

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ
ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Πτυχιακή εργασία

Αθανάσιος Θωμαΐδης

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Νικόλαος Μαύρος

ΘΕΜΑ Οικολογικές μορφές ενέργειας και η εφαρμογή τους στη ναυτιλία

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: Θωμαΐδη Αθανάσιου
Α.Γ.Μ: 3108**

**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:
Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:**

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότης</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ: Νικόλαος Τσούλης

1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2	Εισαγωγή.....	3
3	Συνομογραφίες	6
4	Επισημάνσεις	7
4.1	Καθεστώς διαδικασιών και τεχνολογίας.....	7
4.2	Απόδοση και κόστος.....	8
4.3	Κίνητρα, δυνατότητες και εμπόδια	10
5	Καθεστώς διαδικασιών και τεχνολογίας.....	12
5.1	Διδάγματα του παρελθόντος	13
5.2	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη ναυτιλία: Μετασκευή η εκ νέου κατασκευή για πρωτεύοντα και βοηθητικά συστήματα πρόωσης και παροχής ισχύος για βοηθητικά συστήματα..	14
5.3	Που εστιάζονται οι εφαρμογές ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία; Βιοκαύσιμα, Αιολική, ηλιακή και κυματική ενέργεια	15
5.3.1	Αιολική Ενέργεια	15
5.3.2	Φωτοβολταϊκά και υβριδικά συστήματα	18
5.3.3	Βιοκαύσιμα	20
5.3.4	Κυματική ενέργεια	25
5.3.5	Κυψέλες καυσίμου υδρογόνου.....	25
5.3.6	Πρόωση με χρήση ηλεκτρισμού από μπαταρίες.....	28
6	Απόδοση και κόστη	28
7	Οδηγοί, Δυνατότητες και φραγμοί.....	31
7.1	Κίνητρα.....	31
7.2	Δυνατότητες.....	34
7.3	Φραγμοί.....	36
8	Βιβλιογραφία	40

2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ναυτιλία είναι η ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου αλλά και παράγοντας ζωτικής σημασίας για τις νησιωτικές περιοχές, μεταφέροντας περίπου το 90% του συνόλου των εμπορεύσιμων αγαθών όπως εκτιμάται από το International Chamber of Shipping. Σύμφωνα με την σύσκεψη του ΟΗΕ σχετικά με το εμπόριο και την ανάπτυξη (UNCTAD), από το 1970 ως το 2013 η παγκόσμια ετήσια χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα αυξήθηκε από 2.6 δισεκατομμύρια σε 9.5 δισεκατομμύρια τόνους. Η ζήτηση στην ναυτιλία προβλέπεται να αυξηθεί περαιτέρω ακολουθώντας τις αλλαγές στις συνθήκες της παγκόσμιας παραγωγής, την αυξημένη σπουδαιότητα των παγκοσμίων αλυσίδων εφοδιασμού και την αναμενόμενη ανάπτυξη πολλών οικονομιών. Επίσης, για το άμεσο μέλλον, ποντοπόρα πλοία θα συνεχίσουν να φέρουν το μεγαλύτερο μέρος των εν λόγω συναλλαγών.

Η πηγή ενέργειας για την πρόωση των πλοίων έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές τα τελευταία 150 χρόνια, ξεκινώντας με ιστία (ανανεώσιμη αιολική ενέργεια), συνεχίζοντας με την χρήση άνθρακα, έπειτα στη χρήση βαρέων υγρών καυσίμων (HFO) και ναυτιλιακού πετρελαίου (MDO), το οποίο είναι και το κυρίαρχο καύσιμο του κλάδου. Η κατανάλωση αυτών των καυσίμων αυξάνεται κατακόρυφα με την πάροδο των ετών ακολουθώντας την αυξανόμενη ζήτηση στη ναυτιλία. Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (IMO) υπολογίζει ότι μεταξύ του 2007 και του 2012, κατά μέσο όρο, ο παγκόσμιος ναυτιλιακός στόλος κατανάλωσε μεταξύ 250 και 325 εκατομμυρίων τόνων καυσίμων ετησίως, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 2.8% των ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως. Παρόλα αυτά, σε σύγκριση με άλλες μορφές μεταφοράς, η ναυτιλία παράγει τις χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανα τόνο ανα χιλιόμετρο μεταφοράς. Οι εκπομπές όμως αναμένεται να αυξηθούν σύμφωνα με την ζήτηση των υπηρεσιών ναυτιλίας και θα μπορούσαν να τριπλασιαστούν έως το 2050 αν αφεθούν ανεξέλεγκτες.

Οι εκπομπές ρύπων της ναυτιλίας πρέπει να περιοριστούν για να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις της στην κλιματική αλλαγή. Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) έχει ορίσει υποχρεωτικά, τεχνικά και λειτουργικά μέτρα, τα οποία απαιτούν πιο αποδοτική χρήση της ενέργειας και ταυτόχρονα, λιγότερες εκπομπές ρύπων. Οι κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ το 2013. Η βιομηχανία από την πλευρά της έχει θέσει στόχους να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% μέχρι το 2020 και κατά 50% μέχρι το 2050. Ως εκ τούτου, οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις είναι αναγκαίο να υιοθετήσουν καθαρότερα καύσιμα και εναλλακτικές πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για να πετύχουν αυτούς τους στόχους. Επιπλέον, η αύξηση των τιμών των καυσίμων bunker, μέσα σε μια παγκόσμια, ασταθή αγορά, προσφέρει ακόμη έναν επιτακτικό λόγο, ώστε να κλιμακωθεί η χρήση σύγχρονων λύσεων στην ναυτιλία οι οποίες να βασίζονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σε φιλικότερες προς το περιβάλλον τεχνολογίες.

Η χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας μπορεί να μεταμορφώσει τον παγκόσμιο ναυτιλιακό στόλο σε όλα τα επίπεδα και σε ποικίλα μεγέθη, συμπεριλαμβανομένων:

- Διεθνών και τοπικών μεταφορών αγαθών, επιβατών και υπηρεσιών
- Αλιείας
- Τουρισμού και άλλων ναυτιλιακών δραστηριοτήτων

Οι εφαρμογές ανανεώσιμων μορφών ενέργειας σε πλοία όλων των μεγεθών περιλαμβάνουν πρωτεύοντα, υβριδικά ή/και βοηθητικά συστήματα πρόωσης, καθώς και συστήματα για χρήση επι του σκάφους αλλά και των εγκαταστάσεων στην ξηρά. Πιθανές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για χρήση στην ναυτιλία περιλαμβάνουν:

- Αιολική ενέργεια (λ.χ. μαλακά πανιά, σταθερές πτέρυγες, ρότορες, χαρταετοί και συμβατικές ανεμογεννήτριες)(soft sails, fixed wings, rotors, kites, and conventional wind turbines).
- Ηλιακή ενέργεια (φωτοβολταϊκά)
- Βιοκαύσιμα
- Ενέργεια θαλάσσιων κυμάτων
- Χρήση υπερπυκνωτών που θα φορτίζονται από τα παραπάνω.

Αυτές οι λύσεις καθαρής ενέργειας μπορούν να ενσωματωθούν μέσω μετατροπών στον υπάρχοντα στόλο ή να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό και την ναυπήγηση νέων πλοίων, την στιγμή που ένας πολύ μικρός αριθμός πλοίων αγωνίζεται για 100% χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και μηδενικές εκπομπές ρύπων για το πρωτεύον σύστημα πρόωσης.

Η μετάβαση σε μια καθαρή ενεργειακά ναυτιλία, απαιτεί μια σημαντική μετατόπιση από τη χρήση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, προς τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών σχεδιαστικών λύσεων και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αρχής γενομένης από σήμερα. Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη «ενεργειακή σύνθεση» της ναυτιλίας προς το παρόν είναι περιορισμένη βραχυπρόθεσμα αλλά και μεσοπρόθεσμα, ακόμα και υπό το πρίσμα των πιο αισιόδοξων σεναρίων. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές όλο και περισσότερο βελτιώνουν τον σχεδιασμό των πλοίων και τα αποτελέσματα των πιλοτικών εφαρμογών επιδεικνύουν σημαντική οικονομία σε κάποιες εφαρμογές. Η ανάπτυξη λύσεων ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την ναυτιλία έχει παρεμποδιστεί από την υπερπροσφορά ορυκτών καυσίμων αλλά και την πληθώρα πλοίων που κινούνται με αυτά καθώς και την σχετική ύφεση των επενδύσεων στην συγκεκριμένη αγορά.

Τα κύρια εμπόδια στην αύξηση της διείσδυσης των λύσεων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ναυτιλία παραμένουν τα παρακάτω:

1. Η έλλειψη εμπορικής βιωσιμότητας τέτοιων συστημάτων
2. Η ύπαρξη διαφορετικών κινήτρων μεταξύ των ιδιοκτητών και των διαχειριστών των πλοίων, που οδηγεί σε περιορισμό των κινήτρων για ανάπτυξη καθαρών ενεργειακά λύσεων στον συγκεκριμένο τομέα

Τέλος, οι δυνάμεις της αγοράς λειτουργώντας μέσα σε ένα αυστηρά ρυθμιστικό περιβάλλον θα καθορίσουν την ταχύτητα της αφομοίωσης τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία, αν και αυτό θα πρέπει να μετριάζεται από το lock-in των υπαρχουσών υποδομών και άλλους παράγοντες εκτός της αγοράς. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να αφαιρεθεί μια σειρά από οργανωτικούς / δομικούς, σχετικούς η μη με την αγορά, φραγμούς, έτσι ώστε οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να μπορέσουν να συμβάλουν ουσιαδώς στις ενεργειακές ανάγκες του τομέα της ναυτιλίας. Το σημαντικότερο είναι, η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε καθαρές μορφές ενέργειας για τη ναυτιλία να σχεδιαστεί προσεκτικά.

Ιδιαίτερη προσπάθεια καθώς και υποστηρικτικά μέτρα πρέπει να εφαρμοστούν τώρα έτσι ώστε να προβληθεί αλλά και να αυξηθεί ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία. Συγκεκριμένα είναι κρίσιμο να δημιουργηθούν υποστηρικτικές πολιτικές και να

δοθούν κίνητρα για την προώθηση της έρευνας, της καινοτομίας και της δημιουργίας απτών παραδειγμάτων, έτσι ώστε να επιτευχθεί εμπορική βιωσιμότητα για τις λύσεις ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία. Για λύσεις άμεσης επιτυχίας η υποστήριξη θα πρέπει να εστιαστεί στα μικρά πλοία (<10000 τόνους dead weight), τα οποία είναι περισσότερο διαδεδομένα σε όλον τον κόσμο, μεταφέρουν λιγότερο μέρος του συνολικού φορτίου αλλά εκπέμπουν περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου ανα μονάδα φορτίου και διανυθήσας απόστασης σε σχέση με τα μεγαλύτερα πλοία.

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται το τρέχον καθεστώς και οι εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία καθώς και τα εμπόδια αλλά και οι ευκαιρίες για περαιτέρω ανάπτυξη. Παρέχει κάποιες προτάσεις κυρίως προς αυτούς που καθορίζουν πολιτικές να προωθήσουν ρεαλιστικές λύσεις βασισμένες στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν να υποστηρίξουν την αποδοτικότητα και να μειώσουν τις εκπομπές σε έναν πολύ σημαντικό και αναπτυσσόμενο τομέα όπως η ναυτιλία.

3 ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

DME	Διμεθυλαιθέρας
Dwt	Dead weight tonnage (καθαρό βάρος)
ECA	Περιοχή Ελεγχόμενων Εκπομπών Ρύπων
EEDI	Energy Efficiency Design Index (Δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας σχεδίου)
FAME	Fatty acid ethyl esters (Αιθυλικοί εστέρες λιπαρών οξέων)
GHG	Greenhouse gas (Αέρια του θερμοκηπίου)
Gt	Gross tonnage (Ολική χωρητικότητα)
HFO	Heavy fuel oil (Βαρέα υγρά καύσιμα)
HVO	Hydro treated vegetable oil (Βιοκαύσιμα)
ICS	International Chamber of Shipping (Διεθνές Ναυτιλιακό Επιμελητήριο)
IEA-AMF	International Energy Agency – Advanced Motor Fuels (Implementing Agreement) Εφαρμοστική συμφωνία Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας – Προηγμένων καυσίμων κίνησης
IMO	Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός
LBM	Liquefied biomethane (Υγροποιημένο βιομεθάνιο)
LNG	Liquefied natural gas (Υγροποιημένο φυσικό αέριο)
MARPOL	Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία
MDO	Marine diesel oil (Ναυτιλιακό πετρέλαιο)
NO _x	Οξείδια του αζώτου
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης)
R&D	Research and development (Έρευνα και ανάπτυξη)
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan (Πλάνο διαχείρισης της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου)
SIDS	Small Island Developing States (Μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη)
Solar PV	Solar photovoltaic (Φωτοβολταϊκά)
SO _x	Οξείδια του θείου
SVO	Straight vegetable oil
TEU	Twenty foot equivalent unit (τυπικό μέγεθος container)
UNCTAD	Διάσκεψη του ΟΗΕ για το εμπόριο και την ανάπτυξη
VLCC	Very large crude carriers 200.001 dwt – 350.000 dwt (Μεγάλα πλοία μεταφοράς ακατέργαστων φορτίων μεταξύ 200.001 και 350.000 τόνων καθαρού βάρους.

4 ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

4.1 ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Επί του παρόντος, οι επιλογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που εξετάζονται για τον ο ναυτιλιακό στόλο σε όλα τα επίπεδα και σε διάφορα μεγέθη. Το τρέχων ενδιαφέρον γύρω από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ναυτιλία επικεντρώνεται στα παρακάτω:

- **Αιολική** ενέργεια χρησιμοποιώντας
 - **Μαλακά πανιά** (soft-sails) όπως τα projects Greenheart, B9 Shipping, και το Ecoliner των Dykstra/Fair Transport
 - **Σταθερά πανιά** (fixed-sails) όπως το UT Wind Challenger
 - **Ρότορες Flettner** (Flettner rotors) όπως το Alcyone του Κουστό και το E-Ship 1 της Enercon
 - **Πανιά τύπου χαρταετού** (kite-sails) όπως το σύστημα Skysails στο MS Beluga SkySails
 - **Ανεμογεννήτριες** (wind turbines) (δεν υπάρχουν ακόμη επιτυχημένα πρωτότυπα)
- **Φωτοβολταϊκά** (κυρίως σε υβριδικά συστήματα σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας σε μικρά πλοία όπως το Auriga Leader της NYK και τα SolarSailor της OCIUS Technology (παλαιότερα γνωστή ως Solar Sailor Holdings Ltd.)
- **Βιοκαύσιμα** όπως στο cargo ship Meri του οποίου θεωρείται το πρώτο στο μέγεθός του το οποίο χρησιμοποιεί 100% Βιοκαύσιμα.

Οι **κυψέλες καυσίμου υδρογόνου** έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ως μια μορφή καθαρής ενέργειας στην ναυτιλία, όπως για παράδειγμα στο FCS Alsterwasser ένα επιβατηγό πλοίο (100 επιβατών) με έδρα το λιμάνι του Αμβούργου στη Γερμανία, καθώς και ένας αριθμός άλλων μικρότερων ferry και ποταμόπλοιων. Το 2012 ως μέρος του project FellowSHIP, μια κυψέλη καυσίμου των 330Kw δοκιμάστηκε επιτυχώς επι του σκάφους παράκτιας τροφοδοσίας Viking Lady, λειτουργώντας για πάνω από 7000 ώρες. Αυτή ήταν η πρώτη μονάδα κυψέλης καυσίμου που λειτούργησε σε εμπορικό πλοίο, με την ηλεκτρική αποδοτικότητα να εκτιμάται στο 44.5% (όταν η εσωτερική κατανάλωση δεν λαμβάνεται υπόψιν), χωρίς ανιχνεύσιμες εκπομπές NOx, Sox καθώς και αιωρούμενων σωματιδίων.

Το 2012 η Germanischer Lloyd παρουσίασε σχέδια για ένα “Scandlines” ferry 1500 επιβατών κι ένα container feeder 1000 TEU με υπηρεσιακή ταχύτητα 15 κόμβων με χρήση κυψέλων καυσίμων. Άλλα συστήματα πρόωσης βασιζόμενα σε κυψέλες καυσίμου είναι η φιλόδοξη πρόταση της WWL για μεταφορά αυτοκινήτων με την ονομασία “Orcelle”. Χρησιμοποιεί μια σειρά υποβρύχιων flaps, τα οποία έχουν σχεδιασθεί με βάση τις κινήσεις της ουράς των δελφινιών Iffrawandy (από την επιστημονική ονομασία των οποίων - *Orcaella brevirostris*- δανείζεται και το όνομά του) για να δημιουργήσει πρόωση αλλά και για να παράγει ηλεκτρισμό και υδραυλική ισχύ για το πλοίο.

Η τεράστια ποικιλία τύπων πλοίων στην παγκόσμια ναυτιλία, η χρήση και οι διαδρομές σημαίνει πως διαφορετικές εφαρμογές ευνοούν την χρήση διαφορετικών πηγών ενέργειας και διαφορετικές τεχνολογίες. Η Πρωτοβουλία για βιώσιμη ναυτιλία (SSI The Sustainable Shipping Initiative) δημιούργησε ένα οικονομικό μοντέλο Save As You Sail (SAYS) έτσι ώστε

να ξεπεράσει αυτήν την έλλειψη κοινών κινήτρων. Υπό το SAYS ο πλοιοκτήτης λαμβάνει δάνειο με κάποιον πάροχο χρηματοδότησης και συμφωνεί με ένα περιοδικό σταθερό τέλος με τον ναυλωτή πέραν των ιδίων χρεώσεων για ναυλώσεις.

4.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ

Αντικείμενο αυτής της εργασίας δεν αποτελεί η σύγκριση του πραγματικού κόστους, της εξοικονόμησης ή της απόδοσης επένδυσης που θα προκύπταν από την χρήση λύσεων βασισμένων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτό όπως:

1. Υπάρχουν πάρα πολλοί τύποι εφαρμογών και σχεδίων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης
2. Τα δεδομένα στα τελικά κόστη και τα οφέλη είναι συνήθως ανεπαρκή
3. Η έλλειψη επαρκών και συγκρίσιμων δεδομένων σχετικά με άλλα κόστη της ναυτιλίας, από την κατασκευή πλοίων μέχρι την διαχείριση αυτών, καθιστά πολύ δύσκολη την παραγωγή ουσιαστικών δεδομένων, που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν μια ολοκληρωμένη ανάλυση του συνολικού κόστους αλλά και των κερδών/πλεονεκτημάτων.

