

(112)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ- ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

**I. Γράβαλος^a, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Γ. Λιανός,
Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Λέλλης**
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμ. Γ. Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 41110, Λάρισα. ^ae-mail: gravalos@in.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση πειραματικών δεδομένων από τη χρήση βιοντίζελ ως καύσιμο σε πετρελαιοκινητήρα. Η παραγωγή του βιοντίζελ έγινε από ελαιούχα φυτά όπως ελαιοκράμβη και ηλιάνθο, με τη μέθοδο της καταλυτικής μετεστεροποίησης. Δοκιμάστηκε αυτούσιο βιοντίζελ και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν επί του γεωργικού ελκυστήρα ZETOR 7745. Οι μετρήσεις ελήφθησαν επί του δυναμοδότη, με τη βοήθεια του δυναμόμετρου FROMENT XT200. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη μορφή διαγραμμάτων της ισχύος, της ροπής στρέψης και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

EXPERIMENTAL DATA BY UTILIZATION OF BIODIESEL AS FUEL IN A DIESEL ENGINE OF AGRICULTURAL TRACTOR

**I. Gravalos^a, Th. Gialamas, Z. Koutsofotis, A. Augustis, G. Lianos, D.
Kateris, P. Xyradakis, Z. Tsiropoulos, Th. Lellis**
Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.
^ae-mail: gravalos@in.gr

ABSTRACT

This study aims to present experimental data by utilization of biodiesel as fuel in a diesel engine. The biodiesel production was made from different vegetable oil (rapeseed and sunflower) with a process of transesterification. Investigation has been carried out using different blends of biodiesel and diesel oil. This engine was installed on agricultural tractor ZETOR 7745. Measurements were taken on the power take off shaft by electrical dynamometer FROMENT XT200. The experimental results have been processed graphically in order to evaluate the variation of engine power, torque and specific fuel consumption over the entire speed range.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εναλλακτικά, είναι δυνατόν να υποκατασταθεί μέρος των συμβατικών καυσίμων με άλλα καύσιμα, που δε θα προέρχονται από το αργό πετρέλαιο. Στην περίπτωση αυτή κάθε κινητήρας θα καταναλώνει ένα μείγμα καυσίμου, εν μέρει προερχόμενο από το αργό πετρέλαιο και εν μέρει από άλλες πηγές, κατά κύριο λόγο ανανεώσιμες. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να επεκταθεί και να φθάσει σε πλήρη υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων.

Σήμερα, τη μοναδική βιώσιμη λύση για την αντικατάσταση του συμβατικού ντίζελ κίνησης αποτελεί η χρήση των Μεθυλεστέρων Λιπαρών Οξέων (Fatty Acid Methyl Esters, FAME), που είναι ευρύτερα γνωστοί με τον όρο βιοντίζελ (biodiesel). Το βιοντίζελ είναι δυνατόν να παραχθεί από μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών, όπως είναι τα κοινά φυτικά έλαια (π.χ. κραμβέλαιο, σογιέλαιο, βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, κ.ά.) και τα ζωικά λίπη. Για την παραγωγή του βιοντίζελ, τα λιπαρά οξέα των ανωτέρω πηγών υπόκεινται σε μία διαδικασία που ονομάζεται μετεστεροποίηση (transesterification) [1]. Σ' αυτή τη χημική αντίδραση, τα φυτικά έλαια ή τα ζωικά λίπη αντιδρούν παρουσία ενός καταλύτη (συνήθως μίας βάσης) με μία αλκοόλη (μεθανόλη) για την παραγωγή των αλκυλεστέρων (των μεθυλεστέρων) των λιπαρών οξέων. Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των οχημάτων ως αυτούσιο καύσιμο (B100) ή σε μείγμα με υψηλής ποιότητας συμβατικό ντίζελ. Για παράδειγμα, το καύσιμο B30 υποδηλώνει την ανάμιξη 30% βιοντίζελ με συμβατικό ντίζελ.

