

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ*****ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*****ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :** Πανίδης Ηρακλής**ΘΕΜΑ :** Βιοκαύσιμα στην Ναυτιλία**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ :** Λέκκας Αθανάσιος**Α.Γ.Μ. :** 4174**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:****Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:**

<i>α/α</i>	<i>ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ</i>	<i>ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ</i>	<i>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</i>	<i>ΥΠΟΓΡΑΦΗ</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
	<i>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</i>			

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
1.1 Ανάλυση Κατηγοριών Βιοκαυσίμων.....	7
1.2 Παραγωγή Βιοκαυσίμων.....	8
1.2.1 Πράσινο Ντίζελ.....	9
1.2.2 Βιοαιθανόλη.....	9
1.2.3 Βιοαέριο.....	10
1.2.4 Αέριο Σύνθεσης (Syngas)	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	11
2.1 Μηχανές πρόωσης με κατανάλωση Ντίζελ	11
2.1.1 Μηχανές πρόωσης με κατανάλωση πολλαπλών καυσίμων.....	13
2.2 Σύστημα τροφοδοσίες καυσίμου	14
2.3 Καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην Εμπορική Ναυτιλία σήμερα	15
2.3.1 Χαρακτηριστικά των καυσίμων στην Ναυτιλία.....	15
2.4 Βιοκαύσιμα και τεχνολογίες συμμόρφωσης των συστημάτων προώσεως. 17	
2.4.1 Βιοκαύσιμα που κυκλοφορούν στην Αγορά	18
2.4.2 Ανάμειξη βιοκαυσίμων με συνήθει καύσιμα	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	24
3.1 Τα βιοκαύσιμα από μια άλλη οπτική γωνία.....	24
3.2 Νομοθεσία που σχετίζεται με τα Βιοκαύσιμα	28
3.3 Οι προκλήσεις που δημιουργούνται	30
Συμπέρασμα	32
Βιβλιογραφία.....	34

Περίληψη

Ο τομέας της εμπορικής ναυτιλίας είναι ένας από τους πρωταγωνιστές στο παγκόσμιο εμπόριο. Πάνω από το 80% όλων των εμπορευμάτων μεταφέρονται μέσω διεθνών δρομολογίων. Ο τομέας καταναλώνει περισσότερα από 330 Mt καυσίμων ετησίως και αντιπροσωπεύει το 2-3% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂, το 4-9% των SO_x και το 10-15% των εκπομπών NO_x. Αυτή η αναφορά είναι γραμμένη για τον πάροχο και τον παραγωγό βιοκαυσίμων με στόχο να παρέχει μια επισκόπηση του ναυτιλιακού τομέα, των τεχνολογιών, των καυσίμων και των κανονισμών που σχετίζονται με την προμήθεια και την κατανάλωση καυσίμων. Παρουσιάζονται και συζητούνται οι διαφορετικές τεχνολογίες βιοκαυσίμων και οι δυνατότητες εφοδιασμού τους.

Ο ναυτιλιακός τομέας περιλαμβάνει περισσότερα από 85.000 νηολογημένα πλοία χωρισμένα σε μικρά, μεσαία, μεγάλα και πολύ μεγάλα ποντοπόρα πλοία. Τα δύο τελευταία αντιπροσωπεύουν το 20% των σκαφών, αλλά το 80% της ολικής χωρητικότητας. Η πλειονότητα των ναυτιλιακών διαδρομών συνδέεται με σχετικά μικρό αριθμό λιμανιών στη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη και την Ασία. Ως εκ τούτου, ένα μεγάλο μέρος της προμήθειας καυσίμων και της παροχής τους συγκεντρώνεται σε λίγες μόνο τοποθεσίες.

Σε σύγκριση με τις οδικές μεταφορές και τις αερομεταφορές, ο ναυτιλιακός κλάδος χρησιμοποιεί πολύ λιγότερους τύπους καυσίμων που έχουν εξευγενιστεί ή μεταποιηθεί. Το βαρύ μαζούτ (HFO) είναι το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται από τα ωκεάνια πλοία βαθέων υδάτων, ένα καύσιμο που χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό ιξώδες και υψηλό επίπεδο θείου. Πιο επεξεργασμένα καύσιμα είναι το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (MDO) και το Marine Gas Oil (MGO), το οποίο έχει χαμηλότερα επίπεδα ιξώδους και περιεκτικότητας σε θείο. Τα τελευταία βρίσκουν εφαρμογές κυρίως σε παράκτια ύδατα ή/και σε μικρότερα πλοία που δραστηριοποιούνται σε λιμάνια και εσωτερικές πλωτές οδούς.

Οι κύριοι κινητήρες στα μεγάλα και πολύ μεγάλα πλοία είναι δίχρονοι κινητήρες ντίζελ. Αυτοί οι κινητήρες έχουν συνεχή περιστροφή καθώς και πολύ υψηλή θερμική απόδοση (~60%) και συχνά περιλαμβάνουν τεχνολογίες κινητήρων αιχμής. Συνδέεται με τον κινητήρα μια μονάδα επεξεργασίας καυσίμου, η οποία θερμαίνει το καύσιμο και αφαιρεί ακαθαρσίες

πριν από την έγχυση στον κινητήρα. Οι κινητήρες ντίζελ θαλάσσης μπορούν να λειτουργήσουν με μεγάλη γκάμα καυσίμων και είναι εξαιρετικά ευέλικτοι.



Όντας διεθνής στη λειτουργία και την οργάνωσή του, ο ναυτιλιακός τομέας ρυθμίζεται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) υπό τον ΟΗΕ. Ο IMO χειρίζεται ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια, και τη ρύπανση που σχετίζονται με τη διεθνή ναυτιλία. Ένα σημαντικό ζήτημα της ρύπανσης από τη ναυτιλία είναι τα σωματίδια που εκπέμπονται λόγω των υψηλών επιπέδων θείου στα καύσιμα. Ο IMO έχει προτείνει αυστηρή ρύθμιση των επιπέδων θείου στα καύσιμα.

Οι Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECA) έχουν δημιουργηθεί σε παράκτια ύδατα στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Ασία. Σε αυτές τις περιοχές επιτρέπονται καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο μόνο 0,1% και από το 2020 τα πλοία που πλέουν σε περιοχές εκτός ECA θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα περιεκτικότητας λιγότερης από 0,5% σε θείο. Εάν δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, πρέπει να εγκατασταθούν πλυντρίδες για την απομάκρυνση των σωματιδίων. Αυτοί οι κανονισμοί σημαίνουν ότι εκτιμάται ότι το 70% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα από τον κλάδο πρέπει να τροποποιηθούν ή να αλλάξουν. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δηλαδή το CO₂ δεν ρυθμίζονται επί του παρόντος, αλλά οι προσδοκίες είναι ότι η ρύθμιση των εκπομπών CO₂ θα εφαρμοστεί βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα.

Ο κλάδος εξετάζει επί του παρόντος την επίλυση του ζητήματος της μείωσης των επιπέδων θείου με τη χρήση περισσότερα διυλισμένων καυσίμων, μια επιχείρηση που έγινε στο διυλιστήριο πετρελαίου. Αυτό όχι μόνο θα προσθέσει ένα επιπλέον κόστος, αλλά θα αυξήσει επίσης τις εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με το καύσιμο καθώς θα απαιτηθεί περισσότερη διύλιση. Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που εισάγονται επί του παρόντος φέρουν την ετικέτα Πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο μαζούτ (VLSFO) με περιεκτικότητα μεταξύ 0,1 έως 0,5% θείο και Ultralow Sulphur Fuel Oil (ULSFO) με περιεκτικότητα σε θείο κάτω από 0,1%. Μια άλλη λύση για τις μειωμένες εκπομπές θείου είναι η χρήση υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ως καυσίμου, αλλά αυτό απαιτεί επανατοποθέτηση των κινητήρων, όπως ακριβώς πρέπει να εγκατασταθεί επί του σκάφους αποθήκευση καυσίμου υπό πίεση.

Άλλα καύσιμα, όπως η μεθανόλη, χρησιμοποιούνται σε μικρότερο βαθμό με την τελευταία γενιά τεχνολογίας κινητήρων ντίζελ, αλλά εξακολουθούν να βρίσκονται σε πρόωρη κατάσταση υποδομής εφοδιασμού.

Τα βιοκαύσιμα έχουν πολύ χαμηλά επίπεδα θείου και χαμηλές εκπομπές CO₂, ως εκ τούτου αποτελούν μια τεχνικά βιώσιμη λύση για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που πληρούν είτε τις απαιτήσεις VLSFO είτε ULSFO. Η άμεση πρόκληση είναι ότι ο ναυτιλιακός τομέας έχει ελάχιστες γνώσεις σχετικά με το χειρισμό και την εφαρμογή βιοκαυσίμων ως μέρος της προμήθειας καυσίμων.

Μια άλλη πρόκληση είναι ότι οι όγκοι βιοκαυσίμων που απαιτούνται για τον εφοδιασμό του ναυτιλιακού τομέα είναι μεγάλοι. Ένα μόνο πολύ μεγάλο πλοίο μπορεί να καταναλώνει την ετήσια παραγωγή από μια ενιαία μεσαίου μεγέθους εγκατάσταση βιοκαυσίμων π.χ. 100 εκατ. λίτρα. Η είσοδος στην αγορά για τα βιοκαύσιμα στον ναυτιλιακό τομέα είναι επομένως πιο ευνοϊκή σε μικρότερα πλοία για παράκτια ύδατα ή για χρήση ως βοηθητικό καύσιμο εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε λιμάνια.

Από τα τρέχοντα βιοκαύσιμα που διατίθενται στο εμπόριο, μόνο φυτικό βιοντίζελ που προέρχεται από φυτικά έλαια ή υπολείμματα πολτού και βιοαιθανόλη παράγονται σε επίπεδο που μπορούν να παρέχουν σημαντικούς όγκους καυσίμου. Τα σημερινά ανανεώσιμα καύσιμα τύπου ντίζελ παράγονται κυρίως από φυτικά έλαια ή προϊόντα αυτών π.χ. χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι (UCO) και ο δυνητικός εφοδιασμός βιώσιμου ντίζελ από ανανεώσιμες πηγές με την τρέχουσα τεχνολογία υπολογίζεται σε 10-20 Mt.

Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι τα καύσιμα με βάση το φυτικό έλαιο είναι ο κύριος τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται σήμερα σε σημαντική κλίμακα ως καύσιμα βιοαεριοποιημένων, που οδηγεί σε ανταγωνισμό για πρώτες ύλες μεταξύ των τομέων της ναυτιλίας και των αερομεταφορών. Η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί βιώσιμα από απόβλητα και λιγνοκυτταρινικές πρώτες ύλες, με πολύ υψηλότερο δυναμικό ανεφοδιασμού, ικανή να αντικαταστήσει όλα τα ορυκτά καύσιμα στον ναυτιλιακό τομέα, αλλά η βιοαιθανόλη δεν είναι συμβατή με τα σημερινά ντίζελ πλοίων και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σταγόνας. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας των κινητήρων οδήγησε στην εισαγωγή κινητήρων πολλαπλών καυσίμων.

Αυτοί οι κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιούν λάδι, αέριο, καθώς και αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη ή αιθανόλη) σε έναν κύκλο ντίζελ. Ως εκ τούτου, η χρήση αιθανόλης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα καθώς εισάγονται πλοία με νέους κινητήρες. Το κόστος των βιοκαυσίμων είναι υψηλότερο από το κόστος των ορυκτών καυσίμων και αναμένεται να παραμείνει βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα. Οι ειδικές εντολές για τα βιοκαύσιμα ή τους φόρους άνθρακα θα καταστήσουν τα βιοκαύσιμα οικονομικά πιο ανταγωνιστικά. Εναλλακτικά, η μεταφορά με καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα μπορεί να εισαχθεί ως επιχειρηματικό μοντέλο, δίνοντας αξία στις χαμηλότερες εκπομπές CO₂. Συμπερασματικά, ένας συνδυασμός παραγόντων που περιλαμβάνει:

- Νέους κανονισμούς του IMO που απαιτούν μειωμένα επίπεδα θείου στα καύσιμα πλοίων
- Αυξημένη εστίαση στη μείωση των εκπομπών GHG από τον ναυτιλιακό τομέα, από τις κυβερνήσεις και τους πελάτες υπηρεσιών μεταφορών.
- Επιθυμία να είναι δυνατή η αντιστάθμιση του κόστους των καυσίμων σε τοπικό νόμισμα και μακριά από την τιμολόγηση του ορυκτού αργού στον τομέα της εμπορικής ναυτιλίας
- Η ικανότητα να «πέφτει» στην υπάρχουσα διύλιση, ανάμειξη καυσίμων και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και η υποδομή διανομής
- Πιθανές ρυθμίσεις για τις εκπομπές CO₂ από τον τομέα της εμπορικής ναυτιλίας

Μαζί αυτοί οι παράγοντες δημιουργούν μια δυναμικά μεγάλη αγορά βιοκαυσίμων στον ναυτιλιακό τομέα. Από την άποψη του παραγωγού βιοκαυσίμων, οι ευρείες τεχνικές προδιαγραφές καυσίμων είναι ελκυστικές, καθώς μπορούν να μειώσουν το κόστος παραγωγής. Ωστόσο, τόσο τα τεχνικά όσο και τα υλικοτεχνικά ζητήματα πρέπει να

επιλυθούν προτού τα βιοκαύσιμα εισαχθούν σε μεγαλύτερη κλίμακα στον ναυτιλιακό τομέα και συνιστάται μια στενότερη συνεργασία μεταξύ παραγωγών βιοκαυσίμων, κατασκευαστών κινητήρων και ιδιοκτητών πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ανάλυση Κατηγοριών Βιοκαυσίμων

Βιοκαύσιμα 1^{ης} Γενιάς : Παραγωγή βιοκαυσίμων από διαθέσιμες πρώτες ύλες όπως καθαρά φυτικά έλαια με χαμηλή οξύτητα (Ελαιούχοι σπόροι, Σπόροι δημητριακών, Σακχαρότευτλα, Σακχαροκάλαμα) και ζωικά λίπη. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της παραγωγής του αφορούν στην ανταγωνιστικότητα των πρώτων υλών με τα τρόφιμα, η λειονότητα των πρώτων υλών χρησιμοποιείται στη διατροφική αλυσίδα ανθρώπων και ζώων και η χρήση τους για παραγωγή βιοκαυσίμων έχει αρνητική επίδραση στη διαθεσιμότητα των τροφών και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, στην παραγωγή ακάθαρτης γλυκερίνης και στην κατανάλωση μεθανόλης και υδροξυδείου του καλίου, νατρίου.

