



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΜΑΛΙΑΔΑ

(πρώην Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ,
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**



ΧΡΥΣΙΚΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, Α.Μ.: 12547

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΓΚΟΛΦΙΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ, 2022

Περιεχόμενα

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	3
ABSTRACT.....	3
KEYWORDS	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	6
1.1 Η Γεωργία στην Ελλάδα.....	7
1.2 Καλλιέργειες για Παραγωγή Βιοντίζελ	7
1.3 Πλαίσιο Πολιτικής και Εφαρμογή.....	9
1.4 Περιβαλλοντική Εκτίμηση Βιοντίζελ Ηλίανθου στην Ελλάδα	10
1.5 Κύριοι Παράγοντες στις Αλυσίδες Εφοδιασμού biodiesel.....	11
1.6 Κατανομή Βιοντίζελ Παγκοσμίως.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	17
2.1 Γενικά για τη Κατάσταση στην Ελλάδα.....	18
2.2 Παραγωγή—Τρέχουσα Κατάσταση και Δυνατότητα.....	20
2.3 Βιομηχανική Παραγωγή και Διανομή	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	30
3.1 Δυνατά σημεία	30
3.2 Αδυναμίες	31
3.3 Ευκαιρίες.....	35
3.4 Απειλές.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ	43
5.1 Βιοντίζελ: Έννοια και Τεχνολογικές Πτυχές της Παραγωγής του	43
5.2 Διαδικασία Μετεστεροποίησης Καταλυόμενης Βάσης για Συμβατική Παραγωγή Βιοντίζελ.....	46
5.3 Νέα Βιοκαύσιμα που Εξοικονομούν Νερό στην Κατασκευή τους Ενσωματώνοντας τη Γλυκερίνη ως Παράγωγο που Ενισχύει τη Λιπαντική της Ισχύ	51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η κατανόηση και η μοντελοποίηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του βιοντίζελ που παράγεται από διάφορες ελληνικές πρώτες ύλες υπό τις τρέχουσες συνθήκες. Τρεις ενεργειακές καλλιέργειες (ελαιοκράμβη, ηλίανθος και σόγια) έχουν μελετηθεί σε σχέση με τα επίπεδα παραγωγικότητας βιοντίζελ. Σε όλη τη διαδικασία έχουν ληφθεί υπόψη οι τρέχουσες ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες και οι καλλιεργητικές παράμετροι. Στο στάδιο της αξιολόγησης, συμπεραίνουμε ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά περιοχή καλλιέργειας δείχνουν ότι η σόγια έχει τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ανά ποσότητα παραγόμενου βιοντίζελ, η καλλιέργεια με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ο ηλίανθος. Σε αυτή τη μελέτη εξετάζεται ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη από το βιοντίζελ έχουν καλύτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ, οδηγώντας έτσι στο συμπέρασμα ότι είναι εφικτό να επιτύχουμε βελτιωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Βιοκαύσιμα, Βιοντίζελ, Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

ABSTRACT

The aim of this work is to understand and model the environmental performance of biodiesel produced from various Greek raw materials under current conditions. Three energy crops (cramp, sunflower and soybean) have been studied in relation to biodiesel productivity levels. Throughout the process, the current Greek climatic conditions and cultivation parameters have been taken into account. At the evaluation stage, we conclude that the environmental impact per growing area indicates that soybeans have the lowest environmental impact. However, by evaluating the results by quantity of biodiesel produced, the crop with the least environmental impact is sunflower. This document shows that the environmental benefits of biodiesel are better than those of

conventional diesel, leading to the conclusion that it is possible to achieve improved environmental performance.

KEYWORDS

Life Cycle Analysis, Biofuels, Biodiesel, Environmental impacts.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η ανάγκη για εναλλακτικά και ανανεώσιμα καύσιμα παίζει σημαντικό ρόλο, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς λόγους.

Το βιοντίζελ είναι ένα υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή σε συνδυασμό με συμβατικό ντίζελ. Σε αυτή την περίπτωση, οι περισσότερες εκπομπές και ρύποι που είναι γνωστοί από τη χρήση του συμβατικού ντίζελ είναι μειωμένοι (European Biodiesel Board, 2007, Knothe, 2006).

Επιπλέον, το βιοντίζελ είναι ένα μη τοξικό υγρό, το οποίο είναι ασφαλέστερο από το συμβατικό ντίζελ, λόγω του υψηλότερου σημείου ανάφλεξής του. Έχει εξαιρετικά λιπαντικά χαρακτηριστικά, βιοδιασπάται τέσσερις φορές πιο γρήγορα και έχει επίσης υψηλότερο αριθμό κετανίου (Granados, 2007) από το πετρελαϊκό ντίζελ.

Τα μειονεκτήματα του βιοντίζελ περιλαμβάνουν αυξημένες εκπομπές NO_x, υψηλότερα σημεία πήξης και εξάτμισης και λιγότερο ενεργειακό περιεχόμενο (Knothe, 2005). Ωστόσο, η σημαντικότερη συνέπεια των ενεργειακών καλλιεργειών είναι η αισθητά μειωμένη διακίνηση των προϊόντων που προορίζονται για τροφή των ανθρώπων ή ζωοτροφές, η οποία αποτελεί ένα οικονομικό και κοινωνικό ζήτημα (Russi, 2008; Tilman, 2006).

Σύμφωνα με την τελευταία οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2009/28/EK) είναι υποχρεωτικό να επιτευχθεί ένας ελάχιστος στόχος 10% από όλα τα κράτη μέλη για το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση βενζίνης και βιοντίζελ μεταφορών έως το 2020 (EU Directive 2009/28/EC of the European Parliament). Σε αυτήν την ενότητα, αναλύουμε τον κύκλο ζωής (SETA, 1991; Guinie, 2004) της παραγωγής βιοντίζελ από ελαιοκράμβη, ηλίανθο και σόγια, που είναι από τις πιο δημοφιλείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ευρώπη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι περιβαλλοντικές και ενεργειακές ανησυχίες σε συνδυασμό με την υπερπαραγωγή αροτραίων καλλιεργειών οδήγησαν τους επίσημους φορείς της Ευρωπαϊκής Ένωσης να προτείνουν συγκεκριμένες πολιτικές στα κράτη μέλη. Στην περίπτωση των καυσίμων μεταφορών επιχειρήθηκε ένα μεγάλο άλμα, με στόχο την αντικατάσταση των σημερινών μη ανανεώσιμων καυσίμων από βιοκαύσιμα. Ακολουθώντας την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2003/30/EK για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές, η ελληνική κυβέρνηση προσάρμοσε νομοθεσία που εισάγει και ρυθμίζει την αγορά του βιοντίζελ. Για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου, η κυβέρνηση έχει εφαρμόσει διττή πολιτική. Πρώτον, το Υπουργείο Ανάπτυξης κατανέμει μια ετήσια, προκαθορισμένη ποσότητα στις υποψήφιες εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ με βάση την ικανότητά τους να πληρούν διάφορα κριτήρια που περιγράφονται στη σχετική νομοθεσία. Δεύτερον, ο παραγόμενος όγκος απαλλάσσεται από τον φόρο όταν πωλείται σε διυλιστήρια πετρελαίου ή σε πωλητές προκειμένου να αναμειχθεί με κανονικό ντίζελ αυτοκινήτων. Από το πρώτο έτος εφαρμογής της πολιτικής, οι ενδιαφερόμενοι του κλάδου άρχισαν να επικρίνουν το καθεστώς ποσοτώσεων. Ειδικότερα, έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με τα ασαφή κριτήρια που χρησιμοποιεί το Υπουργείο Ανάπτυξης για την κατανομή της αφορολόγητης ποσότητας βιοντίζελ στις υποψήφιες εταιρείες. Οι πιο σημαντικές επικρίσεις, ωστόσο, επικεντρώθηκαν στη διαφορά μεταξύ των ποσοτήτων που διατίθενται στις εταιρείες και των πολύ υψηλότερων παραγωγικών ικανοτήτων τους, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα σοβαρούς περιορισμούς στην αποτελεσματικότητα. Οι παραγωγοί χαμηλής παραγωγικής ικανότητας, από την άλλη πλευρά, υποστηρίζουν ότι θα ήταν κερδοφόροι μόνο εάν τους επιτρεπόταν να πωλούν βιοντίζελ εκτός του καθεστώτος ποσοτώσεων (π.χ. σε τοπικά βενζινάδικα). Έχουν επίσης εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με την πολυπλοκότητα της εξαιρετικά

γραφειοκρατικής και συνεπώς αναποτελεσματικής φορολογικής απαλλαγής. Τέλος, περιβαλλοντικές ΜΚΟ και ορισμένα πολιτικά κόμματα αμφισβήτησαν τη σκοπιμότητα της τρέχουσας πολιτικής για το βιοντίζελ για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών CO₂. Από όσο γνωρίζουμε δεν έχει δημοσιευθεί καμία μελέτη βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα του κλάδου από την Ελλάδα. Μέχρι στιγμής, η εκτίμηση του κόστους μεταφοράς και λειτουργίας της παραγωγής βασίζεται σε εργαστηριακά ή πειράματα πεδίου μικρής κλίμακας (Skarlis et al., 2008; Lychnaras et al., 2004; Diakoulaki and Kavadakis, 2002). Μια προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας που βασίζεται στα δεδομένα του κατασκευαστή περιορίζεται σε ένα εργοστάσιο μικρού μεγέθους (π.χ. Λυχαράς, 2009). Επιπλέον, δεν έχει ληφθεί υπόψη ο κρίσιμος αντίκτυπος του ελληνικού ρυθμιστικού πλαισίου στην κερδοφορία.

1.1 Η Γεωργία στην Ελλάδα

Η χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση είναι 3,8 εκατομμύρια εκτάρια και αντιπροσωπεύει μόνο το 30% της συνολικής επιφάνειας της χώρας σε σύγκριση με το 40% στην ΕΕ-15, ενώ οι δασικές εκτάσεις αντιπροσωπεύουν το 20% (Eurostat, 2004). Στην πραγματικότητα, αυτοί οι αριθμοί αντικατοπτρίζουν την ορεινή φύση του ελληνικού τοπίου. Από την άποψη αυτή, πρέπει να σημειωθεί ότι το 78% της γεωργικής γης και το 70% των συνολικών εκμεταλλεύσεων βρίσκονται σε μειονεκτικές περιοχές (National Statistical Service of Greece, 2004).

Όσον αφορά τη χρήση γης, το 56% της συνολικής γεωργικής γης καλλιεργείται με αροτραίες καλλιέργειες, το 26% με δενδρώδεις καλλιέργειες (συμπεριλαμβανομένων των ελιών), το 11% με βαμβάκι, το 3% με λαχανικά, το 3% με αμπέλια και το 11% είναι σε αγρανάπωση (National Statistical Service of Greece, 2004).

1.2 Καλλιέργειες για Παραγωγή Βιοντίζελ

Αυτή η ενότητα εξετάζει αρκετές καλλιέργειες με ελαιούχους σπόρους, συγκεκριμένα τον ηλίανθο, τη σόγια, το βαμβάκι, τον καπνό, την ντομάτα και την ελαιοκράμβη. Η κλίμακα αυτών των καλλιεργειών στην Ελλάδα κυμαίνεται από σημαντικές έως πειραματικές επιδείξεις στον αγρό. Η κύρια καλλιέργεια ελαιούχων σπόρων είναι ο ηλίανθος, με περίπου 4.750 εκτάρια το 2004. Η αραχίδα και το σουσάμι καλλιεργούνται σε σχετικά μικρή έκταση, κυρίως για την παραγωγή βρώσιμων σπόρων και δευτερευόντως για την εξαγωγή ελαίου. Η καλλιέργεια σόγιας είναι αμελητέα, ενώ

την ίδια στιγμή εισάγονται σημαντικές ποσότητες σπόρων σόγιας και σογιέλαιου. Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης έχει δοκιμαστεί σε μικρή κλίμακα. Άλλα φυτικά έλαια που παράγονται στην Ελλάδα είναι το καλαμποκέλαιο, το βαμβακέλαιο και φυσικά το ελαιόλαδο.

Η εξέλιξη της καλλιέργειας ηλίανθου έχει επηρεαστεί έντονα από την Κοινή Ευρωπαϊκή Αγροτική Πολιτική. Πριν από την ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (ΕΟΚ) το 1981, η έκταση που καλλιεργούνταν με ηλίανθο περιοριζόταν σε περίπου 2.900 εκτάρια στη Βόρεια Ελλάδα (National Statistical Service of Greece, 1981). Κατά τη δεκαετία του 1980, η ΕΟΚ, ως ο κύριος εισαγωγέας σογιέλαιου, σόγιας και σογιάλεου από τις ΗΠΑ, παρείχε σημαντικές επιδοτήσεις στις ελαιούχες καλλιέργειες που καλλιεργούνταν στην Ευρώπη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη ραγδαία επέκταση της καλλιεργούμενης έκτασης ηλίανθου στην Ελλάδα, φτάνοντας το μέγιστο των 95.000 εκταρίων το 1987 (National Statistical Service of Greece, 1987). Μετά τη μείωση των επιδοτήσεων, η έκταση της γης μειώθηκε σταδιακά φτάνοντας τα 4.700 εκτάρια το 2004 (National Statistical Service of Greece, 2004).

Στις μέρες μας ο ηλίανθος καλλιεργείται κυρίως σε βόρειες περιοχές (Μακεδονία και Θράκη). Οι αποδόσεις των σπόρων κυμαίνονται μεταξύ 1 και 1,5 t/ha σε μη αρδευόμενες συνθήκες, αλλά μπορούν να διπλασιαστούν (ή και να τριπλασιαστούν σε ορισμένες περιπτώσεις) σε γόνιμα εδάφη με 2-4 εφαρμογές άρδευσης ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Η περιεκτικότητα σε λάδι κυμαίνεται από 40% έως 45% και σε ακατέργαστη πρωτεΐνη από 15% έως 20%. Όσον αφορά την αναλογία εισροής/εκροής ενέργειας της καλλιέργειας, οι Τσατσαρέλης κ.ά. (2000) υπολόγισαν ότι για μια αρδευόμενη φυτεία με απόδοση 3.245 kg/ha, η άρδευση και η λίπανση αντιπροσωπεύουν το 48,2% και το 20,12% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Αν και η Ελλάδα εισάγει σημαντικές ποσότητες σπόρων σόγιας —345.000 τόνους το 2004— η καλλιέργεια σόγιας είναι ασήμαντη. Η σόγια καλλιεργείται στις δυτικές και νότιες περιοχές (Ηπειρο και Πελοπόννησο αντίστοιχα). Η καλλιεργούμενη έκταση και η παραγωγή σπόρων ήταν 30 εκτάρια και 13 τόνοι, αντίστοιχα, το 2004 (National Statistical Service of Greece, 2004).

Το βαμβάκι είναι μια πολύ σημαντική καλλιέργεια για την ελληνική γεωργία. Η καλλιεργούμενη έκταση σχεδόν τριπλασιάστηκε από 126.300 εκτάρια το 1981 σε 370.000 εκτάρια το 2004, με αντίστοιχη παραγωγή βαμβακόσπορου 359.000 τόνους

(National Statistical Service of Greece, 2004). Το 2004, σχεδόν το 10% της συνολικής γεωργικής γης καλλιεργούνταν με βαμβάκι.

Οι μέσες αποδόσεις βαμβακιού στην Ελλάδα είναι 3,2 τόνοι/στρέμμα. Πάνω από το 55% το βαμβάκι καλλιεργείται στην κεντρική Ελλάδα με επιπλέον 40% στη βόρεια Ελλάδα.

Το βαμβακέλαιο είναι ένα υποπροϊόν της καλλιέργειας, με μέση απόδοση 260 kg/ha (NSSG, 1990) και έχει αναγνωριστεί ως πιθανή πηγή βιοντίζελ που μπορεί να παράγει πάνω από 100.000 τόνους ελαίου με βάση τα στοιχεία παραγωγής του 2000. Η άρδευση και η λίπανση βρέθηκαν να είναι οι πιο ενεργοβόρες καλλιεργητικές πρακτικές που αντιπροσωπεύουν το 48% και το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αντίστοιχα (Tsatsarelis, 2000).

Η καλλιέργεια καπνού είναι σχετικά σταθερή την τελευταία δεκαετία. Οι σπόροι του καπνού είναι υποπροϊόν της παραγωγής φύλλων καπνού. Ο σπόρος είναι πλούσιος σε λάδι, 36–41% σε ξηρό βάρος σύμφωνα με τους Giannelos et al. (2002). Το έλαιο που εξάγεται από σπόρους καπνού είναι μη βρώσιμο με φυσικές, χημικές και θερμικές ιδιότητες καυσίμου που συγκρίνονται ευνοϊκά με άλλα φυτικά έλαια. Υποθέτοντας ότι η περιεκτικότητα σε λάδι είναι 38%, η πιθανή ποσότητα έχει εκτιμηθεί ότι είναι περίπου 15.000 t/έτος (Giannelos, 2002). Η άρδευση και η ξήρανση βρέθηκαν να είναι οι πιο ενεργοβόρες καλλιεργητικές πρακτικές που αντιπροσωπεύουν το 27% και το 52% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αντίστοιχα (Tsatsarelis, 2000).

1.3 Πλαίσιο Πολιτικής και Εφαρμογή

Οι εξαιρετικά υψηλές και όλο και πιο ασταθείς τιμές του πετρελαίου τα τελευταία χρόνια μαζί με τις αυξανόμενες ανησυχίες για τις επιπτώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο κλίμα έχουν διαμορφώσει ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την ανάπτυξη της βιομηχανίας βιοκαυσίμων (Gardner and Tyner, 2007). Παρά τις ανησυχίες για τη δυνατότητα των βιοκαυσίμων ως προς τα προαναφερθέντα ζητήματα (Russi, 2008; Doornbosch and Steenblik, 2007), η Ευρωπαϊκή Ένωση ενθαρρύνει με συνέπεια τη χρήση τους. Η προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών και των βιοκαυσίμων στις μεταφορές αποτελούν βασικές πολιτικές της ΕΕ από αυτή την άποψη. Όσον αφορά το τελευταίο, η ΕΕ έχει θέσει ως ενδεικτικό στόχο την επίτευξη μεριδίου 5,75% των βιοκαυσίμων στη συνολική βενζίνη και το βιοντίζελ που προορίζονται για μεταφορές

(COM 2003/30). Η οδηγία 2003/96/EK, η οποία αναδιαρθρώνει το κοινοτικό πλαίσιο για τη φορολογία των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας, έχει επίσης σκοπό να στηρίξει την επίτευξη αυτού του στόχου.

Προκειμένου να πραγματοποιήσει το μερίδιό της στον πανευρωπαϊκό στόχο, η ελληνική κυβέρνηση υιοθέτησε νομοθεσία που προωθεί τη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές (Ελληνικός Νόμος 3423/2005). Σύμφωνα με τον νόμο αυτό, προτεραιότητα δίνεται στο βιοντίζελ αφού η μετατροπή δύο εργοστασίων της ελληνικής βιομηχανίας ζάχαρης σε αιθανόλη λόγω της νέας Κοινής Οργάνωσης Αγοράς (ΚΟΑ) αναμένεται να εκπληρώσει την υποχρέωση αιθανόλης. Τα διυλιστήρια πετρελαίου υποχρεούνται να αγοράζουν προκαθορισμένες ποσότητες κάθε χρόνο από παραγωγούς ή εισαγωγείς βιοντίζελ. Δεν επιτρέπεται η πώληση καθαρού βιοντίζελ, καθώς όλη η παραγωγή πρέπει να αναμιγνύεται με κανονικό ντίζελ που χρησιμοποιείται στις μεταφορές έως και 5% κατ' όγκο.

Τα υποχρεωτικά πρότυπα ποιότητας που εφαρμόζονται στο βιοντίζελ περιγράφονται στον Ν. 3340/2005 ως πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14214. Το βιοντίζελ που παράγεται στο πλαίσιο του εθνικού συστήματος ποσοτώσεων απαλλάσσεται πλήρως από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης. Μέχρι στιγμής, η παραγωγή βιοντίζελ δεν επιδοτείται άμεσα.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την κατανομή της αφορολόγητης ποσότητας σε κάθε εταιρεία περιγράφονται στον Ν. 3423/05 και σε πολλά υπουργικά διατάγματα. Αυτά περιλαμβάνουν την ικανότητα του αιτούντος, τους όγκους που παραδόθηκαν τα προηγούμενα έτη και τον αριθμό των συμβάσεων παραγωγής που υπογράφηκαν με ντόπιους αγρότες. Ενώ δίνεται προτεραιότητα σε παραγωγούς βιοντίζελ που χρησιμοποιούν πρώτη ύλη από την Ελλάδα, αυτό δεν αποτελεί υποχρεωτική διάταξη. Τον Δεκέμβριο του 2005, το Υπουργείο Ανάπτυξης κάλεσε για πρώτη φορά τους παραγωγούς βιοντίζελ να προμηθεύσουν 2.500 τόνους αφορολόγητου βιοντίζελ στα διυλιστήρια. Τόσο οι παραγωγοί όσο και οι απλοί πωλητές θα μπορούσαν να ανταποκριθούν σε αυτήν την πρόσκληση. Τα επόμενα χρόνια το Υπουργείο αύξησε σταδιακά τον όγκο του βιοντίζελ που μπορούσε να παράγει η βιομηχανία στο πλαίσιο του εθνικού συστήματος ποσοτώσεων φτάνοντας τους 114 και 123 χιλιάδες τόνους το 2007 και το 2008, αντίστοιχα.

1.4 Περιβαλλοντική Εκτίμηση Βιοντίζελ Ηλίανθου στην Ελλάδα

Οι περιβαλλοντικές επιδόσεις της χρήσης βιοντίζελ από ηλιέλαιο στην Ελλάδα (μεθυλεστέρας ηλιάνθου ή SME) ως καύσιμο μεταφοράς συγκρίθηκαν με το πετρελαϊκό ντίζελ στο πλαίσιο μελέτης που χρηματοδοτείται από την ΕΕ που έγινε από οργανισμούς από οκτώ ευρωπαϊκές χώρες (Callzoni, 2000). Η μελέτη έδειξε ότι ο ηλιάνθος στην Ελλάδα καλλιεργείται σε παραθαλάσσιες περιοχές και οι σπόροι του ηλιάνθου, αφού συγκομιστούν, μεταφέρονται σε αποθήκες όπου η υγρασία πρέπει να διατηρείται κάτω των 10°C. Έπειτα, με τη διαδικασία της συμπίεσης ή της εκχύλισης, παράγεται το λάδι. Ο ηλιάνθος χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή που υποκαθιστά το σογιάλευρο. Το λάδι εξευγενίζεται και υφίσταται δια-εστεροποίηση κατά την οποία παράγεται και γλυκερίνη ως συμπροϊόν. Το ακατέργαστο SME καθαρίζεται, διανέμεται και χρησιμοποιείται για καύση σε κινητήρες ντίζελ.

Το αργό πετρέλαιο εξορύσσεται στις χώρες του ΟΠΕΚ και από εκεί μεταφέρεται στην Ευρώπη, όπου διυλίζεται για την παραγωγή τυπικού καυσίμου βιοντίζελ. Τέλος διανέμεται σε πρατήρια καυσίμων για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε οχήματα.

Η μελέτη διαπίστωσε ότι η αντικατάσταση του πετρελαϊκού ντίζελ με το SME οδηγεί σε καθαρό πεπερασμένο ενεργειακό κέρδος. Το SME προκαλεί αυξημένες εκπομπές αερίων που προκαλούν όξινη βροχή. Αυτά γίνονται κυρίως κατά την καλλιέργεια ηλιάνθου, ιδιαίτερα από εκπομπές NH₃ μετά από εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος. Επίσης η αλυσίδα του SME εκπέμπει περισσότερο NO₃ από την αλυσίδα πετρελαϊκού ντίζελ λόγω αυξημένων εκπομπών κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση πιο φιλικών προς το περιβάλλον λιπασμάτων και γεωργικών πρακτικών θα μπορούσε να μειώσει τις τελευταίες επιπτώσεις.

1.5 Κύριοι Παράγοντες στις Αλυσίδες Εφοδιασμού biodiesel

Μια τυπική αλυσίδα εφοδιασμού βιοντίζελ περιλαμβάνει αγρότες, συνεταιρισμούς, επιχειρηματίες επεξεργασίας πετρελαίου, παραγωγούς βιοντίζελ και διυλιστήρια. Το βιοντίζελ στην Ελλάδα παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους και ειδικότερα από ηλιάνθο, κραμβόσπορο και βαμβακόσπορο. Ο ηλιάνθος είναι η πιο σημαντική ενεργειακή καλλιέργεια. Σύμφωνα με εμπειρογνώμονες του κλάδου που ερωτήθηκαν για αυτήν την έρευνα, η καλλιέργεια ηλιάνθου για παραγωγή ενέργειας θα γίνει πιο δημοφιλής στο εγγύς μέλλον λόγω των δραστηριοτήτων προώθησης που χρηματοδοτούνται από γιγάντιους κατασκευαστές εισροών.

Το κόστος των πρώτων υλών είναι ένα σημαντικό μέρος των προϊόντων βιοενέργειας που αγγίζει περισσότερο από το 50% του συνολικού κόστους και επομένως η μείωση του κόστους παραγωγής των ενεργειακών καλλιεργειών επηρεάζει σημαντικά τη συνολική ανταγωνιστικότητα της βιοενέργειας. Χάρη στην τελευταία αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΓΠ) και την αποσύνδεση των επιδοτήσεων, από την παραγωγή, είναι η πρώτη φορά που στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες φαίνεται να γίνονται ανταγωνιστικές έναντι των βασικών καλλιεργειών όπως το βαμβάκι και ο καπνός (Λυχαράς και Ροζάκης, 2006).

