



Πολυτεχνείο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Διπλωματική εργασία με θέμα:

*«Μελέτη παραγωγής βιοντίζελ
από λιπαρά απόβλητα στην Κρήτη»*

του

Ιωάννη Σαραντόπουλου

Επίβλεψη: Βασίλειος Γκέκας, Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Χανιά,
Φεβρουάριος 2009

*Αφιερώνεται στην
οικογένειά μου*



Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία σηματοδοτεί το τέλος των προπτυχιακών μου σπουδών, σπουδών που συνοδεύτηκαν με μοναδικές εμπειρίες που θα παραμείνουν αξέχαστες και θα με συνοδεύουν στο υπόλοιπο της ζωή μου. Ωστόσο, η ίδια εργασία σηματοδοτεί και την έναρξη νέων τολμηρότερων εγχειρημάτων, τόσο σε ερευνητικό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο. Μπροστά στις νέες περιβαλλοντικές προκλήσεις που εμφανίζονται, θεωρώ τον εαυτό μου προνομιούχο που φοίτησα στο Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, το οποίο με εφοδίασε με πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες για την αντιμετώπισή τους.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, καθηγητή κ. Βασίλειο Γκέκα, για την απρόσκοπτη και εποικοδομητική συνεργασία μας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, επίκουρο καθηγητή κ. Θεοχάρη Τσούτσο και επίκουρο καθηγητή κ. Πέτρο Γκίκα για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις τους. Μια ιδιαίτερη ευχαριστία θα ήθελα να απευθύνω ιδίως για τον επίκουρο καθηγητή κ. Τσούτσο για την αμέριστη και άψογη συνεργασία που είχαμε, έχουμε και ελπίζω ότι θα συνεχίσουμε να έχουμε στο μέλλον.

Επίσης, δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στους φίλους και συνεργάτες κ. Βάιο Μπακιρτζόγλου, Ηλεκτρονικό Μηχανικό & Μηχανικό Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης, και κ. Franklin Che Ngwa, Υποψήφιο Διδάκτορα στο Πανεπιστήμιο New Brunswick του Καναδά, για την επιτυχημένη συνεργασία που είχαμε ως ομάδα στο πλαίσιο των Mondialogo Engineering Award 2006/07 και του Φυτωρίου Ιδεών Unisteplus, στην Μάρθα μου, για την ιώβεια υπομονή της, και στους στενούς μου φίλους, που με ανέχονται όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η αξιοποίηση ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών για πάνω από έναν αιώνα έχει επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με υψηλές συγκεντρώσεις αερίων ρύπων που συμβάλουν στην επιδείνωση του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Καθώς το φαινόμενο έχει πλέον άμεσες και ορατές επιπτώσεις στον άνθρωπο, το διεθνές επιστημονικό ενδιαφέρον στρέφεται στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους και στην ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων.

Στην Κρήτη, η καταναλωμένη ενέργεια προέρχεται κυρίως από μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, παρόλο που το νησί διαθέτει υψηλό αναξιοποίητο δυναμικό από ανανεώσιμες πηγές. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, γίνεται προσπάθεια ανάδειξης και υπολογισμού των διαθέσιμων λιπαρών αποβλήτων που είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη ενός συστήματος παραγωγής βιοντίζελ. Η εκτίμηση των συνολικών ποσοτήτων βασίστηκε τόσο σε βιβλιογραφικές μεθόδους όσο και σε άμεση καταγραφή των παραγόμενων ποσοτήτων ανά κατηγορία πηγής με την συμπλήρωση ερωτηματολογίων.

Το εκτιμώμενο συνολικό δυναμικό λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη ανέρχεται ετησίως σε 5.860t, εκ των οποίων 2.790t και 176t προέρχονται από χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια από επιχειρήσεις εστίασης και ξενοδοχεία αντίστοιχα, ενώ 2.894 προέρχονται από λιπαρά απόβλητα σφαγείων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το υπάρχον δυναμικό μπορεί να στηρίξει μια μεσαίας κλίμακας μονάδα παραγωγής βιοντίζελ, η οποία θα διαχειρίζεται τα συγκεκριμένα απόβλητα, παράγοντας ταυτόχρονα μοντέρνα ενέργεια, φιλική προς το περιβάλλον.

Abstract

The covering of energy needs by the exploitation of fossil fuels for over a century led to heavy atmosphere pollution by gases that are contributing to the escalation of the Greenhouse effect. Nowadays, the effect has direct and obvious negative impacts to the human society and to the economy and thus, the scientific interest has been focused on the energy production from renewable sources and wastes. In Crete, most of the energy consumption is derived from non-renewable energy sources. Thus, in the framework of this study, the total potential of available fatty wastes was estimated in order to conduct an initial technical design and economical evaluation of a local-based medium-scale biodiesel plant. The estimation methodology was based on existing methods from the scientific bibliography and, for verification of the results, on a direct examination on the productivity of local fatty waste sources.

The total estimated annual volume of fatty wastes was calculated at 5.860 tones, coming from food service sector (2.790 tones), hotels (176 tones) and from rendering fat (2.894 tones).

The results of this study are showing that the existing potential of fatty wastes can effectively serve as feedstock for a medium scale biodiesel plant, which will exploit this waste with an environmental friendly manner, producing a modern fuel.



Περιεχόμενα

Ευρετήριο Διαγραμμάτων	8
Ευρετήριο Πινάκων	9
Ευρετήριο Εικόνων	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Σκοπός του κεφαλαίου	11
1.2 Σκοπός της μελέτης	11
1.3 Μεθοδολογία	11
1.4 Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών	12
1.5 Οι επιπτώσεις από τον τομέα των μεταφορών	13
1.6 Το βιοντίζελ	14
1.6.1 Η αντίδραση της Εστεροποίησης	14
1.7 Η διεθνής αγορά βιοντίζελ	15
1.7.1 Παγκοσμία αγορά	16
1.7.2 Ευρώπη	16
1.7.3 Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Η.Π.Α.)	17
1.7.4 Ασία	17
1.7.5 Αφρική	18
1.8 Εναλλακτικές αγορές του βιοντίζελ	18
1.9 Η υφιστάμενη κατάσταση στη αγορά καυσίμων στην Ελλάδα	18
1.9.1 Σύγκριση πετρελαίου - βενζίνης	19
1.9.2 Επισκόπηση της εγχώριας αγοράς πετρελαίου	20
1.9.3 Πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο	21
1.10 Σύγκριση Πετρελαίου - Βιοντίζελ	21
1.10.1 Ανάλυση κύκλου ζωής	22
1.10.2 Ισοζύγιο ενέργειας	25
1.10.3 Τοξικότητα	27
1.10.4 Επιπτώσεις στην δημόσια υγεία	28
1.10.5 Κοινωνικά οφέλη	29
1.10.6 Επίδοση του κινητήρα	30
1.11 Συμπεράσματα κεφαλαίου	30
2. ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	32
2.1 Σκοπός του Κεφαλαίου	32
2.2 Επισκόπηση των πηγών λιπαρών αποβλήτων	32
2.3 Χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια (ΧΜΕ)	32
2.4 Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης παραγωγής και συλλογής ΧΜΕ	33
2.5 Εκτίμηση του δυναμικού ΧΜΕ στην Κρήτη	34
2.5.1 Εκτίμηση βασισμένη στον πληθυσμό και τον αριθμό των επιχειρήσεων	34
2.5.6 Έρευνα για την παραγωγή ΧΜΕ από ξενοδοχειακές μονάδες	39
2.5.7 Εκτίμηση συνολικού δυναμικού ΧΜΕ βάσει της έρευνας	39

2.6	Εκτίμηση παραγόμενων ποσοτήτων λιπαρών αποβλήτων από τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων	42
2.7	Εκτίμηση παραγόμενων ποσοτήτων λιπαρών αποβλήτων τα ζωικά απόβλητα των σφαγείων	43
2.7.1	Εισαγωγή	43
2.7.2	Η μέθοδος αδρανοποίησης στερεών αποβλήτων σφαγείων rendering	43
2.7.3	Η διαχείριση των στερεών ζωικών αποβλήτων στα Χανιά	44
2.7.4	Η ζωική παραγωγή στην Κρήτη	45
2.7.5	Εκτίμηση του δυναμικού ζωικών λιπών στην Κρήτη	45
2.7.6	Συμπεράσματα για την παραγωγή ζωικών λιπών στην Κρήτη	46
2.8	Συνολικές ποσότητες λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη	47
2.9	Διαθεσιμότητα χημικών αντιδρώντων	47
2.9.1	Μεθανόλη	47
2.9.1.1	Τιμή αγοράς	47
2.9.1.2	Απαιτούμενη ποσότητα μεθανόλης	48
2.9.1.3	Υπόλοιπα χημικά	48
2.10	Συμπεράσματα	49
3.	ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ	51
3.1	Σκοπός κεφαλαίου	51
3.2	Περιγραφή επιμέρους διεργασιών	51
3.2.1	Προεπεξεργασία πρώτης ύλης	51
3.2.2	Μετεστεροποίηση λιπαρών οξέων	52
3.2.3	Εξευγενισμός του βιοντίζελ (washing)	53
3.2.3.1	Υγρή πλύση (wet washing)	54
3.2.3.2	Ξηρή πλύση (dry washing)	54
3.2.4	Εξευγενισμός της γλυκερίνης	55
3.3	Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μονάδας παραγωγής βιοντίζελ	55
3.4	Ανάλυση ευαισθησίας	58
3.5	Συμπεράσματα κεφαλαίου	59
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	61
4.1	Σκοπός κεφαλαίου	61
4.2	Συνοπτικά αποτελέσματα μελέτης	61
4.3	Συμπεράσματα μελέτης – Προτάσεις	62
	Βιβλιογραφία	64
	Παράρτημα	69



Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση CO ₂ στην ατμόσφαιρα.....	13
Διάγραμμα 2: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη	13
Διάγραμμα 3: Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ανά κλάδο (2005), (10)	13
Διάγραμμα 4: Εκπομπές CO ₂ της Ελλάδος ανά κλάδο (2005), (11).....	14
Διάγραμμα 5:Μεταβολή των συγκεντρώσεων των μονο- δι- και τριγλυκεριδίων κατά την διάρκεια της εστεροποίησης.....	15
Διάγραμμα 6: Παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ 1991-2006.....	16
Διάγραμμα 7: Η παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ για το 2006 ανά χώρα.....	16
Διάγραμμα 8:Εγχώρια κατανάλωση πετρελαίου κίνησης 1992-2010	20
Διάγραμμα 9: Διακύμανση της μέσης αποφορολογημένης τελικής τιμής πετρελαίου κίνησης 2002-2009	20
Διάγραμμα 10: Βιοκαύσιμα & παραπροϊόντα.....	27
Διάγραμμα 11: Μόνο Βιοκαύσιμα	27
Διάγραμμα 12: Κατανομή τρόπου διαχείρισης ΧΜΕ	37
Διάγραμμα 13: Είδος χρησιμοποιούμενου ελαίου.....	37
Διάγραμμα 14: Εποχικότητα παραγωγής ΧΜΕ	38
Διάγραμμα 15: Εποχιακή διακύμανση παραγωγής ΧΜΕ	40
Διάγραμμα 16: Διακύμανση της τιμής της μεθανόλης (2002-2009)	48
Διάγραμμα 17: Μεταβολή της κερδοφορίας σε σχέση με την τιμή του ελαίου	58
Διάγραμμα 18: Οριακή τιμή πώλησης βιοντίζελ συναρτήσει της τιμής αγοράς των ελαίων	58
Διάγραμμα 19: Σχέση IRR με την τιμή αγοράς των λιπαρών αποβλήτων	59
Διάγραμμα 20: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του βιοντίζελ	59

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Στάδια ολοκλήρωσης της μελέτης.....	12
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα κάθε μεθόδου κατάλυσης (15).....	15
Πίνακας 3: Επιπτώσεις της χρήσης βιοντίζελ από χρησιμοποιημένα τηγανέλαια ανά στάδιο κύκλου ζωής (27).....	23
Πίνακας 4: Μεταβολή % των αερίων εκπομπών ανάλογα με την πρώτη ύλη	24
Πίνακας 5: Αέριες εκπομπές για 100% βιοντίζελ (g/km).....	24
Πίνακας 6: Αέριες εκπομπές για 20% βιοντίζελ (g/km)	25
Πίνακας 7: Ενεργειακό ισοζύγιο για διάφορους τύπους καυσίμων	26
Πίνακας 8: Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ανά κατηγορία εκπομπών του πετρελαίου	29
Πίνακας 9: Επιχειρήσεις εστίασης στην Κρήτη (ΕΣΥΕ, 2009)	33
Πίνακας 10: Κριτήρια προσδιορισμού κατηγορίας επιχειρήσεων εστίασης.....	33
Πίνακας 11: Πιθανές πηγές ΧΜΕ ν. Ηρακλείου και ν. Χανίων (Επιμελητήρια, 2008).....	34
Πίνακας 12: Συνολική δυναμικότητα ξενοδοχειακών μονάδων ανά νομό και κατηγορία (2008).....	34
Πίνακας 13: Δείκτες παραγωγής ΧΜΕ σύμφωνα με το NREL	35
Πίνακας 14: Συνολικό δυναμικό ΧΜΕ ανά κατηγορία προέλευσης και νομό (t)	40
Πίνακας 15: Εκτιμώμενο δυναμικό ΧΜΕ ανά μέθοδο προσέγγισης	41
Πίνακας 16: Η παραγωγή κρέατος στην Κρήτη για το έτος 2006 (σε τόνους).....	45
Πίνακας 17: Ποσοστό (%) βρώσιμου - μη βρώσιμου βάρους ανά είδος σφαγίου	45
Πίνακας 18: Παραγωγή λίπους από ζωικά απόβλητα (τόνοι/έτος)	46
Πίνακας 19: Συνολικές ποσότητες λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη.....	47
Πίνακας 20: Τιμές αγοράς χημικών προϊόντων για την παραγωγή βιοντίζελ.....	49
Πίνακας 21: Κόστος απαιτούμενων πρώτων υλών και ηλεκτρισμού.....	56
Πίνακας 22: Ετήσια εργατικά κόστη μονάδας (ποσά σε €)	56
Πίνακας 23: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας μονάδας παραγωγής βιοντίζελ	57
Πίνακας 24: Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης σε μονάδα παραγωγής βιοντίζελ.....	57



Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Η αντίδραση της μεθυλεστεροποίησης	15
Εικόνα 2: Η εγκαταστάσεις απολίπανσης και το ανακτημένο λίπος στην ΕΕΑΛ	
Χανίων	42
Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής της μεθόδου rendering.....	44
Εικόνα 4: Τα στάδια προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης	51
Εικόνα 5: Η διεργασία της όξινης εστεροποίησης λιπαρών οξέων	52
Εικόνα 6: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της εστεροποίησης.....	53
Εικόνα 7: Διάγραμμα ροής της διεργασίας υγρή πλύσης του βιοντίζελ	53
Εικόνα 8: Διάγραμμα ροής της διεργασίας ξηράς πλύσης του βιοντίζελ	54

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός του κεφαλαίου

Το πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζει το σκοπό της μελέτης, την υπάρχουσα κατάσταση και την ανάγκη που προκύπτει για την εφαρμογή ενός καινοτόμου συστήματος συλλογής και επεξεργασίας των λιπαρών αποβλήτων για την παραγωγή βιοντίζελ. Επίσης, πραγματοποιείται μία ανασκόπηση της τεχνολογίας του βιοντίζελ και του κλάδου παραγωγής του σε διεθνή και σε πανελλαδική βάση. Τέλος, στην Εισαγωγή παραθέτονται τα κυρίαρχα πρότυπα ποιότητας του βιοντίζελ και γίνεται σύγκριση του βιοντίζελ με τα υπόλοιπα ορυκτά ή ανανεώσιμα καύσιμα.

1.2 Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να παρουσιάσει με συντομία τα πλεονεκτήματα και την σύγχρονη τεχνολογία παραγωγής του βιοντίζελ, να εκτιμήσει το δυναμικό παραγωγής του στην Κρήτη από λιπαρά απόβλητα βάσει αυτής της τεχνολογίας και να αξιολογήσει τεchnοοικονομικά το ενδεχόμενο εγκατάστασης μονάδας παραγωγής στην Κρήτη. Συνοπτικά, στην μελέτη περιέχονται:

- ✚ Συζήτηση για τα πλεονεκτήματα της χρήσης βιοντίζελ, τόσο στο περιβαλλοντικό όσο και στον οικονομικό και κοινωνικό τομέα.
- ✚ Ανασκόπηση του κλάδου και των τάσεων του βιοντίζελ διεθνώς.
- ✚ Περιγραφή των πρώτων υλών, των απαιτούμενων εγκαταστάσεων και των διεργασιών που απαιτούνται για την σύνθεση του βιοντίζελ.
- ✚ Εκτίμηση των διαθέσιμων πρώτων υλών από λιπαρά απόβλητα σε επίπεδο Κρήτης.
- ✚ Βασικές αρχές διαστασιολόγησης εγκαταστάσεων παραγωγής.
- ✚ Ισχύον νομικό καθεστώς για την διάθεση του βιοντίζελ στην Ελλάδα.
- ✚ Εκτίμηση κόστους επένδυσης και λειτουργίας για μονάδες παραγωγής βιοντίζελ.
- ✚ Παρουσίαση των βέλτιστων τεχνικών παραγωγής και προοπτικών ανάπτυξης νέων πρώτων υλών.

1.3 Μεθοδολογία

Η εκπόνηση της μελέτης πραγματοποιήθηκε σε διακριτά στάδια που φαίνονται στον Πίνακα 1:



Πίνακας 1: Στάδια ολοκλήρωσης της μελέτης

Στάδιο	Περιγραφή
1. Ανάλυση της βιομηχανίας βιοντίζελ	Περιγραφή των ιδιοτήτων και πλεονεκτημάτων του βιοντίζελ. Επισκόπηση της παγκόσμιας και της ελληνικής αγοράς βιοντίζελ.
2. Εκτίμηση περιβαλλοντικών, και κοινωνικών επιπτώσεων	Εκτίμηση της αειφορικότητας ενός συστήματος παραγωγής βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα.
3. Προκαταρκτική εκτίμηση του δυναμικού της αγοράς και τεχνικές ανάπτυξης	Έρευνα αγοράς του βιοντίζελ στην διεθνή και την ελληνική αγορά. Δυνατότητες αξιοποίησης παραπροϊόντων.
4. Προσδιορισμός των διαθέσιμων τοπικών πηγών πρώτων υλών. Εκτίμηση του τοπικού δυναμικού	Ανασκόπηση όλων των πιθανών πρώτων υλών που θεωρούνται λιπαρά απόβλητα και καταγραφή τοπικού δυναμικού. Συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών από ηλεκτρονικές πηγές, άμεση επικοινωνία και συναντήσεις.
5. Οικονομική αξιολόγηση	Εκτίμηση του απαιτούμενου κόστους για την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης των λιπωδών αποβλήτων. Κόστος διεργασίας.

1.4 Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών

Οι κλιματικές αλλαγές δεν αφορούν μόνο το περιβάλλον αλλά έχουν ήδη και άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Σε παγκόσμιο επίπεδο σύμφωνα με την αναφορά Stern (1), οι κλιματικές αλλαγές πρόκειται να προκαλέσουν:

- ✚ τη μετανάστευση 200.000.000 ανθρώπων λόγω της ξηρασίας, της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας και των πλημμυρών μέχρι το 2050
- ✚ μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών άρα και των αποθεμάτων των τροφίμων.
- ✚ αύξηση των θανάτων λόγω θερμοπληξίας

Στις χώρες της Μεσογείου, οι κλιματικές αλλαγές θα έχουν συγκεκριμένες επιπτώσεις, όπως:

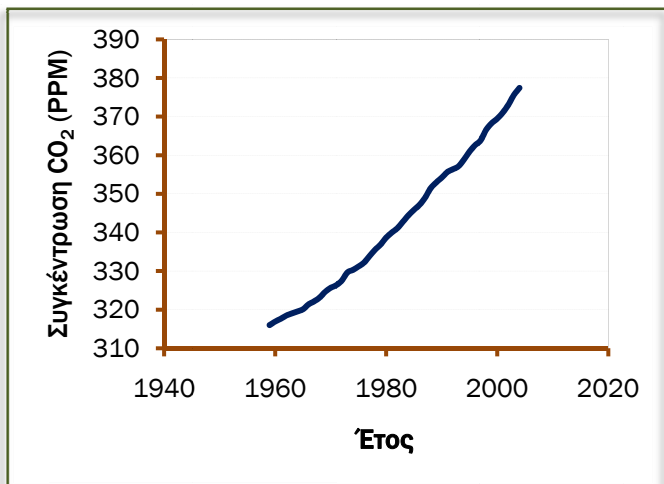
- ✚ μείωση του μέσου ετήσιου ύψους των βροχοπτώσεων με ταυτόχρονη αύξηση της έντασής τους (2)
- ✚ μείωση της τουριστικής ελκυστικότητας (3)
- ✚ μείωση της αγροτικής παραγωγής (4)
- ✚ μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη (5)

Στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε κυρίως ορυκτά καύσιμα για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών. Ωστόσο, η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση τους έχει δυσμενέστατες επιπτώσεις στο κλίμα της Γης, λόγω των αερίων εκπομπών (κυρίως CO₂) που προκύπτουν. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του

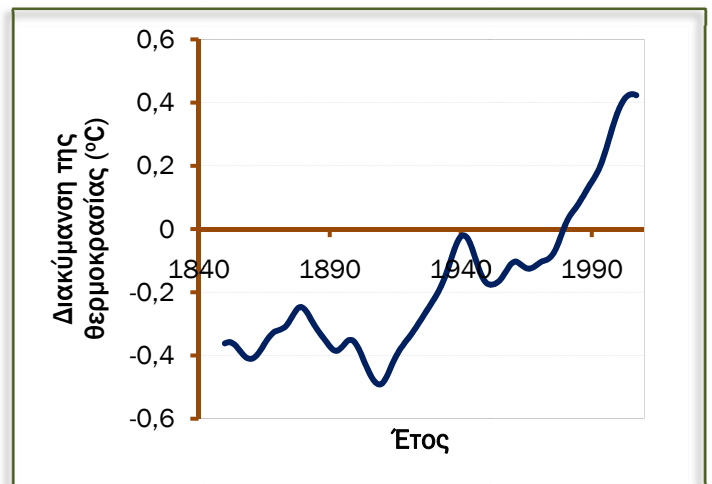
CO₂ ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 20% τα τελευταία 45 χρόνια, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1 (6).

Η αύξηση της συγκέντρωσης του τόσο CO₂ όσο και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη τα τελευταία τριάντα χρόνια όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2 (7).

Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση CO₂ στην



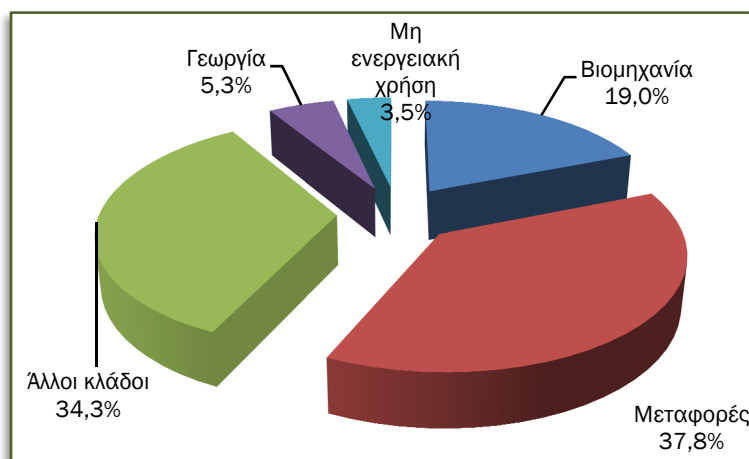
Διάγραμμα 2: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη



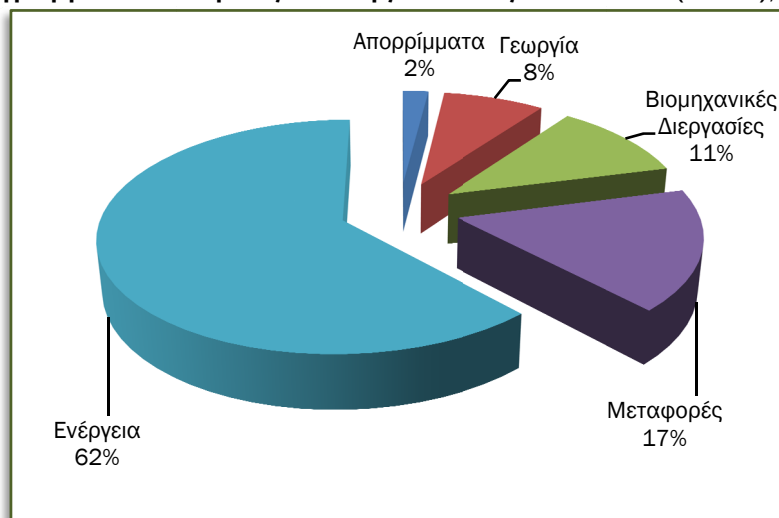
1.5 Οι επιπτώσεις από τον τομέα των μεταφορών

Για το έτος 2004, ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται για το 24% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως (8). Ανάμεσα στις επιμέρους κατηγορίες μεταφορών, οι οδικές μεταφορές τόσο μεσοπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στην κλιματική αλλαγή (9). Στην Ελλάδα, ο τομέας των μεταφορών κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της εγχώρια καταναλισκόμενης ενέργειας, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3. Σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ισοδύναμα CO₂, ο τομέας των μεταφορών κατέχει την δεύτερη θέση με πρώτη τον τομέα της παραγωγής ενέργειας (Διάγραμμα 4).

