



Ε.Γ.Μ.Ε.

Εταιρία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Συνεδριακό κέντρο ΤΕΙ Λάρισας
18-20 Οκτωβρίου 2007

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
Βόλος, 10 Οκτωβρίου 2007.

Επιμέλεια πρακτικών: Νικόλαος Κατσούλας,
Γ. Γραμματέας ΕΓΜΕ
Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
τηλ. 2421093249, e-mail: nkatsoul@uth.gr

Επιμέλεια εξώφυλλου πρακτικών και αφίσας συνεδρίου:
Δρ. Χρήστος Καβαλάρης,
ΙΔΑΧ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL
ENGINEERS (HelAgEng)**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

*«Η συμβολή των Γεωργικών Μηχανικών σε μια
ανταγωνιστική γεωργία»*

Λάρισα, 18-20 Οκτωβρίου 2007

Υπό την Αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Συνδιοργάνωση: ΤΕΙ Λάρισας

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Οργανωτική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Γέμτος Θ. Α., Καθηγητής Π.Θ.

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ

Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.

Καβαλάρης Χ., Δρ. Π.Θ.

Καραμούτης Χ., Δρ. Π.Θ.

Λέλλης Θ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Ντιούδης Π., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γράβαλος Ι., Επ. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γιαλαμάς Θ., Καθ. Εφαρμογών, ΤΕΙ Λάρισας

Τούλιος Λ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καλφούντζος Δ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Επιστημονική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Αρβανίτης Κ. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ασημακόπουλος Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βαλιάντζας Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βάλμης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βουγιούκας Στ., Επικ. Καθηγητής ΑΠΘ

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Δημήρκου Ανθ., Αν. Καθηγήτρια Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καλφούτζος Δ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καραντούνιας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ.

Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Λιακατάς Α., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαρτζάνας Θ., Δρ. Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πανώρας Α., Ερευνητής Ι.Ε.Β. ΕΘΙΑΓΕ
Παπαδάκης Γ., Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.ΓΕ.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Συλλαίος Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τούλιος Λ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.
Χουλιάρης Ν., Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας

Κατάλογος αξιολογητών των εργασιών

Αλεξανδρίδης Θ.	Μιμίδης Θ.
Αλεξίου Ι.	Μπαμπατζιμόπουλος Χ
Αντωνόπουλος Β.	Μπαρμπαγιάννης Ν.
Αργυροκαστρίτης Ι.	Μπαρτζάνας Θ.
Βουγιούκας Στ.	Μυγδάκος Ε.
Γέμτος Θ.	Μυστριώτης Α.
Γεωργίου Π.	Νάνος Γ.
Γιαννόπουλος Στ.	Παναγόπουλος Α.
Δομενικιώτης Ι.	Πανώρας Α.
Ελμαλόγλου Σ.	Παπαδάκης Γ.
Θεοχάρης Μ.	Παπαμιχαήλ Δ.
Καλφούντζος Δ.	Πατέρας Δ.
Καραθάνος Β.	Παυλάτου-Βε Α.
Καραμούζης Δ.	Προδρόμου Κ.
Καρυδάς Χ.	Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ.
Κατσούλας Ν.	Σταυρινός Ε.
Κερκίδης Π.	Συλλαίος Ν.
Κιοσέ-Καμπασακάλη Ε.	Τούλιος Λ.
Κίττας Κ.	Τσατσαρέλης Κ.
Κόκκορας Ι.	Τσιούρης Σ
Κωτσόπουλος Σπ.	Φουντάς Σπ.
Λουκάς Α.	Χαλκίδης Η.
Μαρτζοπούλου Χρ.	Ψιλοβίκος Α.
Ματσή Θεοδώρα	

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Χορηγοί του συνεδρίου

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.
- Κ/Ε ΒΕΡΜΙΟΝ ΑΤΕΕ – ΧΑΥΔΑΣ - ΩΡΟΛΟΓΟΠΟΥΛΟΣ ΑΤΕ,
Ρουπακιάς Ι.
- SCIENTACT Α.Ε.
- ΚΑΜΕΛΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.
- ΚΑΡΑΤΖΟΥΝΗΣ ΑΤΕΒΕ
- ΑΓΡΕΚ Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.
- AGROMA, Σ. Πέtkος & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας (Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ.)
- TERRA Α.Ε.
- Ι. Εσκιάδης και ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.
- Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων Ελλάδος
(Ε.ΚΑ.ΓΕ.Μ.)
- Δαλακούρας Γ., Πολιτικός Μηχανικός
- Κούτη Ευτυχία – Κηποτεχνικά.