Οι φάρμες ηλίανθων συγκεντρώνονται στη βόρεια Ελλάδα λόγω προηγούμενης εμπειρίας στην καλλιέργεια ηλίανθου. Σε συνάρτηση, για το αν χρησιμοποιείται άρδευση ή όχι, οι αποδόσεις κυμαίνονται μεταξύ 1,50 και 3,00 τόνοι/στρέμμα ενώ η περιεκτικότητα σε λάδι κυμαίνεται από 36% έως 40% (Γιαννούλης κ.ά.; 2008; Καλλιβρούσης κ.ά., 2002). Οι προκαταρκτικοί υπολογισμοί καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το κόστος ευκαιρίας του ηλίανθου κυμαίνεται από 200 έως 300 h/τόνο όταν καλλιεργείται σε μη αρδευόμενες εκτάσεις, ενώ μπορεί να κυμαίνεται από 250 έως 300 h/τόνο σε περίπτωση που αντικαταστήσει τις αρδευόμενες καλλιέργειες.

Το 2007, η βιομηχανία βιοντίζελ προσέφερε τιμές που κυμαίνονταν από 200 έως 259 h/τόνο. Επιπλέον, οι αγρότες λαμβάνουν επιδότηση 45/στρέμμα για ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά μόνο εάν έχουν υπογράψει συμβάσεις παραγωγής με εργοστάσια βιοντίζελ (υπουργικό διάταγμα 36781/2007). Ωστόσο, η συνολική παραγωγή ελαιούχων σπόρων αντιπροσωπεύει μόνο το 12% της ποσότητας που απαιτείται για την επίτευξη του εθνικού στόχου. Αυτό εξηγεί γιατί οι εισαγωγές πετρελαίου αυξήθηκαν ραγδαία από 19.000 τόνους το 2000 σε 60.000 τόνους το 2005 (ΚΑΠΕ, 2007).

Οι μονάδες επεξεργασίας ελαιούχων σπόρων αντιπροσωπεύουν έναν άλλο σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα εφοδιασμού του βιοντίζελ. Συνήθως ανήκουν σε εταιρείες με εμπειρία στην παραγωγή βρώσιμων ελαίων. Με λίγες εξαιρέσεις, τέτοια φυτά δεν συμμετέχουν σε εταιρείες επεξεργασίας ελαιούχων σπόρων. Πιθανώς για να ελαχιστοποιήσουν το κόστος μεταφοράς, οι τελευταίοι προτιμούν να συνάπτουν συμβάσεις με μονάδες θραύσης που βρίσκονται κοντά σε εκμεταλλεύσεις ενεργειακών καλλιεργειών. Τα υποπροϊόντα της διαδικασίας επεξεργασίας σπόρων (π.χ. ζωοτροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες) πωλούνται από εταιρείες επεξεργασίας ελαιούχων σπόρων είτε σε αγρότες είτε σε παραγωγούς ζωικών αλεύρων.

Το πρώτο εγχώριο εργοστάσιο βιοντίζελ ξεκίνησε την παραγωγή το 2005, με ετήσια δυναμικότητα 45.000 τόνων. Επί του παρόντος είναι ενεργές δέκα μονάδες βιοντίζελ.

Το υποπροϊόν της γλυκερίνης παρέχει μια δευτερεύουσα ροή εσόδων στους παραγωγούς βιοντίζελ ή δρα ως αντιστάθμιση έναντι του μοναδιαίου κόστους παραγωγής βιοντίζελ. Η αγορά γλυκερίνης ακολουθεί τα διεθνή πρότυπα τιμών. Ωστόσο, οι τοπικοί παραγωγοί γλυκερίνης αντιμετωπίζουν μια πολύ μικρότερη αγορά της οποίας τα γεωγραφικά όρια καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος μεταφοράς.

Την περίοδο 1981–2001 οι ευρωπαϊκές τιμές της γλυκερίνης κυμάνθηκαν από 1400 h/τόνο το 1981 σε 2800 h/τόνο το 1986 σε 1300 h/τόνο το 2001 (ABG, 2008). Μεταξύ των παραγόντων που υπαγορεύουν τις τιμές της γλυκερίνης, οι πιο αναφερόμενοι περιλαμβάνουν τον καιρό, το ρυθμιστικό κόστος, το κλείσιμο των εγκαταστάσεων και την πολιτική (Pagliaro and Rossi, 2008).

Η ταχεία επέκταση της παραγωγής βιοντίζελ μετά το 2002 σε συνδυασμό με τη σταθερά αυξανόμενη παραγωγή φυσικών λιπαρών αλκοολών στην Ασία από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 προστέθηκαν στο πλεόνασμα γλυκερίνης (Pagliaro and Rossi, 2008). Κατά συνέπεια, η τιμή της γλυκερίνης έχει πέσει γρήγορα και από το πρώτο τρίμηνο του 2005 πωλείται για h430–h450/τόνο (Oleoline, 2005). Κατά τη διάρκεια του 2006, η παγκόσμια υπερκατανάλωση γλυκερίνης που δημιουργήθηκε από την παραγωγή βιοντίζελ οδήγησε την τιμή κάτω από τα επίπεδα του 2005 (Line, 2009; ABG, 2008).

Τα πιο πρόσφατα χρόνια, η σταθερά χαμηλή τιμή της γλυκερίνης είχε ως αποτέλεσμα την επέκταση της χρήσης της γλυκερίνης, κυρίως με την αντικατάσταση της έξι φορές πιο ακριβής προπυλενογλυκερίνης. Αυτή η εξέλιξη ανέτρεψε την πτωτική τάση των τιμών. Τον Απρίλιο του 2009, οι αγοραστές ραφινάρισμένης γλυκερίνης με βάση τα λαχανικά μπορούσαν να αποκτήσουν συμβόλαια στη Βορειοδυτική Ευρώπη στην περιοχή h450–490/τόνο (ICIS, 2009). Το αν αυτό αντιπροσωπεύει μια πιο μόνιμη τάση ή όχι, μένει να φανεί.

Σύμφωνα με την πολιτική των ποσοτώσεων, το βιοντίζελ πωλείται σε υπάρχοντα διυλιστήρια και πωλητές πετρελαίου κατ' αναλογία με τα μερίδιά τους στην αγορά ντίζελ αυτοκινήτων κατά το προηγούμενο έτος. Το 2007, 114.000 τόνοι βιοντίζελ κατανεμήθηκαν σε τέσσερις εταιρείες.

1.6 Κατανομή Βιοντίζελ Παγκοσμίως

Η συνολική χρήση της γεωργικής γης για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει φτάσει τα 71 εκατομμύρια εκτάρια, εκ των οποίων το βιοντίζελ αποτελεί το 24% και η βιοαιθανόλη το 62% (Kummamuru, 2016; Huang, 2010). Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του βιοντίζελ είναι πολύ κοντινές με αυτές του ντίζελ και κατά συνέπεια το βιοντίζελ ή τα μείγματά του μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες ντίζελ με λίγες ή καθόλου τροποποιήσεις. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μείγμα είναι το B20, ένα μείγμα βιοντίζελ και πετρελαϊκού ντίζελ 1:5. Το Mark B100 υποδηλώνει καθαρό βιοντίζελ, το οποίο μπορεί να αναμειχθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο με το πετρελαϊκό ντίζελ και το υψηλότερο σημείο ανάφλεξης του το καθιστά ασφαλέστερο καύσιμο για χρήση, χειρισμό και αποθήκευση χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες δεξαμενές και εξοπλισμό ντίζελ.

Σε σύγκριση με το πετρελαϊκό ντίζελ, το βιοντίζελ έχει υψηλότερο αριθμό κετανίου. Περιέχει επίσης περίπου 10 άτομα οξυγόνου σε διαφορετικά λιπαρά οξέα που υπάρχουν σε αυτό το καύσιμο και καθόλου αρωματικές ενώσεις. Κατά συνέπεια, το βιοντίζελ έχει χαμηλότερες εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, τα άτομα άνθρακα στο βιοντίζελ δεν προέρχονται από οργανικές εναποθέσεις στον φλοιό της Γης, προέρχονται από το σημερινό ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα που σταθεροποιήθηκε με φωτοσύνθεση σε φυτά πλούσια σε λάδι. Ως εκ τούτου, το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την καύση του βιοντίζελ είναι συνηθισμένο μέρος του συνεχιζόμενου κύκλου άνθρακα στη Γη και ως εκ τούτου έχει πολύ μικρότερο αντίκτυπο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου του βιοντίζελ (B100) είναι 4,5 φορές χαμηλότερες από ό,τι της βενζίνης και 3 φορές χαμηλότερες από το πετρελαϊκό ντίζελ (Christopher, 2014). Αν και τα επίπεδα NOx του βιοντίζελ είναι ελαφρώς υψηλότερα από αυτά του πετρελαϊκού ντίζελ, το βιοντίζελ πιστεύεται ότι είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον επειδή η χρήση του μπορεί να μειώσει σημαντικά τις καθαρές εκπομπές άνθρακα και την υπερθέρμανση του πλανήτη (Christopher, 2014; Ramadhas, 2005).

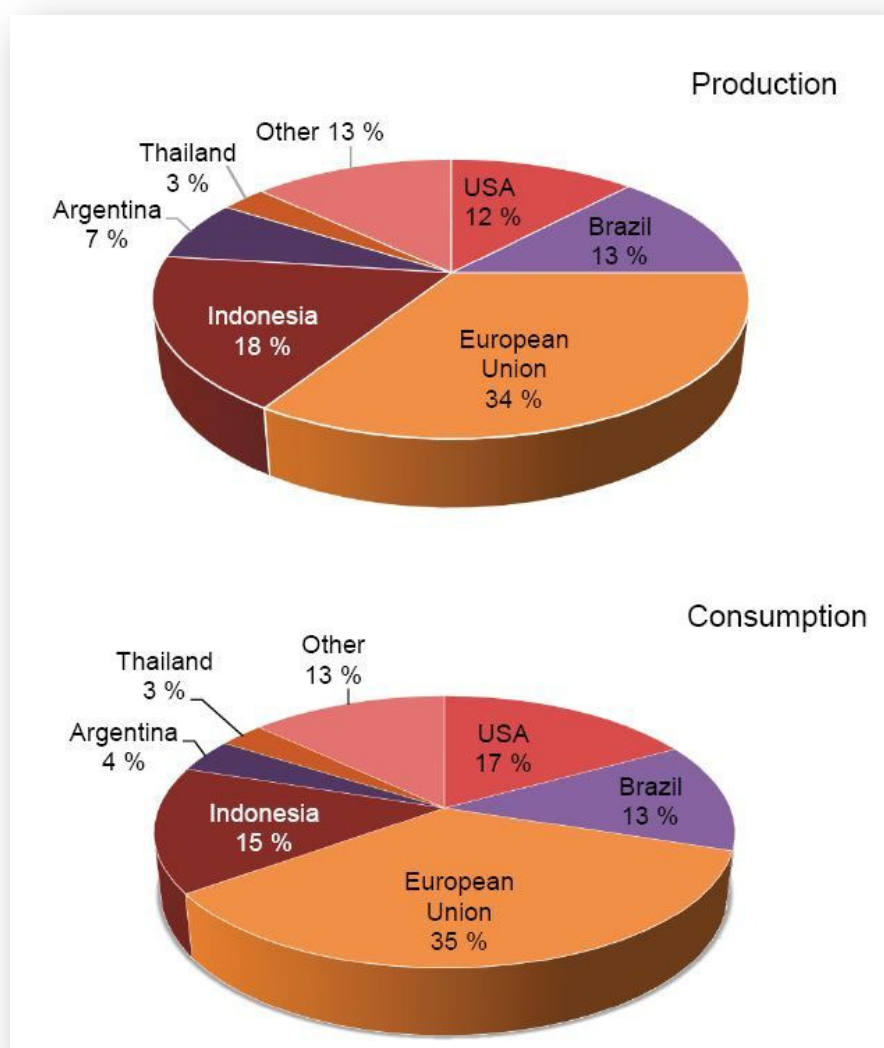
Η παραγωγή βιοντίζελ από φυτικά έλαια είναι γνωστή από το 1853, όταν οι επιστήμονες E. Duffy και J. Patrick κατόρθωσαν να παράγουν βιοντίζελ από αυτές τις πρώτες ύλες (Demirbas, 2007). Ο Ρούντολφ Ντίζελ, ο εφευρέτης της μηχανής ντίζελ, μελέτησε διάφορα καύσιμα (π.χ. κάρβουνο σε σκόνη σε φυσικέλαιο) και χρησιμοποίησε φυσικέλαιο για να τροφοδοτήσει έναν από τους κινητήρες του στην

Έκθεση του Παρισιού το 1900. Η πρώτη πετρελαϊκή κρίση τον 20ο αιώνα (δεκαετία 1970) έφερε αύξηση της χρήσης φυτικών ελαίων ως εναλλακτική λύση στο πετρέλαιο για την παραγωγή βιοντίζελ (Demirbas, 2007). Τα φυτικά έλαια είναι ανανεώσιμα, διαθέσιμα, φορητά και βιοδιασπώμενα, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε θερμότητα και χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και αρωματικές ενώσεις. Τα χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια είναι εξαιρετικά παχύρρευστα, με ιξώδη που κυμαίνονται από 10 έως 20 φορές υψηλότερα από το πετρελαϊκό ντίζελ. Αυτό είναι το κύριο πρόβλημα για τη χρήση τους σε κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση. Ως εκ τούτου, έπρεπε να τροποποιηθούν για χρήση ως καύσιμο ντίζελ (Madras, 2004). Μία από τις πιο κοινές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του ιξώδους του λαδιού στη βιομηχανία βιοντίζελ είναι η μετεστεροποίηση φυτικού ελαίου ή ζωικού λίπους με αλκοόλη με ή χωρίς τη χρήση καταλύτη (Demirbas, 2009).

Το βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί από διαφορετικές πρώτες ύλες και η επιλογή τους σχετίζεται κυρίως με το κλίμα και τη γεωγραφική θέση του τόπου παραγωγής. Ως εκ τούτου, τα κραμβέλαια και τα ηλιέλαια χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ευρώπη. Το σογιέλαιο είναι κυρίαρχο στις Ηνωμένες Πολιτείες, το λάδι canola στον Καναδά, ενώ το φοινικέλαιο επικρατεί στις τροπικές χώρες (Cao, 2008). Δεδομένου ότι όλα αυτά τα έλαια χρησιμοποιούνται ως τρόφιμα, η χρήση τους για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει εγείρει τη διαμάχη «τροφή εναντίον καυσίμων». Θεωρούνται ως πρώτης γενιάς πρώτη ύλη βιοντίζελ. Η πρώτη ύλη βιοντίζελ δεύτερης γενιάς προέρχεται από μη βρώσιμες πηγές, π.χ. από *rongamia*, *jatropha*, *karanja*, καθώς και μικροφύκη και άλλους μικροοργανισμούς. Απόβλητα από τηγανέλαια (Lam, 2011) και απόβλητα από σφαγεία (π.χ. λίπος, αίμα, οστά, αποκόμματα συνδέσμων, νεκρά ζώα, νεκροί πλακούντες, κ.λπ.) (Schober, 2006; Shahzad, 2017) και τη βιομηχανία κρέατος (π.χ. κρεατοστεάλευρα) (Nebel, 2006) μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σε αυτήν την κατηγορία.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι το κόστος του βιοντίζελ από την πρώτη ύλη βιοντίζελ πρώτης γενιάς είναι επί του παρόντος 30% υψηλότερο από το πετρελαϊκό ντίζελ (Christopher, 2014). Επιπλέον, υπολογίζεται ότι το 60-80% του κόστους παραγωγής βιοντίζελ προέρχεται από το κόστος των πρώτων υλών. Όλα αυτά καθιστούν τη χρήση χαμηλού κόστους πρώτης ύλης βιοντίζελ δεύτερης γενιάς μια πολύ ελκυστική εναλλακτική λύση.

Το 2013, παρήχθησαν 28,9 δισεκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ παγκοσμίως (Kumnamuru, 2016). Η παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ αναμένεται να φτάσει τα 39 δισεκατομμύρια λίτρα έως το 2024, που αντιστοιχεί σε αύξηση 27% από το 2014 (Εικ. 1.6.1). Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ. Οι ΗΠΑ, η Βραζιλία, η Αργεντινή, η Ινδονησία και η Ταϊλάνδη μαζί με την ΕΕ παράγουν μαζί το 85% του συνόλου του βιοντίζελ παγκοσμίως.



Σχήμα 1.6.1 Προβλέψεις της παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλωσης βιοντίζελ το 2024 (Kumnamuru, 2016).

Το βιοντίζελ είναι το πιο σημαντικό βιοκαύσιμο στην Ευρώπη. Αποτελεί σχεδόν το 80% της αγοράς βιοκαυσίμων μεταφορών (Biofuels Annual EU, 2015). Η πιο εντατική ανάπτυξη της αγοράς ήταν την περίοδο 2006 έως 2009. Την περίοδο εκείνη η

ικανότητα της αγοράς σχεδόν τετραπλασιάστηκε, αλλά στη συνέχεια η ανάπτυξη επιβραδύνθηκε από το 2010 έως το 2012 και το 2013 και το 2014, η παραγωγική ικανότητα μειώθηκε κατά δύο τοις εκατό κάθε χρόνο. Η ικανότητα παραγωγής βιοντίζελ της ΕΕ αναμένεται τώρα να παραμείνει σχετικά σταθερή στα 25 δισεκατομμύρια λίτρα περίπου (Biofuels Annual EU, 2015). Η Γερμανία, η Γαλλία και οι χώρες της Μπενελούξ είναι οι κύριοι παραγωγοί στην ΕΕ. Η χρήση βιοντίζελ, ωστόσο, αυξήθηκε από 45% το 2013 σε 50% το 2014 λόγω της υψηλότερης εγχώριας παραγωγής και των χαμηλότερων εισαγωγών (Biofuels Annual EU, 2015).

Η κύρια πρώτη ύλη βιοντίζελ στην ΕΕ είναι το κραμβέλαιο. Το 2012 πήρε μερίδιο 66%, αλλά το 2014 η χρήση του μειώθηκε στο 55% ως συνέπεια της υψηλότερης χρήσης φοινικέλαιου και ανακυκλωμένων χρησιμοποιημένων τηγανελαιών (Biofuels Annual EU, 2015). Το φοινικέλαιο είναι η δεύτερη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ στη Μπενελούξ, την Ισπανία, τη Φινλανδία και τη Γαλλία. Το σογιέλαιο χρησιμοποιείται στην Ισπανία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Πορτογαλία και την Ιταλία. Ωστόσο, η χρήση της σόγιας και του φοινικέλαιου στο συμβατικό βιοντίζελ είναι περιορισμένη, κυρίως λόγω του ιξώδους τους και της χειμερινής τους λειτουργικότητας. Ωστόσο, αυτά τα εμπόδια μπορούν να παρακαμφθούν χρησιμοποιώντας μείγμα πρώτων υλών κραμβέλαιου, σογιέλαιου και φοινικέλαιου. Τα ζωικά λίπη χρησιμοποιούνται κυρίως στη Γερμανία και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το ηλιέλαιο αποτελεί το 3% των συνολικών πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ και χρησιμοποιείται κυρίως στη Γαλλία και την Ελλάδα, ενώ το βαμβακέλαιο και το πεύκο χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα και τη Σουηδία, αντίστοιχα (Biofuels Annual EU, 2015).

Η κατανάλωση βιοντίζελ στην ΕΕ έφτασε στο απόγειό της το 2011, αλλά μειώθηκε το 2012 και το 2013. Όσον αφορά την κατανάλωση βιοντίζελ, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν οι ηγέτες το 2014 (Biofuels Annual EU, 2015). Κατανάλωναν το 58% του συνολικού βιοντίζελ της ΕΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 Γενικά για τη Κατάσταση στην Ελλάδα

Η ΕΕ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας θεσμοθέτησε ως το 2020 υποχρεωτικό στόχο μεριδίου 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στη συνολική κοινοτική κατανάλωση ενέργειας και υποχρεωτικό ελάχιστο στόχο 10% που πρέπει να επιτευχθεί από όλα τα κράτη μέλη για το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση βενζίνης και ντίζελ μεταφορών, και να εισαχθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο (Directive 2009/28/EC, 2009). Ωστόσο, οι στόχοι για τα βιοκαύσιμα αποδείχτηκαν μη ρεαλιστικοί, καθώς όλες οι χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης δεν είχαν τους στόχους τους για το 2010. Μόνο σε πολύ αισιόδοξα σενάρια, οι εθνικοί στόχοι του 2020 θα επιτευχθούν. Η κατάσταση στη Νοτιοανατολική Ευρώπη είναι ποικίλη. Αφενός, χώρες όπως η Ελλάδα και η Ιταλία εμφανίζουν υψηλή ικανότητα παραγωγής βιοντίζελ, αλλά η παραγωγή πρώτης ύλης είναι ακριβή και επομένως χαμηλή. Από την άλλη πλευρά, στη Βουλγαρία και τη Ρουμανία, όπου το κόστος εργασίας είναι σχετικά χαμηλό και οι δυνατότητες παραγωγής βιοκαυσίμων είναι σημαντικές, τα σχέδια για τη μεγάλης κλίμακας καλλιέργεια ενεργειακών καλλιεργειών δεν έχουν ακόμη προχωρήσει σημαντικά (Komioti, 2008). Είναι απαραίτητο, ωστόσο, να τεθεί σε εφαρμογή ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και τεχνικά μέτρα προκειμένου να επιτευχθεί η προγραμματισμένη εξέλιξη του ελληνικού ενεργειακού συστήματος (Kambezidis, 2011). Ο Πίνακας 2.1.1 δείχνει τον εθνικό συνολικό στόχο για το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2005 και το 2020 και ο Πίνακας 2.2.1 δείχνει τον εθνικό στόχο του 2020 και την εκτιμώμενη τροχιά της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε θέρμανση και ψύξη, ηλεκτρική ενέργεια και μεταφορές. Καθορίζεται ο στόχος μεριδίου 20% (2% πάνω από το υποχρεωτικό επίπεδο του 18% που ορίζει η οδηγία 2009/28/EK) της ανανεώσιμης ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020. Θα επιτευχθεί μέσω του συνδυασμού μέτρων για την ενεργειακή απόδοση καθώς και για την ενισχυμένη διείσδυση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την παροχή θερμότητας και τις μεταφορές. Σημαντικό ρόλο από την άποψη αυτή θα διαδραματίσει ο εξορθολογισμός του υφιστάμενου πλαισίου των κανονισμών αδειοδότησης και ο εξορθολογισμός των όρων και προϋποθέσεων διαχείρισης της γης. Ειδικότερα για τις μεταφορές και τα βιοκαύσιμα, ο στόχος του 2020 θα επιτευχθεί μέσω ενός συνδυασμού ρυθμιστικών ενεργειών που στοχεύουν

στην προώθηση τόσο της χρήσης ενεργειακά αποδοτικότερων οχημάτων όσο και της παραγωγής των απαιτούμενων ποσοτήτων βιοντίζελ. Έμφαση πρέπει να δοθεί στην εκμετάλλευση του τοπικού δυναμικού για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών για βιοκαύσιμα και στην ανάπτυξη των απαραίτητων αλυσίδων εφοδιασμού προκειμένου να εξασφαλιστεί σημαντική συνεισφορά των εγχώριων πόρων. Η πρόσθετη ανάπτυξη ειδικών πολιτικών και δημοσιονομικών μέσων αναμένεται να διευκολύνει τόσο την προμήθεια όσο και τη χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών, σε συμμόρφωση με τους καθορισμένους στόχους (Rozakis, 2013). Σε αυτή την ενότητα, εξετάζουμε την κατάσταση της παραγωγής και έρευνας υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. Αρχικά, παρουσιάζουμε το δυναμικό παραγωγής όσον αφορά τις καλλιεργούμενες ελαιοφόρες καλλιέργειες μαζί με τη βιομηχανική δραστηριότητα στα βιοκαύσιμα και τη διανομή τους στη χώρα.

Πίνακας 2.1.1 Εθνικός συνολικός στόχος για το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2005 και το 2020. Ανατύπωση με άδεια του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΜΕΕCC), Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2009 /28/EC, 2010.

(Α) Μερίδιο ενέργειας από 6.9% ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2005 (S2005)	
(Β) Στόχος της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 (S2020)	18%
Γ) Αναμενόμενη συνολική προσαρμοσμένη κατανάλωση ενέργειας το 2020	24 114 ktoe
(Δ) Αναμενόμενη ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που αντιστοιχεί στον στόχο του 2020	4341 ktoe

2.2 Παραγωγή—Τρέχουσα Κατάσταση και Δυνατότητα

A. Βιοαιθανόλη

Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι το βιοντίζελ είναι το μοναδικό βιοκαύσιμο για μεταφορές που διανέμεται στην ελληνική αγορά. Το πρότυπο EN15376 για «Καύσιμα μεταφορών, αιθανόλη βιολογικής προέλευσης (βιοαιθανόλη) ως συστατικό ανάμειξης στη βενζίνη, απαιτήσεις και μεθοδολογία δοκιμών» δεν έχει ενσωματωθεί ακόμη στην ελληνική νομοθεσία και, 10 χρόνια μετά την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας, οι μονάδες βιοαιθανόλης δεν έχουν ακόμη εγκατασταθεί.

