλαγή φίλτρου ντίζελ κ.λπ.

- 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).
- Πιο εύκολη εγκατάσταση αυτοματισμών στο εσωτερικό του πλοίου.
- Αξιοπιστία λειτουργίας και ασφάλεια.
- Περιορισμός ρύπων κατά την διάρκεια λειτουργίας όπως προαναφέραμε και κυριότερα εκπομπών τύπου NOx όπου είναι αισθητά λιγότερες.
- Δεν έχουν απαγορεύσεις ναυσιπλοΐας σε περιοχές που απαγορεύονται κινητήρες εσωτερικής καύσης , όπως θαλασσιές προστατευόμενες περιοχές.
- Ήδη υπάρχουν υποδομές για πλοία και σκάφη σε μαρίνες που ώστε να είναι εφικτή μια πλήρη φόρτιση.
- Ο κίνδυνος πυρκαγιάς της αποθήκευσης μπαταριών είναι μικρότερος από τον κίνδυνο πυρκαγιάς που σχετίζεται με την αποθήκευση βενζίνης.

Το προφανές πλεονέκτημα των μηχανών αυτών είναι ότι δεν έχουν ανάγκη παροχής σε συνεχές ρεύμα, ενώ με τον τρόπο αυτό αυξάνεται και η συνολική απόδοση, καθώς μεταξύ των άλλων μειώνονται και οι συνολικές απώλειες Joule στα τυλίγματα.

Είναι σαφές ότι υπάρχουν πολλά εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν αλλά τουλάχιστον το χρονοδιάγραμμα και οι τεχνολογίες είναι ελπιδοφόρες. Εάν ο ναυτιλιακός τομέας πρόκειται να αντιμετωπίσει την πρόκληση, αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με σημαντικές επενδύσεις στην τεχνολογία και στις προσεγγίσεις του προβλήματος όχι μόνο από οικονομικής πλευράς, αλλά και από προοπτικής ενός βιώσιμου μέλλοντος που είναι απαραίτητο για να αποδειχθεί πως η ηλεκτροκίνηση στα πλοία έχει τη δυνατότητα να γίνει πραγματικότητα και σύντομα.

2.4. Παραδείγματα Ηλεκτρικών Πλοίων

Τα ηλεκτρικά πλοία έχουν ήδη ξεκινήσει να δραστηριοποιούνται στα πλαίσια πιλοτικών προγραμμάτων προκειμένου να μελετηθούν οι δυνατότητες τους σε επίπεδο αγοράς και να σημειωθούν τυχών αδυναμίες έτσι ώστε και η εξέλιξη τους να εστιαστεί σε αυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου προγράμματος είναι το ηλεκτρικό πλοίο και πλήρως αυτόνομο πλοίο M/V YARA BIRKELAND, το οποίο θα εξυπηρετήσει εσωτερικές γραμμές εμπορευματοκιβωτίων εντός της Νορβηγίας.

Πιο συγκεκριμένα το πλοίο M/V YARA BIRKELAND, θα κινείται από δυο ηλεκτροκινητήρες των 900 kW έκαστος ενώ είναι εξοπλισμένο και με δύο ηλεκτρικούς προωθητήρες των 700 kW έκαστος για τις πλευρικές μετατοπίσεις - Bow Thrusters. Η μέγιστη μεταφορική του δυνατότητα είναι 120TEU με 3200 Dwt.

Το δρομολόγιο θα πραγματοποιείται μεταξύ τριών λιμανιών της Νορβηγίας: HEROYA – BREVIK 7N.μ και HEROYA – LARVIK 30 N.μ. Για τα δυο αυτά δρομολόγια προκειμένου να εξυπηρετηθούν το πλοίο θα είναι εφοδιασμένο με μια μπαταρία 7-9 MWh. (Kongsberg – Yara Birkeland, 2020)



Εικόνα 6: Το ηλεκτρικό πλοίο Yara Birkeland

Το 2018, το πλήρωμα του Rigging Doctor στο Wisdom διέσχισε τον Ατλαντικό Ωκεανό με έναν ηλεκτροκινητήρα. Είναι ένα παρά πολύ σημαντικό κατόρθωμα για το μέλλον της ηλεκτροκίνησης στα πλοία καθώς με ηλεκτρικό κινητήρα διένυσε πάνω από 10.000 μιλιά.