Οι Agarwal και Das [2] δοκίμασαν διαφορετικά μείγματα συμβατικού ντίζελ με βιοντίζελ, που παρήγαγαν από λινέλαιο, σε έναν τετράχρονο, υδρόψυκτο, μονοκύλινδρο πετρελαιοκινητήρα. Η έρευνά τους έδειξε ότι το μείγμα, που περιείχε 20% βιοντίζελ, έδωσε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Οι Lue et al. [3] χρησιμοποίησαν ως καύσιμο, μείγματα βιοντίζελ B20 και B30 από υποβαθμισμένα φυτικά έλαια (τηγανέλαια), σε έναν μικρό κινητήρα άμεσης εγχύσεως. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας αυτής, τα μείγματα B20 και B30 έδωσαν υψηλότερες εκπομπές σωματιδιακής ύλης συγκρινόμενες με αυτές του συμβατικού ντίζελ και μάλιστα οι εκπομπές της σωματιδιακής ύλης βγαίνουν αυξανόμενες σε σχέση με την αύξηση της περιεκτικότητας του βιοντίζελ στο μείγμα. Οι Al-Widyan et al. [4] δοκίμασαν διαφορετικά μείγματα βιοντίζελ (B100, B75, B50 και B25) σε έναν μονοκύλινδρο, άμεσης εγχύσεως πετρελαιοκινητήρα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, τα μείγματα, συγκρινόμενα με το συμβατικό ντίζελ, παρουσίασαν υψηλότερο βαθμό απόδοσης, μικρότερη ειδική κατανάλωση και χαμηλότερες εκπομπές όσον αφορά το CO και τους HC. Οι Carraretto et al. [5] παρήγαγαν βιοντίζελ από μείγμα διαφορετικών φυτικών ελαίων (κραμβέλαιου, σογιέλαιου και ηλιέλαιου) με τη μέθοδο της καταλυτικής μετεστεροποίησης, στη συνέχεια το ανάμειξαν σε διαφορετικές αναλογίες με συμβατικό ντίζελ (όπως B20, B30, B50, B70, B80, και B100) και τέλος το δοκίμασαν σε έναν εξακύλινδρο κινητήρα άμεσης εγχύσεως, ο οποίος χρησιμοποιείται σε αστικά λεωφορεία. Από την έρευνά τους προέκυψε ότι καθώς αυξάνεται η αναλογία του βιοντίζελ στο μείγμα, η ισχύς και η ροπή στρέψης παρουσιάζονται ελαφρώς μειωμένες. Συγκεκριμένα, κατά τη δοκιμή με B100, η μείωση αυτή διαμορφώθηκε στο 3 % της μέγιστης ισχύος και στο 5 % της μέγιστης ροπής στρέψης, σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ. Αντιθέτως, η ειδική κατανάλωση καυσίμου εμφανίζεται αυξημένη κατά +16 % σε ολόκληρο το εύρος των στροφών, λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους. Στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν τα πραγματικά μεγέθη του κινητήρα επενέβησαν ρυθμίζοντας κατάλληλα την προπορεία έγχυσης.

Στην Ελλάδα, η χρήση του βιοντίζελ βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο. Οι περισσότερες μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί, αφορούν κυρίως τη μέτρηση των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων μετά την καύση αυτούσιου βιοντίζελ και μειγμάτων του