Αυτό οφείλεται, σε μεγάλο βαθμό, στο γεγονός ότι το βιοντίζελ δεν συνδέεται με ιδιαίτερα τεχνικά εμπόδια και θα μπορούσε να παρασχεθεί χωρίς προβλήματα στην παρούσα υποδομή ντίζελ, κάτι που δεν ισχύει για τη βιοαιθανόλη. Η ανάμειξη με βενζίνη παρουσιάζει όντως τεχνικές δυσκολίες, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι ο διαχωρισμός του νερού, ο οποίος εμφανίζεται σε ψυχρές συνθήκες και υψηλή τάση ατμών, ιδιαίτερα στη βενζίνη καλοκαιρινών προδιαγραφών. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να μετατραπεί η βιοαιθανόλη σε ETBE (αιθυλοτριτοταγής βουτυλαιθέρας) και να χρησιμοποιηθεί ο τελευταίος ως συστατικό για ανάμειξη με βενζίνη (Hammond, 2008). Η Ελληνική Εταιρεία Ζάχαρης είχε εκφράσει το ενδιαφέρον της να μετατρέψει δύο από τα υπάρχοντα εργοστάσια ζάχαρης σε μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης, παράλληλα με την ταυτόχρονη παραγωγή ζωοτροφών υψηλής θρεπτικής ποιότητας, ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, με ετήσια δυναμικότητα 150.000 m³ βιοαιθανόλης το καθένα. Ωστόσο, ο διεθνής ανταγωνισμός μεταξύ στρατηγικών επενδυτών ακυρώθηκε τον Νοέμβριο του 2010.

Πίνακας 2.2.1. Εθνικός στόχος 2020 και εκτιμώμενη τροχιά ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε θέρμανση και ψύξη, ηλεκτρική ενέργεια και μεταφορές (%). Ανατύπωση με άδεια του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΜΕΕCC), Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2009/28/EK. 2010.

τομέας	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Θέρμανση και ψύξη	16.8	17.3	17.9	18.3	18.4	18.8	18.9	19.7
Ηλεκτρική ενέργεια	21.8	25.1	27.6	29.7	31.8	33.7	36.7	39.8
Μεταφορά	4.8	5.6	6.3	7.1	7.8	8.6	9.4	10.1
Συνολικό μερίδιο	9.9	10.5	11.4	12.4	13.7	14.6	16.0	18.0
Εκ των οποίων από μηχανισμό συνεργασίας								
Πλεόνασμα για μηχανισμό συνεργασίας	3.1	3.7	3.9	3.8	3.3	3.2	2.9	2.2

Αν και η εγκατάσταση μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης φαίνεται να είναι εφικτή και οικονομικά βιώσιμη τουλάχιστον σε συγκεκριμένες περιοχές της χώρας και να βασίζεται στο γλυκό σόργο (Boukis, 2009). Δυστυχώς, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία πρόοδος. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι οι οικονομικές επιδόσεις, καθώς και η περιβαλλοντική σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας της βιοαιθανόλης, επηρεάζονται σαφώς από τις παραμέτρους των γεωργικών πολιτικών (στην περίπτωση της Ελλάδας, επιδότηση της έκτασης στο βαμβάκι) (Rozakis, 2013). Οι ερευνητές εκτιμούν το κόστος της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 1 τόνο ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα μέσω παραγωγής βιοαιθανόλης.

Στην Ελλάδα, σήμερα υπάρχουν τέσσερις ελαιώδεις καλλιέργειες (φιστίκι, σουσάμι, σόγια και ηλιάνθος) και καλλιεργούνται για τους σπόρους τους. Μεταξύ αυτών, ο ηλιάνθος είναι η κυρίαρχη πρώτη ύλη όπως έχουμε προαναφέρει που καλλιεργείται σε μεγαλύτερες εκτάσεις στο βόρειο τμήμα της χώρας, ενώ η αραχίδα, το σουσάμι και η σόγια καλλιεργούνται όπως αποτιμάται μόνο σε μια σχετικά μικρή περιοχή. Αυτές οι

καλλιέργειες χρησιμοποιούνται παραδοσιακά κυρίως για την εξαγωγή ελαίου και για βρώσιμους σπόρους.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η έκταση που καλλιεργείται με αράπικα φιστίκια, σουσάμι και σόγια έχει μειωθεί σημαντικά, ενώ ο ηλίανθος παρουσίασε ανοδική τάση από το 1993. Εν τω μεταξύ, η καλλιέργεια ελαιοκράμβης εξακολουθεί να είναι σε πειραματική κλίμακα. Το 2001, περίπου το 13% της παγκόσμιας συνολικής παραγωγής σπορέλαιων ήταν ηλιέλαιο, με την ΕΕ να είναι ένας από τους κορυφαίους παραγωγούς. Η περιεκτικότητά του σε λάδι κυμαίνεται από 25% έως 48% και σε ακατέργαστη πρωτεΐνη από 15% έως 20% (κατάλληλη για τροφή βοοειδών).

Η περιεκτικότητα σε λάδι των ελληνικών καλλιεργούμενων ποικιλιών κυμαίνεται από 40% έως 45% και σε ακατέργαστη πρωτεΐνη από 15% έως 20%. Οι αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο κυμαίνονται από 1,3 έως 3 τόνους/στρέμμα (Zabaniotou, 2010; Kallivroussis, 2002). Όπως προαναφέρθηκε, η καλλιεργούμενη έκταση και η σποροπαραγωγή παρουσίασαν σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία (Zabaniotou, 2008; Dhima, 2012). Ωστόσο, δεδομένου ότι τα υπολείμματα ηλίανθου που διατηρούνται στο χωράφι (οι αγρότες διατηρούν τα υπολείμματα στα χωράφια για να βελτιώσουν τη γονιμότητα του εδάφους) μείωσαν την εμφάνιση και την απόδοση της φακής, ενώ διεγείρουν την εμφάνιση ζιζανίων, πρέπει να ληφθούν συγκεκριμένες ενέργειες για την προστασία της ανάπτυξης του σόργου, της σόγιας, και τον ίδιο τον ηλίανθο (Dhima, 2012).

Η ελαιοκράμβη, που είναι αυτή τη στιγμή η πρώτη επιλογή παγκοσμίως για παραγωγή βιοντίζελ, (Ministry of Developmen, 2006) εισήλθε στην ελληνική αγροτική δραστηριότητα το 2006. Η ελαιοκράμβη είναι μια χειμερινή καλλιέργεια που σύμφωνα με παρατηρήσεις έδειξε καλή προσαρμογή στο ελληνικό κλίμα. Σημαντικές παράμετροι για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης στην Ελλάδα είναι η περίοδος σποράς, η πυκνότητα σποράς, το πότισμα, ο σωστός χρόνος καλλιέργειας και η σωστή μηχανοποίηση. Οι περισσότεροι από τους εγχώριους σπόρους παρουσιάζουν καλές δυνατότητες απόδοσης και κατάλληλα χαρακτηριστικά καυσίμου, και επομένως μπορούν να θεωρηθούν ως πολλά υποσχόμενη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ (Πίνακας 2.2.2) (Directive 2009/28/EC).

Πίνακας 2.2.2. Αποδόσεις βιοντίζελ από πιθανές γεωργικές καλλιέργειες στην Ελλάδα. Ανατύπωση με άδεια από Panoutsou et al., Biomass Bioenergy 32, 473–481 (2008).

Καλλιέργεια	Απόδοση καλλιέργειας (kg/ha) σπόρους	Μέση περιεκτικότητα σε σε λάδι (%)	Απόδοση βιοκαυσίμου (kg/ha)
Ηλιοτρόπιο	1200–3000	42	504–1260
Κραμβόσπορος	1200–2500	42	504–1050
Βαμβακόσπορος	1200–1600	16	170–230
Σπόρος ντομάτας	5500	34	1870
Σπόρος καπνού	617	38	267

Πίνακας 2.2.3. Γεωπονικά, ενεργειακά και οικονομικά δεδομένα για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα. Ανατύπωση με άδεια από τους Fontaras et al., Renewable Energy 43, 201–209 (2012). Πνευματικά δικαιώματα 2012 Elsevier

Γεωπονικά στοιχεία			Οικονομικά δεδομένα		
Καλλιέργεια	Αποδόσεις σιτηρών (Mt/ha)	Περιεκτικότητα σε λάδι (%ww)	Απαιτείται λίπανση N-P-K (kg/ha)	Τιμή παραγωγού σιτηρών (€/kg)	Παραγωγή ή σιτηρών κόστος (€/kg)
Βαμβάκι	1.58	14.79	101-31.7- 33	0.33	0.38
Σόγια	3.61	20.9	44-57-57		0.32
Κραμβόσπορος	2.01	42.6	52-31.7-3	0.25	0.20
Ηλιοτρόπιο	2.47	42.6	20-20-20	0.25	0.19

Οι Πίνακες 2.2.3 και 2.3.4 παρουσιάζουν μια σύγκριση της περιεκτικότητας σε έλαιο (% w/w) και της απόδοσης προϊόντος (Mt/ha) των τεσσάρων ενεργειακών καλλιεργειών υπό μελέτη (Fontaras, 2012). Όπως φαίνεται, ο ηλίανθος φαίνεται να είναι η καταλληλότερη λύση για την παραγωγή φυτικών ελαίων στην Ελλάδα, λόγω του υψηλού δυναμικού της καλλιέργειας με υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι. Η καλλιέργεια ελαιοκράμβης παράγει υψηλή απόδοση ελαίου με το χαμηλότερο κόστος

παραγωγής ανά στρέμμα. Η σόγια παρουσίασε την υψηλότερη απόδοση σε σπόρους (3,61 Mt/ha) αλλά τη δεύτερη χαμηλότερη παραγωγή ελαίου. Η παραγωγή βαμβακέλαιου φαινόταν να είναι η λιγότερο ελκυστική επιλογή.

Γενικά, η ισορροπία μεταξύ εισροών και εκροών είναι ο κρίσιμος δείκτης για τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας ενεργειακών καλλιεργειών. Προϋποθέσεις για την καλλιέργεια ειδών ενεργειακών καλλιεργειών σε μια περιοχή, είναι η επιλογή του υβριδίου προς καλλιέργεια και η επιλογή της τεχνικής της γεωργίας είναι σημαντικά ζητήματα για την επίτευξη ενός επιτυχημένου αποτελέσματος. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ο χωροταξικός σχεδιασμός ενεργειακών καλλιεργειών.

Η καλλιέργεια των ενεργειακών καλλιεργειών μακριά από τον τόπο παραγωγής ενέργειας όπου μπορούν να εκμεταλλευτούν τα υπολείμματα οδηγεί σε αυξημένη εφοδιαστική και συνεπώς επηρεάζει το κόστος των βιοκαυσίμων από μια ολοκληρωμένη προοπτική. Στην περίπτωση αυτή, μικρές και αποκεντρωμένες μονάδες θα μπορούσαν, στο μέλλον, να αποτελέσουν βιώσιμες λύσεις για την καταναμημένη παραγωγή ενέργειας από γεωργική βιομάζα. Η σωστή χρήση και η ολοκληρωμένη διαχείριση των παραπάνω ενεργειακών καλλιεργειών και των υπολειμμάτων τους, για την παραγωγή φυτικού ελαίου και βιοενέργειας, αντίστοιχα, θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της εγχώριας παραγωγής πρώτων υλών για τη βιομηχανία βιοντίζελ και να ενισχύσει τη συνοχή της γεωργίας, της ενέργειας και της ενέργειας και περιβαλλοντικές πολιτικές στην Ελλάδα (Skoulou, 2011).

2.3 Βιομηχανική Παραγωγή και Διανομή

Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ελλάδα έχει σημαντικές ευκαιρίες. Το κύριο ερώτημα για έναν επενδυτή αφορά την κλίμακα μιας μονάδας παραγωγής που θα είχε ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη απόδοση. Πλήθος μελετών διερευνούν από τεχνικοοικονομική άποψη τη σκοπιμότητα και την κερδοφορία αυτού του είδους των επενδύσεων, τόσο για μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας όσο και για μικρές μονάδες παραγωγής (Pioroulos, 2010; Bernesson, 2004). Γενικά, τα εργοστάσια μεγάλης κλίμακας (άνω των 50.000 τόνων ετήσιας παραγωγικής ικανότητας) είναι πιο παγκοσμίως ανταγωνιστικές και εξαγωγικές, ενώ οι μονάδες μικρής κλίμακας (έως 10.000 τόνοι ετήσιας δυναμικότητας) έχουν αυξημένο εφοδιακό κόστος, αλλά προσφέρουν εναλλακτική λύση στο πετρέλαιο υψηλής τιμής και στην εξυπηρέτηση

των τοπικών κοινοτήτων, καθώς θα έχουν χαμηλότερες επενδύσεις κεφαλαίου και κόστος μεταφοράς/διανομής.

Πίνακας 2.3.1 στοιχεία παραγωγής ενέργειας που αφορούν την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα. Ανατύπωση με άδεια από τους Fontaras et al., Renewable Energy 43, 201–209 (2012). Πνευματικά δικαιώματα 2012 Elsevier.

Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα			Παραγωγή ενέργειας από syngas			
Καλλιέργεια	Παραγωγή υπολειμμάτων (kg/ha)	Τιμή θέρμανσης (kcal/kg)	Δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας (toe/ha)	Syngas (N m ³ /ha)	Syngas (N m ³ /ha)	LHV gas (MJ/N m ³)
Βαμβάκι	4000	5547.6	2.2	0.61	2440	9.81
Σόγια	3000	6125.7	1.8	0.47	1410	9.08
Κραμβόσπορος	5000	5553.3	2.8	0.59	2950	9.01
Ηλιοτρόπιο	10 000	5575.4	5.6	0.51	5100	7.97

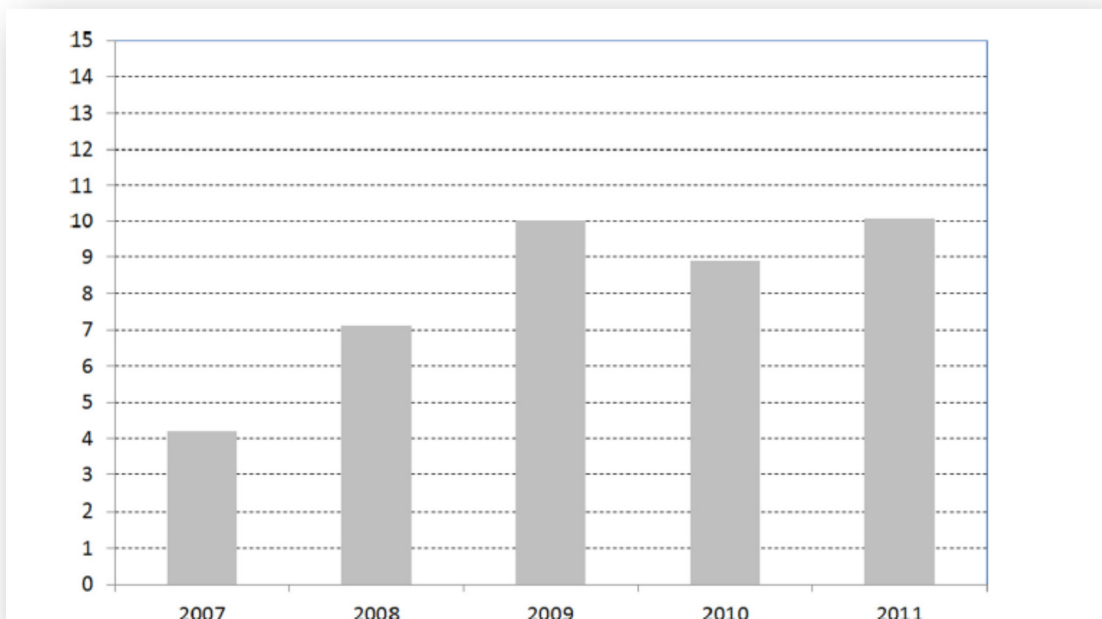
Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση του Υπουργείου Οικονομικών, του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης Τροφίμων, τέθηκε προς ανάμειξη ποσότητα 182.000 m³ καθαρού βιοντίζελ για την περίοδο Ιουλίου 2009, προς τον Ιούνιο 2010, ποσότητα που μειώθηκε σε 164.000 m³ το 2011 και 132.000 m³ το 2012 (MEECC, 2011). Δυστυχώς από τους 72 μήνες λειτουργίας του θεσμικού πλαισίου για τα βιοκαύσιμα για περισσότερους από 28 μήνες οι ελληνικές μονάδες παραγωγής βιοντίζελ παρέμειναν κλειστές γιατί για διάφορους λόγους όπως (εκλογές, απεργίες κ.λπ.) οδήγησαν στην αντικατάσταση περισσότερων από 150.000 m³ βιοκαυσίμων από ντίζελ.

Τα στοιχεία που υποβλήθηκαν για αξιολόγηση έδειξαν ότι μόνο το 47,5% του καθαρού βιοντίζελ που παράγεται στις ελληνικές μονάδες βιοντίζελ προέρχεται από εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες, κυρίως ηλίανθο και ελαιοκράμβη, και σε μικρότερο βαθμό

βαμβακόσπορους, χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια (UCOs) και ζωικά λίπη ελληνικής προέλευσης.

Η τοπική αγορά UCOs αναπτύχθηκε σημαντικά από εταιρείες που προσφέρουν ποιοτικές υπηρεσίες, όπως ειδικά εμπορευματοκιβώτια και τακτικό χρονοδιάγραμμα συλλογής. Επιπλέον, ο ανταγωνισμός μεταξύ των τοπικών εταιρειών συλλογής είναι υψηλός και αυτό οδήγησε στη βελτίωση των υπηρεσιών - η αγορά δίνει προσοχή στον τελικό χρήστη των UCO (ορισμένες εταιρείες διαθέτουν ειδικά πιστοποιητικά που επαληθεύουν την ποιότητα των υπηρεσιών τους και την τελική διάθεση των UCO) (Zografaki, 2010; Tsoutsos, 2013). Το σχήμα 2.3.2 δείχνει τις ποσοστιαίες UCOs σε μείγμα λαδιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα. Να σημειωθεί, ωστόσο, ότι οι δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης είναι μεγάλες λόγω της υψηλής κατά κεφαλήν κατανάλωσης ελαιολάδου και του μεγάλου αριθμού τουριστών. Μέχρι σήμερα, έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν δεκατρείς μονάδες παραγωγής βιοντίζελ στην Ελλάδα, συμβάλλοντας στο 86,7% των αναγκών της χώρας. Ο Πίνακας συνοψίζει τις εταιρείες που συμμετέχουν στην αλυσίδα παραγωγής βιοντίζελ. Άλλες δέκα εταιρείες εισάγουν βιοντίζελ B100 κυρίως από την Ιταλία, το Βέλγιο και την Αυστρία. Όλα πωλούνται σε δύο ελληνικά διυλιστήρια (MOTOP-ΟΪΛ Α.Ε. και ΕΛΠΕ Α.Ε.) για ανάμειξη και διανομή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αρκετοί ενδιαφερόμενοι στην αλυσίδα εφοδιασμού βιοντίζελ έχουν ασκήσει κριτική στο ετήσιο σύστημα ποσοτώσεων βιοντίζελ για αποδοτικότητα — ληστρικό και ασαφές. Ορισμένες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τέτοιες επικρίσεις έχουν αξία και ότι οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να επανεξετάσουν εναλλακτικές επιλογές σχετικά με την προώθηση του βιοντίζελ στις μεταφορές (Πιόρουλος, 2010). Η άδεια πωλήσεων απευθείας σε τοπικούς καταναλωτές και η προώθηση της μελλοντικής ολοκλήρωσης από τους αγρότες φαίνεται να ενισχύουν την αποδοτικότητα και να είναι φιλικές προς το περιβάλλον μέσα για την προώθηση της χρήσης βιοντίζελ στις μεταφορές.



Σχήμα 2.3.2 UCO (%) σε μείγμα ελαίων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα. Ανατύπωση με άδεια του Ν. Ζωγραφάκη, στο Biosire Final Conference, Thematic Transfer Activities, Training Session, San Sebastian, Ισπανία, 16 Ιουνίου 2011.

Τον Δεκέμβριο του 2005 παρήχθη η πρώτη εμπορική παραγωγή βιοντίζελ από την εταιρεία Hellenic Biopetroleum S.A. Έκτοτε ορίζεται με Υπουργική Απόφαση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας η ετήσια ποσότητα που θα διανέμεται για ανάμειξη με καύσιμο ντίζελ στην ελληνική αγορά (European Bioenergy Network, 2003).

Το 2015, μεταξύ των 18 εταιρειών που προκρίθηκαν ως δικαιούχοι του ετήσιου όγκου, οι 12 ήταν παραγωγοί και οι 6 εισαγωγείς. Οι 12 παραγωγοί συγκέντρωσαν συνολικά το 93% του όγκου, για περίπου 130 χιλιάδες κυβικά μέτρα (δηλαδή εκατόν τριάντα εκατομμύρια λίτρα). Ωστόσο, η εγκατεστημένη ισχύς τους είναι περίπου επταπλάσια του συνολικού ετήσιου όγκου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δυναμικότητα του μεγαλύτερου παραγωγού, της Agroinvest S.A., είναι υπερδιπλάσια σε σχέση με τον συνολικό ετήσιο όγκο και ότι οι δυναμικότητες του 2ου, 3ου και 4ου μεγαλύτερου παραγωγού είναι από 80 έως 65 τοις εκατό του συνολικού ετήσιου όγκου. Έτσι, είναι πολύ προφανές ότι το εγκατεστημένο βιοντίζελ και η παραγωγική ικανότητα στην Ελλάδα είναι ασύμμετρη με την τρέχουσα τοπική ζήτηση και υποχρησιμοποιείται καθώς μόνο το 14,4% της απασχολείται στην τοπική αγορά. Είναι επίσης σαφές ότι

υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες, τουλάχιστον από πλευράς δυναμικότητας, για εξαγωγές και/ή για την εξυπηρέτηση υψηλότερων εντολών ανάμειξης (επί του παρόντος η εντολή ανάμειξης ορίζεται στο 7%). Αυτό το δυναμικό μπορεί να τονιστεί περαιτέρω με τη βοήθεια του παρακάτω απλού μαθηματικού παραδείγματος.

Π.χ. η κατανάλωση πετρελαίου ντίζελ για τις οδικές μεταφορές το 2015 ήταν περίπου 2.900.000 κυβικά μέτρα⁸⁴ (2,9 δισεκατομμύρια λίτρα). Εάν οι ελληνικές μονάδες παραγωγής βιοντίζελ λειτουργούσαν με το 90% της δυναμικότητάς τους (δηλαδή 90% x 901.290 κυβικά μέτρα = 811.161 κυβικά μέτρα) για ένα χρόνο, προμηθεύοντας όλη την παραγωγή τους για την τοπική αγορά, τότε το συνολικό παραγόμενο βιοντίζελ θα αρκούσε για να είναι αναμεμειγμένο με πετρέλαιο ντίζελ περίπου 28%.

Πίνακας 2.3.3 Κατανομή και Ικανότητα ανά δικαιούχο για το 2015.

Αριθμοί	Τίτλος Εταιρείας	Δικαιούχου	Συνολική ετήσια κατανομημένη ποσότητα καθαρού βιοντίζελ (χιλιάδες λίτρα)	Ποσόστωση κατανομής ανά δικαιούχο (%)	Ονομαστική χωρητικότητα (χιλιάδες λίτρα ετησίως)
1	AGROINVEST S.A.		32.635,934	23,31%	286.364
2	PAVLOS N. PETTAS S.A.		23.495,793	16,78%	112.500
3	GF ENERGY S.A.		17.233,802	12,31%	127.000
4	ELIN BIOFUELS S.A.		14.094,766	10,07%	90.909
5	NEWENERGY S.A.		13.305,647	9,50%	39.273
6	MANOS S.A.		7.355,529	5,25%	93.563
7	MIL OIL HELLAS S.A.		7.143,903	5,10%	11.363
8	BIONTIZEL L.T.D		5.238,461	3,74%	23.958
9	STAFF COLOUR-ENERGY S.A.		4.254,343	3,04%	13.000
10	BIOENERGIA		3.714,413	2,65%	40.000
11	ECCOCISTIRIA CLOSTIRIA		788,303	0,56%	23.760

	VOREIOU ELLADOS S.A.			
12	PETSAS S.A.	756,303	0,54%	39.600
13	Subtotal of Producers (12)	130.017,197	92,87%	901.290
	MOTOR OIL HELLAS CORINTH REFINERIES S.A.	2.746,087	1,96%	
14	TAILOR' S ENERGIAKI S.A.	1.818,384	1,30%	
15	TAILOR' S CONSULTANTS & COLOURS L.T.D	1.818,384	1,30%	
16	AVIN	1.439,866	1,03%	
17	HELLENIC PETROLEUM S.A.	1.228,345	0,88%	
18	REVOIL BIOFUELS S.A.	931,734	0,67%	
	Μερικό σύνολο εισαγωγέων (6)	9.982,800	7,13%	
	Σύνολο	140.000	100,00%	901.290

Η ποσόστωση κατανομής για το 2015 αυτής της ομάδας εταιρειών – όλες παραγωγοί – ανέρχεται σε 62,5% της συνολικής κατανομής, ενώ η συνολική τους ικανότητα είναι 68,5% της συνολικής ενεργού δυναμικότητας. Ως εκ τούτου, πιστεύουμε ότι οι θέσεις τους, έστω και μεροληπτικές σε κάποιο βαθμό, έχουν μεγάλη σημασία για το παρόν και το μέλλον αυτού του κλάδου.