Εικόνα 7: Το πλοίο Wisdom.

Το MARY GORDON είναι το παλαιότερο ηλεκτροκίνητο σκάφος που υπάρχει ακόμα. Το 1898, κατασκευάστηκε από τον W Sargeants του νησιού Eel Pie στον Τάμεση και έχει ένα σκαλισμένο κύτος από σανίδα από ξύλο τικ σε δρύινα πλαίσια. Έχει δύο ξύλινους ιστούς και ήταν μια από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις της εποχής της, μεταφέροντας εβδομήντα πέντε ενήλικες ή εκατόν είκοσι παιδιά. Το MARY GORDON παραγγέλθηκε από το Δημοτικό Συμβούλιο του Λιντς και πήρε το όνομά της από τη σύζυγο του Δημάρχου του Λιντς.



Εικόνα 8: Το ηλεκτρικό πλοίο Mary Gordon.

Παράδειγμα μιας παλιάς ιδέας που ξαναγεννιέται, το 2014, το πρώτο με ηλεκτρικό εξοπλισμό του είδους που πραγματοποιήθηκε σε 1973 Tollycraft 30 'Sedan Cruiser. Το σκάφος τροφοδοτήθηκε αρχικά από δύο Chrysler 318 V8 συνοδευόμενα από δύο δεξαμενές καυσίμου 80 γαλονιών (Wikipedia). Η μετατροπή πραγματοποιήθηκε στο Βανκούβερ του Καναδά και το σκάφος (e-Tolly) τροφοδοτείται τώρα από δύο κινητήρες LMC 9 kW με ενέργεια που παρέχεται από 16 μπαταρίες βαθμού κύκλου 6 διαφόρων ενδιάμεσων κύκλων. Μέγιστη αντοχή 13 ώρες. Μέγιστη ταχύτητα 10 κόμβων. Ο παράγοντας της εμβέλειας είναι μια κοινή ανησυχία για όσους εξετάζουν την ηλεκτρική πρόωση σε ένα σκάφος.



Εικόνα 9: Το e-Tolly

Το πρώτο πλοίο ηλεκτρικής ενέργειας της Νορβηγίας είναι το MV AMPERE, με χωρητικότητα 120 αυτοκινήτων και 12 φορτηγών. Από τον Νοέμβριο του 2016, έχει λειτουργήσει για 106.000 μίλια. Η μπαταρία της διαθέτει ενέργεια 1 MWh, αλλά παρά τον μειωμένο χρόνο ταχυφόρτισης (περίπου 10λεπτα), δεν εξυπηρετούσε τις ανάγκες της γραμμής και χρειάστηκε επέκταση των μπαταριών (αύξηση χωρητικότητας). Η Νορβηγία έχει προγραμματίσει πολλά άλλα έργα ηλεκτρικών πορθμείων. Με βάση τα δεδομένα, η Siemens καταλήγει στην εκτίμηση ότι 61 από τις 112 διαδρομές ντίζελ της Νορβηγίας θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από ηλεκτρικά πλοία με χρόνο απόδοσης 5 ετών. Η ανάλυση περιλαμβάνει βοηθητικά κόστη, όπως φορτιστές, πλέγμα και ούτω καθεξής.



Εικόνα 10: Το MV AMPERE

Στη Φινλανδία το πλοίο «Föri», στο ιστορικό πορθμείο της πόλης του Τουρκού απέναντι από τον ποταμό Aura στο Abo, μετατράπηκε σε ηλεκτρικό τον Απρίλιο του 2015. Το πλοίο εισήχθη ως ατμοπλοϊκό καύσης ξύλου το 1904, μετατράπηκε σε λειτουργία ντίζελ το 1955 και τώρα παρέχει μια συνεχή καθημερινή υπηρεσία από τις πρώτες πρωινές ώρες έως αργά το βράδυ για τους επιβάτες με ισχύ μπαταρίας. Η φόρτιση πραγματοποιείται τη νύχτα. Με βάση τις προβλέψεις της κατανάλωσης, ο χρόνος απόδοσης είναι 3 χρόνια. Στα συστήματα φόρτισης με πλοίο, όταν το πλοίο βρίσκεται στη θέση σύνδεσης, ο παντογράφος φόρτισης συνδέεται για λίγα δευτερόλεπτα με την ενσωματωμένη μονάδα και ξεκινά η φόρτωση της μπαταρίας.