Διάγραμμα 3: Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ανά κλάδο (2005), (10)



Διάγραμμα 4: Εκπομπές CO₂ της Ελλάδος ανά κλάδο (2005), (11)



1.6 Το βιοντίζελ

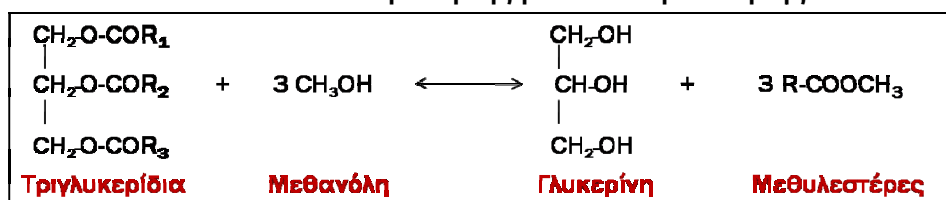
Το βιοντίζελ αποτελεί εναλλακτικό καύσιμο που υποκαθιστά την χρήση του συμβατικού πετρελαίου. Ορίζεται ως οι μεθυλεστέρες φυτικών ή ζωικών λιπαρών που μπορούν να υποκαταστήσουν το συμβατικό πετρέλαιο. Παράγεται με την μετεστεροποίηση των φυτικών ή ζωικών λιπών από μία αλκοόλη για την παραγωγή των ανάλογων εστέρων (12). Η συνηθέστερη αλκοόλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του βιοντίζελ σήμερα είναι η μεθανόλη καθώς αποτελεί την πιο φθηνή και άμεσα διαθέσιμη αλκοόλη παγκοσμίως, γεγονός που την κάνει να πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων αλκοολών. Σε χώρες η Βραζιλία ή οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ), έχει ερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης της αιθανόλης (13), ωστόσο η παραγωγή βιοντίζελ με αιθανόλη δεν διερευνήθηκε αν είναι οικονομικά βιώσιμη.

Στην παρούσα εργασία, δεν εξετάζεται η χρήση άλλων αλκοολών πέραν της μεθανόλης, αφού τόσο σε ελληνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο η παραγωγή βιοντίζελ πραγματοποιείται αποκλειστικά με την προσθήκη μεθανόλης.

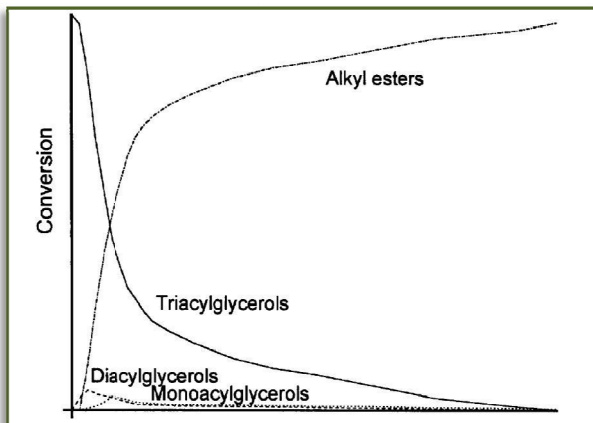
1.6.1 Η αντίδραση της Εστεροποίησης

Κατά την αντίδραση της εστεροποίησης ή, αλλιώς, της αλκοόλυσης, ένα μέρος τριγλυκεριδίων αντιδρά με τρία μέρη αλκοόλης και σχηματίζει ένα μέρος γλυκερίνης και τρία μέρη των αντίστοιχων λιπαρών όξινων αλκυλικών εστέρων. Η γενική μορφή της μεθυλεστεροποίησης, δηλαδή της εστεροποίησης με μεθανόλη, παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1: Η αντίδραση της μεθυλεστεροποίησης



Δι- και μονογλυκερίδια σχηματίζονται ως ενδιάμεσα προϊόντα κατά την αντίδραση της εστεροποίησης. Ποιοτικά, η μετατροπή των τριγλυκεριδίων σε



Διάγραμμα 5: Μεταβολή των συγκεντρώσεων των μονο- δι- και τριγλυκεριδίων κατά την διάρκεια της εστεροποίησης

εστέρες, καθώς η δημιουργία των ενδιάμεσων προϊόντων αναπαριστώνται στο Διάγραμμα 5 (14). Η εστεροποίηση μπορεί πραγματοποιηθεί με αλκαλική (NaOH ή KOH), όξινη (H₂SO₄) ή ενζυμική κατάλυση. Ωστόσο, σήμερα σε βιομηχανική κλίμακα κυριαρχεί η βασική. Τα πλεονεκτήματα κάθε μεθόδου κατάλυσης

παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα κάθε μεθόδου κατάλυσης (15)

Κατάλυση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Βασική	+ Υψηλές αποδόσεις + Σύντομος χρόνος αντίδρασης + Χαμηλή διαβρωτικότητα + Λιγότερη περίσσεια μεθανόλης	- Ευαισθησία στα ελεύθερα λιπαρά οξέα - Ανάγκη για καθαρισμό των τελικών προϊόντων - Ευαισθησία στην περιεχόμενη υγρασία
Όξινη	+ Εστεροποίηση και των ελεύθερων λιπαρών οξέων	- Χαμηλός ρυθμός αντίδρασης - Ευαισθησία στην περιεχόμενη υγρασία - Σχηματισμός ανεπιθύμητων τελικών προϊόντων - Υψηλή διαβρωτικότητα - Ειδικές συνθήκες αντίδρασης
Ενζυμική	+ Δεν απαιτείται καθαρισμός των τελικών προϊόντων + Εστεροποίηση και των ελεύθερων λιπαρών οξέων	- Χαμηλή απόδοση της αντίδρασης - Υψηλό κόστος - Ευάλωτη στην συγκέντρωση της μεθανόλης

1.7 Η διεθνής αγορά βιοντίζελ

Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται πλέον σε πολλές εφαρμογές παγκοσμίως. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η υφιστάμενη αγορά βιοντίζελ σε διάφορες περιοχές, εστιάζοντας ωστόσο στην χρήση του βιοντίζελ ως

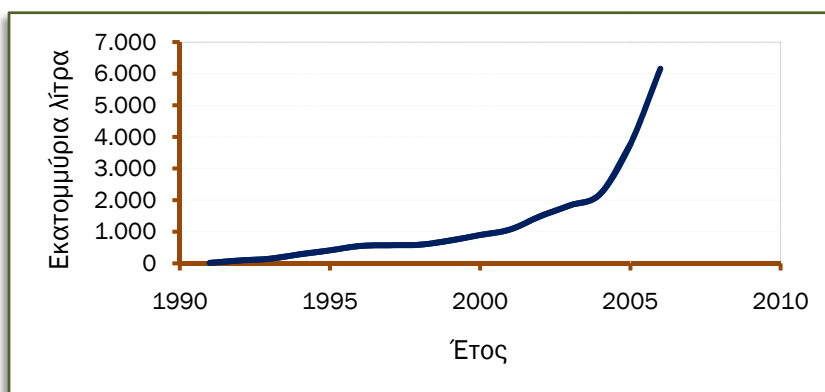


καύσιμου κίνησης, καθώς σήμερα η πιο διαδεδομένη χρήση του είναι η υποκατάσταση του πετρελαίου κίνησης. Συνήθως, αναμιγνύεται με συμβατικό πετρέλαιο σε συγκεκριμένη αναλογία (2%, 5%, 10%). Ωστόσο, η καύση καθαρού (100%) βιοντίζελ έχει εφαρμοστεί ήδη με επιτυχία σε στόλους βαρέων οχημάτων.

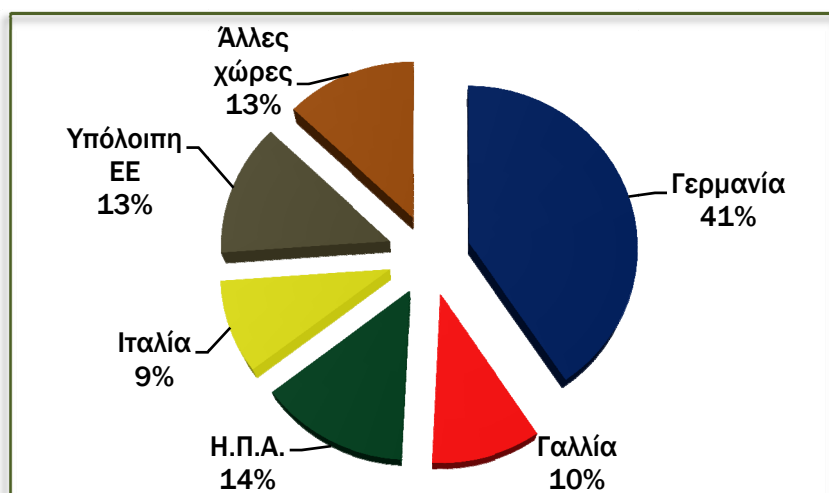
1.7.1 Παγκοσμία αγορά

Σε εμπορική κλίμακα, το βιοντίζελ παράχθηκε για πρώτη φορά το 1989 στην Αυστρία. Από τότε η ετήσια παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ αυξάνεται ραγδαία ετησίως (Διάγραμμα 6) (16). Η παραγωγή βιοντίζελ, κατανεμημένη ανά χώρα που φαίνεται στο Διάγραμμα 7 (16), πραγματοποιείται κυρίως σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ).

Διάγραμμα 6: Παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ 1991-2006



Διάγραμμα 7: Η παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ για το 2006 ανά χώρα



1.7.2 Ευρώπη

Στην Ευρώπη των 25 κρατών-μελών, το 64% των οδικών μεταφορών πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ως καύσιμο πετρέλαιο, ενώ τα τελευταία χρόνια

παρατηρείται έντονη προτίμηση στην χρήση πετρελαιοκινητήρων έναντι βενζινοκινητήρων (17).

Σαν σύνολο, η Ευρώπη αποτελεί το μεγαλύτερο παραγωγό βιοντίζελ παγκοσμίως. Για τον λόγο αυτό έχει θεσπίσει από το 2003 ειδικό πρότυπο ποιότητας για το βιοντίζελ κίνησης (EN 14214) και για το βιοντίζελ θέρμανσης (EN 14213).

Το 2003 η Ευρωπαϊκή Ένωση, στοχεύοντας στην προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων στις μεταφορές εφάρμοσε το 2003 την οδηγία 2003/30/EC που προέβλεπε ότι μέχρι το 2005 το 2% (σε ενεργειακό περιεχόμενο) της κατανάλωσης καυσίμων στις μεταφορές θα προερχόταν από βιοκαύσιμα, ενώ μέχρι το 2010 αυτό το ποσοστό θα αυξανόταν σε 5,75%. Καθώς αυτοί οι στόχοι δεν φαίνεται να πραγματοποιούνται (αναφορές της Ε.Ε. προβλέπουν ότι μέχρι το 2010 τα βιοκαύσιμα θα αντιστοιχούν σε 4,2% (18)), κρίθηκε αναγκαίο να αναμορφωθούν συμπεριλαμβάνοντας και κριτήρια για την αειφορία των βιοκαυσίμων ώστε να βελτιωθεί κυρίως η περιβαλλοντική τους απόδοση. Έτσι το 2008, η Ε.Ε. έθεσε υπό διαβούλευση την νέα οδηγία για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία ψηφίστηκε και εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο του 2008. Σχετικά με τα βιοκαύσιμα αναφέρεται ότι μέχρι το 2020 θα πρέπει να υποκαταστήσουν τουλάχιστον το 10% των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Η νέα αυτή οδηγία αναμένεται να τεθεί σε εφαρμογή από τα μέσα του 2009 και να διαμορφώσει νέες προοπτικές στον τομέα των βιοκαυσίμων.

1.7.3 Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ)

Στις ΗΠΑ η χρήση του βιοντίζελ αρχικά προωθήθηκε με την Δράση για Καθαρή Ατμόσφαιρα (Clean Air Act) του 1990, όπου απαιτούσε μείωση στις συγκεντρώσεις θείου στο πετρέλαιο κίνησης καθώς και μειωμένες εκπομπές καυσαερίων. Συνέχεια αποτέλεσε το 1992η Δράση για την Ενεργειακή Πολιτική (Energy Policy Act), που με την αναθεωρημένη μορφή της από το 1998, επέτρεψε σε ομοσπονδιακές, πολιτειακές και δημόσιες οργανισμούς κοινής ωφελείας να χρησιμοποιήσουν βιοντίζελ για να αυξήσουν την κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας. Από τότε, οι ΗΠΑ έχουν αυξήσει κατά πολύ την δυναμικότητα παραγωγής βιοντίζελ, αποτελώντας τον δεύτερο παραγωγό βιοντίζελ παγκοσμίως.

1.7.4 Ασία

Στην ασιατική περιφέρεια η παραγωγή βιοντίζελ αποτελεί έναν ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο τόσο με εγκαταστάσεις βιομηχανικής κλίμακας όσο και με μικρότερες μονάδες βασισμένες στις ανάγκες απομακρυσμένων κοινοτήτων. Κύριος παραγωγός βιοντίζελ στην Ασία είναι η Μαλαισία, κυρίως λόγω της υψηλής παραγωγής φοινικελαίου, ωστόσο και άλλες χώρες όπως η Ινδία και η Κίνα αναπτύσσουν την παραγωγή βιοντίζελ.



1.7.5 Αφρική

Η υπάρχουσα οικονομική και κοινωνική κατάσταση στην Αφρική δεν έχει επιτρέψει έως σήμερα την ανάπτυξη μεγάλων εγκαταστάσεων παραγωγής βιοντίζελ στην Αφρική παρά το πλούσιο ελαϊκό δυναμικό που υπάρχει, ιδιαίτερα σε περιοχές τις υποσαχάριας Αφρικής. Κύριο εμπόδιο αποτελεί επίσης ή έλλειψη μηχανισμός αποτελεσματικής μεταφοράς της τεχνολογίας (technology transfer) από τις «ανεπτυγμένες» χώρες στις «αναπτυσσόμενες». Ωστόσο, ήδη προσπάθειες έχουν γίνει για την ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής βιοντίζελ σε περιοχές αποκομμένες από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, όπου η παραγωγή ελαίων είναι πολύ υψηλή. Κινούμενη σε αυτή την κατεύθυνση, ερευνητική ομάδα φοιτητών του Πολυτεχνείου Κρήτης (βλ. παράρτημα) διακρίθηκε σε διεθνές επίπεδο για μελέτη παραγωγής βιοντίζελ από φοινικέλαιο σε αγροτικές περιοχές του Καμερούν. Τέτοιες μικρής κλίμακας λύσεις μπορούν να συνεισφέρουν στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και να αυξήσουν το τοπικό εισόδημα συμβάλλοντας ταυτόχρονα και στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ενεργειακής κρίσης (19).

1.8 Εναλλακτικές αγορές του βιοντίζελ

Η κυριότερη αγορά των μεθυλεστέρων (βιοντίζελ) είναι η υποκατάσταση του πετρελαίου κίνησης. Ωστόσο, πέρα από την χρήση ως καύσιμο για οδικές, θαλάσσιες και σιδηροδρομικές μεταφορές, το βιοντίζελ μπορεί να αξιοποιηθεί και σε άλλες χρήσεις όπως:

✚ Βιοδιασπώμενος διαλύτης (20). Ενδεικτικά επίσης, αναφέρεται η χρήση των μεθυλεστέρων ως μέσο για την απορρύπανση παραλιών ρυπασμένων με αργό πετρέλαιο (21)

✚ Καύσιμο σε καυστήρες κεντρικής οικιακής θέρμανσης (22). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, για αυτόν τον λόγο, έχει θεσπίσει και ειδικό πρότυπο ποιότητας του βιοντίζελ που προορίζεται για χρήση σε καυστήρες θέρμανσης (EN 14213).

✚ Λάδι λίπανσης

✚ Καύσιμο για την αεροπορία (23). Ωστόσο, δυσκολία για την διάδοση αυτής της χρήσης αποτελεί η αρνητική επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών στις ιδιότητες του βιοντίζελ, με αποτέλεσμα να μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε αεροπορία χαμηλού ύψους.

1.9 Η υφιστάμενη κατάσταση στη αγορά καυσίμων στην Ελλάδα

Το παρόν κεφάλαιο σκοπεύει να περιγράψει την υπάρχουσα κατάσταση στη αγορά καυσίμων στην Κρήτη και πως μπορεί το βιοντίζελ να ενταχθεί σε αυτή. Καθόσον το βιοντίζελ ανταγωνίζεται κυρίως το πετρέλαιο κίνησης, το παρόν κεφάλαιο θα εστιαστεί σε αυτό. Ωστόσο, καθώς και τα άλλα εναλλακτικά καύσιμα που αναπτύσσονται πρόκειται να ανταγωνιστούν το βιοντίζελ σύντομα, μεταξύ των συγκρινόμενων καυσίμων περιλαμβάνονται και αυτά.

1.9.1 Σύγκριση πετρελαίου - βενζίνης

Παρόλο που οι πετρελαιοκινητήρες είναι αποδοτικότεροι και έχουν αυξημένη αντοχή στην μακροχρόνια χρήση, οι βενζινοκινητήρες κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό στο τομέα των οχημάτων προσωπικής χρήσης (Ι.Χ.). Στον τομέα των μέσων μαζικής μεταφοράς, βαρέων οχημάτων και ταξί οι πετρελαιοκινητήρες υπερτερούν εμφανέστατα κατέχοντας σχεδόν την αποκλειστικότητα της αγοράς. Αυτή η τάση, όσον αφορά την χρήση πετρελαιοκινητήρων για οχήματα προσωπικής χρήσης, αλλάζει καθώς πλέον οι καταναλωτές, ιδιαίτερα στην κεντρική Ευρώπη, δείχνουν να υιοθετούν την χρήση του έναντι των βενζινοκινητήρων.

Ο κύκλος ενός βενζινοκινητήρα εσωτερικής καύσης αποτελείται από τέσσερις χρόνους:

1. Εισαγωγή μίγματος καυσίμου-αέρα
2. Συμπίεση μίγματος
3. Ανάφλεξη μίγματος με την δημιουργία σπινθήρα από τους αναφλεκτήρες (μπουζί)
4. Έξοδος καυσαερίων

Η ποιοτική κατάταξη της βενζίνης γίνεται με βάση τα οκτάνια και υποδηλώνει το βαθμό μέχρι τον οποίο μπορεί να συμπιεστεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση τόσο περισσότερη ωφέλιμη ενέργεια παράγεται.

Κατά την λειτουργία ενός πετρελαιοκινητήρα, διακρίνονται κάποιες διαφορές κατά τον κύκλο λειτουργίας. Συγκεκριμένα, ο κύκλος λειτουργίας ενός πετρελαιοκινητήρα περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1. Εισαγωγή αέρα
2. Συμπίεση αέρα και έκχυση πετρελαίου
3. Ανάφλεξη μείγματος λόγω αύξησης της θερμοκρασίας
4. Έξοδος καυσαερίων

Η συμπίεση που επιτυγχάνει ένας πετρελαιοκινητήρας ντίζελ είναι υψηλότερη από την συμπίεση του βενζινοκινητήρα καθώς συμπιέζει μόνο αέρα. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή απόδοση του πετρελαιοκινητήρα είναι υψηλότερη και κυμαίνεται από 35% σε 45%, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν.

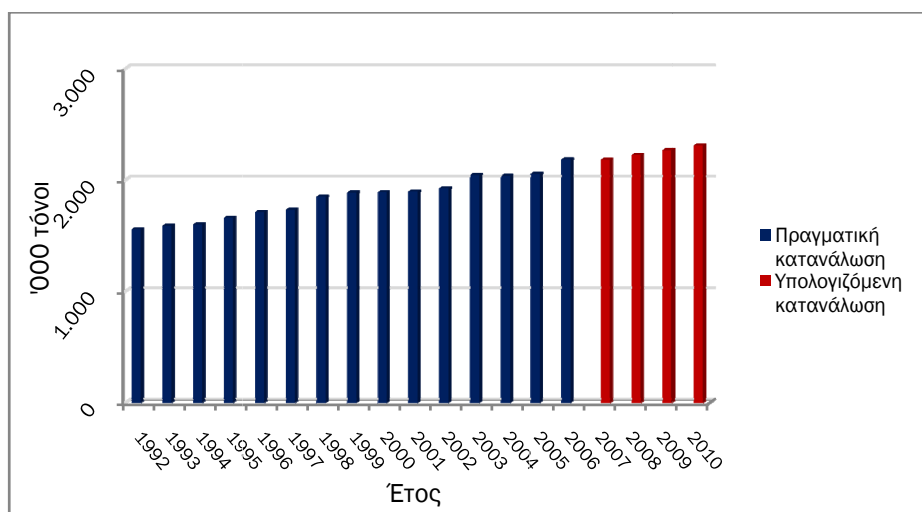
Ο αριθμός Κετανίου είναι η ποιοτική παράμετρος που καθορίζει την ποιότητα ανάφλεξης του καυσίμου. Για τον προσδιορισμό του υπάρχουν συγκεκριμένα πρότυπα υπολογισμού (ASTM D613, ISO 5165). Ο αριθμός κετανίου ουσιαστικά εκφράζει την καθυστέρηση στην ανάφλεξη του καυσίμου κατά την συμπίεσή του στον θάλαμο καύσης του κινητήρα, καθυστέρηση η οποία και καθορίζει εν μέρει την συνολική απόδοση του κινητήρα.



1.9.2 Επισκόπηση της εγχώριας αγοράς πετρελαίου

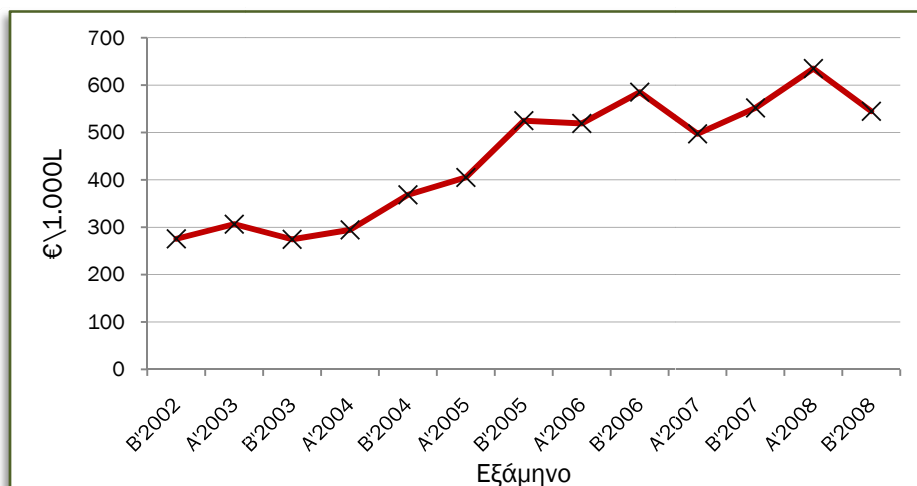
Κατά το έτος 2006, η ελληνική παραγωγή ακάθαρτου πετρελαίου ανήλθε σε 95.000 toe, αποτελώντας το 0,44% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (24). Η εγχώρια κατανάλωση πετρελαίου κίνησης κατά το έτος 2006 ανήλθε σε 2.185.000 MT, ποσότητα που διατέθηκε μέσω των 8.530 πρατηρίων υγρών καυσίμων. Συνοπτικά, η συνολική κατανάλωση πετρελαίου κίνησης ανά έτος φαίνεται στο Διάγραμμα.

Διάγραμμα 8: Εγχώρια κατανάλωση πετρελαίου κίνησης 1992-2010



Σύμφωνα με στοιχεία από το Υπουργείο Ανάπτυξης (25), σήμερα το πετρέλαιο κίνησης εκτός από τον Φόρο Προστιθέμενης Αξίας (ΦΠΑ) 19%, επιβαρύνεται και με Φόρο Ειδικής Κατανάλωσης, που για το έτος 2009 ανέρχεται σε 302€/κL. Η μέση αποφορολογημένη τελική τιμή του πετρελαίου κίνησης ανά εξάμηνο παρουσιάζεται στο Διάγραμμα (24).

Διάγραμμα 9: Διακύμανση της μέσης αποφορολογημένης τελικής τιμής πετρελαίου κίνησης 2002-2009



1.9.3 Πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Στην ελληνική νομοθεσία έχουν ενσωματωθεί ήδη οδηγίες της Ε.Ε. για τον περιορισμό των εκπομπών από την καύση πετρελαίου και για την βελτίωση της ποιότητας του καυσίμου, που επηρεάζουν άμεσα το δυναμικό της αγοράς βιοντίζελ. Η ποιότητα του πετρελαίου καθορίζεται σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Πιστοποίησης (CEN) από 1993 με το πρότυπο EN 590. Το συγκεκριμένο πρότυπο διαχωρίζει το πετρέλαιο σε έξι διαφορετικές κατηγορίες εξωτερικής θερμοκρασίας ανάλογα με το σημείο ροής (CFPP). Επίσης, για την ποιότητα του καυσίμου θεσπίστηκαν οι παρακάτω οδηγίες της Ε.Ε.:

- ✓ **Effective 1994.1:** Εφαρμόστηκε μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα σε θείο 0.2% (wt.) και ελάχιστος αριθμός κετανίων 49.
- ✓ **Effective 1996.10:** Μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα σε θείο 0.05% (wt.) = 500 ppm
- ✓ **Effective 2000.01:** Μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα σε θείο 350 ppm και ελάχιστος αριθμός κετανίων 51
- ✓ **Effective 2005.01:** Μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα σε θείο 50 ppm. Πετρέλαιο κίνησης χωρίς θείο (10 ppm) θα πρέπει να είναι διαθέσιμο για κίνηση σε αυτοκινητόδρομους.
- ✓ **Effective 2009.01:** Μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα σε θείο 10 ppm. Η παραπάνω μείωση της συγκέντρωσης του θείου στο πετρέλαιο αποσκοπεί στην μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου και πρωτογενών και δευτερογενών αιωρούμενων σωματιδίων (26).