Παρόλο που ο ρόλος και η έκταση της υιοθέτησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από την ναυτιλία ποικίλει εξαρτώμενος από την κλίμακα, την λειτουργία αλλά και την περιοχή λειτουργία του κάθε πλοίου, οι πάροχοι τεχνολογίας υποστηρίζουν ότι οι προσπάθειες στην έρευνα και την καινοτομία στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό με αποδοτικά σχέδια/μελέτες έχουν ήδη πετύχει αξιοσημείωτα αποτελέσματα για την άμεση ή βραχυπρόθεσμη εξοικονόμηση ενέργειας σε αρκετές επιλεγμένες εφαρμογές. Για παράδειγμα η Enercon ανέφερε το 2013 ότι το πρωτότυπο της, E-Ship 1 κατάφερε οικονομία της τάξης του 25%, ενώ η OCIUS Technology Ltd ανέφερε για τα SolarSailor από 5 έως 100% οικονομία ανάλογα με την εφαρμογή, και ισχυρίζεται ότι το κόστος μια λύσης βασισμένης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκεται μεταξύ 10-15% του κόστους του κεφαλαίου του πλοίου και πετυχαίνει μια επιστροφή επι της επένδυσης μεταξύ 2 και 4 ετών. Η B9 Shipping και η Fair Transport BV προέβλεψαν επιπρόσθετα κόστος για κατασκευή και συντήρηση της τάξεως του 10-15% επι του συνολικού κόστους και προβλεπόμενη εξοικονόμηση καυσίμου 60% καθώς και σημαντικές μειώσεις στην φθορά της κύριας μηχανής και της προπέλας.

Η εξοικονόμηση καυσίμου ποικίλει από σχεδόν 100% (εναλλαγή καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) για σχέδια όπως το Greenheart μέχρι μόνο 0.05% κύριας ενέργειας και 1% βοηθητικής ενέργειας στο Auriga Leader της NYK που μεταφέρει αυτοκίνητα και έχει μετασκευαστεί με συστοιχίες φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το Πανεπιστήμιο του Τόκιο έχει προβλέψει ότι το κόστος των καυσίμων θα μπορούσε να μειωθεί ως και κατά ένα τρίτο με το ολικής χωρητικότητας 60 000 τόνων UT Wind Challenger. Η OCIUS Technology υποστηρίζει ότι μετασκευάζοντας ένα σύγχρονο δεξαμενόπλοιο ή bulk carrier σε “motor-sail” με ανοιγόμενα wing-sails, χωρίς να μεταβληθεί το βασικό σύστημα πρόωσης, οι διαχειριστές του πλοίου μπορούν να περιμένουν εξοικονόμηση καυσίμων της τάξεως του 20-25% σε διαδρομές που διασχίζουν τον ισημερινό και 30-40% σε διαδρομές στο ίδιο ημισφαίριο, με μια περίοδο αποπληρωμής μόνο 2 ετών, βασισμένη στις μέσες τιμές των καυσίμων για το 2013.

Στην περίπτωση της τεχνολογίας με ρότορες, το μέγεθος της εξοικονόμησης καυσίμου μειώνεται όσο το μέγεθος του πλοίου μεγαλώνει. Έχει ήδη επιτευχθεί εξοικονόμηση έως και

60% σε μικρά πλοία ενώ για τα VLCC (Very Large Crude Carriers) έχει υπολογιστεί εξοικονόμηση μέχρι και 19%. Το Ulysses Project έχει εστιάσει σε σενάρια ultra-low steaming για να επιδείξουν ότι η αποδοτικότητα το παγκόσμιου στόλου μπορεί να αυξηθεί τόσο ώστε μέχρι το 2050 να επιτευχθεί μια μείωση στις εκπομπές ρύπων της τάξεως το 80% κατά των τιμών βάσης του 1990, με τα μελλοντικά πλοία να κινούνται με ταχύτητες στους 5 κόμβους. Σε ένα τέτοιο σενάριο οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσαν να παίξουν κυρίαρχο ρόλο.

Η ανάπτυξη λύσεων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία έχει παρεμποδιστεί από την υπερπροσφορά πλοίων κινούμενων με ορυκτά καύσιμα τα τελευταία χρόνια καθώς και με την σχετική ύφεση των επενδύσεων στην αγορά. Δεδομένα και πληροφορίες στα πραγματικά κόστη ανάπτυξης των διάφορων λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που έχουν μέχρι στιγμής υιοθετηθεί στην ναυτιλία είναι πολύ σπάνια. Αυτό που είναι όμως ξεκάθαρο είναι ότι μέχρι στιγμής δεν έχει υπάρξει επαρκής επίδειξη εμπορικά βιώσιμων λύσεων στον κλάδο της ναυτιλίας ώστε να οδηγήσουν σε ανάπτυξη και κατ' επέκταση να μειώσει το κόστος κατασκευής τους. Η ταχύτητα αφομοίωσης των τεχνολογικών λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τελικά θα καθοριστεί από τις δυνάμεις της αγοράς μέσα σε ένα αυστηρό ρυθμιστικό καθεστώς. Παρόλα αυτά η αφομοίωση αυτή θα μετριάσει από το lock-in των υπαρχουσών επενδύσεων στις υποδομές και άλλους παράγοντες εκτός αγοράς.

4.3 ΚΙΝΗΤΡΑ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΔΙΑ

Καθώς η ζήτηση για ναυτιλιακές υπηρεσίες συνεχίζει να αυξάνεται, η έρευνα στην χρήση λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κλάδο – παρά το γεγονός ότι βρίσκεται σε σχετικά πρώιμο στάδιο – αυξάνεται πολύ γρήγορα. Από το 2007 έως το 2012, ο παγκόσμιος ναυτιλιακός στόλος κατανάλωσε 250-325 εκατομμύρια τόνους καυσίμων ετησίως, ποσότητα που μεταφράζεται στο 2.8% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ετησίως (3.1% των εκπομπών CO₂), μέσα σε μια ασταθή αγορά ορυκτών καυσίμων όπου οι τιμές των καυσίμων των πλοίων αυξάνονται, αλλά και κάτω από αυξανόμενες απαιτήσεις για σημαντική μείωση της εκπομπής ρύπων από τον κλάδο. Η Διεθνής Σύμβαση MARPOL έχει προβλέψει, μεταξύ άλλων μέτρων, περιοχές ελέγχου χαμηλών εκπομπών θείου στο θαλάσσιο περιβάλλον καθώς και υποχρεωτικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα που απαιτούν τα πλοία να είναι περισσότερο αποδοτικά στην χρήση ενέργειας και να μειώσουν τις εκπομπές ρύπων. Οι κανονισμοί της MARPOL θέτουν ως υποχρεωτικό τον EEDI (Energy Efficiency Design Index) για νέα πλοία και το SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) για όλα τα πλοία. Αυτοί οι οικονομικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί, ως εκ τούτου, αποτελούν βασικούς παράγοντες για την υιοθέτηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ναυτιλίας.

Η συνολική συμβολή των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην διεθνή ναυτιλία, είναι απίθανο να πετύχει έναν κυρίαρχο ή έστω σημαντικό ρόλο στο άμεσο μέλλον. Παρόλα αυτά οι τεχνολογίες αυτές έχουν μια ισχυρή αλλά και αυξανόμενα αποδεδειγμένη ικανότητα να συμβάλουν σε μικρό βαθμό σε πολλούς τομείς, βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα. Για επιλεγμένες εφαρμογές, ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να γίνει σημαντικός, ακόμα και κυρίαρχος. Από τις ποικίλες λύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργεια, τα προηγμένα Βιοκαύσιμα έχουν πολύ υψηλή δυναμική να μεταμορφώσουν τις ενεργειακές επιλογές για τον κλάδο της ναυτιλίας.

Παρόλα αυτά, αυτή η δυναμική θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της παγκόσμιας διαθεσιμότητας ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου σαν πηγή ισχύος έχει επίσης τεράστια δυναμική αλλά υπάρχουν κρίσιμα ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν, όπως η βιωσιμότητα της ενεργειακής πηγής που θα παράγει το υδρογόνο καθώς και η έλλειψη αποδοτικών (από άποψη κόστους) και αξιόπιστων λύσεων αποθήκευσης χαμηλής πίεσης για καύσιμα.

Συνολικά την μεγαλύτερη δυναμική έχουν λύσεις που συνδυάζουν χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μεγιστοποιούν την διαθεσιμότητα και την συμπληρωματικότητα των πηγών ενέργειας σε υβριδικά συστήματα. Υπό αυτήν την έννοια, το να επιτευχθούν πλήρως οι δυνατότητες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κλάδο της ναυτιλίας απαιτεί μια προσέγγιση ολοκληρωμένων συστημάτων η οποία θα αντιμετωπίζει επίσης τα εμπόδια στην ανάπτυξή τους.

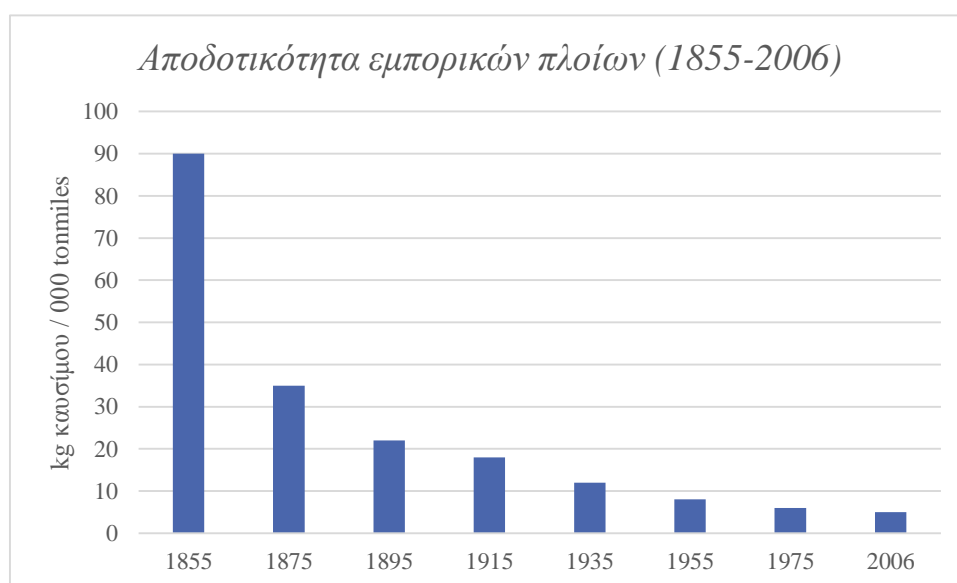
Τα εμπόδια στην υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ναυτιλία είναι σύνθετα. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως παράγοντες οργανωτικοί/δομικοί, συμπεριφορικοί, σχετικοί ή όχι με την αγορά. Αυτή η πολυπλοκότητα, εν μέρει, αντικατοπτρίζει την μοναδική και διεθνή φύση της ναυτιλίας, με υποκείμενους περιορισμούς και παράγοντες που βρίσκονται πέρα από την ικανότητα επιμέρους κρατών να δώσουν κίνητρα

καθώς και τα πολιτικά και ρυθμιστικά πλαίσια που χρειάζονται ώστε να ξεπεραστούν τα εμπόδια αυτά. Αναφορικά με τους οργανωτικούς/δομικούς και συμπεριφορικούς φραγμούς, η περιορισμένη χρηματοδότηση έρευνας και ανάπτυξης, ειδικά για τεχνολογίες με αρχική απόδειξη εφικτότητας, είναι ένας σημαντικός παράγοντας, μαζί με την ανησυχία των πλοιοκτητών για το ρίσκο κρυμμένων ή πρόσθετων εξόδων καθώς και το κόστος ευκαιρίας των λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές μιας και ιστορικά υπήρξε έλλειψη αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με το κόστος και πιθανή εξοικονόμηση συγκεκριμένων λειτουργικών μέτρων ή λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τον συγκεκριμένο κλάδο.

Αναφορικά με τα εμπόδια της αγοράς, το θεμελιώδες πρόβλημα είναι ότι διαφέρουν τα κίνητρα μεταξύ των πλοιοκτητών και των ναυλωτών, περιορίζοντας τα κίνητρα των πλοιοκτητών να επενδύσουν σε λύσεις καθαρής ενέργειας αφού τα ωφέλη δεν αποκομίζονται πάντα στην πλευρά που κάνει την επένδυση και ως εκ τούτου η εξοικονόμηση δεν μπορεί να αποσβεστεί πλήρως. Άλλο ένα εμπόδιο είναι ότι μετά την κατάρρευση της ναυτιλιακής ανάπτυξης το 2006 οι επενδυτές διστάζουν να επενδύσουν στον κλάδο. Εκτός των άλλων ο τομέας της ναυτιλίας είναι σπάνια ορατός στο ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα ο κλάδος να δέχεται μικρότερη κοινωνική πίεση ώστε να στραφεί σε καθαρές πηγές ενέργειας. Από τα εμπόδια που δεν σχετίζονται με την αγορά, οι διαφορετικές κλάσεις και κλίμακες πλοίων, οι αγορές και οι διαδρομές του εμπορίου που εξυπηρετούνται καθώς και η έλλειψη πρόσβασης στο κεφάλαιο είναι κάποια σημαντικά εμπόδια που θα πρέπει να διευθετηθούν.

5 ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 150 ετών, οι τεχνολογίες πρόωσης στην ναυτιλία υπέστησαν σημαντικές αλλαγές ξεκινώντας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη χρήση ιστίων (αιολική ενέργεια), πέρασαν στον ατμό (άνθρακας) τα βαρέα καύσιμα (HFO) και το ναυτιλιακό πετρέλαιο (MDO) με τα τελευταία να αποτελούν καύσιμα υψηλών εκπομπών ρύπων και να είναι οι κυρίαρχες πηγές ισχύος για την πρόωση των πλοίων. Κατά την ίδια χρονική περίοδο η απόδοση των εμπορικών πλοίων που κινούνται από κινητήρες diesel έχει βελτιωθεί φτάνοντας τιμές θερμικής απόδοσης στο 55% για κινητήρες χαμηλής ταχύτητας. Για παράδειγμα στο γράφημα 1 βλέπουμε ότι μεταξύ του 1855 και του 2006 η αύξηση στην αποδοτικότητα είναι ραγδαία και φαίνεται να σταθεροποιείται τα τελευταία 15 έτη της περιόδου αυτής.



Γράφημα 1 Προσαρμογή από Stopford 2010.

Οι εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ισχύος σε πλοία όλων των μεγεθών, περιλαμβάνουν λύσεις για πρωτεύοντα, υβριδικά και/ή βοηθητικά συστήματα πρόωσης, καθώς και λύσεις για εφαρμογή σε παράκτιες εγκαταστάσεις αλλά και επί του σκάφους. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.1 πιθανές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν ο άνεμος (σταθερά πανιά, μαλακιά πανιά, ρότορες Flettner, πανιά τύπου χαρταετού αλλά και συμβατικές ανεμογεννήτριες), ο ήλιος με χρήση φωτοβολταϊκών, τα Βιοκαύσιμα, η κυματική ενέργεια με παράλληλη χρήση υπερπυκνωτών οι οποίοι θα φορτίζονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για παραδείγματα σχετικών εφαρμογών δείτε (DNV, 2014); (Rojon & Dieperink, 2014); (Traut *et al.*, 2014); (EffShip, 2013b); (Royal Academy of Engineering, 2013); (Ecofys, 2012b); (Einemo, 2010); (Oceana, 2010); (UNESCAP, 1984)).

Όλες αυτές οι καθαρές ενεργειακές λύσεις μπορούν να ενσωματωθούν μέσω μετασκευών σε υπάρχοντα πλοία ή να χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό και την ναυπήγηση νέων πλοίων, με

έναν πολύ μικρό αριθμό πλοίων να αγωνίζεται για πρωτεύοντα συστήματα πρόωσης βασισμένα 100% σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μηδενικών εκπομπών ρύπων.

Η έρευνα και η ανάπτυξη στην ναυτιλία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει μείνει αρκετά πίσω σε σχέση με τις επενδύσεις που γίνονται σε άλλους κλάδους χρήσης ενέργειας. Παραδοσιακά οι χώρες του OECD (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) οδηγούν την καινοτομία. Ωστόσο, 2 μετασχηματισμοί είναι πιθανόν να κυριαρχήσουν το πρώτο μισό του 21ου αιώνα : γεωπολιτικές ανακατατάξεις της παγκόσμιας οικονομίας και μετάβαση από οικονομίες υψηλών σε χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ένα μεγάλο ερευνητικό πρόγραμμα στο Institute of Development Studies (IDS) στο πανεπιστήμιο του Sussex, προσπαθεί να παρέχει αποδείξεις για το αν αυτή η παγκόσμια ενεργειακή αλλαγή θα καταστήσει τον μετασχηματισμό των οικονομιών, σε χαμηλών εκπομπών άνθρακα, γρηγορότερο και φθηνότερο (Schmitz, 2014)

Προσπάθειες για να μηδενιστεί η χρήση άνθρακα στην ναυτιλία γίνονται όλο και πιο εμφανείς όπως διαφαίνεται και από το αυξημένο ενδιαφέρον για «πράσινα» πλοία στην Νότια Κορέα, το γεγονός ότι η ναυπηγική βιομηχανία της Κίνας εστιάζει στην ενίσχυση των τεχνολογικών καινοτομιών και των σχεδιαστικών δυνατοτήτων όπως επίσης και οι στρατηγικές συνεργασίες μεταξύ ευρωπαϊκών και ασιατικών εταιρειών (Søgaard, 2014) με σκοπό την ανάπτυξη καινοτόμων «πράσινων» πλοίων (Ecofys, 2012a); (Bruckner-Menchelli, 2010); (Ecofys, 2009). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η πρωτοβουλία LeaderSHIP στοχεύει στην διασφάλιση του μέλλοντος της Ευρωπαϊκής ναυπηγικής βιομηχανίας μέσα από καινοτόμα, «πράσινα» και υψηλής ενεργειακής απόδοσης σχέδια πλοίων και διαφοροποιημένες αγορές. (The LeaderSHIP initiative:the EU response to shipbuilding challenges, 2013)

5.1 ΔΙΔΑΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΑΡΕΛΘΟΝΤΟΣ

Η μετάβαση από τα μαλακά πανιά στο ορυκτά καύσιμα ως πηγή ενέργειας για την κίνηση των πλοίων στα τέλη του 19^{ου} και του πρώτου μισού του 20^{ου} αιώνα, δεν ήταν ομαλή αλλά ακολούθησε μια σειρά ενεργειακών κρίσεων και φραγμών στη ναυτιλία. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επανεξετάστηκαν κατά τη διάρκεια κάθε μεγάλης ενεργειακής κρίσης. Για παράδειγμα, ζητήματα ενεργειακής ασφάλειας μετά τον Α Π. Πόλεμο οδήγησαν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας ρωτών Flettner, της οποίας η εξέλιξη όμως περιορίστηκε από το οικονομικό κραχ της Wall Street το 1929 αλλά και την είσοδο στην αγορά φθηνού καυσίμου και κινητήρων diesel στα τέλη τη δεκαετίας του 1920. Η σχετικά μικρή διάρκεια τέτοιων γεγονότων σήμαινε πως οι εναλλακτικές λύσεις βασισμένες στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν προλάβαιναν να αποκτήσουν την απαραίτητη ώθηση παρά το ότι παρείχαν αποδείξεις εφικτότητας. Αυτή η έλλειψη ώθησης στην αγορά επαναλήφθηκε κατά την πετρελαϊκή κρίση του 1979 όταν μια σειρά από υποσχόμενες δοκιμές τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σταμάτησαν λίγο μετά την πτώση των τιμών του πετρελαίου το 1986. Τέτοιες δοκιμές περιλάμβαναν την μετασκευή πλοίων εμπορευμάτων/επιβατών ολικής χωρητικότητας 300 στα νησιά Fiji, επιβατηγά καταμαράν που κινούνται με ιστία στην Ινδονησία και δεξαμενόπλοια και φορτηγά ολικής χωρητικότητας από 600 έως 31 000 τόνων στην Ιαπωνία, που χρησιμοποιούσαν σταθερά πανιά ως βοηθητικά συστήματα πρόωσης. Τέτοια πειράματα πέτυχαν οικονομίες καυσίμου από 10 έως 30% αλλά οι πτώσεις στην τιμή του πετρελαίου περιόρισαν αυτές τις προσπάθειες. Τα διδάγματα αυτής της περιόδου - πέρα από την επιβεβαίωση ότι η ουσιαστική εξοικονόμηση έπρεπε να γίνει στη χρήση των καυσίμων, την

φθορά των κινητήρων και των προπέλων και την άνεση και ευστάθεια του πλοίου – ήταν ότι οι αρχικές ανησυχίες σχετικά με την απόλυτη ευστάθεια των πλοίων, τις μειωμένες ταχύτητες διέλευσης, και μεγάλες πλευρικές κινήσεις των πλοίων εν πλω, αποδείχθηκαν αβάσιμες.