Εικόνα 11: Το Πλοίο Föri

Δεξαμενόπλοιο Guangzhou – 2.400 kWh. Η κινεζική εταιρεία Guangzhou Shipyard ξεκίνησε το 2017 το πρώτο ηλεκτρικό πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, θέτοντάς το σε εμπορική χρήση ένα χρόνο αργότερα. Όπως αναφέρθηκε από την Quartz, το δεξαμενόπλοιο μήκους 70 μέτρων και πλάτους 14 μέτρων διαθέτει σύστημα μπαταρίας που αποτελείται από περισσότερα από 1.000 ιόντα λιθίου μπαταρίες και υπερπυκνωτές, δίνοντας στο σκάφος την αυτονομία να διανύει έως και 80 χλμ. Το 2017, ο κρατικός ειδησεογραφικός ιστότοπος Chinanews ανέφερε ότι το πλοίο θα ταξίδευε μέσω του ποταμού Pearl στη νότια επαρχία Guangdong, μεταφέροντας 2.314 τόνους άνθρακα σε ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.



Εικόνα 12: Το Δεξαμενόπλοιο Guangzhou

Εταιρείες που ασχολούνται με ηλεκτρικά πλοία έχουν στραφεί προς την Ελλάδα τον τελευταίο καιρό θέλοντας να μπουν στην αγορά και συνδέουν κοντινά νησιά. Μία από αυτές είναι η Boundary Layer Technologies, μια startup τεχνολογίας αιχμής, με έδρα την Καλιφόρνια, η οποία έχει ως στόχο της την ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών με υψηλές ταχύτητες και έκλυση μηδενικών αέριων ρύπων. Την περασμένη Τετάρτη 27 Οκτωβρίου, αποκάλυψε στην έδρα της στην Καλιφόρνια, σε παγκόσμια πρώτη, το 100% ηλεκτρικό, zero emission (μηδενικών ρύπων) επιβατικό catamaran ELECTRA. Το catamaran ELECTRA, ταξιδεύει σε σχέση τα μέχρι τώρα γνωστά ηλεκτρικά επιβατικά ταχύπλοα, με έως και διπλάσια υπηρεσιακή ταχύτητα, που φτάνει τους 40 κόμβους και διαθέτει εμβέλεια-αυτονομία έως και 100 ναυτικά μίλια, χάρη στις ιδιαίτερα εξελιγμένες μπαταρίες του. Οι αυτές επιδόσεις, οφείλονται στην χρήση της πατενταρισμένης τεχνολογίας υδροπτερυγών της Boundary Layer Technologies, στην εκτεταμένη χρήση ελαφρών κραμάτων στην κατασκευή του hull και στην πρωτοπόρο αεροδυναμική σχεδίαση του σκάφους, στα πρότυπα της αεροπορικής βιομηχανίας, που μειώνει τον αεροδυναμικό συντελεστή οπισθέλκουσας κατά 2 φορές. Όπως είπαν τα στελέχη της εταιρείας το προσφέρει εξαιρετική πλεύση στη θάλασσα και υψηλή άνεση επιβατών, ανεξάρτητα από τις επικρατούσες συνθήκες κυματισμού. Το ELECTRA έχει αρχικά σχεδιαστεί σε δυο βασικές εκδόσεις:

A) Μια μεταφορικής δυναμικότητας 150 επιβατών, που δίνει έμφαση στην πολυτέλεια της καμπίνας επιβατών (παρέχοντας υψηλού επίπεδου ανέσεις σε δυο κατηγορίες Οικονομική και Premium-Business, με μεγάλο χώρο για τα πόδια των επιβατών) και

B) μια πιο απλή παραλλαγή, μεταφορικής δυναμικότητας 240 επιβατών.