Πρόλογος

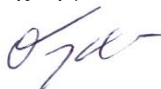
Το 5^ο Εθνικό Συνέδριο της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (ΕΓΜΕ) οργανώνεται στο ΤΕΙ Λάρισας με συνδιοργανωτές το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και το ΤΕΙ Λάρισας. Πολλές συζητήσεις έγιναν για την αναγκαιότητα του συνεδρίου καθώς στους επόμενους οκτώ μήνες θα διεξαχθεί το Ευρωπαϊκό συνέδριο της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών (Ιούνιος 2008 στην Κρήτη), την οργάνωση του οποίου έχει αναλάβει η ΕΓΜΕ. Επικράτησε όμως η άποψη ότι το Εθνικό συνέδριο έχει διαφορετικούς και αυτοτελείς σκοπούς, όπως τη γνωριμία των νέων Ελλήνων ερευνητών που θα τους δοθεί ένα φιλικό βήμα να παρουσιάσουν τις εργασίες, τη γνωριμία των ερευνητικών ομάδων και του έργου τους, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για των επίτευξη των στόχων της Εταιρείας.

Το φετινό συνέδριο πραγματοποιείται μετά από μια ιδιαίτερα ξηρή χρονιά και ένα ιδιαίτερα θερμό καλοκαίρι που προκάλεσε σημαντικές ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες αλλά και στα δασικά οικοσυστήματα πολλών περιοχών της χώρας. Οι κλιματικές αλλαγές κάνουν έντονη την παρουσία τους και στη χώρα μας. Η εταιρεία μας έχει να παίξει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια της άμβλυνσης των αρνητικών τους επιπτώσεων. Η διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία και πολλές από τις εργασίες του συνεδρίου δίνουν νέες ιδέες και λύσεις. Η εκμηχάνιση της γεωργίας συμβάλλει στη διατήρηση μιας οικονομικά βιώσιμης γεωργίας στη χώρα μας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, που τόσο ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντική συμβολή στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της γεωργίας της χώρας, στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων προσφέρουν οι εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη γεωργία, η τεχνολογία των καλλιεργειών υπό κάλυψη και η συντήρηση και μεταποίηση των προϊόντων. Θεωρούμε ότι το 5^ο Συνέδριο θα συμβάλλει ουσιαστικά στην προώθηση κατάλληλων λύσεων στα παραπάνω θέματα.

Στο συνέδριο υπεβλήθησαν 137 περιλήψεις και τελικά έγιναν δεκτές 110 πλήρεις εργασίες που θα παρουσιαστούν προφορικά στις τρεις παράλληλες συνεδριάσεις του συνεδρίου. Πιστεύω ότι το συνέδριο θα ακολουθήσει την επιτυχία των προηγούμενων.

Με την ευκαιρία αυτή θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους αξιολογητές των εργασιών που υπεβλήθησαν και στους συντελεστές της οργάνωσης αυτού του συνεδρίου. Ο Λέκτορας του Π.Θ. κ. Ν. Κατσούλας και ο Δρ. κ. Σπ. Φουντάς διακαίονται τις περισσότερες, καθώς χάρη στην εργασία τους έγινε δυνατή η καλή οργάνωση του συνεδρίου. Ο Αν. Καθηγητής κ. Θ. Λέλλης και η ομάδα του ΤΕΙ Λάρισας είχαν σημαντική συμβολή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους χορηγούς του συνεδρίου.

Ν. Ιωνία, 10 Οκτωβρίου 2007
Ο πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής



Καθηγητής Θ.Α. Γέμτος

Περιεχόμενα

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ19

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΡΙΕΤΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
Μυγδάκος Ε., Πατσιαλή Σ., Αυγουλάς Χ., Μυγδάκος Γ. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΜΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	31
Ε. Γρ. Μυγδάκος ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	44
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος	44
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	52
Ε. Λάμπου, Κ. Ζάννης και Ε. Καραγιάννης ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	58
Κ. Ζάννης, Δ. Μπόχτης, Ε. Λάμπου και Αθ. Καραγιάννης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗΣ ΕΛΞΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕ ΟΜΟΙΩΜΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ	65
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Α. Ανδρέου, Σ. Τσάντζος, Δ. Κατέρης, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Θ. Α. Γέμτος ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	73
Θ. Α. Γιαλαμάς, Ε. Παπαχρήστου, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Χ. Δημητριάδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	80
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α.Τσατσαρέλης, Θ.Α. Γέμτος ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	87
Θ.Α. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ.....	95
Χ. Ι. Δημητριάδης, J. L. Brighton, Ι. Κόκκορας, Ι. Γράβαλος, Θ.Α. Γιαλαμάς ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΟΠΗΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΟΡΤΟΥ	103
Χ.Κ. Κοτσακιώτη, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ..	111
Α.Γ. Ντιρογιάννης, Ι.Γ. Αμπατζίδης, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ.....	119
Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Χρ. Παπανικολάου, Ν. Νάνμος, Β. Βλάχος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	127
Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελοπούλου, Θ.Α. Γέμτος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΙΣΧΥΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ.....	135