5.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ: ΜΕΤΑΣΚΕΥΗ Η ΕΚ ΝΕΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΩΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι κύριοι υποψήφιοι για το κοντινό μέλλον των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία είναι : η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, τα Βιοκαύσιμα/αέριο και η κυματική ενέργεια. Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί εκ βάθρων λειτουργικές αλλαγές, όπως δρομολόγηση ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις εποχές έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η έκθεση στις πρωταρχικές ενεργειακές πηγές. (στην περίπτωση αυτή τον ήλιο, τους ανέμους και τα κύματα). Αυτό είναι ουσιαστικής σημασίας για την αποτελεσματική απόδοση και για την δημιουργία νέων λειτουργικών διαδικασιών για τα συστήματα που θα πρέπει να αποκτηθούν. Υπάρχουν ποικίλες απόψεις σχετικά με το πόσο μεγάλο ρόλο θα παίξουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πλήθος καινοτόμων τεχνολογικών σχεδίων έχουν αναδυθεί, πολλά από τα οποία εκμεταλλεύονται ώριμες τεχνολογίες με την προοπτική να προσφέρουν σημαντικές εξοικονομήσεις καυσίμων, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, της διαδρομής και της ταχύτητας. Αυτά τα σχέδια επίσης στοχεύουν στην μείωση την ανάγκης για ορυκτά καύσιμα για βοηθητική ισχύ πρόωσης αλλά και για την ενέργεια που απαιτούν τα βοηθητικά συστήματα του πλοίου.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι να εισαχθούν οι λύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία. Ο πρώτος είναι η μετασκευή του υπάρχοντα στόλου και ο δεύτερος είναι η ενσωμάτωση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα σχέδια κατασκευής νέων πλοίων. Πολλές σχεδιαστικές προτάσεις για πλοία όλων των μεγεθών συμπεριλαμβάνουν επιλογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για βοηθητική πρόωση αλλά και για παροχή ενέργειας στα βοηθητικά συστήματα του πλοίου, ενώ ένας μικρότερος αριθμός στοχεύει σε 100% χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών ρύπων για τα πρωτεύοντα συστήματα πρόωσης (π.χ. B9, Ecoliner, Greenheart, Orcelle). Οι περισσότερες εφαρμογές οραματίζονται την ανανεώσιμη ενέργεια σαν μέρος ενός ολοκληρωμένου πακέτου μέτρων αποδοτικότητας. Η ανανεώσιμη ενέργεια έχει επίσης την προοπτική εφαρμογής σε παράκτια υποδομή κυρίως ως εναλλακτική της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι εφαρμογές ανανεώσιμης ενέργειας μπορούν να αποτελούν πρωτεύουσα πρόωση (π.χ. Greenheart, B9, OCIUS), βοηθητική πρόωση (π.χ. UT Wind Challenger, E Ship 1, SkySails) ή παροχές ενέργειας για τα βοηθητικά συστήματα του πλοίου (π.χ. Auriga Leader και παράκτια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Αν εξετάσουμε την ενεργειακή απόδοση της ναυτιλιακής βιομηχανίας στο σύνολό της, είναι σημαντικό να υιοθετηθεί μια ολιστική προσέγγιση η οποία θα υπολογίζει το ενεργειακό αποτύπωμα της κάθε τεχνολογίας από «την κούνια μέχρι τον τάφο» στη διάρκεια ζωής του πλοίου και να λαμβάνεται υπόψιν ποια ήταν η κύρια πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε. Δείτε παραδείγματα στα (Smith et al., 2014a), (Royal Academy of Engineering, 2013) και (Smith et al., 2010). Για παράδειγμα, υπάρχουν σχέδια και πρωτότυπα ηλεκτροκίνητων πλοίων και πλοίων που χρησιμοποιούν κυψέλες καυσίμου υδρογόνου για την κίνησή τους. Η ανανεώσιμη παράμετρος, πρέπει να θεωρηθεί πρωτεύουσα πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα όταν η ηλεκτρική ενέργεια

προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική, τότε αυτές μπορούν να θεωρηθούν εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όχι όμως όταν η ενέργεια που διοχετεύεται στις κυψέλες καυσίμου προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

5.3 ΠΟΥ ΕΣΤΙΑΖΟΝΤΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΑ; ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ, ΑΙΟΛΙΚΗ, ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

5.3.1 Αιολική Ενέργεια

Πριν από την έλευση της ατμομηχανής, τα ιστία μονοπόλησαν την ανοικτή θάλασσα, προωθώντας σχετικά μικρά πλοία με μεγάλα πληρώματα. Ούτως η άλλως, ο άνεμος είναι μια άμεσα διαθέσιμη, αν και με διακυμάνσεις, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που είναι πλήρως κατανοητή. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι οι διακυμάνσεις στην ισχύ του ανέμου και η δυσκολία στην αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού πρόωσης όταν η πλεύση γίνεται μέσα ή κοντά στον άνεμο. Οι τρέχουσες πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν την υιοθέτηση ενός αριθμού διαφορετικών τύπων των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στοχεύοντας σε ένα φάσμα τύπων πλοίων από μικρά πλοία village scale πλοία έως μεγάλους μεταφορείς φορτίων, τόσο ως κύρια όσο και βοηθητική μηχανή πρόωσης. Η πρόωση από τον άνεμο, μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογιών με μαλακά πανιά, σταθερά πανιά, ρότορες, πανιά τύπου χαρταετού, και ανεμογεννήτριες.

5.3.1.1 Μαλακά πανιά

Τα συμβατικά μαλακά πανιά προσφέρουν μια αποδεδειγμένη, ώριμη τεχνολογία, ικανή να εκμεταλλευτεί άμεσα την προωθητική δύναμη του ανέμου. Η τεχνολογική πρόοδος στη βιομηχανία των super yachts καθώς και των αγωνιστικών yacht μπορεί να ενσωματωθεί και στη βιομηχανική χρήση. Τα ιστία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως πρωτεύον είτε ως βοηθητικό σύστημα πρόωσης και μπορούν να τοποθετηθούν είτε μετασκευάζοντας υπάρχοντα πλοία είτε να ενσωματωθούν σε νέα κατασκευαστικά σχέδια. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα αυτήν την στιγμή οι ηγέτες της αγοράς είναι το Greenheart, το B9 Shipping και το Ecoliner των Dykstra/Fair Transport (εικόνα 1). Τα δυο τελευταία σχέδια χρησιμοποιούν



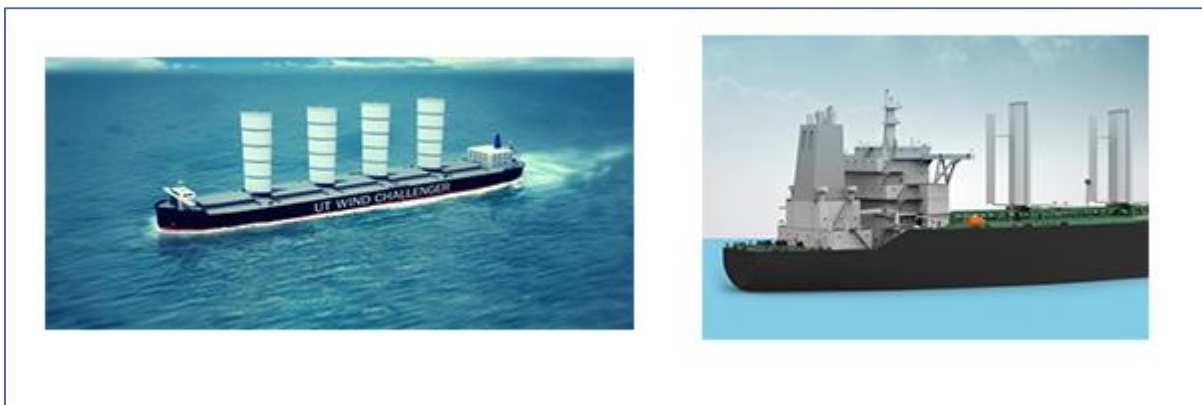
Εικόνα 1. Από αριστερά προς τα δεξιά. Greenheart, B9 Shipping, Dykstra/Fair Transport Ecoliner, Seagate Delta Wing Sails

εκδοχές συστημάτων Dyna-Rig (τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στο super yacht Maltese Falcon) που λειτουργούν και χειρίζονται αυτόματα από την γέφυρα, καθιστώντας ευκολότερο να αξιοποιηθεί ο άνεμος στο μέγιστο, κρατώντας το μέγεθος του πληρώματος σε αριθμούς αντίστοιχους με τα πλοία που κινούνται με ορυκτά καύσιμα και επιτρέποντας

ευκολότερη πρόσβαση για φόρτωση και εκφόρτωση φορτίων. Το φορτηγό πλοίο του Greenheart συνδυάζει έναν πιο συμβατικό συνδυασμό φλόκου και μάρστρας. Η ιταλική καινοτόμος εταιρεία Seagate, έχει πατεντάρει αναδιπλώμενα δελτοειδή wing sails για μετασκευή σε υπάρχοντα πλοία (Ro-Ro, container ships, car carriers). Υπάρχουν επίσης ποικίλες διαμορφώσεις εξάρτισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μικρής κλίμακας φορτηγά και καταμαράν για τοπική χρήση, ειδικά σε νησιωτικές περιοχές ή σαν βοηθητικά συστήματα πρόωσης σε ευρύ φάσμα υφιστάμενων μικρής κλίμακας συμβατικά μηχανοκίνητα σκάφη.

5.3.1.2 Σταθερά πανιά

Τα σταθερά πανιά είναι ουσιαστικά άκαμπτα «φτερά» σε περιστρεφόμενο κατάρτι. Οι τρέχουσες προτάσεις περιλαμβάνουν χρήση σε μεγάλα πλοία (π.χ. UT Wind Challenger και EffShip project που χρησιμοποιεί άκαμπτα πανιά ικανά μουνδαρίσματος και τηλεσκοπικά κατάρτια για έντονη κακοκαιρία και κατάστασης εντός λιμένα. Ποικίλες μορφές σταθερών πανιών έχουν προταθεί από τα πρώτα Ιαπωνικά πειράματα τη δεκαετία του 1980. Ανάμεσά τους το Walker Wingsail, το οποίο τοποθετήθηκε στο 6500 dwt Ashington, το 1986. Οι δοκιμές τότε δεν επέδειξαν ουσιαστική εξοικονόμηση πόρων και εκτός αυτού, κάποια τεχνολογικά εμπόδια με την συγκεκριμένη προσέγγιση δεν έχουν ξεπεραστεί μέχρι σήμερα. Μια βρετανική εταιρεία η Oceanfoil, έχει επανεξετάσει την χρήση των wing sails και προσφέρει μια νέα πατέντα για ένα αναθεωρημένο και βελτιωμένο σχέδιο που είναι διαθέσιμο για μετασκευή από τις αρχές του τρέχοντος έτους (2015) (oceanfoil.com/technology). Παραδείγματα εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας παρουσιάζονται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2. Σταθερά πανιά. Αριστερά UT Wind Challenge, δεξιά Oceanfoil

Υποσχόμενα, νέα εμπορικά σχέδια προσαρμόστηκαν από τον κλάδο των αγωνιστικών yacht και αναπτύσσονται από την Propelwind (propelwind.com). Η Αυστραλιανή εταιρεία, OCIUS Technology Ltd, χρησιμοποιεί σταθερά πανιά σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά πάνελς για να τροφοδοτήσει ενεργειακά harbor ferries. Η OCIUS έχει πρόσφατα κατοχυρώσει μια μοναδική μορφή σταθερών πανιών ικανών να διπλώνουν για να μπορούν να αντιμετωπίσουν διάφορες καταστάσεις του ανέμου. Η εταιρεία προβλέπει ότι αυτή η τεχνολογία θα είναι χρησιμοποιήσιμη σε σύγχρονα πλοία όλων των μεγεθών. Το πρωτότυπο σχέδιο της νορβηγικής LadeAS (ladeas.no) με την ονομασία Vindskip αποτελεί ένα υβριδικό εμπορικό πλοίο με πρωτεύον σύστημα πρόωσης που χρησιμοποιεί LNG για καύσιμο και αεροδυναμικό κύτος που λειτουργεί ως γιγαντιαίο ιστίο.

5.3.1.3 Ρότορες

Οι ρότορες Flettner εκμεταλλεύονται το Φαινόμενο Magnus, που δημιουργείται όταν ο αέρας περνά πάνω από ένα ήδη περιστρεφόμενο κύλινδρο, για να προκαλέσουν πρόωση. Επιβεβαιώθηκε αρχικά την δεκαετία του 1920 σε έναν αριθμό πλοίων, ένα εκ των οποίων ήταν και το 3000 dwt Barbara. Η τεχνολογία είχε ξεχαστεί σε μεγάλο βαθμό, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 όταν ο διάσημος ωκεανογράφος Capt. Jacques Cousteau και η ομάδα του παρουσίασαν το Turbosail, στο ερευνητικό τους σκάφος Alcyone. (Cousteau.org/technology/turbosail). Το 1985 μια αμερικανική εταιρεία ή Windship Corporation, δημοσιοποίησε τα ευρήματα από μια λεπτομερή ανάλυση 75 τροφοδοτούμενων ενεργειακά από τον άνεμο εξεδρών υποστηριζόμενα από εκτεταμένες δοκιμές, συμπεραίνοντας ότι οι ρότορες είχαν μακράν τη μεγαλύτερη δυναμική εξέλιξης.

Το 2010 η Enercon άρχισε τις δοκιμές του 12800 dwt E-Ship 1, που έφερε 4 ρότορες Flettner οι οποίοι τροφοδοτούνταν ενεργειακά από τα καυσαέρια του κύριου συμβατικού κινητήρα. Η μετασκευή bulkers και δεξαμενόπλοιων έως κλάσης VLCC εξετάζεται ενεργά παρόλο που η χρήση μεγάλου μέρους της επιφάνειας του καταστρώματος λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν. Πλέον υπάρχουν σύγχρονα σχέδια πρωτοτύπων που υιοθετούν τους ρότορες τύπου Flettner. Η εικόνα 3 δείχνει παραδείγματα πλοίων που χρησιμοποιούν ρότορες Flettner για

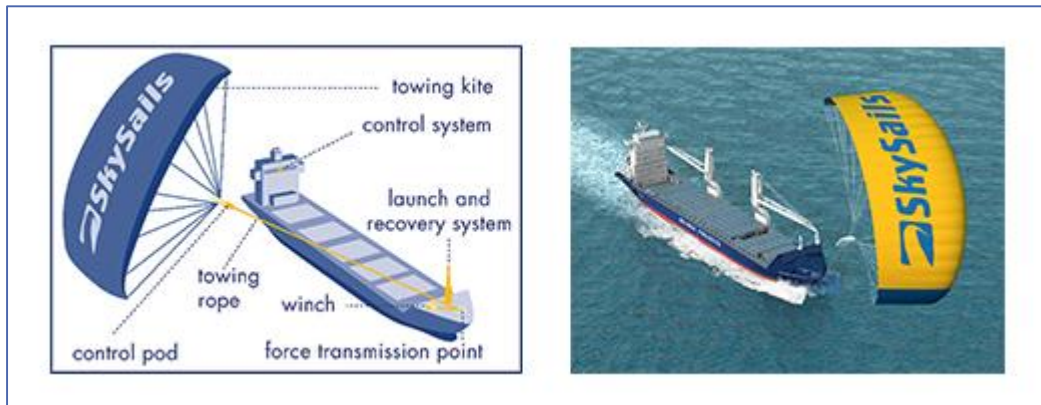


Εικόνα 3. Πλοία που χρησιμοποιούν ρότορες Flettner. Alcyone του Cousteau και δεξιά το E-Ship 1.

βοηθητική πρόωση.

5.3.1.4 Πανιά τύπου χαρταετού

Τα πανιά τύπου χαρταετού, συνδέονται στην πλώρη του πλοίου και λειτουργούν σε υψόμετρο ώστε να μεγιστοποιούνται οι ταχύτητες του ανέμου όπως φαίνεται στην εικόνα 4. Ένας μικρός αριθμός καινοτόμων εταιριών υποστηρίζει αυτήν την τεχνολογία για πάνω από μια δεκαετία. Το 2008 το MS Beluga Skysails ήταν το πρώτο παγκοσμίως εμπορικό πλοίο μεταφοράς container το οποίο μερικώς κινείται από ένα πανί τύπου χαρταετού, επιφάνειας 160 τ.μ. (skysails.info)



Εικόνα 4. Πανιά τύπου χαρταετού. Skysails

5.3.1.5 Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες ήταν για αρκετά χρόνια στην συζήτηση σχετικά με την πρόωση των πλοίων. Παρόλα αυτά, μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν επιτυχημένα πρωτότυπα εφαρμογής τους. Αυτό αντανάκλα συστημικά ζητήματα με την τελική σταθερότητά τους και τις παραγόμενες δονήσεις, καθώς και την έμφυτη ανεπάρκεια στην μετατροπή της ενέργειας σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. Το πλεονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι ότι μπορούν να συνεχίσουν να παράγουν ενέργεια ακόμα κι όταν το σκάφος πλέει στον άνεμο. Υπάρχει μια περίπτωση που θα μπορούσαν να πετύχουν οι ανεμογεννήτριες σαν παραγωγοί ενέργειας για τα βοηθητικά συστήματα του πλοίου ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε παράκτιες εγκαταστάσεις αντικαθιστώντας την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές, μη ανανεώσιμες πηγές. Δεδομένης της τεράστιας προόδου στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν σημαντικά μαθήματα που θα πρέπει να μεταφερθούν και στον τομέα της ναυτιλίας.