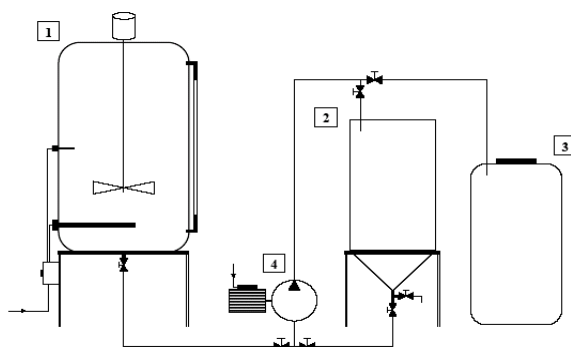
από μικρότερους κινητήρες, που προορίζονται για το σύνολο των επιβατικών οχημάτων, [6]. Επομένως, εύλογα προκύπτει το ερώτημα σχετικά με τις επιπτώσεις των νέων αυτών καυσίμων στους μεγαλύτερους κινητήρες άμεσης εγχύσεως, που χρησιμοποιούνται στα βαρύτερα οχήματα και ιδίως στα αυτοκινούμενα γεωργικά μηχανήματα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετήσει την επίδραση του βιοντίζελ από διαφορετικά φυτικά έλαια (κραμβέλαιο και ηλιέλαιο), καθώς και μειγμάτων τους με συμβατικό ντίζελ, στα ενεργειακά μεγέθη (ισχύς, ροπή στρέψης και ειδική κατανάλωση) του πετρελαιοκινητήρα ενός γεωργικού ελκυστήρα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Παραγωγή βιοντίζελ

Η παραγωγή του βιοντίζελ έγινε σε μικρή κλίμακα, από διαφορετικά φυτικά έλαια, όπως αυτών της ελαιοκράμβης και του ηλιάνθου. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία πειραματική μονάδα παραγωγής [7], η οποία περιλαμβάνει τη συσκευή έκθλιψης ελαιούχων σπόρων (Farmer 10) και έναν αντιδραστήρα μετεστεροποίησης φυτικών ελαίων. Η συσκευή Farmer 10 είναι κατάλληλα σχεδιασμένη για ψυχρή έκθλιψη, χωρίς να προηγηθεί οποιαδήποτε επεξεργασία των σπόρων. Ο κυριότερος μηχανισμός της συσκευής αυτής είναι το πιεστήριο. Επίσης, περιλαμβάνει έναν ηθμό (φίλτρο) για τον καθαρισμό του παραγόμενου λαδιού, μία αντλία κυκλοφορίας του λαδιού και μία σειρά πλαστικών δοχείων, για την τοποθέτηση των ελαιούχων σπόρων, την ιζηματοποίηση και την αποθήκευση του καθαρού λαδιού. Ο αντιδραστήρας μετεστεροποίησης φυτικών ελαίων (Σχήμα 1) είναι μία ιδιοκατασκευή σχετικά χαμηλού κόστους, η οποία αποτελείται από ένα μεταλλικό δοχείο θέρμανσης του λαδιού (1), ένα ανοξείδωτο κωνικό δοχείο μείξης/ στράγγισης (2), ένα πλαστικό δοχείο αποθήκευσης του παραγόμενου βιοντίζελ (3), μία φυγοκεντρική αντλία (4), ελαστικούς αγωγούς και ένσφαιρους χειροκίνητους διακόπτες.

Η παραγωγή του βιοντίζελ έγινε με τη μέθοδο της καταλυτικής μετεστεροποίησης. Ως αλκοόλη χρησιμοποιήθηκε η μεθανόλη (CH_3OH) λόγω χαμηλότερου κόστους και ως καταλύτης χρησιμοποιήθηκε το NaOH . Οι ιδιότητες του παραγόμενου βιοντίζελ ελαιοκράμβης και ηλιάνθου καθώς και των μειγμάτων τους με συμβατικό ντίζελ αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν βάσει του ευρωπαϊκού πρότυπου EN 14214 και του αμερικανικού ASTM D-6751 (Πίνακας 1).



Σχήμα 1. Ο αντιδραστήρας μετεστεροποίησης φυτικών ελαίων.

Πίνακας 1. Ιδιότητες του συμβατικού ντίζελ, βιοντίζελ και των μειγμάτων τους.