Ένα κοινό πλαίσιο ή εργαλείο που χρησιμοποιείται από τους εμπόρους για την ανάλυση και την παρακολούθηση των μακρο-περιβαλλοντικών παραγόντων (εξωτερικό περιβάλλον μάρκετινγκ) που έχουν αντίκτυπο σε ένα έργο, οργανισμό ή τομέα είναι η ανάλυση PESTEL. Η συντομογραφία PESTEL (Kim-Keung Ho, 2014) σημαίνει πολιτική, οικονομική, κοινωνική, τεχνολογική, οικονομική και νομική περιβάλλοντα που επηρεάζουν το υπό εξέταση θέμα. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων λόγων, προκειμένου να εντοπιστούν οι ευκαιρίες και οι απειλές που συμβάλλουν σημαντικά στην ανάλυση του μικροπεριβάλλοντος σύμφωνα με τη λογική της ανάλυσης SWOT (πρωτοβουλία για δυνατά σημεία, αδυναμίες, ευκαιρίες και απειλές, η ανάλυση ενός προϊόντος, έργου ή

κλάδου). Οι μέθοδοι ανάλυσης PESTEL και SWOT μοιράζονται μια ιστορία εξήντα (2001) ετών περισσότερο ή λιγότερο. Ο καθηγητής του Χάρβαρντ Francis Aguilar θεωρείται ότι είναι ο δημιουργός του PEST Analysis.

Η ανάλυση SWOT, η οποία συχνά ακολουθεί μια ανάλυση PEST, επιδιώκει να αντιμετωπίσει το ζήτημα της διαμόρφωσης στρατηγικής από μια διπλή προοπτική: από μια εξωτερική εκτίμηση (απειλών και ευκαιρίες σε ένα περιβάλλον) και από μια εσωτερική αξιολόγηση (δυνατών και αδυναμιών σε έναν οργανισμό) (Karppi). Μερικοί συγγραφείς αποδίδουν το SWOT στον Albert Humphrey, ο οποίος ηγήθηκε μιας συνέλευσης στο Stanford Research Institute (τόρα SRI International) στις Δεκαετίες 1960 και 1970 χρησιμοποιώντας δεδομένα από εταιρείες του Fortune 500. Στην πραγματικότητα, πιστεύεται ότι το πλαίσιο ανάλυσης SWOT ξεκίνησε την «καριέρα» του με τον τίτλο SOFT (Ικανοποιητικό - καλό στο παρόν, Ευκαιρία - καλό στο μέλλον, Λάθος - κακό στο παρόν, Απειλή - κακό στο μέλλον) (Centre for Spatial Development, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πλαίσιο SWOT: Ανάλυση των δυνατών σημείων, των αδυναμιών, των ευκαιριών και των απειλών της ελληνικής βιομηχανίας βιοκαυσίμων.

3.1 Δυνατά σημεία

1. Ανάπτυξη αγροτικής οικονομίας και αγροτικών περιοχών. Η καλλιέργεια ενεργειακών καλλιεργειών αποτελεί ήδη ισχυρό μοχλό για την αγροτική οικονομία. Σύμφωνα με την GF Energy S.A., περίπου 25.000 αγρότες (με τις οικογένειές τους επίσης) ασχολούνται με τις ενεργειακές καλλιέργειες κερδίζοντας περισσότερα από 60 εκατομμύρια ευρώ ετησίως.

Επιπλέον, οι εγκαταλειμμένες αγροτικές εκτάσεις στην Ελλάδα υπολογίζονται σε 6 εκατομμύρια στρέμματα. Εάν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών, τότε ο αριθμός των απασχολούμενων σε αυτόν τον πρωτογενή τομέα θα μπορούσε να φτάσει τους 340.000 συνεισφέροντας στο ΑΕΠ της χώρας κατά περίπου 1 δισεκατομμύριο ευρώ ετησίως (Paschalidou, 2016).

2. Εκτός από τη δημιουργία άμεσης απασχόλησης στον αγροτικό κόσμο, τα βιοκαύσιμα έχουν θετική επίδραση στη δημιουργία άμεσων και έμμεσων θέσεων εργασίας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού από τη γεωργική γη έως το πρατήριο λιανικής πώλησης καυσίμων. Αυτές οι εργασίες έχουν να κάνουν κυρίως με την επιμελητεία, την παραγωγή και το εμπόριο, όπως μεταφορά και αποθήκευση της πρώτης ύλης, παραγωγή και αποθήκευση βιοκαυσίμων, μεταφορά και ανάμειξη βιοκαυσίμων με ντίζελ/βενζίνη κ.λπ (Domac, 2005). Δημιουργία απασχόλησης σε μια οικονομία όπως η ελληνική, που έχει φλερτάρει με ποσοστά ανεργίας 20% και άνω για τουλάχιστον πέντε συνεχόμενα χρόνια θεωρείται ως *sine qua non* ενέργεια.

3. Ένα παραδοσιακό προπύργιο των υποστηρικτών των βιοκαυσίμων παγκοσμίως είναι ο ισχυρισμός ότι τα βιοκαύσιμα βοηθούν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, λόγω κυρίως του γεγονότος ότι μέσω της ανάπτυξης της πρώτης ύλης δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα (καθώς το CO₂ απορροφάται από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση). Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες αναλύσεις που δείχνουν ότι η διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς μπορεί αντί να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα, οδηγούν σε αύξηση των εκπομπών θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, υπογραμμίζοντας την αξία της ανάπτυξης προηγμένης παραγωγής βιοκαυσίμων (Siddiqui, 2016).

4. Η ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας μέσω της διαφοροποίησης των ενεργειακών πόρων, ανεξάρτητα από τα ορυκτά καύσιμα, είναι μία από τις βασικές διαστάσεις των βιοκαυσίμων. Μαζί με τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οδηγούν την οικονομία και την κοινωνία μας ένα βήμα παραπέρα από τα ορυκτά καύσιμα (Siddiqui, 2016).

3.2 Αδυναμίες

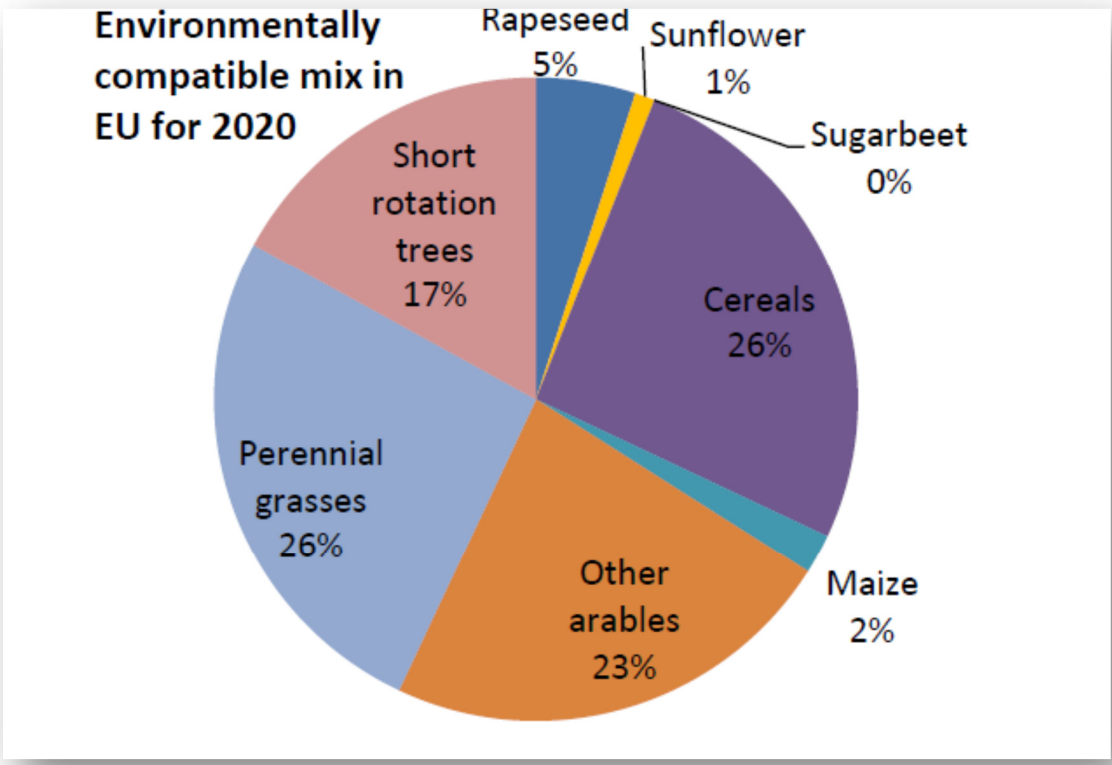
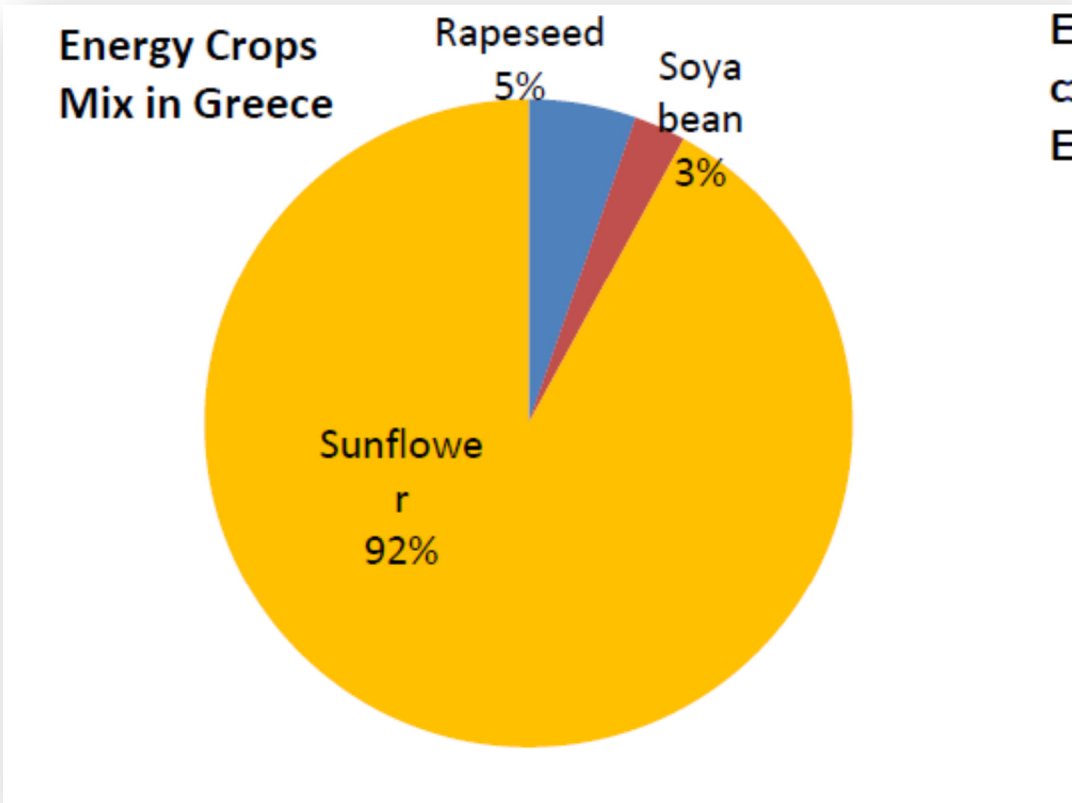
1. Όπως τονίστηκε προηγουμένως (\$1,3,5 και \$2,2,1) τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα περιορίζονται στο βιοντίζελ. Δεν υπάρχει υποδομή βιοαιθανόλης, ενώ για να κατασκευαστεί θα απαιτούσε εκτεταμένες επενδύσεις κεφαλαίου και σημαντικό χρόνο. Σύμφωνα με διάφορες αναφορές από έργα παγκοσμίως, το κόστος θα ήταν περίπου δεκάδες εκατομμύρια ευρώ και πέντε χρόνια για την ολοκλήρωση φαίνονται βέβαιοι.

Το εργοστάσιο αιθανόλης στις ΗΠΑ το 2005 κόστισε περίπου 65 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (Jennings, 2005). Η πλειονότητα των παραγωγών βιοκαυσίμων του ερωτηματολογίου ήταν απρόθυμοι ή αρνητικοί ενόψει της συμμετοχής τους στη βιοαιθανόλη. Εκτός από το μέγεθος της απαιτούμενης επένδυσης, προβληματίζονται ή

αποθαρρύνονται από τους ακόλουθους παράγοντες: α) η πρώτη ύλη βιοαιθανόλης στην Ελλάδα είναι από περιορισμένη έως σπάνια, β) νόμιμη, Το πλαίσιο είναι από ανύπαρκτο έως πρωτόγονο, γ) προκύπτουν τεχνικά προβλήματα αποθήκευσης βιοαιθανόλης, μεταφοράς και ανάμειξης με βενζίνη λόγω του τοπικού κλίματος και του ελληνικού γεωγραφικού ανάγλυφου (πολλά νησιά με χαμηλή κατανάλωση αντίστοιχα).

2. Το κόστος βιοντίζελ στην Ελλάδα για τον τελικό καταναλωτή είναι σημαντικά υψηλό σε σύγκριση με το κόστος του συμβατικού ντίζελ. Η πριμοδότηση βιοντίζελ που τα Ελληνικά Πετρέλαια και τα Διυλιστήρια Motor Oil συμπεριέλαβαν στην τιμολόγηση του ντίζελ μεικτού με βιοντίζελ στις αρχές του 2016 ήταν περίπου 65 € ανά κυβικό μέτρο. Το βιοντίζελ αναμειγνύεται στο 7%, επομένως θεωρείται ότι η τιμολόγηση του βιοντίζελ των διυλιστηρίων ήταν $65 / 0,07$ € ανά κυβικό μέτρο (1.000 λίτρα), δηλαδή περίπου 928 € ανά m^3 . Στις 8 Απριλίου 2016, η μέση τιμή του διυλιστηρίου, η οποία ενσωματώνει την πριμοδότηση βιοντίζελ, ήταν 341 € / κυβικό μέτρο. Θεωρητικά, χωρίς την προσθήκη βιοντίζελ και την αντίστοιχη πριμοδότηση του, η τιμή του διυλιστηρίου θα ήταν περίπου 275 € / κυβικό μέτρο. Παρά το γεγονός ότι δεν πρέπει να γίνονται απόλυτες συγκρίσεις τιμών, επειδή τα διάφορα στοιχεία κόστους και τα περιθώρια κέρδους δεν μπορούν να προσδιοριστούν, είναι αξιοσημείωτο ότι υπάρχει πολύ σημαντική απόκλιση μεταξύ των υποθετικών τιμών του μη αναμειγμένου ντίζελ και του βιοντίζελ.

3. Το μείγμα ενεργειακών καλλιεργειών της Ελλάδας περιλαμβάνει μόνο τρία διαφορετικά είδη και κυριαρχεί από ένα, τον ηλιάνθο. Το «περιβαλλοντικά συμβατό» μείγμα ενεργειακών καλλιεργειών που αναπτύχθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος ενόψει του 2020 περιέχει μεγαλύτερη ποικιλία και πολύ πιο ίση κατανομή μεταξύ διαφορετικών καλλιεργειών. Επομένως, το μείγμα τοπικών ενεργειακών καλλιεργειών έρχεται σε πλήρη ασυμφωνία με τη στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για βιωσιμότητα και περιβαλλοντική συμβατότητα.



Σχήμα 3.2.1. Μείγμα ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα το 2013 και Περιβαλλοντικά συμβατό μείγμα ενεργειακών καλλιεργειών για το 2020 από τον ΕΟΧ.

Πηγή: Ελληνική Αρχή Πληρωμών Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΟΠΕΚΕΠΕ) (2013) & Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2013).

Ο κίνδυνος αλλαγής χρήσης γης: Σύμφωνα με την παγκόσμια τάση, οι περιοχές στην Ελλάδα θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την καλλιέργεια ενεργειακών καλλιεργειών αντί για τρόφιμα, προκαλώντας ελλείψεις στην αγορά που αυξάνουν τις τιμές των τροφίμων είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω εισαγωγών που αντικαθιστούν τέτοιες ελλείψεις.

5. Η βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα μπορεί να τεθούν σε κίνδυνο σε περίπτωση που η ζήτηση για βιοκαύσιμα είναι ισχυρή. Οι υψηλότερες αποδόσεις θα απαιτήσουν τελικά περισσότερη γη για να φυτευτούν ενεργειακές καλλιέργειες, εκτοπίζοντας πιθανώς καθιερωμένα φυσικά οικοσυστήματα και πιθανώς βλάπτοντας το έδαφος, τον αέρα και το νερό, υπό την προϋπόθεση ότι θα αναπτυχθούν εντατικές γεωργικές πρακτικές. Επιπλέον, η πρακτική της μονοκαλλιέργειας που είναι η περίπτωση των βιοκαυσίμων, επηρεάζει τη φυσική και γεωργική βιοποικιλότητα στην οποία βασίζονται πολλές ζωτικές φυσικές διεργασίες όπως ο κύκλος του άνθρακα, του αζώτου, του νερού και της γονιμότητας του εδάφους (Paschalidou, 2016).

6. Υπερπαραγωγική ικανότητα υποδομών: Αν και δεν είναι μόνο ελληνικό φαινόμενο, αναφέρεται σημαντική πλεονάζουσα δυναμικότητα μονάδων παραγωγής βιοντίζελ. Η βασική αιτία πίσω από αυτήν την ασυμμετρία, σύμφωνα με την πλειονότητα των παραγωγών βιοκαυσίμων του ερωτηματολογίου είναι ότι η ΕΕ, ξεκινώντας το 2003, έδωσε κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα των βιοκαυσίμων έχοντας ένα πολύ φιλόδοξο όραμα για τη διείσδυση των βιοκαυσίμων. Ένας άλλος ουσιαστικός λόγος είναι η εντολή ανάμειξης βιοντίζελ και το σύστημα ποσοστώσεων αυτής της πολιτικής, που πρόσφερε ένα σχετικά ασφαλές εισόδημα στην αναπτυσσόμενη αγορά καυσίμων (αύξηση μέχρι το 2009).

Σημειώνεται ότι η εξίσωση που ορίζει την πιθανή κατανομή κάθε δικαιούχου είναι ένας συνδυασμός πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγικής ικανότητας της μονάδας.

3.3 Ευκαιρίες

1. Δεδομένου ότι το βιοντίζελ είναι επί του παρόντος το μόνο διαθέσιμο υγρό βιοκαύσιμο στην Ελλάδα, η περαιτέρω προώθηση της διείσδυσής του από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής μοιάζει μονόδρομος προς την επίτευξη των εθνικών στόχων σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις μεταφορές (10% υποκατάσταση της ενέργειας για μεταφορά με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μείωση κατά 20% στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το 1990. Υψηλότερες εντολές ανάμειξης με ντίζελ θα μπορούσαν να απογειώσουν την αγορά και να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία των υφιστάμενων μονάδων βιοντίζελ (Paschalidou, 2016). Ακόμη και μετά την εφαρμογή του επικείμενου ανώτατου ορίου 7% στα βιοκαύσιμα με βάση τις καλλιέργειες, μια ελληνική αγορά με υψηλότερο ποσοστό ανάμειξης βιοντίζελ (10 ή 15%) και με την τρέχουσα δομή προσφοράς (κυρίως ενεργειακές καλλιέργειες) θα είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Η κατανάλωση ντίζελ για τις μεταφορές το 2013 ήταν 2.043,107 ktoe¹⁰⁶ (χιλιάδες τόνοι ισοδύναμο πετρελαίου) ή το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για τις μεταφορές, ενώ η κατανάλωση βενζίνης ήταν 2.774.485 ktoe. Για να επιτευχθεί ο στόχος του 10% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα σήμαινε αντικατάσταση περίπου. 480 ktoe με βιοκαύσιμα. Με την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμο μόνο βιοντίζελ, τα 480 ktoe ισοδυναμούν με το 23% τοις εκατό της κατανάλωσης ντίζελ.

Το ανώτατο όριο του 7% στα βιοκαύσιμα με βάση τις καλλιέργειες είναι στην πραγματικότητα το 70% του στόχου του 10%, που έχει ως αποτέλεσμα 336 ktoe ή 16,5% ποσοστό ανάμειξης. Έτσι, χωρίς να αλλάξει η τρέχουσα αγορά διαρθρωτικά, αλλά να πληρούνται άλλες προϋποθέσεις, όπως νέα πρότυπα ανάμειξης, εγκρίσεις σκοπιμότητας κ.λπ., η συνολική ετήσια κατανομή βιοντίζελ θα μπορούσε να αυξηθεί κατά τουλάχιστον 200%. Συμπερασματικά, ο υπερδιπλασιασμός του τρέχοντος ποσοστού ανάμειξης – από 7% σε 15%, φαίνεται εφικτός. Μια τέτοια πολιτική θα συνέβαλε πολύ ουσιαστικά για την επίτευξη του εθνικού στόχου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυξάνοντας κατά πολύ την αξιοποίηση των εγκατεστημένων υποδομών με πολλά θετικά για την οικονομία (δημιουργία θέσεων εργασίας, στήριξη αγροτικών περιοχών, αύξηση φορολογικού εισοδήματος κ.ο.κ.) (Paschalidou, 2016).

2. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εισαγωγή και η παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ένα εντελώς νέο έδαφος για τις επιχειρήσεις. Σύμφωνα με τους παραγωγούς βιοντίζελ, ένα συγκεκριμένο νομικό και επενδυτικό πλαίσιο είναι καθοριστικής σημασίας για την

προσέλκυση δυνητικών επιχειρηματιών να επενδύσουν. Με την προϋπόθεση ότι η ανάμειξη βιοαιθανόλης με βενζίνη επιβάλλεται ως μια εντολή, παρόμοια με το βιοντίζελ και τις σχετικές πρακτικές στην ΕΕ και παγκοσμίως, θα αναδυόταν αμέσως μια μεγάλη αγορά. Λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση βενζίνης για τις μεταφορές στην Ελλάδα το 2013 που ήταν 2.643107 χιλιάδες τόνοι ή περίπου 3.600 χιλιάδες κυβικά μέτρα (η μέση πυκνότητα βενζίνης είναι 0,735 τόνοι ανά κυβικό μέτρο σε θερμοκρασία 15 βαθμών Κελσίου) και μια υποθετική εντολή ανάμειξης αιθανόλη με βενζίνη στο 3,9% (όπως στην Ισπανία σε 2013108 – χώρα με όμοιες κλιματολογικές συνθήκες με την Ελλάδα και μέλος της ΕΕ), η απαιτούμενη βιοαιθανόλη θα ανερχόταν σε 140 χιλιάδες κυβικά μέτρα που είναι ακριβώς το μέγεθος της ελληνικής αγοράς βιοντίζελ (140 χιλιάδες κυβικά μέτρα το 2015) (Guerrero, 2013).

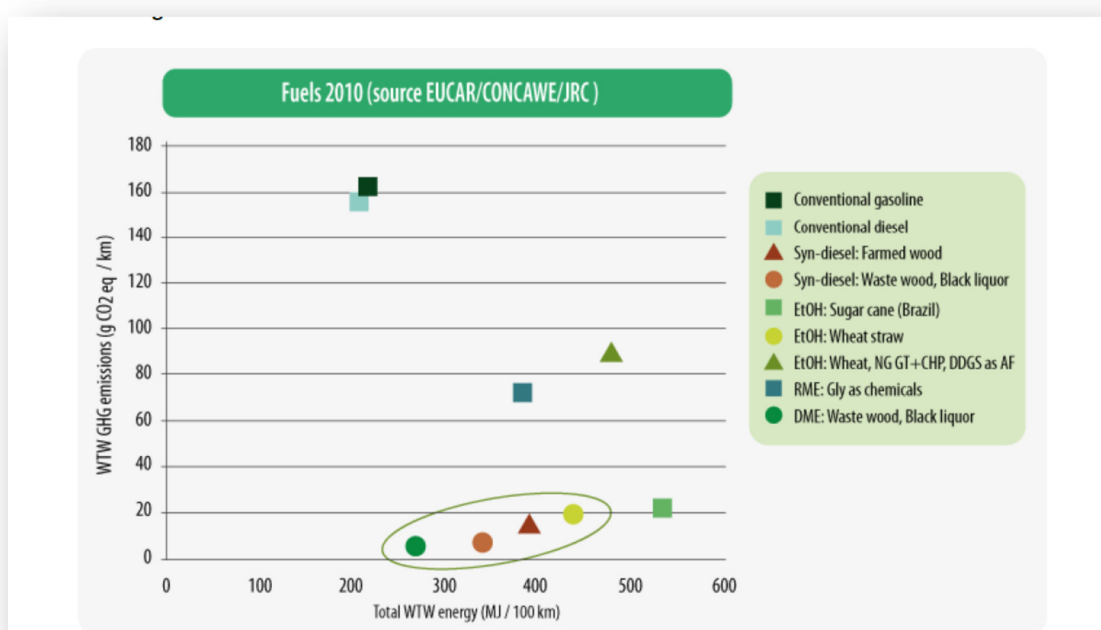
3. Εκτός από τον τομέα των μεταφορών που απορροφά πλήρως τα υγρά βιοκαύσιμα στην Ελλάδα, θα μπορούσαν να υπάρχουν και άλλες συσκευές. Όπως αναλύεται στην §2.1.1, οι τομείς της αεροπορίας και της ναυτιλίας είναι δυνητικοί νέοι πελάτες βιοκαυσίμων με ικανότητα πρόσληψης τεράστιων ποσοτήτων από αυτά. Ωστόσο, αυτό είναι απίθανο τουλάχιστον για βραχυπρόθεσμο ή μεσοπρόθεσμο μέλλον, καθώς δεν υπάρχει ένδειξη κίνησης προς αυτή την κατεύθυνση στην Ελλάδα. Άλλες πιθανές φάσεις λόγω του υφιστάμενου νομικού πλαισίου (Ν.3468/2006), περιλαμβάνουν την ανάμειξη βιοντίζελ με πετρέλαιο θέρμανσης για βιομηχανικούς και οικιακούς σκοπούς θέρμανσης και τη χρήση μικτού ντίζελ για ηλεκτροπαραγωγή. Η αγορά πετρελαίου θέρμανσης στην Ελλάδα ήταν περίπου 4.000 χιλιάδες κυβικά μέτρα και ένα μείγμα 5% βιοντίζελ (δηλ. 200.000 κυβικά μέτρα βιοντίζελ) με πετρέλαιο θέρμανσης είναι τεχνικά βιώσιμο χωρίς καμία προσαρμογή στις εγκατεστημένες υποδομές θέρμανσης (καυστήρες). Ενώ, όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η Εθνική Εταιρεία Ηλεκτρισμού καταναλώνει 480 χιλιάδες κυβικά μέτρα για την τροφοδοσία των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της με ντίζελ. Έτσι, ένα ποσοστό ανάμειξης 5 - 7% θα οδηγούσε σε άλλες 30 με 33 χιλιάδες κυβικά μέτρα νέα ζήτηση βιοντίζελ ετησίως (F.E.I.R 2010).