1.10 Σύγκριση Πετρελαίου - Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ γενικά θεωρείται ως περιβαλλοντικά φιλικό καθώς οι εκπομπές CO₂ είναι ουδέτερες, είναι βιοδιασπώμενο, μειώνει την χρήση ορυκτών καυσίμων και δεν δημιουργεί σημαντικές εκπομπές οξειδίων του θείου. Αυτή η θεώρηση μπορεί να είναι ορθή στην περίπτωση που τα όρια του συστήματός υπό εξέταση περιέχουν μόνο την διεργασία της καύσης του βιοντίζελ.

Εάν αναλυθεί ολόκληρος ο κύκλος ζωής του βιοντίζελ, δηλαδή από την διεργασία παραγωγής της βιομάζας, της μετατροπής σε βιοντίζελ και την ενεργειακή αξιοποίηση του, τότε το βιοντίζελ δεν αποτελεί απαραίτητα μια φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας. Στο παρόν κεφάλαιο, προσεγγίζεται η αειφορικότητα του βιοντίζελ και συγκρίνεται με το ορυκτό πετρέλαιο σε τομείς όπως αέριες εκπομπές, ενεργειακό ισοζύγιο, τοξικότητα, επίδραση στην δημόσια υγεία, η απόδοση του κινητήρα και τα κοινωνικά οφέλη.



1.10.1 Ανάλυση κύκλου ζωής

Η ανάλυση κύκλου ζωής αποτελεί ένα πολύ σημαντικό και ακριβές εργαλείο για τον προσδιορισμό της αειφορικότητας οποιουδήποτε προϊόντος. Για την ενέργεια από βιομάζα έχουν γίνει πολλές μελέτες και έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα ώστε να προσεγγιστούν με ακρίβεια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της.

Για το βιοντίζελ έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες για να διερευνηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η χρήση του. Ιδιαίτερα για την παραγωγή βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα, τα αποτελέσματα, τα οποία παραθέτονται παρακάτω ανά συγκεκριμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αποδεικνύουν ότι μπορεί να αποτελέσει μία αειφόρο πηγή ενέργειας.

Σε πρόσφατη μελέτη από τους Niederl & Narodoslawsky (27) στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος BODIEPRO, εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις της παραγωγής βιοντίζελ από χρησιμοποιημένα τηγανέλαια σε επιμέρους περιβαλλοντικά προβλήματα και ποσοτικοποιήθηκαν ανά στάδιο του κύκλου ζωής του βιοντίζελ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Επιπτώσεις της χρήσης βιοντίζελ από χρησιμοποιημένα τηγανέλαια ανά στάδιο κύκλου ζωής (27)

	Ενέργεια για		Χημικά για		Σύνολο		Μείωση
	Καύση	την παραγωγή	την παραγωγή	Μεταφορά	Βιοντίζελ	Συμβατικό πετρέλαιο	
	%	%	%	%	Απόλυτες τιμές		
SPI	42,5	18	22	17,8	4,78	26,10	82%
Φαινόμενο του θερμοκηπίου	29,1	20,7	40,5	9,7	0,018	0,090	80%
Όξινη βροχή	85,8	4,2	7,8	2,21	0,00021	0,00023	9%
Ευτροφισμός	94,8	2,4	1,4	1,4	0,000033	0,000022	-50%
ADP	0,7	67,1	2	30,2	0,000037	0,000540	93%
Δημιουργία Φωτοοξειδωτικών	88,5	2,5	5,8	3,2	0,000012	0,000019	37%

- SPI (Sustainable Process Index) in m^2a
- Φαινόμενο του θερμοκηπίου σε $kg\ CO_2\ eq\ yr^{-1}\ MJ^{-1}$
- Όξινη βροχή σε $kg\ SO_2\ eq\ yr^{-1}\ MJ^{-1}$
- Ευτροφισμός σε $kg\ PO_4\ eq\ yr^{-1}\ MJ^{-1}$
- ADP (Abiotic Depletion Potential) in $kg\ antimony\ eq\ yr^{-1}\ MJ^{-1}$
- Δημιουργία Φωτοοξειδωτικών σε $kg\ ethylene\ eq\ yr^{-1}\ MJ^{-1}$



Σε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής που δημοσιεύτηκε το Οκτώβριο του 2002 από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (28), εξετάστηκε η παραγωγή βιοντίζελ από παρθένο σογιέλαιο, έλαιο ελαιοκράμβης και ζωικά λίπη. Αναφορικά με τα ζωικά λίπη η μελέτη κατέληξε ότι οι εκπομπές CO και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) μειώνονται ανάλογα με το ποσοστό ανάμιξης ενώ παρατηρήθηκε και μικρή αύξηση στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) σε σχέση με το συμβατικό πετρέλαιο. Μεταξύ των επιμέρους πρώτων υλών, η χρήση ζωικών λιπών για την παραγωγή βιοντίζελ κρίθηκε ως η αποδοτικότερη ως προς την μείωση των αερίων εκπομπών προς το περιβάλλον (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Μεταβολή % των αερίων εκπομπών ανάλογα με την πρώτη ύλη

Ποσοστό ανάμιξης	Σογιέλαιο		Έλαιο ελαιοκράμβης		Ζωικά λίπη	
	20%	100%	20%	100%	20%	100%
NO _x	+3.1	+15.4	+2.4	+12	+0.6	+3.3
PM	-6.8	-34	-	-	-10.3	-48.7
CO	-3.7	17.2	-5.5	25.1	-8.7	-40.3

Παρόμοια μελέτη από την Υπηρεσία Φυσικών Πόρων του Καναδά (29), υπολόγισε τις αέριες εκπομπές κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του βιοντίζελ από έλαιο canola, σογιέλαιο και ζωικά λίπη σε ποσοστό ανάμιξης 20% και 100% και τις οποίες σύγκρινε με αυτές του συμβατικού πετρελαίου. Τα αποτελέσματα, τα οποία παραθέτονται στους πίνακες 5 & 6, προέκυψαν βάσει της μεθοδολογίας που συστήνει η Διακρατική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC) και συγκλίνουν με τα αποτελέσματα που δόθηκαν στον Πίνακα 4 όσον αφορά την αποδοτικότητα της παραγωγής βιοντίζελ από ζωικά λίπη. Η μείωση αναφέρεται στην επί τοις εκατό (%) μείωση των εκπομπών με την χρήση ζωικών λιπών ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ.

Πίνακας 5: Αέριες εκπομπές για 100% βιοντίζελ (g/km)

Ποσοστό ανάμιξης 100%	Πετρέλαιο	Βιοντίζελ			Μείωση
		Canola	Σογιέλαιο	Ζωικά λίπη	
Αέρια του θερμοκηπίου					
CO ₂	446,1	444,2	365,5	446,1	73%
CH ₄	1,845	1,839	1,496	1,845	51%
N ₂ O	0,116	0,153	-0,897	0,116	1.635%
Σύνολο CO ₂	1.436,8	520,9	530,2	118,9	92%
Άλλα αέρια					
CFC's + HFC's	0,002	0,002	0,002	0,002	0%
CO	3,84	3,98	3,25	3,85	74%
NO _x	24,06	23,94	16,14	24,6	-3%
VOC	0,780	0,790	0,991	0,780	28%
SO _x	0,649	0,638	0,464	0,649	43%
PM	0,794	0,700	0,700	0,483	39%

Πίνακας 6: Αέριες εκπομπές για 20% βιοντίζελ (g/km)

Ποσοστό ανάμιξης 20%	Πετρέλαιο	Βιοντίζελ			Μείωση
		Canola	Σογιέλαιο	Ζωικά λίπη	
Αέρια του θερμοκηπίου					
CO ₂	1.177,7	1.177,3	1.162,2	1.177,7	14%
CH ₄	2,81	2,81	2,74	2,81	10%
N ₂ O	0,070	0,076	0,126	0,070	-115%
Σύνολο CO ₂	1.436,8	1.258,4	1.260,1	1.180,9	18%
Άλλα αέρια					
CFC's + HFC's	0,002	0,002	0,002	0,002	0%
CO	3,84	3,98	3,25	3,84	14%
NO _x	24,0	23,9	16,1	24,0	0%
VOC	0,780	0,790	0,991	0,780	5%
SO _x	0,649	0,638	0,464	0,649	9%
PM	0,794	0,700	0,700	0,483	9%

1.10.2 Ισοζύγιο ενέργειας

Η κύρια μέθοδος για την ενεργειακή αξιολόγηση της απόδοσης της παραγωγής ενός βιοκαυσίμου είναι το ισοζύγιο καθαρής ενέργειας (Net energy balance). Ο συγκεκριμένος δείκτης προκύπτει από το κλάσμα της ωφέλιμης ενέργειας που περιλαμβάνεται στο τελικό βιοκαύσιμο και στα παραπροϊόντα προς την συνολική ενέργεια που δαπανήθηκε καθ' όλη την παραγωγική διαδικασία. Ουσιαστικά, το ισοζύγιο καθαρής ενέργειας υποδηλώνει το ενεργειακό κέρδος που προκύπτει από την παραγωγή του κάθε βιοκαυσίμου.

Η παραγωγή βιοντίζελ απαιτεί ενέργεια κυρίως σε τρία στάδια: παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων για τις ενεργειακές καλλιέργειες, παραγωγή και κατεργασία του ελαίου και την παραγωγή της μεθανόλης. Με την αξιοποίηση των λιπαρών αποβλήτων δεν απαιτούνται τα δύο πρώτα στάδια, συνεπώς η χρήση τέτοιων πρώτων υλών έχει αισθητά βελτιωμένο ενεργειακό ισοζύγιο.

Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές δημοσιεύσεις σχετικά με το ισοζύγιο ενέργειας της παραγωγής βιοντίζελ και όλες συγκλίνουν σε θετικό ενεργειακό ισοζύγιο για διάφορους τύπους βιοντίζελ, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 7.



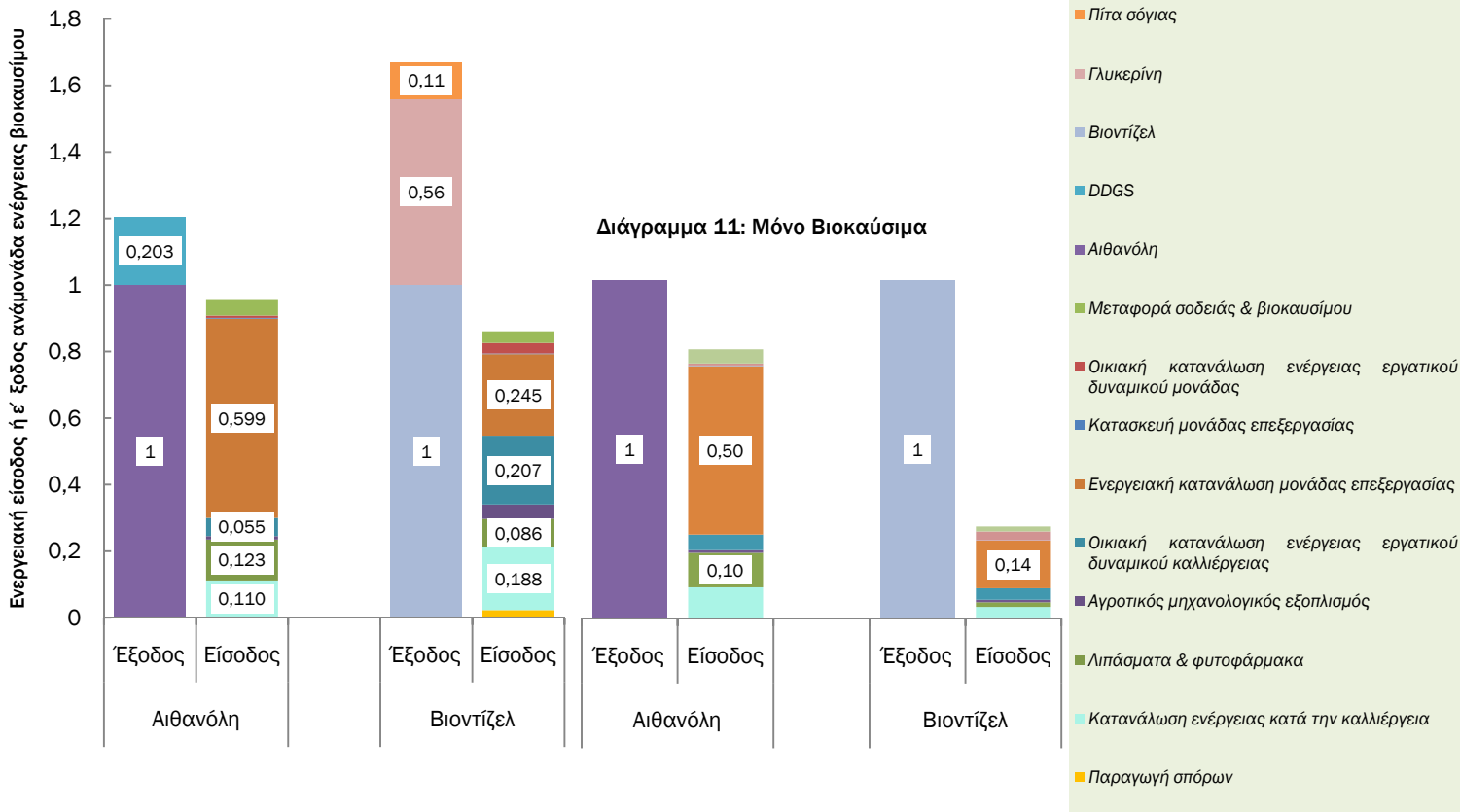
Πίνακας 7: Ενεργειακό ισοζύγιο για διάφορους τύπους καυσίμων

Καύσιμο			Περιοχή μελέτης	Σχέση ενεργειακού ισοζυγίου	Πηγή
Βιοντίζελ	Πρώτη ύλη	Ελαιοκράμβη	Ελβετία	1:1,88	(30)
		Ελαιοκράμβη	Ευρώπη	1:3	(31)
		Ελαιοκράμβη	Γερμανία	1:2,6	(32)
		Ελαιοκράμβη	Γερμανία	1:2,3	(33)
		Ελαιοκράμβη	Γερμανία	1:2,28-2,96	(34)
		Ελαιοκράμβη	Ηνωμένο Βασίλειο	1:2,29	(35)
		Σόγια	Η.Π.Α.	1:3,21	(36)
		Χρησιμοποιημένα τηγανέλαια	Γερμανία	1:5,51	(37)
Πετρέλαιο			Γερμανία	1:0,9	(32)
Πετρέλαιο			Η.Π.Α.	1:0,83	(36)

Για την περίπτωση του συμβατικού πετρελαίου, το ενεργειακό ισοζύγιο είναι αρνητικό, γεγονός που υποδηλώνει ότι απαιτείται έως και 20% της περιεχόμενης ενέργειας για άντληση, διύλιση και μεταφορά του καυσίμου (36).

Το ενεργειακό ισοζύγιο για την παραγωγή βιοντίζελ από σόγια και αιθανόλης από καλαμπόκι (υποκατάστατο της βενζίνης) μελετήθηκε και συγκρίθηκε από ερευνητική ομάδα στις Η.Π.Α. (38). Στην μελέτη αναφέρεται ότι περιλήφθηκε επίσης και η ενέργεια που καταναλώθηκε για την κατασκευή των μονάδων επεξεργασίας των πρώτων υλών και παραγωγής των βιοκαυσίμων. Όλα τα ισοζύγια προέκυψαν θετικά (Διαγράμματα 8&9), ωστόσο για το βιοντίζελ από σόγια το ενεργειακό όφελος που προκύπτει είναι τετραπλάσιο από αυτό της αιθανόλης και συνολικά ανέρχεται σε 93%. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους υπολογισμούς, το 33% της απαιτούμενης ενέργειας για το βιοντίζελ καταναλώνεται κατά την παραγωγή του σογιέλαιου. Για την περίπτωση της χρήσης λιπαρών αποβλήτων ως πρώτη ύλη, οι εκπομπές αυτές δεν συμπεριλαμβάνονται στο ενεργειακό ισοζύγιο και επομένως, το ενεργειακό ισοζύγιο είναι σαφώς θετικότερο.

Διάγραμμα 10: Βιοκαύσιμα & παραπροϊόντα



1.10.3 Τοξικότητα

Για την εκτίμηση της αειφορίας του βιοντίζελ, πέραν των εκπομπών που επηρεάζουν τα παγκόσμια περιβαλλοντικά φαινόμενα, σημαντικό είναι να εξεταστούν και οι εκπομπές τοξικών αέριων ρύπων. Οι συγκεκριμένοι ρύποι, παρόλο που δεν περιλαμβάνονται σε περιβαλλοντικούς κανονισμούς, έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην δημόσια υγεία και έμμεσα δημιουργούν κοινωνικό και οικονομικό κόστος.

Στην διεθνή βιβλιογραφία, περιορισμένος αριθμός εργασιών έχει συμπεριλάβει μη θεσπισμένες αέριες εκπομπές στις μετρήσεις αέριων ρύπων όπως φορμαλδεΰδες, ακεταλδεΰδες, βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο κ.α., από την καύση του βιοντίζελ σε κινητήρες εσωτερικής καύσεως. Οι απόλυτες τιμές των εκπομπών δεν έχουν τόσο μεγάλη βαρύτητα, καθώς ποικίλουν σε κάθε δοκιμή κυρίως λόγω των διαφορετικών συνθηκών μέτρησης, των κινητήρων και των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν. Αντίθετα, οι σχετικές τιμές μείωσης ή αύξησης των εκπομπών μεταξύ του βιοντίζελ και του πετρελαίου δίνουν συγκρίσιμα αποτελέσματα για τις διακυμάνσεις.

Το Εθνικό Συμβούλιο για το Βιοντίζελ των Η.Π.Α. (U.S. National Biodiesel Board) με μελέτη για την εμπεριστατωμένη ανάλυση των επιπτώσεων στην υγεία και στο



περιβάλλον από την χρήση του βιοντίζελ ως εναλλακτικού καυσίμου (39), κατέληξε σε σημαντικές μειώσεις στις αέριες εκπομπές διαφόρων ρύπων. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας την καύση αυτούσιου βιοντίζελ με την καύση πετρελαίου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο εκπέμπεται:

- ✓ 50% λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα
- ✓ 30% λιγότερη μάζα στερεών σωματιδίων
- ✓ 75-85% λιγότερους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες
- ✓ 30% λιγότερες φορμαλδεΰδες και ακεταλδεΰδες
- ✓ 13% περισσότερα οξείδια του αζώτου (NO_x)

Οι εκπομπές από τη χρήση του βιοντίζελ από χρησιμοποιημένα τηγανέλαια σε πετρελαιοκινητήρες σκαφών θαλάσσης μελετήθηκε από τους Roskilly et al. (40). Καταγράφοντας τις εκπομπές από δύο κινητήρες, τα αποτελέσματα έδειξαν πως μειώνονται οι εκπομπές NO_x (μέχρι και 24%), γεγονός που αποδόθηκε κυρίως στον υψηλότερο αριθμό κετανίων του βιοντίζελ και από άλλους ερευνητές (41), (42) αλλά και στο γεγονός πως οι πετρελαιοκινητήρες δεν είναι τελευταίας τεχνολογίας (14). Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του CO σε χαμηλά φορτία και μείωση σε υψηλά φορτία που αποδόθηκε στο υψηλότερο ιξώδες του βιοντίζελ.

Πρόσφατα, οι Yage Di et al. (43) σύγκριναν τις αέριες εκπομπές πετρελαιοκινητήρα για διαφορετικά μείγματα πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο με βιοντίζελ από τηγανέλαια (0%, 19,6%, 39,4%, 59,4%, 79,6%, 100%) σε ίδιες τιμές ροπής του κινητήρα. Αυξάνοντας την συγκέντρωση του βιοντίζελ στο μείγμα παρατηρήθηκε μείωση των εκπομπών άκαυστων υδρογονανθράκων (έως και 53%), του μονοξειδίου του άνθρακα (έως και 20%), της θολότητας και των αιωρούμενων σωματιδίων (έως και 56%). Επίσης, αναφορικά με τις μη θεσπισμένες εκπομπές, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης των φορμαλδεϋδών, των 1,3-βουταδιένων, του τολουολίου και του ξυλένιου. Ωστόσο, η αύξηση της συγκέντρωσης του βιοντίζελ στο μείγμα αύξησε τις εκπομπές NO_x (έως 11%) και NO_2 (έως 142,9%) καθώς και των ακεταλδεϋδών και του βενζενίου. Στην μελέτη επισημαίνεται ότι παρόλο που μειώνεται η συνολική μάζα των σωματιδίων που εκπέμπονται, μειώνεται η παράλληλα και μέση αεροδυναμική διάμετρος καθιστώντας τα πιο επικίνδυνα για την δημόσια υγεία.

1.10.4 Επιπτώσεις στην δημόσια υγεία

Κατά τον υπολογισμό του κόστους της ενέργειας και κατά τον σχεδιασμό ενός ενεργειακού συστήματος συχνά δεν λαμβάνεται υπόψη το κόστος των επιπτώσεων που προκαλούνται στην δημόσια υγεία από την αξιοποίηση κάθε ενεργειακής πηγής. Η υποβάθμιση της δημόσιας υγείας συνδέεται με αυξημένες ανάγκες υγειονομικής περίθαλψης, μείωση των εργατοωρών και με γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας ζωής. Συνεπώς, η σύγκριση των επιπτώσεων στην δημόσια υγεία αποτελεί μια βασική παράμετρο που μπορεί να καθορίσει την ενεργειακή πολιτική και να αναδείξει νέα πλεονεκτήματα σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

Πολυάριθμες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί ώστε να προσεγγιστούν οι επιπτώσεις στην δημόσια υγεία συγκρίνοντας τις εκπομπές από την καύση συμβατικού πετρελαίου

και βιοντίζελ, καταδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε καυσίμου. Στον Πίνακα 8 παραθέτονται περιληπτικά οι επιπτώσεις από τις κύριες εκπομπές των πετρελαιοκινητήρων (44):

Πίνακας 8: Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ανά κατηγορία εκπομπών του πετρελαίου

Ένωση	Παράδειγμα	Επίπτωση στην υγεία
Εκπομπές στην αέρια φάση		
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	Παρεμπόδιση της πρόσληψης οξυγόνου
Οξείδια του αζώτου	NO ₂ , N ₂ O	Ερεθιστικό στο αναπνευστικό σύστημα. Σχηματισμός O ₃ , που είναι υπεύθυνο για την δημιουργία φωτοχημικού νέφους και της πρόκλησης σχετιζόμενων ασθενειών(άσθμα, βρογχίτιδα)
Διοξείδιο του θείου	SO ₂	Ερεθιστικό για το αναπνευστικό σύστημα
Αλκάνια και αλκένια	1,3-βουταδιένιο	Ερεθιστικά για το αναπνευστικό σύστημα. Σχηματισμός O ₃ . Πιθανές καρκινογένεσεις και μεταλλάξεις.
Αλδεΐδες	Φορμαλδεΐδες, ακεταλδεΐδες	Σχηματισμός O ₃ . Ερεθισμός στα μάτια. Ορισμένες ενώσεις είναι καρκινογόνες
Αρωματικές ενώσεις	Βενζένιο, αρωματικοί υδρογονάνθρακες	Ορισμένες ενώσεις είναι καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες.
Σωματιδιακές εκπομπές		
Στοιχειακός άνθρακας	C	Καρκινογόνο
Ανόργανες ενώσεις θείου και αζώτου	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻	Ερεθιστικά για το αναπνευστικό σύστημα.
Αρωματικές ενώσεις	Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	Ορισμένες ενώσεις είναι καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες.

1.10.5 Κοινωνικά οφέλη

Η ανάπτυξη ενός καινοτόμου τοπικού και απλού συστήματος διαχείρισης και αξιοποίησης των λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη θα ωφελήσει πολυδιάστατα την τοπική κοινωνία. Καθώς μια μονάδα βιοντίζελ αποτελεί μια κερδοφόρο «πράσινη» επιχείρηση, η ανάπτυξή της θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας υψηλής ειδίκευσης και τεχνογνωσίας και οικονομική πρόοδο.

Τα λιπαρά απόβλητα, πέραν της περιβαλλοντικής διάστασης, αποτελούν και κοινωνικό πρόβλημα. Η διάθεσή τους αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα για επαγγελματίες και επιχειρήσεις της τοπικής οικονομίας. Η έλλειψη οργανωμένου συστήματος συλλογής δημιουργεί πολλές φορές συγκρούσεις και αντιδράσεις για ρύπανση του περιβάλλοντος και υποβάθμιση της δημόσιας αισθητικής.



Η κατανάλωση του βιοκαυσίμου σε τοπικό επίπεδο αναμένεται να αυξήσει άμεσα την διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό μείγμα, με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η αύξηση αυτή θα ενεργοποιήσει τους πολίτες και την κοινωνία και θα εντείνει την περιβαλλοντική τους ευαισθησία. Έτσι, για την κοινωνία θα είναι πιο εύκολο να υπερβεί εμπόδια και αγκυλώσεις σε τομείς περιβαλλοντικής ευσυνειδησίας ώστε να βελτιώσει περεταίρω την περιβαλλοντική της απόδοσης αναπτύσσοντας και συμμετέχοντας και σε άλλες αειφορικές δράσεις.