Ιδιότητες	Βιοντίζελ ελαιοκράμβης	Βιοντίζελ ηλιάνθου	Ντίζε
-----------	------------------------	--------------------	-------

	B5	B30	B50	B100	B5	B30	B50	B100	λ
Θερμογόνος δύναμη [MJ/kg]	42,79	41,67	39,88	36,33	42,01	41,72	39,12	35,83	43,30
Ιξώδες στους 40°C [mm ² /s]	4,63	5,23	5,35	5,83	4,52	4,64	5,70	6,18	3,47
Πυκνότητα στους 15°C [g/cm ³]	0,844	0,862	0,871	0,895	0,851	0,864	0,874	0,898	0,831

2.2. Πετρελαιοκινητήρας και συσκευές μέτρησης

Προκειμένου να αποκτηθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τις ανεπάρκειες από τη χρήση του βιοντίζελ ως υποκατάστατο καύσιμο του συμβατικού ντίζελ, πραγματοποιήθηκε σειρά δοκιμών επί του πετρελαιοκινητήρα άμεσης εγχύσεως του γεωργικού ελκυστήρα ZETOR 7745. Ο συγκεκριμένος ελκυστήρας ελέγχθηκε εκ των προτέρων και διαπιστώθηκε ότι ήταν σε άριστη τεχνική κατάσταση. Επίσης θα πρέπει να τονιστεί ότι στο συγκεκριμένο πετρελαιοκινητήρα δεν έγινε καμία απολύτως μετατροπή. Στον Πίνακα 2 δίνονται τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Η πειραματική διαδικασία προέβλεπε διαφορετικές ομάδες δοκιμών: με συμβατικό ντίζελ, με αυτούσιο βιοντίζελ φυτικών ελαίων (B100) όπως κραμβέλαιο (μη ραφινάρισμένο) και ηλιέλαιο (ραφινάρισμένο) και μειγμάτων συμβατικού ντίζελ με βιοντίζελ στις αναλογίες των B5, B30 και B50.

Η μέτρηση των βασικών παραμέτρων του κινητήρα έγινε επί του άξονα του δυναμοδότη (PTO) του γεωργικού ελκυστήρα, με τη βοήθεια του ηλεκτρικού δυναμόμετρου FROMENT XT200. Όλες οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τον κώδικα Νο 2 του OECD (Organization for Economics Cooperation and Development). Οι σταθερές στροφές του δυναμοδότη, που επιλέχθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια των δοκιμών, ήταν 540 min⁻¹, ενώ ο κινητήρας λειτουργούσε με τη μέγιστη παροχή καυσίμου. Η επιλογή των κύριων και δευτερευόντων φορτίων, καθώς και η ανάγνωση των ενδείξεων γινόταν με τη βοήθεια του ψηφιακού οργάνου του δυναμόμετρου.

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά του πετρελαιοκινητήρα

Τύπος πετρελαιοκινητήρα	Z 7701 T
Ονομαστική ισχύς (ISO 1585)	57 kW
Ονομαστικός αριθμός στροφών	2200 min ⁻¹
Ροπή στρέψης στις 1590 min ⁻¹	285,3 Nm
Ειδική κατανάλωση	245 g/kW·h
Αριθμός κυλίνδρων	4
Κυβισμός	3923 cm ³
Σύστημα ψύξης	Υδρόψυκτο
Σύστημα πλήρωσης	Υπερπλήρωση με στροβιλοσυμπιεστή

2.3. Μεθοδολογία υπολογισμού πραγματικών μεγεθών πετρελαιοκινητήρα

Είναι προφανές ότι πολλαπλασιάζοντας τη δύναμη πέδησης που φορτίζει τον άξονα εξόδου με την ακτίνα αυτού προκύπτει η ροπή πέδησης. Επομένως, η ροπή πέδησης είναι ίση με τη ροπή στρέψης με την οποία ο κινητήρας αναγκάζει σε περιστροφή τον άξονά του. Σύμφωνα, με τον κατασκευαστή του δυναμόμετρου [8] η ροπή στρέψης (M_d) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$M_d = \frac{N_e \times 9549}{n} \quad (1)$$

Όπου: M_d είναι η ροπή στρέψης [Nm], N_e είναι η πραγματική ισχύς [kW] και n είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα [rpm].