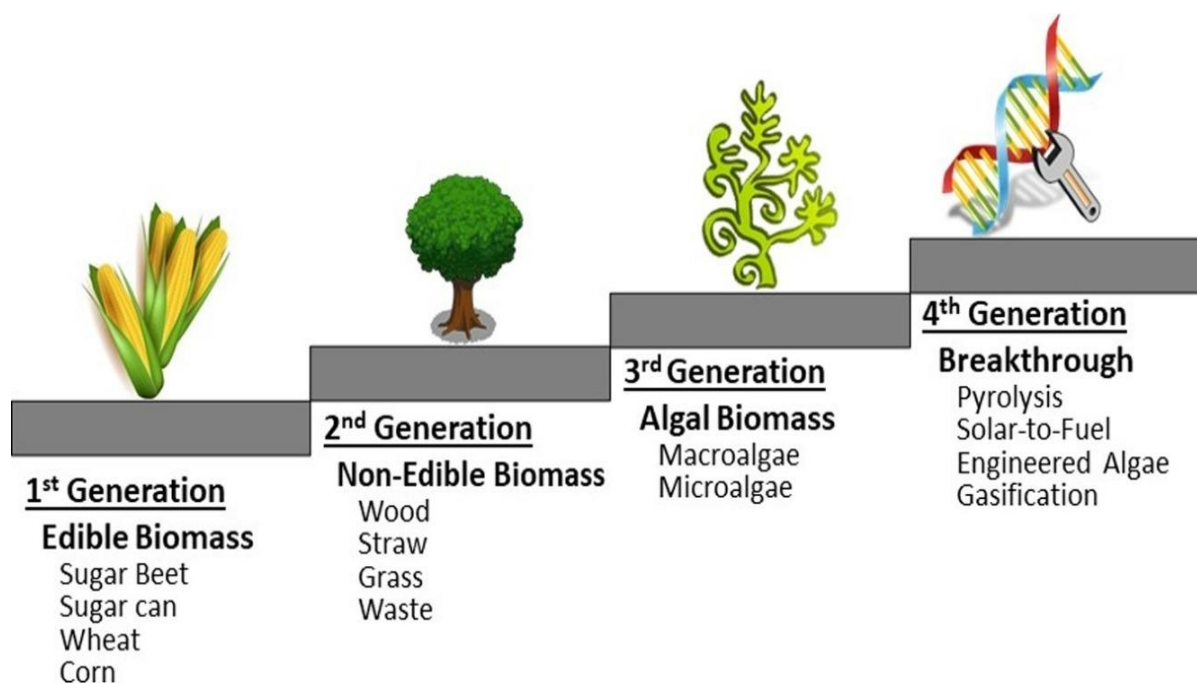
Βιοκαύσιμα 2^{ης} Γενιάς : Χρήση πρώτων υλών που δεν χρησιμοποιούνται για ζωικές τροφές όπως όξινα χρησιμοποιημένα και απόβλητα ή υπολειμματικά φυτικά έλαια, λιπαρά οξέα και απόβλητα ή υπολείμματικά ζωικά λίπη (σφαγείων). Επίσης κυτταρινούχα φυτά, όπως γλυκό σόργο, αγριαγκινάρα, κ.ά. και αστικά απόβλητα και απορρίμματα.

Βιοκαύσιμα 3^{ης} Γενιάς : Αύξηση της παραγωγής των πρώτων υλών και κατ'επέκταση μεγάλης στρεμματικής απόδοσης βιομάζας (κατα κόρων παραγωγή πρώτων υλών). Παράγεται από έλαια που προέρχονται κυρίως απο μικροφύκη (άλγη). Σαν πλεονέκτημα υπολογίζεται ότι μπορούν να αποδώσουν περίπου 30 φορές περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα καλλιεργούμενης έκτασης.

Βιοκαύσιμα 4^{ης} Γενιάς : Ανάπτυξη βιομάζας από γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες με αυξημένη δέσμευση CO₂ σε αντίθεση με το ποσό που θα παράγεται κατά την καύση ως βιοκαύσιμο και διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων αρνητικού άνθρακα με γεω-αποθήκευση CO₂.

1.2 Παραγωγή Βιοκαυσίμων

Οι τεχνολογίες παραγωγής του Βιοντίζελ, ως πρώτης γενιάς βιοκαύσιμο, βασίζεται στην αντίδραση των τριγλυκεριδίων των πρώτων υλών με την μεθανόλη, με τη χρήση ισχυρών ομογενών καταλυτών, όπως υδροξειδίων (ΚΟΗ ή ΝαΟΗ), μεθοξειδίων (CH₃ΟΝα) κ.α. Ως πρώτη γενιάς βιοκαύσιμο παράγεται από καθαρά φυτικά έλαια με χαμηλή οξύτητα (1,5%), όπως ηλιέλαιο, κραμβέλαιο, σογιέλαιο, φοινικέλαιο, βαμβακέλαιο κ.α. Ως δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμο παράγεται από όξινα χρησιμοποιημένα και απόβλητα φυτικά λάδια, λιπαρά οξέα και απόβλητα ή υπολειμματικά ζωικά λίπη (σφαγείων). Οι ωιώσιμες τεχνολογίες παραγωγής του απαιτούν την προεπεξεργασία των πρώτων υλών για τη μετατροπή των ελεύθερων λιπαρών οξέων (της περιεχόμενης οξύτητας) σε εστέρες (βιοντίζελ) και την εν συνεχεία μετατροπή των υπαρχόντων τριγλυκεριδίων σε βιοντίζελ ή την ταυτόχρονη μετατροπή των οξέων και των τριγλυκεριδίων σε βιοντίζελ. Οι νέες διεργασίες – τεχνολογίες, που εφαρμόζονται, κάνουν χρήση νέων ετερογενών στερεών καταλυτών (όξινων, βασικών και ενζυμικών). Τα πλεονεκτήματα του ως βιοκαύσιμο δεύτερης γενιάς είναι και το γεγονός ότι δεν καταναλώνεται καταλύτης. Ως τρίτης γενιάς βιοκαύσιμο παράγεται από έλαια που προέρχονται κυρίως από μικροφύκη (άλγη). Εφαρμόζονται τεχνολογίες παραγωγής ίδιες με αυτές του Βιοντίζελ 1^{ης} και 2^{ης} γενιάς.



1.2.1 Πράσινο Ντίζελ

Θεωρείται 2^{ης} Γενιάς βιοκαύσιμο και παράγεται από όλες τις πρώτες ύλες από τις οποίες παράγεται το βιοντίζελ. Οι τεχνολογίες παραγωγής του βασίζονται στην αντίδραση των φυτικών ελαίων, ζωικών λιπών και λιπαρών οξέων παρουσία ή μη υδρογόνου πάνω σε στερεό καταλύτη και την απομάκρυνση της γλυκερική ομάδας υπό μορφή προπανίου. Η βασική αντίδραση της διεργασίας είναι η υδρογονοαποξυγόνωση των εστερικών και καρβοξυλικών ομάδων των τριγλυκεριδίων και των λιπαρών οξέων. Πλεονεκτήματα : Πλήρως συμβατό με το συμβατικό πετρελαϊκό ντίζελ, έχει υψηλό αριθμό κετανίων, έχει μειωμένες εκπομπές καυσαερίων, έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (<2ppm [parts per million]), υπάρχει απουσία αρωματικών ενώσεων και απουσία οξυγόνου στο προϊόν (σταθερο προϊόν) και δεν παράγονται ανεπιθύμητα παραπροϊόντα κατά τη διεργασία της παραγωγής του. Η παραγωγή του μπορεί να επιτευχθεί σε υπάρχουσες μονάδες. Μειονεκτήματα : Η χρήση και η κατανάλωση υδρογόνου στη διεργασία παραγωγής του.

1.2.2 Βιοαιθανόλη

Είναι το πρώτο υγρό βιοκαύσιμο που χρησιμοποιήθηκε, ως υποκατάστατο της βενζίνης σε οχήματα. Παράγεται κυρίως από τη ζάχαρη με τη μέθοδο της αλκοολικής ζύμωσης. Μπορεί και να συντεθεί μέσω της χημικής αντίδρασης του αιθυλενίου με ατμό. Η βιοαιθανόλη είναι πιο απλά το οινόπνευμα, και ονομάζεται έτσι επειδή προέρχεται από βιομάζα. Πρώτες ύλες για την παραγωγή 1^{ης} γενιάς βιοαιθανόλη είναι τα σακχαρούχα φυτά (ζαχαρότευτλα, γλυκό σόργο), τα αμυλούχα φυτά (δημητριακά όπως καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι) κ.α. Η παραγωγική διαδικασία αποτελείται από στάδια εξαγωγής της ζάχαρης και παραγωγής βιοαιθανόλης (τεμαχισμός, εκχύλιση) και παραγωγής της αιθανόλης (αλκοολική ζύμωση, απόσταξη, αφυδάτωση). Πρώτες ύλες για την παραγωγή 2^{ης} γενιάς βιοαιθανόλη είναι κυρίως τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών καλλιεργιών, γεωργικών βιομηχανιών, καρποφόρων και δασικών δένδρων και χαρτιού, τροφίμων κ.α. Η παραγωγική διεργασία αποτελείται από τα λιγνοκυτταρινούχα αυτά υπολείμματα περιλαμβάνουν την υδρόλυση της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης, τη ζύμωση, κ.α.

1.2.3 Βιοαέριο

Παράγεται με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης απόβλητης και υπολειμματικής βιομάζας αγροτοβιομηχανικών μονάδων, καλλιεργιών που αξίζει να οδηγηθούν στον αναερόβιο χωνευτήρα, λυμάτων μονάδων βιολογικού καθαρισμού, καθώς και οργανικού κλάσματος απορριμμάτων που μπορεί να βιοαποικοδομηθεί. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με περιεκτικότητες 55-70% και 30-45% αντίστοιχα. Επίσης, περιέχει ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία, υδρατμούς και υδρόθειο. Η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου κυμαίνεται από 5,5 έως 7,0 kWh/m³. Μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), καυστήρες αερίων και αεροστροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών, αφού προηγηθεί ένα στάδιο καθαρισμού / αναβάθμισης του.

1.2.4 Αέριο Σύνθεσης (Syngas)

Παράγεται με τη διαδικασία της αεριοποίησης απόβλητης, υπολειμματικής και άλλης αγροτοβιομηχανικής, δασικής και αστικής βιομάζας, κυρίως της στερεής. Αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων αερίων, όπως μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου, μεθανίου, υδρατμών, ιχνών υδρογονανθράκων και αζώτου σε περίπτωση που χρησιμοποιείται αέρας για την αεριοποίηση. Στην περίπτωση που η τελική διεργασία γίνεται με τη χρήση αέρα, το Syngas έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη κατά μέσο όρο 4,6 MJ/m³. Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρας, η θερμογόνος δύναμη του Syngas μπορεί και να τριπλασιαστεί. Το αέριο σύνθεσης μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Μηχανές πρόωσης με κατανάλωση Ντίζελ

Οι κινητήρες ντίζελ είναι κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση, όπου η ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται στον θάλαμο καύσης και ενεργοποιείται από την υψηλή θερμοκρασία που επιτυγχάνει ένα αέριο όταν είναι υψηλά συμπιεσμένο. Η υψηλή αναλογία συμπίεσης (1:20) αυξάνει την απόδοση του κινητήρα και οι κινητήρες ντίζελ είναι γνωστό ότι έχουν την υψηλότερη θερμική απόδοση από οποιονδήποτε κινητήρα εσωτερικής ή εξωτερικής καύσης. Η αξιοπιστία του κινητήρα είναι επίσης υψηλή, καθώς δεν απαιτείται ενσωματωμένο σύστημα ανάφλεξης. Η δύναμη του κινητήρα ντίζελ μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 0,25 MW για μικρούς κινητήρες υψηλής ταχύτητας έως 100 MW για μεγάλους κινητήρες ντίζελ θαλάσσης χαμηλής ταχύτητας. Οι κινητήρες ντίζελ κατασκευάζονται σε δίχρονοι και τετράχρονοι εκδόσεις. Ο 2χρονος diesel κινητήρας και 1 έλικα με ανάκτηση απόβλητης θερμότητας είναι η πιο κοινή ρύθμιση για την εμπορική ναυτιλία. Οι δίχρονοι κινητήρες, ωστόσο, είναι μεγαλύτεροι σε μέγεθος και έχουν σημαντικό ύψος σε σύγκριση με τετράχρονους κινητήρες, και ταιριάζουν καλύτερα σε μεγάλα και πολύ μεγάλου μεγέθους