4. Η διπλή καταμέτρηση που αναφέρεται στη συμβολή των βιοκαυσίμων από μη εδωδόμενες καλλιέργειες στον στόχο του 10% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές, προσφέρει ευκαιρίες για ανάπτυξη. Τα βιοκαύσιμα από χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι (UCO) και ζωικά λίπη, καθώς και προηγμένα βιοκαύσιμα από λιγνοκυτταρινικά υλικά και καινοτόμα καύσιμα που δημιουργούνται από αυτές τις πρώτες ύλες που επιτρέπουν μεγαλύτερες μειώσεις στα αέρια του θερμοκηπίου

(GHGs), θα προσμετρώνται διπλά στον στόχο του 10%, υπό την προϋπόθεση ότι μια τέτοια διάταξη εγκρίνεται στην τοπική νομοθεσία (Paschalidou, 2016).

Οι εξεταζόμενοι παραγωγοί βιοκαυσίμων έχουν ήδη συμπεριλάβει χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι και ζωικά λίπη στο χαρτοφυλάκιο πρώτων υλών τους, επομένως

Η εφαρμογή του συστήματος διπλής καταμέτρησης στην Ελλάδα θα προσέθετε γρήγορα αξία στον κλάδο και θα λειτουργούσε σε σύγκλιση με την εφαρμοζόμενη στρατηγική (ιδίως η Elin Biofuels S.A. παράγει βιοντίζελ αποκλειστικά από χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι και ζωικά λίπη¹¹⁰).



Εικόνα 3.3.1. Εκπομπές GHG συμβατικών και καινοτόμων καυσίμων από προηγμένα βιοκαύσιμα.

Περιθωριακές εκτάσεις που είναι γενικά κακής ποιότητας όσον αφορά τη γεωργική χρήση θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή βιομάζας. Αυτή η χρήση είναι λιγότερο πιθανό να διαταράξει το οικοσύστημα ή να προκαλέσει αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων και της γης, καθώς οι οριακές εκτάσεις δεν χρησιμοποιούνται στις παραγωγικές διαδικασίες (Paschalidou, 2016).

3.4 Απειλές

1. Αν και η απουσία δραστηριότητας βιοαιθανόλης στην Ελλάδα έχει χαρακτηριστεί ως ευκαιρία για νέες επιχειρήσεις, αποτελεί ταυτόχρονα απειλή. Δεδομένου ότι η ενίσχυση του κλάδου των βιοκαυσίμων με βιοαιθανόλη έχει καθυστερήσει τόσο πολύ, η επίτευξη των εθνικών στόχων μέχρι τον πολύ κοντινό ορίζοντα του 2020 παραμένει αμφίβολη (Mitkidis, 2015).

2. Μολονότι η επίτευξη των στόχων του 2020 δεν έχει επιτευχθεί, δεν υπάρχει καμία ένδειξη επικαιροποιημένου εθνικού σχεδιασμού μετά το 2020 μέχρι σήμερα. Η έλλειψη ενός τέτοιου στρατηγικού σχεδίου θα καθυστερήσει την πιθανή ανάπτυξη της τοπικής αγοράς βιοκαυσίμων, στερώντας την ανταγωνιστικότητα έναντι αγορών άλλων χωρών πιο προηγμένων από άποψη οργάνωσης και σχεδιασμού.

3. Ένα σταθερό νομικό και ρυθμιστικό πλαίσιο είναι θεμελιώδες για την πρόοδο οποιουδήποτε τομέα. Μόλις σε οκτώ χρόνια εισήχθησαν τέσσερις μεγάλες νομικές πράξεις, η μία τροποποιεί την άλλη, συνοδευόμενη από πολυάριθμες υπουργικές αποφάσεις, τεχνικά πρότυπα και τελωνειακές διατάξεις. Όπως υποστήριζαν όλοι οι παραγωγοί βιοκαυσίμων το συχνά μεταβαλλόμενο θεσμικό πλαίσιο πληγώνει τη βιομηχανία.

4. Το υψηλό σχετικό κόστος περιορίζει τη βιωσιμότητα και αμφισβητεί τη βιωσιμότητα του κλάδου. Η τομεακή μελέτη που εκπονήθηκε από το Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών υπογραμμίζει την παρουσία μεγαλύτερου κόστους σε σύγκριση με άλλες χώρες της ΕΕ, σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένου του κόστους της πρώτης ύλης, παραγωγή, εφοδιαστική, αποθήκευση και χειρισμός. Το σχετικά υψηλό κόστος της πρώτης ύλης στην Ελλάδα θεωρείται ο πιο ουσιαστικός παράγοντας για την υψηλή τιμή του τελικού προϊόντος. Ομοίως με άλλες καλλιέργειες, οι ενεργειακές καλλιέργειες υποφέρουν επίσης από την εκτεταμένη κατάτμηση της γης σε μικρές ιδιοκτησίες, η οποία μπλοκάρει τις οικονομίες κλίμακας. Δίνοντας με μεγάλη προτεραιότητα στην εγχώρια παραγωγή (για παράδειγμα, το 2015, 93% εγχώριες και 7% εισαγωγές), υπάρχει πιθανότητα εκτεταμένες εισαγωγές χαμηλού κόστους να έχουν κατακλύσει την αγορά. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι παραγωγοί βιοκαυσίμων πληρώνουν φόρο προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ) με τις αγορές τους αλλά δεν εισπράττουν ΦΠΑ από τις πωλήσεις τους αφού πωλούν αφορολόγητο προϊόν, δημιουργεί σημαντικό περιορισμό του κεφαλαίου

κίνησης, ο οποίος ενισχύεται λόγω των καθυστερήσεων στο επιστροφή ΦΠΑ από το Ελληνικό Κράτος (Mitkidis, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από το 2016 και μετά η οικονομία αναπτύσσεται συνεχώς, πιο εντατικά τα πρώτα 3 χρόνια (5% ετησίως) και στη συνέχεια σταδιακά λιγότερο εντατικά αλλά σημαντικά (3% για περίοδο δέκα ετών). Η βασική υπόθεση των δύο εναλλακτικών σεναρίων είναι ότι η οικονομία της Ελλάδας παρουσιάζει καλύτερες και χειρότερες επιδόσεις αντίστοιχα σε σύγκριση με τις προβλέψεις του ΟΟΣΑ. Για να επιτύχουμε συμμετρία μεταξύ των εναλλακτικών σεναρίων, εφαρμόσαμε ίσο – σε απόλυτη τιμή – ποσοστό απόκλισης από το αντίστοιχο. Επιπλέον, το ποσοστό απόκλισης θα πρέπει να είναι σημαντικό, έτσι ώστε οι διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα να έχουν σημασία, αλλά να μην είναι χαοτικές, με κίνδυνο να παραχθούν μη ρεαλιστικά σενάρια. Έτσι, στο OPS, η εξέλιξη του ΑΕΠ από το 2015 έως το 2030 επιταχύνεται κατά 50% κάθε χρόνο, ενώ στο UPS, επιβραδύνεται κατά 50%.

Η πρόοδος του ΑΕΠ σε όλα τα σενάρια είναι ο οδηγός που καθορίζει την πορεία και των άλλων δύο καθοριστικών μεταβλητών (Στόλος ντίζελ και τιμή ντίζελ εν μέρει).

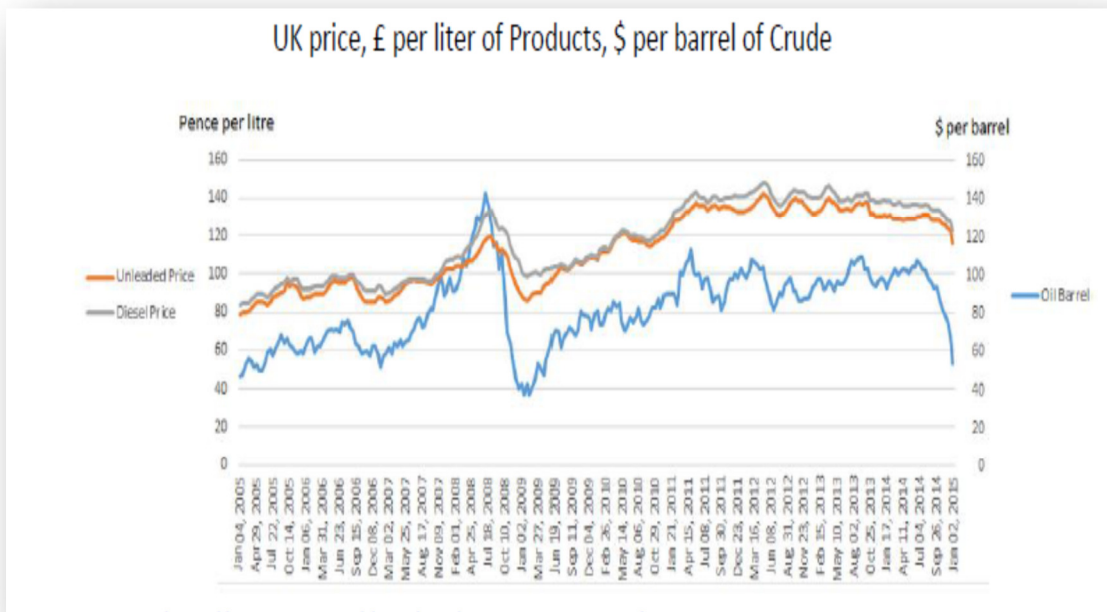
Αναφορικά με τον στόλο ντίζελ, στην RS, υποθέτουμε ότι η ταχύτητα αντικατάστασης των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων με πετρέλαιο ντίζελ που έχουμε δει τα προηγούμενα χρόνια της ύφεσης και μετά την άρση της απαγόρευσης του ντίζελ το 2011 θα συνεχιστεί. Κατά την περίοδο 2011 – 2014, ο μέσος ρυθμός αύξησης του στόλου ντίζελ ήταν 10% ετησίως, τον οποίο διατηρούμε έως το 2030, ενώ ο μέσος ρυθμός συρρίκνωσης του στόλου βενζίνης ήταν 1,25%. Υποθέτουμε ότι αυτό το ποσοστό αυξάνεται ελαφρώς στο 2% μέχρι το 2030, δεδομένου του γεγονότος ότι η οικονομία αναμένεται να αρχίσει να αναπτύσσεται ξανά από το 2016, έτσι ώστε οι άνθρωποι να επιθυμούν ακόμη πιο αποφασιστικά να αντικαταστήσουν τα βενζινοκίνητα οχήματά τους. Μέχρι το 2030, τα πετρελαιοκίνητα οχήματα και το μερίδιο αγοράς θα έχει αυξηθεί από 8% το 2014 σε 35%, πολύ πιο κοντά στον τρέχοντα μέσο όρο της ΕΕ του

53% (σύμφωνα με την ACEA). Ο συνολικός στόλος θα αριθμεί 8.273 εκατομμύρια αυτοκίνητα, 3% περισσότερα από το 2014. Στο OPS, υποθέτουμε ότι τα ποσοστά αντικατάστασης θα είναι ακόμη υψηλότερα, με τον στόλο diesel να αυξάνεται 15% για τα πρώτα έξι χρόνια και στη συνέχεια υπάρχει σταδιακή εξισορρόπηση σε 10% ετησίως, ενώ ο στόλος βενζίνης θα συρρικνώνεται κατά 3% ετησίως. Το 2030, το μερίδιο αγοράς ντίζελ θα φτάσει στο 48% πλησιάζοντας πολύ στον τρέχοντα μέσο όρο της ΕΕ, ενώ ο συνολικός στόλος θα είναι 8% περισσότερο από το 2014. Τέλος, στο UPS, τα ποσοστά αντικατάστασης θα είναι περίπου τα μισά σε σύγκριση με το RS, Αύξηση 5% του στόλου ντίζελ και 1% μείωση του στόλου βενζίνης ετησίως. Τέτοια πορεία θα έχει το μερίδιο αγοράς ντίζελ 18% και ο συνολικός στόλος περίπου 4% λιγότερο από ό,τι ήταν στην αρχή (Tsionas, 2009).

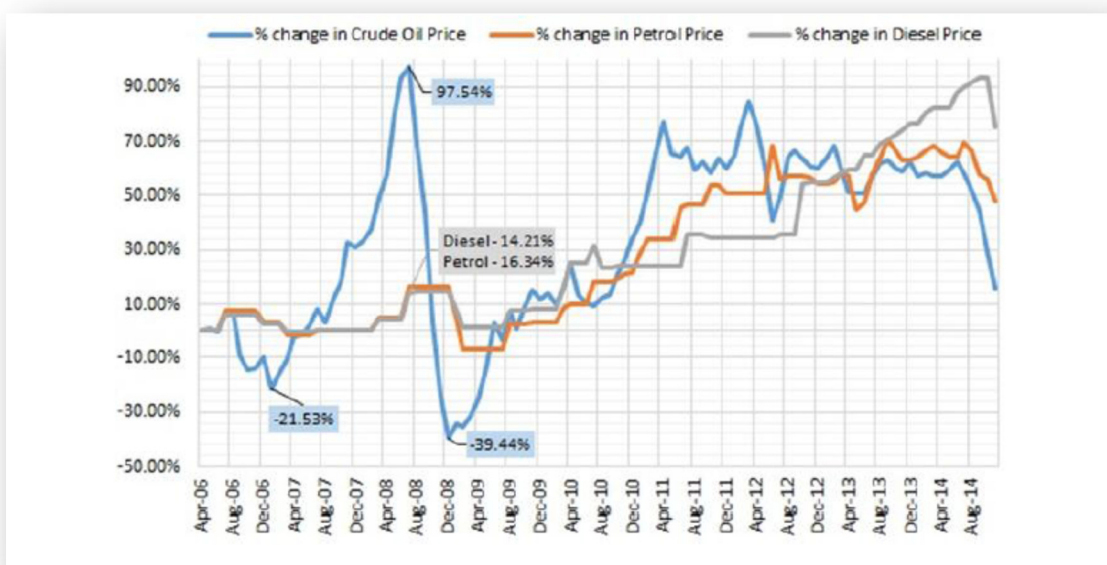
Η πρόβλεψη των διακυμάνσεων των τιμών μπορεί να είναι μια πολύ περίπλοκη άσκηση με μεγάλες αβεβαιότητες. Ειδικά όταν έχουμε να κάνουμε με εμπορεύματα πλήρως εμπορευματοποιημένα όπως καύσιμα, οι τιμές των οποίων επηρεάζονται με πολλούς τρόπους και σε διάφορους τομείς όπως σε φυσικές αγορές, ανταλλακτήρια, μέσω εξωχρηματιστηριακών συναλλαγών λόγω καμπυλών προσφοράς και ζήτησης, κερδοσκοπία, αρμπιτράζ, πολιτική πίεση, τεχνολογική καινοτομία, εξάντληση κοιτασμάτων πετρελαίου, ανταγωνισμός από υποκατάστατα και ούτω καθεξής. Αν και υπάρχουν πολύ λίγα προγράμματα πρόβλεψης για τις τιμές των πετρελαιοειδών, για παράδειγμα από τα Platts που δημοσιεύονται καθημερινά στην πλατφόρμα αξιολόγησης Forward Curves, είναι μάλλον βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα καθώς εκτείνονται έως και 36 μήνες.

Αναγκαστικά, θα πρέπει να απλοποιήσουμε τη διαδικασία υιοθετώντας την ακόλουθη προσέγγιση. Αρχικά, αποσυνθέτουμε την τελική τιμή (τιμή λιανικής) του πετρελαίου ντίζελ. Αποτελείται από φορολογία και αξία εμπορευμάτων. Στη συνέχεια αποσυνθέτουμε τη φορολογική συνιστώσα που βασικά είναι ο ΦΠΑ και ο Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (Tsionas, 2009). Η συνεισφορά τους στο κόστος είναι γνωστή, π.χ. τον ειδικό φόρο κατανάλωσης, ο δασμός πετρελαίου ντίζελ το 2014 είναι 330 € ανά 1.000 λίτρα και ο ΦΠΑ 23%. Η κατάργηση της φορολογίας από την τελική τιμή μας οδηγεί στην αξία του εμπορεύματος. Έτσι, το καθήκον μας τώρα είναι να προβλέψουμε την εξέλιξη της φορολογίας και των εμπορευμάτων. Το εμπόρευμα που ενδιαφέρει είναι το πετρέλαιο ντίζελ, το οποίο είναι ένα από τα πολλά αποστάγματα αργού πετρελαίου. Λόγω του γεγονότος, ότι οι μακροπρόθεσμες προβλέψεις για τα

προϊόντα πετρελαίου δεν είναι διαθέσιμες, κάνουμε την υπόθεση ότι η εξέλιξη του πετρελαίου ντίζελ θα ακολουθήσει την εξέλιξη του αργού πετρελαίου μακροπρόθεσμα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και τα ιστορικά δεδομένα, μια τέτοια υπόθεση είναι ρεαλιστική. Τα παρακάτω διαγράμματα δείχνουν ξεκάθαρα ότι οι μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις των τιμών μεταξύ του αργού και των προϊόντων έχουν μεγάλη συσχέτιση.



Σχήμα 4.1.1 Τιμές αμόλυβδης και ντίζελ & τιμή λαδιού.

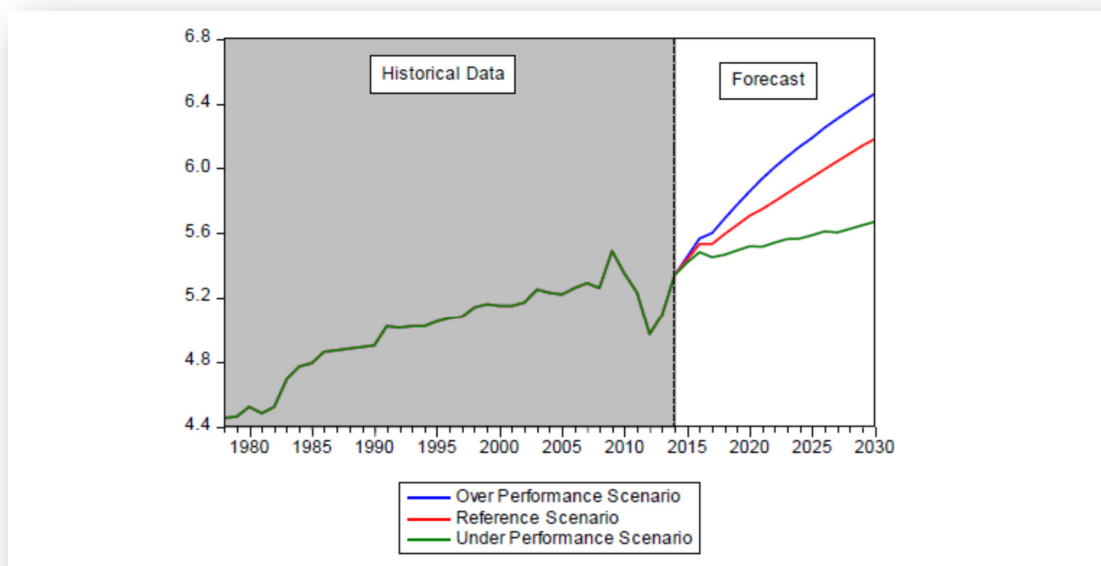


Σχήμα 4.1.2 Αλλαγή στις τιμές – αργό πετρέλαιο έναντι βενζίνης (βενζίνη) έναντι ντίζελ.

Επομένως, θα παραλληλίσουμε τις προβλέψεις μας για την εξέλιξη της εμπορευματικής αξίας του ντίζελ με την τελευταία πρόβλεψη της Παγκόσμιας Τράπεζας για το αργό πετρέλαιο (Author's Econometric Analysis), εφαρμόζοντας το ίδιο και στα τρία σενάρια φυσικά, καθώς οι τοπικές οικονομικές εξελίξεις είναι πολύ απίθανο να επηρεάσουν τις παγκόσμιες τιμές του αργού πετρελαίου. Μετά την ολοκλήρωση της καμπύλης για την εμπορευματική αξία του ντίζελ, μπαίνουμε στον τομέα της πρόβλεψης φορολογικής πολιτικής. Δεδομένου του γεγονότος ότι ιστορικά οι κυβερνήσεις τείνουν να αυξάνουν τη φορολογία όταν η οικονομία βρίσκεται σε χαμηλή απόδοση, ενώ τείνουν να την αφήνουν ως έχει σε περίπτωση κανονικής ή καλύτερης απόδοσης, διατυπώνουμε τις ακόλουθες παραδοχές. Στην RS, ο ΦΠΑ από 23% το 2014 θα αυξηθεί στο 24% το 2016 (όπως έχει ήδη αποφασιστεί) και θα παραμείνει σε αυτό το επίπεδο καθ' όλη την περίοδο. Ο μέσος ΦΠΑ στην ΕΕ είναι σήμερα 21,5%. Ο ειδικός φόρος κατανάλωσης που είναι 330 € ανά 1.000 λίτρα το 2014, θα αυξηθεί σε 410 € το 2017 (υιοθετημένη νομοθεσία) και σταδιακά θα φτάσει τα 438 € ανά 1.000 λίτρα έως το 2030, δηλαδή ο σημερινός μέσος όρος της Ε.Ε. Σημειώνεται ότι ο τρέχων ειδικός φόρος κατανάλωσης των 330 € είναι ο ελάχιστος επιτρεπόμενος σύμφωνα με την Ενεργειακή Οδηγία (Οδηγία του Συμβουλίου 2003/96/ΕΚ). Στο OPS, ο ΦΠΑ θα αυξηθεί στο 24% το 2016 (υιοθετήθηκε νομοθεσία) και σταδιακά θα αποκλιμακωθεί στο 21,5% (μέσος όρος ΕΕ). Ο ειδικός φόρος κατανάλωσης έφτασε σε 410 € το 2017 (εγκρίθηκε νομοθεσία) και παραμένουν σε αυτό το επίπεδο. Στο UPS, τόσο ο ΦΠΑ όσο και οι ειδικοί φόροι κατανάλωσης θα αυξηθούν σταδιακά στα υψηλότερα επίπεδα στην ΕΕ σύμφωνα με τα σημερινά επίπεδα, δηλαδή ο ΦΠΑ θα αυξηθεί στο 27% (όπως είναι σήμερα στην Ουγγαρία) και ο ειδικός φόρος κατανάλωσης θα φτάσει τα 623 € ανά 1.000 λίτρα (όπως είναι σήμερα στη Σουηδία) (European Commission, 2016).

Τέλος, εκτελούμε την αντίθετη διαδικασία, δηλαδή προσθέτουμε τα φορολογικά στοιχεία στις αξίες του εμπορεύματος, προκειμένου να συνθέσουμε την τελική τιμή του πετρελαίου ντίζελ ανά σενάριο. Σε αυτό το σημείο, έχουν υπολογιστεί όλες οι καθοριστικές μεταβλητές μας και στα τρία σενάρια. Συνεχίζουμε να τα τροφοδοτούμε σειριακά στο γραμμικό μας μοντέλο (τη μακροχρόνια παλινδρόμηση) και παράγουν τα αποτελέσματα για την εξέλιξη της ζήτησης πετρελαίου ντίζελ σε κάθε σενάριο. Στη

συνέχεια, όπως και η προηγούμενη προσέγγιση (μοντέλο ARIMA) αντιστρέφουμε τους φυσικούς λογάριθμους της κατανάλωσης ντίζελ κατά κεφαλήν στη βασική μονάδα μέτρησης (χιλιάδες τόνοι). Αυτά τα αποτελέσματα ενσωματώνονται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 4.1.2 Καμπύλη ζήτησης πετρελαίου ντίζελ από το 1978 έως το 2014 (ιστορικές τιμές) και μακροπρόθεσμη πρόβλεψη έως το 2030 με βάση εναλλακτικά σενάρια (Γραμμικό μοντέλο).