1.10.6 Επίδοση του κινητήρα

Οι σημερινοί κινητήρες πετρελαίου έχουν βελτιστοποιηθεί για την καύση συμβατικού πετρελαίου με αποτέλεσμα η εναλλαγή του καυσίμου να δημιουργήσει μεταβολές στην απόδοσή τους. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, το βιοντίζελ φαίνεται να βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κινητήρα και να προστατεύει το σύστημα τροφοδοσίας και να βοηθά την λίπανση του.

Αναφορικά με την απόδοση του κινητήρα, παρατηρείται αύξηση της θερμικής απόδοσης όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του καυσίμου σε βιοντίζελ (15), (40), (43). Η μεταβολή αυτή αποδίδεται από τους ερευνητές στην υψηλή περιεκτικότητα του βιοντίζελ σε οξυγόνο που επιτρέπει βελτίωση της καύσης.

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου σε μονάδες όγκου καθώς και σε μάζας αυξάνεται κατά 11,5% και 6% αντίστοιχα. Η διαφορά στις δύο τιμές οφείλεται στην διαφορετική πυκνότητα του βιοντίζελ έναντι του συμβατικού πετρελαίου. Ωστόσο, λόγω της χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης του βιοντίζελ, η συνολική ενεργειακή απόδοση του κινητήρα παραμένει σταθερή ή μπορεί και να αυξάνεται (15), (42).

Σημαντικό πλεονέκτημα για το βιοντίζελ αποτελεί επίσης και η ικανότητά του να λιπαίνει και να προστατεύει τον κινητήρα. Στο συμβατικό πετρέλαιο σημαντικός λιπαντικός παράγοντας είναι το περιεχόμενο θείου και οι πολικές ετεροκυκλικές ενώσεις (15). Με την υποχρεωτική χρήση πετρελαίου κίνησης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, η λιπαντική ικανότητα του συμβατικού πετρελαίου μειώνεται καθιστώντας αναγκαία την χρήση συνθετικών ή φυσικών βελτιωτικών για να αποφευχθούν αστοχίες στο σύστημα έκχυσης καυσίμου και στον κινητήρα (45). Η ανάμιξη συμβατικού πετρελαίου κίνησης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο με βιοντίζελ σε αναλογία 2% αυξάνει την λιπαντική ικανότητα του καυσίμου έως και 65%. (46)

1.11 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο επισημάνθηκαν τα παρακάτω:

- Η παγκόσμια στρόφη στις ανανεώσιμες πηγές και κατ' επέκταση στο βιοντίζελ έχει αυξήσει και αναμένεται να αυξήσει περεταίρω την παραγωγή βιοντίζελ
- Πέραν της χρήσης του βιοντίζελ ως καύσιμο κίνησης, υπάρχουν και άλλες αγορές όπου μπορεί να προωθηθεί και να καταλάβει μερίδιο της αγοράς

- Η ανάλυση του κύκλου ζωής του βιοντίζελ δείχνει ότι υπερτερεί περιβαλλοντικά έναντι του ορυκτού πετρελαίου και των κύριων εναλλακτικών καυσίμου
- Η χρήση του βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα μπορεί να μειώσει έως και 80% τις εκπομπές CO₂
- Εκτός των συμβατικών εκπομπών, το βιοντίζελ παρουσιάζει και χαμηλότερες εκπομπές μη θερμοθετημένων ρύπων
- Το βιοντίζελ έχει πέραν των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων και πλεονεκτήματα ως προς την ποιότητα καύσης και στην προστασία του κινητήρα
- Η διαχείριση των λιπαρών αποβλήτων για την παραγωγή βιοντίζελ επιλύει το πρόβλημα διάθεσης τους, αποφέροντας κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.



2. ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

2.1 Σκοπός του Κεφαλαίου

Το δεύτερο κεφάλαιο της μελέτης θα εξετάσει ποσοτικά, ποιοτικά και οικονομικά τις υπάρχουσες πηγές λιπαρών αποβλήτων που είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη ενός συστήματος παραγωγής βιοντίζελ στην Κρήτη. Θα συμπεριληφθούν επίσης στοιχεία και για τα υπόλοιπα χημικά αντιδρώντα που απαιτούνται κατά την παραγωγική διεργασία.

2.2 Επισκόπηση των πηγών λιπαρών αποβλήτων

Οι κύριες πηγές λιπαρών αποβλήτων που εκτιμάται ότι υπάρχουν αυτή την στιγμή στην Κρήτη είναι τα χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια (ΧΜΕ) που παράγονται από τις επιχειρήσεις εστίασης που υπάρχουν στο νησί καθώς και τα λιπαρά απόβλητα των σφαγείων.

Η ενεργειακή αξιοποίηση των λιπαρών αποβλήτων μέσω της παραγωγής βιοντίζελ έχει πολλά συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων πρώτων υλών (βλ. Κεφάλαιο 1). Η απορρύπανση σε συνδυασμό με την ανταγωνιστικότερη παραγωγή βιοντίζελ μπορεί να επιτευχθεί σε αποκεντρωμένες μονάδες βιοντίζελ που δεν θα επηρεάζονται από εποχιακές διακυμάνσεις των τιμών των βρώσιμων ελαίων.

2.3 Χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια (ΧΜΕ)

Τα ΧΜΕ παράγονται κυρίως από επιχειρήσεις εστίασης αλλά και στα νοικοκυριά σε μεγάλες ποσότητες ετησίως. Με την αξιοποίησή τους ως εναλλακτική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ που αποτελεί μια πολύ διαδεδομένη πρακτική παγκοσμίως, τα ΧΜΕ πλέον έχουν αποκτήσει τιμή διάθεσης από οργανωμένα δίκτυα συλλογής.

Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ακαθαρσίες, νερό και ελεύθερα λιπαρά οξέα (ΕΛΟ), τα ΧΜΕ παρουσιάζουν και διαφορετική αξία. Η βιομηχανία του βιοντίζελ κατατάσσει τα ΧΜΕ κυρίως συναρτήσει της περιεκτικότητας σε ΕΛΟ σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ ΧΜΕ χαμηλής οξύτητας ($ΕΛΟ < 1,5\%$)
- ✓ ΧΜΕ μεσαίας οξύτητας ($ΕΛΟ < 5\%$)
- ✓ ΧΜΕ υψηλής οξύτητας ($ΕΛΟ > 5\%$)

Η περιεκτικότητα σε ΕΛΟ εξαρτάται τόσο από την αρχική συγκέντρωση ΕΛΟ του ελαίου, όσο και από τις διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια του τηγανίσματος ενώ η περιεκτικότητα σε νερό εξαρτάται κυρίως από το είδος των τροφίμων που τηγανίστηκαν. Η επίδραση των παραπάνω ιδιοτήτων στην παραγωγική διεργασία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3.

2.4 Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης παραγωγής και συλλογής ΧΜΕ

Τα ΧΜΕ παράγονται κυρίως από τα εστιατόρια (σε αυτά περιλαμβάνονται fast-food, ψητοπωλεία και ταβέρνες), τα ξενοδοχεία και τις επιχειρήσεις catering. Στην Κρήτη, οι συγκεκριμένοι επιχειρηματικοί κλάδοι αποτελούν σημαντικό κομμάτι της οικονομίας, προσφέροντας τις υπηρεσίες τους κυρίως την θερινή περίοδο στον εισερχόμενο τουρισμό. Για την εκτίμηση του συνολικού αριθμού των επιχειρήσεων εστίασης στην Κρήτη συλλέχθηκαν στοιχεία από τα τοπικά εμπορικά επιμελητήρια καθώς και από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία.

Ο αριθμός των συγκεκριμένων επιχειρήσεων σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (ΕΣΥΕ) φαίνονται στον Πίνακα 9:

Πίνακας 9: Επιχειρήσεις εστίασης στην Κρήτη (ΕΣΥΕ, 2009)

	Νομός			
	Ηρακλείου	Λασιθίου	Ρεθύμνης	Χανίων
Εστιατόρια	1027	541	461	766
Καντίνες	50	17	30	89
Τροφοδοσία με τρόφιμα (κέτερινγκ)	237	36	100	138

Η κάθε κατηγορία προσδιορίζεται σαφώς από την ΕΣΥΕ σύμφωνα με τα κριτήρια του Πίνακα 10:

Πίνακας 10: Κριτήρια προσδιορισμού κατηγορίας επιχειρήσεων εστίασης

Εστιατόρια	Καντίνες	Τροφοδοσία με τρόφιμα (κέτερινγκ)
Περιλαμβάνονται:	Περιλαμβάνονται:	Περιλαμβάνονται:
- η πώληση γευμάτων, προς επιτόπια συνήθως κατανάλωση, καθώς και η πώληση ποτών που συνοδεύουν τα γεύματα - μαζί ίσως με κάποια μορφή ψυχαγωγίας - από:	- η πώληση γευμάτων και ποτών, συνήθως σε μειωμένες τιμές, σε σαφώς προσδιορισμένες ομάδες ατόμων, τα οποία τις περισσότερες φορές συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς επαγγελματικής φύσεως, όπως:	- δραστηριότητες συμβαλλομένων, που προμηθεύουν γεύματα παρασκευασμένα σε κεντρική μονάδα παρασκευής τροφίμων, προς κατανάλωση σε άλλες εγκαταστάσεις, όπως η προμήθεια έτοιμων γευμάτων σε:
- εστιατόρια	- δραστηριότητες καντίνας εργοστασίων, γραφείων ή αθλητικών εγκαταστάσεων,	- αεροπορικές εταιρείες,
- εστιατόρια αυτοεξυπηρέτησης	- δραστηριότητες σχολικών καντινών και μαγειρείων,	- «οχήματα-εστιατόρια»,
- καταστήματα ταχείας εξυπηρέτησης (φαστ-φουντ),	- δραστηριότητες φοιτητικών εστιατορίων,	- δεξιώσεις, φιλοξενία, που προσφέρουν επιχειρήσεις,
- εστιατόρια που πωλούν μερίδες φαγητού σε πακέτα,	- δραστηριότητες στρατιωτικών τραπεζαριών, λεσχών αξιωματικών κλπ.	- γάμους, πάρτι και λοιπούς εορτασμούς ή δραστηριότητες.
- καταστήματα που πωλούν σουβλάκια, σάντουιτς κλπ.,		
- δραστηριότητες παροχής γευμάτων από σιδηροδρομικές εταιρείες και άλλες επιχειρήσεις μεταφοράς επιβατών.		

Για τις κατηγορίες επιχειρήσεων που αποτελούν πιθανές πηγές παραγωγής ΧΜΕ, ζητήθηκαν στατιστικά στοιχεία και από τα τοπικά εμπορικά επιμελητήρια. Ωστόσο, δεδομένα παρασχέθηκαν μόνο από τα επιμελητήρια του νομού Χανίων και νομού Ηρακλείου. Τα δεδομένα τους παρουσιάζονται στο Πίνακα 11:



Πίνακας 11: Πιθανές πηγές ΧΜΕ ν. Ηρακλείου και ν. Χανίων (Επιμελητήρια, 2008)

	Χανίων	Ηρακλείου
Εστιατόρια	1196	1673
Ξενοδοχεία	-	630

Τέλος, στατιστικά στοιχεία για τις ξενοδοχειακές μονάδες της Κρήτης ανακτήθηκαν από τον ιστοχώρο του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου της Ελλάδος (47)

Πίνακας 12: Συνολική δυναμικότητα ξενοδοχειακών μονάδων ανά νομό και κατηγορία (2008)

Νομός		Κατηγορία Ξενοδοχειακής μονάδας					Γενικό άθροισμα
		5*****	4****	3***	2**	1*	
Χανίων	Μονάδες	7	40	104	282	57	490
	Δωμάτια	1.025	2.824	4.313	9.577	1.304	19.043
	Κλίνες	2.143	5.385	7.966	16.788	2.409	34.691
Ηρακλείου	Μονάδες	19	107	96	183	100	505
	Δωμάτια	5.747	12.252	5.596	6.314	3.057	32.966
	Κλίνες	11.388	23.249	10.598	11.953	5.602	62.790
Λασιθίου	Μονάδες	16	29	30	95	43	213
	Δωμάτια	2.759	2.855	1.527	3.071	570	10.782
	Κλίνες	5.327	5.466	2.920	5.598	1.056	20.367
Ρεθύμνης	Μονάδες	6	40	76	151	28	301
	Δωμάτια	1.784	4.384	3.960	4.785	516	15.429
	Κλίνες	3.432	8.472	7.472	8.743	988	29.107
Σύνολο	Μονάδες	48	216	306	711	228	1.509
	Δωμάτια	11.315	22.315	15.396	23.747	5.447	78.220
	Κλίνες	22.290	42.572	28.956	43.082	10.055	146.955

2.5 Εκτίμηση του δυναμικού ΧΜΕ στην Κρήτη

Η εκτίμηση του δυναμικού των ΧΜΕ στην Κρήτη συνολικά και κατά νομό πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας δείκτες από την διεθνή βιβλιογραφία καθώς και με απευθείας συλλογή δεδομένων από τοπικές επιχειρήσεις του κλάδου.

2.5.1 Εκτίμηση βασισμένη στον πληθυσμό και τον αριθμό των επιχειρήσεων

Το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμης Ενέργειας των ΗΠΑ (NREL) εκπόνησε το 1998 μελέτη για την εκτίμηση των ποσοτήτων αστικών λιπαρών αποβλήτων που παράγονται σε διάφορες πολιτείες της χώρας (48). Εξετάζοντας 30 μητροπολιτικές περιοχές κατέληξε στους παρακάτω δείκτες σχετικά με την παραγωγή λιπαρών αποβλήτων στις ΗΠΑ.

Πίνακας 13: Δείκτες παραγωγής ΧΜΕ σύμφωνα με το NREL

Παραγωγή ΧΜΕ / κάτοικο/έτος	4,02 kg
Παραγωγή ΧΜΕ / Εστιατόριο/έτος	2.843 kg

Η μέθοδος της συλλογής δεδομένων της μελέτης βασίστηκε κυρίως σε τηλεφωνικές συνεντεύξεις και σε μερικές περιπτώσεις σε επιτόπου επισκέψεις. Η επιλογή του δείγματος έγινε βάσει του τηλεφωνικού καταλόγου μόνο για εστιατόρια και συνεπώς από την συγκεκριμένη μελέτη εξαιρέθηκαν επιπλέον ποσότητες ΧΜΕ που προέρχονται από άλλους παραγωγούς όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, γηροκομεία.

2.5.2 Εκτίμηση βασισμένη στην ετήσια κατανάλωση τηγανελαιών ανά κάτοικο

Σύμφωνα με την βάση δεδομένων του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων, το 2003 ο μέσος Έλληνας πολίτης κατανάλωσε συνολικά 25 kg φυτικών ελαίων εκ των οποίων τα 15 kg ήταν ελαιόλαδο. Θεωρώντας τις ποσότητες των υπολοίπων ελαίων που χρησιμοποιήθηκαν για απευθείας κατανάλωση αμελητέες, η συνολική ποσότητα τηγανελαιών ανά κάτοικο ήταν 10 kg/έτος. Σύμφωνα με τους Hunter&Applewhite (49), η ποσότητα του τηγανελαιού που απομένει μετά την χρήση του είναι το 60% της αρχικής, επομένως σταθμισμένη ανά κάτοικο παραγωγή τηγανελαιών για το 2003 ανήλθε σε 6 kg/έτος. Πολλαπλασιάζοντας τον συνολικό πληθυσμό της Κρήτης (601.159 κάτοικοι, ΕΣΥΕ 2001) με τον παραπάνω δείκτη προκύπτει ότι η συνολική παραγωγή τηγανελαιών ανέρχεται ετησίως σε 3.606 τόνους.

2.5.3 Εκτίμηση βασισμένη σε προηγούμενες μελέτες και προϋπάρχουσα εμπειρία

Το Ενεργειακό Κέντρο της Περιφέρειας Κρήτης, στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος ALTENER II, υπολόγισε τις ποσότητες των τηγανελαιών που είναι εφικτό να συλλέγουν στην Κρήτη. Οι συνολικές ποσότητες κυμαίνονται από 1370t/έτος σε 3220t/έτος, με πιθανότερη τιμή 1990t/έτος (50). Επισημάνθηκε επίσης, ότι το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς της αγοράς, καλύπτοντας όμως μόνο το 2% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου στο νησί για το έτος 2000 σε ενεργειακή βάση. Η παραπάνω εκτίμηση έγινε με βάση την συνολική κατανάλωση πετρελαίου (110.440,8 m³, (50)), την θερμογόνο δύναμη του βιοντίζελ και του πετρελαίου (14) και την πυκνότητα του βιοντίζελ (15).

Ωστόσο, ήδη στην Κρήτη δραστηριοποιούνται επιχειρηματίες στον τομέα της συλλογής των ΧΜΕ. Συγκεκριμένα, στον νομό Χανίων υφίστανται τρείς επιχειρήσεις συλλογής ΧΜΕ από τις οποίες ύστερα από τηλεφωνική επικοινωνία παραχωρήθηκαν τα δεδομένα συλλογής για το έτος 2007. Συνολικά, η ποσότητα που συλλέχθηκε για το 2007 στον νομό Χανίων ανήλθε 470t, ενώ ετήσια παραγωγή ΧΜΕ ανά εστιατόριο σύμφωνα με τους συλλογείς κυμαινόταν από 500kg έως 3.500kg με μέση τιμή 1.000kg. Όλες οι ποσότητες ΧΜΕ προωθήθηκαν για παραγωγή βιοκαυσίμου στην ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα με τιμή



διάθεσης από 450-550€/t ανάλογα με την ποιότητα (περιεχόμενη υγρασία και οξύτητα). Σημαντική παρατήρηση από όλους τους συλλογείς ήταν το υψηλό κόστος μεταφοράς (~150€/t) των ΧΜΕ από την Κρήτη στον Βόλο, όπου και βρίσκονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής της ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα. Επίσης, για δύο από τις επιχειρήσεις συλλογής το 2007 ήταν πρώτη χρονιά που ανέπτυξαν την συγκεκριμένη δραστηριότητα και προέβλεπαν ότι τα επόμενα χρόνια θα παρουσιάσουν αυξημένες ποσότητες συλλεχθέντων ΧΜΕ.

2.5.4 Συλλογή δεδομένων παραγωγής ΧΜΕ μέσω δειγματοληψίας

Στις προηγούμενες ενότητες έγινε αναφορά στην εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΧΜΕ στην Κρήτη, βάσει της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και εμπειρίας. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί εύκολα να προσεγγιστεί η τάξη μεγέθους της ετήσιας παραγωγής ΧΜΕ στην Κρήτη, ωστόσο η ορθότητα όσο και η ακρίβεια της εκτίμησης θεωρήθηκε σκόπιμο να επαληθευτεί με δειγματοληπτική έρευνα στην περιοχή της πόλης των Χανίων ώστε να προσεγγιστεί καλύτερα η πραγματικά παραγόμενη ποσότητα.

2.5.5 Έρευνα για την παραγωγή ΧΜΕ από εστιατόρια - Περιγραφή της δειγματοληπτικής μεθόδου συλλογής δεδομένων

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα Οκτώβριος-Δεκέμβριος 2008 και το δείγμα περιλάμβανε μόνο την κατηγορία εστιατόρια (όπως αυτή ορίζονται στον Πίνακα 10) καθώς η κατηγορία των καντινών και τροφοδοσιών με τρόφιμα προσφέρουν στην πλειονότητά του έτοιμα γεύματα και συνεπώς η παραγωγή ΧΜΕ είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή των εστιατορίων. Η επιλογή του δείγματος έγινε μέσα από την λίστα εστιατορίων που παραχωρήθηκε από το Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Χανίων με μηχανή τυχαίων αριθμών του λογισμικού MATLAB. Στην περίπτωση που η επιλεγμένη επιχείρηση δεν λειτουργούσε, τότε επιλεγόταν η πρώτη επιχείρηση από την λίστα σε κατιούσα φορά που βρισκόταν σε λειτουργία. Το μέγεθος του δείγματος αποφασίστηκε να είναι 10% των εστιατορίων που λειτουργούσαν στον Δήμο Χανίων εκείνη την περίοδο και αντιστοιχούσε σε 30 εστιατόρια. Η τρόπος συλλογής των δεδομένων ήταν η επιτόπου επίσκεψη και συνέντευξη του ιδιοκτήτη για την συμπλήρωση ερωτηματολογίου συλλογής δεδομένων, το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα.

Τα δεδομένα που ζητήθηκαν από τους ιδιοκτήτες των εστιατορίων ήταν τα παρακάτω:

- Παραγόμενη ποσότητα
- Είδος ελαίου
- Αντάλλαγμα για την συλλογή
- Μέγεθος εποχιακής διακύμανσης
- Τρόπος διαχείρισης

Επίσης, ζητήθηκε και η συμβουλή των επιχειρηματιών για αποτελεσματικότερη συλλογή δεδομένων καθώς και επιπλέον παρατηρήσεις ή προτάσεις.

Η συλλογή των δεδομένων, εκ πρώτης όψης, φαίνεται απλή, ωστόσο στην πράξη η επικοινωνία με τους ιδιοκτήτες είναι ιδιαίτερα δύσκολη καθώς ήταν εμφανέστατη η δυσπιστία και η καχυποψία έναντι των προθέσεων της έρευνας. Ειδικότερα, οι ιδιοκτήτες ήταν πολύ επιφυλακτικοί στο να απαντήσουν στις ερωτήσεις για το είδος και την ποσότητα των παραγόμενων ΧΜΕ, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οι προθέσεις των ιδιοκτητών μπορούν να χαρακτηριστούν έως και εχθρικές.

2.5.5.1 Αποτελέσματα της έρευνας

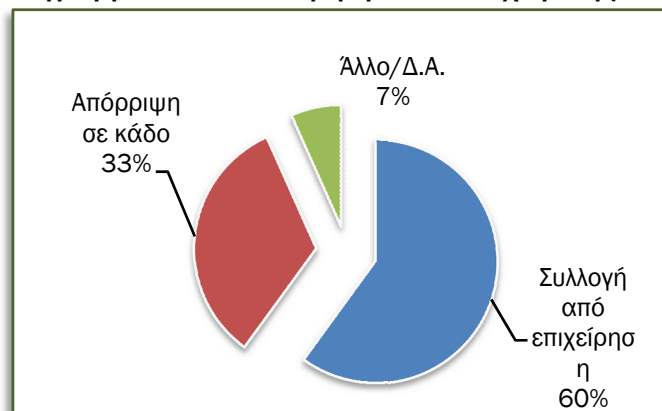
i. Μέση ετήσια παραγωγή ΧΜΕ ανά επιχείρηση

Η μέση ετήσια παραγωγή ΧΜΕ ανά εστιατόριο που προκύπτει από το σύνολο της παραγωγής από τα ερωτηθέντα εστιατόρια προς τον αριθμό τους είναι 1.125,2 kg, με μέγιστη παραγωγή 4,5 τόνους/έτος και ελάχιστη 0 τόνους/έτος.

ii. Τρόπος διαχείρισης των ΧΜΕ

Από τους ιδιοκτήτες ζητήθηκε ο τρόπος διαχείρισης των ελαίων μετά την χρήση τους. Η πλειονότητα του τα παρέχει σε συλλογείς ΧΜΕ χωρίς κάποιο αντάλλαγμα Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 12:

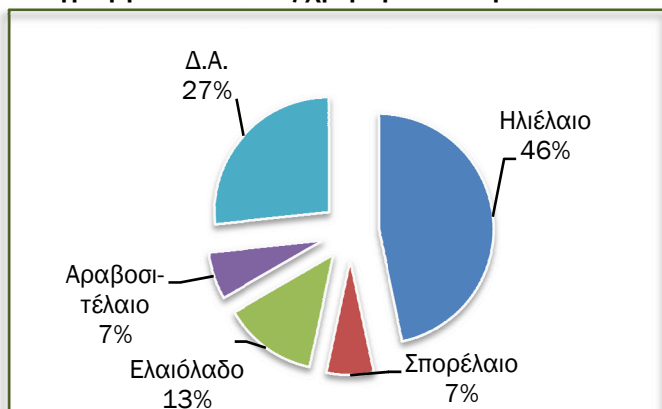
Διάγραμμα 12: Κατανομή τρόπου διαχείρισης ΧΜΕ



iii. Είδος ελαίου

Για το είδος του ελαίου από το οποίο προέρχονται τα ΧΜΕ, τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω Διάγραμμα 13:

Διάγραμμα 13: Είδος χρησιμοποιούμενου ελαίου

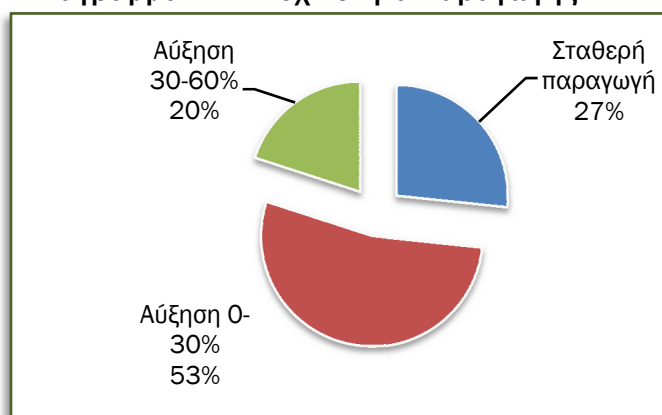


iv. Εποχικότητα παραγωγής ΧΜΕ

Η εποχικότητα της παραγωγής καθορίστηκε από την επί τοις εκατό (%) μεταβολή της παραγωγής ΧΜΕ μεταξύ χειμερινής και θερινής περιόδου, για εστιατόρια που λειτουργούν καθ' όλη την διάρκεια του έτους, και από την περίοδο λειτουργίας, για εστιατόρια με εποχιακή λειτουργία. Αναφορικά με την περίοδο λειτουργίας, οι επιχειρήσεις που παρουσίασαν εποχιακή λειτουργία αποτελούν το 26% του συνόλου και δραστηριοποιούνται κυρίως από τα μέσα Απριλίου έως και τις αρχές Οκτωβρίου με ακραίες τιμές τα μέσα Μαρτίου και το τέλος Οκτωβρίου, με σχεδόν σταθερή παραγωγή.