5.3.2 Φωτοβολταϊκά και υβριδικά συστήματα

Οι εφαρμογές φωτοβολταϊκών χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκές κυψέλες. Όλες οι εξελίξεις σε αυτήν την ραγδαία εξελισσόμενη τεχνολογία είναι διαθέσιμες για χρήση στις μεταφορές στην ναυτιλία. Οι πρωτεύοντες περιορισμοί είναι η έλλειψη αρκετής επιφάνειας ώστε να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελς αλλά και τα συστήματα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες και καλύτερες προοπτικές για συστήματα πρόωσης στα πλοία οι οποίες θα τροφοδοτούνται ενεργειακά από φωτοβολταϊκά βραχυπρόθεσμα, αλλά λύσεις που τα βασικά συστήματα πρόωσης θα

τροφοδοτούνται αποκλειστικά από φωτοβολταϊκά απαιτούν περαιτέρω εξελίξεις και τεχνική ανάπτυξη και είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε σχετικά μικρά πλοία.

Το σχέδιο Greenheart για ένα εμπορικό πλοίο ολικής χωρητικότητας 220 τόνων, προτείνει την χρήση μπαταριών μόλυβδου οξέος, οι οποίες θα φορτίζονται από φωτοβολταϊκά, και θα παρέχουν βοηθητική πρόωση στο κύριο σύστημα. Οι μπαταρίες ίσως προσφέρουν μια πιθανή υβριδική λύση σε συνδυασμό με άλλες καταστάσεις πρόωσης για κάποια μικρά ή και μεσαίου μεγέθους πλοία, με την προϋπόθεση ότι η επαναφόρτισή τους δεν θα αυξάνει την παραγωγή άλλων επιβλαβών εκπομπών. Το σχέδιο SolarSailor της OCIUS Technology (solarsailor.com) χρησιμοποιεί υβριδικά σταθερά πανιά σε συνδυασμό με συστοιχίες φωτοβολταϊκών πάνελς τόσο στα ιστία όσο και στο κατάστρωμα, όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα εμπορικώς ανταγωνιστικά harbor ferries στην Αυστραλία, το Χονγκ Κονγκ και την Σανγκάη, και δημιουργούν προσδοκίες για χρήση σε μεγαλύτερα πλοία. Με έδρα την Ιαπωνία, η Eco Marine Power (ecomarinpower.com) αναπτύσσει ένα μεγάλο σύστημα με ηλιακά ιστία Aquarius MRE (Marine Renewable Energy) για δεξαμενόπλοια και φορτηγά. Η πρόταση της WWL με την ονομασία E/S Orcelle, ένα πλοίο μηδενικών εκπομπών ρύπων που μεταφέρει αυτοκίνητα, περιλαμβάνει ένα παρόμοιο σετάρισμα με ηλιακά πάνελς ενσωματωμένα σε σταθερά πλευρικά ιστία που μπορούν να παράγουν ενέργεια ως πανιά ή οριζοντίως ως ηλιακά πάνελ στο κατάστρωμα. Το Auriga Leader project των NYK και Nippon Oil Corporation, το 2008/09 μετασκευάστηκε και 328 φωτοβολταϊκά πάνελς τοποθετήθηκαν στο 60.000gt πλοίο που μεταφέρει αυτοκίνητα, προσφέροντας 40 kilowatts ενέργειας, που αποτελούν 10% της ενέργειας του πλοίου όταν είναι stationary in dock. Ήταν επίσης το πρώτο πλοίο που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα πάνελς απευθείας στο κύριο ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου. Τα ηλιακά πάνελς παρήγαγαν για το πλοίο, 1.4 φορές περισσότερη ενέργεια στην ανοιχτή θάλασσα από ότι όταν ήταν αραγμένο στο λιμάνι του Τόκιο, αλλά η συνολική συνεισφορά στην ισχύ πρόωσης του πλοίου είναι ελάχιστη.

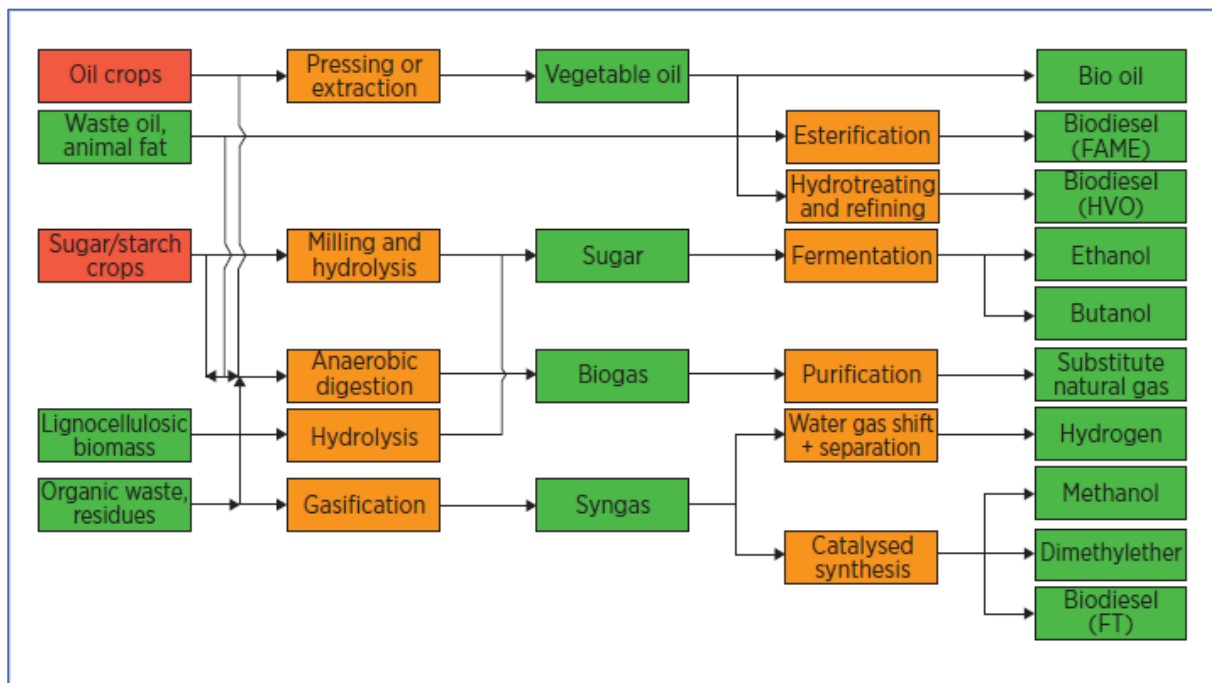
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν δυνατότητες όταν χρησιμοποιούνται για την φόρτιση συστημάτων μπαταριών, τα οποία με τη σειρά τους υποστηρίζουν επαναφορτιζόμενες μονάδες ηλεκτρικής πρόωσης για μικρότερης κλίμακας ferries, αλλά αυτό είναι εφαρμόσιμο μόνο σε υπερβολικά μικρά ταξίδια. Έχει επίσης εφαρμογές στην βελτίωση άλλων πηγών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για το μεγαλύτερο τμήμα της παράκτιας υποδομής. Για να εκμεταλλευτούμε στο μέγιστο τα οφέλη. Αυτός ο τύπος χρήσης πρέπει να συνδυαστεί με τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η ηλιακή (μαζί με την κυματική και την αιολική ενέργεια) ίσως έχει έναν σημαντικό ρόλο να διαδραματίσει στο μέλλον παρέχοντας την αρχική ενέργεια για το διαχωρισμό υδρογόνου από το θαλασσινό νερό για χρήση σε τεχνολογίες κυψελών καυσίμου υδρογόνου.



Εικόνα 5. Υβριδικά συστήματα με σταθερά πανιά και φωτοβολταϊκά. Από αριστερά προς τα δεξιά. 1) Aquarius MRE της Eco Marine Power, 2) Solar Sailor της OCIUS Technology, 3) Auriga Leader της NYK

5.3.3 Βιοκαύσιμα

Τα Βιοκαύσιμα αποτελούν την πιο εύστοχη εναλλακτική λύση για αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων ή συνδυασμό με αυτά στον τομέα των μεταφορών. Ωστόσο η εμπειρία από την χρήση αλλά και το εύρος των εφαρμογών τους στην ναυτιλία είναι ακόμη ελάχιστα. Μια ενδελεχής αξιολόγηση των εναλλακτικών καυσίμων σε εφαρμογές της ναυτιλίας που περιλαμβάνει τα Βιοκαύσιμα είναι η αναφορά Annex 41 της συμφωνίας Advanced Marine Fuels Implementing Agreement της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (International Energy Agency, (IEA-AMF, 2013)). Άλλες μελέτες έχουν επίσης αξιολογήσει την πιθανή χρήση βιοκαυσίμων στη ναυτιλία. Δείτε για παράδειγμα (DNV, 2014), (Lloyds Register and UCL, 2014), (EffShip, 2013b), (Ecofys, 2012b) και (ZERO, 2007). Τα Βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον κλάδο είναι για παράδειγμα βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιομεθάνιο, SVO (straight vegetable oil), Διμεθυλαιθέρας (DME), έλαιο πυρόλυσης (pyrolysis oil),



Διάγραμμα 1. Σύνοψη οδών παραγωγής συμβατικών και προηγμένων βιοκαυσίμων. Πηγή: Προσαρμογή από Ecofys 2012b

υδρογονωμένα φυτικά έλαια HVO (hydrogenated vegetable oil) ή κάποια άλλη παραλλαγή αυτών. Οι οδοί παραγωγής αυτών των καυσίμων με την βιομάζα ως πρώτη ύλη συνοψίζονται στο διάγραμμα 1.

Οποιαδήποτε μορφή βιοκαυσίμου χρησιμοποιηθεί, η εφαρμογή θα είναι της μορφής drop-in καυσίμων (π.χ. απευθείας αντικατάσταση υπαρχόντων συμβατικών ορυκτών καυσίμων, υπάρχουσας υποδομής και κινητήρων) ή μέσω νέων ή επανασχεδιασμένων συστημάτων και υποδομών. Τεχνικά προβλήματα όπως η αστάθεια που προκαλείται από την

αποθήκευση καυσίμων στο κατάστρωμα , διάβρωση και βιο-ρύπανση, που προκύπτουν από τη χρήση συγκεκριμένων βιοκαυσίμων στην ναυτιλία είναι εύκολα επιλύσιμα.

Παρόλο που το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανομή των ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία είναι μικρό και κατά πάσα πιθανότητα θα παραμείνει έτσι βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, ο ρόλος που θα διαδραματίσουν μακροπρόθεσμα θα είναι ουσιαστικότερος (biofuelstp.eu/shipping-biofuels.html). Η γνώση για την τεχνολογία παραγωγής προηγμένων (δεύτερης και τρίτης γενιάς) βιοκαυσίμων αυξάνεται, καθιστώντας αυτά τα καύσιμα την πιο βιώσιμη επιλογή ανανεώσιμης ενέργειας με τον υψηλότερο δείκτη διεισδυτικότητας για τον κλάδο της ναυτιλίας, μακροπρόθεσμα. Αυτή η υψηλή δυναμική θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα ανανεώσιμων καλλιεργειών για την παραγωγή των καυσίμων, την βιωσιμότητά του παγκοσμίου εμπορίου βιοκαυσίμων και πως το κόστος τους θα ανταγωνίζεται άλλες επιλογές καυσίμων χαμηλών εκπομπών.

Σημείωση: Ο ορισμός των συμβατικών (πρώτης γενιάς) ή προηγμένων (δεύτερης και τρίτης γενιάς) βιοκαυσίμων εξαρτάται από την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιείται. Η EBTP (European Biofuels Technology Platform) δίνει μια καλή περιγραφή αυτών των ορισμών (biofuelstp.eu/advancedbiofuels.htm) :

1^{ης} Γενιάς : Η πηγή του άνθρακα για το βιοκαύσιμο είναι τα σάκχαρα, λιπίδια ή άμυλο που έχει απευθείας εξαχθεί από φυτά. Η καλλιέργεια στην πραγματικότητα ή πιθανότατα θεωρείται ανταγωνιστική μια αντίστοιχης καλλιέργειας προς βρώση.

2^{ης} Γενιάς : Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη ή πηκτίνη. Για παράδειγμα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αγροτικά ή δασικά απόβλητα ή υπολείμματα ή καλλιέργειες για αυτόν τον σκοπό κι όχι για βρώση. (π.χ. δασύλλια περιοδικής υλοτόμησης, ενεργειακά αγρωστώδη)

3^{ης} Γενιάς : Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από υδρόβιους, αυτότροφους οργανισμούς (π.χ. φύκια). Φως, διοξείδιο του άνθρακα και θρεπτικά συστατικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της καλλιέργειας επεκτείνοντας την διαθέσιμη πηγή άνθρακα για παραγωγή βιοκαυσίμου.

5.3.3.1 Υγρά Βιοκαύσιμα

Τα υγρά Βιοκαύσιμα μπορούν να καούν σε κινητήρες diesel και είναι πιθανώς εφαρμόσιμα σε όλους τους τύπους πλοίων, με μόνο μικρές μετατροπές στον κύριο κινητήρα να είναι απαραίτητες. Οι πρώτες δοκιμές το 2006 κατέδειξαν την εμπορική και τεχνική εφικτότητα της χρήσης βιοκαυσίμων σε ναυτιλιακές εφαρμογές. Τα παρακάτω παραδείγματα αναλύονται στο Υπόμνημα (Appendix) D του (Ecofys, 2012b). Το 2006-2007, η Royal Caribbean Cruises, δοκίμασε την χρήση βιοντίζελ σε επιλεγμένα κρουαζιερόπλοια, συμπεριλαμβανομένου του Jewel of the Seas (293m), ξεκινώντας με μείγματα 5% (B5) και σταδιακά έφτασαν στο 100% (B100) βιοντίζελ. Μεταξύ Μαΐου και Οκτωβρίου 2006, το project Canadian Bioship λειτούργησε το φορτηγό Ana Desgagnes (17850 dwt) με μείγμα B20 με βιοντίζελ από τετηγμένο ζωικό λίπος και μαγειρικά έλαια. Μετά τις δοκιμές ακολούθησαν tests εφικτότητας βιοκαυσίμων από την Maersk και Lloyd's το 2011 με χρήση παρτίδων από μίγματα βιοντίζελ (FAME) στο Maersk Kalmar μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και 88669 dwt. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά αλλά ασαφή, καθώς τα tests «τρέξανε» μόνο για 160 ώρες. Το 2012 το πλοίο πολλαπλών χρήσεων, Meri της Meriaura Ltd's, μήκους 105μ. και

4359 dwt, ολοκλήρωσε την πρώτη παγκοσμίως εμπορική αποστολή χρησιμοποιώντας 100% (βιο-έλαιο από απόβλητα χαρτοπολτού ξύλου) στην Φινλανδία. Το πλοίο χρησιμοποιούσε 3 γεννήτριες Wärtsilä οι οποίες μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν MDO ως εφεδρικό καύσιμο. (meriaura.fi/en/company/news/first_shipment_using_100_bio-oil.375.news)

Οι δοκιμές στην χρήση τρίτης γενιάς βιοκαυσίμων από φύκια στην ναυτιλία προχωρούν. Το Δεκέμβριο του 2011 η Maersk και το πολεμικό ναυτικό των Η.Π.Α ανακοίνωσαν την συνεργασία τους στην δοκιμή βιοκαυσίμων από φύκια στο Maersk Kalmar. (Το δελτίου τύπου είναι διαθέσιμο εδώ: maersklinelimited.com/pressreleases/Maersk_Biofuel_Test.pdf) Η πρωτοβουλία Μεγάλος Πράσινος Στόλος του πολεμικού ναυτικού των Η.Π.Α, έχει σκοπό να μειώσει την χρήση ορυκτών καυσίμων κατά 50% μέχρι το έτος 2020 (greenfleet.dodlive.mil/files/2012/06/20120610-N45-Biofuel-FactSheet.pdf) ενώ η Maersk σκοπεύει να μειώσει τις εκπομπές ρύπων κατά 25% σε σχέση με το 2007, μέχρι το 2020. Βιώσιμα, ανταγωνιστικά στο κόστος και τις τεχνολογίες Βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να διαδραματίσουν έναν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη αυτών των στόχων. (bio4bio.ku.dk/documents/conference2012/sterling_maersk_line_biofuel_biorefinery_conf) Τον Ιούνιο του 2014 το πολεμικό ναυτικό των Η.Π.Α αναζήτησε τουλάχιστον 37 εκατομμύρια γαλόνια σε drop-in Βιοκαύσιμα σαν μέρος του δικού του F-76 (NATO) ναυτιλιακού πετρελαίου και του JP-5 που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία jet. Οι Maersk, DONG Energy, Haldor Topsoe, MAN Diesel and Turbo, Novozymes, Το Τεχνικό Πανεπιστήμιο της Δανίας και το Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης συνεργάζονται για την βιοενέργεια του 21^{ου} αιώνα (B21st), ένα project που συγχρηματοδοτείται από το Εθνικό Ίδρυμα Προηγμένης Τεχνολογίας της Δανίας σαν τεχνολογική πλατφόρμα που στοχεύει στην ανάπτυξη βιομάζας για ναυτιλιακά καύσιμα και χημικά. (b21st.ku.dk/). Τον Φεβρουάριο του 2013 η Maersk υπέγραψε μια συμφωνία με την Progression Industry για την ανάπτυξη ενός ναυτιλιακού καυσίμου από λιγνίνη, με την ονομασία CyclOx, το οποίο θα είναι βιώσιμο, ανταγωνιστικό όσον αφορά το κόστος και τεχνικά υγιές, και για το οποίο η Maersk έχει δεσμευτεί να αγοράσει 50 000 τόνους εφόσον αυτό πληροί αυτές τις προϋποθέσεις. (biofuelsdigest.com/bdigest/2013/03/21/maersk-to-develop-two-marine-fuel-projects/). Η EBTP (European Biofuels Technology Platform) δίνει μια καλή σύνοψη άλλων δοκιμών ανανεώσιμων βιοκαυσίμων για την ναυτιλία (biofuelsdigest.com/bdigest/2013/03/21/maersk-to-develop-two-marine-fuel-projects/), συμπεριλαμβανομένου του Lloyds Register και του προγράμματος βιοντίζελ για κινητήρες πλοίων της Maersk, το πρόγραμμα TEN-T της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission) (inea.ec.europa.eu/en/ten-t/), (το οποίο στοχεύει στην υποστήριξη της κατασκευής και αναβάθμισης της υποδομής μεταφορών στις χώρες της Ε.Ε) το οποίο περιλαμβάνει projects υψηλής προτεραιότητας (Όπως το Priority Project 21 που στοχεύει στην δοκιμή της απόδοσης της μεθανόλης στο επιβατηγό ferry Stena Germanica που ακολουθεί το δρομολόγιο Γκέτεμποργκ - Κίελο (see http://inea.ec.europa.eu/en/ten-t/ten-t_projects/ten-t_projects_by_country/multi_country/2012-eu-21017-s.htm) που στοχεύουν στα εναλλακτικά καύσιμα για τις θαλάσσιες μεταφορές, και τέλος το project METHAPU (cordis.europa.eu/project/rcn/81512_en.pdf) (για την πιστοποίηση των βοηθητικών συστημάτων εμπορικών πλοίων, που βασίζονται στην ανανεώσιμη μεθανόλη), μεταξύ άλλων.