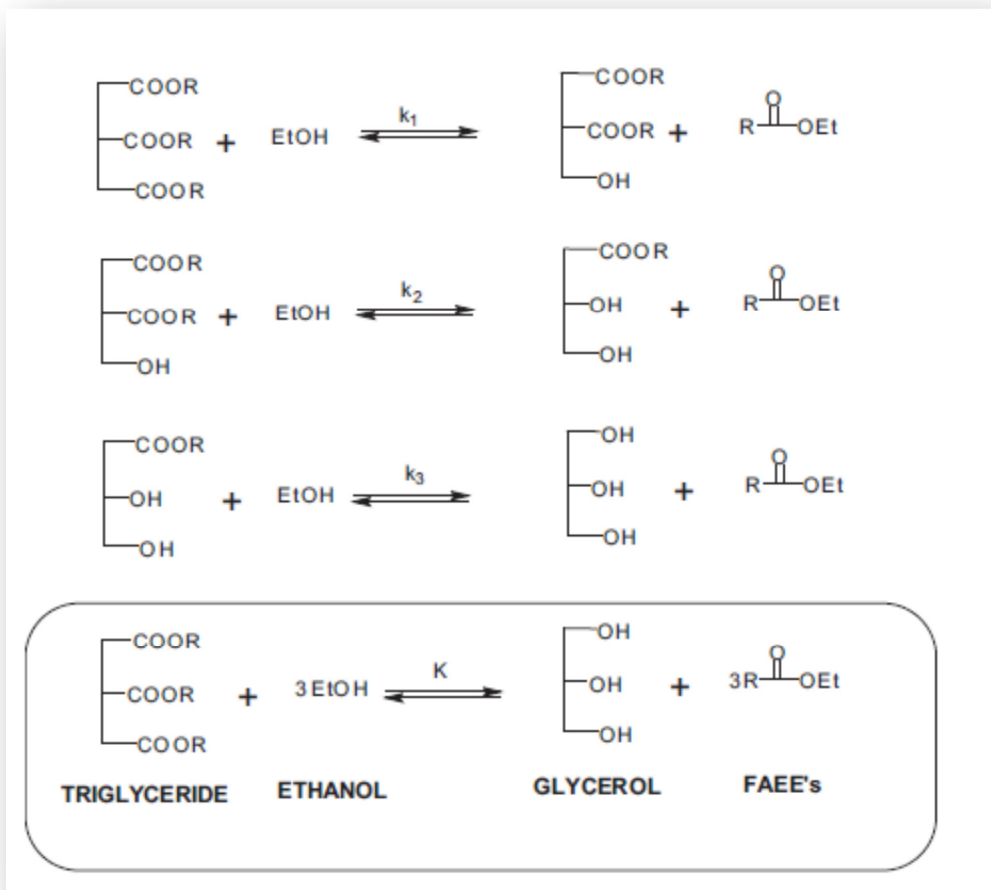
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

5.1 Βιοντίζελ: Εννοια και Τεχνολογικές Πτυχές της Παραγωγής του

Το βιοντίζελ συνήθως παρασκευάζεται από εστέρες λιπαρών οξέων (αλυσίδες C14-C22) αλκοολών μικρής αλυσίδας, κυρίως μεθανόλης. Έχουν αναφερθεί αρκετές μέθοδοι για την παραγωγή βιοντίζελ από φυτικά ή απόβλητα μαγειρικά έλαια και/ή

ζωικά λίπη, συμπεριλαμβανομένης της άμεσης χρήσης και ανάμειξης, της μικρογαλακτωματοποίησης, της πυρόλυσης και της διεστεροποίησης (Pinto et al., 2005). Τα υψηλά ιξώδη και οι χαμηλές πτητικότητες του λαδιού και των λιπών δεν επιτρέπουν την άμεση χρήση τους ή σε μείγματα λαδιού/βενζίνης σε οποιονδήποτε τύπο κινητήρα ντίζελ (Dorado et al., 2002), έτσι ώστε η κύρια διαδικασία που αναπτύσσεται για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα στις μέρες μας είναι η μεθανόλυση αντίδραση για την παραγωγή βιοντίζελ, ένα βιοαποικοδομήσιμο, μη τοξικό υποκατάστατο καυσίμου ντίζελ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μη τροποποιημένους κινητήρες ντίζελ (Fukuda et al., 2001). Αυτό το βιοκαύσιμο έχει σημαντική προστιθέμενη αξία σε σύγκριση με το πετρέλαιο ντίζελ λόγω της υψηλότερης λιπαντικότητάς του, η οποία παρατείνει τη διάρκεια ζωής του κινητήρα και μειώνει το κόστος συντήρησης καθώς και συμβάλλει στην οικονομία καυσίμου (Kulkarni et al., 2006). Η συμβατική μεθοδολογία που εφαρμόζεται στην παραγωγή βιοντίζελ περιλαμβάνει κυρίως τη χρήση NaOH και KOH ως ομογενών καταλυτών. Τρία μόρια μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAME) και ένα μόριο γλυκερίνης παράγονται για κάθε μόριο τριγλυκεριδίου (Ma and Hanna, 1999).

Έτσι, η αντίδραση μετεστεροποίησης ενός mol τριγλυκεριδίου (TG) με τρία γραμμομόρια αλκοόλης παράγει ένα γραμμομόριο γλυκερίνης (GLY) και τρία γραμμομόρια εστέρων λιπαρών οξέων, αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί μια ακολουθία τριών αναστρέψιμων αντιδράσεων, στις οποίες το μόριο τριγλυκεριδίου μετατρέπεται, βήμα προς βήμα, πρώτα σε διγλυκερίδιο (DG), μετά σε μονογλυκερίδιο (MG) και τέλος σε γλυκερίνη (Gly). Σε κάθε στάδιο, δαπανάται ένα mole αλκοόλης και απελευθερώνεται ένα mole εστέρα λιπαρών οξέων. Το σχήμα αντίδρασης (Εικ. 5.1.1) αντιπροσωπεύει την αντίδραση δια-εστεροποίησης που διεξάγεται με αιθανόλη (διαδικασία αιθανόλυσης).



Εικόνα 5.1.1 Περίγραμμα της αντίδρασης μετεστεροποίησης τριγλυκεριδίων με αιθανόλη (αιθανόλυση) με κατάλυση βάσης.

Στη συμβατική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ, προκειμένου να μετατοπιστεί η διαδικασία μετεστεροποίησης για να επιτευχθεί η υψηλότερη απόδοση, χρησιμοποιείται αλκοόλ σε περίσσεια, σε σχέση με τις στοιχειομετρικές μοριακές ποσότητες. Εξαιτίας αυτού, λαμβάνονται δύο μη αναμίξιμες φάσεις, μια υψηλότερη φάση από τους αιθυλεστέρες (ή μεθυλ), δηλαδή το βιοντίζελ, και μια κατώτερη φάση όπου η γλυκερίνη διαλύεται σε περίσσεια αλκοόλης. Λόγω αυτού, η διαδικασία απέχει πολύ από το να είναι φιλική προς το περιβάλλον καθώς το τελικό μείγμα πρέπει να διαχωριστεί, να εξουδετερωθεί και να πλυθεί καλά, δημιουργώντας μεγάλη ποσότητα αποβλήτων (π.χ. υπολείμματα αλατιού, λύματα). Ο καταλύτης δεν μπορεί ούτε να ανακυκλωθεί. Αυτά τα πρόσθετα βήματα αναπόφευκτα αυξάνουν το συνολικό συνολικό κόστος παραγωγής βιοντίζελ και ταυτόχρονα μειώνουν την ποιότητα της γλυκερίνης που λαμβάνεται ως υποπροϊόν (Verziu et al., 2008).

Σήμερα, η αλκαλική μετεστεροποίηση φυτικών ελαίων είναι η πιο ελκυστική και ευρέως αποδεκτή μεθοδολογία για την παραγωγή βιοντίζελ που περιλαμβάνει τη χρήση ομοιογενών καταλυτών βάσης (π.χ. NaOH και KOH) υπό ήπιες συνθήκες θέρμανσης (50-60 C) (Van Gerpen, 2005). Ωστόσο, μπορούν πρόσφατα να βρεθούν αρκετές αναφορές σχετικά με την παραγωγή βιοντίζελ που περιλαμβάνει άλλες χημικές ουσίες (Zong et al., 2007), τη χρήση ετερογενών βασικών καταλυτών (Verziu et al., 2008) ή στερεών οξέων (Al-Zuhair, 2007; Melero et al., 2009) καθώς και ενζυμικά πρωτόκολλα ως πιο πράσινες εναλλακτικές (Ranganathan et al., 2008). Σε όλες τις περιπτώσεις, ο σκοπός της διαδικασίας μετεστεροποίησης είναι η μείωση του ιξώδους του λαδιού και από αυτή την άποψη, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία αντίδρασης, τη μοριακή αναλογία αλκοόλης/ελαίου, τον τύπο του καταλύτη (και τη συγκέντρωση) και την καθαρότητα των αντιδρώντων (Unker et al., 2010). Σε κάθε περίπτωση, μια περίσσεια αλκοόλ χρησιμοποιείται συνήθως στη διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ προκειμένου να μετατοπιστεί η ισορροπία στην παραγωγή εστέρων και γλυκερίνης ως κύριου υποπροϊόντος μέσω μιας σταδιακής διαδικασίας.

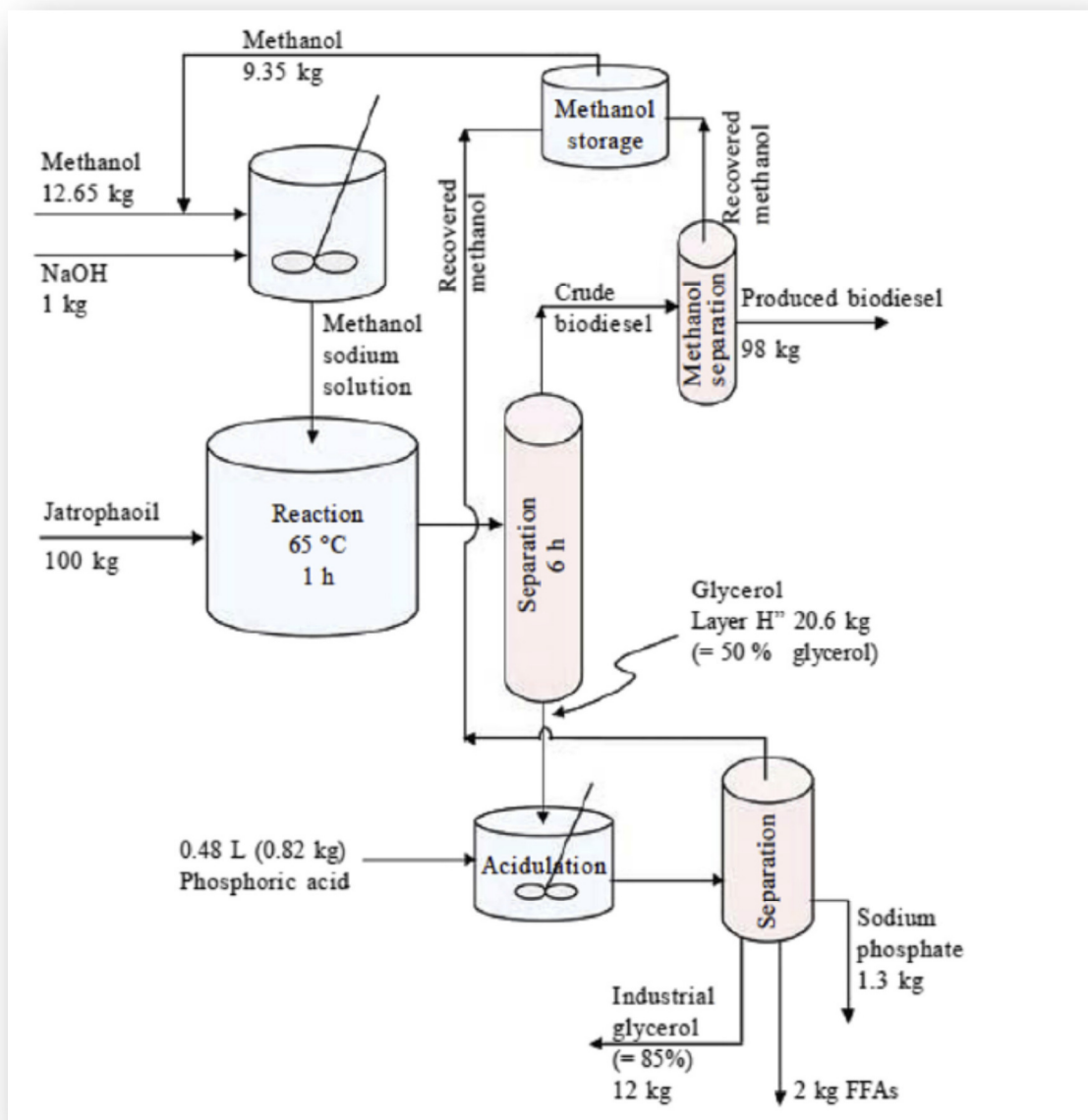
Από τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή βιοντίζελ που έχουν ήδη αναφερθεί, η αντίδραση μετεστεροποίησης, που πραγματοποιήθηκε από την ομοιογενή μετεστεροποίηση φυτικών ελαίων με μεθανόλη που καταλύεται με αλκάλια, χρησιμοποιώντας ως καταλύτες υδροξείδιο νατρίου, υδροξείδιο του καλίου ή μεθοξείδιο του καλίου, είναι η πιο κοινή τεχνολογία επί του παρόντος λόγω του χαμηλού κόστους και της σχετικής ευκολίας εφαρμογής, όταν δεν λαμβάνεται υπόψη το περιβαλλοντικό κόστος (Marchetti et al., 2007).

5.2 Διαδικασία Μετεστεροποίησης Καταλυόμενης Βάσης για Συμβατική Παραγωγή Βιοντίζελ

Η ομοιογενής βασική αντίδραση μετεστεροποίησης δείχνει έναν πολύ γρήγορο κινητικό ρυθμό, αλλά δυστυχώς, υπάρχουν αρκετά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα που σχετίζονται με τη διαδικασία. Μια παράπλευρη αντίδραση σαπωνοποίησης λαμβάνει χώρα, μειώνοντας την απόδοση παραγωγής βιοντίζελ. Για να αποφευχθεί η απώλεια απόδοσης βιοντίζελ λόγω της αντίδρασης σαπωνοποίησης, το λάδι και η αλκοόλη πρέπει να είναι στεγνά και το λάδι πρέπει να έχει ελάχιστη ποσότητα ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFAs) (λιγότερο από 1,0% κ.β.). Το βιοντίζελ

ανακτάται τελικά με επαναλαμβανόμενο πλύσιμο με νερό για την απομάκρυνση της γλυκερίνης, του σαπουνιού και της περίσσειας μεθανόλης.

Σχεδόν όλο το βιοντίζελ παράγεται επί του παρόντος χρησιμοποιώντας καταλυόμενη βάση για διαδικασίες μετεστεροποίησης, καθώς είναι η πιο οικονομική και απαιτούν μόνο μέτριες θερμοκρασίες και πιέσεις, με απόδοση απόδοσης περίπου 98%, (Achten et al., 2008; Chitra et al., 2005; Tiwari et al., 2007). Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή βιοντίζελ είναι παρτίδες και συνεχείς διεργασίες. Γενικά, μονάδες μικρότερης δυναμικότητας και η μεταβλητή ποιότητα πρώτης ύλης εγγυάται τη χρήση συστημάτων παρτίδας (El Diwani et al., 2009, Εικ. 5.2.1).



Εικόνα 5.2.1 Ισοζύγιο υλικού πιλοτικής κλίμακας για μετεστεροποίηση λαδιού *Jatropha* χρησιμοποιώντας NaOH (1%) ως καταλύτη (El Diwani et al., 2009).

Σε εγκαταστάσεις μεγάλης δυναμικότητας, η διαδικασία μετεστεροποίησης της Lurgi είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη (Lurgi, 2004a,b). Η Lurgi, είναι γερμανική εταιρεία, με εγκαταστάσεις βιοντίζελ σε μεγέθη από 100 έως 1000 tpd (τόνοι ανά ημέρα). Η διαδικασία περιλαμβάνει εντατική ανάμειξη μεθανόλης με το λάδι παρουσία ενός καταλύτη, και στη συνέχεια διαχωρισμός ελαφρύτερου μεθυλεστέρα φάση από τη βαρύτερη γλυκερίνη (Εικ. 5.2.2).

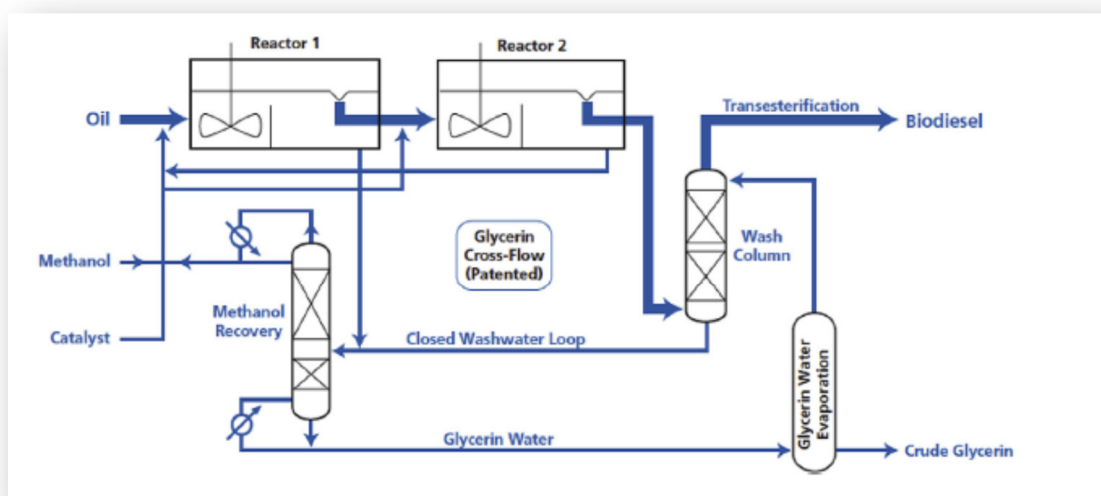
Έλαιο, μεθανόλη και καταλύτης μεθυλικού νατρίου αναμιγνύονται στον αντιδραστήρα 1 και αφέθηκαν να διαχωριστούν σε δύο φάσεις. Η ελαφρύτερη φάση μεθυλεστέρα/ελαίου αναμιγνύεται με περίσσεια μεθανόλη και καταλύτη στον αντιδραστήρα 2 ακολουθούμενο από διαχωρισμό βαρύτητας. Αυτό το δεύτερο στάδιο του αντιδραστήρα μεγιστοποιεί την απόδοση και την ποιότητα του βιοντίζελ. Η ελαφρύτερη φάση πλένεται με νερό για να αφαιρεθεί η υπολειμματική γλυκερόλη ή μεθανόλη που είναι διαλυμένη στην εστερική φάση, ακολουθούμενη από ξήρανση υπό κενό για να δώσει βιοντίζελ. Η φάση γλυκερίνης από τον αντιδραστήρα 2 που περιέχει περίσσεια μεθανόλη και καταλύτη ανακυκλώνεται στο μπροστινό άκρο του αντιδραστήρα 1. Η φάση γλυκερίνης αφήνοντας τον αντιδραστήρα 1 να περιέχει ακόμη περίσσεια μεθανόλη αποστάζεται για την ανάκτησή της στο Methanol Recovery στήλη και στέλνεται πίσω στον αντιδραστήρα 1. Το νερό πλύσης από το νερό της στήλης πλύσης χρησιμοποιείται στη στήλη ανάκτησης μεθανόλης. Έτσι ολόκληρη η μεθανόλη καταναλώνεται για την παραγωγή μεθυλεστέρα.

Το βαρύτερο κλάσμα από τη στήλη ανάκτησης μεθανόλης υποβάλλεται σε επεξεργασία στη στήλη εξάτμισης νερού γλυκερίνης για ανάκτηση ακατέργαστης γλυκερίνης (συγκέντρωση 80-85%) ως υποπροϊόν. Αυτό μπορεί να αναβαθμιστεί περαιτέρω σε φαρμακευτική γλυκερίνη με απόσταξη, λεύκανση, εάν απαιτείται, και ξήρανση υπό κενό. Έτσι, τα βασικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας βιοντίζελ της Lurgi είναι:

- α) Μια τεχνολογία που εφαρμόζεται σε πολλαπλές πρώτες ύλες.
 - β) Μια συνεχής διαδικασία σε ατμοσφαιρική πίεση και 60°C.
 - γ) Σύστημα διπλού αντιδραστήρα που λειτουργεί με γλυκερίνη
- Χαμηλές ρυθμίσεις παραμέτρων για μεγιστοποίηση της μετατροπής.
- δ) Ανάκτηση και ανακύκλωση μεθανόλης.

ε) Ανακύκλωση πλύσης νερού κλειστού βρόχου για ελαχιστοποίηση της σπατάλης.
στ) Διαχωρισμός φάσης με διαδικασία βαρύτητας (δεν χρειάζονται φυγόκεντροι).
Αν και η διαδικασία μετεστεροποίησης είναι αρκετά απλή-διαφορετικά είδη λαδιού ενδέχεται να απαιτούν τροποποίηση της εισόδου σε αναλογίες του αντιδραστήριου αλκοόλης και του καταλύτη αντίδρασης καθώς και σε θερμοκρασία και χρόνο αντίδρασης, προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα παραγωγής βιοντίζελ (Achten et al., 2008). Οι βέλτιστες ποσότητες για τη μετεστεροποίηση συμβατικών ελαίων (1-3% δωρεάν λιπαρά οξέα) υπολογίζονται σε περίπου 20% μεθανόλη (κατά μάζα σχετική προς λάδι), που αντιπροσωπεύει μοριακή αναλογία μεθανόλης/ελαίου 5,5/1, με NaOH 1,0 wt% σε σχέση με το λάδι, επιτυγχάνοντας έτσι τη μέγιστη απόδοση μετά από χρόνο αντίδρασης 90 λεπτών στους 60°C (Chitra et al., 2005).

Βέλτιστη μετατροπή για άλλα έλαια με υψηλά ελεύθερα λιπαρά οξέα (14%) και ο αριθμός υψηλού οξέος (28 mg KOH g/l) χρειάζονται μια αντίδραση προεπεξεργασίας με μεθανόλη (μοριακή αναλογία μεθανόλη:έλαιο 6,5:1) χρησιμοποιώντας H₂SO₄ 4 ως καταλύτη (1,43%) για 88 λεπτά στους 60°C. Μετά από αυτήν την προεπεξεργασία, μπορεί να επιτευχθεί ποσοστό μετατροπής μεγαλύτερο από 99% με μετεστεροποίηση με μεθανόλη (μοριακή αναλογία μεθανόλη:έλαιο 4:1) και 0,6 wt% KOH για 24 λεπτά (Tiwari et al., 2007). Έτσι, η ποιότητα των φυτικών ελαίων ζωοτροφών, ιδιαίτερα η περιεκτικότητα σε FFA παίζει ένα σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της καταλληλότερης διαδικασίας.



Εικόνα 5.2.2. Διαδικασία μετεστεροποίησης Lurgi.

Από την άλλη πλευρά, η απομάκρυνση των ομοιογενών καταλυτών αλκαλικών (NaOH ή KOH) μετά την αντίδραση επιβάλλει μια επιπλέον τεχνική δυσκολία και τεράστιες ποσότητες λυμάτων παράγονται κατά τον διαχωρισμό και τον καθαρισμό των προϊόντων. Από αυτή την άποψη, λίγη ποσότητα γλυκερίνης καθώς και κάποιος υπολειμματικός ομογενής καταλύτης παραμένει γαλακτωματοποιημένος στο βιοντίζελ, έτσι ώστε να είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν διαδοχικές διαδικασίες πλύσης με νερό για να ληφθεί επαρκές βιοντίζελ (λιγότερο από 0,02% γλυκερίνη). Θεωρείται απαραίτητη η χρήση 4-7 φορές περισσότερου νερού για δεδομένο όγκο βιοντίζελ, για τον καθαρισμό. Για την ανάκτηση τέτοιου όγκου νερού, με απόσταξη σε χαμηλή πίεση, θα χρειαζόταν όχι μόνο πολύπλοκη υποδομή αλλά και υψηλή ποσότητα ενέργειας, αυξάνοντας έτσι το οικονομικό και ενεργειακό κόστος της διαδικασίας.

Ο καθαρισμός ακόμη και μικρών ποσοτήτων γλυκερίνης από ένα βιοκαύσιμο είναι απαραίτητος λόγω της αντίδρασής του με οξυγόνο σε υψηλή θερμοκρασία μέσα στο θάλαμο του κινητήρα που θα μπορούσε να προκαλέσει αφυδάτωση προς την ακρολεΐνη που μπορεί να πολυμεριστεί προκαλώντας έτσι σοβαρά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του οπτάνθρακα καθώς και την αύξηση του ιξώδους του καυσίμου.

Ο οπτάνθρακας μπορεί επίσης να δημιουργήσει εναποθέσεις διαφορετικών ενώσεων άνθρακα στα ακροφύσια, τα έμβολα και τις βαλβίδες των τυποποιημένων κινητήρων, επομένως μειώνοντας την αποτελεσματικότητά του (Mittelbach, 1996; Mittelbach and Remschmidt, 2005).