Η % μεταβολή των παραγόμενων ποσοτήτων ΧΜΕ μεταξύ των δύο περιόδων για τις υπόλοιπες επιχειρήσεις απεικονίζεται στο Διάγραμμα 14:

Διάγραμμα 14: Εποχικότητα παραγωγής ΧΜΕ



v. Επιπλέον παρατηρήσεις – προτάσεις

Καθ' όλη την διάρκεια της έρευνας, η απευθείας επαφή με τους ιδιοκτήτες είχε το πλεονέκτημα του διαλόγου και της δυνατότητας συλλογής και χρήσιμων απόψεων και συμβουλών από άτομα γνωρίζουν τον χώρο εκ των έσω. Οι πιο σημαντικές από αυτές ήταν:

- Τα ΧΜΕ αποτελούν ένα δύσλυτο πρόβλημα, ιδιαίτερα για τους επαγγελματίες του Παλιού Λιμένα των Χανίων. Η απουσία οποιασδήποτε ορθολογικής μεθόδου διαχείρισης οδηγεί σε υποβάθμιση της αισθητικής του χώρου, καθώς τα ΧΜΕ συσσωρεύονται κοντά σε κάδους απορριμμάτων δημιουργώντας οπτική όχληση και δυσάρεστες οσμές, ιδίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου ο συγκεκριμένος χώρος αποτελεί την «βιτρίνα» της πόλης.
- Η απευθείας απόρριψη ποσοτήτων ΧΜΕ στο αποχετευτικό δίκτυο δημιουργεί προβλήματα ή και διακοπές στην λειτουργία των αντλιών μεταφοράς των ακαθάρτων στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων με οικονομικές επιπτώσεις στην Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης του δήμου Χανίων (ΔΕΥΑΧ). Επίσης, αναφέρθηκε ότι κατά την διάρκεια της επισκευής των αντλητικών συγκροτημάτων, τα λύματα εκτρέπονται στο δίκτυο των όμβριων, καταλήγοντας ανεπεξέργαστα στην θάλασσα.

- Υπάρχει έντονος προβληματισμός σε μερίδα επαγγελματιών για το κατά πόσον οι επιχειρήσεις συλλογής ΧΜΕ προωθούν τα ΧΜΕ όντως προς την παραγωγή βιοντίζελ, καθώς υπάρχουν υπόνοιες για επανεισαγωγή τους στην διατροφική αλυσίδα ύστερα από ραφινάρισμά τους.
- Υπάρχει διάθεση για την ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ΧΜΕ με την δυνατότητα περιβαλλοντικής πιστοποίησης των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων

2.5.6 Έρευνα για την παραγωγή ΧΜΕ από ξενοδοχειακές μονάδες

Η εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΧΜΕ από της ξενοδοχειακές μονάδες με την μέθοδο της επίσκεψης και συνέντευξης για την συμπλήρωση ερωτηματολογίου ήταν αδύνατη κατά την περίοδο εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, η χρονική στιγμή ήταν ακατάλληλη, καθώς η πλειονότητα των ξενοδοχειακών μονάδων είχε αναστείλει την λειτουργία της για την χειμερινή περίοδο, όπως επίσης και η μακρινή απόσταση των συγκεκριμένων μονάδων από τα Χανιά δεν επιτρέπει την εύκολη μετάβαση. Έτσι, η εκτίμηση της παραγωγής ΧΜΕ των ξενοδοχειακών μονάδων της Κρήτης βασίστηκε εξ ολοκλήρου σε τηλεφωνική επικοινωνία με τον Σύνδεσμο Ξενοδόχων Κρήτης.

Η παραγωγή ΧΜΕ από τα ξενοδοχεία προέρχεται κυρίως από τις μονάδες 5 και 4 αστέρων, καθώς τα χαμηλότερης κατάταξης συγκροτήματα, στην πλειονότητά τους, δεν προσφέρουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες σίτισης των πελατών τους. Επισημάνθηκε, επίσης, πως αρκετά από τα συγκροτήματα 4 αστέρων δεν προσφέρουν ούτε αυτά υπηρεσίες σίτισης, χωρίς ωστόσο αυτή η διαφορά να μπορεί ποσοτικοποιηθεί από τον εκπρόσωπο του Συνδέσμου Ξενοδόχων Κρήτης.

Συνεπώς, για την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΧΜΕ, θεωρήθηκε ότι οι μονάδες 5 αστέρων έχουν ετήσια παραγωγή ΧΜΕ ίση με αυτή ενός εστιατορίου με περίοδο λειτουργίας από αρχές Μαΐου έως τέλη Σεπτεμβρίου. Για τις μονάδες 4 αστέρων θεωρήθηκε ότι έχουν ετήσια παραγωγή ΧΜΕ ίση με το ήμισυ της παραγωγής ενός εστιατορίου, με περίοδο λειτουργίας ίδια με αυτή των μονάδων 5 αστέρων. Τέλος, η παραγωγή ΧΜΕ από τις μονάδες χαμηλότερης κατάταξης, αγνοήθηκε αφού ο εκπρόσωπος του Συνδέσμου Ξενοδόχων Κρήτης υποστήριξε ότι η παραγόμενη ποσότητα των συγκεκριμένων μονάδων θα είναι αμελητέα σε σχέση με την παραγωγή των μονάδων 4 και 5 αστέρων.

2.5.7 Εκτίμηση συνολικού δυναμικού ΧΜΕ βάσει της έρευνας

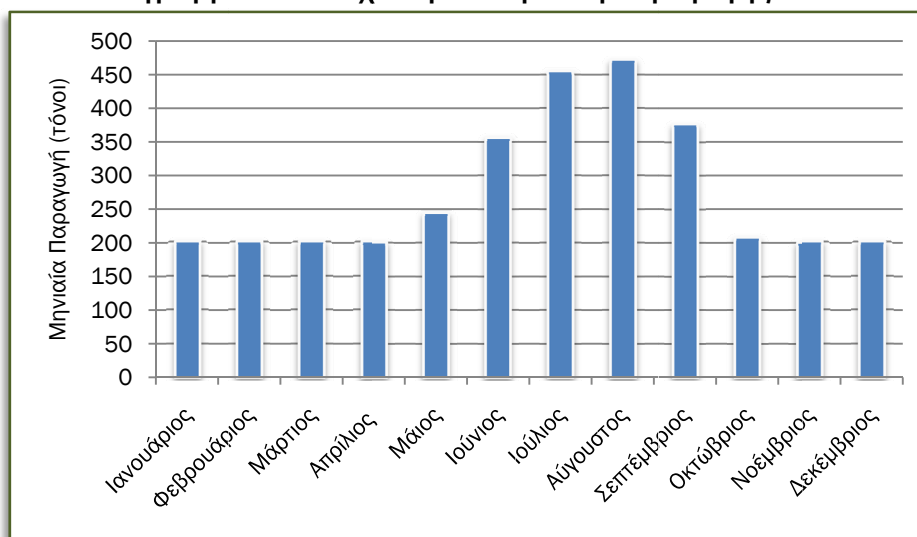
Από τα δεδομένα που συλλέχτηκαν υπολογίστηκε αρχικά η συνολική παραγωγή ΧΜΕ ανά νομό και κατά ομάδα επιχειρήσεων με τις προαναφερθέντες παραδοχές για τον τομέα των ξενοδοχειακών μονάδων. Ο Πίνακας 14 που ακολουθεί περιλαμβάνει συνοπτικά τα αποτελέσματα:



Πίνακας 14: Συνολικό δυναμικό ΧΜΕ ανά κατηγορία προέλευσης και νομό(τ)

Νομός	ΧΜΕ από εστιατόρια	ΧΜΕ από ξενοδοχεία		Συνολικά ΧΜΕ
		5*****	4****	
Ηρακλείου	1.156	21	60	1.237
Λασιθίου	609	18	16	643
Ρεθύμνης	519	7	23	548
Χανίων	862	8	23	892
Σύνολο	3.145	54	122	3.320

Η εποχιακή διακύμανση, σύμφωνα με την αναλογία χειμερινής-καλοκαιρινή περιόδου αλλά και της διακύμανσης των επισκεπτών της Κρήτης ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες μπορεί να υπερδιπλασιάσει τις μηνιαίες παραγόμενες ποσότητες ΧΜΕ, όπως απεικονίζονται στο Διάγραμμα 15.

Διάγραμμα 15: Εποχιακή διακύμανση παραγωγής ΧΜΕ

Περιστασιακές διακυμάνσεις στην παραγωγή ΧΜΕ αναμένονται επίσης κατά την περίοδο των Χριστουγέννων, του Πάσχα και των σαββατοκύριακων. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες δεν επηρεάζουν σημαντικά την μηνιαία παραγωγή ΧΜΕ ώστε να είναι δυνατό να αποτυπωθούν στο Διάγραμμα.

2.5.8 Σύγκριση αποτελεσμάτων έρευνας με βιβλιογραφικά αποτελέσματα

Συνοψίζοντας, παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα για το δυναμικό παραγωγής ΧΜΕ στην Κρήτη από τις διάφορες βιβλιογραφικές πηγές και μεθόδους με τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξάχθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Ο Πίνακας 15 περιέχει τα εκτιμώμενο δυναμικό ΧΜΕ από εστιατόρια που προέκυψε για κάθε μέθοδο, βάσει των στατιστικών δεδομένων.

Πίνακας 15: Εκτιμώμενο δυναμικό ΧΜΕ ανά μέθοδο προσέγγισης

Εκτίμηση βάσει:	t/έτος
- του πληθυσμού	2.417
- του αριθμού των επιχειρήσεων	7.946
- της κατανάλωσης τηγανελαιίων ανά κάτοικο	3.606
- προηγούμενων μελετών	1.990
- των επιχειρήσεων συλλογής ΧΜΕ	2.795
Αποτέλεσμα έρευνας	3.320

Είναι φανερό, ότι η μεθοδολογία υπολογισμού του δυναμικού των ΧΜΕ για τα εστιατόρια βάσει του αριθμού των επιχειρήσεων έχει μεγάλη απόκλιση από τις υπόλοιπες μεθόδους υπολογισμού και ως εκ τούτου δεν θα θεωρηθεί έγκυρη. Η απόκλιση αυτή δικαιολογείται από τις διαφορετικές διατροφικές συνήθειες μεταξύ Βορείου Αμερικής και Κρήτης, καθώς στην κρητική διατροφή απουσιάζουν η υψηλές καταναλώσεις τηγανισμένων τροφών. Επίσης, η συγκεκριμένη διαφορά μπορεί να αποτελεί και κριτήριο υπευθυνότητας και προσφερόμενης ποιότητας των επιχειρήσεων εστίασης, καθώς υποδηλώνει ότι στην Βόρεια Αμερική οι ιδιοκτήτες αντικαθιστούν τα έλαια τηγανίσματος τακτικότερα από ότι στην Κρήτη. Κατά την διάρκεια της έρευνας, υπήρξαν ακραίες περιπτώσεις εστιατορίων, στα οποία το έλαιο τηγανίσματος δεν αντικαθιστούταν ποτέ, απλά περιοδικά προσθετόταν φρέσκο λάδι ώστε να ισοσταθμιστούν οι απώλειες από την απορρόφηση στο τηγανιζόμενο τρόφιμο.

Επίσης, το δείγμα των εστιατορίων που εξετάστηκε στα πλαίσια της έρευνας αφορούσε μόνο εστιατόρια στην περιοχή του δήμου Χανίων. Το συγκεκριμένο δείγμα δεν μπορεί να αντιπροσωπεύσει απόλυτα την συνολική κατηγορία των εστιατορίων της Κρήτης, καθώς η πλειονότητα των εστιατορίων που βρίσκονται εκτός των ορίων των αστικών περιοχών ή σε περιοχές υψηλής τουριστικής κίνησης κατά τους θερινούς μήνες, το χειμώνα υπολειπούνται ή διακόπτουν την λειτουργία τους.

Η συνολικά παραγόμενη ποσότητα ΧΜΕ για την Κρήτη από τα εστιατόρια υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των υπολοίπων μεθόδων υπολογισμού και ανέρχεται ετησίως σε 2.790 t.

Αναφορικά με την εκτίμηση της παραγωγή ΧΜΕ από τον ξενοδοχειακό τομέα, απουσιάζει σχετική βιβλιογραφία, επομένως σαν ετήσια παραγωγή ΧΜΕ θεωρείται η υπολογισμένη παραγωγή από την έρευνα. Η συγκεκριμένη παραγωγή ανέρχεται σε 176 t/έτος.

2.5.9 Συμπεράσματα για την παραγωγή ΧΜΕ στην Κρήτη

Η επισκόπηση των επιμέρους μεθόδων υπολογισμού των διαθεσίμων ποσοτήτων ΧΜΕ υποδεικνύουν συγκρίσιμες τιμές με τις τιμή που προέκυψε από την έρευνα για την καταγραφή των ποσοτήτων στην ευρύτερη περιοχή του δήμου Χανίων. Η συνολικά εκτιμώμενη παραγωγή ΧΜΕ από εστιατόρια και ξενοδοχεία ανέρχεται σε 2.966t ανά έτος.



Δείκτες παραγωγικότητας ΧΜΕ που προέκυψαν από την έρευνα είναι η παραγωγή ΧΜΕ ανά εστιατόριο ανά έτος (998 kg) και η κατά κεφαλή παραγωγή ΧΜΕ ανά έτος στην Κρήτη (4,93 kg – πληθυσμός Κρήτης: 601.159 κάτοικοι, ΕΣΥΕ 2001).

2.6 Εκτίμηση παραγόμενων ποσοτήτων λιπαρών αποβλήτων από τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων

Στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται η παραγωγή βιοντίζελ από τα έλαια που περιέχονται κυρίως στην αρχική επεξεργασία των ακαθάρτων (51). Συγκεκριμένα, στην διεργασία της απομάκρυνσης των ελαιωδών, η οποία συνήθως πραγματοποιείται με υπερχειλίση σε δεξαμενές όπου το λύμα βρίσκεται σε ηρεμία, τα λίπη λόγω της χαμηλότερης πυκνότητας επιπλέουν και απομακρύνονται με την βοήθεια κατάλληλου ξέστρου.

Στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (ΕΕΑΛ) του δήμου Χανίων η απολίπανση πραγματοποιείται πριν την δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Σε επίσκεψη που πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2008, ζητήθηκαν στοιχεία σχετικά με την περιεκτικότητα των λυμάτων σε λίπη.

Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία από μετρήσεις, ζητήθηκε η επίσκεψη στον χώρο του απολιπαντή για απευθείας αξιολόγηση του δυναμικού. Η γενική εκτίμηση που προέκυψε ήταν ότι το δυναμικό είναι πολύ χαμηλό (40 kg/ημέρα) ενώ η ποιότητα του το καθιστά οικονομικά ασύμφορο για περαιτέρω αξιοποίησή ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Τα λίπη εξάγονται από τον απολιπαντή σε μορφή γαλακτωμάτων μαζί με άλλα επιπλέοντα σωματίδια, οργανικής ή και ανόργανης προέλευσης. Οι φωτογραφίες (Εικόνα 2) που ακολουθούν επιβεβαιώνουν τα παραπάνω.

Εικόνα 2: Η εγκαταστάσεις απολίπανσης και το ανακτημένο λίπος στην ΕΕΑΛ Χανίων



Η τελική διάθεση των επιπλεόντων σωματιδίων γίνεται στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων μαζί με τα υπόλοιπα στερεά απορρίμματα της ΕΕΑΛ. Συνολικά, σε επίπεδο Κρήτης, θα θεωρηθεί ότι η ποσότητα των λιπαρών αποβλήτων των ΕΕΑΛ είναι αμελητέα και δεν θα ληφθεί υπ' όψιν για την παραγωγή βιοντίζελ.

2.7 Εκτίμηση παραγόμενων ποσοτήτων λιπαρών αποβλήτων τα ζωικά απόβλητα των σφαγείων

2.7.1 Εισαγωγή

Μεγάλο μερίδιο της κρητικής γεωργικής παραγωγής αποτελεί η κτηνοτροφία τόσο σε οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες, όσο και σε κοπάδια ελεύθερης βοσκής. Το κύριο προϊόν αυτού του τομέα που μπορεί δυνητικά να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντίζελ είναι τα ζωικά λίπη που προκύπτουν από τα στερεά απόβλητα των σφαγείων. Στο παρόν κεφάλαιο της μελέτης αναλύεται συνοπτικά μια καινοτόμος μέθοδος αξιοποίησης αυτών των αποβλήτων και εκτιμάται το τοπικό δυναμικό παραγωγής ζωικών λιπών.

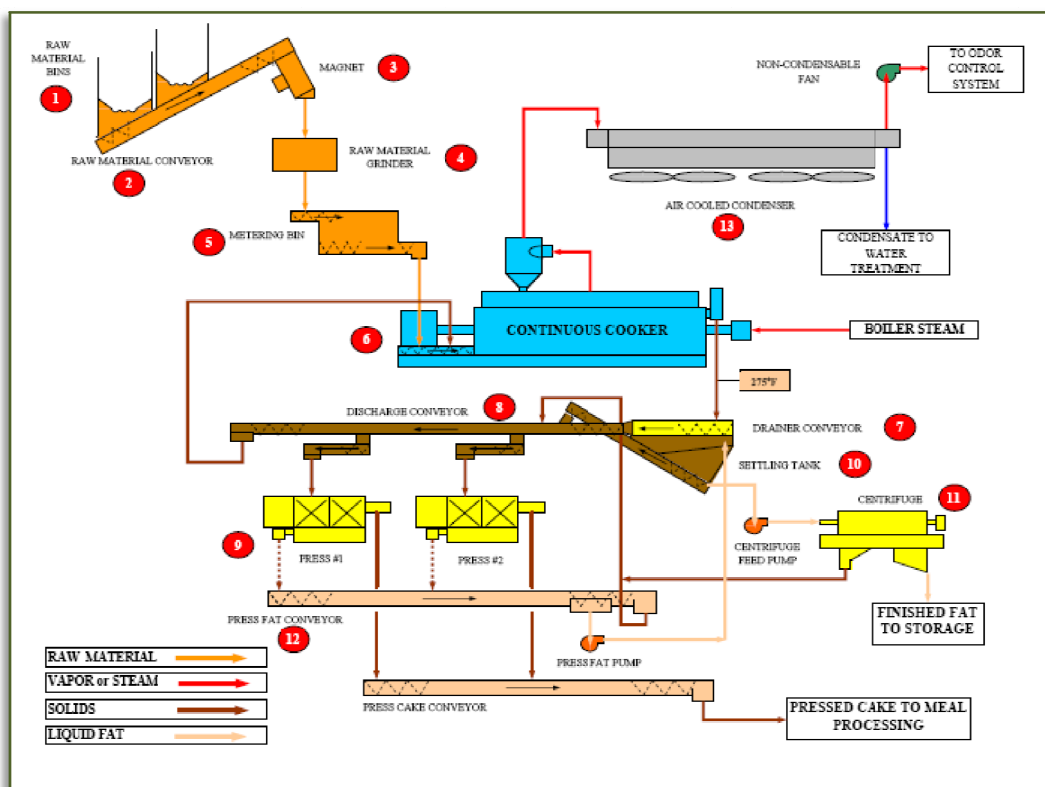
2.7.2 Η μέθοδος αδρανοποίησης στερεών αποβλήτων σφαγείων rendering

Η μέθοδος αδρανοποίησης ζωικών στερεών αποβλήτων rendering αποτελεί μια ώριμη τεχνολογία που εφαρμόζεται για πολλά χρόνια στο εξωτερικό (κυρίως στις ΗΠΑ και Ηνωμένο Βασίλειο), δημιουργώντας πρόσθετη αξία σε παραπροϊόντα σφαγείων, τα οποία, διαφορετικά, θα παρουσίαζαν δυσκολίες ως προς τον τρόπο τελικής διάθεσης. Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η πλήρης βιολογική απενεργοποίηση του αποβλήτου καθώς και η παραγωγή τελικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία ζωοτροφών.

Η μέθοδος rendering, όπως περιγράφεται από τον Αμερικανικό Σύνδεσμο Επιχειρήσεων Rendering (52), περιλαμβάνει την υγειονομική μεταφορά και υποδοχή των αποβλήτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, όπου το απόβλητο τεμαχίζεται σε μύλο άλεσης και κατόπιν θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία (115 C – 145 C) για χρονικό διάστημα 40-90 λεπτών. Ύστερα, το τετηγμένο ζωικό λίπος διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα στερεά (κυρίως πρωτεΐνες και αλεσμένα οστά) με πρέσες και αποθηκεύεται. Σχηματικά, η διεργασία φαίνεται στην Εικόνα 3:



Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής της μεθόδου rendering



Πηγή: National Renderers Association

2.7.3 Η διαχείριση των στερεών ζωικών αποβλήτων στα Χανιά

Η διαχείριση των στερεών ζωικών αποβλήτων από τα σφαγεία αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα τόσο για τον νομό Χανίων, όσο και για την υπόλοιπη Κρήτη. Στην Κρήτη δεν υπάρχει μονάδα συλλογής και επεξεργασίας αυτών των αποβλήτων, με αποτέλεσμα τα στερεά απόβλητα να συλλέγονται και να αποστέλλονται για περεταίρω επεξεργασία στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

Πρόσφατα, στον νομό Χανίων τα δημοτικά σφαγεία Χανίων είχαν διακόψει την λειτουργία τους λόγω καταγγελιών για την παράνομη διαχείριση των στερεών αποβλήτων τους. Συγκεκριμένα, η δημοτική αρχή της πόλης των Χανίων ανέστειλε προσωρινά στις 15 Σεπτεμβρίου 2008 την λειτουργία των σφαγείων έως ότου δινόταν κάποια λύση στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων των σφαγείων (53). Τελικά στις 19 Σεπτεμβρίου 2008 τα σφαγεία επαναλειτούργησαν (54), αφού εξασφαλίστηκε η μεταφορά των αποβλήτων σε ειδικευμένη επιχείρηση επεξεργασίας ζωικών αποβλήτων εκτός Κρήτης. Από τον δήμο υποστηρίζουν ότι μέχρι πρότινος τα στερεά απόβλητα συλλέγονταν σε χώρο των σφαγείων και οδηγούνταν παρανόμως για ταφή σε χώρους των γειτνιαζόντων δήμων, παραβαίνοντας τον Ευρωπαϊκό κανονισμό 1774/2002 για την διαχείριση των υποπροϊόντων σφαγείων.

2.7.4 Η ζωική παραγωγή στην Κρήτη

Η κρητική κτηνοτροφική παραγωγή εντοπίζεται κυρίως με εκτατικό χαρακτήρα, με μικρό αριθμό οργανωμένων κτηνοτροφικών μονάδων. Πλεονέκτημα της χωρικά διεσπαρμένης κτηνοτροφίας είναι η παραγωγή κρέατος υψηλότερης διατροφικής ποιότητας καθώς και η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής κρέατος καταναλώνεται εντός της Κρήτης, ωστόσο, μέρος της ζωικής παραγωγής προωθείται στην ηπειρωτική Ελλάδα για σφαγή και κατανάλωση. Η ετήσια παραγωγή κρέατος για το έτος 2006 στην Κρήτη παραθέτεται στον Πίνακα 16:

Πίνακας 16: Η παραγωγή κρέατος στην Κρήτη για το έτος 2006 (t)

Νομός	Βοδινό	Πρόβειο	Αίγιο	Χοιρινό	Πουλερικών
Χανίων	41	3.355	1.646	541	1.290
Ηρακλείου	212	5.017	2.165	1.668	2.303
Λασιθίου	77	1.203	1.361	432	670
Ρεθύμνης	99	5.560	1.896	4.754	1.005
Σύνολο	430	15.134	7.067	7.395	5.268

Πηγή: ΕΣΥΕ, 2009

Ο πίνακας 16 περιέχει τις ωφέλιμες ποσότητες κρέατος που προωθήθηκαν προς διάθεση στο καταναλωτικό κοινό και αφορά μόνο σφαγιασθέντα ζώα εντός της περιφέρειας Κρήτης.

2.7.5 Εκτίμηση του δυναμικού ζωικών λιπών στην Κρήτη

Έως σήμερα στην Κρήτη απουσιάζει η παραγωγή ζωικών λιπών από τα ζωικά στερεά απόβλητα. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης υπολογίζεται το δυνητικό δυναμικό παραγωγής ζωικών λιπών βάσει της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για κάθε κτηνοτροφικό είδος.