5.3.3.2 Βιοαέριο

Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση οργανικών υλικών. Μπορεί να καθαριστεί με αφαίρεση των ακαθαρσιών όπως υγρασία, υδρόθειο και διοξείδιο του άνθρακα, για να σχηματιστεί το βιομεθάνιο που έχει την ίδια ποιότητα με το φυσικό αέριο. Όπως και το φυσικό αέριο, το βιομεθάνιο μπορεί να υγροποιηθεί για να σχηματίσει υγρό βιομεθάνιο (LBM) και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφοράς. Ο κλάδος της ναυτιλίας δείχνει μια προτίμηση στο υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) σαν μεταβατικό καύσιμο προς ένα χαμηλού άνθρακα/χαμηλών εκπομπών ρύπων μέλλοντος και ενός κατάλληλου δικτύου ανεφοδιασμού που εξελίσσεται ραγδαία σε καθιερωμένες διαδρομές μεταφοράς. Η πιθανότητα του τομέα της ναυτιλίας, να υιοθετήσει το LBM σαν την κύρια επιλογή ανανεώσιμου καυσίμου είναι υψηλή. Συνδυάζοντας το LBM με άλλες αποδεδειγμένα επιτυχημένες λύσεις ανανεώσιμης ενέργειας όπως η αιολική ενέργεια, όπως προτείνει το B9 Shipping, επιτρέπει στα πλοία που χρησιμοποιούν 100% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να είναι λειτουργικά βραχυπρόθεσμα. (energy.co.uk/B9Shipping/FlagshipsoftheFuture/TheIrresistibleBusinessCase/tabid/5071/language/en-GB/Default.aspx). Ο κινητήρας αερίου Bergen K της Rolls-Royce πιστοποιήθηκε για να τροφοδοτήσει τα πρώτα παγκοσμίως επιβατηγά ferries που χρησιμοποιούν LNG και πλέον χρησιμοποιείται σε 20 πλοία. (rolls-royce.com/sustainability/performance/casestudies/lng_fuelled_engines/). Η αυξημένη ανάπτυξη των εγκαταστάσεων αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στα λιμάνια θα διευκολύνουν τη χρήση αυτής της τεχνολογίας και του βιομεθανίου.

Ο πίνακας 2α συνοψίζει τη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων ως αναπτυσσόμενη στα καύσιμα για ναυτικές εφαρμογές όσον αφορά τους τύπους συστημάτων καύσης τους, και ο πίνακας 2β την δυνατότητα άμεσης υποκατάστασης. Ο πίνακας 3 συνοψίζει την εφαρμογή των βιοκαυσίμων, καθώς και κάθε σχετικά ζητήματα σχετικά με τη πρόωση από πλευράς των πιθανών δαπανών αναλόγως τον κινητήρα και το σύστημα καυσίμου, τροφοδοσίας καυσίμου, μείωση των εκπομπών, την ασφάλεια και έμμεσες δαπάνες.

Εφαρμογές Κινητήρων	
Κάυσιο Drop-In	Σχόλιο
Κύκλος Diesel	<p>Βιοντίζελ (FAME)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλη διαθεσιμότητα και ποικιλία πρώτων υλών • Ζητήματα χρήσης γης και δεσμών με την τροφή για συμβατική παραγωγή βιοντίζελ • Στάνταρντς και κατανοητές προδιαγραφές • Δυνατότητες Βιολογικών εναποθέσεων • Απαιτεί αντιδιαβρωτικές σφραγίσεις και εξαρτήματα κινητήρων • Κατάλληλο για χαμηλής και μέσης ταχύτητας πρόωση (π.χ. μικρά μεταφορικά και εμπορικά πλοία)
	<p>SVO (Straight Vegetable Oil)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέχρι και 100% αντικατάσταση είναι δυνατή • Φθηνά και άμεσα διαθέσιμα • Υψηλό ιξώδες, απαιτεί προθέρμανση • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες διπλού καυσίμου • Κατάλληλο για χαμηλών και μέσων ταχυτήτων πρόωσης και για πλοία όλων των μεγεθών • Πολύ υψηλής ποιότητας για την ναυτιλία

Κύκλος Otto Διπλού Καυσίμου	HVO (Hydrotreated Vegetable oil)	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλή ενεργειακή απόδοση • Ζητήματα χρήσης γης και δεσμών με την τροφή αναλόγως της πρώτης ύλης που θα χρησιμοποιηθεί • Κατάλληλα για μέσης ταχύτητας πρόωση και για πλοία όλων των μεγεθών
	DME (Διμεθυλαιθέρας)	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλών δυνατοτήτων • Προκλήσεις σχετικά με την σταθερότητα και την αποθήκευση • Περιορισμένη διαθεσιμότητα, αλλά μπορεί να παραχθεί από αιθανόλη χρησιμοποιώντας τεχνολογία OBATE (On board alcohol to ether) • Κατάλληλο για χαμηλής ταχύτητας πρόωσης και πλοία όλων των μεγεθών • Απαιτεί υποδομή ανεφοδιασμού καθώς και αντιδιαβρωτικές σφραγίσεις και εξαρτήματα κινητήρων • Καταλαμβάνει χώρο εμπορευμάτων
	Fischer-Tropsch ντίζελ με βάση την βιομάζα	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να χρησιμοποιήσει υπολείμματα πρώτων υλών • Περιορισμένη διαθεσιμότητα, εξαρτάται πολύ στην αεριοποίηση <p>Δεν είναι ακόμη εμπορικά διαθέσιμο</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεσαίας ταχύτητας πρόωσης και πλοία όλων των μεγεθών
	Έλαιο πυρόλυσης	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλού κόστους και δυνατότητες μεγάλης διαθεσιμότητας • Διαβρωτικό • Χαμηλή θερμοαντική αξία και υψηλό ιξώδες • Δύσκολο στην αποθήκευση • Κατάλληλο για χαμηλής ταχύτητας πρόωση και πλοία όλων των τύπων
	LBM (Υγροποιημένο Μεθάνιο)	<ul style="list-style-type: none"> • Περιορισμένη διαθεσιμότητα βιομεθανίου • Ζητήματα υποδομών και αποθήκευσης
	Βιομεθανόλη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολλαπλές οδοί παραγωγής • Διατηρεί πολύ υψηλές δυνατότητες αλλά προς το παρόν περιορίζεται από τις τεχνολογίες παραγωγής συνθετικού αερίου • Κατάλληλο για υψηλής ταχύτητας βοηθητικούς κινητήρες
	Βιοαιθανόλη	<ul style="list-style-type: none"> • Κυρίως για ανάμιξη • Ζητήματα σχετικά με την χρήση γης και δεσμών με την τροφή για παραγωγή συμβατικής βιοαιθανόλης • Potential with second generation bioethanol • Standard specifications and well understood • Suitable for high-speed main or auxiliary engines

Πίνακας 2α. Τρέχουσα βιωσιμότητα επιλεγμένων βιοκαυσίμων για την ναυτιλία Πηγή: *European Biofuels Technology Platform¹; Argonne National Laboratory, 2013; EffShip, 2013b; IEA-AMF, 2013; Royal Academy of Engineering, 2013; Bengtsson et al., 2012; Ecofys, 2012b; Renewable Fuels Association, 2010*

Αντικατάσταση Καυσίμου

Marine diesel oil (MDO) / Marine gas oil (MGO)	<ul style="list-style-type: none">• Συμβατικό και προηγμένο βιοντίζελ (καλύτερη επιλογή ως αναμεμιγμένο καύσιμο με έως και 20% βιοντίζελ B20)• Διμεθυλαιθέρας (DME) Βιομεθανόλη
Heavy fuel oil (HFO)/ Intermediate fuel oil (IFO)	<ul style="list-style-type: none">• Έλαιο πυρόλυσης• Straight vegetable oil (SVO), ως και 100%• Hydro-treated vegetable oil (HVO)
Liquefied natural gas (LNG)	<ul style="list-style-type: none">• Υγροποιημένο βιομεθάνιο (LBM)/ Βιομεθανόλη• Διμεθυλαιθέρας (DME)
Ηλεκτρική ενέργεια	<ul style="list-style-type: none">• Κυψέλες καυσίμου βιο-υδρογόνου

Πίνακας 2β. Τρέχουσα βιωσιμότητα επιλεγμένων βιοκαυσίμων για την ναυτιλία Πηγή: European Biofuels Technology Platform; Argonne National Laboratory, 2013; EffShip, 2013b; IEA-AMF, 2013; Royal Academy of Engineering, 2013; Bengtsson et al., 2012; Ecofys, 2012b; Renewable Fuels Association, 2010

5.3.4 Κυματική ενέργεια

Τα τρέχοντα σχέδια μονάδων κυματικής ενέργειας δείχνουν ότι θα χρειαστεί ένα εντελώς νέο design concept ώστε να καταστεί άμεσα εφαρμόσιμη για τις ανάγκες του κλάδου της ναυτιλίας. Ο μικρός αριθμός των κατασκευαστών στο συγκεκριμένο πεδίο προσπαθεί να μάθει από την βιολογία και να μιμηθεί τον τρόπο με τον οποίο τα δελφίνια και τα πελαγικά ψάρια χρησιμοποιούν μυϊκή ενέργεια σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Το φιλόδοξο E/S Orcelle μεταφοράς αυτοκινήτων της εταιρείας Wallenius Wilhelmsen Logistics (WWL), χρησιμοποιεί μια σειρά 23 υποβρύχιων flaps (πτερύγια), εμπνευσμένων από τις κινήσεις των ουρών των δελφινιών Irrawaddy, για να αξιοποιήσουν και να μετατρέψουν την κυματική ενέργεια στον ωκεανό και να δημιουργήσουν πρόωση αλλά και για να παράγουν ηλεκτρική και υδραυλική ενέργεια για να τροφοδοτήσουν τα συστήματα του πλοίου. (Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πλοίο Orcelle μπορείτε να δείτε εδώ: 2wglobal.com/globalassets/environment/orcelle-green-flagship.pdf)

5.3.5 Κυψέλες καυσίμου υδρογόνου

Το υδρογόνο ήταν πολυσυζητημένο στα μέσα της δεκαετίας του 2000 ως το καύσιμο του μέλλοντος στην ναυτιλία και ακόμα υπάρχει η ελπίδα ότι θα αποτελέσει μια μακροπρόθεσμη λύση. Η καύση του υδρογόνου, σαν drop-in καύσιμο, σε κανονικούς κινητήρες diesel είναι πιθανή μόνο σε χαμηλά επίπεδα προσμίξεων χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερα ρίσκα για βλάβες του κινητήρα. Οι δυνατότητες του υδρογόνου βρίσκονται στην χρήση του σε κυψέλες καυσίμου. Η ανάπτυξη κυψελών καυσίμου υδρογόνου έχει κάνει

σημαντική πρόοδο και έχει προσελκύσει ένα υψηλό επίπεδο ενδιαφέροντος, ιδιαίτερα από τις αγορές των κρουαζιερόπλοιων, των επιβατηγών και τον σκαφών υπεράκτιου εφοδιασμού.

Το 2008, το project Zemships (Zero Emissions Ships) ανέπτυξε το Alsterwasser, ένα επιβατηγό 100 επιβατών, για χρήση σε πλωτές μεταφορές στην ενδοχώρα και έναν αριθμό άλλων μικρών ferries και ποταμόπλοιων ακολούθησαν. Το Zemships, που αργότερα ονομάστηκε FCS Alsterwasser, ήταν το πρώτο πλήρως κινούμενο από κυψέλες καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε. Τροφοδοτούνταν από δύο κυψέλες καυσίμου υδρογόνου χωρητικότητας 48kW η καθεμία. Το πλοίο χρησιμοποιήθηκε στο Αμβούργο μέχρι τα τέλη του 2013 οπότε και η πρόκληση να λειτουργήσει οικονομικά υποδομή ανεφοδιασμού υδρογόνου το έθεσε εκτός λειτουργίας. Το 2012, σαν μέρος του FellowSHIP project, ένα πλοίο τροφοδοτούμενο από μια κυψέλη καυσίμου 330kW δοκιμάστηκε επιτυχώς επί του πλοίου υπεράκτιας τροφοδοσίας Viking Lady, λειτουργώντας για πάνω από 7000 ώρες. Αυτή ήταν η πρώτη μονάδα κυψελών καυσίμου που λειτούργησε σε εμπορικό πλοίο, με την ηλεκτρική αποδοτικότητα να υπολογίζεται στο 44.5% (υπολογίζοντας και την εσωτερική καύση), και μηδενικές εκπομπές NOx, SOx και αιωρούμενων σωματιδίων. Όταν η θερμική επαναφορά ενεργοποιήθηκε, η ολική απόδοση του καυσίμου έφτασε το 55% με περιθώρια βελτίωσης. (dnv.com/binaries/fuel%20cell%20pospaper%20final_tcm4-525872.pdf)

Το 2012 η Germanischer Lloyd παρουσίασε σχεδιαστικά concepts για ένα μηδενικών εκπομπών ρύπων Scandlines ferry 1500 επιβατών και ένα 1000TEU μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με ταχύτητα service 15 κόμβων, χρησιμοποιώντας υγρό υδρογόνο σαν καύσιμο για να παράγει ισχύ με ένα σύστημα που συνδύαζε κυψέλες καυσίμου και μπαταρίες. (interferry.com/2012papers/5-4Interferry_Povel.pdf) Παρόλα αυτά η βιωσιμότητα της παραγωγής υδρογόνου είναι ένα κρίσιμο ζήτημα, με όλες σχεδόν της τρέχουσες εμπορικές λύσεις παραγωγής να προέρχονται από τα ορυκτά καύσιμα. Δυνατότητες για ανανεώσιμη παραγωγή υδρογόνου θα υπάρξουν με την ηλεκτρόλυση θαλασσινού νερού χρησιμοποιώντας πηγές ενέργειας όπως ενέργεια που περισσεύει από υπεράκτια πάρκα αιολικής ενέργειας, άλλων τύπων προμήθειες ανανεώσιμης ενέργειας στη στεριά ή ανεμογεννήτριες επι του πλοίου.

	Βιοκαύσιμο			
	Βιομάζα σε υγρό (προηγμένα βιοκαύσιμα, π.χ. μέσω Fischer-Tropsch)	HVO/SVO/FAME	Διμεθυλαιθέρας (DME)	Υγρό βιομεθάνιο (LBM)
Κόστος κινητήρων και συστημάτων καυσίμων	Drop-in	Drop-in	Αποθήκευση	Κρυογενικές δεξαμενές διπλών καυσίμων
Προβλεπόμενο κόστος καυσίμων	Διύλιση	Χρήση γαιών	Υποδομή	Υποδομή
Κόστος μείωσης εκπομπών				
Κόστος σχετιζόμενο με την ασφάλεια			Εξαερισμός	Πίεση/Θερμοκρασία
Έμμεσα κόστη		Νερό, ενέργεια, και δεσμός με παραγωγή βρώσιμων	Χώρος φορτίου	Χώρος φορτίου

Εφικτή λύση Υψηλό κόστος Σοβαρά εμπόδια

Πίνακας 3. Σύνοψη εφαρμογών και εμποδίων χρήσης των βιοκαυσίμων στη ναυτιλία (segelenergie.de/technologie/) . Η πρόκληση παρόλα αυτά παραμένει μια αξιόπιστη λύση

χαμηλής πίεσης αποθήκευσης υδρογόνου η οποία θα επιτάχυνε την ανάπτυξη του υδρογόνου ως πηγής ενέργειας στη ναυτιλία.

5.3.6 Πρόωση με χρήση ηλεκτρισμού από μπαταρίες

Παραδείγματα πλοίων που κινούνται με μπαταρίες περιλαμβάνουν το Zerocat και το Ar Vag Tredan. Το πρώτο, που ανήκει στη Siemens και κέρδισε τον διαγωνισμό 2014 SMM Ship of the Year, είναι ένα νεόκτιστο ferry μεταφοράς ως και 120 αυτοκινήτων και έως 360 επιβάτες για μικρές διαδρομές (περίπου 20 λεπτών), που φέρει μπαταρίες ιόντων λιθίου που χρειάζονται μόνο 10 λεπτά για να επαναφορτιστούν. (uk.reuters.com/article/2014/09/15/corvus-energy-idUKnBw145016a+100+BSW20140915) Το πλοίο θα τεθεί σε υπηρεσία το 2015, και θα χρησιμοποιηθεί στην δυτική ακτή της Νορβηγίας, όπου η μπαταρίες θα επαναφορτίζονται με 100% ανανεώσιμη ενέργεια που θα παράγεται από υδροηλεκτρικό σταθμό. Η Lorient Agglomération παρουσίασε το Ar Vag Tredan, (σχεδιασμένο από την STX France), ένα ηλεκτροκίνητο επιβατηγό ferry 147 επιβατών και μηδενικών εκπομπών ρύπων, σαν μέρος του ερευνητικού και αναπτυξιακού προγράμματος Ecorizon, που είχε συσταθεί από την STX France το 2007. (stxfrance.com/UK/stxfrance-reference-23-AR%20VAG%20TREDAN.awp) Το σύστημα προωθείται από 2 προωθητήρες 70kW ο καθένας, οι οποίοι τροφοδοτούνται από υπερ-πυκνωτές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν την ενέργεια που χρειάζεται το ferry για τις μικρές διαδρομές που διανύει. Οι υπερ-πυκνωτές μπορούν να φορτισθούν στο λιμάνι σε 4 λεπτά. Παρόλα αυτά, αυτά ένα τέτοιο σκάφος μπορεί να θεωρηθεί κινούμενο με ανανεώσιμη ενέργεια μόνο εάν η ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους υπερ-πυκνωτές έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ

Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα, η ανάπτυξη ανανεώσιμων ενεργειακών λύσεων για την ναυτιλία έχει παρακωλυθεί από την υπερπροσφορά των πλοίων που κινούνται με ορυκτά καύσιμα τα τελευταία χρόνια και την ύφεση των επενδύσεων στην αγορά. Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει δεν υπάρχει επαρκής επίδειξη εμπορικά βιώσιμων λύσεων για τον τομέα ώστε να οδηγήσει σε ανάπτυξη και να μειώσει τα κόστη.