πλοία. Τα μικρότερα πλοία τείνουν να έχουν κινητήρες χαμηλής και μεσαίας ταχύτητας που λειτουργούν με καύσιμο MDO/MGO, καθώς το HFO θα ήταν πολύ παχύρρευστο για αυτού του τύπου κινητήρα. Το πλεονέκτημα της χρήσης μεγάλων και βαρέων κινητήρων ντίζελ, είναι ότι προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα ισχύος και λειτουργούν με πολύ υψηλή θερμική απόδοση. Η λειτουργία τους σε χαμηλές στροφές επιτρέπει στον άμεσο άξονα σύνδεση με την προπέλα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών μετάδοσης, και έτσι εγκαθίσταται συνήθως σε μεγάλα σκάφη αργής ταχύτητας. Ένα πρόσθετο σύστημα ανάκτησης απορριπτόμενης θερμότητας αυξάνει περαιτέρω την ενεργιακή αποτελεσματικότητα του σκάφους. Τα μεγαλύτερα πλοία έχουν θάλαμους θέρμανσης ως μέρος της έγχυσης καυσίμου και μπορούν να ανεχθούν υψηλού ιξώδους καύσιμα. Καθώς η ναυτιλία μεγάλων αποστάσεων βαθέων υδάτων κερδίζει δημοτικότητα, τα πλοία κατασκευάζονται μεγαλύτερα και βαρύτερο, κάτι που απαιτεί υψηλή αναλογία ισχύος προς βάρος. Οι κινητήρες ντίζελ θαλάσσης έχουν υψηλότερη ευελιξία καυσίμου από τους κινητήρες οδικών οχημάτων και αεριοθουμένων, όπως είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα ιξωδών καυσίμου. Αυτό έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τα καύσιμα πλοίων, ως προς την ποιότητα των καυσίμων, ως προς την ενιαία ή ειδική φυσική και χημική ιδιότητα και δεν χρειάζεται να είναι υψηλές. Με άλλα λόγια, οι πετρελαιοκινητήρες θαλάσσης δεν είναι σχετικά ευαίσθητοι στην ποιότητα καυσίμου, καθώς μπορούν να λειτουργήσουν τόσο με ελαφρά όσο και με βαριά κλάσματα καυσίμου. Αυτό σημαίνει επίσης, ότι οι κινητήρες ντίζελ παράγουν καυσαέρια με υψηλή ποσότητα ρύπων δεδομένου ότι λειτουργούν κυρίως σε υπολειμματικά κλάσματα υψηλής περιεκτικότητας σε θείο από διωλιστήρια πετρελαίου, για να διατηρηθεί η λειτουργία του πλοίου σε χαμηλό κόστος. Αυτή η πρακτική οδήγησε έτσι τους διεθνείς οργανισμούς που ρυθμίζουν τον ναυτιλιακό τομέα να δημιουργήσουν αυστηρότερους περιβαλλοντικούς κανονισμούς σχετικά με το είδος του καυσίμου που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί. Η διάρκεια ζωής ενός κινητήρα ντίζελ μπορεί να κυμαίνεται από 10 χρόνια (υψηλές ταχύτητες) έως πάνω από 20 χρόνια (χαμηλή Ταχύτητα). Εάν συντηρηθούν σωστά, οι κινητήρες ντίζελ μπορούν να παραμείνουν λειτουργικοί για έως και 50 χρόνια, ή για όσο διάστημα το πλοίο παραμένει σε λειτουργία. Οι κινητήρες ντίζελ θαλάσσης είναι προσαρμοσμένοι για προβλεπόμενη ταχύτητα πρόωσης. Η βέλτιστη λειτουργική ταχύτητα εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου, το καύσιμο του κινητήρα, συνδυασμούς μηχανημάτων και τεχνολογίας. Οι κινητήρες ντίζελ χαμηλής ταχύτητας εγκαθίστανται συνήθως σε εμπορικά πλοία βαθέων υδάτων (δεξαμενόπλοια, χύδην μεταφορείς και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων) ως κύρια μηχανή πρόωσης του πλοίου. Τοποθετούνται σε πλοία σχεδιασμένο να ταξιδεύει με ομοιόμορφη ταχύτητα και

φορτίο. Αυτοί οι κινητήρες είναι οι πιο αποδοτικοί στην αγορά καυσίμων, αλλά παράγουν υψηλότερες ποσότητες εκπομπών NOx σε σύγκριση με τις μεσαίες και υψηλής ταχύτητας κινητήρες ντίζελ. Η μέση ταχύτητα ενός εμπορικού φορτηγού πλοίου είναι περίπου 28 km/h (15 knots), ισοδυναμεί με περίπου 670 km την ημέρα. Τα σύγχρονα πλοία είναι σε θέση να πλεύσουν 45-55 km την ώρα ή 25-30 κόμβους. Η μέση ταχύτητα της ναυτιλίας βαθέων υδάτων είναι περίπου 24-32 km/h, ή 13-17 κόμβοι. Οι κινητήρες ντίζελ μεσαίας ταχύτητας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως κινητήρες πρόωσης, αλλά χρησιμοποιούνται και για βοηθητικές εφαρμογές σε μικρότερα φορτηγά πλοία και πορθμεία. Οι κινητήρες υψηλής ταχύτητας είναι γενικά τοποθετημένοι σε μικρά σκάφη που λειτουργούν με μεταβαλλόμενη ταχύτητα και φορτίο, για παράδειγμα ρυμουλκά. Οι κατασκευαστές κινητήρων κάνουν επίσης διάκριση μεταξύ της σχεδιασμένης ταχύτητας ενός κινητήρα και της ταχύτητας λειτουργίας. Το τελευταίο ενημερώνεται συνεχώς από την τιμή καυσίμου, τις συνθήκες αγοράς και οι τεχνικές προδιαγραφές ποικίλλουν με το χρόνο, ενώ το πρώτο βασίζεται στο σχεδιασμό του κύτους, του κινητήρα και της προπέλας.

2.1.1 Μηχανές πρόωσης με κατανάλωση πολλαπλών καυσίμων

Οι πετρελαιοκινητήρες θαλάσσης περιλαμβάνουν μερικές από τις πιο προηγμένες τεχνολογίες κινητήρων, με πολύ υψηλή αναλογίες συμπίεσης και προηγμένα συστήματα ελέγχου. Οι κινητήρες τελευταίας γενιάς περιλαμβάνουν πολλαπλών καυσίμων κινητήρες. Αυτοί οι κινητήρες διαθέτουν σύστημα ψεκασμού καυσίμου, το οποίο επιτρέπει την έγχυση του καυσίμου σε πολύ υψηλά επίπεδα πίεση/θερμότητα. Έτσι καύσιμα με χαμηλό αριθμό κετανίων π.χ. κάτω από 10 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ντίζελ κινητήρα. Αυτό επιτρέπει τόσο τα αέρια καύσιμα όπως το LNG όσο και τα υγρά καύσιμα όπως η μεθανόλη και αιθανόλη που θα χρησιμοποιηθούν σε ναυτιλιακό πετρελαιοκινητήρα. Ένα παράδειγμα τέτοιων κινητήρων είναι η σειρά MAN B&W ME-LGI, που μπορεί να λειτουργήσει και στα δύο συμβατικά καύσιμα ντίζελ καθώς και στα πτητικά χαμηλής περιεκτικότητας σε κετάνιο καύσιμο μεθανόλη και αιθανόλη. Οι κινητήρες μπορούν με μία μόνο διαδρομή να αλλάξουν από τον έναν τύπο καυσίμου στον άλλο δίνοντας έτσι πλήρη ευελιξία για την επιλογή καυσίμου. Ένα πρακτικό ζήτημα κατά τη χρήση καυσίμων μεθανόλης και αιθανόλης είναι τα χαμηλά σημεία ανάφλεξης τους 12 και 14 βαθμών Κελσίου, σε σύγκριση με το ντίζελ MFO των 52 Βαθμών. Αυτά τα χαμηλά σημεία ανάφλεξης δεν είναι συμβατά με το Κανονισμός

Safety of Life in Sea (SOLAS) χωρίς σχεδιασμό διπλού φραγμού για όλα τα εξαρτήματα συνδεδεμένα με τη μεθανόλη και την αιθανόλη. Για τους κινητήρες MAN B&W ME-LGI αυτό το διπλό φράγμα είναι επιπλέον αεριζόμενο. Σε σύγκριση με το χειρισμό και με καύσιμα όπως το LNG που χρειάζεται υπό πίεση αποθήκευση, η μεθανόλη και η αιθανόλη είναι πιο εύκολο να χειριστούν και να αποθηκευτούν στις δεξαμενές καυσίμων του πλοίου. Οι κινητήρες πολλαπλών καυσίμων είναι ο πιο πρόσφατος τύπος προηγμένων κινητήρων ντίζελ. Τόσο τα υπάρχοντα σκάφη όσο και ένα μεγάλο μέρος των σκαφών που θα κατασκευαστούν βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα, δεν θα χρησιμοποιούν αυτούς τους κινητήρες. Μερικοί από τους κινητήρες μπορεί να επανατοποθετηθούν, αλλά σε πολλές περιπτώσεις αυτό πιθανότατα δεν θα γίνει οικονομικά ελκυστικό. Έτσι, ανεξάρτητα από το ότι η τεχνολογία του κινητήρα είναι διαθέσιμη, δεν θα το επιτρέψουν π.χ. η μεθανόλη και η αιθανόλη να αποτελέσουν σημαντικό μέρος της προσφοράς καυσίμων βραχυπρόθεσμα, αλλά μπορεί να προσφέρει ευκαιρίες για επέκταση της χρήσης ιδιαίτερα της βιοαιθανόλης.

2.2 Σύστημα τροφοδοσίες καυσίμου

Η αυξανόμενη ζήτηση της αγοράς για καύσιμα απόσταξης (βενζίνη, ντίζελ) και αλλαγές στα διυλιστήρια για την ικανοποίηση αυτής της ζήτησης οδήγησαν σε επιδείνωση της ποιότητας των βαρέων καυσίμων. Αποθέματα πετρελαίου έχουν γίνονται βαρύτερα, ενώ τα πιο ελαφριά (χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο) προϊόντα έχουν μεγαλύτερη ζήτηση, κυρίως από τον κλάδο των αερομεταφορών. Πολλά μεγάλα ναυτιλιακά πλοία έχουν επανασχεδιαστεί ώστε να διαθέτουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας καυσίμων επί του σκάφους. Η κυκλοφορία του καυσίμου από το ενσωματωμένο ρεζερβουάρ στον κινητήρα περιλαμβάνει πολλά βήματα πριν μπορεί να εισαχθεί στον κύριο κινητήρα. Ένας δίχρονος κινητήρας ντίζελ είναι συνήθως σχεδιασμένος να λειτουργεί συνεχώς με βαρύ καύσιμο. Το καύσιμο αποθηκεύεται σε δεξαμενές, από τις οποίες αντλείται σε μια δεξαμενή καθίζησης και θερμαίνεται. Το καύσιμο φυγοκεντρείται για να φιλτραριστούν τα σωματίδια και μετά το καθαρισμένο λάδι θερμαίνεται και αντλείται σε μια δεξαμενή καθημερινής υπηρεσίας. Οι φυγόκεντροι είναι επίσης γνωστοί ως καθαριστές. Από την καθημερινή δεξαμενή, το λάδι ρέει μέσω μιας βαλβίδας κατευθύνσεως σε μια δεξαμενή ανάμειξης. Οι ενισχυτικές αντλίες χρησιμοποιούνται για να αντληθεί το λάδι μέσω θερμαντήρων και αντλιών καυσίμου. Οι αντλίες καυσίμου θα εκκενώσουν καύσιμο υψηλής πίεσης σε αντίστοιχους εγχυτήρες. Πριν

από την έγχυση, ένας ρυθμιστής ιξώδους θα ελέξει τη θερμοκρασία για να παρέχει το σωστό ιξώδες για την καύση. Μια βαλβίδα ρύθμισης πίεσης εξασφαλίζει σταθερή παροχή πίεσης στις αντλίες που κινούνται από τον κινητήρα και χρησιμοποιείται παράκαμψη προθέρμανσης για θέρμανση το καύσιμο πριν την εκκίνηση του κινητήρα.

2.3 Καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην Εμπορική Ναυτιλία σήμερα

Τα πιο συνηθισμένα ναυτιλιακά καύσιμα είναι το βαρύ μαζούτ (HFO) και το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (MDO) από το αργό πετρέλαιο στα διυλιστήρια. Όπως περιγράφεται, αυτά τα καύσιμα έχουν συνήθως χαμηλότερη ποιότητα, και επομένως χαμηλότερο κόστος, σε σύγκριση με άλλα καύσιμα μεταφοράς για οδικές και αεροπορικές μεταφορές. Τα ναυτιλιακά καύσιμα προέρχονται από τα βαρύτερα αποστάγματα διυλιστηρίων πετρελαίου, που περιέχουν πολύ μακριές αλυσίδες άνθρακα και ελάχιστα ή καθόλου αρωματικά συστατικά. Άλλα καύσιμα ντίζελ που χρησιμοποιούνται, αλλά μόνο σε μικρό βαθμό περιλαμβάνουν: SVO, DME (διμεθυλαιθέρας), GTL (αέριο σε υγρό), BTL (βιομάζα σε υγρό), βιοντίζελ/FAME (λιπαρός οξύς μεθυλεστερας), και HVO/HEFA (υδροκατεργασμένα φυτικά έλαια/υδροκατεργασμένοι εστέρες και λιπαρά οξέα).