Ωστόσο, αυτές οι διεργασίες απαιτούν πολύ μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης (έως 24 ώρες) και η μετατροπή είναι συνήθως χαμηλότερη από αυτή που επιτυγχάνεται με ομογενείς καταλύτες βάσης (Zhu et al., 2006). Κατά συνέπεια, οι πιο κοινές τεχνολογίες παραγωγής βιοντίζελ υποφέρουν από προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση ομοιογενών καταλυτών σε παρτίδες ή συνεχείς διεργασίες όπου τόσο τα βήματα αντίδρασης όσο και διαχωρισμού μπορούν να δημιουργήσουν σημεία συμφόρησης που οδηγούν σε σοβαρές οικονομικές και περιβαλλοντικές κυρώσεις, έτσι ώστε να αναπτύσσονται οι τρέχουσες νέες τεχνολογίες αντιδραστικού διαχωρισμού για την παραγωγή βιοντίζελ: αντιδραστική απόσταξη/απορρόφηση/εκχύλιση και αντιδραστήρες μεμβράνης (Kissa and Bildeab, 2012). Οι διεργασίες αντιδραστικού

διαχωρισμού βασίζονται σε αντιδράσεις εστεροποίησης ή μετεστεροποίησης που πραγματοποιούνται παρουσία υγρών ή στερεών καταλυτών σε ενσωματωμένες μονάδες όπως: αντιδραστήρες απόσταξης/απορρόφησης/εκχύλισης ή μεμβράνης που συνδυάζουν βολικά την αντίδραση και τον διαχωρισμό σε μια ενιαία μονάδα επιτρέποντας την συνεχή παραγωγή ή κατά παρτίδες και αφαίρεση προϊόντων, βελτιώνοντας έτσι την παραγωγικότητα και την επιλεκτικότητα, μειώνοντας τη χρήση ενέργειας, εξαλείφοντας την ανάγκη για διαλύτες και οδηγώντας σε ενισχυμένα, υψηλής απόδοσης συστήματα με χαρακτηριστικά πράσινης μηχανικής.

5.3 Νέα Βιοκαύσιμα που Εξοικονομούν Νερό στην Κατασκευή τους Ενσωματώνοντας τη Γλυκερίνη ως Παράγωγο που Ενισχύει τη Λιπαντική της Ισχύ

Ανεξάρτητα από τη διαδικασία λήψης του λεγόμενου συμβατικού βιοντίζελ (EN 14214), σε όλες τις περιπτώσεις η γλυκερίνη λαμβάνεται ως υποπροϊόν, που αντιπροσωπεύει αξιοσημείωτη απώλεια στην απόδοση της διαδικασίας. Η παραγωγή νέου βιοντίζελ που ενσωματώνει τη γλυκερίνη ως εναλλακτικό προϊόν σε συνδυασμό με το FAME είναι επί του παρόντος στόχος, δεδομένου ότι η αγορά έχει ήδη πλημμυρίσει από την παραγωγή γλυκερίνης, που λαμβάνεται ακριβώς ως υποπροϊόν στην τρέχουσα παραγωγή βιοντίζελ (Behr et al., 2008; Corma et al., 2007).

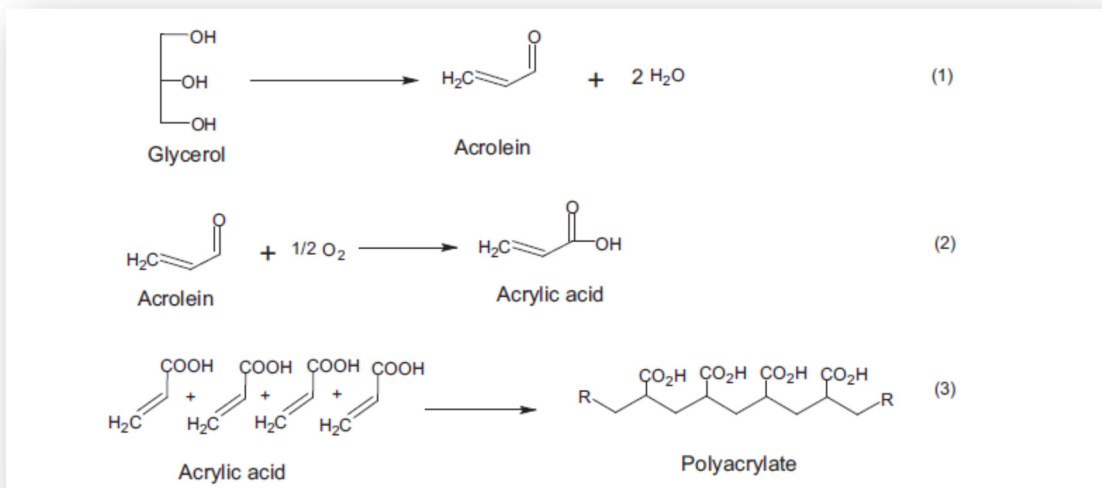
Αυτά τα βιοκαύσιμα όχι μόνο θα μπορούσαν να αποτρέψουν τη δημιουργία αποβλήτων αλλά επίσης θα είχαν αυξημένες αποδόσεις της διαδικασίας, πάντα υψηλότερες από το ονομαστικό 10%, ενσωματώνοντας κάποιο παράγωγο γλυκερίνης στα προϊόντα της αντίδρασης.

Η απουσία γλυκερίνης θα απέτρεπε το βήμα πλύσης και καθαρισμού στη διαδικασία βιοντίζελ για συμμόρφωση με τα πρότυπα της ΕΕ (έως 0,02% γλυκερίνη EN 14214), καθώς και σημαντική εξοικονόμηση νερού και τη μείωση του κόστους (Van Gerpen, 2005). Επιπλέον, η παρουσία ακόμη και μικρών ποσοτήτων γλυκερίνης στο βιοντίζελ πρέπει να αποφευχθεί λόγω της ικανότητας αντίδρασης του με οξυγόνο σε υψηλή θερμοκρασία, προκαλώντας αφυδάτωση προς την ακρολεΐνη που μπορεί να πολυμεριστεί, προκαλώντας έτσι διάφορα προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του οπτάνθρακα (Εικ. 5.3.1) εκτοξεύει εναποθέσεις άνθρακα στα ακροφύσια του μπεκ, τα

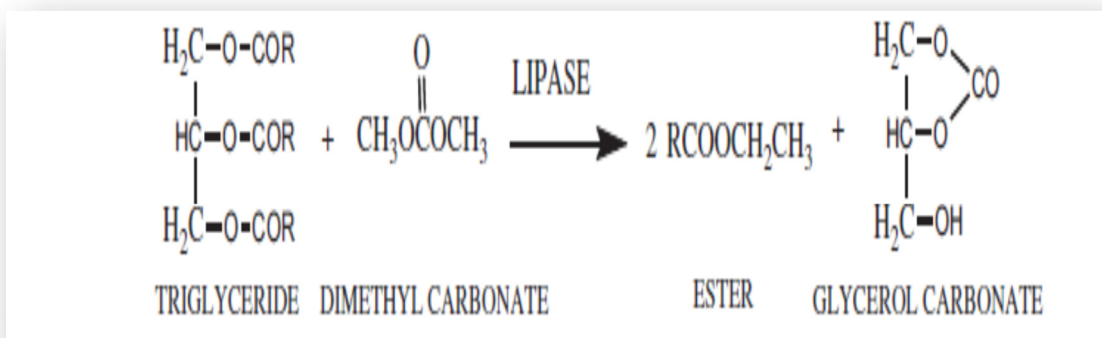
έμβολα και βαλβίδες στους κινητήρες, μειώνοντας έτσι την απόδοσή του (Mittelbach, 1996; Mittelbach and Remschmidt, 2005).

Αρκετές πρόσφατες μελέτες (Hu et al., 2005; Knothe 2006, 2008, 2009; Knothe and Steidley, 2005, 2007; Knothe et al., 2005, 2009; Lapuerta et al., 2010; Suarezduethri; et al., 2009) έδειξαν ότι δευτερεύοντα συστατικά του βιοντίζελ όπως τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και οι μονοακυλογλυκερίνες (συνήθως θεωρούνται μολυσματικές ουσίες σύμφωνα με το πρότυπο EN 14214), είναι ουσιαστικά τα κύρια υπεύθυνα για την αυξημένη λιπαντικότητα των χαμηλών επιπέδων μιγμάτων βιοντίζελ και πετρελαίου. Η λιπαντικότητα είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των βιοκαυσίμων, το οποίο βελτιώνει την απόδοση και διατηρεί τη διάρκεια ζωής των κινητήρων. Η παρουσία μεγαλύτερων ποσοτήτων μονογλυκεριδίων (MG) ή ορισμένων παραγώγων ενισχύει τη λιπαντικότητα του βιοντίζελ.

Κατά συνέπεια, νέες μεθοδολογίες για την παρασκευή εστέρων από λιπίδια (FAME ή FAEE), τα οποία παράγουν παράλληλα έναν αριθμό συμπροϊόντων από γλυκερίνη, η οποία θα ενσωματωθεί στο βιοκαύσιμο, είναι αυτή τη στιγμή υπό ανάπτυξη (Adamczak et al., 2009). Έτσι, η αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων με ανθρακικό διμεθυλεστέρα (DMC) υπό καταλυτικές συνθήκες μελετάται (Fabbri et al., 2007; Kenar et al., 2005; Notari and Rivetti, 2004; Renga και , καθώς και υπό υπερκρίσιμες ή/και μη καταλυτικές συνθήκες (Ilham and Saka, 2009, 2010, 2011, 2012; Tan et al., 2010a) επειδή παράγει ένα μείγμα τριών μορίων του FAME ή FAEE και ενός μορίου ανθρακικής γλυκερίνης (GC) (Εικ. 5.3.2). Αυτό το μείγμα (FAME ή GC), έχει φυσικές ιδιότητες κατάλληλες για χρήση ως καύσιμο, επομένως έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ως νέο βιοκαύσιμο που ονομάζεται DMC-BIOD (Notari and Rivetti, 2004) που μπορεί επίσης να είναι προσβάσιμο για ενζυμική τεχνολογία (Kim et al., 2007a; Min and Lee , 2011· Seong et al., 2011· Su et al., 2007· Zhang et al., 2010b) Αυτή η μεθοδολογία που βασίζεται στην παραγωγή ανθρακικής γλυκερίνης (GC) με μετεστεροποίηση ελαίων με ανθρακικό διμεθυλεστέρα μελετάται επί του παρόντος χρησιμοποιώντας αρκετές λιπάσες, βασικούς καταλύτες ή/και υπό υπερκρίσιμες συνθήκες λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος για την αποφυγή της γλυκερίνης ως δευτερεύοντος υπολείμματος στη βιοντίζελ παραγωγή.



Εικόνα 5.3.1 Διεργασίες αφυδάτωσης (1), οξείδωσης (2) και πολυμερισμού (3), που πραγματοποιούνται από την υπολειμματική γλυκερόλη στο βιοντίζελ, μέσα στους κινητήρες που λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες.



Εικόνα 5.3.2 Το DMC-BIODØ είναι ένα κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας βιοκαύσιμο (Notari and Rivetti, 2004) που ενσωματώνει τη γλυκερίνη ως ανθρακική γλυκερίνη, σε μια διαδικασία που μπορεί να αναπτυχθεί με ενζυμική τεχνολογία (Su et al., 2007).

Με παρόμοιο τρόπο, η αντίδραση διεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων με οξικό μεθυλεστέρα (Campanelli et al., 2010; Demirbas, 2008; Du et al., 2004; Kijenski, 2007; Kijenski et al., 2004; Orçaire et al., 2006; Isayama, 2009; Tan et al., 2010b; Usai et al., 2010; Xu et al., 2003, 2005) ή οξικό αιθυλεστέρα (Kim et al., 2007b; Modi et al., 2007) παράγανε ένα μείγμα τριών μορίων FAME ή FAEE και ενός από τριοξική γλυκερόλη

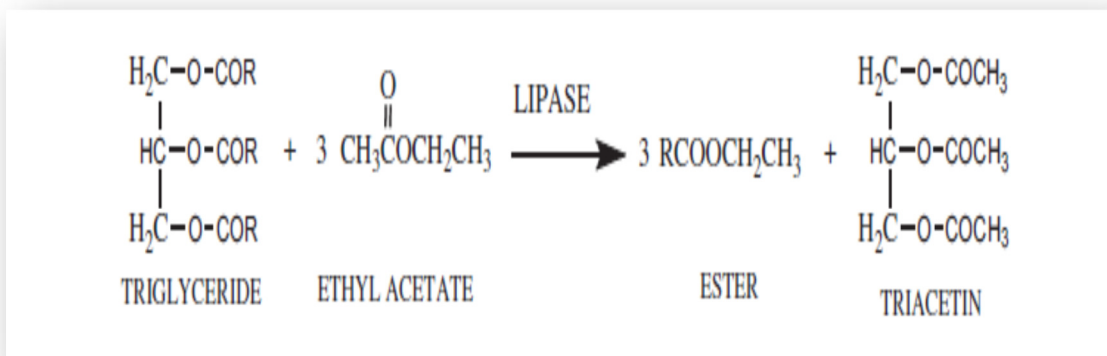
(τριακετίνη). Ένα τέτοιο μείγμα αποτελεί τη γλυπερόλη, ένα άλλο κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας νέο βιοκαύσιμο (Kijenski et al., 2004). Αποτελείται από ένα μείγμα τριών μορίων FAMES και ενός μορίου τριακετίνης και μπορεί να ληφθεί μετά την μετεστεροποίηση ενός mol TG με τρία mol οξικού μεθυλεστέρα χρησιμοποιώντας λιπάσες ως καταλύτες (Du et al., 2004; Xu et al., 2003, 2005). Όταν χρησιμοποιείται οξικός αιθυλεστέρας (Modi et al., 2007; Jeong and Park, 2010) λαμβάνονται τα αντίστοιχα FAEE με τριακετίνη, μετά από ενζυματική διαδικασία (Εικ. 5.3.3). Όταν χρησιμοποιήθηκε η λιπάση Novozyme 435, αναφέρθηκαν μετατροπές άνω του 90% για έλαια όπως το jatropa, το karanj και το ηλιέλαιο. Ειδικές μελέτες σχετικά με την απόδοση των προτύπων ποιότητας βιοντίζελ όταν υπάρχει τριακετίνη στο βιοντίζελ έχουν αποδείξει ότι δεν θα υπήρχε κανένας περιορισμός για ποσότητες έως και 20 wt% σύμφωνα με τις οδηγίες D6751 της Αμερικανικής Εταιρείας Δοκιμών και Υλικών (ASTM) (Casas et al., 2010).

Από την άλλη πλευρά, αναπτύχθηκε πρόσφατα ένα ενζυματικό πρωτόκολλο για ένα νέο βιοκαύσιμο που ενσωματώνει τη γλυκερίνη στη σύνθεσή τους μέσω ενζυματικής μετεστεροποίησης 1,3-περιοχής ηλιέλαιο χρησιμοποιώντας παγκρεατική λιπάση χοίρου (PPL) (Caballero et al., 2009; Luna et al., 2009a, 2009b, 2012; Verdugo et al., 2010). Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται χρησιμοποιώντας λιπάσες τόσο σε ελεύθερη όσο και σε ακινητοποιημένη μορφή είναι αποκαλυπτικές μέχρι στιγμής λαμβάνοντας την 1,3 επιλεκτική μετεστεροποίηση του TG για την παραγωγή των αντίστοιχων 2-μονοακυλικών παραγώγων της γλυκερόλης (MG) και δύο mole FAEE, τους αιθυλεστέρες των λιπαρών οξέων, επειδή η αιθανόλη ήταν η αλκοόλη που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή της αντίδρασης αλκοόλυσης (Εικ. 5.3.4).

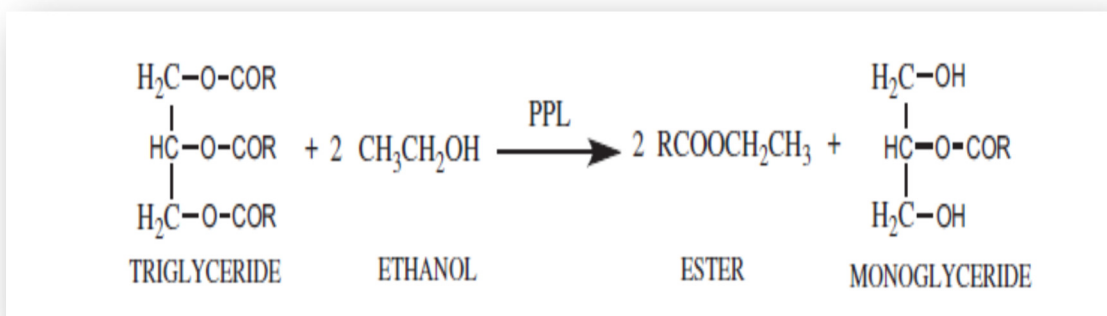
Αυτή η διαδικασία ενζυματικής μετεστεροποίησης έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαφορετικές αλκοόλες βραχείας αλυσίδας (αιθανόλη, 1- και 2-προπανόλη, 1- και 2-βουτανόλη, κ.λπ.) και τα μείγματά τους, και δεν φαίνεται να περιορίζεται στη χρήση μεθανόλης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση με τις συμβατικές αντιδράσεις μετεστεροποίησης (με όξινη ή βασική κατάλυση). Κατά συνέπεια, προέκυψε ότι οι συνθήκες λειτουργίας PPL, σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο παρασκευής βιοντίζελ, ήταν πολύ πιο ομαλές, απλοποιώντας τη διαδικασία εργασίας και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαδικασίας. Το Ecodiesel[®], είναι στην πραγματικότητα ένα νέο βιοκαύσιμο που ενσωματώνει τη γλυκερόλη, που αποτελείται από δύο mole αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAEE) και ένα mole

μονογλυκεριδίου (MG), που παράγεται με ενζυμική τεχνολογία και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από το Πανεπιστήμιο της Κόρδοβα (UCO).

Επειδή το ιξώδες είναι η πιο σημαντική παράμετρος που μπορεί να επηρεάζουν την απόδοση του κινητήρα ντίζελ κατά τη χρήση βιοντίζελ, μια κατάλληλη μεθοδολογία για την παραγωγή του θεωρείται επί του παρόντος για την ανάπτυξη ενός απλού τρόπου μείωσης του ιξώδους των φυτικών ελαίων κατά 10e20 σε σύγκριση με τα ακατέργαστα υλικά (Vicente et al., 2007) σχεδόν διπλάσιο από αυτό του πετρελαίου ντίζελ (Liu et al., 2009).



Εικόνα 5.3.3 Το Glicerol[®] είναι ένα βιοκαύσιμο κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από το Ινστιτούτο Ερευνών Βιομηχανικής Χημείας του Varsow (Πολωνία) (Kijenski et al., 2004), που αποτελείται από ένα μείγμα τριών mole FAME ή FAEE και ένα mole τριακετίνης, που μπορεί να ληφθεί με τη διασταυρούμενη μετεστεροποίηση του οξικού αιθυλεστέρα και των αντίστοιχων τριγλυκεριδίων σε μια ενζυματική καταλύομενη διεργασία (Modi et al., 2007).



Εικόνα 5.3.4 Το Ecodiesel[®], είναι ένα βιοκαύσιμο που ενσωματώνει τη γλυκερόλη, που παράγεται με ενζυμική τεχνολογία και έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από το Πανεπιστήμιο της Κόρδοβα (UCO). Αποτελείται από δύο mole αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων (FAEE) και ένα mole μονογλυκεριδίου (MG).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανθρωπότητα χρησιμοποιεί την ανανεώσιμη ενέργεια των βιοκαυσίμων από την αυγή της. Φυσικά, μεγάλης κλίμακας αξιοποίησή τους γίνεται τα τελευταία εκατό χρόνια. Ο Rudolf Diesel, εφευρέτης του κινητήρα ντίζελ, τον σχεδίασε αρχικά για να λειτουργεί με φυτικό λάδι. Μια από τις πρώτες του επιδείξεις, στην Παγκόσμια Έκθεση στο Παρίσι το 1897, είχε έναν κινητήρα ντίζελ που λειτουργούσε με φυσικέλαιο. Ομοίως, ο Henry Ford είχε σχεδιάσει το καινοτόμο αυτοκίνητό του Model T για να λειτουργεί με αιθανόλη. Οραματίστηκε έναν κόσμο που θα λειτουργούσε με βιοκαύσιμα: «Το καύσιμο του μέλλοντος θα προέρχεται από φρούτα όπως αυτό το σουμάκ έξω από το δρόμο, ή από μήλα, ζιζάνια, πριονίδι – σχεδόν οτιδήποτε». Ωστόσο, η εποχή της μεγάλης εκβιομηχάνισης των βιοκαυσίμων, όπως αυτή των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ξεκίνησε μόλις τη δεκαετία του 1970 ως απόρροια των δύο μεγάλων πετρελαϊκών κρίσεων και των πρώιμων περιβαλλοντικών ανησυχιών. Οι δραματικές βελτιώσεις στην τεχνολογία, τα ευνοϊκά πλαίσια πολιτικής, η ισχυρή οικολογική κουλτούρα και οι υψηλές τιμές του πετρελαίου ήταν οι κύριοι λόγοι που ώθησε την εμπορευματοποίηση των βιοκαυσίμων από τη δεκαετία του 1990 μέχρι σήμερα. Τα τελευταία 25 χρόνια, η παγκόσμια διείσδυσή τους ανθίζει και έχει βελτιωμένη προοπτική. Ωστόσο, οι ρυθμοί ανάπτυξης των βιοκαυσίμων φαίνεται τώρα να αντιμετωπίζουν σοβαρές προκλήσεις, λόγω του ανταγωνισμού άλλων ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, χαμηλότερες τιμές πετρελαίου, ανησυχίες για ακατάλληλη χρήση γης, διαμάχη για τη βιωσιμότητά τους και ταραχώδεις αναθεωρήσεις πολιτικής που σκορπούν την αβεβαιότητα στην αγορά.

Όσον αφορά τη συνεισφορά τους στην κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον, όπως συνηθίζεται με πολλές καινοτομίες και τάσεις, υπήρξε μια μακροχρόνια συζήτηση.

Λόγω της πολυπλοκότητάς τους, το ζήτημα των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των βιοκαυσίμων θα πρέπει να αντιμετωπιστεί τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο και φυσικά βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Τα επιχειρήματα υπέρ των βιοκαυσίμων υποστηρίζουν ότι είναι ανανεώσιμα καύσιμα και στην πραγματικότητα εξακολουθούν να είναι το καλύτερο μακράν υποκατάστατο των υγρών καυσίμων, επομένως η καλύτερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για όλα τα είδη μεταφορών. Επιπλέον, λόγω της ανανεώσιμης τους ικανότητας και τη διαθεσιμότητα, τα βιοκαύσιμα μπορεί να συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης κάθε χώρας από τα προϊόντα πετρελαίου και συνεπώς της ενεργειακής της ασφάλειας. Συμβάλλουν επίσης σημαντικά στην ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας, με τη δημιουργία νέων επιχειρήσεων για τον αγροτικό τομέα και την παροχή ισχυρού εισοδήματος στους αγρότες. Από την άλλη πλευρά, τα επιχειρήματα που αμφισβητούν την πραγματική συμβολή των βιοκαυσίμων στοχεύουν κυρίως στον βαθμό ανανεώσιμων και βιωσιμότητας τους, καθώς τεράστιες εκτάσεις γης δεσμεύονται για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών και τα αέρια θερμοκηπίου εκπέμπονται μέσω της βαριάς αλυσίδας εφοδιαστικής τους. Αποτελούν επίσης απειλές για τον εφοδιασμό τροφίμων και τη βιοποικιλότητα.

Οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες θα συνεχίσουν να αυξάνονται καθώς αυξάνεται η ευημερία σε όλο τον κόσμο. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτιμήθηκε ότι κατέχουν μερίδιο αγοράς 2% το 2014, το οποίο αναμένεται να αυξηθεί έως και 7% έως το 2035, αποτελώντας το μόνο είδος ενέργειας που πρόκειται να αυξήσει το μερίδιο αγοράς του. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι λόγω της άνευ προηγουμένου τεχνολογικής εξέλιξης, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας σταδιακά αποσυνδέεται από τον ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ. Ειδικότερα στις μεταφορές, η τρέχουσα ενεργειακή απόδοση των οχημάτων αναμένεται να αυξάνεται κατά 2% ετησίως έως το 2035. Ειδικότερα, όσον αφορά τα βιοκαύσιμα, μετά από μια περίοδο ταχείας ανάπτυξης, κατά την οποία τα βιοκαύσιμα δημιούργησαν μερίδιο 3,8% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας στις οδικές μεταφορές. Το 2014, σημαντικές βελτιώσεις ώθησαν ταχύτατα την επέκτασή τους. Το μερίδιο αγοράς τους εκτιμάται σε 4% έως το 2020. Επί του παρόντος, τα βιοκαύσιμα παγκοσμίως κυριαρχούνται από τη βιοαιθανόλη με μερίδιο αγοράς 80% το 2010 και 20% για το βιοντίζελ. Η πρόβλεψη του 2030 προβλέπει ότι το μερίδιο της βιοαιθανόλης θα μειωθεί στο 71%, το βιοντίζελ θα μειωθεί επίσης στο 12%, αλλά το BTL (βιομάζα σε υγρά) θα εμφανιστεί και θα

φτάσει στο 12% του μεριδίου αγοράς, ειδικά λόγω των βιοκαυσίμων δεύτερης και τρίτης γενιάς.