Σε αυτήν την εργασία δεν περιλαμβάνεται σύγκριση των πραγματικών δαπανών ή εξοικονομήσεων και επιστροφών με την εφαρμογή διαφορετικών τεχνολογιών. Ενώ αυτό είναι μια προφανής προτεραιότητα για περαιτέρω έρευνα και θα ωφελούσε τα κέντρα αποφάσεων, με τέτοια σύγκριση δεν επιχειρείται εδώ για τους εξής λόγους:

- Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι εφαρμογών και σχεδίων σε διάφορα στάδια της ανάπτυξης, των δοκιμών και της σύλληψης ιδεών
- Υπάρχουν μη επαρκή δεδομένα σε πολλές περιπτώσεις στις τελικές δαπάνες και τα οφέλη
- Υπάρχουν ελάχιστα συγκρίσιμα δεδομένα σε άλλες δαπάνες της ναυπηγικής βιομηχανίας και της διαχείρισης των πλοίων, τα οποία θα ήταν απαραίτητα για να προκύψουν ουσιώδη δεδομένα που θα υποστήριζαν μια ολοκληρωμένη

ανάλυση των συνολικών δαπανών και ωφελειών. Τα στοιχεία γύρω από το κόστος και τα οφέλη που παρέχονται σε αυτή την εργασία προέρχονται είτε από πηγές στη βιομηχανία ή υλικό που έχει δημοσιευτεί στο διαδίκτυο

Ο ρόλος και η έκταση της υιοθέτησης τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία θα ποικίλει ιδιαίτερα, εξαρτώμενος από την κλίμακα, την λειτουργία, και την περιοχή λειτουργίας του κάθε πλοίου. Οι πάροχοι τεχνολογίας στον κλάδο, υποστηρίζουν ότι οι προσπάθειες έρευνας και καινοτομίας στην χρήση ανανεώσιμων επιλογών ενέργειας, μαζί με αποδοτικά σχέδια έχουν ήδη επιτύχει σημαντικά αποτελέσματα για άμεσες και βραχυπρόθεσμες εξοικονομήσεις ενέργειας για έναν αριθμό επιλεγμένων εφαρμογών. Η ανάλυση έχει προτείνει μη πραγματοποιηθείσες, σημαντικές δυνατότητες μειώσεις εκπομπής ρύπων που εμφανίζονται να είναι αρνητικές ως προς το κόστος των τιμών των καυσίμων προς το παρόν αλλά και το άμεσο μέλλον. (Rehmatulla *et al.*, 2013).

Ο μικρός αριθμός αξιολογημένων proof of concept πλοίων και προηγμένων επιχειρηματικών μοντέλων για να ηγηθούν των μελλοντικών ανταγωνιστών δείχνουν λογικές τιμές απόδοσης για αρκετές εφαρμογές. Σε όλο τον κλάδο, η εξοικονόμηση από την χρήση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα λόγω της ανάπτυξης των ανανεώσιμων λύσεων ποικίλει από σχεδόν 100% (συνολική αλλαγή καυσίμου σε ανανεώσιμες πηγές), για σχέδια όπως το Greenheart μέχρι 0,05% στον κύριο κινητήρα, και 1% στον κινητήρα του βοηθητικού συστήματος) στο NYK Auriga Leader. Για τα μαλακά πανιά, (B9 Shipping, Fair Transport BV Ecoliner) οι προβλέψεις προβλέπουν πρόσθετα κόστη κατασκευής και συντήρησης από 10 ως 15% του συνολικού κόστους, ως επιστροφή για ένα προβλεφθέν 60% εξοικονομήσεων σε καύσιμα, σημαντικές μειώσεις στην φθορά κινητήρα και προπελών, καθαρότερο κόστος συμμόρφωσης και πιθανή μελλοντική εισφορά εμπορίας εκπομπών ρύπων. Η Seagate έχει προβλέψει εξοικονομήσεις 9-19% με μια περίοδο αποπληρωμής 3-4 ετών για τα πτυσσόμενα Delta Wing Sails.

Για τεχνολογίες σταθερών πανιών, η OCIUS Technology Ltd. Ανέφερε 5-100% εξοικονόμηση καυσίμου ανάλογα την εφαρμογή (solarsailor.com/solar-sails/). Η εταιρεία υποστηρίζει ότι τοποθετώντας opening wing sails σε ένα “motor sail”, χωρίς να μεταβληθεί το πρωτεύον σύστημα πρόωσης ενός σύγχρονου δεξαμενόπλοιου ή φορτηγού, οι διαχειριστές των πλοίων μπορούν να περιμένουν μια εξοικονόμηση καυσίμων της τάξης του 20-25% σε ταξίδια που διασχίζουν τον ισημερινό και 30-40% σε ταξίδια στο ίδιο ημισφαίριο, εκπροσωπώντας μια εκτιμώμενη επιστροφή επένδυσης σε ένα διάστημα μεταξύ ενώ-δυο ετών, βάσει τιμών των καυσίμων για το 2013. (solarsailor.com/third-international-symposium-on-marine-propulsors/). Η Oceanfoil έχει υπολογίσει μια εξοικονόμηση καυσίμου 20% και μια εκτίμηση για μια περίοδο αποπληρωμής 15-18 μηνών για το νέο σχέδιο των wingsails. (oceanfoil.com/technology/). Το πανεπιστήμιο του Τόκιο προβλέπει ότι για το 60 000gt UT Wind Challenger, οι δαπάνες καυσίμων μπορούν να μειωθούν κατά ένα τρίτο (marinepropulsors.com/proceedings/2013/11B.3.pdf). Το EffSail, που αναπτύχθηκε από το project EffShip, έχει μοντελοποιηθεί για να αποδείξει ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες, η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει το 40% πετυχαίνοντας μικρότερο χρόνο αποπληρωμής από τα πανιά τύπου χαρταετού και την χρήση ρωτών Flettner, βασιζόμενο οικονομικές παραδοχές. (effship.com/PublicPresentations/Final_Seminar_2013-03-21/09_EffShip-Hand-out.pdf)

Η χρήση πανιών τύπου χαρταετού έχει επίσης πετύχει εξοικονόμηση καυσίμων. Το σύστημα του MS Beluga Skysails έχει εξοικονομήσει 10-15% καύσιμα σε συγκεκριμένες διαδρομές. Παρόλα αυτά, οι ετήσια εξοικονόμηση στην κατανάλωση των περισσότερων διαδρομών είναι της τάξης του 5.5%, όπως καθορίστηκε από το χρηματοδοτούμενο από την E.E project WINTEC

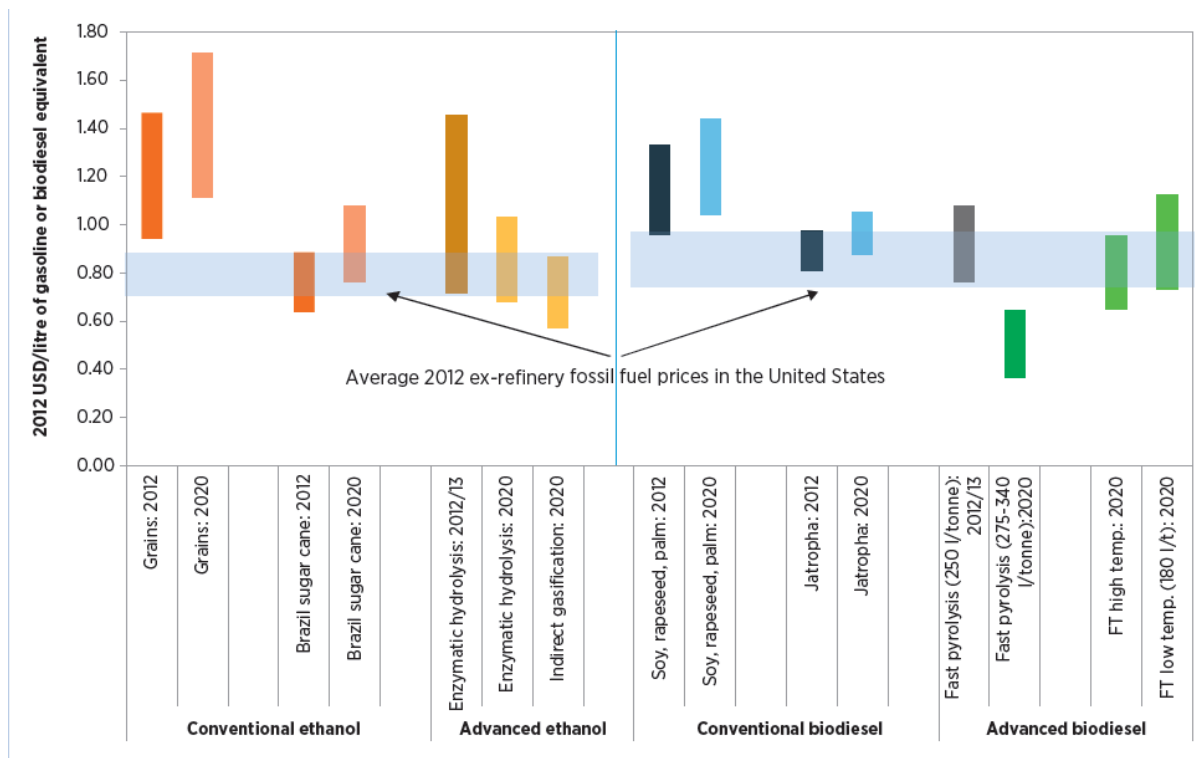
(ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3074&docType=pdf).

Εξοικονόμηση σχετιζόμενη με την πρόωση μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν ο άνεμος έρχεται από το beam προς το πίσω μέρος του καραβιού. Η τεχνολογία πανιών τύπου χαρταετού πιστεύεται ότι έχει υψηλότερο κόστος συντήρησης και επισκευών σε σχέση με άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τον άνεμο. Πρόσφατες μελέτες στα πλαίσια του προγράμματος EffShip, έχουν μοντελοποιήσει εξοικονομήσεις χρησιμοποιώντας βοηθητικά σταθερά πανιά, ρότορες και πανιά τύπου χαρταετού σε ένα Panamax (EffShip, 2013a)(Traut et al. 2014) καθώς επίσης έχουν κάνει συγκρίσεις πλοίων με ρότορες και πανιά τύπου χαρταετού σε υπερατλαντικά ταξίδια.

Στην περίπτωση της τεχνολογίας ροτάρων, το ποσόν εξοικονόμησης καυσίμων μειώνεται όσο το μέγεθος του πλοίου μεγαλώνει. Σε μικρά πλοία έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση μέχρι και 60%, ενώ σε πλοία τύπου VLCC (Very Large Crude Carriers) οι εξοικονομήσεις πλησιάζει το 19%. Για παράδειγμα η Enercon ανέφερε το 2013 ότι το πρωτότυπο rotor sail πλοίο της, το E-Ship 1, πέτυχε εξοικονόμηση 25% μετά 170 000 ναυτικά μίλια. (enercon.de/en/en/2224.htm)

Το project Ulysses εστίασε σε σενάρια ultra-slow steaming, για να δείξει ότι η αποδοτικότητα του παγκοσμίου στόλου μπορεί να αυξηθεί σε μια μείωση των εκπομπών ρύπων κατά 80% μέχρι 2050 σε σχέση με της τιμές βάσης του 1990, με τα πλοία του μέλλοντος να ταξιδεύουν σε ταχύτητες των 5 κόμβων (ultraslowships.com/). Σε ένα τέτοιο σενάριο οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσαν να παίξουν έναν κυρίαρχο ρόλο.

Αναφορικά με τις επιλογές βιοκαυσίμων στην ναυτιλία, εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμοί που σχετίζονται με τα υψηλά κόστοι παραγωγής αλλά και την κλίμακα που απαιτείται για να καλύψει τις ανάγκες της ναυτιλίας καθώς επίσης και με τον ανταγωνισμό για τα καύσιμα άλλων κλάδων όπως των οχημάτων δρόμου, των εναέριων μέσων και των σιδηροδρόμων. Τα κόστη παραγωγής συμβατικών και προηγμένων βιοκαυσίμων πως αυτά παρουσιάζονται στο γράφημα 2 (IRENA, 2013) Είναι γενικά, ακόμη υψηλά σε σχέση με τη βενζίνη και το ντίζελ, παρόλο που κάποιες οδοί παραγωγής είναι ήδη ανταγωνιστικές σε επίπεδο κόστους. Οι δυνατότητες για περαιτέρω μείωση κόστους μέχρι το έτος 2020 είναι αρκετά αβέβαιες λόγω και της προβλεπόμενης αύξησης των τιμών των τροφίμων, χαμηλές δυνατότητες για βελτίωση της αποδοτικότητας για τις τεχνολογίες πρώτης γενιάς βιοκαυσίμων καθώς και αβεβαιότητα για τις τεχνολογικές ανακαλύψεις στον τομέα των προηγμένων βιοκαυσίμων.



Γράφημα 2 Κόστος παραγωγής για συμβατικά και προηγμένα βιοκαύσιμα 2012-2020. Πηγή : IRENA, 2013

7 ΟΔΗΓΟΙ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΡΑΓΜΟΙ

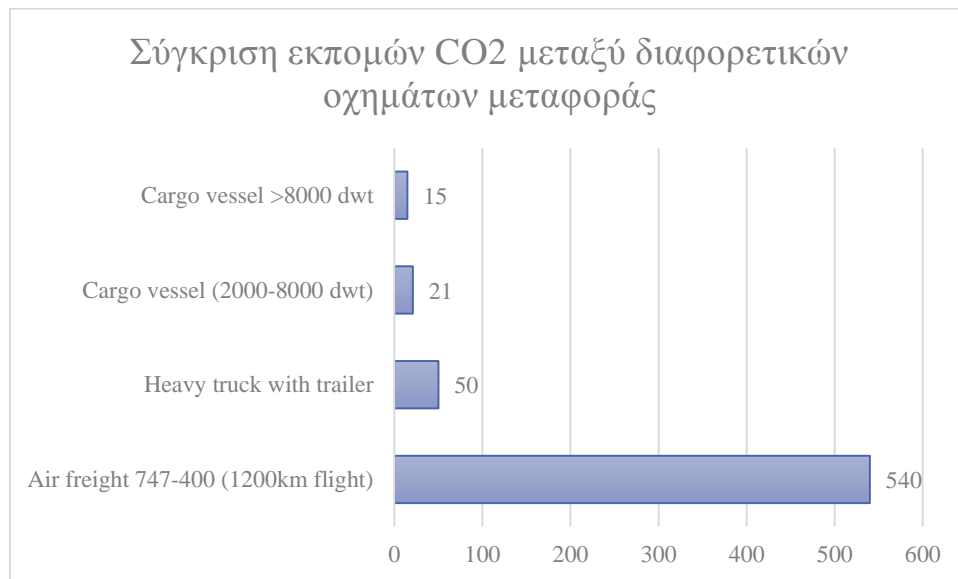
7.1 ΚΙΝΗΤΡΑ

Το παγκόσμιο εμπόριο εξαρτάται πολύ στην ναυτιλία, η οποία αντιπροσωπεύει το 90% της χωρητικότητας του συνόλου των εμπορικών συναλλαγών. (ICS,2013), (Stopford, 2013), (Stopford,2010). Η ναυτιλία αποτελεί επίσης ζωτικής σημασίας παράγοντα για τις νησιωτικές κοινωνίες. Η Σύνοδος για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη του ΟΗΕ (UNCTAD) εκτίμησε ότι η συνολική χωρητικότητα που χρησιμοποιείται ετησίως, αυξήθηκε από τα 2.6 εκατομμύρια σε λίγο πάνω από τα 9.5 δισεκατομμύρια τόνους από το 1970 έως το 2013 (UNCTAD,2014). Αυτή η χωρητικότητα έχει από κανένα έως ελάχιστα εναλλακτικά μέσα μεταφοράς στο άμεσο μέλλον. Αντιθέτως η ζήτηση στη ναυτιλία έχει προβλεφθεί ότι θα αυξηθεί περαιτέρω, λόγω αλλαγών στην ρύθμιση της παγκόσμιας παραγωγής, την αυξημένη σημασία των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού και την αναμενόμενη ανάπτυξη πολλών οικονομιών. (Danish Ship Finance, 2014); (ICS, 2014); (ICS, 2013); (Stopford, 2013); (UNCTAD, 2014); (IMO, 2012).

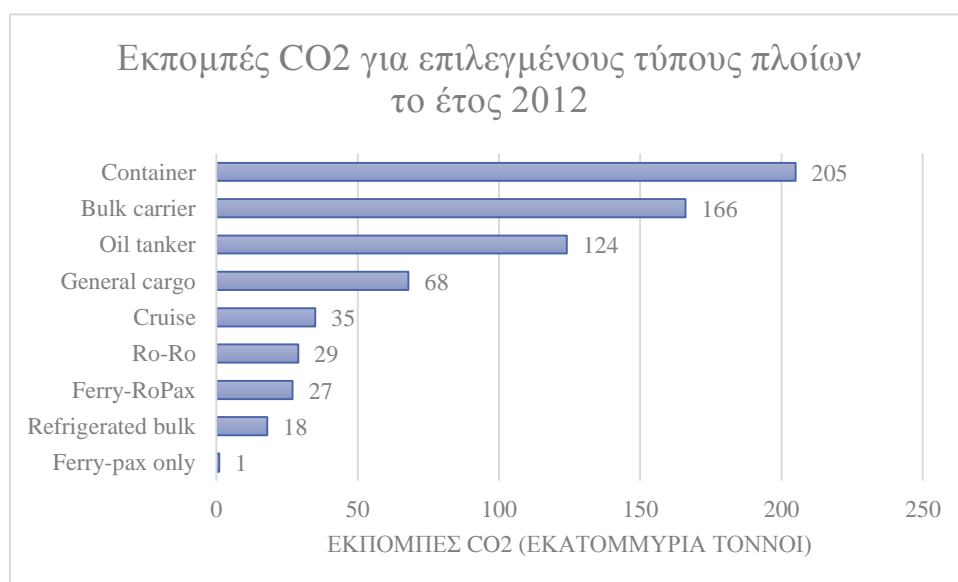
Μαζί με αυτήν την πρόβλεψη ανάπτυξης της ναυτιλίας, υπάρχει και μια αναμενόμενη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον κλάδο. Στο τέλος του 2012, ο παγκόσμιος εμπορικός στόλος αριθμούσε 86942 πλοία, συμπεριλαμβανομένου 11176 δεξαμενόπλοια, 9512 bulk carriers, 21114 general cargo carriers, 5109 πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και 40031 πλοία άλλων κατηγοριών (UNCTAD, 2013). Η ανάπτυξη λύσεων ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης θα παρέχουν τα μέσα για την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων και των εκπομπών ρύπων του κλάδου.