2.3.1 Χαρακτηριστικά των καυσίμων στην Ναυτιλία

- Η θερμική απόδοση ενός καυσίμου καθορίζεται από **το κινηματικό του ιξώδους**, την ειδική πυκνότητα σε 15°C και το σημείο ανάφλεξης. Το κινηματικό ιξώδες μετريέται σε centistoke, όπου $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$, στους 40°C για τα καύσιμα απόσταξης και στους 50°C για τα υπολειμματικά καύσιμα.
- Η **ειδική πυκνότητα** ενός καυσίμου μετريέται σε kg ανά κυβικό μέτρο στους 15°C. Χρησιμεύει ως δείκτης ποιότητας ανάφλεξης του καυσίμου, ιδιαίτερα για υπολειμματικά καύσιμα χαμηλού ιξώδους. Είναι επίσης σημαντικό για τη λειτουργία του καθαριστή.
- Το **σημείο ανάφλεξης** είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα πτητικό υλικό μπορεί να εξατμιστεί για να σχηματίσει ένα αναφλέξιμο μείγμα στον αέρα και είναι ένα

μέτρο της ευφλεκτότητας ενός καυσίμου. Τα πρότυπα υποδεικνύουν ότι πρέπει να είναι τουλάχιστον 60°C για όλα τα καύσιμα πλοίων, ώστε να θεωρούνται εύφλεκτα. Στην ιδανική περίπτωση, το ντίζελ θα πρέπει να έχει υψηλό σημείο ανάφλεξης και χαμηλή θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης.

- **Ο δείκτης κετανίου** ισχύει μόνο για καύσιμα βενζίνης και απόσταξης. Είναι ένα μέτρο της ανάφλεξης ποιότητα του καυσίμου σε έναν κινητήρα ντίζελ, και ο αριθμός κετανίου βασίζεται στην πυκνότητα και την απόσταξη του καυσίμου. Όσο υψηλότερες είναι οι στροφές του κινητήρα, τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης κετανίου που απαιτείται.

- **Αριθμός οξέος:** όλα τα καύσιμα έχουν αριθμό οξέος με βάση τη συγκέντρωση όξινων ενώσεων στο καύσιμο. Τα καύσιμα με υψηλά ποσοστά οξέων περιέχουν όξινες ενώσεις που μπορούν να βλάψουν μεγάλες ποσότητες κινητήρων ντίζελ, ειδικά τον εξοπλισμό έγχυσης καυσίμου.

- **Τα συνολικά ιζήματα ή τα σωματίδια (PM)** μπορούν να αφαιρεθούν με φυγοκέντρηση, αλλά μπορεί να επηρεάσουν τη λίπανση του κινητήρα και τα συστήματα σωληνώσεων.

- **Σημείο νέφους** είναι η θερμοκρασία στην οποία τα διαλυμένα στερεά δεν είναι πλέον διαλυτά και καθιζάνουν σε διάλυμα σχηματίζοντας μια δεύτερη φάση, δίνοντας στο υγρό μια θολή εμφάνιση.

- **Σημείο ροής** είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία το υγρό μπορεί να γίνει ημιστερεό ή γέλη και δεν μπορεί να ρέει. Αυτό σηματοδοτεί το όριο στο οποίο μπορεί να αντληθεί το καύσιμο.

- **Θείο:** Η υψηλή περιεκτικότητα σε θείο δεν βλάπτει τον κινητήρα ντίζελ, αλλά τα καύσιμα γενικά πρέπει να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο γιατί η υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (>3%) έχει διαβρωτικό για τα συστήματα θέρμανσης, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής τους και αυξάνοντας τις ρυπογόνες επιπτώσεις. Το θείο στα καύσιμα, μόλις καεί, μετατρέπεται σε οξείδια του θείου που έχουν καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλοντος, ιδιαίτερα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

- Το **νερό** στο καύσιμο επηρεάζει το σημείο νέφωσης, το σημείο ροής και τη σταθερότητα αποθήκευσης καυσίμου, τα οποία με τη σειρά τους μπορεί να καταστρέψουν τα εξαρτήματα του συστήματος καυσίμου του κινητήρα. Θεωρείται ρύπος καυσίμου καθώς δεν έχει

ενεργειακό περιεχόμενο, και επομένως μεταφράζεται σε απώλεια ενέργειας για τον αγοραστή καυσίμου. Πολλά πλοία διαθέτουν συστήματα αφαίρεσης νερού με φυγοκέντρωση.

- Η **περιεκτικότητα σε τέφρα** είναι ένα μέτρο των μετάλλων που υπάρχουν στο καύσιμο, το οποίο μπορεί να είναι εγγενές στο καύσιμο ή μια ρύπανση.
- Η πιο κοινή μέθοδος παραγωγής καυσίμων πλοίων στα διυλιστήρια είναι η καταλυτική πυρόλυση. Οι ετερογενείς καταλύτες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία διύλισης μπορούν να αφήσουν ίχνη **πυριτικού αλουμινίου** στο προϊόν καυσίμου που μπορεί να βλάψει τον κινητήρα, επομένως έχουν ένα μέγιστο όριο σε mg/kg για την αποφυγή τριβής στο σύστημα καυσίμου. Προκαθαρισμός καυσίμου επί του σκάφους μπορεί να αφαιρέσει επαρκώς περίπου το 80% των καταλυτικών ιχνών. Ωστόσο, για να αποφευχθεί λειαντική φθορά αντλιών καυσίμου, μπεκ και χιτώνια κυλίνδρων, μέγιστο όριο για αλουμίνιο έχουν οριστεί πρόστιμα πυριτίου.
- Η χρήση χρησιμοποιημένων **λιπαντικών ελαίων (ULO)** δεν επιτρέπεται σε υπολειμματικά καύσιμα. Ένα καύσιμο θεωρείται ότι περιέχουν ULO εάν το επίπεδο ασβεστίου υπερβαίνει τα 30 mg/kg και η περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο ή φώσφορο υπερβαίνει τα 15 mg/kg.

2.4 Βιοκαύσιμα και τεχνολογίες συμμόρφωσης των συστημάτων προώσεως

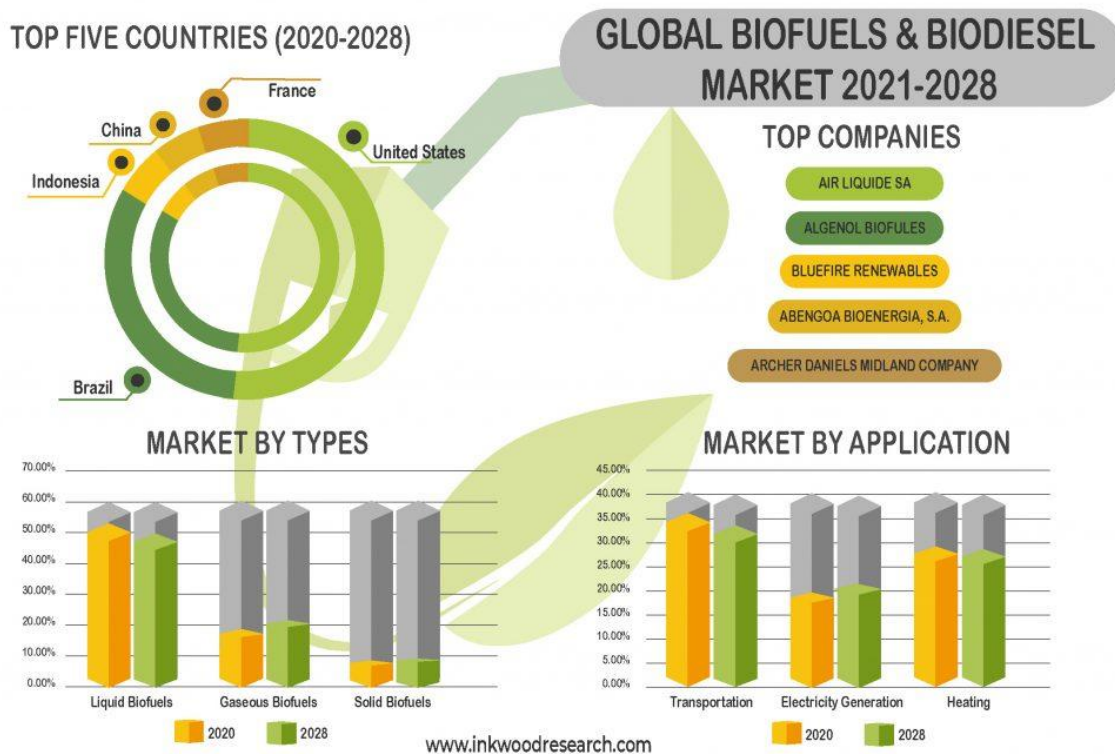
Οι συνδυασμένες επιπτώσεις της μείωσης της διαθεσιμότητας ελαφρού αργού πετρελαίου, αύξησαν τη ζήτηση παγκόσμια στην εμπορική ναυτιλία και οι αυστηρότεροι κανονισμοί για τα καύσιμα πλοίων έχουν προκαλέσει μια ανταγωνιστική αναζήτηση και παρήγαγε εναλλακτικά καύσιμα πλοίων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα. Εναλλακτική λύση για ορυκτά καύσιμα όπως το LNG και το LPG έχουν χαμηλές εκπομπές θείου και οξειδίων του αζώτου, αλλά έχουν περιορισμένη συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα βιοκαύσιμα, ωστόσο, έχουν πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και μείωσης των εκπομπών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Καθώς η βιομάζα είναι ένας ανανεώσιμος πόρος και περιέχει πολύ λίγο ή καθόλου θείο, τα βιοκαύσιμα μπορούν να γίνουν σημαντικό μέρος του μείγματος καυσίμων στον ναυτιλιακό τομέα, μειώνοντάς έτσι την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα καθώς και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από

βιολογικά ανανεώσιμους πόρους και μακράν τα περισσότερα βιοκαύσιμα προέρχονται από φυτικά σάκχαρα, έλαια και τερπένια. Μια μικρή ποσότητα προέρχεται από απόβλητα ζωικού λίπους. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ παράγονται εμπορικά παγκοσμίως, αν και σχεδόν αποκλειστικά αξιοποιούνται από τον κλάδο των οδικών μεταφορών. Το πλεονέκτημα της παραγωγής καυσίμου πλοίων είναι ότι το καύσιμο μπορεί να είναι χαμηλότερης ποιότητας, να έχει υψηλότερο ιξώδες και να είναι λιγότερο εξευγενισμένο από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για αεροπορικές ή οδικές μεταφορές. Έτσι, τα θαλάσσια βιοκαύσιμα μπορεί να παραχθούν με χαμηλότερο κόστος επεξεργασίας, εξαλείφοντας την ανάγκη για δευτερογενή διύλιση. Οι καθιερωμένες επιχειρησιακές διαδικασίες ναυτιλίας κάνουν την προσαρμογή των κινητήρων θαλάσσης για να λειτουργούν με καινούργια συμβατά καύσιμα μια δαπανηρή διαδικασία. Έτσι, είναι πρακτικό να εκμεταλλεύονται τις υπάρχοντες υποδομές (ναυτιλιακούς κινητήρες, αγωγούς μεταφοράς καυσίμων, ανεφοδιασμός καυσίμων) και παραγωγής καυσίμου συμβατό με αυτό που υπάρχει ήδη. Τέτοια καύσιμα με πτώση ταιριάζουν με την υπάρχουσα υποδομή και δεν απαιτούν υψηλές επενδύσεις σε μηχανές πλοίων ή αλλαγές υποδομές. Παρά το γεγονός ότι τα βιοκαύσιμα δεν χρησιμοποιούνται ακόμη σε αφθονία στον ναυτιλιακό τομέα, είναι πιθανό με βάση τις υπάρχουσες τεχνολογίες βιοκαυσίμων, τα θαλάσσια βιοκαύσιμα να σχεδιαστούν και να παραχθούν έτσι τεχνικά συμβατά με κινητήρες θαλάσσης. Έτσι, μπορούν να ενσωματωθούν σε ναυτιλιακά πλοία όπως σταγόνες καυσίμων. Επιπλέον, η πολύ υψηλή ευελιξία καυσίμου των κινητήρων ντίζελ θαλάσσης είναι ανοιχτή για τους ανάπτυξη νέων διαδικασιών βιοκαυσίμων που συνδυάζουν διαφορετικές ποιότητες και είδη βιοκαυσίμων.

2.4.1 Βιοκαύσιμα που κυκλοφορούν στην Αγορά

Τα ίσια φυτικά έλαια (SVOs), γνωστά και ως καθαρά φυτικά έλαια (PPOs), είναι έλαια που εξάγονται από φυτά αποκλειστικά για χρήση ως καύσιμο. Αυτά τα λάδια δεν υποβάλλονται σε ενδιάμεσα στάδια επεξεργασίας, αλλά εισάγονται στους κινητήρες ντίζελ απευθείας από την εξαγωγή. Μελέτες έχουν δείξει ότι μπορούν να αντικαταστήσουν το IFO ή το βαρύ λάδι σε κινητήρες χαμηλής ταχύτητας, αν και γενικά δεν θεωρούνται πρακτικά καύσιμα για μεγάλης κλίμακας ή μακροχρόνια χρήση. Λόγω του υψηλότερου τους ιξώδες και υψηλό σημείο βρασμού, τα SVO μειώνουν τη διάρκεια ζωής του κινητήρα λόγω της συσσώρευσης άνθρακα εναποθέσεις στο εσωτερικό του κινητήρα και προκαλούν ζημιά στο λιπαντικό του

κινητήρα. Επομένως δεν συνιστάται να χρησιμοποιήσετε φυτικά έλαια ως ακατέργα στο μη επεξεργασμένο λάδι λόγω των κινδύνων ζημιάς του κινητήρα και ζελατινοποίησης του λιπαντικού. Ορισμένοι ερευνητές έχουν επιλύσει το ζήτημα τροποποιώντας το σύστημα παράδοσης καυσίμου για προθέρμανση του SVO πριν από την έγχυση στον κινητήρα ή χρησιμοποιημένο SVO σε μείγματα με συμβατικά καύσιμα προκειμένου να μετριαστεί το πρόβλημα. Το επεξεργασμένο βιοντίζελ παράγεται με μια διαδικασία που ονομάζεται μετεστεροποίηση, όπου διάφορα έλαια (τριγλυκερίδια) μετατρέπονται σε μεθυλεστέρες.