Τα πολιτικά και τα ρυθμιστικά πλαίσια έχουν παίξει βασικό ρόλο στη δημιουργία μιας μεγάλης αγοράς βιοκαυσίμων παγκοσμίως (22,5 δισεκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ και 83,1 δισεκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης έως το 2012). Η πλειονότητα των ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών ακολουθεί συγκεκριμένα μείγματα πολιτικής για τα βιοκαύσιμα. Οι περισσότεροι από αυτούς έχουν εφαρμόσει έναν συνδυασμό εντολών συνδυασμού με ορυκτά καύσιμα, φορολογικά κίνητρα και κρατικές επιδοτήσεις. Φυσικά, αυτοί οι συνδυασμοί πολιτικής δεν ήταν μόνιμοι. Στην αρχή τους, η κρατική παρέμβαση ήταν πιο εμφαντική και σταδιακά οδήγησε στην απορρύθμιση. Ωστόσο, όλες οι χώρες που μελετήσαμε (BRICS, ASEAN-6, ΗΠΑ, Ευρωπαϊκή Ένωση, Ελλάδα), με εξαίρεση τη Ρωσία, εξακολουθούν να υιοθετούν κρατικά μέτρα που προωθούν τη χρήση βιοκαυσίμων ή/και κανόνες που επιβάλλουν τέτοια χρήση (η Ρωσία δεν είχε ποτέ ισχύουν πολιτικές για τα βιοκαύσιμα και ίσως αυτός είναι ο λόγος που τα βιοκαύσιμα εκεί είναι πρακτικά ανύπαρκτα).

Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υιοθετεί στενά τη νομοθεσία και τους κανονισμούς της ΕΕ με περιορισμένες διαφοροποιήσεις όπου και εφόσον επιτρέπεται και ζητείται. Στο πλαίσιο του πεδίου εφαρμογής της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, η Ελλάδα εκπόνησε και υπέβαλε το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας τον Ιούνιο του 2010, σύμφωνα με τον εθνικό στόχο για τη συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, έχει οριστεί να φτάσει τουλάχιστον το 10% έως το έτος 2020. Το σχέδιο προβλέπει επίσης ότι τα βιοκαύσιμα και ιδιαίτερα το εγχώρια παραγόμενο βιοντίζελ θα οδηγήσουν για την επίτευξη του στόχου του 10% στον τομέα των μεταφορών. Η πραγματική ανάμειξη βιοντίζελ με ντίζελ ξεκίνησε στην Ελλάδα στα τέλη του 2005 σε ποσοστό 2,5% και τώρα ρυθμίζεται στο 7%. Έχει θεσπιστεί Πρόγραμμα Κατανομής Βιοντίζελ, το οποίο καθορίζει κάθε χρόνο την ποσότητα βιοντίζελ που θα διατεθεί για την εγχώρια παραγωγή και τις εισαγωγές.

Στην κατανομή συμμετείχαν κυρίως οι εγχώριοι παραγωγοί και δευτερευόντως τα δύο τοπικά διυλιστήρια και λίγες τοπικές εταιρείες εμπορίας πετρελαιοειδών που έχουν εγγραφεί στη λίστα των δικαιούχων. Ακολουθώντας ένα σύνθετο σύστημα υπολογισμού, καθορίζεται η ποσότητα κατανομής ανά δικαιούχο και φυσικά είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση με κάθε μέρος που επιθυμεί να συνδυάσει ντίζελ με

βιοντίζελ στην Ελλάδα. Είναι προφανές ότι αυτό το σύστημα είναι περιοριστικό για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, δηλαδή τους παραγωγούς, τα διυλιστήρια, τα μπλέντερ ή τους εμπόρους, δημιουργεί φραγμούς εισόδου και προωθεί σε μεγάλο βαθμό την εγχώρια αγροτική παραγωγή και παραγωγή βιοντίζελ.

Εφαρμόσαμε μια εμπειρική οικονομετρική ανάλυση της ζήτησης καυσίμων αυτοκινήτων στην Ελλάδα, αναπτύχθηκε πρόσφατα ένα μοντέλο για να εκτιμήσουμε τη μελλοντική τους ζήτηση και καταλήξαμε στην αξιολόγηση της πιθανής ζήτησης για βιοκαύσιμα σύμφωνα με διάφορα πιθανά σενάρια πολιτικής για τα κατώφλια του 2020 και 2030.

Τα βιοκαύσιμα που υποκαθιστούν τα καύσιμα αυτοκινήτων που σήμερα στην Ελλάδα είναι το βιοντίζελ, η μελέτη μας επικεντρώθηκε φυσικά στη ζήτηση πετρελαίου ντίζελ και βιοντίζελ αυτοκινήτου. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να γίνει στον τομέα της βενζίνης και της βιοαιθανόλης ακολουθώντας παρόμοια μεθοδολογία, δημιουργώντας ευκαιρίες για περαιτέρω επεξεργασία.

Αρχικά προσπαθήσαμε να προβάσουμε τη βραχυπρόθεσμη – έως το 2020 – ζήτηση ντίζελ και συνεπώς τη σχετική ζήτηση βιοντίζελ, δηλαδή χωρίς να προσπαθήσουμε ξεχωριστά να προβλέψει την εξέλιξη των ντετερμινιστικών παραγόντων της ζήτησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε σύγκριση με το 2014, η ζήτηση πετρελαίου ντίζελ και στη συνέχεια η ζήτηση βιοντίζελ θα αυξηθεί κατά 20% έως το 2020. Στη δεύτερη προσέγγιση, η οποία επεκτάθηκε έως το 2030, εφαρμόσαμε τη μεθοδολογία των απλών γραμμικών μοντέλων. Φυσικά, χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο που είχαμε καθορίσει προηγουμένως. Η μεγάλη πρόκληση αυτής της προσέγγισης είναι ότι για να παραχθούν οποιαδήποτε αποτελέσματα, πρέπει να συνταγογραφηθεί η εξέλιξη των ντετερμινιστικών μεταβλητών.

Για τον βαθμό αβεβαιότητας τέτοιων προσεγγίσεων, εφαρμόσαμε μια ανάλυση ευαισθησίας, διατυπώνοντας τρία πιθανά σενάρια, το σενάριο αναφοράς, το σενάριο υπο-απόδοσης και το σενάριο υπερ-απόδοσης. Τα αποτελέσματα ήταν ότι έως το 2030, στη χειρότερη περίπτωση, η ζήτηση ντίζελ θα αυξηθεί περίπου κατά το ένα τρίτο, στη βασική θα διπλασιαστεί και στην καλύτερη περίπτωση θα τριπλασιαστεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και στο χειρότερο σενάριο, με τους χαμηλότερους ρυθμούς αύξησης του ΑΕΠ, τις υψηλότερες τιμές πετρελαίου ντίζελ και τους υψηλότερους φορολογικούς συντελεστές (που συμβάλλουν σημαντικά στην τελική τιμή του ντίζελ),

αναμένεται σημαντικός ρυθμός αύξησης της ζήτησης ντίζελ. Δεν πρέπει να αγνοηθεί από τα ενδιαφερόμενα μέρη της αγοράς. Τέλος και μετά την πρόβλεψη της εξέλιξης της ζήτησης πετρελαίου ντίζελ, επιχειρούμε να προβάσουμε τη σχετική ζήτηση βιοντίζελ με αναφορά σε εναλλακτικά σενάρια πολιτικής σχετικά με την εντολή αναλογίας ανάμειξης βιοντίζελ. Σε αυτή την περίπτωση προσδιορίζουμε τρεις εναλλακτικές αναλογίες ανάμειξης, με τη βασική περίπτωση να είναι η τρέχουσα (7%), με το πιο πιθανό (10%) να προέρχεται από συνολική αναθεώρηση της αγοράς βιοκαυσίμων της ΕΕ που ανατέθηκε από τη ΓΔ Ενέργειας και το μέγιστο (15%) να είναι συνδυασμός της εναλλακτικής περίπτωσης της τελευταίας επανεξέτασης και της μέγιστης επιτρεπόμενης ανάμειξης αναλογία σύμφωνα με το ανώτατο όριο του 7% για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τις οδικές μεταφορές που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες και την τρέχουσα δομή της αγοράς βιοντίζελ στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα είναι προφανώς ποικίλα, αφού έχουν εφαρμοστεί πολλαπλά σενάρια. Σκιαγράφοντας το συνολικό τοπίο, ο συνδυασμός του σεναρίου χειρότερης απόδοσης με τη μικρότερη αναλογία ανάμειξης παρέχει διπλασιασμό της αγοράς βιοντίζελ του 2015 έως το 2030, δηλαδή περίπου 280.000 χιλιάδες λίτρα, ενώ ο συνδυασμός του σεναρίου καλύτερης απόδοσης με τη μέγιστη αναλογία ανάμειξης οδηγεί σε εξαπλάσια αγορά βιοντίζελ έως το 2030, δηλαδή περίπου 900.000 χιλιάδες λίτρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adusumilli, N. & Leidner, A., (2014), The U.S. Biofuel Policy: Review of Economic and Environmental Implications. American Journal of Environmental Protection, vol. 2, Texas, USA

Alfstad, T.,(2008), World Biofuels Study, Scenario analysis of global biofuels markets, p.viii, Brookhaven National Laboratory, prepared for U.S. Department of Energy, Upton NY, USA

Algieri, B., (2014), The influence of biofuels, economic and financial factors on daily returns of commodity futures prices , Energy Policy, Vol. 69, Elsevier, Amsterdam,The Netherlands

Alves, D. and Bueno, R., (2003), Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil, Energy Economics, Vol. 25, p. 191 – 199, Elsevier, Amsterdam,The Netherlands

Apergis, N. and Voliotis, D. (2013), Spillover effects between fossil energy prices and non-energy commodity prices: further evidence from world spot markets, Int. J.Global Energy Issues, Vol. 36, Nos. 5/6

ASTM (2011), ASTM Aviation Fuel Standard Now Specifies Bioderived omponents,

Bakhat, M. et al, (2013), Economic Crisis and Elasticities of Car Fuels: Evidence for Spain, Economics of Energy, ISSN 2172 / 8437, Vigo, Spain

Baltagi, B. and Griffin, M., (1983), Gasoline demand in the OECD – an application of pooling and testing procedures, European Economic Review, Vol. 22, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

Bentley, R.W., (2016), A Brief History of Forecasting Peak Oil, Introduction to Peak Oil, Springer International Publishing, Cham, Switzerland

Bentzen, J., (1994), An empirical analysis of gasoline demand in Denmark using cointegration techniques, Energy Economics Vol. 16, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

Biemans, M., Waarts, Y., Nieto, A., Goba, V., Jones-Walters, L. & Zöckler, C., (2008), Impacts of biofuel production on biodiversity in Europe, ECNC-European Centre for Nature Conservation, Tilburg, the Netherlands

BP (2014), Energy outlook booklet 2035, BP, London, UK

Caesar, B. et al, (2007), Betting on biofuels, The McKinsey Quarterly, McKinsey & Company, New York, USA

Callzoni J, Carpensen N, Dercas N, Gaillard G, Gosse G, Hanegraaf M, Heinzer L, Jungk N, Kool A, Korsuize G, Lechner M, Leviel B, Neumayr R, Nielsen AM, Nikolaou A, Panoutsou P, Panvini A, Patyk A, Rathbauer J, Reinhardt GA, Riva G, Spedile E, Stettler C, Pedersen Weidema B, Worgetter M, van Zeitjts H. Bioenergy

for Europe which ones fit best? A comparative analysis for the community, FAIR-CT-98-3832, final report, in print; to order from IFEU-Institut, Heidelberg, 2000.

Campbell, A. & Doswald, N., (2009), The impacts of biofuel production on biodiversity: A review of the current literature, UNEP-WCMC, Cambridge, UK

Chatfield, C., (2001), Time-Series Forecasting, p. 7, Chapman & Hall/CRC, Florida, USA

Cooke, B. and Robles, M., (2009), Recent Food Price Movements: A Time Series Analysis, IFPRI Discussion Paper, No. 00942, IFPRI, Washington DC, USA

Corpuz, P., (2015), Philippines Biofuels Annual: Philippines Biofuels Situation and Outlook, USDA Foreign Agricultural Service, Manila, Philippines

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009

Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009

Domac, J. et al, (2005), Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects Biomass and Bioenergy, 28(2), p. 97 – 106, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

Dunkerley, F. et al, (2014), Road traffic demand elasticities, A rapid evidence assessment, Rand Europe, Cambridge, UK

Dunkerley, J. and Hoch, I., (1987), Energy for transport in developing countries, Energy Journal, Vol. 8, No. 3, International Association for Energy Economics, Ohio, USA

EBTP (2015), Biofuels for Air Transport: Biofuels in Aviation - An Overview, European Biofuels Technology Platform, <http://biofuelstp.eu/aviation-biofuels.html>, EU

Edeseyi, M. E. et al, (2015), Rethinking sustainable biofuel marketing to titivate Commercial interests, Renewable and Sustainable Reviews, Vol. 52, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

Eickhout, B., van den Born, G.J., Notenboom, J., van Oorschot, M., Ros, J.P.M., vanVuuren, D.P. & Westhoek, H.J., (2008), Local and global consequences of the EU renewable directive for biofuels. Testing the sustainability criteria. MNP report.

Energy Council, London, www.worldenergy.org”

Engle, R. and Granger, C., (1987), Cointegration and error correction: representation estimation and testing, Econometrica, Vol. 55, New York, USA

EU Commission (2015), EU-28 Energy datasheets, Energy Statistics, EU Commission, DG ENER, Unit A4, Eurostat

EU Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources; 23 April 2009.

European Biodiesel Board (2015), Press Release: The EU biodiesel industry welcomes the regulations extending the “B99” measures against US biodiesel imports, EBB, Brussels, Belgium

European Biodiesel Board. Biodiesel and oilseeds. EBB Press; 2007.

European Bioenergy Networks (2003), Liquid biofuels network: Activity Report, France
European Environment Agency (2013), <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/mix-of-energy-crops-200620132008>

European Union (2015), A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy, Brussels, 25.2.2015 COM, 80 final Energy Union Package Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee, Comm. Of Regions and European Investment Bank

Eurostat. Agricultural Statistical Yearbook, 2004.

EXCISE DUTY TABLES, European Commission (2016),http://ec.europa.eu/taxation_customs/index_en.htm

Exxon Mobil (2015), The outlook for energy: A view to 2040, p. 8, Exxon Mobil Corporation, Texas, USA

F.E.I.R. (2010), Renewable fuels in Greece: deficits and potential, Foundation for Economic & Industrial Research, Athens, Greece

FAIR CT 96 1946. Brassica carinata: the outset of a new crop for biomass and industrial non-food oil, 1999–2002.

Feeney, A., (2009), Renewables Commodity Market: Aspects of EU Biofuels Trading, RenewableEnergyWorld.com

FEK 911 B (19/05/2015), Allocation of 140.000 thousand litres of pure biodiesel for 2015, according to the provisions of art. 15A par. 7 of Law 3054/2002

Flach, R. et al, (2013), EU Biofuels Annual 2013, USDA Foreign Agricultural Service, The Hague, Netherlands

Flach, R. et al, (2015), EU Biofuels Annual 2015, USDA Foreign Agricultural Service, The Hague, Netherlands
Foundation for economic & industrial research (2010), The sector of renewable fuels in Greece: issues and prospects, p.16, Athens, Greece

Garbacz, C., (1989), Gasoline, diesel and motor-fuel demand in Taiwan. Energy Journal Vol. 10, No. 2, International Association for Energy Economics, Ohio, USA

GBEP (2008), A Review of the Current State of Bioenergy Development in G8 +5 Countries, Rome, Italy

General Directorate of the State General Laboratory (2012), The no. 30/005/795 /12.20.2012 document of the Directorate of Petrochemicals of the General Directorate of the State General Laboratory

Giannelos PN, Zannikos F, Stournas S, Lois E, Anastopoulos G. Tobacco seed oil as an alternative diesel fuel: physical and chemical properties. *Industrial Crops and Products* 2002;16:1–9.

Government of India (2008), National Policy on Biofuels, Ministry of New & Renewable Energy on India, New Delhi, India

Government of South Africa, (2007), Biofuels Industrial Strategy of the Republic of South Africa, Department of Minerals and Energy, p.3-4, Pretoria, South Africa

Graboski MS, Mc Cormick RL. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science* 1998;24:125–64.

Granados M, Poves MD, Martín Alonso DM, Mariscal R, Galisteo FC, Tost RM, et al. Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide. *Applied Catalysis B: Environmental* 2007;73:317–26.

Guerrero, M., (2013), Spain's Bioethanol Standing Report, USDA Foreign Agricultural Service, p. 10, Madrid, Spain

Guinie JB. Handbook on Life Cycle Assessment operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers; 2004

Hamenlick, C., (2013), Biofuels and Food Security: Risks and opportunities, Ecofys, Chamber of Commerce 30161191, p. 1-2, Utrecht, The Netherlands

Hjalmarsson, E. and Österholm, Pär, (2007), Testing for Cointegration Using the Johansen Methodology when Variables are Near-Integrated, IMF Working Paper, International Monetary Fund, Washington D.C., USA

HLPE (2013), Biofuels and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome, Italy

IEA (2014), Renewable energy medium-term market report 2014, Executive Summary, Market analysis and forecasts to 2020, International National Agency, OECD/IEA, 2014, Paris, France

IEA. Biofuels for transport. An international perspective, 2004. ISBN:92-64-01-51-24. Second national report (Greece) for the EC directive 2003/30.

IRENA (2015), Renewable Energy Target Setting

Jennings (2005), The Case For Ethanol, www.forbes.com

Kampman B. et al, (2013), Bringing biofuels on the market: Options to increase EU biofuels volumes beyond the current blending limits, CE Delft, The Hague, Netherlands

Karppi, I. et al, (2001), SWOT-analysis as a basis for regional strategies, Nordregio (the Nordic Centre for Spatial Development) Working Paper 2001:4, ISSN 1403-2511, Stockholm, Sweden

Kim – Keung Ho, J., (2014), Formulation of a Systemic PEST Analysis for Strategic Analysis, European Academic Research, Vol. 2, Issue 5, Hong Kong, China Magdoff, A., (2008), The Political Economy and Ecology of Biofuels, Monthly Review: An Independent Socialist Magazine Vol. 60, Issue 03, p. 34 – 35, New York, USA

Knothe G, Gerpen JV, Krahl J. The biodiesel handbook. ACS; 2005

Knothe G, Sharp SA, Ryan TW. Exhaust emissions of biodiesel, petrodiesel, neat methyl esters, and alkanes in a new technology engine. ACS Publications. Energy & Fuels 2006;20:403–8.

Koonin SE. Getting serious about biofuels. Science 2006;311:435.

Laforgia D, Ardito D. Biodiesel fueled IDI engines: performances, emissions and heat release investigation. Bioresource Technology 1995;51:53–9.

McRae, R., (1994), Gasoline demand in developing Asian countries, Energy Journal Vol. 15, No. 1, International Association for Energy Economics, Ohio, USA

Medeiros, M. & Froio, L., (2012), Actors, Interests and Strategies of Brazilian Foreign Policy on Biofuels, Brazilian Political Science Review, Sao Paolo, Brazil

Milgrom, P. and Roberts, J., (1996), The LeChatellier Principle, The American Economic Review, Vol. 86, No. 1

Mitkidis, G., (2015), MBA Dissertation: Feasibility of 2nd Generation Biofuels in Greece, p. 39, Hellenic Open University, Patras, Greece

Mulder, P. and de Groot, H.L.F., (2005), Decoupling Economic Growth and Energy Use, p. 21, Tinbergen Institute Discussion Paper, Amsterdam, The Netherlands

Muller, S., Marmion, A., Beerepoot, M., (2011), Renewable Energy, Markets and prospects by region, International National Agency, OECD/IEA, Paris, France

Muran, M., (2014), Russian Federation, Biofuels Annual: Biofuels Sector Update, USDA Foreign Agricultural Service, Moscow, Russia

Naik, S.N. et al (2010), Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review, Volume 12, Issue 2, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

National Renewable Energy Plan, (2010), Ministry of environment, energy & climate change, Hellenic Republic, Athens, Greece

National Statistical Service of Greece (NSSG). Agricultural statistical yearbook 2004, 2004.

National Statistical Service of Greece (NSSG). Agricultural statistical yearbook 1981, 1981.

National Statistical Service of Greece (NSSG). Agricultural statistical yearbook 1987, 1987.

National Statistical Service of Greece (NSSG). Division of External Trade, 2004.

- National Statistical Service of Greece (NSSG). Division of External Trade, 2006. European Environment Agency. How much biomass can Europe use without harming the environment?, 2006
- Nayyar, P., (2010), The Use of Biodiesel Fuels in the U.S. Marine Industry, Maritime Administration, USA
- News Releases, ASTM International, <http://www.astmnewsroom.org>, Philadelphia, USA
- Nicol, C.J., (2003), Elasticities of demand for gasoline in Canada and the United States, *Energy Economics* Vol. 25, p. 201 – 214, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- NSSG, National Statistical Service of Greece: Agricultural statistical yearbook 1990, 1990.
- Opdal, O.A. & Hojem, J.F., (2007), Biofuels in ships, ZERO, Oslo, Norway
- Osterwald-Lenum, M., (1992), A note with quantiles of the asymptotic distribution of
- Pacini, H. et al, (2014), The State of Biofuels Market: Regulatory, trade and development perspectives, prepared for the United Nations Conference on Trade and Development, United Nations Publication, New York, USA
- Pacini, H. et al, (2014), The State of the Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Perspectives, UNCTAD, Geneva, Switzerland
- Paschalidou, A. et al, (2016), Energy crops for biofuel production or for food? – SWOT analysis (case study: Greece), *Renewable Energy*, Vol. 93, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Peattie, K., (2001), Towards Sustainability: The Third Age of Green Marketing, *The Marketing Review*, Vol. 2, Number 2, p. 129 – 146, Westburn Publishers, Helensburgh, Scotland, UK
- Petrou, C. and Pappis, C., (2008), Biofuels: A Survey on Pros and Cons, *Energy and Fuels*, 23, Piraeus
- Polemis, M., (2006), Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece, *Energy Economics*, Vol. 28, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Polemis, M., and Dagoumas, A., (2013), The electricity consumption and economic growth nexus: Evidence from Greece, *Energy Policy*, Vol. 62, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Preechajarn et al, (2013), Thailand Biofuels Annual, USDA Foreign Agricultural Service, p.3, Bangkok, Thailand
- Prugh, T., (2014), Biofuel Production Declines, Worldwatch Institute, Washington, USA

- Ramanathan, R. and Geetha, S., (1998), Gasoline consumption in India: an econometric analysis, Proceedings of the First Asia Pacific Conference on Transportation and the Environment, National University of Singapore, Singapore
- Rapanos, V., Polemis, M., (2005), Energy demand and environmental taxes: the case of Greece, *Energy Policy*, Vol. 33, p. 1781 - 1788, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Russi D. An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: killing several birds with one stone? *Energy Policy* 2008;36: 1169–80.
- Saltelli, A., (2002), Sensitivity analysis for importance assessment, *Risk Analysis Journal*, Vol. 22, Issue 3, John Wiley & Sons, New York, USA
- Scott, R., Junyang, J. & Riedel, M., (2013), People's Republic of China Biofuels Annual 2013, USDA, Foreign Agricultural Service, Beijing, China
- Searchinger, T. et al, Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change, *Science* Vol. 319, Issue 5867, Washington DC, USA
- SETAC – Society for Environmental Toxicology and Chemistry. A technical framework for LCA; 1991. Washington D.C.
- Siddiqui, S. et al, (2016), Determining energy and climate market policy using multiobjective programs with equilibrium constraints, *Energy*, 94, p. 316 – 325, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Sombilla, M., (2009), Integrating biofuel and rural renewable energy production in agriculture for poverty reduction in the Greater Mekong Subregion: an overview and strategic framework for biofuels development, Asian Development Bank, Mandaluyong City, Philippines
- Srivastava A, Prasad R. Triglycerides-based diesel fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2000;4:111–33.
- Sterner, T., (2006), Survey of Transport Fuel Demand Elasticities, The Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden
- Stone, M., (2011), Biofuels: volatility and risk management, World Biofuels Congress, Argus Media, www.argusmedia.com
- the maximum likelihood cointegration rank test statistics, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 54, Oxford, UK
- The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels (2015), EU sustainability criteria for biofuels, Göteborg, Sweden
- Tilman D, Hill J, Lehman C. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science* 2006;314:1598–600.

Tsatsarelis K. Energy inputs and outputs of main crops cultivated in Greece. In: Proceedings of the second national conference of agricultural engineering. University of Thessaly; 2000 (in Greek).

Tsionas, E., (2009), Statistical Packages and their Economic Applications, Excel, SPSS, EViews and Gauss in Economics, Statistics and Econometrics, Athens University of Economics and Business, Athens, Greece

U.S. Department of Energy, (2016), Algal Biofuels, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, <http://energy.gov/eere/bioenergy/algal-biofuels>, Washington DC, USA

Van Dinh Son Tho, (2014), Current statute of biofuel production in Vietnam, School of Chemical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi,

Vietnam United Nations Framework Convention on Climate Change (2015), Adoption of the Paris Agreement, Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, 21st session, United Nations, Paris, France

World Energy Council (2010), Biofuels: Policies, Standards and Technologies, World Energy Council, London, United Kingdom, “Used by permission of the World

Worldwatch Institute (2014), F.O. Licht, RENZI

Wright, T. & Rahmanulloh, A., (2015), Indonesia Biofuels Annual, USDA Foreign Agricultural Service, Jakarta, Indonesia