Εικόνα 13: Το project Electra

Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεί το πλοίο «E-ELLEN» το οποίο βρίσκεται ήδη σε λειτουργία και είναι ένα επιβατηγό-οχηματαγωγό πλοίο της γραμμής και εξυπηρετεί το δρομολόγιο μεταξύ δύο νησιών της Δανίας απόστασης 30 ναυτικών μιλίων. Για την πρόωση του το ηλεκτρικό φέρρυ είναι εφοδιασμένο με δυο ηλεκτροκινητήρες των 750 kW έκαστος. Η διάταξη των μπαταριών βρίσκεται στη μέση και προς την πρύμνη του πλοίου εντός δύο δωματίων. Η συνολική χωρητικότητα είναι 4,3 MWh. Η χωρητικότητα των συλλεκτών του επιτρέπει να πραγματοποιήσει το ταξίδι μετ' επιστροφής με μια ταχύτητα των 22 κόμβων ανά ώρα. Η φόρτιση των μπαταριών επιτυγχάνεται στο μητρικό λιμάνι του Søby (Andrew Tunnicliffe, 2019). Η μεταφορική δυνατότητα του «E-ELLEN» είναι 200 επιβάτες και 30 οχήματα. Το περιβαλλοντικό όφελος από την αξιοποίηση του σε ετήσια βάση ισοδυναμεί με 2000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Ενώ το κόστος κατασκευής του ανήλθε στα 21,3 εκ. ευρώ και η ναυπήγηση του διήρκεσε 4 χρόνια.



Εικόνα 14: E-ELLEN – Φόρτιση στο λιμάνι

Τον Μάιο, η Leclanche ήταν ένας από τους οκτώ εταίρους που συνεργάστηκαν για να ξεκινήσει το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό Αερόστρωμα Στηριζόμενο Σκάφος, Air Supported Vessel (ASV) στη Ρίγα της Λετονίας. Το πλοίο 25-τόνων, που ονομάζεται BB Green, μειώνει την υδροδυναμική αντίσταση του νερού με έναν ανεμιστήρα μπαταρίας στην πλώρη που εγχύει πεπιεσμένο αέρα μέσα σε μία κοιλότητα κάτω από το πλοίο. Το στρώμα του αέρα υποστηρίζει περίπου το 80 τοις εκατό του εκτοπίσματος του πλοίου, μειώνοντας

την αντίσταση κατά 40 τοις εκατό σε υψηλή ταχύτητα. Το σύστημα επιτρέπει στο πλοίο να φτάσει την ταχύτητα των 30 κόμβων, προωθούμενο από δύο ηλεκτροκινητήρες 280 kW, και να διεκδικήσει τον τίτλο του “πιο γρήγορου ηλεκτρικού σκάφους μετακινήσεων του κόσμου.” Το κύτος και το σύστημα πρόωσης έγινε από την Echandia Marine και την SES Europe.

Το BB Green λειτουργεί προς το παρόν με μια ενσωματωμένη μπαταρία 200 kWh LTO της Leclanche αλλά είναι σχεδιασμένο να αναβαθμιστεί μέχρι 400 kWh. Η τρέχουσα διαμόρφωση του σκάφους του επιτρέπει να λειτουργεί σε υψηλή ταχύτητα για πάνω από 30 λεπτά με αυτονομία 14 ναυτικών μιλίων. Σε κάθε στάση, η συστοιχία LTO φορτίζεται σε ταχεία φόρτιση για 15 έως 20 λεπτά. Το πλοίο χωράει έως 70 επιβάτες συν ποδήλατα, και αρχικά χρησιμοποιείται για σκοπούς επίδειξης σε όλη την Ευρώπη.



Εικόνα 15: Το BB Green ASV

Άλλα έργα εξετάζονται στον Καναδά, τη Σουηδία και τη Δανία. Το First Solar Ferry της Ινδίας, ένα σκάφος 75 επιβατών, το οποίο τροφοδοτείται από ηλιακά πάνελ σε ένα συνδυασμό με ένα πλέγμα με μπαταρίες λιθίου, τέθηκε σε λειτουργία πιλοτικά τον Ιούλιο του 2020. Υβριδικό ηλεκτρικό ντίζελ: Υπάρχει μια τρίτη πιθανή χρήση για βοηθητικό ντίζελ και είναι η φόρτιση των μπαταριών, όταν ξαφνικά αρχίζουν να εξασθενίζουν μακριά από την ακτή στη μέση της νύχτας, ή σε αγκυροβόλιο μετά από μερικές ημέρες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση, όπου αναμένεται αυτού του είδους η χρήση, ίσως σε ένα μεγαλύτερο σκάφος κρουαζιέρας, τότε μπορεί να απαιτηθεί μια συνδυασμένη λύση ντίζελ-ηλεκτρικής ενεργείας. Μια τέτοιου είδους λύση θα μπορούσε να αποτελέσει μια μεταβατική λύση για την πλήρη ηλεκτρική αυτονομία των πλοίων. Ο