Η γλυκερίνη και το νερό παράγονται ως παραπροϊόντα, τα οποία αργότερα αφαιρούνται ως ανεπιθύμητα προϊόντα. Το βιοντίζελ είναι επίσης ευρέως γνωστό ως λιπαρό οξύ μεθυλεστέρας (FAME), που λαμβάνεται από φυτικό έλαιο ή ζωικό λίπος που έχει μετεστεροποιηθεί με μεθανόλη ή αιθανόλη. Το μεθυλικό νάτριο χρησιμοποιείται συνήθως ως καταλύτης. Το FAME είναι πιο κατάλληλο καύσιμο από το SVO για κινητήρες ντίζελ, με χαμηλότερο σημείο βρασμού και ιξώδες από το SVO, που οδηγεί σε καλύτερη απόδοση του κινητήρα. Το βιοντίζελ έχει υψηλότερο σημείο ανάφλεξης (149°C) και βαθμολογία κετανίου από το συμβατικό ντίζελ και αποσυντίθεται γρήγορα στο νερό. Το FAME, όμως, έχει ένα υψηλό σημείο νέφους το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε φράξιμο του φίλτρου και κακή ροή καυσίμου σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 32°C. Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση των MDO και MGO σε κινητήρες ντίζελ χαμηλής έως μέσης ταχύτητας (ρυμουλκά, μικρών μεταφορών και φορτηγών πλοίων), αν και χρησιμοποιείται πιο

συχνά ως πρόσθετο καυσίμου και μπορεί να χύνεται απευθείας (drop-in) σε δεξαμενές καυσίμου. Το FAME ως καύσιμο έχει καλές ιδιότητες ανάφλεξης και λιπαντικότητας. Είναι θεωρητικά δυνατό να κυκλοφορούν οχήματα ντίζελ με 100% FAME, αλλά απαιτούνται προσαρμογές στο ντίζελ κινητήρες καθώς και έγκριση από τους κατασκευαστές κινητήρων. Ως εκ τούτου, τα μείγματα FAME έως και 20% με το πετρέλαιο ντίζελ διανέμονται ευρέως στη λιανική αγορά καυσίμου ντίζελ καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ντίζελ εξοπλισμό με ελάχιστες ή καθόλου τροποποιήσεις κινητήρα. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι ότι αποκαθιστά τη λιπαντικότητα του κινητήρα και μειώνει τον καπνός, αιθάλη και οσμή καμένου ντίζελ από την εξάτμιση του κινητήρα, προστατεύοντας ταυτόχρονα από τη φθορά σε αντλίες καυσίμου και μπεκ. Η χρήση του FAME σε κινητήρες ντίζελ αυτοκινήτων έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν τα οξείδια του θείου, το μονοξειδίο του άνθρακα και τα άκαυστα σωματίδια. Ωστόσο, τα οξύ προϊόντα υποβάθμισης της FAME είναι ύποπτα ότι προκαλούν ζημιά στις αντλίες καυσίμου, στα μπεκ και δακτυλίους εμβόλου, που οδηγεί σε όριο αριθμού οξέος στις προδιαγραφές καυσίμων πλοίων. Το κύριο τεχνικό μειονέκτημα του βιοντίζελ σε σύγκριση με το πετρέλαιο είναι η χαμηλότερη θερμική του ενέργεια, καθώς το βιοντίζελ έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα υδρογονανθράκων. Η υψηλότερη περιεκτικότητά του σε οξυγόνο οδηγεί επίσης σε χαμηλότερη σταθερότητα στην οξείδωση, όπου είναι πιο επιρρεπές σε υποβάθμιση με την πάροδο του χρόνου και σχηματίζουν υπεροξειδία, οξέα και άλλες αδιάλυτες ενώσεις. Για την έγκαιρη πρόληψη αποικοδόμησης, μπορούν να προστεθούν αντιοξειδωτικά στο μείγμα. Μια άλλη ανησυχία με τη χρήση βιοντίζελ είναι η μόλυνση του νερού που οδηγεί σε μειωμένη απόδοση καυσίμου, αυξημένη μικροβιακή ανάπτυξη και επιταχυνόμενη ζελατινοποίηση του καυσίμου σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αν και το βιοντίζελ δεν αναμειγνύεται με το νερό, είναι πολύ υδροσκοπικό. Η παρουσία μονο- και τα διγλυκερίδια που απομένουν από την επεξεργασία του βιοντίζελ απορροφούν το νερό γρήγορα, λειτουργώντας ως γαλακτωματοποιητής για αυτό το μείγμα λαδιού-νερού και καθιστά δύσκολο τον διαχωρισμό νερού και λαδιού. Επιπλέον, το νερό που απομένει από την επεξεργασία ή τη συμπύκνωση στις δεξαμενές αποθήκευσης αυξάνει περαιτέρω το νερό περιεκτικότητα του καυσίμου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της περιεκτικότητας σε οξύ καθώς το νερό μπορεί να διευκολύνει την υδρόλυση εστέρων σε καρβοξυλικά οξέα όταν υποβάλλονται σε υψηλή θερμοκρασία ή ακραίο pH. Το νερό αυξάνει επίσης τον κίνδυνο μικροβιακής μόλυνσης, επιταχύνοντας το σχηματισμό βιοφίλμ και μικροβιακές αποικίες που μπορούν να βλάψουν τα εξαρτήματα του συστήματος καυσίμου. Έτσι, για καθαρή χρήση ντίζελ, προσθήκη ενός βιοκτόνου είναι απαραίτητο για την αναστολή της

βακτηριακής ανάπτυξης. Η πήξη του καυσίμου συμβαίνει όταν τα μόρια συσσωματώνονται και σχηματίζουν κρυστάλλους σε χαμηλή θερμοκρασία, οδηγώντας το καύσιμο να γίνει θολό. Με περαιτέρω ψύξη, αυτοί οι κρύσταλλοι γίνονται μεγαλύτεροι, αυξάνοντας το ιξώδες του καυσίμου και σχηματίζοντας μια γέλη ακολουθούμενη από ένα στερεό. Οι επιπλοκές της πηκτωματοποίησης προκύπτουν κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού καυσίμων και παράδοσης, περιορίζοντας τη χρήση του σε ψυχρές συνθήκες. Ωστόσο, ένας αριθμός πρόσθετων είναι διαθέσιμος για να χαμηλώνει το σημείο ροής του καυσίμου και οι δεξαμενές καυσίμου μπορούν να μονωθούν και να θερμανθούν πριν από την παράδοση. Το σημείο νέφους του βιοντίζελ ποικίλλει ανάλογα με τον συνδυασμό των εστέρων στο καύσιμο και επομένως το λάδια πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του βιοντίζελ. Το βιοντίζελ που παράγεται στο εμπόριο μπορεί να προέρχεται από μια ποικιλία πρώτων υλών φυτικής και ζωικής προέλευσης. Οι πρώτες ύλες φυτών περιλαμβάνουν κραμβόσπορο (πιο κοινό στην ΕΕ), σόγια (πιο συνηθισμένο στις ΗΠΑ και Νότια Αμερική), καρύδα (κοινή στα νησιά του Ειρηνικού), φοίνικα (κοινή στη Νοτιοανατολική Ασία) και καλαμπόκι. Οι πρώτες ύλες ζωικής προέλευσης περιλαμβάνουν το λίπος (λιπαρωμένο βοδινό ή πρόβειο κρέας), τα απορρίμματα πουλερικών και άλλα ζωικά λίπη. Το χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Οι πρώτες ύλες βιοντίζελ πρώτης γενιάς είναι γενικά δαπανηρές και διατίθενται σε περιορισμένη προσφορά, ως εκ τούτου η τιμή του βιοντίζελ ποικίλλει επίσης ανάλογα με την τιμή πρώτης ύλης. Γενικά, στα φυτικά έλαια (φοίνικα, σόγια, canola) η προσφορά περιορίζεται στον ανταγωνισμό από τις βιομηχανίες τροφίμων, φαρμακευτικών προϊόντων και καλλυντικών. Ένα σημαντικό μέρος της παραγωγής λαδιού είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ζωοτροφών και πρωτεϊνών τροφίμων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τη σόγια και την κανόλα, που είναι και οι δύο σημαντικές πηγές φυτικής πρωτεΐνης. Το φοινικέλαιο, η μεγαλύτερη ελαιοκαλλιέργεια χρησιμοποιείται κυρίως ως προϊόν διατροφής και όχι ως καύσιμο, και είναι υποπροϊόν κομποστοποιημένο ή σε μικρότερο βαθμό που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφές. Η παραγωγή βιοντίζελ σε όλο τον κόσμο περιορίζεται σε γεωγραφικές περιοχές με εντατική γεωργία χρήση γης σε συνδυασμό με περιφερειακά ρυθμιστικά και οικονομικά κίνητρα. Ομοίως, η πλειοψηφία της παραγωγής βιοντίζελ στον κόσμο προέρχεται από την ΕΕ και τις ΗΠΑ, με 28% και 24% αντίστοιχα. Το παραγόμενο βιοντίζελ χρησιμοποιείται γενικά για μεταφορά αυτοκινήτων και συνήθως δεν χρησιμοποιείται 100% σε κινητήρες ντίζελ, αλλά μάλλον ως μείγμα με πετρελαϊκό ντίζελ (5-30%). Σε μείγματα 1-2%, το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο λιπαντικό, ειδικά με ULSD, το οποίο από μόνο του έχει κακές ιδιότητες λίπανσης. Για μείγματα άνω του 7%, όπως η οκτανόλη μπορούν να προστεθούν ως συνδιαλύτης για να αποτραπεί ο

διαχωρισμός φάσεων κατά την ανάμειξη. Η συνολική προσφορά πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοντίζελ είναι σημαντικά μικρότερη από εκείνη του πετρελαίου, και ο ρυθμός παραγωγής βιοντίζελ δεν μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως τον τρέχοντα ρυθμό κατανάλωσης, ακόμη και σε μείγματα. Το βιοντίζελ μπορεί θεωρητικά να χρησιμοποιηθεί ως πετρέλαιο θέρμανσης ή σε οποιαδήποτε τυπική μηχανή ντίζελ, εφαρμογές στις οδικές μεταφορές, τις ατμομηχανές, τα αεριοθούμενα αεροσκάφη και τις γεννήτριες ενέργειας. Συνεπώς, με τόσο υψηλή ζήτηση και ανταγωνισμό από άλλους τομείς, θα ήταν οικονομικά μη ρεαλιστικό να παράγουν μεγάλες ποσότητες βιοντίζελ για χρήση ως ναυτιλιακό καύσιμο χαμηλής ποιότητας.



2.4.2 Ανάμειξη βιοκαυσίμων με συνήθει καύσιμα

Η ανάμειξη συμβατικών ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα είναι μια εναλλακτική λύση για τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων ενώ εισάγει συμβατά καύσιμα πτώσης στο μείγμα καυσίμων. Μείγματα καυσίμων χαμηλής στάθμης διαθέσιμα στον τομέα των οδικών μεταφορών περιλαμβάνει E10 (10% αιθανόλη, 90% βενζίνη), B5 (5% βιοντίζελ, 95% ντίζελ) και B2. Στην Ευρώπη, τη Βόρεια και τη Νότια Αμερική, τα μείγματα βιοντίζελ από B7 έως B20 είναι διαθέσιμα στην αγορά. Στην περίπτωση των καυσίμων των πλοίων, οι εντολές ανάμειξης ανανεώσιμων καυσίμων δεν έχουν ακόμη τεθεί σε ισχύ, και τα μείγματα δεν είναι ακόμη διαθέσιμα στην αγορά καυσίμων ναυτιλίας, αν και η παραγωγή και η διανομή