Η τρίτη μελέτη GHG του 2014, του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (Smith *et al.*, 2014b) δείχνει ότι μεταξύ του 2007 και του 2012, ο παγκόσμιος ναυτιλιακός στόλος

κατανάλωσε 250-325 εκατομμύρια τόνους καυσίμου, αποτελώντας το 2.8% των ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως (3.1% των ετήσιων εκπομπών CO₂). Οι εκπομπές διοξειδίου το άνθρακα από επιλεγμένους τύπους πλοίων το 2012 όπως φαίνονται στο γράφημα 3, είναι βασισμένες στην συγκεκριμένη έρευνα. Παρόλα αυτά όπως φαίνεται και στο γράφημα 4, σε σχέση με άλλες μορφές μεταφορών, η ναυτιλία παράγει πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων ανα μεταφερόμενου τόνου, ανά διανυθέντος χιλιομέτρου.



Γράφημα 3. Σύγκριση εκπομπών CO₂ μεταξύ διαφορετικών οχημάτων μεταφοράς. Πηγή: Προσαρμογή από NTM μέσω παραπομπής από το International Chamber of Shipping (ICS, 2013)



Γράφημα 4.. Εκπομπές CO₂ για επιλεγμένους τύπους πλοίων το έτος 2012. Πηγή: Προσαρμογή από International Maritime Organization's Third Greenhouse Gas Study 2014

Οι εκπομπές του κλάδου αναμένεται να αυξηθούν ακολουθώντας την ζήτηση των ναυτιλιακών υπηρεσιών και μπορεί να τριπλασιαστούν μέχρι το 2050 αν αφεθούν ανεξέλεγκτες. (Smith *et al.*, 2014b), (IMO, 2012), (Stopford, 2010), (Fuglestvedt *et al.*, 2009)

Αυτές οι εκπομπές είναι αναγκαίο να περιοριστούν έτσι ώστε να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και να μετριαστούν οι επιπτώσεις της στην κλιματική αλλαγή. Η Διεθνής Σύμβαση

για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL), έχει προβλέψει υποχρεωτικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα που απαιτούν, τα πλοία να είναι πιο αποτελεσματική στη χρήση της ενέργειας και την μείωση των εκπομπών ρύπων. (Για λεπτομέρειες Annex VI of MARPOL. [http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)). Αυτές οι απαιτήσεις έχουν τεθεί ισχύ το 2013. Η ίδια η βιομηχανία έχει θέσει στόχους να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι και 20% έως το 2020 και μέχρι 50% έως το 2050 (ICS, 2013). Οι διαχειριστές των πλοίων ως εκ τούτου πρέπει να στραφούν προς καθαρότερα καύσιμα και πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να πετύχουν αυτούς τους στόχους.

Μια δέσμη αποδοτικών ως προς το κόστος τεχνολογικών επιλογών, για νέα ή υπάρχοντα πλοία και τους διαχειριστές τους έχουν προσδιοριστεί για να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων και να μειώσουν την ενεργειακή τους απαιτητικότητα. Αυτές οι επιλογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 4 ομάδες επιλογών, τις ακόλουθες:

- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας (π.χ. αύξηση παραγωγικότητας χρησιμοποιώντας την ίδια ποσότητα ενέργειας)
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ηλιακή, αιολική κτλ.)
- Χρήση καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας άνθρακα (π.χ. LNG και βιοκαύσιμα)
- Χρήση τεχνολογιών μείωσης ρύπων (π.χ. με χημική μετατροπή, δέσμευση και αποθήκευση)

Παρόλο που η μεταφορές δια θαλάσσης, είναι οι πιο αποδοτικές ανα τόνο αγαθών ανά χιλιόμετρο (δείτε το γράφημα 4), υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης στην αποδοτικότητα, που μπορούν να προκύψουν από το κόστος των καυσίμων, μέσα σε μια παγκόσμια ασταθή αγορά. Η βιομηχανία της ναυτιλίας εισάγει μέτρα αποδοτικότητας σε ρυθμούς δίχως προηγούμενο στην ιστορία της. Ως εκ τούτου, αν και καταβάλλονται μεγάλες προσπάθειες, στον σχεδιασμό και την λειτουργία πλοίων όλων των μεγεθών, για να ενισχυθεί η αποδοτικότητα, τέτοια μέτρα από μόνα τους ίσως δεν είναι αρκετά για να μειωθεί σημαντικά η χρήση ορυκτών καυσίμων. Η ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια δέσμη εναλλακτικών/πρόσθετων πηγών ενέργειας για τον κλάδο. Ο πίνακας 4 συνοψίζει τους οδηγούς που επηρεάζουν την ανάπτυξη πιθανών λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία.

Οδηγοί για Λύσεις Καθαρής Ενέργειας στη Ναυτιλία			
Περιβαλλοντικοί <ul style="list-style-type: none"> • Μείωση εκπομπών και έλεγχος ρύπανσης • Κλιματική αλλαγή • Διαθεσιμότητα ενέργειας 	Τεχνικοί <ul style="list-style-type: none"> • Συστήματα πρόωσης • Τεχνολογία κινητήρων • Ιδιότητες καυσίμων 	Οικονομικοί / Δημοσιονομικοί <ul style="list-style-type: none"> • Τιμή ορυκτών καυσίμων • Κόστος επένδυσης • Λειτουργικά κόστη 	Πολιτικοί / Ρυθμιστικοί <ul style="list-style-type: none"> • Διακυβέρνηση • Ρυθμιστικό πλαίσιο και αναπτυξιακό περιβάλλον • Ενεργειακή ασφάλεια



Πίνακας 4. Σύνοψη οδηγιών για την ανάπτυξη πιθανών λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ναυτιλία. Πηγή: EffShip, 2013b και ICF International, 2008

7.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν τις δυνατότητες να μεταμορφώσουν την παγκόσμια ναυτιλία σε όλα τα επίπεδα και σε όλες τις κλίμακες, συμπεριλαμβανομένων:

- Διεθνείς και τοπικές μεταφορές αγαθών, επιβατών και υπηρεσιών
- Αλιεία
- Τουρισμό
- Άλλες ναυτικές επιδιώξεις

Η μετάβαση σε μια ναυτιλία καθαρής ενέργειας απαιτεί, μεταξύ άλλων, μια σημαντική στροφή από τα μεταφορές που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα σε ενεργειακά αποδοτικά σχέδια και τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το συντομότερο που θα επιτευχθεί αυτή η στροφή είναι και το καλύτερο. Το μέλλον μια βιώσιμης ναυτιλίας, που περιλαμβάνει επιλογές για λύσεις ανανεώσιμης ενέργειας, έχει ήδη χαραχθεί. Παραδείγματα μπορούν να βρεθούν στα ακόλουθα (DNV, 2014), (Lloyds Register and UCL, 2014), (Smith *et al.*, 2014a), (EffShip, 2013a), (Royal Academy of Engineering, 2013), (Sustainable Shipping Initiative, 2013), (Ecofys, 2012b), (Forum for the Future, 2011) και (Einemo, 2010). Η συνεισφορά των ανανεώσιμων στην κατανομή της ενεργειακής σύνθεσης στον κλάδο όμως, είναι προς το παρόν πολύ περιορισμένη και το πιθανότερο είναι να παραμείνει έτσι βραχυπρόθεσμα. Ακόμη οι κατασκευαστές παρουσιάζουν συνεχώς νέα σχέδια και αποδείξεις εφικτότητας για πιλοτικές κατασκευές οι οποίες επιτυγχάνουν σημαντικές εξοικονομήσεις σε κάποιες εφαρμογές οπότε υπάρχουν δυνατότητες για μια μέτρια συνεισφορά μεσοπρόθεσμα. Για επιλεγμένες εφαρμογές στον κλάδο, ο ρόλος των ανανεώσιμων μπορεί να γίνει σημαντικός ακόμη και κυρίαρχος. Από τις ποικίλες επιλογές ανανεώσιμης ενέργειας, τα προηγμένα βιοκαύσιμα έχουν πολύ υψηλές δυνατότητες να μετατρέψουν τις ενεργειακές επιλογές στην ναυτιλία από το 2030 περίπου, κι

έπειτα. Έως τότε, η παραγωγή των περισσότερων βιοκαυσίμων, με την παρουσία υποστηρικτικών μέτρων και πολιτικών, αναμένεται να καταστεί ανταγωνιστική ως προς το κόστος και το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά να αυξηθεί ως αποτέλεσμα των προσπαθειών να διπλασιαστεί το μερίδιο των ανανεώσιμων στο παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο. Για παραδείγματα δείτε (IRENA, 2014b); (Lloyds Register and UCL, 2014); (OECD-FAO, 2014); (Ecofys, 2012b) and (IEA, 2011).

Παρόλα αυτά, οι δυνατότητες των βιοκαυσίμων στην ναυτιλία θα εξαρτηθούν και από έναν αριθμό παραγόντων όπως η παγκόσμια διαθεσιμότητα πρώτων υλών για την παραγωγή τους. Προβλέψεις που να καλύπτουν την παγκόσμια ζήτηση και προσφορά βιοενέργειας έχει πρόσφατα συνοψιστεί και αναλυθεί (IRENA, 2014a). Αναφορικά με την διαθεσιμότητα πρώτων υλών βιοκαυσίμων, οι τεχνολογίες πρώτης γενιάς, ενώ είναι βιώσιμες, είναι απίθανο να προσφέρουν τις κύριες επιλογές για την ναυτιλία με εξαίρεση κοινότητες με μεγάλο πλεόνασμα βιο-πηγών και/ή εκτεταμένων αλυσίδων τροφодότησης για τροφодοσία ορυκτών καυσίμων. Σχετικά με τις δυνατότητες μείωσης των εκπομπών άνθρακα, οι εξοικονομήσεις στον πλήρη κύκλο ζωής είναι ευαίσθητες ως προς ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων, που περιλαμβάνει τον τύπο της πρώτης ύλης, τις συνθήκες ανάπτυξης, την χρήση γης και την διαδικασία δύλισης. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις όσον αφορά στις πρώτες ύλες, αλλά οι δυνατότητές τους είναι πολύ μεγαλύτερες, ειδικά για το βιομεθάνιο σε συνδυασμό με τις επενδύσεις για υποδομές ναυτιλιακού LNG που είναι ήδη σε εξέλιξη ή έχει δρομολογηθεί. Επιπλέον τα τοπικά κατάλοιπα βιομάζας και τα απόβλητα μπορούν να επεξεργαστούν σε ναυτιλιακό υγρό βιομεθάνιο για να δημιουργηθεί ένας μικρός κλειστό σύστημα για απομακρυσμένες εφαρμογές σε νησιωτικές κοινότητες. Τα τρίτης γενιάς βιοκαύσιμα που προέρχονται από φύκια, είναι ίσως η πιο πολλά υποσχόμενη κατηγορία βιοκαυσίμων για την ναυτιλία καθώς θα μπορούσε να παράγεται σε κοντινές αποστάσεις από τα λιμάνια ή παράκτιες εγκαταστάσεις και συμμορφώνεται με τις τεχνικές απαιτήσεις και τις απαιτήσεις βιωσιμότητας. Όταν χρησιμοποιηθεί για τη ναυτιλία, η ανάπτυξη βιοκαυσίμων από φύκια απαιτεί λιγότερη δύλιση σε σχέση με την ανάπτυξη καυσίμων για την αεροπορία ή των κλάδο των αυτοκινήτων/οχημάτων εφόσον οι κινητήρες ναυτιλιακού πετρελαίου είναι καλά προσαρμοσμένοι σε κατώτερου βαθμού HFO καύσιμα. Παρόλα αυτά η τεχνολογία των βιοκαυσίμων από φύκια είναι ακόμα σε ανάπτυξη και συνεχίζουν να υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με την διαθεσιμότητα και την επεξεργασία των φυκιών για σημαντικές ποσότητες βιοκαυσίμων.

Οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου σαν ανανεώσιμη ενεργειακή οδός στην ναυτιλία, έχει επίσης μεγάλες δυνατότητες αλλά η βιωσιμότητα της ενεργειακής πηγής που θα χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου καθώς και η έλλειψη οικονομικά αποδοτικών και αξιόπιστων επιλογών χαμηλής πίεσης αποθηκευτικών λύσεων, παραμένουν καιρία ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν. Περισσότερα μπορείτε να δείτε στα παρακάτω: (DNV, 2014), (IEA-AMF, 2013) και (Royal Academy of Engineering, 2013). Συνολικά οι μεγαλύτερες δυνατότητες βρίσκονται στον συνδυασμό λύσεων ανανεώσιμης ενέργειας που μεγιστοποιούν την διαθεσιμότητα ενεργειακών πηγών και την αλληλοσυμπλήρωση αυτών των πηγών σε υβριδικά μοντέλα. Υπό αυτήν την έννοια, το να επιτευχθούν οι δυνατότητες των ανανεώσιμων στην ναυτιλία απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση μηχανική συστημάτων που θα αντιμετωπίζει τα προαναφερθέντα εμπόδια στην ανάπτυξή της. Μια τέτοια συστημική προσέγγιση πρέπει να λαμβάνει υπόψιν όλα τα στοιχεία του σχεδιασμού πλοίων, μηχανικής ελέγχου και ναυτιλίας καθώς και επιχειρησιακές πρακτικές, μοτίβα και επίπεδα του εμπορίου. Αποτελεσματικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα και την μείωση εκπομπών μπορούν να

επιτευχθούν άμεσα. Οι δυνατότητες για μια βιώσιμη και ανθεκτική ναυτιλία μπορούν να αυξηθούν περαιτέρω όταν η συστημική προσέγγιση καταστήσει ως επιτακτική την χρήση λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας την κάλυψη των απαιτήσεων όλων των εμπλεκόμενων ενώ θα διασφαλίζει ότι οι συνολικές εκπομπές των συστημάτων πρόωσης και τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας δεν θα βασιστούν στην αύξηση των βλαβερών εκπομπών σε κλάδους της ξηράς που είτε παράγουν τα καύσιμα είτε τα μηχανήματα πρόωσης.

Με την παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία να κυριαρχείται από όλο και μεγαλύτερα πλοία, οι δυνατότητες για εξοικονόμηση σε κόστη και μειώσεις εκπομπών ήδη αντιμετωπίζουν περιορισμούς. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη ευκαιρίες για σημαντική εξοικονόμηση ειδικά για μικρά και μεσαίου μεγέθους πλοία. Καθώς τα κόστη για λύσεις βασισμένες στα ορυκτά καύσιμα αυξάνονται, η πιθανότητα χρήσης των ανανεώσιμων για επιλεγμένες εφαρμογές αυξάνεται σημαντικά. Η μοντελοποίηση μέσω υπολογιστών δείχνει τις ευκαιρίες και την αποτελεσματικότητα ως προς το κόστος ποικίλων τεχνολογιών, ειδικά όταν αυτές συνδικαστούν με μέτρα, τεχνολογικά και επιχειρησιακά. Το διάγραμμα 11 δείχνει πως οι εξωγενείς παράγοντες του παγκόσμιου συστήματος μεταφορών μπορεί να μοντελοποιηθεί ώστε να εντοπίσει λύσεις για την ναυτιλία που είναι αποδοτικές ως προς το κόστος και/η χαμηλών εκπομπών ρύπων.

Οι δυνατότητες για αυξημένη διείσδυση των λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα αυξήσει ουσιαστικά την εμπορική βιωσιμότητά τους και θα καταδείξει ξεκάθαρα τις προσπάθειες που γίνονται για να δοθούν κίνητρα σε επενδύσεις που θα αφαιρέσουν του φραγμούς στην ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, πολιτικές υποστήριξης και κίνητρα που θα προωθούν την έρευνα, την καινοτομία και παραδείγματα αποδείξεων εφικτότητας θα είναι κρίσιμοι παράγοντες στην εμπορική βιωσιμότητα των λύσεων ανανεώσιμης ενέργειας στην ναυτιλία. Ενώ η συμβατική ναυτιλία σε καθιερωμένες και πολύ χρησιμοποιημένες διαδρομές είναι πιο πιθανό να μεταβεί στη χρήση LNG ως ένα σκαλοπάτι σε πιο μακροπρόθεσμες επιλογές όπως το υδρογόνο και το μεθάνιο, υπάρχει μια ειδική περίπτωση που πρέπει να αναφερθεί, για την αύξηση χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε διαδρομές που υποδομή για εναλλακτικές μορφές καυσίμων μπορεί να είναι οικονομικά απαγορευτική. Για παραδείγματα: (Nuttall *et al.*, 2014). Τέτοιες διαδρομές περιλαμβάνουν αυτές που συνδέουν πολλά μικρά νησιωτικά και αναπτυσσόμενα κράτη καθώς και άλλα λιγότερο ανεπτυγμένα κράτη. Αυτές οι διαδρομές εξυπηρετούνται κυρίως από μικρότερα και συνήθως γηραιότερα πλοία, που είναι πολύ λιγότερο αποδοτικά σε σχέση με το καύσιμο που χρησιμοποιούν για να κινήσουν κάθε τόνο και έχουν και τις μεγαλύτερες κατ' αναλογία εκπομπές ρύπων και δημιουργία αποβλήτων. Με ένα εύρος οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών διαθέσιμων για τέτοιες υπηρεσίες, είτε ως μετασκευές ή νέα σχέδια και κατασκευές, σημαντικές προσπάθειες και υποστηρικτικά μέτρα χρειάζεται να εφαρμοσθούν τώρα ώστε να αναδειχθεί και να αυξηθεί ο ρόλος των ανανεώσιμων στην ναυτιλία. Για λύσης άμεσης νίκης, θα πρέπει να εστιάσουμε σε μικρά πλοία <1000dwt που είναι παγκοσμίως διαδεδομένα, μεταφέρουν λιγότερο του συνολικού φορτίου αλλά εκπέμπουν περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου ανα μονάδα φορτίου και διανυχήσα απόσταση όταν συγκριθούν με μεγαλύτερα πλοία.