πετρελαιοκινητήρας εγκαθίσταται με πρωταρχικό σκοπό τη φόρτιση των συστοιχιών μπαταριών με τον ηλεκτρικό κινητήρα να αποτελεί το κύριο μέσο πρόωσης. Ωστόσο το βασικό μειονέκτημα της εν λόγω μεθόδου είναι η μειωμένη απόδοση, καθώς η ισχύς του ντίζελ μετατρέπεται πρώτα σε ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια σε κίνηση, αλλά υπάρχει εξισορρόπησης κάθε φορά που πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας για την φόρτιση των μπαταριών είτε εκμεταλλευόμενοι τυχών ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ανέμου ή ηλιακής φόρτισης) είτε του φυσικής ορμής που έχει αναπτύξει το πλοίο λόγω ταχύτητας ή θαλασσίων ρευμάτων. Επιπλέον, μειονέκτημα θεωρείτε το βάρος και το κόστος εγκατάστασης, ωστόσο στα μεγαλύτερα εμπορικά πλοία ή και σε πλοία όπου η δραστηριότητά τους περιλαμβάνει μεγάλα διαστήματα στο αγκυροβόλιο αυτό δεν είναι αποτελεί μεγάλο ζήτημα, σε σύγκριση με την εξοικονόμηση που μπορεί να γίνει σε άλλες ώρες. Ένα παράδειγμα είναι το αλιευτικό σκάφος Selfa E1-Max 1099, με μπαταρία 135 kWh και γεννήτρια diesel 80 kW.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Όπως είδαμε στην τρέχουσα εργασία, τα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης είναι πολύ σημαντικά για τη ναυτιλία. Έχει μελετηθεί σε πολλές ερευνητικές εργασίες και η χρήση του σε σύγχρονα πλοία είναι πολύ συναντάται συνεχώς. Η εξέταση όλων των τμημάτων ενός σκάφους για τη μελέτη της ηλεκτρικής πρόωσης απαιτεί κατανόηση της σχετικής ορολογίας και λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη όταν πρόκειται για το σχεδιασμό του ηλεκτρικού δικτύου ενός πλοίου, επομένως εκτός από τα πολύ γενικά ζητήματα ορολογίας και λειτουργίας του δικτύου, αναλύουμε επίσης πιο εξειδικευμένα θέματα, όπως η συνάφεια στα πλοία. Έλικες, ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος και πώς ελέγχουμε την ταχύτητα και τη ροπή στα συστήματα πρόωσής μας. Οι περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλία συμβάλλει μόλις κατά 3% περίπου στις ατμοσφαιρικές εκπομπές, συνεπώς ένα είδος σχεδίασης φιλικότερο προς το περιβάλλον θα ήταν κάτι που θα μείωνε τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Συγκρίνοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εργασίας καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως μόνο θετικά επιδρά αλλά το κόστος για να ναυπηγηθούν, και συνεπώς να αντικαταστήσουν πλοία με μηχανές εσωτερικής καύσης είναι εξωφρενικά υψηλό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- IMO. (2000) Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships Final Report to the International Maritime Organization. Issue no. 2.
- Norway OECD. (2008) The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping Past trends and future perspectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World. Mexico.
- Marmer, E. et al. (2009) What can we learn about ship emission inventories from measurements of air pollutants over the Mediterranean Sea. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 9. 7155–7211
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (1999) Methodological Issues Emissions resulting from fuel used for International Transportation OECD. (2008)
- The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping Past trends and future perspectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World. Mexico.
- EMEP/EEA (2011) International Navigation, National Navigation, National Fishing. Emission Inventory Guidebook 2009
- Marpol 73/78 Annex VI. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships Technical and Operational implications. Norway: DNV.
- DNV (2008) Revision of MARPOL Annex VI and the NOx Technical Code. IMO's MEPC
- Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations. Available from:
<http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>
- Wärtsilä (2009) Ship Power Systems. Energy Environment Economy
- Cairncross, E. K., John, J. & Zunckel, M. A novel air pollution index based on the relative risk of daily mortality associated with short-term exposure to common air pollutants. Atmospheric Environment, 41, (2007), 8442- 8454.
- CE Delft Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport. (2009), Tender DG ENV.C4/ATA/2008/0016, Delft.
- Cheremisnoff, T. P., Handbook of Air Pollution Prevention and Control. Waltham, MA: Butterworth-Heinemann, (2002).