Ανάγοντας την πραγματική ισχύ που αποδίδει ένας πετρελαιοκινητήρας καταναλώνοντας συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμου στη μονάδα του χρόνου, προκύπτει το μέγεθος της πραγματικής ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (m_e). Στην αγγλοσαξονική βιβλιογραφία, η πραγματική ειδική κατανάλωση καυσίμου αναφέρεται ως "brake specific fuel consumption (bsfc)", δηλαδή κατανάλωση καυσίμου ανηγμένη (ειδική) στην ισχύ που προσδιορίζεται σε πέδη και ορίζεται από τη σχέση:

$$m_e = \frac{m_b \times 1000}{N_e} \quad (2)$$

Όπου: m_e είναι η πραγματική ειδική κατανάλωση καυσίμου [g/kWh], m_b είναι η ωριαία κατανάλωση καυσίμου [kg/h] και N_e είναι η πραγματική ισχύς [kW].

Η ωριαία κατανάλωση (m_b) εκφράζει την ισχύ που αναπτύσσει ο κινητήρας ανά χιλιόγραμμο καυσίμου που καταναλώνει σε μία ώρα και δίνεται από τη σχέση:

$$m_b = V_b \times \rho \quad (3)$$

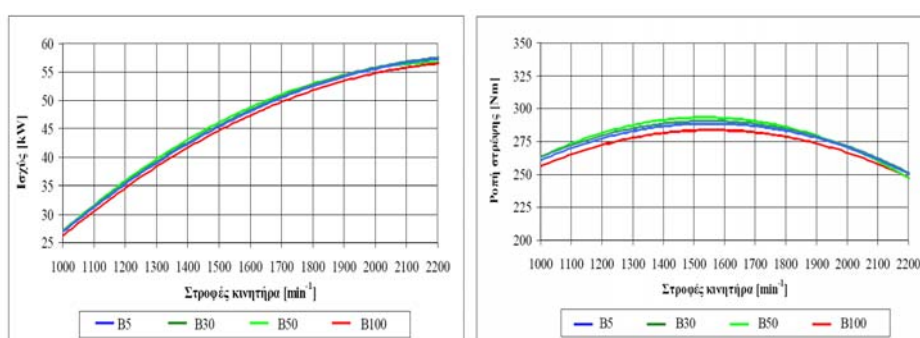
Όπου: m_b είναι η ωριαία κατανάλωση καυσίμου [kg/h], V_b είναι η μέση ωριαία κατανάλωση κατ' όγκο [l/h] και ρ είναι το ειδικό βάρος καυσίμου [kg/l].

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

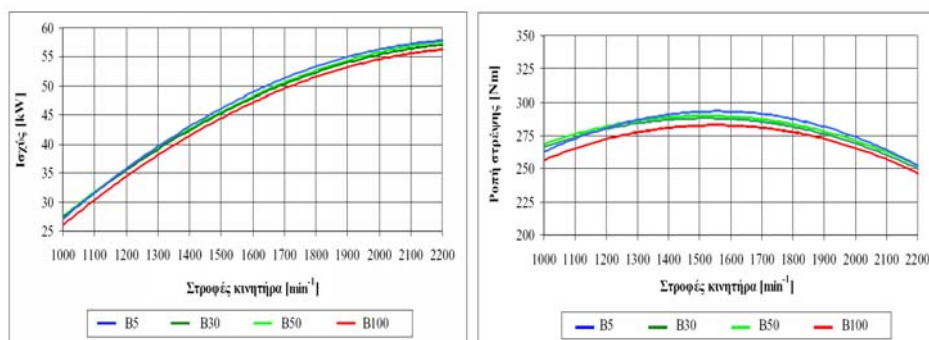
Τα συγκριτικά αποτελέσματα των δοκιμών δίνονται στη συνέχεια υπό τη μορφή χαρακτηριστικών καμπυλών της ισχύος, της ροπής στρέψης και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, σε συνάρτηση των στροφών του κινητήρα.