Σύμφωνα με τον Αμερικάνικο Σύνδεσμο Επιχειρήσεων Rendering, η ποσότητα της κτηνοτροφικής παραγωγής που προωθείται στην αγορά αντιστοιχεί περίπου στο ήμισυ του βάρους του ζώου πριν την σφαγή. Νέες τεχνολογίες συσκευασίας και τυποποίησης κρέατος μπορεί να αυξήσουν την παραγωγή στερεών ζωικών αποβλήτων που θα πρέπει να διαχειριστούν με την μέθοδο rendering. Αναλυτικά, για κάθε κατηγορία σφαγίου, το ποσοστό βρώσιμου και μη βρώσιμου βάρους φαίνεται στον Πίνακα 17 (55):

Πίνακας 17: Ποσοστό (%) βρώσιμου - μη βρώσιμου βάρους ανά είδος σφαγίου

	Βρώσιμο	Μη βρώσιμο
Βοοειδή	51	49
Χοιρινά	56	44
Πουλερικά	63	37



Για το ποσοστό βάρους των ζώντων αιγοπροβάτων, το οποίο δεν προωθείται για ανθρώπινη κατανάλωση, απουσιάζουν επίσημες αναφορές στην βιβλιογραφία. Για λόγους πληρότητας της μελέτης έπρεπε να θεωρηθεί ένας συντηρητικός συντελεστής της παραγωγής στερεών ζωικών αποβλήτων από την συγκεκριμένη ζωική κατηγορία. Έτσι, στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε ότι το βάρος των αιγοπροβάτων το οποίο δεν προωθείται για ανθρώπινη κατανάλωση αντιστοιχεί στο 40% του συνολικού βάρους του ζώντος ζώου.

Ο διαχωρισμός του λίπους από τα στερεά απόβλητα, σύμφωνα με εργαστηριακές μελέτες (56) (14) (15), μπορεί να αποφέρει έως και 15% του βάρους των στερεών αποβλήτων. Στην παρούσα μελέτη, θεωρείται ότι η απόδοση παραγωγής λίπους από τα στερεά ζωικά λίπη είναι 80% συνεπώς η παραγωγή λίπους είναι 12% του αρχικού βάρους των ζωικών αποβλήτων. Η συνολική παραγωγή ζωικών αποβλήτων και λίπους ανά νομό και κατηγορία ζώου περιέχονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Παραγωγή λίπους από ζωικά απόβλητα (τι/έτος)

Νομός	Βοοειδή	Πρόβατα	Αίγοι	Χοιρινό	Πουλερικά	Σύνολο
Ηρακλείου	24	401	173	157	162	918
Λασιθίου	8	96	108	40	47	301
Ρεθύμνης	11	444	151	448	70	1.127
Χανίων	4	268	131	51	90	546
Σύνολο	49	1.210	565	697	371	2.894

Συνολικά, οι εγκαταστάσεις σφαγείων που υπάρχουν στην Κρήτη είναι 8. Στον νομό Ηρακλείου υφίστανται 4 εγκαταστάσεις (3 εκ των οποίων στη περιοχή της Μεσαράς), 2 εγκαταστάσεις στον νομό Λασιθίου (με πρόσφατα κατασκευασμένα τα σφαγεία του Δήμου Νεάπολης) και από μια εγκατάσταση στους νομούς Ρεθύμνης και Χανίων.

2.7.6 Συμπεράσματα για την παραγωγή ζωικών λιπών στην Κρήτη

Η παραγωγή 2.894 τόνων λίπους από τα στερεά απόβλητα των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων μπορεί να αποτελέσει μια ικανοποιητική πηγή πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοντίζελ, ωστόσο ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ορθή ανάπτυξη και οργάνωση του συστήματος διαχείρισης. Συγκεκριμένα, η προσωρινή αποθήκευση και η μεταφορά των αποβλήτων στην μονάδα διαχείρισης απαιτεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις υγιεινής και ασφάλειας, ώστε να αποφευχθούν επιπτώσεις στην δημόσια υγεία. Επίσης, οι ελεγκτικοί μηχανισμοί της πολιτείας θα πρέπει να παρακολουθούν τις χρήσεις των παραγόμενων προϊόντων καθώς αυτά θα πρέπει αυστηρώς να προορίζονται για ζωοτροφές και όχι για ανθρώπινη κατανάλωση.

Παράλληλα, η χρήση ζωικών λιπών ως πρώτη ύλη στην παραγωγή βιοντίζελ θα συνεισφέρει στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στο νησί και θα αποτελέσει λύση για την διάθεση των ζωικών λιπών καθώς η επανεισαγωγή τους στην τροφική αλυσίδα μπορεί να περιλαμβάνει αυξημένους κινδύνους βιοσυσσώρευσης οργανικών τοξικών ουσιών(π.χ. DDT), που δεν απομακρύνονται από το λίπος κατά την διάρκεια της

διεργασίας rendering. Ωστόσο, η χρήση ζωικών λιπών απαιτεί διαφοροποίηση της παραγωγικής διεργασίας του βιοντίζελ, λόγω των ποιοτικών χαρακτηριστικών της (οξύτητα, αριθμός ιωδίου και προφίλ λιπαρών οξέων), για την παραγωγή βιοντίζελ εντός των θεσπισμένων ποιοτικών προδιαγραφών. Αυτή η ικανότητα προσαρμογής της παραγωγικής διεργασίας σε διαφορετικές πρώτες ύλες αυξάνει το κόστος εγκατάστασης μια μονάδας παραγωγής βιοντίζελ. Αναλυτική περιγραφή των μετατροπών και του κόστους της εγκατάστασης δίνονται στο κεφάλαιο 3.

2.8 Συνολικές ποσότητες λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη

Το συνολικό δυναμικό λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη από τις κυριότερες πηγές παραγωγής σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, ανέρχεται σε 5.860 t/έτος (Πίνακας 19). Θα πρέπει ωστόσο να γίνει κατανοητό, ότι αυτή η ποσότητα είναι η θεωρητικά δεκάσιμη ποσότητα και όχι η ποσότητα που μπορεί να συλλεχθεί από ένα δίκτυο συλλογής, κυρίως λόγω της γεωγραφικής κατανομής των πηγών παραγωγής.

Πίνακας 19: Συνολικές ποσότητες λιπαρών αποβλήτων στην Κρήτη

Πρώτη ύλη	Εκτιμώμενη ποσότητα (t/έτος)	Χρονολογία εκτίμησης
ΧΜΕ από εστιατόρια	2.790	2008
ΧΜΕ από ξενοδοχεία	176	2008
Ζωικά λίπη	2.894	2005

2.9 Διαθεσιμότητα χημικών αντιδρώντων

2.9.1 Μεθανόλη

Η μεθανόλη αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη αλκοόλη για την παραγωγή βιοντίζελ, κυρίως λόγω της χαμηλότερης τιμής αγοράς έναντι των υπολοίπων αλκοολών. Η αιθανόλη έχει επίσης χρησιμοποιηθεί πιλοτικά για την παραγωγή βιοντίζελ ωστόσο τεχνικοί περιορισμοί, όπως η υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό και υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση στην διεργασία παραγωγής, καθιστούν την μεθανόλη ως την καταλληλότερη αλκοόλη για την εστεροποίηση των ελαίων.

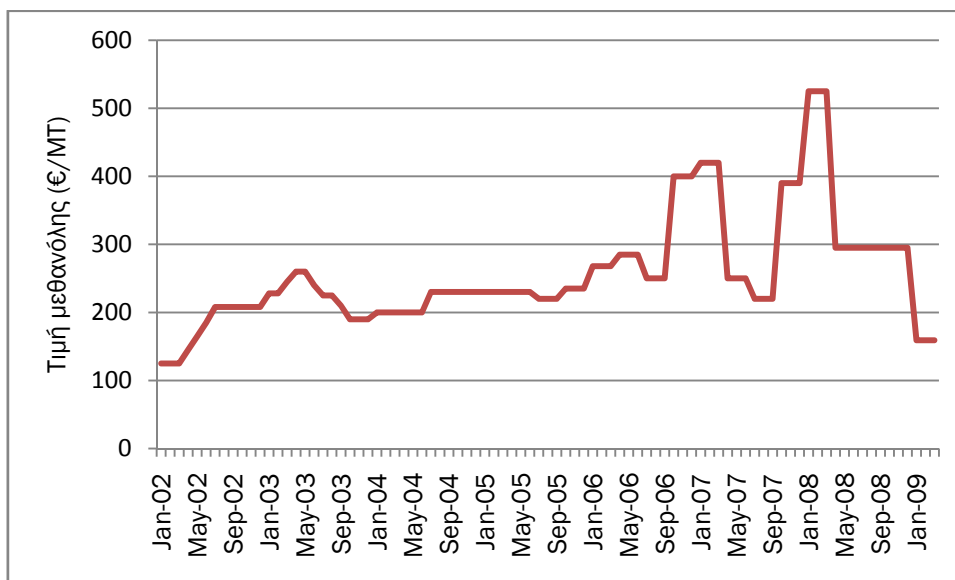
Η μεθανόλη έχει χημικό τύπο CH_3OH και αποτελεί την κατώτερη αλκοόλη. Είναι άχρωμη, πτητική, εύφλεκτη με οσμή παρόμοια της αιθανόλης και χρησιμοποιείται κυρίως ως διαλύτης και αντιψυκτικό. Η βιομηχανική παραγωγή της μεθανόλης προέρχεται από τον μετασχηματισμό υδρογονανθράκων από το φυσικό αέριο, ωστόσο πλέον η μεθανόλη μπορεί να παραχθεί και βιοχημικά από κυτταρινούχα βιομάζα (57), (58). Λόγω της ευφλεξιμότητάς, της τοξικότητάς και της πτητικότητάς της, η μεθανόλη πρέπει να αποθηκεύεται και να διακινείται με όρους ασφαλείας βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με την οποία έχει εναρμονιστεί και η Εθνική νομοθεσία.

2.9.1.1 Τιμή αγοράς



Για τον προσδιορισμό της τρέχουσας τιμής αγοράς της μεθανόλης και την διακύμανση της τα τελευταία επτά χρόνια, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της εταιρίας εμπορίας μεθανόλης Methanex (Διάγραμμα 16), τα οποία υπάρχουν στο διαδίκτυο (59).

Διάγραμμα 16: Διακύμανση της τιμής της μεθανόλης (2002-2009)



Τον Φεβρουάριο του 2009 η τιμή αγοράς της μεθανόλης ήταν 159€/t ή 0,125 €/L.

2.9.1.2 Απαιτούμενη ποσότητα μεθανόλης

Η βέλτιστη αναλογία μεθανόλης-ελαίου για την παραγωγή βιοντίζελ εξαρτάται από το είδος και την ποιότητα της πρώτης ύλης. Η στοιχειομετρία της αντίδρασης απαιτεί τρία mole μεθανόλης για να αντιδράσει ένα mole ελαίου. Για μετακινηθεί η ισορροπία της αντίδρασης προς όφελος της παραγωγής μεθυλεστέρων, χρησιμοποιείται περίσσεια μεθανόλης, η οποία μετά την ολοκλήρωση της διεργασίας μπορεί να επανακτηθεί. Σε περίπτωση επεξεργασίας ελαίων υψηλής οξύτητας, η περίσσεια της μεθανόλης που χρησιμοποιείται είναι υψηλότερη, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα. Γενικά, η συνολική ποσότητα μεθανόλης που αντιδρά αντιστοιχεί σε περίπου 10% του βάρους του ελαίου, ενώ η περίσσεια ανακτάται με το πέρας της αντίδρασης.

2.9.1.3 Υπόλοιπα χημικά

Για την αντίδραση της όξινης εστεροποίησης σαν καταλύτης χρησιμοποιείται είτε το καυστικό νάτριο (NaOH) είτε το καυστικό κάλιο (KOH). Ωστόσο, η χρήση βασικού καταλύτη σε πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα θα οδηγούσε στην δημιουργία σαπώνων, νερού και απενεργοποίηση του καταλύτη. Συνεπώς, για πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα χρησιμοποιείται κυρίως η όξινη αντίδραση και σαν καταλύτης το θειικό οξύ (H_2SO_4).

Στην περίπτωση χρήσης λιπαρών αποβλήτων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ, η μεθοδολογία που κυριαρχεί είναι η εστεροποίηση δύο βημάτων (14), (60). Στο πρώτο βήμα πραγματοποιείται η όξινη εστεροποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων, ενώ στην συνέχεια στο δεύτερο βήμα πραγματοποιείται η μετεστεροποίηση των τρι-, δι- και μονογλυκεριδίων με βασικό καταλύτη. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να μετατρέψει σε βιοντίζελ έλαια και λίπη οποιασδήποτε οξύτητας, καθιστώντας δυνατή την χρήση αποβλήτων χαμηλής ποιότητας ως πρώτη ύλη.

Μετά το πέρας της διεργασίας, το παραγμένο βιοντίζελ εξουδετερώνεται με θειικό ή φωσφορικό οξύ ώστε το pH του να είναι ουδέτερο και να μην είναι ισχυρά διαβρωτικό. Τον Φεβρουάριο του 2009, η τιμή κάθε χημικού προϊόντος απαιτείται φαίνεται στον Πίνακα 20:

Πίνακας 20: Τιμές αγοράς χημικών προϊόντων για την παραγωγή βιοντίζελ

Χημικό είδος	Τιμή χονδρικής
Θειικό οξύ (93,2%)	1,43 €/L
Φωσφορικό οξύ (75%)	7,01 €/L
Καυστικό νάτριο (99%-στερεή μορφή)	2,05 €/kg
Καυστικό κάλιο (90%-στερεή μορφή)	2,93 €/kg

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές και υπόκεινται σε συχνές διακυμάνσεις, ανάλογα με την τάση της αγοράς.

2.10 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο εκτιμήθηκε η συνολική ποσότητα λιπαρών αποβλήτων κατάλληλων για την βιώσιμη παραγωγή βιοντίζελ. Επίσης, αναφέρθηκαν οι υπόλοιπες χημικές ουσίες που απαιτούνται για την παραγωγή του βιοκαυσίμου με τις αντίστοιχες τιμές πώλησης. Συμπερασματικά, μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Στην Κρήτη το συνολικά διαθέσιμο δυναμικό λιπαρών αποβλήτων είναι 5.860 τόνους/έτος, 51% του οποίου προέρχεται από στερεά απόβλητα σφαγείων και το υπόλοιπο από ΧΜΕ εστιατορίων και ξενοδοχείων
- Η συνολική παραγωγή λιπαρών αποβλήτων είναι επαρκής για να τροφοδοτήσει μια μεσαίου μεγέθους μονάδα παραγωγής βιοντίζελ εγκατεστημένη στην Κρήτη
- Υπάρχει η ανάγκη συντονισμένης παρακολούθησης και καταγραφής των πηγών παραγωγής ΧΜΕ ώστε να γίνει ακριβέστερη προσέγγιση και γεωγραφική κατανομή των παραγόμενων ποσοτήτων
- Η αξιοποίηση των ζωικών λιπών προς την παραγωγή βιοντίζελ μπορεί να προσφέρει μια αειφόρο λύση στην διαχείριση των στερεών ζωικών αποβλήτων
- Η αγορά των χρησιμοποιούμενων χημικών ουσιών είναι ώριμη και τα απαιτούμενα χημικά είναι εύκολο να βρεθούν στην αγορά



- Απαιτείται η συνεργασία των επιχειρήσεων εστίασης για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης ως προς τον τρόπο διαχείρισης των ΧΜΕ

3. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

3.1 Σκοπός κεφαλαίου

Το κεφάλαιο 3 της μελέτης σκοπεύει να παραθέσει συνοπτικά την υπάρχουσα τεχνογνωσία για τον σχεδιασμό βιομηχανικών μονάδων παραγωγής βιοντίζελ και στην συνέχεια να αξιολογήσει τεχνικά και οικονομικά την εγκατάσταση μονάδας στην Κρήτη.

3.2 Περιγραφή επιμέρους διεργασιών

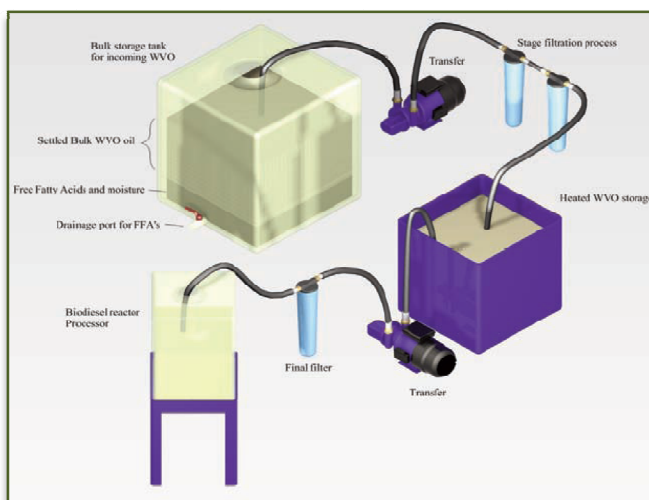
3.2.1 Προεπεξεργασία πρώτης ύλης

Η διαθέσιμη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα παρόλο που έχει το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους αγοράς, χαρακτηρίζεται από χαμηλή ποιότητα. Η προτεινόμενη διεργασία παραγωγής θα πρέπει να έχει την δυνατότητα επεξεργασίας πρώτων υλών διαφορετικής σύστασης, ώστε να μπορεί απρόσκοπτα να λειτουργεί με τροφοδοσία από τις συγκεκριμένες πρώτες ύλες. Εν αντιθέσει με τις συμβατικές μονάδες βιοντίζελ που επεξεργάζονται ραφινάρισμα φυτικά έλαια υψηλής ποιότητας, οι μονάδες πολλαπλών πρώτων υλών απαιτούν προεπεξεργασία των ελαίων ώστε να διασφαλίσουν τις ελάχιστες ποιοτικές παραμέτρους της πρώτης ύλης. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Καθίζηση
- Διήθηση
- Απομάκρυνση της υγρασίας
- Μείωση της συγκέντρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων

Η καθίζηση πραγματοποιείται στην δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης του ελαίου στον χώρο παραλαβής της μονάδας. Συστατικά υψηλότερης πυκνότητας από αυτή του ελαίου (υγρασία, ελεύθερα λιπαρά οξέα, σωματίδια), καθιζάνουν και μπορούν να απομακρυνθούν από τον πάτο της δεξαμενής. Κατά την φάση της διήθησης, από την

Εικόνα 4: Τα στάδια προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης

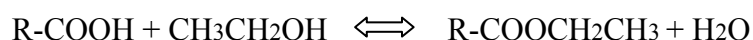


Πηγή: Hydrotechnik Company, U.K.

εισερχόμενη πρώτη ύλη απομακρύνονται στερεά σωματίδια μικρής διαμέτρου (συνήθως υπολείμματα τροφών), που δεν απομακρύνθηκαν στην δεξαμενή λόγω του μικρού χρόνου παραμονής ή λόγω της πολύ μικρής διαμέτρου τους. Στην συνέχεια η πρώτη ύλη θερμαίνεται σε θερμοκρασία υψηλότερη των 100 °C ώστε να απομακρυνθεί η παραμένουσα υγρασία στο έλαιο. Οι τρεις πρώτες φάσεις προεπεξεργασίας απεικονίζονται στην Εικόνα 4.

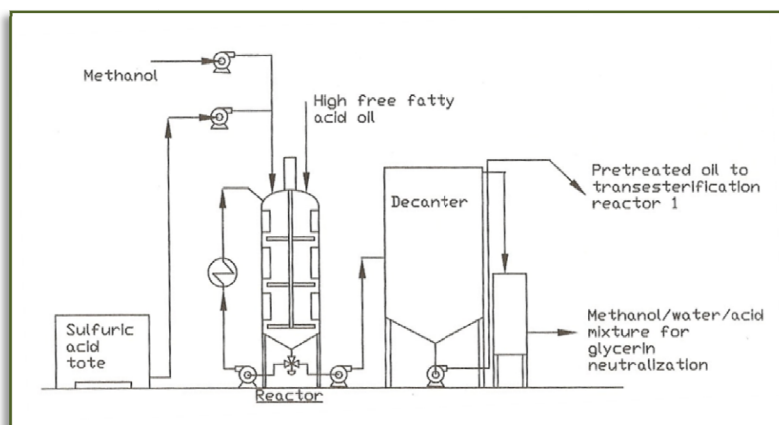


Για την προεπεξεργασία των ελεύθερων λιπαρών οξέων απαιτείται ιδιαίτερος εξοπλισμός όξινης εστεροποίησης. Η όξινη εστεροποίηση πραγματοποιείται συνήθως σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία ώστε να επιταχυνθεί η ολοκλήρωση της (15) (60). Η μείωση της οξύτητας ελαίων με την μέθοδο της όξινης εστεροποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε πιο ήπιες συνθήκες, ωστόσο απαιτείται αυξημένος χρόνος αντίδρασης (61) (62). Η αντίδραση της όξινης εστεροποίησης μετατρέπει τα ελεύθερα λιπαρά οξέα σε εστέρες σύμφωνα με την αντίδραση:



Η Εικόνα 5 αναπαριστά σχηματικά το Διάγραμμα ροής της διεργασίας, που περιλαμβάνει την ανάμιξη της μεθανόλης με το θειικό οξύ και το λάδι ώστε να πραγματοποιηθεί η εστεροποίηση. Στην συνέχεια, οι μεθυλεστέρες και το λάδι διαχωρίζονται από την περίσσεια της μεθανόλης με το νερό με φυγοκέντρωση και προωθούνται για το στάδιο της μετεστεροποίησης.

Εικόνα 5: Η διεργασία της όξινης εστεροποίησης λιπαρών οξέων



Πηγή: (62)

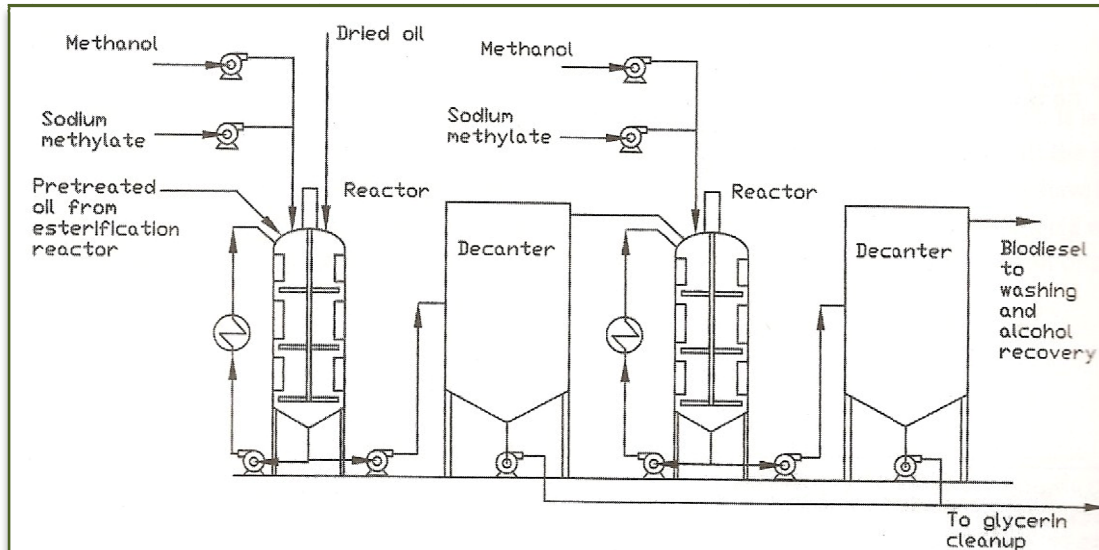
3.2.2 Μετεστεροποίηση λιπαρών οξέων

Η μετεστεροποίηση των λιπαρών οξέων αποτελεί το βασικότερο στάδιο κατά την παραγωγική διεργασία του βιοντίζελ. Η χημική διεργασία της μετεστεροποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε κατά παρτίδες (batch) είτε σε συνεχή λειτουργία. Συνήθως, η λειτουργία κατά παρτίδες εφαρμόζεται σε μονάδες χαμηλής δυναμικότητας (500 – 10.000 t/έτος), ενώ η συνεχής λειτουργία επιλέγεται για σημαντικά μεγαλύτερης δυναμικότητας μονάδες (30.000 t/έτος), κυρίως για το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας της (15), (63). Η κατά παρτίδες λειτουργία μια μονάδας πλεονεκτεί έναντι της συνεχούς λειτουργίας καθώς παρέχεται η δυνατότητα να μεταβάλλεται η διεργασία για κάθε παρτίδα ανάλογα με την πρώτη ύλη ωστόσο απαιτεί μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάστασή της και δεν είναι συνήθως πλήρως αυτοματοποιημένη.