διατίθεται μέσω καθορισμένων συμβολαίων. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές μιγμάτων βιοκαυσίμων σε θαλάσσια πλοία αναφορικά για μείγματα βιοκαυσίμων 7% έως 100%, από τα οποία τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα βιοκαύσιμα μπορούν να αναμιγνύονται αποτελεσματικά με συμβατικό καύσιμο χωρίς δραστικά αποτελέσματα στον κινητήρα. Οι κατευθυντήριες γραμμές και η νομοθεσία σχετικά με την ανάμειξη θαλάσσιων βιοκαυσίμων βρίσκονται ακόμη υπό εφαρμογή και ανάπτυξη. Για να ξεκινήσει η εισαγωγή θαλάσσιων βιοκαυσίμων στο μείγμα καυσίμων, αναμιγνύοντας τα βιοκαύσιμα με τα συμβατικά καύσιμα πλοίων είναι απαραίτητο ένα σημείο εκκίνησης για την τόνωση της ζήτησης βιοκαυσίμων, όμως η παραγωγή δεν είναι ακόμη σε πλήρη εμπορική ικανότητα. Η χρήση μιγμάτων βοηθά επίσης τη μετάβαση των κινητήρων του πλοίου από τα συμβατικά καύσιμα στα καύσιμα σταγόνας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα μείγματα βιοκαυσίμων μπορούν να βοηθήσουν στην αποστολή ωστόσο, οι ιδιοκτήτες συμμορφώνονται με τη χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα τους και μειώνουν τις συνολικές εκπομπές άνθρακα. Οι κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τα μέρη ανάμειξης δεν είναι ακόμη σαφείς. Η ανάμειξη μπορεί να πραγματοποιηθεί στο διυλιστήριο, στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης καυσίμων, στο πλοίο καυσίμων ή στο πλοίο παραλαβής. Σύμφωνα με τις τρέχουσες πρακτικές της αγοράς, θα ήταν καλύτερα να γίνει σε επίπεδο bunker, όμως τα βιοκαύσιμα έχουν διαφορετική αλυσίδα εφοδιασμού από τα ορυκτά καύσιμα. Το βιοκαύσιμο θα αναμιγνύεται με ορυκτά καύσιμα στο πλοίο αποθήκης και οι δεξαμενές καυσίμων θα αδειάζονταν και θα καθαρίζονταν πριν την επόμενη παραλαβή καυσίμου. Αυτό σημαίνει ότι τα συμβαλλόμενα μέρη θα είναι υπεύθυνα για την ανάληψη πρωτοβουλίας για την παροχή μιγμάτων βιοκαυσίμων, αν και τελικά η απόφαση για τη χρήση μιγμάτων βιοκαυσίμων ανήκει στο πλοιοκτήτη. Το πλεονέκτημα της ανάμειξης βιοκαυσίμων στα πλοία είναι ότι τα βιοκαύσιμα μπορούν να αποθηκευτούν χωριστά από ορυκτά καύσιμα, διατηρώντας έτσι καλύτερες ιδιότητες καυσίμου. Τα βιοκαύσιμα θα διατηρούνται σε χωριστές δεξαμενές αποθήκευσης και στη συνέχεια αναμιγνύονται με ορυκτά καύσιμα στον κύριο κινητήρα όταν χρειάζεται, για παράδειγμα, κατά τη διέλευση από ECA. Ωστόσο, χειρισμός και συντήρηση ξεχωριστής δεξαμενής καυσίμου απαιτεί πρόσθετες λειτουργικές δαπάνες που δεν θα ήταν ευνοϊκές για τους ιδιοκτήτες πλοίων. Για παράδειγμα, θα έπρεπε να γίνει δειγματοληψία καυσίμου από κάθε δεξαμενή αποθήκευσης που περιέχει διαφορετικό καύσιμο και το πλήρωμα για να το κάνει πρέπει να εκπαιδευτεί στον χειρισμό δεξαμενής βιοκαυσίμων. Επομένως, η ανάμειξη σε επίπεδο αποθήκης θα απαιτεί τις ελάχιστες αλλαγές υποδομής στην αλυσίδα εφοδιασμού, καθώς τα καύσιμα είναι ήδη προαναμεμιγμένα επί του σκάφους και οι πλοιοκτήτες δεν χρειάζονται ειδικές δεξαμενές βιοκαυσίμων επί του

σκάφους. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν ξεχωριστά συστήματα καυσίμου για κύριους και βοηθητικούς κινητήρες, και με την είσοδο στις ECA, πολλά πλοία χρησιμοποιούν ξεχωριστά καύσιμα υψηλής και χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Έχουν επίσης αναληφθεί μερικές πρωτοβουλίες για την ανάμειξη βιοκαυσίμων σε επίπεδο διυλιστηρίου. Μερικές εταιρείες έχουν υιοθετήσει τεχνολογίες συνεπεξεργασίας καυσίμων, όπου οι παραδοσιακές εταιρείες διύλισης χρησιμοποιούν τεχνολογία για την παραγωγή υδροκατεργασμένου φυτικού ελαίου (HVO) με ταυτόχρονη αναβάθμιση κυρίως των ορυκτών καυσίμων. Οι ConocoPhillips, BP, Petrobras, Total, Haldor Topsøe, Nippon Oil, Preem, Ensyn και AltAir είναι τέτοιες εταιρείες που λειτουργούν πλατφόρμες μικρής κλίμακας πριν προχωρήσουν σε μεγαλύτερες επενδύσεις. Η συνεπεξεργασία HVO περιλαμβάνει παραγωγή HVO σε μονάδα αποθείωσης ενός παραδοσιακού διυλιστηρίου όπου τα φυτικά έλαια αναμιγνύονται απευθείας με το ορυκτό ντίζελ. Η διαδικασία είναι πιο εύκολη στην εφαρμογή παρά την καθαρή παραγωγή HVO και χρησιμοποιεί το υδρογόνο που παράγεται επιτόπου στις μονάδες διύλισης αργού. Το τελικό προϊόν είναι ήδη αναμειγμένο και είναι υψηλότερης ποιότητας από το βιοντίζελ, ξεκινώντας από τη φθηνότερη πρώτη ύλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Τα βιοκαύσιμα από μια άλλη οπτική γωνία

Η χρηματοδότηση και η εστίαση που διατίθεται για την ανάπτυξη νέων καυσίμων πλοίων είναι συνδεδεμένη με τη σημερινή τιμή του αργού πετρελαίου. Όταν οι τιμές του πετρελαίου είναι χαμηλές, υπάρχει μικρό οικονομικό κίνητρο για μετάβαση σε ένα εναλλακτικό καύσιμο λαμβάνοντας υπόψη την ήδη δημιουργηθείσα υποδομή που τροφοδοτεί τα ορυκτά καύσιμα.

Υπάρχουν, ωστόσο, περιβαλλοντικά και κανονιστικά κίνητρα για την ανάπτυξη καυσίμων που συμπληρώνουν συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Η ανάπτυξη βιοκαυσίμων που είναι συμβατά με κινητήρες πλοίων είναι ακόμη σε αρχικά επίπεδα. Έχοντας μία άφθονη προμήθεια πρώτης ύλης και αξιόπιστες τεχνολογίες επεξεργασίας για την παραγωγή ανταγωνιστικών τιμών τα βιοκαύσιμα σε μεγάλη κλίμακα παραμένουν πρόκληση.

Ξεκινώντας από τις πρώτες ύλες βιομάζας, η τιμή και η προσφορά γεωργικών υπολειμμάτων

έχει αυξηθεί λόγω του αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού και της αλλαγής των διατροφικών συνηθειών, αλλά οι αγορές εφοδιασμού γίνονται πιο ασταθείς λόγω των ακραίων κλιματικών συνθηκών. Επιπλέον, η τιμή του βιομηχανικού ξύλου ως πρώτης ύλης έχει μειωθεί από τη δεκαετία του 1960. ωστόσο, υπάρχει μια σταθερή αύξηση της τιμής λόγω της αυξανόμενης ζήτησης από τον τομέα της βιοενέργειας. Ανεξάρτητα από την πρώτη ύλη, η τιμή πώλησης των βιοκαυσίμων εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου. Εμπειρογνώμονες υποστηρίζουν ότι τα βιοκαύσιμα που προέρχονται από γεωργικά απόβλητα δεν θα είναι ανταγωνιστικά έναντι των συμβατικών καύσιμα έως ότου η τιμή του πετρελαίου ανέλθει σε τουλάχιστον 60 δολάρια το βαρέλι. Έτσι, όταν οι τιμές του αργού πετρελαίου είναι χαμηλές, η ζήτηση για βιοκαύσιμα μειώνεται. Από την πλευρά του χειριστή σκάφους, έως και το 50% της λειτουργίας το κόστος κυριαρχείται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος των καυσίμων, επομένως τα ορυκτά καύσιμα πλοίων έχουν ένα περαιτέρω συγκριτικό πλεονέκτημα. Ωστόσο, τα βιοκαύσιμα μειώνουν τις εκπομπές των πλοίων και αυξάνουν την τοπική ποιότητα του αέρα, επιπλέον εμφανίζουν εξαιρετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Επομένως, μόλις επιβληθούν αυστηρότεροι περιορισμοί στις εκπομπές θείου, τα βιοκαύσιμα μπορούν να εισαχθούν στον τομέα της ναυτιλίας για να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις και να έχουν μεγαλύτερο κόστος καθώς η ζήτηση θα είναι μεγαλύτερη. Ενώ οι ναυτιλιακές εταιρείες έχουν επίσης επιλογή στην αγορά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ορυκτών καυσίμων ή χρήση πλυντηρίων, οι τρέχουσες περιβαλλοντικές πολιτικές θέτουν όρια εκπομπών GHG τα οποία θα δημιουργήσουν επίσης ζήτηση για βιοκαύσιμα, καθώς θα περιορίσει τη χρήση ορυκτών καύσιμα. Με άλλα λόγια, τα βιοκαύσιμα είναι ελκυστικά σε αγορές όπου το κόστος των καυσίμων είναι χαμηλό σε σχέση με το συνολικό λειτουργικό κόστος και ο καθαρός αέρας θα θεωρείται εμπορεύσιμο περιουσιακό στοιχείο. Οι τεχνικές εξελίξεις των βιοκαυσίμων γενικά αναμένεται να μειώσουν το κόστος. Ωστόσο, θα έπρεπε να αναγνωριστεί ότι σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας είναι ακόμα σε ισχύ ΒΡΕΦΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ; Μόνο τα σάκχαρα μετατρέπονται επί του παρόντος σε προϊόντα καυσίμων σε εμπορική κλίμακα, ενώ η υπό ανάπτυξη σκληρή μετατροπή λιγνίνης δεν είναι προς το παρόν σε εμπορική κλίμακα. Επομένως υπάρχει ουσιαστική δυνατότητα αύξησης της προστιθέμενης αξίας βιομάζας, εφόσον οι τεχνολογίες είναι ικανές, η μετατροπή λιγνίνης σε καύσιμα και χημικά υψηλότερης αξίας, αναπτύσσονται και εισάγονται περαιτέρω. Βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς όπως βιοντίζελ με βάση φυτικά έλαια ή βιοαιθανόλη από καλαμπόκι ή το ζαχαροκάλαμο μπορεί συνήθως να ανταγωνιστεί τα ορυκτά καύσιμα σε τιμές πετρελαίου περίπου 60 USD/βαρέλι. Τα βιοκαύσιμα έχουν υψηλότερο κόστος παραγωγής

καθώς είναι νεότερα και λιγότερο βελτιστοποιημένα τεχνολογικά. Μια σειρά από τεχνολογίες βιοκαυσίμων 2ης γενιάς θα αρχίσουν να γίνονται οικονομικά ανταγωνιστική σε τιμές πετρελαίου γύρω στα 100 USD ανά βαρέλι. Αν και υψηλές τιμές άνω των 100 USD παρατηρούνται για περιόδους 1-3 ετών, τέτοιες υψηλές τιμές δεν είναι πιθανό να γίνουν μόνιμες εντός στο ορατό μέλλον, δεδομένων των ιστορικών τιμών του πετρελαίου. Αυτό υποστηρίζεται περαιτέρω από το γεγονός ότι το νέο τεχνολογικό fracking εισαγάγει περισσότερους πόρους πετρελαίου και φυσικού αερίου στην αγορά, όπως και η ανάπτυξη τεχνολογιών αιολικής και ηλιακής ενέργειας, θα μειώσει τη ζήτηση για πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Υποθέτοντας ότι τα βιοκαύσιμα είναι τεχνικά αναπτυγμένα και διαθέσιμα για τον ναυτιλιακό τομέα σε μεγάλο βαθμό, μια ευρύτερη αρχική εισαγωγή βιοκαυσίμων στον τομέα είναι πιθανό να εξαρτηθεί από την αύξηση περιβαλλοντική ρύθμιση των εκπομπών σωματιδίων και αερίων θερμοκηπίου (GHG) ή νέα επιχειρηματικά μοντέλα συμπεριλαμβανομένου του χαμηλού αποτυπώματος άνθρακα, ως μέρος της υπηρεσίας μεταφοράς. Για μια σειρά καταναλωτικών αγαθών, το κόστος μεταφοράς είναι μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους, και όπως φαίνεται για άλλους καταναλωτές προϊόντα και υπηρεσιών ενδέχεται να υπάρχει ζήτηση για υπηρεσίες μεταφοράς χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ένα παράδειγμα επέκτασης της αγοράς βιοκαυσίμων μέσω ρύθμισης είναι η Ευρωπαϊκή Ανανεώσιμη Ενεργειακή Οδηγία (RED), η οποία επιβάλλει μερίδιο 2% των βιοκαυσίμων 2ης γενιάς ή των ηλεκτρικών οχημάτων στον τομέα των οδικών μεταφορών. Ο διεθνής ναυτιλιακός τομέας δεν καλύπτεται επί του παρόντος από καμία κανονιστική ρύθμιση για τις εκπομπές GHG. Επομένως, μια εκτίμηση για το πότε και πώς τα βιοκαύσιμα 2ης γενιάς θα καταστούν ανταγωνιστικά ως προς το κόστος με τα ορυκτά καύσιμα πρέπει να στηρίζονται σε παραδοχές για την ανάπτυξη της τεχνολογίας, τις τιμές του πετρελαίου και ρυθμιστικά πλαίσια, τα οποία όλα έχουν το δικό τους επίπεδο αβεβαιότητας. Χρησιμοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες και η τιμή του πετρελαίου ως σημείο αναφοράς για την ανταγωνιστικότητα κόστους, το νεκρό σημείο μεταξύ των ορυκτών καυσίμων και τα ιώδη καύσιμα είναι της τάξης των 100-120 USD/βαρέλι. Συμπεριλαμβανομένης της πρόβλεψης της τεχνικής εξέλιξης με καύσιμα με βάση το λιγνίνη και χημικά προϊόντα που προέρχονται από βιομάζα, αυτό το επίπεδο μπορεί να πέσει σε 70-90 USD/βαρέλι. Εάν θεσπιστούν ειδικές εντολές για βιοκαύσιμα ή καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα στον ναυτιλιακό τομέα, Στο πλαίσιο της εντολής δεν θα υπάρχει ανταγωνισμός με τα ορυκτά καύσιμα και μια χωριστή αγορά θα καθарίσει την τιμή των θαλάσσιων βιοκαυσίμων. Η πιο εκτεταμένη χρήση θαλάσσιων βιοκαυσίμων πιθανότατα θα εφαρμοστεί πρώτα στις τοπικές πλωτές οδούς, εσωτερικές ποτάμιες εμπορευματικές διαδρομές και παράκτιες ζώνες