Στο Σχήμα 2 δίνονται τα διαγράμματα σύγκρισης των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με αυτούσιο βιοντίζελ κραμβέλαιου (B100) και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ, στις αναλογίες των B5, B30 και B50. Οι καμπύλες τόσο της ισχύος όσο και της ροπής στρέψης, για τα μείγματα των B5, B30 και B50, παρουσιάζονται εμφανώς καλύτερες σε σχέση με το αυτούσιο βιοντίζελ B100, σε ολόκληρο το εύρος των στροφών. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών με το βιοντίζελ B5 και B30, η ονομαστική ισχύς μετρήθηκε 56,62 kW, ενώ κατά τη δοκιμή με το βιοντίζελ B100 ήταν 55,83 kW. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προκύπτει μία διαφορά ονομαστικής ισχύος της τάξεως του 0,79 kW ήτοι 1,4 %. Για το βιοντίζελ B50, η μέγιστη ροπή στρέψης που μετρήθηκε ήταν 289,14 Nm στις 1517 min⁻¹ και για το βιοντίζελ B100 ήταν 277,15 Nm στις 1656 min⁻¹. Πρόκειται για μία διαφορά της τάξεως των 11,99 Nm, ήτοι 4,15 %. Η μέγιστη ροπή στρέψης για το αυτούσιο βιοντίζελ (B100) επιτυγχάνεται σε υψηλότερες στροφές, λόγω της αυξημένης ταχύτητας καύσης που παρουσιάζει το βιοντίζελ, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την εργασία των Cardone et al. [9].

Στο Σχήμα 3 δίνονται τα διαγράμματα σύγκρισης των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με αυτούσιο βιοντίζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ, στις αναλογίες των B5, B30 και B50. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι καμπύλες της ισχύος και της ροπής στρέψης για το μείγμα B5 εμφανίζονται να είναι καλύτερες σε σχέση με το καύσιμο B100 και τα άλλα μείγματα των B30 και B50, σχεδόν σε ολόκληρο το εύρος των στροφών. Κατά τη δοκιμή με το βιοντίζελ B5, η ονομαστική ισχύς μετρήθηκε 56,60 kW, ενώ κατά τη δοκιμή με το βιοντίζελ ηλιέλαιου B100 ήταν 55,80 kW. Επομένως, προκύπτει μία διαφορά ονομαστικής ισχύος της τάξεως του 0,80 kW ήτοι 1,40 %. Επίσης, η μέγιστη ροπή στρέψης μετρήθηκε για το μείγμα B5 και ήταν 288,84 Nm στις 1559 min⁻¹ και για το βιοντίζελ B100 ήταν 276,25 Nm στις 1617 min⁻¹. Πρόκειται για μία διαφορά της τάξεως των 12,59 Nm, ήτοι 4,36 %.



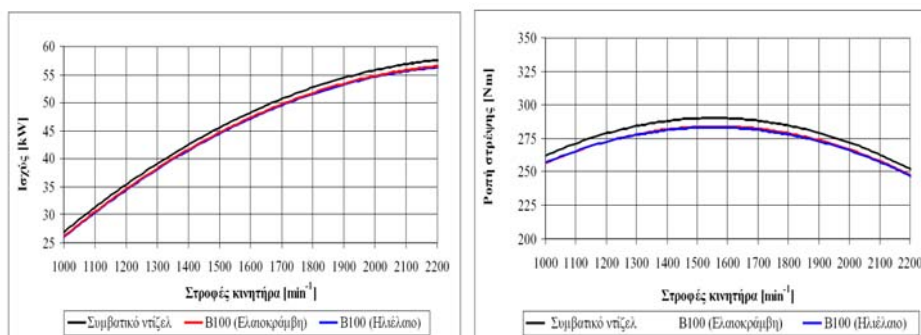
Σχήμα 2. Σύγκριση των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με αυτούσιο βιοντίζελ κραμβέλαιου (B100) και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ στις αναλογίες των B5, B30 και B50.