Η μετεστεροποίηση σε παρτίδες πραγματοποιείται σε θερμοκρασία από 40-55 °C, υπό ατμοσφαιρική πίεση. Τα λιπαρά οξέα αναμιγνύονται με το διάλυμα μεθανόλης-καταλύτη και αντιδρούν προς τον σχηματισμό μεθυλεστέρων και γλυκερίνης, με τυπικό χρόνο αντίδρασης για την μετεστεροποίηση τα 30 λεπτά. Με την ολοκλήρωση της αντίδρασης,

τα αντιδρώντα προωθούνται για διαχωρισμό των φάσεων της γλυκερίνης -μεθανόλης και του βιοντίζελ. Ο διαχωρισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί με την επίδραση μόνο της βαρύτητας σε δεξαμενές καθίζησης ή μπορεί να επιταχυνθεί με την εγκατάσταση συστήματος διαχωρισμού φάσεων (decanter). Σχηματικά, η μετεστεροποίηση απεικονίζεται στην Εικόνα 6:

Εικόνα 6: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της εστεροποίησης

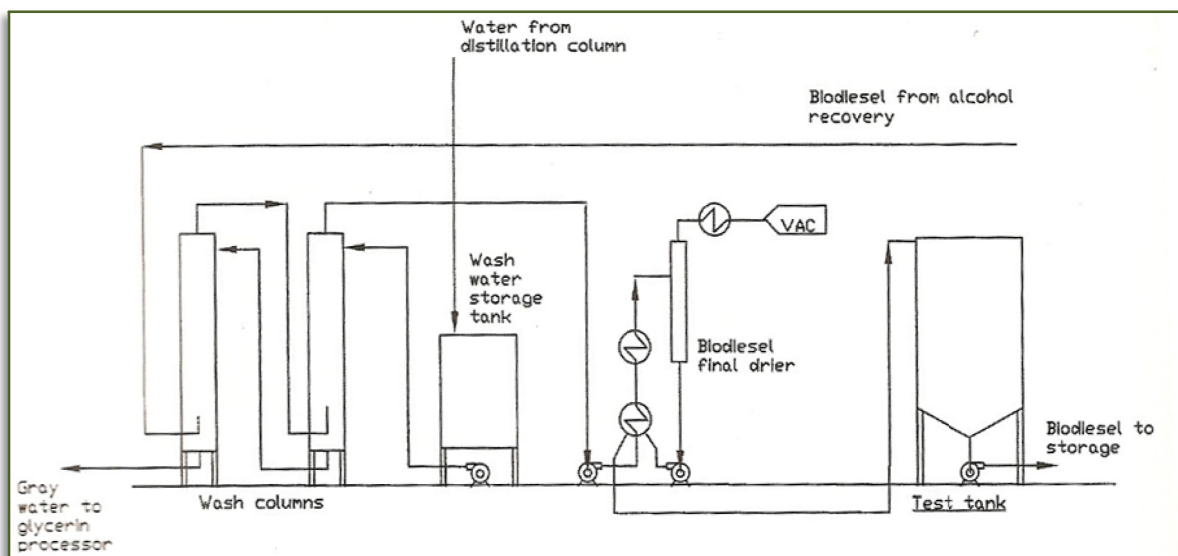


Πηγή: (62)

3.2.3 Εξευγενισμός του βιοντίζελ (washing)

Ο εξευγενισμός του βιοντίζελ περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες απομάκρυνσης καταλοίπων της αντίδρασης (καταλύτης, μεθανόλη, λιπαρά οξέα) και παραπροϊόντων (γλυκερίνη) από το βιοντίζελ ώστε να βελτιστοποιηθεί η ποιότητά του και να ικανοποιήσει της απαιτήσεις των θεσπισμένων προτύπων ποιότητας. Για τον εξευγενισμό του βιοντίζελ έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές που κατηγοριοποιούνται σε τεχνικές υγρής πλύσης (wet wash) και τεχνικές ξηρής πλύσης (dry wash).

Εικόνα 7: Διάγραμμα ροής της διεργασίας υγρή πλύσης του βιοντίζελ



Πηγή: (62)



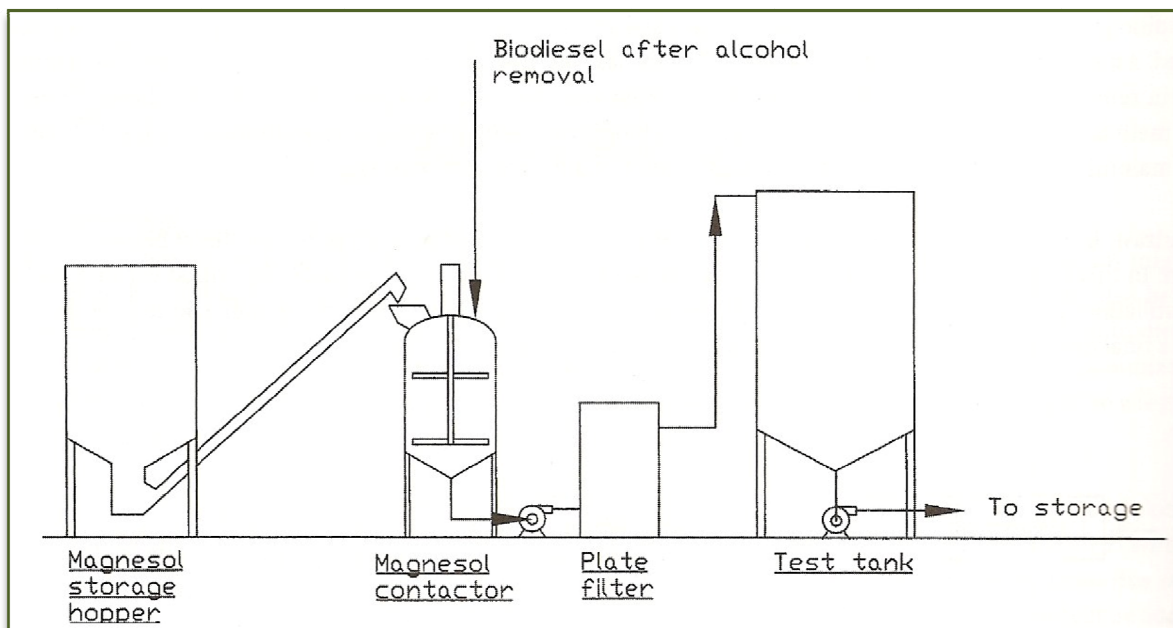
3.2.3.1 Υγρή πλύση (wet washing)

Η υγρή πλύση (Εικόνα 7) βασίζεται στην αυξημένη υδατοδιαλυτότητα των καταλοίπων. Έτσι, μετά την ολοκλήρωση της μετεστεροποίησης, το βιοντίζελ αναδεύεται με θερμό νερό (25-50% κατά βάρος) διαδοχικά για τρεις με τέσσερες κύκλους πλύσης, ώστε οι προσμίξεις να διαλυθούν στο νερό και μετέπειτα με διαχωρισμό των δύο φάσεων (νερό-βιοντίζελ), να ανακτηθεί το καθαρό βιοντίζελ. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει ικανοποιητική ικανότητα απομάκρυνσης των ουσιών, αλλά δημιουργεί την ανάγκη επεξεργασίας μεγάλου όγκου υγρών αποβλήτων και αυξάνει την συγκέντρωση της υγρασίας στο τελικό προϊόν.

3.2.3.2 Ξηρή πλύση (dry washing)

Στην ξηρή πλύση (Εικόνα 8), αντί της χρήσης νερού για την απομάκρυνση των καταλοίπων, χρησιμοποιούνται κατάλληλες ουσίες με ιοντοανταλλακτικές ή προσροφητικές ιδιότητες. Η ιοντοανταλλαγή επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικών ιονανταλλακτικών ρητινών (Purolite PD 206 ή Amberlite BD10DRY) τοποθετημένων σε σειρά με την μονάδα παραγωγής, σε αντιδραστήρα στερεάς κλίνης. Αντίθετα, η προσρόφηση βασίζεται σε ουσίες που περιέχουν οξείδια του πυριτίου (Magnesol D-Sol) ή κυτταρίνη (EcoPure), οι οποίες προστίθενται σε αναλογία ~0,2% κατά βάρος στο αντιδραστήρα μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης και αναδεύονται με το βιοντίζελ για 20 λεπτά. Στην συνέχεια, αφού ολοκληρωθεί η προσρόφηση, το προσροφητικό υλικό αφαιρείται με διήθηση σε φίλτρα χαμηλής διαμέτρου (5μm)

Εικόνα 8: Διάγραμμα ροής της διεργασίας ξηράς πλύσης του βιοντίζελ



Πηγή: (62)

Σε σύγκριση με την υγρή πλύση, η ξηρή πλύση δεν δημιουργεί υγρά απόβλητα και μειώνει το κόστος του εξευγενισμού. Ωστόσο, σύμφωνα και με επιστημονικά αποτελέσματα (64),

η απόδοση καθαρισμού της υγρής πλύσης είναι υψηλότερη από την απόδοση της ξηρής πλύσης, καθιστώντας της προτιμότερη από πολλούς βιομηχανικούς παραγωγούς βιοντίζελ. Η ξηρή πλύση έχει το πλεονέκτημα χρηστικών παραπροϊόντων ανάλογα με τον παράγοντα καθαρισμού, τα οποία μπορούν να διατεθούν για:

- Κομπόστ (compost)
- Πρόσθετο σε ζωοτροφές
- Καύσιμο, με θερμογόνο δύναμη $\approx 5800 \text{ kcal/kg}$
- Αναγέννηση, εάν πρόκειται για ιονανταλλακτική ρητίνη

Πριν την πλύση του βιοντίζελ, υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησης της περίσσειας της μεθανόλης με θέρμανση του βιοντίζελ στο σημείο βρασμού της (64.7°C). Η ανακτημένη μεθανόλη παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και απευθείας επαναχρησιμοποίηση της στην παραγωγική διεργασία θα πρέπει να αποφεύγεται, ενώ συστήνεται η πώλησή της στους προμηθευτές μεθανόλης για καθαρισμό της.

3.2.4 Εξευγενισμός της γλυκερίνης

Η γλυκερίνη που παράγεται κατά την μετεστεροποίηση, διαχωρίζεται εύκολα με καθίζηση από το βιοντίζελ λόγω της υψηλότερης πυκνότητας, ωστόσο στην φάση της γλυκερίνης περιέχονται και άλλα ουσίες που υποβαθμίζουν την ποιότητά της. Παρόλο που στην αρχική φάση ανάπτυξης της βιομηχανίας βιοντίζελ η γλυκερίνη θεωρούταν ως ένα πολύτιμο υποπροϊόν της διεργασίας παραγωγής του βιοντίζελ, σήμερα λόγω της χαμηλής τιμής διάθεσης, οι παραγωγοί βιοντίζελ την αντιμετωπίζουν ως ανεπιθύμητο υποπροϊόν.

Συνήθως, η γλυκερίνη αυτή αναφέρεται ως ακάθαρτη γλυκερίνη (crude glycerol) και περιέχει κατά προσέγγιση 80% γλυκερίνη. Η συνολική ποσότητα της παραγόμενης γλυκερίνης που προκύπτει ανά κύκλο παραγωγής επηρεάζεται άμεσα την ποιότητα του αρχικού ελαίου, κυρίως από την περιεκτικότητά του σε ελεύθερα λιπαρά οξέα.

Για τον καθαρισμό της γλυκερίνης απαιτείται η εξουδετέρωση του βασικού καταλύτη της αντίδρασης με ισχυρό οξύ και εξαγωγή της μεθανόλης. Επίσης, στην γλυκερίνη σε περιέχονται χαμηλή συγκέντρωση οργανικές ουσίες που προκαλούν οσμές και χρωματικές αλλαγές και που ο διαχωρισμός τους είναι πολύ δύσκολος. Το υψηλό κόστος της διεργασίας καθαρισμού αναλογικά με την τρέχουσα τιμή πώλησης της γλυκερίνης δημιουργεί την ανάγκη για εξεύρεσης διαφορετικών χρήσεων της ακάθαρτης γλυκερίνης. Ήδη προτείνονται εφαρμογές όπως η απευθείας καύσης της σε μείγμα βιοντίζελ-γλυκερίνης για την παραγωγή θερμότητας, η βιοχημική μετατροπή της σε άλλες μορφές οργανικών ενώσεων ή η χρήση της ως πηγή άνθρακα σε περιβαλλοντικές εφαρμογές (14), (65), (66).

3.3 Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μονάδας παραγωγής βιοντίζελ

Η εκλογή της βέλτιστης παραγωγικής διεργασίας και δυναμικότητας εξαρτάται άμεσα από την διαθέσιμη πρώτη ύλη που πρόκειται να επεξεργαστεί η μονάδα. Η χρήση ζωικών



λιπών υψηλής οξύτητας (>20%) απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό όξινης εστεροποίησης, εν αντιθέσει με τα ΧΜΕ, όπου η χαμηλότερη οξύτητα (2-5%) επιτρέπει την άμεση βασική κατάλυση. Στην παρούσα μελέτη θα εξεταστεί το ενδεχόμενο ανάπτυξης μονάδας επεξεργασίας όλων των λιπαρών αποβλήτων, με τον σχεδιασμό μονάδας που θα περιλαμβάνει την όξινη προεπεξεργασία των λιπαρών αποβλήτων για την μείωση της συγκέντρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων και στην συνέχεια την βασική μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων. Οι παραδοχές που γίνονται αφορούν δυσμενές σενάριο της επένδυσης, ώστε να παρουσιαστεί ένα συντηρητικό σενάριο απόδοσης.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές δημοσιεύσεις για την τεχνοικονομική αξιολόγηση μονάδων παραγωγής βιοντίζελ (67), (68), (69), (70). Για την σχεδιασμό της παρούσας μονάδας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παραδοχές:

- Ετήσια δυναμικότητα: 5.000 m³
- Οξύτητα πρώτης ύλης: 15%
- Λειτουργία κατά παρτίδες (batch)
- Συνολικές εργάσιμες μέρες/έτος : 330

Επίσης, δεν υπολογίζεται το κόστος ενοικίασης ή αγοράς του χώρου εγκατάστασης. Οι τιμές των απαιτούμενων πρώτων και παροχών φαίνονται στον Πίνακα 21:

Πίνακας 21: Κόστος απαιτούμενων πρώτων υλών και ηλεκτρισμού

Μεθανόλη	0,125 €/L
Θειικό οξύ (93,2%)	1,43 €/L
Καυστικό νάτριο (99%)	2,05 €/kg
Ηλεκτρική ενέργεια	0,07779 (€/kWh)

Το εργατικό κόστος ανά έτος και κατηγορία εργαζόμενου παρουσιάζεται στον Πίνακα 22. Η μονάδα θα λειτουργεί με μια βάρδια ημερησίως, σε κάθε βάρδια θα απασχολούνται δυο χειριστές, ενώ το προσωπικό θα περιλαμβάνει έναν υπεύθυνο παραγωγής και ποιοτικού ελέγχου, την διοίκηση και το προσωπικό γραμματειακής υποστήριξης. Το απαιτούμενο προσωπικό εκτιμήθηκε όπως συστήνεται στη πηγή (62), ενώ η μεθοδολογία υπολογισμού του συνολικού εργατικού κόστους βασίστηκε σε μελέτη για την ανάπτυξη μονάδας θερμικής αξιοποίηση της βιομάζας της ελιάς (71).

Πίνακας 22: Ετήσια εργατικά κόστη μονάδας (ποσά σε €)

	Αριθμός εργαζομένων	Μηνιαίος μισθός	Πρόσθετες παροχές	Συνολικό μηνιαίο κόστος	Συνολικό ετήσιο κόστος (14 μήνες)
Χειριστές παραγωγής	2	1.150	575	3.450	48.300
Υπεύθυνος παραγωγής	1	1.600	800	2.400	33.600
Διοικητικό προσωπικό	3	1.800	900	8.100	113.400
Γραμματειακή υποστήριξη	1	1.000	500	1.500	21.000
Συνολικό εργατικό κόστος				15.450	216.300

Τα συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας υπολογίστηκε με την θεώρηση των παρακάτω παραδοχών:

- Κόστος εξοπλισμού και κατασκευής μονάδας : 1.013.000 € (62)
- Κόστος συντήρησης ανά έτος: 2% του αρχικού κόστους εγκατάστασης
- Χρόνος απόσβεσης: 10 χρόνια
- Κατανάλωση ηλεκτρισμού: 0,55 kWh/L βιοντίζελ (62)
- Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας: 0,07779 €/kWh (71)
- Τιμή παράγοντα ξηρής πλύσεως: 3,4 €/kg
- Κόστος αγοράς λιπαρών αποβλήτων: 0,45 €/L
- Απρόβλεπτα – Διάφορα: 10% των συνολικών προβλεπόμενων δαπανών
- Φόρος στα κέρδη: 35%
- Επιδότηση κόστους κατασκευής: 0%

Πίνακας 23: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας μονάδας παραγωγής βιοντίζελ

Κατηγορία δαπανών		Ετήσιο κόστος (€)	Μερίδιο (%)
Εργατικό κόστος		216.300	5,9
Συντήρηση		20.260	0,5
Πρώτες ύλες	- Λιπαρά απόβλητα	2.250.000	60,9
	- Χημικά	578.000	15,6
Ενέργεια		194.475	5,3
Απόσβεση		101.300	2,7
Μερικό σύνολο		3.360.335	90,9
Απρόβλεπτα - Διάφορα (10%)		336.034	9,1
Σύνολο		3.696.369	100

Το συνολικό κόστος παραγωγής ανά λίτρο προκύπτει σε 0,739 €/L, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους παραγωγής καταλαμβάνεται από το κόστος απόκτησης της πρώτης ύλης (59,1%). Η τιμή διάθεσης του βιοντίζελ στην χονδρική αγορά πετρελαιοειδών, σε επικοινωνία που έγινε με τα Ελληνικά Πετρέλαια, μοναδικό αγοραστή εντός της ελληνικής επικράτειας, ανέρχεται σε 0,8 €/L. Η τιμή διάθεσης της γλυκερίνης θεωρήθηκε 0 €/L, καθώς για την πώλησή της είναι απίθανο να επιτευχθεί υψηλή τιμή. Επομένως, η ετήσια κερδοφορία μιας μονάδας παραγωγής βιοντίζελ καθώς και οικονομικοί δείκτες απόδοσης της επένδυσης παρουσιάζονται στο Πίνακα 24:

Πίνακας 24: Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης σε μονάδα παραγωγής βιοντίζελ

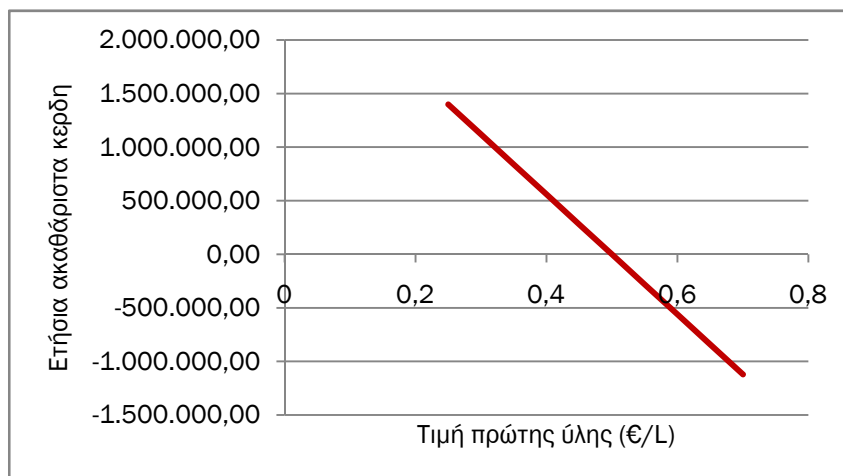
Ετήσια έξοδα	-3.696.369 €
Ετήσια έσοδα	4.000.000 €
Κέρδη ανά έτος πρό φόρων (EBIDTA)	303.632 €
Καθαρά κέρδη	197.360 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)	13%
Χρόνος αποπληρωμής (Pay-back period)	5,13 έτη
Παρούσα καθαρή αξία (NPV)*	1.232.888,77 €

*Η απόδοση επένδυσης χαμηλού ρίσκου θεωρήθηκε ίση με 8%



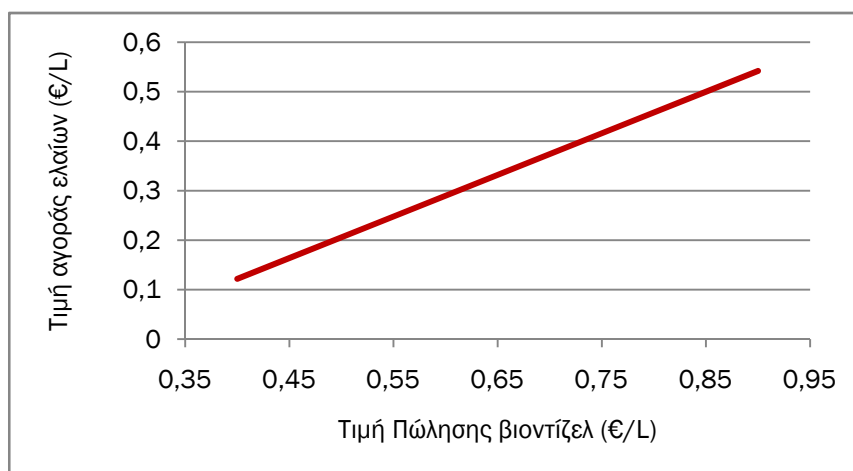
Η μεταβολή στην τιμή αγοράς των ελαίων μπορεί να επιφέρει σημαντική αλλαγή στην κερδοφορία της επιχείρησης όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 17.

Διάγραμμα 17: Μεταβολή της κερδοφορίας σε σχέση με την τιμή του ελαίου



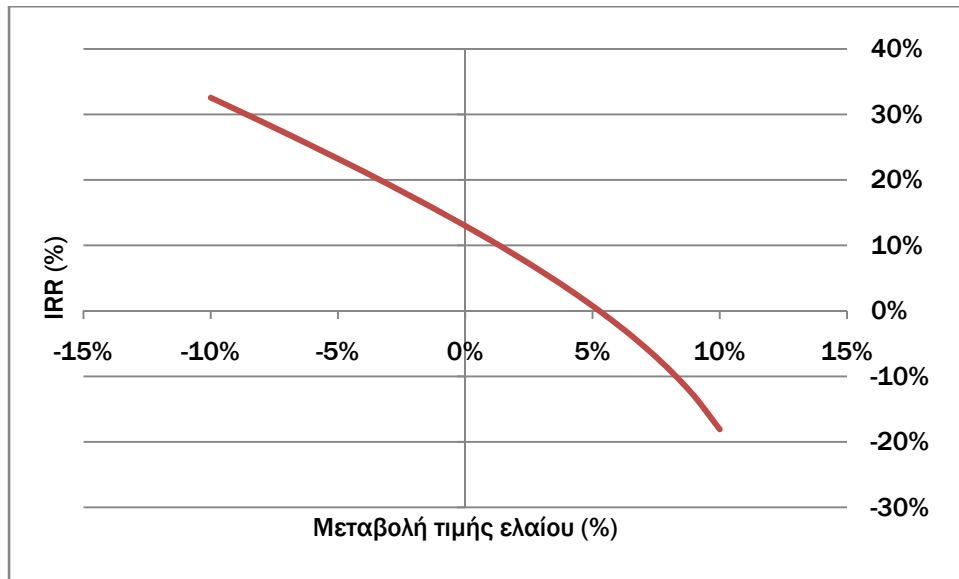
Η οριακή τιμή πώλησης και πως αυτή επηρεάζεται από την τιμή αγοράς του ελαίου απεικονίζεται στο Διάγραμμα 18.

Διάγραμμα 18: Οριακή τιμή πώλησης βιοντίζελ συναρτήσει της τιμής αγοράς των ελαίων

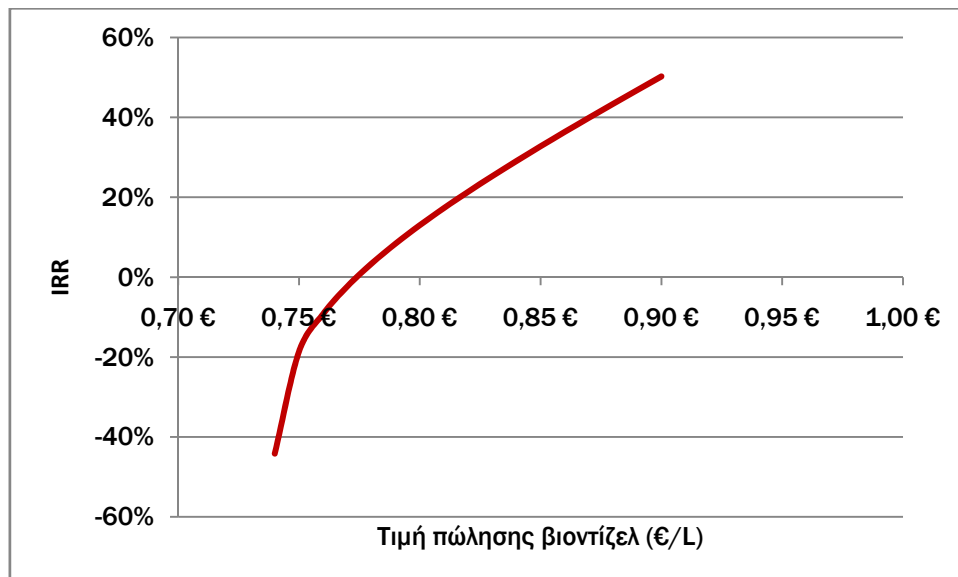


3.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Η μεταβολή της οικονομικής απόδοσης της επένδυσης θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστεί με την διακύμανση της τιμής πώλησης του βιοντίζελ και της τιμής αγοράς των λιπαρών αποβλήτων. Έτσι, στο Διάγραμμα 19 φαίνεται η μεταβολή του εσωτερικού δείκτη απόδοσης με ποσοστιαία διακύμανση της τιμής αγοράς των λιπαρών αποβλήτων από -5% έως +5%.

Διάγραμμα 19: Σχέση IRR με την τιμή αγοράς των λιπαρών αποβλήτων

Επίσης, στο Διάγραμμα 20 απεικονίζεται η μεταβολή του δείκτη εσωτερικής απόδοσης συναρτήσει της τιμής πώλησης του βιοντίζελ.