πρασίνου, ιδίως SECA. Ναυτιλιακές εταιρείες θα αναγκαστεί να συμμορφωθούν με τις ρυθμιστικές εντολές και να χρησιμοποιήσουν πυκνότερα καθαρότερα καύσιμα στις κατοικημένες περιοχές. Τα λιμάνια του Ρότερνταμ και του Άμστερνταμ είναι καλά παραδείγματα αυτού όπως και η κρουαζιέρα στο λιμάνι του Σίδνεϊ είναι τέτοια παραδείγματα. Εάν τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα πρόκειται να παραμείνουν μια επιλογή, με τους νέους κανονισμούς εκπομπών, το HFO θα χρειαζόταν περαιτέρω αναβάθμιση για να καταστεί ένα «καθαρότερο» καύσιμο. Ωστόσο, η περαιτέρω δύλιση πρέπει επίσης να αιτιολογείται από υψηλότερη τιμή του διυλισμένου καυσίμου σε σύγκριση με το πρόσθετο κόστος της δύλισης. Ως εκ τούτου, προβλέπεται ότι η μελλοντική προμήθεια καυσίμων με τις ισχύουσες εντολές εκπομπών θα αποτελούνται από ένα μείγμα καυσίμων που παράγονται από διαφορετικές πηγές, όπως το αργό πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, η βιομάζα, η ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη και η πυρηνική ενέργεια. Με τους ρυθμιστικούς παράγοντες και τους οδηγούς της αγοράς, τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να αποτελούν από 5 έως 10% του παγκόσιου μείγματος καυσίμων πλοίων έως το 2030 ίσο με μια αγορά 16-33 εκατομμυρίων τόνων βιοκαυσίμων. Εκτιμήσεις για τη παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων έως το 2020 είναι περίπου 115 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμα πετρελαίου. Ο σχηματισμός του σε παγκόσμιο ΕΕΣ και οικονομικά κίνητρα στους λιμένες για πλοία που παράγουν λιγότερες εκπομπές αυξάνει ακόμη περισσότερο τη ζήτηση βιοκαυσίμων. Για να διατηρηθούν οι τιμές ανταγωνιστικές, εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων θα πρέπει να βρίσκονται κοντά σε μεγάλα λιμάνια ή σταθμούς καυσίμων. Η εξασφαλισμένη διαθεσιμότητα θαλάσσιων βιοκαυσίμων είναι ένα βασικό στοιχείο για την επιτυχημένη εφαρμογή. Ο κλάδος των θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων, με σταθερά δρομολόγια και η υψηλή ναυτιλιακή δραστηριότητα, αποτελεί ιδανικό σημείο εκκίνησης για μια συνεπή παροχή βιοκαυσίμων. Αυτά τα σκάφη λειτουργούν «από σημείο σε σημείο» κοντά σε λιμάνια, επωφελούμενοι έτσι από την τακτική τροφοδοσία καυσίμων σε καθορισμένα σημεία σταθμούς. Οι δραστηριότητες σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνουν δρομολόγια πλοίων ή εμπορικές ακτοπλοϊκές μεταφορές μικρών αποστάσεων. Οι πρώτοι όγκοι θα συγκεντρώνονται γεωγραφικά γύρω από λιμάνια με αυστηρούς ελέγχους εκπομπών, όπως π.χ Δυτική Ευρώπη, οι Σκανδιναβοί και η δυτική ακτή της Βόρειας Αμερικής. Η αποδοχή της χρήσης βιοκαυσίμων στη ναυτιλία βαθέων υδάτων, από την άλλη πλευρά, θα χρειαζόταν περισσότερο χρόνο και μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν τα καύσιμα μπορούν να παραχθούν σε μεγάλες ποσότητες σε ανταγωνιστικό επίπεδο τιμή ή με εντολή σε όλο τον κόσμο. Δεδομένου ότι τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χρησιμοποιούν δεκάδες κιλοτόνους καυσίμου πριν τον ανεφοδιασμό, τα πλοία δεν έχουν

ακόμη λειτουργήσει με καθαρά βιοκαύσιμα, καθώς η διαθεσιμότητα βιοκαυσίμων δεν είναι ακόμη στο επιθυμητό επίπεδο. Ωστόσο, η ανάμειξη βιοκαυσίμων με τα συμβατικά τα καύσιμα μπορούν να λύσουν το ζήτημα των χαμηλότερων εκπομπών και της ανταγωνιστικότητας των τιμών. Τα καύσιμα σταγόνας θα ήταν έτσι η καλύτερη επιλογή μακροπρόθεσμα πριν ο τομέας της ναυτιλίας στραφεί σε μελλοντική περισσότερη ενέργεια αποτελεσματική μέθοδο πρόωσης. Δεδομένης της υψηλής απόδοσης του κινητήρα ντίζελ, μια μεγάλης κλίμακας αλλαγή σε ένα διαφορετικό στάνταρ ναυτιλιακό Η μέθοδος πρόωσης στο εγγύς μεσοπρόθεσμο μέλλον φαίνεται απίθανη. Έτσι, μεγάλο μέρος της προσπάθειας σε η ανάπτυξη βιοκαυσίμων για εμπορικά πλοία πλοίων βρίσκει συμβατά καύσιμα για να λειτουργούν με ντίζελ κινητήρες. Μέχρι στιγμής, τα μείγματα βιοντίζελ έως και 20% με MDO/MGO φαίνονται πολλά υποσχόμενα. όπως έχει γίνει στον τομέα των οδικών μεταφορών. Το φυτικό έλαιο που έχει υποστεί επεξεργασία με υδρογόνο είναι επίσης μια καλή τεχνικά αντικατάσταση του ΗFO και είναι συμβατό με τους τρέχοντες κινητήρες και την εφοδιαστική αλυσίδα. Τα νεότερα καύσιμα όπως το DME (διμεθυλαιθέρας), το bioLNG, η βιοαιθανόλη και η (βιο)μεθανόλη είναι συμβατά με σύγχρονοι πετρελαιοκινητήρες θαλάσσης, αν και η ευρεία αποδοχή τους στη ναυτιλία περιορίζεται από διαθεσιμότητα. Επίσης, δεν υπάρχουν διαθέσιμες υποδομές και επενδύσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού καυσίμων εισάγουν αυτά τα νέα καύσιμα, παρόλο που μπορούν να είναι συμβατά με νεότευκτα πλοία.

3.2 Νομοθεσία που σχετίζεται με τα Βιοκαύσιμα

Οι κανονισμοί ήταν ένας σημαντικός μοχλός για την τόνωση της προσφοράς και της ζήτησης βιοενέργειας, αφού οι περισσότερες τεχνολογίες βιοενέργειας δεν είναι ακόμη οικονομικά ανταγωνιστικές με τα ορυκτά καύσιμα. Οι περισσότερες περιοχές με ενδιαφέρον για την παραγωγή και/ή την κατανάλωση βιοκαυσίμων είναι είτε ήδη μεγάλοι καταναλωτές καυσίμων (Βορράς Αμερική, ΕΕ) ή κερδοφόροι παραγωγοί πρώτης ύλης (Νότια Αμερική, Νοτιοανατολική Ασία). Τοπικά οι κυβερνήσεις μπορούν να δώσουν διαφορετικές εντολές για τα βιοκαύσιμα, όπως στόχους για μείωση των ειδικών φόρων κατανάλωσης, και φορολογικά κίνητρα. Οι κανονισμοί σχετικά με τη χρήση βιοντίζελ έχουν προχωρήσει ταχύτερα στις μεταφορές αυτοκινήτων από τον τομέα της εμπορικής ναυτιλίας. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όρισε εντολή για ανάπτυξη προτύπων σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις και μεθόδους

δοκιμής για το βιοντίζελ το 2003, για την τυποποίηση του καυσίμου βιοντίζελ. Η Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM) έχει επίσης δημοσιεύσει πρότυπα για καύσιμο βιοντίζελ B100 και μείγματα για καύσιμα απόσταξης. Η χρήση βιοκαυσίμων στα πλοία, ωστόσο, δεν λαμβάνεται υπόψη στη νομοθεσία του IMO. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέσπισε την Οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (RED) το 2009 για να θέσει επίπεδα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η οδηγία προβλέπει επίσης τα κριτήρια αειφορίας όσον αφορά τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά, και υπάρχει στόχος 20% ενέργειας που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έως το 2020. Στον τομέα των ρυθμιζόμενων μεταφορών, που ορίζεται ως οδικός και σιδηροδρομικός, ο στόχος του 2020 είναι να επιτευχθεί μερίδιο 10% της ανανεώσιμης ενέργειας, εκ των οποίων η πλειοψηφία αναμένεται να προέλθει από βιοκαύσιμα. Ωστόσο, σημειώθηκε πρόοδος στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αργού, όπου το μερίδιο της ΕΕ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις μεταφορές έφτασε το 5,4% το 2013. Ωστόσο, χώρες όπως η Ολλανδία, τα βιοκαύσιμα τόσο για τις οδικές όσο και για τις θαλάσσιες μεταφορές υπολογίζονται ως μέρος εθνικών στόχων για το κλίμα. Στις 30 Νοεμβρίου 2016, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε πρόταση για ένα αναθεωρημένο RED, το λεγόμενο RED II, για να καταστεί η ΕΕ παγκόσμιος ηγέτης στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αύξησε τον στόχο για τουλάχιστον 27% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030, αναμένεται να τεθεί σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2021. Η ενσωμάτωση ναυτιλιακών καυσίμων στον στόχο RED εξαρτάται από τη ρύθμιση μέσω του IMO, η οποία βρίσκεται ακόμη υπό συζήτηση. Τα βιοκαύσιμα πρέπει να πληρούν ορισμένα κριτήρια βιωσιμότητας προτού διατεθούν στην αγορά ως συμβατά με το RED και που συνυπολογίζεται στον στόχο της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες βιωσιμότητας: τα βιοκαύσιμα πρέπει να επιτύχουν μείωση εκπομπών GHG σε σύγκριση με τα εναλλακτικά ορυκτά καύσιμα για την εγγύηση της εξοικονόμησης άνθρακα (RED άρθρο 17.2), δεν μπορούν να λάβουν πρώτες ύλες από περιοχές βιοποικιλότητας για την προστασία της γης με υψηλή φυσική ποικιλότητα όπως πρωτογενές δάσος και λιβάδια (άρθρο 17.3), οι πρώτες ύλες δεν μπορούν να καλλιεργηθούν σε ορισμένες εξαιρούμενες περιοχές για την προστασία από αποθέματα άνθρακα και αλλαγές χρήσεως γης (άρθρο 17.4), ιδίως περιοχές τυρφώνων με υψηλό απόθεμα άνθρακα. Ομοίως και άλλες δικαιοδοσίες, π.χ. Ο Καναδάς, αξιολογεί εάν θα συμπεριλάβει τα καύσιμα πλοίων σε αυτόν τον κατάλογο των ανανεώσιμων καυσίμων μεταφορών καθώς ενημερώνει την αναθεώρηση Clean Fuel Standard. Η πρόκληση κατά την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων είναι ότι τα κίνητρα της αγοράς για τη συμμόρφωση με αυτούς τους κανονισμούς πρέπει να ωφελήσουν

ή να επηρεάσουν όλα τα μέρη εντός της αλυσίδας εφοδιασμού βιοκαυσίμων, διαφορετικά κανένα μέρος δεν θα το άλλαζε το παραδοσιακό status quo. Έτσι η διεθνής ρύθμιση των θαλάσσιων βιοκαυσίμων είναι σπουδαία.

3.3 Οι προκλήσεις που δημιουργούνται

Μία από τις σημαντικότερες ανησυχίες σχετικά με τη χρήση βιοκαυσίμων, ή οποιουδήποτε νέου εναλλακτικού καυσίμου, στα ναυτιλία σκάφη είναι η έλλειψη μακροπρόθεσμων δεδομένων δοκιμών καυσίμου που να εγγυάται την ασφάλεια και τη συνεχή αξιοπιστία του επιλεγμένου καύσιμου. Σε αυτές τις γραμμές, η τιμή των καυσίμων και η εγγύηση προμήθειας αποτελούν επίσης σημαντικές προκλήσεις και πρέπει να λυθούν πριν τα πλοία ναυτιλίας αλλάξουν τη λειτουργία τους με νέο καύσιμο. Η απόδοση των τυπικών καυσίμων με βάση το πετρέλαιο σε κινητήρες ντίζελ είναι αρκετά κατανοητή. Ωστόσο, δεν μπορούμε να πούμε το ίδιο για τα νέα βιοκαύσιμα αυτή τη στιγμή, καθώς παράγονται από διαφορετικές πρώτες ύλες και διαδικασίες. Έτσι, απαιτείται σημαντικός αριθμός δοκιμών και τυποποίησης να πραγματοποιηθεί προκειμένου ο τομέας των ανανεώσιμων καυσίμων να αναπτύξει κατάλληλα βιοκαύσιμα που είναι πλήρως συμβατά και εξίσου αποτελεσματικά ως εναλλακτική λύση σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Ενώ τρέχον τα βιοκαύσιμα που παράγονται στο εμπόριο έχουν αποδειχθεί ότι είναι χημικά συμβατά με τη δομή του καυσίμου, η βιολογική σταθερότητα κατά τη μεταφορά και ιδιαίτερα η μακροχρόνια αποθήκευση παραμένει ένα ζήτημα ανησυχίας. Τα πρότυπα ISO για τα βιολογικά καύσιμα για τον ναυτιλιακό τομέα βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη. Υπάρχει μία ανάγκη αντιμετώπισης της σταθερότητας του καυσίμου έναντι της οξείδωσης (αριθμός οξέος που δεν υπερβαίνει τα 2,5 mg KOH/g), ελάχιστη περιεκτικότητα σε νερό για την αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης και ιδιότητες ροής σε χαμηλή θερμοκρασία. Προς το παρόν, οι κανονισμοί δεν επιτρέπουν την ανάμειξη βιοντίζελ με θαλάσσιο απόσταγμα ή υπολειμματικά καύσιμα καθώς θεωρούνται μολυσματικά, αλλά οι δοκιμές καυσίμων που έχουν πραγματοποιηθεί με ανάμειξη καυσίμων για τον προσδιορισμό της συμβατότητάς τους με κινητήρες πλοίων. Το περιεχόμενο FAME στα ναυτιλιακά καύσιμα δεν μπορεί υπερβαίνει το 0,1 % κατ' όγκο στα καύσιμα απόσταξης, καθώς δεν έχει ακόμη συγκεντρωθεί σημαντικός όγκος δεδομένων σχετικά με την αποθήκευση, το χειρισμό και την επεξεργασία στο θαλάσσιο περιβάλλον. Όσον αφορά τα υπολειμματικά καύσιμα, ISO το πρότυπο 8217 για καύσιμα καυσίμων δεν