Σχήμα 3. Σύγκριση των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με αυτούσιο βιοντίζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ στις αναλογίες των B5, B30 και B50.

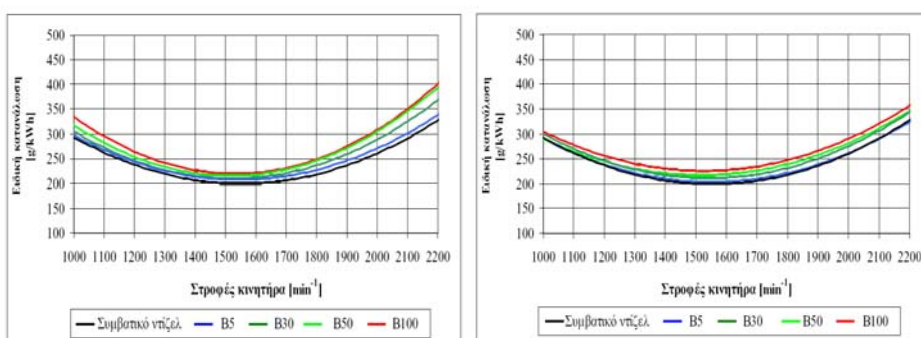
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα σύγκρισης των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με συμβατικό ντίζελ και αυτούσιο βιοντίζελ (B100) κραμβέλαιου και ηλιέλαιου. Είναι φανερό ότι, για τα καύσιμα B100 από κραμβέλαιο και ηλιέλαιο, οι καμπύλες τόσο της ισχύος όσο και της ροπής στρέψης σχεδόν ταυτίζονται σε ολόκληρο το εύρος των στροφών. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, η ονομαστική ισχύς που μετρήθηκε για το συμβατικό ντίζελ ήταν 57,35 kW, για το αυτούσιο βιοντίζελ κραμβέλαιου ήταν 55,83 kW και για το αυτούσιο

βιοντίτζελ ηλιέλαιου ήταν 55,80 kW. Επομένως, το καύσιμο B100 από κραμβέλαιο παρουσιάζει ελάχιστα καλύτερη ονομαστική ισχύ σε σχέση με το B100 του ηλιέλαιου αλλά υπολείπεται της ονομαστικής ισχύος του συμβατικού ντίτζελ κατά 1,52 kW ήτοι 2,65 %. Για το συμβατικό ντίτζελ, η μέγιστη ροπή στρέψης που μετρήθηκε ήταν 291,81 Nm στις 1544 min⁻¹ και για το καύσιμο B100 από κραμβέλαιο ήταν 277,15 Nm στις 1656 min⁻¹. Πρόκειται για μία διαφορά της τάξεως των 14,66 Nm, ήτοι 5,0 %. Επίσης, η διαθέσιμη ροπή του κινητήρα, με βάση τις μετρήσεις της μέγιστης ροπής και της ροπής στην ονομαστική ισχύ υπολογίστηκε στο 16,42 %, όταν ο κινητήρας κινήθηκε με συμβατικό ντίτζελ και για το καύσιμο B100 από κραμβέλαιο υπολογίστηκε στο 13,06 %.



Σχήμα 4. Σύγκριση των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με συμβατικό ντίτζελ και αυτούσιο βιοντίτζελ (B100) προερχόμενο από κραμβέλαιο και ηλιέλαιο.