Διάγραμμα 20: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της τιμής πώλησης του βιοντίζελ

3.5 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Όπως προαναφέρθηκε, στο συνολικό κόστος παραγωγής συντελεί κυρίως το κόστος αγοράς των ελαίων (60,5%) και σε μικρότερο ποσοστό το κόστος αγοράς των υπολοίπων χημικών (15,5%) και το εργατικό κόστος (5,8). Σύμφωνα με την οικονομική αξιολόγηση, ενδεχόμενη επένδυση για την παραγωγή βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα παρουσιάζει θετικούς οικονομικούς δείκτες, που μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω με οργανωμένο



δίκτυο προώθησης της κατανάλωσης σε στόλους οχημάτων ή και με λιανική πώληση, με ελάχιστη μείωση της τιμής αγοράς των λιπαρών απόβλητων ή και με ελάχιστη αύξηση της τιμής πώλησης του βιοντίζελ. Επίσης, συστήνεται η σύναψη συμφωνιών σταθερής τιμής προμήθειας των λιπαρών αποβλήτων, ώστε να εξασφαλίζεται εξ' αρχής η βιωσιμότητα της επένδυσης.

Βάσει της τρέχουσας τιμής πώλησης του πετρελαίου κίνησης στην Κρήτη (~ 1 €/L), η πώληση του βιοντίζελ σε λιανικό επίπεδο δεν είναι εφικτή. Ωστόσο με τις τιμές του πετρελαίου να αυξάνονται, σύντομα η λιανική πώληση του βιοντίζελ θα μπορεί να είναι εφικτή εφόσον αυτό επιτραπεί από το νέο νομικό πλαίσιο που περιγράφεται πηγή 4^η Εθνική Έκθεση για τα Βιοκαύσιμα (βλ. Παράρτημα).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

4.1 Σκοπός κεφαλαίου

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να συγκεντρώσει τα επιμέρους συμπεράσματα κάθε κεφαλαίου, να αναδείξει νέες προοπτικές και να προτείνει προβληματισμούς και ανάγκες που η εξέτασή τους στο μέλλον μπορεί να βελτιώσουν την ενεργειακή αειφορία της Κρήτης.

4.2 Συνοπτικά αποτελέσματα μελέτης

Ο τομέας των βιοκαυσίμων αποτελεί έναν ταχύτητα ανερχόμενο οικονομικό κλάδο που στην νέα διαμορφούμενη ενεργειακή «δημοκρατία» που θα ισχύσει πλήρως μετά την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, θα καταλάβει σημαντικό ποσοστό συμμετοχής. Ήδη, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε τον δεσμευτικό στόχο «20-20-20», που περιλαμβάνει την υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων κίνησης από βιοκαύσιμα σε ποσοστό 10% μέχρι το 2020. Υπό αυτό το πρίσμα, η παραγωγή βιοντίζελ έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης και στην Ελλάδα, καθώς δημιουργείται άμεσα η ανάγκη αύξησης της παραγωγής.

Αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα της κατανάλωσης διατροφικών πόρων για ενεργειακούς σκοπούς, η χρήση λιπαρών αποβλήτων για την παραγωγή βιοντίζελ αποτελεί λύση για την παραγωγή αειφόρου ενέργειας που μπορεί άμεσα να ενσωματωθεί στην υπάρχουσα αγορά. Συγκριτικά με άλλες πρώτες ύλες, η παραγωγή βιοντίζελ από απόβλητα πλεονεκτεί τόσο σε περιβαλλοντική απόδοση, με χαμηλότερες συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όσο και σε οικονομική, αφού το συνολικό κόστος παραγωγής είναι χαμηλότερο, λόγω της χαμηλής τιμής των πρώτων υλών.

Στην Κρήτη, το υπάρχον διαθέσιμο δυναμικό λιπαρών αποβλήτων προέρχεται κυρίως από χρησιμοποιημένα τηγανέλαια από επιχειρήσεις εστίασης και λίπη που μπορούν να ανακτηθούν από τα στερεά ζωικά απόβλητα. Η ολοκληρωμένη διαχείρισή τους προς την παραγωγή βιοντίζελ, θα μειώσει την επιβάρυνση των εγκαταστάσεων διαχείρισης υγρών και στερεών αποβλήτων του νησιού από τα συγκεκριμένα απόβλητα, ενώ παράλληλα θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και θα συμβάλει στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ενεργειακής κρίσης.

Καθώς, οι συμβατικές επενδύσεις σε άλλους τομείς της οικονομίας έχουν αρνητικούς, ή πολύ χαμηλούς δείκτες οικονομικής απόδοσης κατά την δυσμενή οικονομική περίοδο που διανύεται, οι επενδύσεις στον τομέα της «πράσινης» επιχειρηματικότητας αποτελούν σημαντική ευκαιρία για υψηλές αποδόσεις, προωθώντας ταυτόχρονα την αειφόρο ενεργειακή ανάπτυξη. Έτσι, και η ανάπτυξη ενός συστήματος παραγωγής βιοντίζελ σε ένα ενεργειακά αποκομμένο νησί φαίνεται να αποτελεί επιχειρηματική ευκαιρία που δεν πρέπει να παραμείνει αναξιοποίητη.



4.3 Συμπεράσματα μελέτης – Προτάσεις

Στο πλαίσιο της μελέτης φάνηκε ότι:

- Η χρήση του βιοντίζελ σαν καύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης συμβάλλει στην προστασία του κινητήρα καθώς διαθέτει ιδιότητες που βελτιώνουν την ποιότητα της καύσης.
- Το βιοντίζελ από λιπαρά απόβλητα παρουσιάζει πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη έναντι των υπολοίπων συμβατικών και ανανεώσιμων μορφών καυσίμων.
- Στην Κρήτη παράγονται υψηλές ποσότητες λιπαρών αποβλήτων που δεν διαχειρίζονται κατάλληλα, επιβαρύνοντας το περιβάλλον.
- Η ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων προς την παραγωγή βιοντίζελ θα απέφερε 5.860 t βιοντίζελ, που αντιστοιχεί σε 5,6% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης σε ενεργειακή βάση στο νησί.
- Η βιωσιμότητα μια μονάδας εξαρτάται άμεσα από την τιμή των λιπαρών αποβλήτων. Για την εξασφάλισή της, θεωρείται αναγκαία η σύναψη συμβολαίων προμήθειας με σταθερής τιμής μεγάλης χρονικής διάρκειας με τους συλλογείς.
- Απαιτείται η συνεργασία όλων των επιμέρους φορέων (ιδιοκτήτες επιχειρήσεων εστίασης, τοπική αυτοδιοίκηση, κτηνοτρόφοι, ενεργειακοί καταναλωτές, πολιτεία) για την αποτελεσματική και βιώσιμη αξιοποίηση των λιπαρών αποβλήτων.

Για μελλοντικές προεκτάσεις της παρούσας εργασίας και νέες δράσεις προτείνονται:

- Εξερεύνηση νέων πρώτων υλών που υπάρχουν στο νησί και μπορούν συντελέσουν στην παραγωγή είτε βιοντίζελ είτε άλλων βιοκαυσίμων. Ενδεικτικά αναφέρονται το πυρηνέλαιο της ελιάς, η ανάκτηση ελαίου από χρησιμοποιημένες ποσότητες καφέ, τα άλγη, η οικιακή συλλογή ΧΜΕ και η θερμική αξιοποίηση της βιομάζας της ελιάς.
- Η συστηματικότερη εξέταση της γεωγραφικής κατανομής και χρονικής διακύμανσης των παραγόμενων ποσοτήτων λιπαρών αποβλήτων, ώστε να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το υπάρχον αξιοποιήσιμο δυναμικό στην Κρήτη.
- Η εκπόνηση έρευνας αγοράς για την εκτίμηση των δυνατοτήτων προώθησης του βιοντίζελ αυτούσιου σε συγκεκριμένους μεγάλους τελικούς καταναλωτές όπως π.χ. σε στόλους οχημάτων.
- Η εκπόνηση αναλυτικής μελέτης βιωσιμότητας σε περίπτωση που εκφραστεί ενδιαφέρον για την αξιοποίηση αυτούσιου βιοντίζελ σε μεγάλους καταναλωτές.
- Η οργάνωση εκστρατείας ενημέρωσης του κοινού σχετικά με τον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και κατ' επέκταση του βιοντίζελ.

- Η ανανέωση του νομικού και χρηματοδοτικού πλαισίου, ώστε να δοθεί έμφαση στην παραγωγή βιοντίζελ από απόβλητα και να επιτραπεί η υπό όρους λιανική πώληση του βιοντίζελ.



Βιβλιογραφία

1. *The Stern Review on the Economic Effects of Climate Change*. **Stern, Nicholas**. 4, December 2006, Population and Development Review, Vol. 32, pp. 793–798.
2. *Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland*. **De Luis, M., et al.** 2001, Forest Ecology and Management, Vol. 147, pp. 25-37.
3. *A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism*. **Berrittellaa, Maria, et al.** 2006, Tourism Management, Vol. 27, pp. 913–924.
4. *Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy*. **Olesen, Jørgen and Bindi, Marco**. 2002, European Journal of Agronomy, Vol. 16, pp. 239–262.
5. *Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region*. **Cartalis, C., et al.** 14, September 2001, Energy Conversion and Management, Vol. 42, pp. 1647-1656 .
6. **Keeling, R. F., et al.** *Atmospheric CO₂ values (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa, Hawaii, USA*. Carbon Dioxide Research Group, Scripps Institution of Oceanography, University of California. La Jolla, California, USA : s.n., 2008.
7. *Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850*. **Brohan, P., et al.** 2006, Journal of Geophysical Research, Vol. 111, p. D12106. doi:10.1029/2005JD006548.
8. **Kahn Ribeiro, S., et al.** *Transport and its infrastructure*. [book auth.] B. Metz, et al. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth*. s.l. : Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2007, pp. 323-386.
9. *Global temperature responses to current emissions from the transport sectors*. **Berntsen, Terje and Fuglestedt, Jan.** 49, December 9, 2008, Proceedings of National Academy of Sciences, Vol. 105, pp. 19154–19159.
10. IEA Energy Statistics- Greece. [Online] International Energy Agency. [Cited: June 26, 2008.] http://www.iea.org/Textbase/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=GR.
11. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007- Greece - country profile 2007*. s.l. : EEA; OPOCE, 2007.
12. *Possible methods for biodiesel production*. **J.M., Marchetti, Miguel, V.U. and Errazu, A.F.** 2007, Renewable Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, pp. 1300-1311.
13. *Producing HySEE Biodiesel from Used French Fry Oil and Ethanol for an Over - the -Road truck*. **Lowe, G.A., et al.** 1998, ASAE Paper, Vol. 98, p. 6081.
14. **Knothe, Gerhard, Van Gerpen, Jon and Krah, Jurgen, [ed.].** *The Biodiesel Handbook*. Urbana : AOCs Press, 2005. ISBN 978-1-893997-79-0.
15. **Mittelbach, Martin and Renschmidt, Claudia.** *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Graz : Martin Mittelbach, 2006. ISBN 3-200-00249-2.

16. **F.O. Licht.** *World Ethanol & Biofuels Report.* Kent, England : Agra Informa Ltd., 2007.
17. **Eurostat.** *Panorama of Transport, 1990-2005.* 2007. ISBN 978-92-79-04618-6.
18. **Commission of th European Communities.** Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels : s.n., January 23, 2008.
19. *An evaluation of a small-scale biodiesel production technology: Case study of Mango'o village, Center Province, Cameroon.* **Sarantopoulos, I., et al.** 1-2, 2009, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 34, pp. 55-58.
20. *Biodiesel: a green polymerization solvent.* **Salehpour, Somaieh and Dube, Marc.** 10, 2008, Green Chemistry, pp. 321-326.
21. *Cleaning Oiles Shores: Laboratory Experiments Testing the Potential Use of Vegetable Oil Biodiesels.* **Pereira, M.G. and Mudge, S.M.** 2004, Chemosphere, Vol. 54, pp. 297-304.
22. *An Environmentally Benign Soybean Derived Fuel as a Blending Stock or Replacement for Home Heating Oil.* **Mushrush, G., et al.** 2001, Journal of Environmental Science and Health, Vol. A36, pp. 613-622.
23. *Global Sale of Green Air Travel Supported Using Biodiesel.* **Wardle, D.A.** 2003, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 7, pp. 1-64.
24. **Eurostat.** [Online] [Cited: December 18, 2008.] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL.
25. **Υπουργείο Ανάπτυξης.** 4η Εθνική Έκθεση Σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης των Βιοκαυσίμων ή άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για Μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010. Μάιος 2008.
26. *Key pollutants—airborne particles.* **Harrison, Roy M.** 334– 335, 2004, Science of the Total Environment, pp. 3 –8.
27. **Niederl, Anneliese and Narodoslawsky, Michael.** *Life Cycle Assessment – study of Biodiesel from Tallow and Used Vegetable Oil.* Institute for Resource Efficient and Sustainable Systems, TU Graz. Graz : s.n., 2004. p. 34.
28. **U.S. Environmental Protection Agency.** *A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions.* 2002.
29. **Levelton Engineering Ltd. and (S&T) Consultants Inc.** *Assessment of Biodiesel and Ethanol Diesel Blends, Greenhouse Gas Emisions, Exhaust Emissions and Policy Issues.* s.l. : Natural Resources Canada, September 2002.
30. **Grass, H and Heim, T.** *Oekologische Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsberechnungen der landwirtschaftlichen Rapsmethylester-Produktion sowie zweier alternativer Anbauszenarien.* Zurich : WWF, 1991.
31. **Scharmer, K. and Gosse, G.** *Energy balance, ecoogical impact and economics of vegetable oil methyl ester production in Europe as substitute for fossil diesel.* s.l. : EU-study ALTENER 4.1030/E/94-002-1, 1995.
32. **Bechner, S., et al.** *Lebenswegvergleiche: Energie und Emissionen in die Atmosphaere.* [book auth.] M Kaltschmitt and G.A. Reinhardt. *Nachwachsende*



Energietraeger. Grundlage, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Braunschweig/Wiesbaden : Vieweg, 1997, pp. 289-429.

33. *Life cycle analysis of biofuels under different environmental aspects.* **Kaltschmitt, M, Reinhardt, G.A. and Stelzer, T.** 2, 1997, Biomass and bioenergy, Vol. 12, pp. 121-134.

34. *Einsatz von Biodiesel in Sportbooten am Bodensee.* **Schreiner, K.** [ed.] A Munack and J Krah. Braunschweig : s.n., 2002. Biodiesel. Potenziale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen. pp. 39-46.

35. *Energy and carbon balances of biofuels production: biodiesel and bioethanol.* **Horne, R.E., Mortimer, N.D. and Elsayed, M.A.** 2003. The International Fertiliser Society . pp. 1-56.

36. **Sheenan, J., et al.** *An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles.* s.l. : U.S. Department of Agriculture, U.S. Department of Energy, 1998.

37. **Suss, A.A.A.** Wiedervewertung von gebrauchten Speiseölen/-fetten im energetisch-technischen Bereich. *Fortschritt-Berichte VDI. Reihe 15: Umwelttechnik.* Dusseldorf : VDI-Verlag, 1999, Vol. 219.

38. *Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels.* **Hill, Jason, et al.** 30, July 25, 2006, Proceedings of National Academy of Science, Vol. 103, pp. 11206–11210.

39. **Koo-Oshima, Sasha, Hahn, Nancy and Van Gerpen, Jon.** *Comprehensive Health and Environmental Effects of Biodiesel as an Alternative Fuel.* s.l. : National Biodiesel Board, 1998.

40. *The performance and the gaseous emissions of two small marine craft diesel engines fuelled with biodiesel.* **Roskilly, A.P., et al.** 28, 2008, Applied Thermal Engineering, pp. 872–880.

41. *An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine.* **Kalligeros, S., et al.** 24, 2003, Biomass and Bioenergy, pp. 141–149.

42. *The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions.* **Monyem, A and Gerpen, JH.** 20, 2001, Biomass and Bioenergy, Vol. 3, pp. 17–25.

43. *Experimental investigation on regulated and unregulated emissions of a diesel engine fueled with ultra-low sulfur diesel fuel blended with biodiesel from waste cooking oil.* **Yage, Dia, Cheungb, C.S. and Huang, Zuohua.** 407, 2009, Science of the Total Environment, pp. 835–846.

44. **Office of Transportation and Air Quality.** *U.S. Environmental Protection Agency (EPA).* [Online] May 2002. www.epa.gov/ncea.

45. *Lubricating Properties of Low-Sulfur Diesel Fuels in the Presence of Specific Types of Fatty Acid Derivatives.* **Anastopoulos, G., et al.** 15, 2001, Energy & Fuels, pp. 106-112.

46. **National Biodiesel Board.**

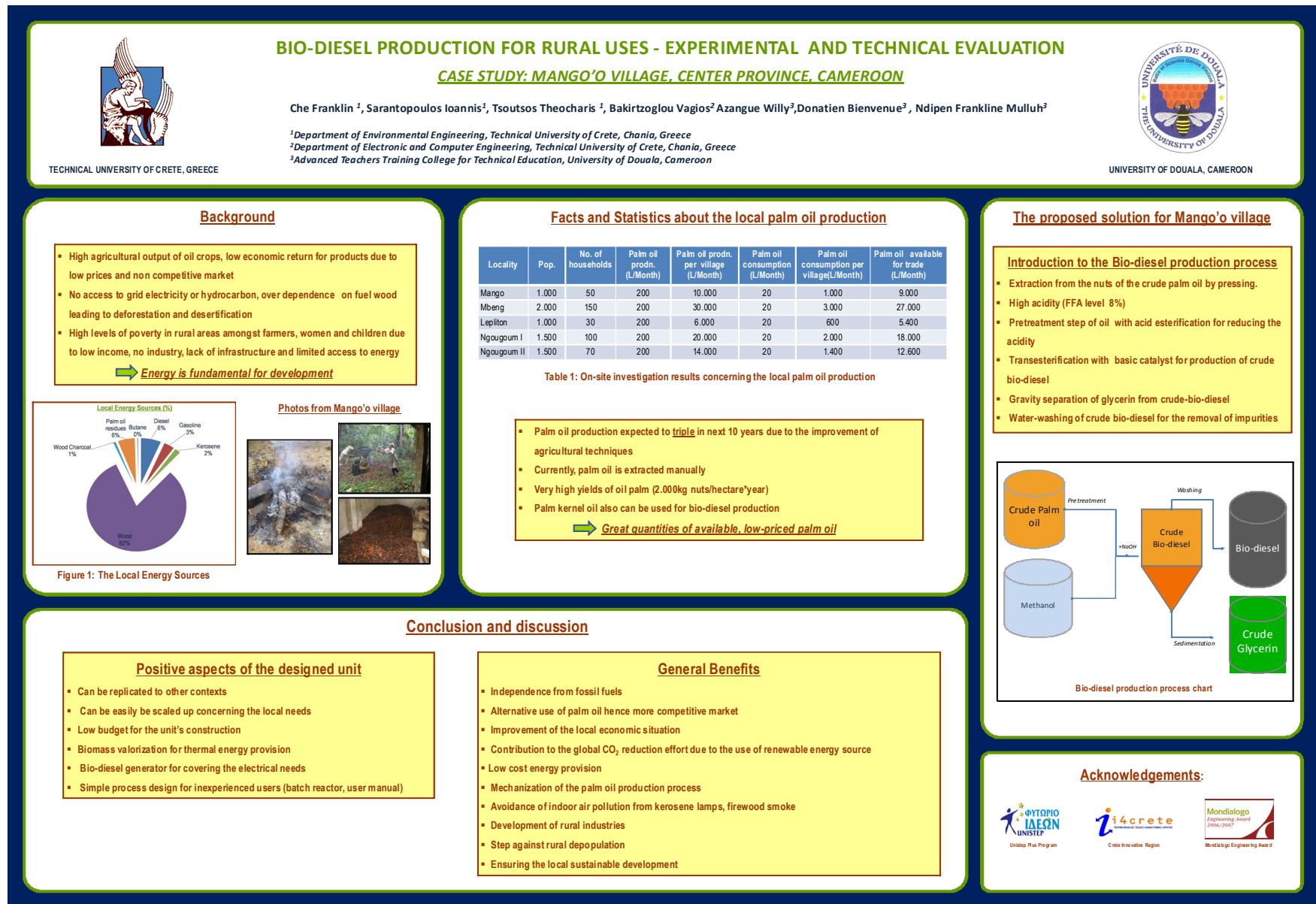
47. **Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος.** Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο της Ελλάδος - Στατιστικά στοιχεία. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 16 February 2009.] http://www.grhotels.gr/EL/CONTENT/PDF/2007STATISTIKI_ALL.pdf.

48. **Wiltsee, G.** Urban Waste Grease Resource Assessment. Golden, Colorado, USA : National Renewable Energy Laboratory, November 1998.
49. *Correction of Dietary Fat Availability Estimates for Wastage of Food Service Deep Frying Fats.* **Hunter, J. Edward and Applewhite, Thomas H.** 6, June 1993, Journal of American Oleochemistry Society, Vol. 70, pp. 613-618.
50. *Efforts for the production of liquid biofuels in Crete: Bioethanol and biodiesel.* **Vourdoumpas, J.** 48, Options Mediterraneennes, Τόμ. Α, σσ. 151-157.
51. *Biodiesel production by in situ transesterification of municipal primary and secondary sludges.* **Mondalaa, A., et al.** 3, Bioresource Technology, Vol. 100, pp. 1203-1210.
52. **Meeker, D and Hamilton, C.** An overview of the rendering industry. *National Renderers Association.* [Online] [Cited: 01 15, 2009.] http://nationalrenderers.org/assets/essential_rendering_overview.pdf.
53. **Εφημερίδα "Νέος Κήρυκας".** Βρέθηκε λύση για τα σφαγεία;. www.aera.gr. [Ηλεκτρονικό] 18 09 2008. [Παραπομπή: 26 01 2009.] <http://www.aera.gr/gr/content/view/2498/10255/>.
54. **Εφημερίδα "Καθημερινή".** Επαναλειτούργούν τα δημοτικά σφαγεία των Χανίων. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 26 01 2009.] http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_kathbreak_1_18/09/2008_248787.
55. **Meeker, David L.** *Essential Rendering.* Arlington, Virginia : National Renderers Association, 2006. ISBN 0-9654660-3-5.
56. *Biodiesel from extracted fat out of meat and bone meal.* **Nebel, B. and Mittelbach, M.** 108, 2006, European Journal of Lipid Science Technology, pp. 398–403.
57. *Bio-methanol: How energy choices in the western United States can help mitigate global climate change.* **Vogt, K., et al.** 1, January 2009, Renewable Energy, Vol. 34, pp. 233-241.
58. *Progress and recent trends in biofuels.* **Demirbas, A.** 1, February 2007, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 33, pp. 1-18.
59. **Methanex Corp.** Methanex- Methanol Price. [Online] [Cited: February 20, 2009.] http://www.methanex.com/products/documents/MxAvgPrice_Jan292009.pdf.
60. *Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids.* **Canakci, M. and Van Gerpen, J.** 6, 2001, Transactions of the ASAE, Vol. 44, pp. 1429–1436.
61. **Che, Franklin N. and Tsoutsos, Theocharis.** Biodiesel production in Greece : technical and experimental evaluation. *Master Thesis.* Chania, Greece : Technical University of Crete, August 2008.
62. **Van Gerpen, J., et al.** *Building a Successful Biodiesel Business.* s.l. : Biodiesel Basics, 2006. ISBN 0-9786349-0-X.
63. *Technologie der Methylesterherstellung - Anwendung fur die Biodieselproduktion.* **Gutsche, B.** 99, 1997, Fett/Lipid, Vol. 12, pp. 418-427.
64. *Comparison of purification methods for biodiesel.* **Berrios, M. and Skelton, R.L.** 144, 2008, Chemical Engineering Journal, pp. 459-465.
65. *Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology.* **da Silva, G.P., Mack, M. and Contiero, J.** 27, January - February 2009, Biotechnology Advances, Vol. 1, pp. 30-39.



66. *Biodiesel waste as source of organic carbon for municipal WWTP denitrification.* **Bodík, I., et al.** 8, April 2009, *Bioresource Technology*, Vol. 100, pp. 2452-2456.
67. *Assessment of four biodiesel production processes using HYSYS.Plant.* **West, A., D., Posarac and Ellis, N.** 14, September 2008, *Bioresource Technology*, Vol. 99, pp. 6587-6601.
68. *Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment.* **Zhang, Y., et al.** 89, August 2003, *Bioresource Technology*, Vol. 1, pp. 1-16.
69. *Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis.* **Zhang, Y., et al.** 3, December 2003, *Bioresource Technology*, Vol. 90, pp. 229-240.
70. *A process model to estimate biodiesel production costs.* **Haas, M.J., et al.** 4, March 2006, *Bioresource Technology*, Vol. 97, pp. 671-678.
71. *Techno-economic analysis of the energy exploitation of biomass residues in Heraklion Prefecture—Crete.* **Boukis, I., Vassilakos, N. and Karellas, S.** 2, February 2009, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 362-377.

Παράρτημα





ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ονομασία επιχείρησης:

Διεύθυνση:

1. Μπορείτε να εκτιμήσετε την παραγόμενη ποσότητα αχρήστων τηγανελαίων στην επιχείρησή σας ετησίως;
2. Η ετήσια ποσότητα αυξάνεται ή μειώνεται; Γιατί; Ποιά είναι η εποχιακή διακύμανση;
3. Πως διαχειρίζεστε αυτά τα λάδια;
4. Δέχεστε κάποιο αντάλλαγμα για την συλλογή τους; Αν ναι, πόσο;
5. Πως κατά την γνώμη σας θα μπορούσα να εκτιμήσω με ακρίβεια τις παραγόμενες ποσότητες τηγανελαίων τοπικά;