7.3 ΦΡΑΓΜΟΙ

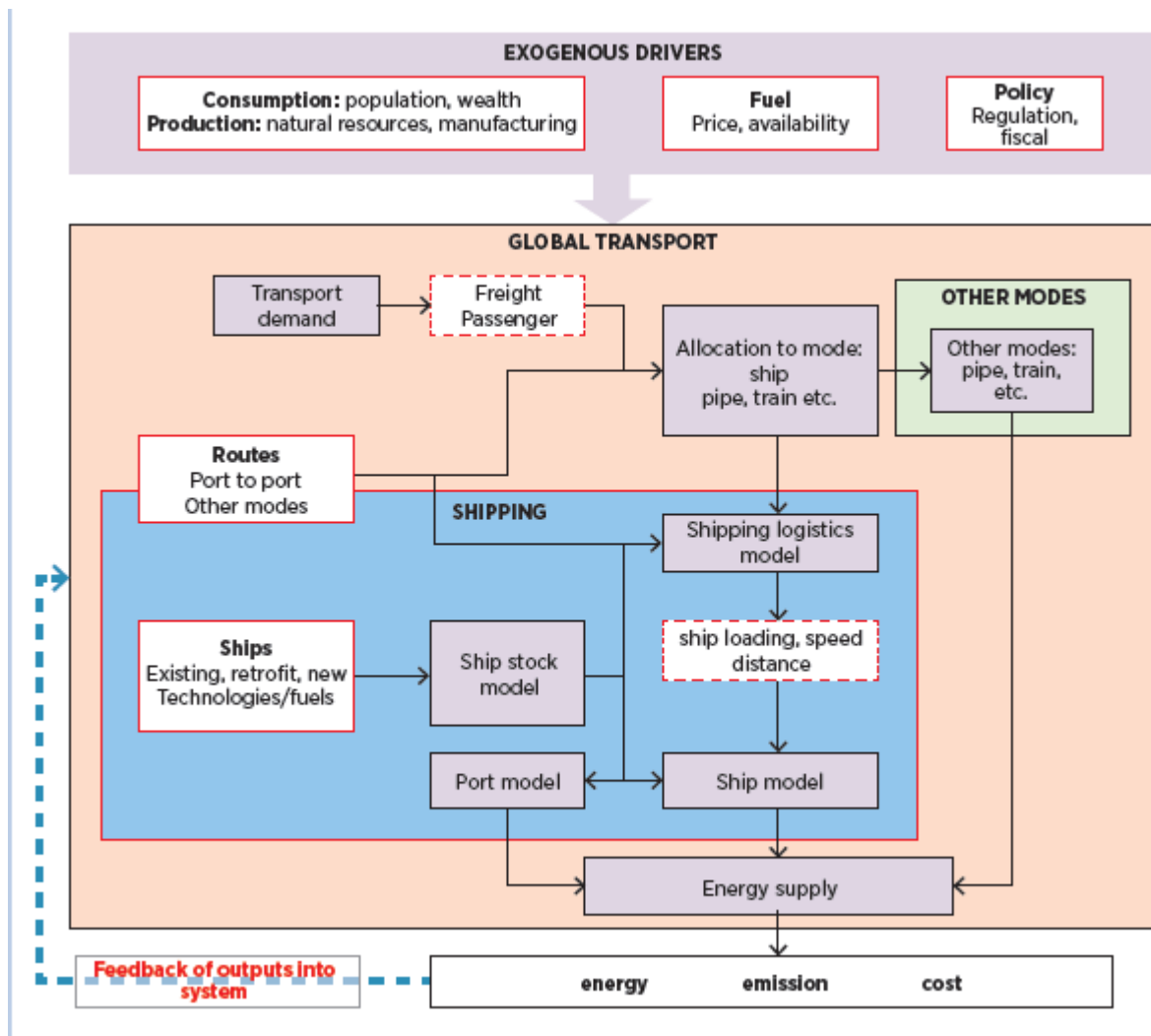
Οι φραγμοί στην υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ναυτιλία είναι σύνθετοι, αλλά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Οργανωτικοί/δομικοί
- Συμπεριφορικοί
- Σχετιζόμενοι με την αγορά
- Μη –σχετιζόμενοι με την αγορά

Παραδείγματα είναι διαθέσιμα στα (Rojon & Dieperink, 2014); (Acciaro *et al.*, 2013); (European Commission, 2013) and (Rehmatulla *et al.*, 2013). Η περιπλοκότητα των φραγμών στην ανάπτυξη λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ναυτιλία, εν μέρει, αντικατοπτρίζει την μοναδική και διεθνή φύση του κλάδου, με τους υποκείμενους περιορισμούς αλλά και παράγοντες που βρίσκονται πέραν μεμονωμένων κρατών να θέσουν κίνητρα, πολιτικές και ρυθμιστικά πλαίσια απαραίτητα για να ξεπεραστούν αυτοί οι φραγμοί. Όσον αφορά στους οργανωτικούς, δομικούς και συμπεριφορικούς φραγμούς αυτοί περιλαμβάνουν, την περιορισμένη χρηματοδότηση για έρευνα και ανάπτυξη, ιδίως για αρχικές αποδείξεις εφικτότητας των projects, τους πλοιοκτήτες που ανησυχούν για κρυμμένα ρίσκα και κρυμμένα πρόσθετα κόστη αλλά και ευκαιριακά κόστη για λύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές ιστορικά, εφόσον έχει υπάρξει έλλειψη πληροφοριών για τα κόστη και τις πιθανές εξοικονομήσεις συγκεκριμένων επιχειρησιακών μέτρων ή λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κλάδο.

Όσον αφορά στα εμπόδια της αγοράς, το θεμελιώδες πρόβλημα είναι τα διαφορετικά κίνητρα των πλοιοκτητών και των ναυλωτών, όπου τα κόστη και τα οφέλη δεν είναι πάντα σε συμφωνία με την πλευρά αυτού που επενδύει και συνεπώς οι εξοικονομήσεις δεν μπορούν αντισταθμιστούν πλήρως λόγω των διαφορών στους τύπους των ναυλώσεων για κάθε τομέα. Αυτό μειώνει τα κίνητρα των πλοιοκτητών να επενδύσουν σε λύσης καθαρής ενέργειας. Δεν υπάρχει τρέχουσα ομοφωνία για το αν η ευθύνη και το κόστος της αλλαγής σε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας θα πρέπει να βαρύνει τους πλοιοκτήτες ή τους διαχειριστές των πλοίων. Πέραν του θέματος των διαφορετικών κινήτρων, ένας χώρος (Acciaro *et al.*, 2013) μεταξύ των Νορβηγικών ναυτιλιακών εταιριών σε μέτρα για μείωση των εκπομπών ρύπων, βρήκε ότι τα λειτουργικά μέτρα (π.χ. μείωση ταχύτητας, επίδοση ταξιδιού, βελτιώσεις κύριας μηχανής και τεχνολογίες μείωσης της οπισθέλκουσας κτλ.) εκλήφθηκαν από τους πλοιοκτήτες ως οι πιο εύκολα υλοποιήσιμες λύσεις. Τεχνικά μέτρα όπως η εισαγωγή λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, αιολική ενέργεια, υγροποιημένο βιομεθάνιο και φωτοβολταϊκά) αναγνωρίστηκαν ως αυτές με τους υψηλότερους φραγμούς στην υλοποίησή τους.

Η πρωτοβουλία για την βιώσιμη ναυτιλία SSI (Sustainable Shipping Initiative) δημιούργησε το οικονομικό μοντέλο Save As You Sail (SAYS), που σχεδιάστηκε για να ξεπερνάει το πρόβλημα της διαφοράς κινήτρων. Κατά το SAYS, ο πλοιοκτήτης λαμβάνει δάνειο από κάποιον χρηματοδοτικό πάροχο και συμφωνεί σε ένα τακτικό σταθερό τέλος SAYS με τον ναυλωτή επιπροσθέτως των χρεώσεων ναύλωσης. Οι πρόσθετες εισροές για τους πλοιοκτήτες αντιπροσωπεύουν ένα μερίδιο από τις εξοικονομήσεις στο κόστος που κερδίζει ο ναυλωτής, με αποδεδειγμένες και καθιερωμένες τεχνολογίες, αυτό μπορεί να υπερκαλύψει τις πληρωμές του δανείου SAYS, σημαίνοντας ότι οι πλοιοκτήτες κερδίζουν κατά τη διάρκεια αλλά και έπειτα από την περίοδο δανεισμού. (ssi2040.org/wp-content/uploads/2012/11/SSI_finance_infograph_130529.pdf)



Διάγραμμα 2. Εξωγενείς παράγοντες του κλάδου των παγκόσμιων μεταφορών για την ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικών και ανανεώσιμων μέτρων στην ναυτιλία. Πηγή : Smith et al., 2010

Άλλοι φραγμοί είναι οι κίνδυνοι για τους επενδυτές του κλάδου, ειδικά μετά την κατάρρευση της ναυτιλιακής έκρηξης του 2006. Επιπλέον, ο τομέας της ναυτιλίας είναι ένας τομέας χαμηλής ορατότητας για τον μέσο άνθρωπο, δηλαδή υπάρχει πολύ λιγότερη κοινωνική πίεση στην συγκεκριμένη βιομηχανία για την μετάβασή της σε καθαρότερες ενεργειακά λύσεις. Από τους μη σχετιζόμενους με την αγορά φραγμούς, οι διαφορετικές κλάσεις και κλίμακες των πλοίων, οι αγορές και οι εμπορικές διαδρομές που εξυπηρετούν αλλά και η έλλειψη πρόσβασης σε κεφάλαιο, είναι σημαντικοί φραγμοί που πρέπει να αντιμετωπισθούν.

Αναφορικά με τους μη σχετιζόμενους με την αγοραστική αποτυχία φραγμούς, το κύριο ζήτημα είναι η έλλειψη χρηματοδότησης για έρευνα και ανάπτυξη, και ιδιαίτερα για τεχνολογίες που βρίσκονται στη φάση απόδειξης της εφικτότητας τους. Υπάρχει χώρος για Δημόσιες – Ιδιωτικές Συνεργασίες PPP (Public Private Partnerships) στην χρηματοδότηση της ναυτιλίας αλλά η ανάπτυξη τέτοιων συνεργασιών είναι μια περίπλοκη διαδικασία. Πολλές επενδυτικές διαδικασίες σε projects μεταφορών, βασίζονται σε 2 κύριες πηγές εισροής κεφαλαίου: δημόσια προγράμματα και ιδιωτικές επενδύσεις. Ο συνδυασμός αυτών δημιουργεί την βάση για τις προαναφερθείσες συνεργασίες (PPP). Κάθε μια αποτελείται από μια ποικιλία χρηματοδοτικών εργαλείων, για παράδειγμα τα δημόσια προγράμματα της Ε.Ε κατανέμουν τους πόρους κάτω από διαφορετικά σχήματα (π.χ. οι επιδοτήσεις που χορηγούνται μετά από

πρόσκληση υποβολής προτάσεων, τις επιδοτήσεις που χορηγούνται χωρίς πρόσκληση για την υποβολή προτάσεων και επιδοτήσεις που χορηγούνται δυνάμει ενός «easy fit» για τα συγκεκριμένα προγράμματα). Άλλοι μη σχετιζόμενοι με την αγοραστική αποτυχία, φραγμοί, είναι η έλλειψη αποτελεσματικών τεχνολογιών για μεταφορά πράσινης τεχνολογίας στη ναυτιλία. Η Γενική Γραμματεία του Ο.Η.Ε (United Nations Secretary General) πρόσφατα εξέδωσε μια αναφορά με τον τίτλο “Options for Facilitating the Development, Transfer and Dissemination of Clean and Environmentally Sound Technologies” (Επιλογές για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης, μεταφοράς και διάδοσης καθαρών και περιβαλλοντικά υγιών τεχνολογιών) βρήκε ότι τα κράτη μέλη του οργανισμού και οι εμπλεκόμενοι μοιράστηκαν τον κοινό στόχο να επιταχύνουν την διευκόλυνση της τεχνολογίας, αλλά υπήρχαν διαφορές στις λεπτομέρειες αλλά και στις προσεγγίσεις. (http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/68/310). Στον κλάδο των μεταφορών, η 65^η σύνοδος της MEPC (Marine Environment Protection Committee) της Επιτροπής για την Προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος του IMO (International Maritime Organization) υιοθέτησε μια λύση τεχνικής συνεργασίας για μέτρα ενεργειακής αποδοτικότητας. (<http://www.imo.org/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-65.aspx>). Η λύση αυτή «ζητάει από τον οργανισμό, μέσω των διαφόρων προγραμμάτων του, να παρέχει τεχνική βοήθεια στα κράτη μέλη ώστε να προωθήσουν την συνεργασία στην μεταφορά τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας στις αναπτυσσόμενες χώρες ιδιαίτερα, και επιπλέον να βοηθήσουν στην προμήθεια χρηματοδότησης για την ανάπτυξη ικανοτήτων και υποστήριξη προς τα κράτη, ιδιαίτερα τα αναπτυσσόμενα τα οποία έχουν ζητήσει την μεταφορά τεχνολογίας». Μακροπρόθεσμα, η μεταφορά τεχνολογίας που απορρέει από τέτοιου είδους συνεργασίες σε τεχνικό επίπεδο θα έπρεπε να συμβάλει σε μια «πράσινη» ναυτιλία σε όλους τους τομείς και όλες τις οικονομίες.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Acciaro, M., P.N. Hoffman and M.S. Eide, (2013) The energy efficiency gap in maritime transport. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 3, pp.1-10.

Argonne National Laboratory. (2013) *Life Cycle Analysis of Conventional and and Alternative Marine Fuels in GREET* [Online]. Available at: <https://greet.es.anl.gov/files/marine-fuels-13> [Accessed October 2014].

Bengtsson, S., E. Fridell and K. Andersson, (2012) Environmental assessment of two pathways towards the use of biofuels in shipping. *Energy Policy*, 44, pp. 451–463.

Bruckner-Menchelli, N., (2010). Asia’s maritime industry sees benefits of a green revolution. *Bunkerworld*, May/June, p. 24.

Danish Ship Finance. (2014) *Shipping Market Review, May 2014*.

DNV. (2014) *Alternative Fuels for Shipping. DNV Position Paper, 1-2014*.

Ecofys. (2009) *Study on Competitiveness of the European Shipbuilding Industry*.

Ecofys. (2012a) *Green Growth Opportunities in the EU Shipbuilding Sector*.

Ecofys. (2012b) *Potential of Biofuels for Shipping*. Utrecht: Ecofys.

EffShip. (2013a) *EffShip Project Summary and Conclusions*.

EffShip. (2013b) *Work Package 2 Report: Present and Future Maritime Fuels*. EffShip Project.

Einemo, U., (2010). Fuelling the future. *Bunkerworld*, September/October. pp.1-4.

European Commission (2013) *Time for international action on CO2 emissions from shipping* [Online]. Available at: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/docs/marine_transport_en.pdf.

Forum for the Future. (2011) *Sustianble Shipping Initiative: the case for action*. Sustainable Shipping Initiative.

Fuglestvedt, J. *et al.* (2009) Shipping Emissions: From Cooling to Warming of Climate – and Reducing Impacts on Health. *Environmental Science and Technology*, 43(24), pp. 9057–9062.

ICF International. (2008) *Long Range Strategic Issues Facing the Transportation Industry, Final Future-focused Research Framework, National Cooperative Highway Research Program, Project 20-80* [Online]. Available at: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/NotesDocs/NCHRP20-80\(2\)_FR.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/NotesDocs/NCHRP20-80(2)_FR.pdf) [Accessed March 2014].

ICS. (2013) *Shipping, world trade and the reduction of CO2 emissions* [Online]. Available at: <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/resources/environmental-protection/shipping-world-trade-and-the-reduction-of-co2-emissions.pdf?sfvrsn=14> [Accessed June 2014].

ICS. (2014) *2014 Annual Review*. Annual Review. London: ICS International Chamber of Shipping (ICS).

IEA. (2011) *Technology Roadmaps: Biofuels for Transport*. Paris.

- IEA-AMF. (2013) *Annex 41 Report: Alternative Fuels for Marine Applications* [Online]. Available at: http://www.iea-amf.org/app/webroot/files/file/Annex%20Reports/AMF_Annex_41.pdf [Accessed October 2014].
- IMO. (2012) *International Shipping Facts and Figures – Information Resources on Trade, Safety, Security, Environment* [Online]. Available at: <http://www.imo.org/KnowledgeCentre/ShipsAndShippingFactsAndFigures/TheRoleandImportanceofInternationalShipping/Documents/International%20Shipping%20-%20Facts%20and%20Figures.pdf> [Accessed May 2014].
- IRENA. (2013) *Road Transport: The Cost of Renewable Solutions*. Abu Dhabi: IRENA.
- IRENA. (2014a) *Global Bioenergy Supply and Demand Projections: A working paper for REmap 2030*. Abu Dhabi: IRENA.
- IRENA. (2014b) *REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap*. Abu Dhabi.
- Lloyds Register and UCL. (2014) *Global Marine Fuel Trends 2030* [Online]. Available at: http://www.lr.org/en/images/213-34172_Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf [Accessed October 2014].
- Nuttall, P. *et al.* (2014) A review of sustainable sea-transport for Oceania: Providing context for renewable energy shipping for the Pacific. *Journal of Marine Policy*, 43, pp. 93-105.
- Oceana. (2010) *Shipping solutions: technological and operational methods available to reduce CO₂*.
- OECD-FAO. (2014) *Agricultural Outlook 2014 – 2023*.
- Rehmatulla, N., T. Smith and P. Wrobel, (2013) Implementation Barriers to Low Carbon Shipping. In *Low Carbon Shipping Conference*. London, 2013.
- Renewable Fuels Association. (2010) *Ethanol and Marine Use: Frequently Asked Questions* [Online]. Available at: <http://ethanolrfa.org/page/-/Ethanol%20and%20Marine%20Use%20FAQs%20Nov2010.pdf?nocdn=1> [Accessed October 2014].
- Rojon, I. and C. Dieperink, (2014) Blowin' in the wind? Drivers and barriers for the uptake of wind propulsion in international shipping. *Energy Policy*, 67, pp. 394-402.
- Royal Academy of Engineering. (2013) *Future Ship Powering Options: Exploring Alternative Methods of Ship Propulsion*. London: Royal Academy of Engineering.
- Smith, T. *et al.* (2010) Low Carbon Shipping – A Systems Approach. In *Ship Design and Operation for Environmental Sustainability*. London, 2010.
- Smith, T.W.P. *et al.* (2014a) *Low Carbon Shipping – A Systems Approach*.
- Smith, T.W.P. *et al.* (2014b) *Third IMO GHG Study 2014*. London: International Maritime Organisation.
- Stopford, M. (2010) *How shipping has changed the world & the social impact of shipping* [Online]. Hamburg Available at: http://ec.europa.eu/competition/consultations/2012_maritime_transport/euda_8_en.pdf [Accessed July 2014].
- Stopford, M. (2013) *The Tanker & Dry Cargo Outlook* [Online]. Mareforum, Rome. Available at: <http://old.mareforum.com/ROME2013/STOPFORD.pdf> [Accessed June 2014].

Sustainable Shipping Initiative. (2013) *Sustainable Shipping Initiative Progress Report: a case for more action*.

Traut, M. *et al.* (2014) Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. *Applied Energy*, pp. 362–372.

UNCTAD. (2014) *Review of Maritime Transport 2014*. New York and Geneva: United Nations.

UNCTAD. (2013) *Review of Maritime Transport 2013*. New York and Geneva: United Nations.

UNESCAP. (1984) *Wind-powered vessels for coastal and inter-island use in the Asian and Pacific Region*.

ZERO. (2007) *Biofuels in Ships* [Online]. Available at: <http://cleantech.cnss.no/wp-content/uploads/2011/05/2007-Opdal-and-Hojem-Biofuels-in-ships.pdf> [Accessed October 2014].