Τέλος, στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται τα διαγράμματα σύγκρισης των καμπυλών της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου του κινητήρα, όταν αυτός κινείται με συμβατικό ντίτζελ, βιοντίτζελ ελαιοκράμβης (B100), βιοντίτζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτών, στις αναλογίες των B5, B30 και B50. Οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης για το συμβατικό ντίτζελ και τα μείγματα των B5 και B30 σχεδόν ταυτίζονται. Αντιθέτως, οι καμπύλες του βιοντίτζελ B50 και B100 παρουσιάζουν μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση σε ολόκληρο το εύρος των στροφών, λόγω μεγαλύτερου ειδικού βάρους.



Σχήμα 5. Σύγκριση των καμπυλών της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου του κινητήρα, όταν αυτός κινείται με συμβατικό ντίτζελ, βιοντίτζελ ελαιοκράμβης (B100), βιοντίτζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτών στις αναλογίες των B5, B30 και B50.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η χρήση βιοντίζελ Β100 και μειγμάτων με συμβατικό ντίζελ κίνησης είναι δυνατή χωρίς ή με περιορισμένες επεμβάσεις στον πετρελαιοκινητήρα.
2. Η απόδοση των πετρελαιοκινητήρων άμεσης εγχύσεως δεν επηρεάζεται σημαντικά από τη χρήση μεθυλεστέρων διαφορετικών φυτικών ελαίων (κραμβέλαιο και ηλιέλαιο) καθώς και των μειγμάτων τους με συμβατικό ντίζελ (Β5, Β30 και Β50).
3. Η αυξημένη ειδική κατανάλωση του Β100, προερχόμενο είτε από κραμβέλαιο είτε από ηλιέλαιο, οφείλεται κατά κύριο λόγο στο διαφορετικό ειδικό βάρος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς της εργασίας αυτής, θα ήθελαν να ευχαριστήσουν θερμά τις εταιρείες "Η ΔΗΜΗΤΡΑ" Α.Ε. και "ΕΛΙΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ" Α.Ε. για την ευγενική τους χορηγία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Schuchardt, U., Sercheli, R., Vargas, R. M., 1998. Transesterification of Vegetable Oils: A Review. *J. Braz. Chem. Soc.*, 9: 199-210.
2. Agarwal, A. K., Das, L. M., 2001. Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Transaction of the ASME*, 123: 440-447.
3. Lue, Y. F., Yeh, Y. Y., Wu, C. H., 2001. The emission characteristics of a small d.i. diesel engine using biodiesel blended fuels. *J. Environ. Sci. Health*, 36(5): 845-859.
4. Al-Widyan, M. I., Tashtoush, G., Abu-Qudais, M., 2002. Utilization of ethyl ester of waste vegetable oils as fuel in diesel engines. *Fuel Processing Technology*, 76: 91-103.
5. Carraretto, C., Macor, A., Mirandola, A., Stoppato, A., Tonon, S., 2004. Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations. *Energy*, 29: 2195-2211.
6. Karavalakis, G., Tzirakis, E., Stournas, S., Zannikos, F., Karonis, D., 2006. Emissions measurement in a diesel vehicle operated with diesel/ biodiesel blends on a specific driving cycle. *Proceedings of 2nd Conference Environment & Transport incl. 15th Transport and Air pollution*, Reims, France.
7. Γράβαλος, Ι., Γιαλαμάς, Θ., Κουτσοφίτης, Ζ., Κατέρης, Δ., Ξυραδάκης, Π., Λιανός Γ., Τσιρόπουλος, Ζ., 2007. Πειραματική Μονάδα Παραγωγής Βιοντίζελ. *Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 1: 38-44.
8. Froment, N. J., 1996. *Tractor test center operator's manual*. Edition 2.010/2.96, Lincolnshire, United Kingdom, 52 pp.
9. Cardone, M., Prati, M.V., Rocco, V., Senatore, A., 1998. Experimental analysis of performances and emissions of a diesel engines fuelled with biodiesel and diesel oil Blends. *Proceedings of MIS-MAC V*, Roma, Italy.