καλύπτει καμία τυποποιημένη μέθοδο δοκιμής για τα βιοκαύσιμα, και επομένως θεωρείται ρύπος στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τα βιοκαύσιμα έχουν την τάση να οξειδώνονται και να αποικοδομούνται κατά τη μακροχρόνια αποθήκευση 6 έως 10 μηνών. Όπως και τα βιοκαύσιμα προέρχονται από φυσικές πηγές, τείνουν να αποικοδομούνται στο νερό πιο γρήγορα από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα. Αυτό είναι θετικό σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας, αλλά θα προκαλούσε προβλήματα μακροπρόθεσμα στην αποθήκευση του καυσίμου. Η λιπαντικότητα και η αγωγιμότητα του καυσίμου αποτελούν επίσης τομείς ανησυχίας. Η λιπαντικότητα του καυσίμου είναι σημαντική σε έναν κινητήρα ντίζελ, καθώς τα κινούμενα μέρη συχνά λιπαίνονται από το καύσιμο. Αυτή είναι επίσης μία περίπτωση για τους χειριστές πλοίων όταν αλλάζουν σε ULSD, κάτι που απαιτεί διαφορετική πρόσθετη λίπανση πρόσθετα. Παρόλο που το βιοντίζελ λειτουργεί ως καλό λιπαντικό, χάνει τη λιπαντικότητά του για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω της οξείδωσης των ακόρεστων μορίων που υπάρχουν στο καύσιμο και του αυξημένου νερού από απορρόφηση υγρασίας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σημαντική για το καύσιμο καθώς μπορούν να συσσωρευτούν στατικά φορτία το καύσιμο που αντλείται μέσω αγωγών, απαιτώντας έτσι τη χρήση αντιστατικών προσθέτων για την πρόληψη στατική εκκένωση κατά τη μεταφορά, και την άντληση. Όταν πρόκειται για τη δημιουργία της αλυσίδας εφοδιασμού βιοκαυσίμων, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρηματοδότηση βιοκαυσίμων Τα πακέτα τείνουν να περιλαμβάνουν καύσιμα για άλλους τομείς μεταφορών, όπως καύσιμα αεριοθεωμένων και αυτοκινήτων προσθήκη στα καύσιμα πλοίων. Στην πραγματικότητα, κυβερνητικές πολιτικές, επιδοτήσεις και εντολές κατά το παρελθόν συχνά επικεντρώνονταν στα καύσιμα για τις εσωτερικές οδικές μεταφορές παρά για τις αεροπορικές ή θαλάσσιες μεταφορές. Αυτό υπονοεί ότι οι κατασκευαστές βιοκαυσίμων έχουν επικεντρωθεί κυρίως στα καύσιμα για τις οδικές μεταφορές (π.χ. αυτοκίνητα, φορτηγά, ράγα). Η παραγωγή καυσίμων αεριοθεωμένων έχει γίνει επίσης ένας δημοφιλής τομέας έρευνας, καθώς το αεροπορικό φορτίο έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια παρά το υψηλότερο κόστος μεταφοράς, καθώς τα εμπορικά αγαθά χρειάζονται πολύ μικρότερο χρόνο να φτάσουν στα αεροδρόμια. Οι επιβάτες των αεροπορικών μεταφορών έχουν επίσης αυξηθεί την τελευταία δεκαετία, φυσικά αύξηση της ζήτησης για καύσιμα αεροσκαφών. Μέχρι τα τέλη του 2016, έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερες από 2.500 εμπορικές πτήσεις χρησιμοποιώντας μείγματα ανανεώσιμων καυσίμων και ο αριθμός αυξάνεται. Ο όγκος των αεροπορικών καυσίμων που ζητήθηκε ανά τομέα προσεγγίζει επίσης αργά εκείνον της εμπορικής ναυτιλίας (275 Mt έναντι 330 Mt αεροπορίας έναντι αποστολή αντίστοιχα). Προκειμένου τα θαλάσσια βιοκαύσιμα να παραμείνουν σχετικά, θα ήταν πλεονεκτικό να παράγουν τόσο αεροπορικά όσο και θαλάσσια

βιοκαύσιμα ταυτόχρονα, καθώς η αεροπορία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει υψηλότερης ποιότητας κλάσματα και τα υπολείμματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για καύσιμα.

Συμπέρασμα

Οι θαλάσσιες μεταφορές είναι και παραμένουν μια από τις πιο ζωτικές μορφές εμπορευματικών μεταφορών. Η εμπορική ναυτιλία είναι από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς στον κλάδο των μεταφορών και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και το περιβάλλον. Η θαλάσσια ναυτιλία είναι ένας τρόπος μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων και χαμηλής ενέργειας και συνεχίζει να βελτιώνει την ενεργειακή του απόδοση και την ανταγωνιστικότητα κόστους για να επιβιώσει σε μια ανταγωνιστική αγορά με εναλλακτικές λύσεις όπως οι δρόμοι και οι αεροπορικές μεταφορές. Υπάρχουν επίσης λειτουργικά πλεονεκτήματα στη χρήση θαλάσσιων διαδρομών αντί για τις οδικές μεταφορές, καθώς τα εμπορεύματα μπορούν να φτάνουν γρηγορότερα μέσω των λιμανιών και ταυτόχρονα να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών GHG. Με τους σημερινούς όγκους καυσίμων που απαιτούνται από τον κλάδο της εμπορικής ναυτιλίας και τις νέες ρυθμιστικές απαιτήσεις καυσίμων, υπάρχει ισχυρό δυναμικό της αγοράς για τα βιοκαύσιμα, ιδιαίτερα τα μείγματα βιοκαυσίμων. Ενώ οι βιομηχανίες βιοαιθανόλης και βιοντίζελ πρώτης γενιάς έχουν ήδη κυκλοφορήσει στο εμπόριο που καθιερώθηκε, από το 2016, υπήρξε αργή ανάπτυξη και μετατόπιση υποστήριξης για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς. Σχεδόν όλες οι πολιτικές σχετικά με τα ανανεώσιμα υγρά καύσιμα μεταφορών έχουν προσανατολιστεί στον τομέα των οδικών μεταφορών, ενώ εντολές χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη ναυτιλία, τις αερομεταφορές και τις σιδηροδρομικές μεταφορές έχουν καθυστερήσει. Η χρήση βιοκαυσίμων στη ναυτιλία παρουσιάζεται ως ευκαιρία μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και βελτίωσης της ποιότητας του αέρα, δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες βιοκαυσίμων περιέχουν πολύ λίγο ή καθόλου θείο. Αναπτύσσοντας τις υποδομές και την εφοδιαστική αλυσίδα για βιοκαύσιμα είναι επίσης μια ευκαιρία για την οικοδόμηση μιας βιώσιμης βιοοικονομίας. Όπως και η εμπορική παραγωγή θαλάσσιων βιοκαυσίμων απογειώνεται, είναι πιθανό οι πρώτες ύλες για την παραγωγή να ανταγωνιστούν άλλα υγρά καύσιμα μεταφορών, ειδικά για τις αερομεταφορές. Ωστόσο, οι διαδικασίες δύλισης για καύσιμα πλοίων θα είναι λιγότερο εντατικές και θα μπορούσαν ακόμη και να ενσωματωθούν μαζί με τα αεροπορικά καύσιμα. Τα περιβαλλοντικά οφέλη, μαζί με τις τρέχουσες ρυθμιστικές πολιτικές και την κρατική υποστήριξη αποτελούν ισχυρή

επιχειρηματική υπόθεση για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η μετάβαση στα βιοκαύσιμα ή μείγματα πιθανότατα θα ηγηθεί από «προοδευτικές» αποστολές, μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες εμπορευμάτων και ναυτιλιακές εταιρείες με προφίλ πελατών υψηλού επιπέδου, όπως εταιρείες πορθμείων και κρουαζιέρων. Τα βιοκαύσιμα προσφέρουν, με λίγες εξαιρέσεις, καθαρή μείωση του κόστους άνθρακα, ειδικά αυτά που παράγονται από πρώτες ύλες δεύτερης γενιάς, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές άνθρακα που παράγονται από τον ναυτιλιακό τομέα. Μια συνολική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα της εμπορικής ναυτιλίας θα ήταν πιθανόν να επιτευχθεί μέσω ενός συνδυασμού βελτιώσεων στον σχεδιασμό των πλοίων, στις λιμενικές υποδομές και στα καύσιμα. Η αγορά βιοκαυσίμων δεν υψίστατε χωρίς προκλήσεις. Ο κλάδος εξακολουθεί να παλεύει με την καθιέρωση σταθερής προσφοράς πρώτων υλών ανταγωνιστική ως προς τις τιμές και τις τεχνολογίες για βιοκαύσιμα 2ης γενιάς που η παραγωγή βιοαιθανόλης είναι σε πρώιμη εμπορική φάση, ενώ η θερμική μετατροπή απαιτεί περισσότερες τεχνολογίες προτού δημιουργηθεί η εμπορική παραγωγή. Θαλάσσια βιοκαύσιμα επίσης, δεν έχουν ενσωματωθεί σε σημαντικό επίπεδο στην τρέχουσα αλυσίδα εφοδιασμού καυσίμων, 'ετσι ιδιοκτήτες διστάζουν να στραφούν στη λειτουργία με βιοκαύσιμα. Το μεγαλύτερο λειτουργικό μειονέκτημα αυτή τη στιγμή είναι η έλλειψη μακροπρόθεσμων δεδομένων για τη χρήση βιοκαυσίμων, καθώς είναι ακόμα σχετικά νέα στον τομέα. Έτσι, για λιγότερο καθαρισμένα ή περισσότερο ακατέργαστα βιοκαύσιμα, η βιομηχανία ανησυχεί για την οξείδωση, την αποθήκευση και τη μικροβιακή σταθερότητα των βιοκαυσίμων εξακολουθώντας να αποτελεί πρόκληση για τους προμηθευτές βιοκαυσίμων. Επιπλέον, η χρήση του βιοκαυσίμου σε κινητήρες πλοίων έχει δοκιμαστεί μόνο σε πειραματικό στάδιο ή σε μικρής κλίμακας εφαρμογές, αφήνοντας αμφιβολίες για την επεκτασιμότητα των λειτουργιών. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, τα πλοία παραμένουν λειτουργικά για περισσότερα από 30 χρόνια, οι φορείς εκμετάλλευσης πλοίων θα έπαιρναν μεγάλο ρίσκο χρησιμοποιώντας ένα καύσιμο που δεν είναι ακόμη εγγυημένο ότι θα λειτουργήσει με τους εγκατεστημένους κινητήρες για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι τεχνικές προκλήσεις των βιοκαυσίμων για τον ναυτιλιακό τομέα φαίνεται να έχουν επιλυθεί, αλλά το μέλλον της εισαγωγής βιοκαυσίμων στο μείγμα καυσίμων πλοίων θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την εφαρμογή και επιβολή των διεθνών ναυτιλιακών κανονισμών. Κανονισμός με τη μορφή των νομοθετικών απαιτήσεων για τις εκπομπές καυσαερίων πλοίων, εντολές ανάμειξης, λιμενικούς κανονισμούς και τεχνολογίες. Επί του παρόντος, το EEDI και το RED II μπορούν να χρησιμεύσουν ως επιχειρηματική υπόθεση για την προώθηση προηγμένων βιοκαυσίμων: Η EEDI ενθαρρύνει τους πλοιοκτήτες/φορείς να χρησιμοποιούν πιο ενεργειακά αποδοτικές και χαμηλές εκπομπές άνθρακα τεχνολογίες για

την τροφοδοσία των πλοίων τους, ενώ τη στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές δεν είναι σαφές πώς θα καλύψει το RED II στον ναυτιλιακό τομέα, είναι ένα παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο μπορεί να δοθεί στους προμηθευτές καυσίμων ή/και στα μέρη καυσίμων υποχρέωση παράδοσης βιοκαυσίμων στην αγορά.

Βιβλιογραφία

1. AGROENERGY / Βιοκαύσιμα :
<http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1>
2. Biofuels for the marine shipping sector : <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/Marine-biofuel-report-final-Oct-2017.pdf>
3. IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions :
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
4. ETIP Bioenergy / Bioenergy Policy and Legislations :
<https://www.etipbioenergy.eu/markets-policies/biofuels-policy-legislation>
5. NetRegs / Biofuels – environmental legislation :
<https://www.netregs.org.uk/environmental-topics/carbon-reduction-and-efficiency/biofuels-for-transport/biofuels-environmental-legislation/>
6. <https://www.upsbatterycenter.com/blog/5-common-biofuel-to-know-about/#prettyPhoto>
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1755008418303259>
8. <https://inkwoodresearch.com/reports/biofuels-and-biodiesel-market/>
9. <https://biofuels-news.com/news/driving-investment-into-biofuels/>
10. <http://bioenergynews.gr/biofuels-webinar-2021/>