- Heffner, R. R. (2007). Semiotics and Advanced Vehicles: What Hybrid Electric Vehicles (HEVs) Mean and Why it Matters to Consumers
- MEPC.213(63) , 2012
- MEPC.1/Circular 683, 2009
- MEPC.282(70), 2016
- Bouman, E. A., Lindstad, E., Rialland, A. I., & Strømman, A. H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping—a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408-421.
- Andrew Tunnicliffe, 2019, [online] available at: Ellen E-ferry: world first a glimpse of the future of ferries (ship-technology.com) [access 06 -12-2020]
- Δρ Ευάγγελος Κυριαζόπουλος, Ομιλία MetaforesPress
- Αλεξόπουλος, Α. Β. & Φουρναράκης, Ν. Γ., Διεθνείς Κανονισμοί Ναυτιλιακή Πολιτική και Δίκαιο της Θάλασσας. 3η έκδοση. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου. (2018).
- Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι. & Νικολαΐδης, Ν., Βιομηχανική οργανική χημεία. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, (2015).
- Βασάλος, Ι. & Λεμονίδου, Α., Ενεργειακές πρώτες ύλες. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, (2009). 47
- Γεωργιάδης, Θ., Καλλέργης, Γ., Φερεντίνος, Γ., et al., Φυσικό περιβάλλον και ρύπανση, Τόμος Δ', Διάθεση αποβλήτων και οι επιπτώσεις το στους περιβάλλον. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, (2004).
- Γεωργόπουλος, Α., Γη, Ένας Μικρός και Εύθραστος Πλανήτης. 4η έκδοση. Gutenberg, (2000).
- Κοτρίκλα, Α.-Μ., Ναυτιλία και περιβάλλον, (2015) [ηλεκτρ. βιβλ.]. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. <http://hdl.handle.net/11419/5478>.
- Μουστρής, Κ. Π., Τεχνολογία Περιβαλλοντικών Μετρήσεων – Οι βασικότεροι ρύποι – Οξείδια του Αζώτου NOx, (2015).
- Σακελλαριάδου, Φ., Ρύπανση και ναυτιλία, (2013). <https://eclass.unipi.gr/modules/document/document.php?course=NAS118&openDir=/4adde4a4tzmc>
- Κλιάνης, Α., Νικολός, Ι. & Σιδέρης, Ι., Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως. 1η έκδοση, Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου, (2003).
- Γεωργιάδης, Θ., Καλλέργης, Γ., Φερεντίνος, Γ., et al., Φυσικό περιβάλλον και ρύπανση, Τόμος Δ', Διάθεση αποβλήτων και οι

επιπτώσεις το στους περιβάλλον. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, (2004).

- Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο,(2018). Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής, Ευρωπαϊκή Ένωση. Διαθέσιμο στο: <https://www.eca.europa.eu/el/Pages/ecadefault.aspx>.
- Wikipedia - Electric boat, History
- Ι. Κ. Χατζηλάου, Ι. Μ. Προυσαλίδης, Γ. Αντωνόπουλος, Ι. Κ. Γύπαρης, Π. Βαλλιανάτος, «Εξελίξεις στην ηλεκτροπρόωση πλοίων και ανασκόπηση ζητημάτων σχεδιασμού στο πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο», Διήμερο ΤΕΕ: «Ηλεκτροκίνητα Μέσα Μεταφοράς στην Ελλάδα – Υφιστάμενη Κατάσταση και Προοπτικές», Αθήνα, 12 – 13 Ιανουαρίου 2006.
- [Αξιόπλοα ηλεκτρικά πλοία \(eba.gr\)](http://eba.gr)