Χ. Καραμούτης, Χ. Καβαλάρης, Δ. Παράφορος, Ο. Παπαδοπούλου, Κ. Κολιπέτσας και Θ.Α. Γέμτος	
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΟΡΑΣ	143
Α. Π. Δεδούσης, R. J. Godwin	
Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	152
Α. Νάτσης, Θ. Γέμτος, Ε. Μυγδάκος, Η. Νάτσης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	163
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΗΤΑ PROBE ML2 ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	165
Γ. Κάργας, Α. Σγουμποπούλου, Β. Φασούλη και Π. Κερκίδης	
ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	173
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Παπανικολάου και Σ. Πατελοδήμου	
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.....	181
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Α. Δημοπούλου, Θ. Βούλγαρης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΛΟΓΩ ΒΑΘΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ	189
Ε. Διαμαντόπουλος, Σ. Ελμαλόγλου	
ΑΠΛΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΚΟΡΕΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	196
Α. Λουκάς	
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΣΕΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	205
Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	213
Π. Βύρλας και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ.....	221
Β. Αντωνόπουλος, Ε. Λεκάκης και Α. Παυλάτου-Βε	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΟΡΥΖΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ GLEAMS	229
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Β.Γ. Ασχονίτης, Μ.Η. Rahil, Ε.Η. Λεκάκης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	237
Β. Αντωνόπουλος, Β. Λίτσкас, Β. Ασχονίτης και Σ. Τσιούρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	245
Μ. Θεοχάρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	253
Μ. Θεοχάρης	
ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΦΡΕΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΦΡΕΑΤΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	262
Δ.Ν. Καραμούζης και Π.Ε. Γεωργίου	

ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Ν. ΚΑΛΥΜΝΟΥ	270
Δ. Κ. Καρπούζος	
Η ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΩΣ ΜΕΤΡΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ	
ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	280
Ε. Σταυρινός	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΣΤΡΕΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΕ GIS ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	288
Αγ. Φιλίντας, Π. Ντιούδης, Θ. Λέλλης, Αρ. Παπαδόπουλος και Ι. Χατζόπουλος	
ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ	
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	296
Β. Άμπας, Ε. Μπαλτάς και Δ. Παπαμιχαήλ	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ	
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	304
Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΟΝ ΧΕΙΜΑΡΡΟ	
ΛΥΚΟΡΡΕΜΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	312
Κ. Σούλης, Ν. Δέρκας, Ι. Δ. Βαλιάντζας	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΠΗΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ	
ΚΑΛΥΨΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	320
Σ. Κωτσόπουλος, Ι. Αλεξίου, Φ. Λόκκας, Γ. Γραβάνης και Σ. Μαγαλιός	
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ	
ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60	328
Ν. Δέρκας, Π. Λόντρα και Α. Καραμάνος	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WAVE	337
Ι. Αλεξίου, Δ. Παπαμιχαήλ και Β. Αντωνόπουλος	
PLEIADES –ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	345
Α. Μπλάντα, Χ. Δομενικιώτης και Ν. Δαλέζιος	
ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ	
ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ RDI	353
Γ. Τσακίρης, Δ. Τίγκας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	362
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ ΦΩΤΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ...	364
Ι. Κυρίκου, Δ. Μπριασούλης και Μ. Χισκάκης	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ..	372
Γ. Ντίνας, Π. Κούγιας, Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ CO ₂	
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	380
Δ. Βαφειάδης, Μ. Μπότας, Χ. Παπαμάνθος και Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	387
Ι. Λυκοσκούφης, Γ. Μαυρογιαννόπουλος	
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ	
ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΟ ΠΕΡΑΤΟ ΠΕΤΑΣΜΑ	395
Α. Γιαννούλης, Α. Μυστριώτης και Δ. Μπριασούλης	

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	403
I. Λ. Τσιρογιάννης, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας και Δ. Σάββας	
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	411
Βέντζας Δ., Παναγιωτίδη Αικ.	
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΤΟΞΩΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	421
Κ. Μπαξεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας, Δ. Φειδαρος, Κ. Κίττας	
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	429
N. Tadj, Θ. Μπαρτζάνας, B .Draoui και Κ. Κίττας	
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	437
Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας	
ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ	445
Κ. Κίττας, Γ. Δημόκας και Μ. Tchamitchian	
ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	453
Γ. Δημόκας, Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας και Ν. Δημόκας	
ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ	462
Ν. Κατσούλας, Κ. Πεπονάκης, Δ. Πετσάνη, Κ. Κίττας	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΓΟΝΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	469
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Χ. Μανωλαράκη, Θ. Μπαρτζάνας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΛΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	478
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ	480
Κ. Π. Προδρόμου και Χ. Λάκης	
ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΗΜΩΝ Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ	487
Φ. Παπαδόπουλος, Α. Παπαδόπουλος και Π. Τζιαχρή	
ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Cd ΚΑΙ Cr ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	495
Ε. Ε. Γκόλια , Α. Δημήρκου, Στ. Α. Φλωράς, Κ. Παπαδήμας, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΜΑΚΡΟ- ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ, ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ.	503
Α. Δημήρκου, Ε. Ε. Γκόλια , Στ. Α. Φλωράς, Χ. Ηλιόπουλος, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	511
Ν. Χουλιαράς, Φ. Γραβάνης, Η. Αναστασόπουλος, Ι. Βασιλάκογλου, Ν. Γκουγκουλιάς, Ι. Βαγγέλας, Α. Τσιτσιγιάννης και Ε. Βογιατζή	

Η ΕΠΟΧΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (BioP), ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ - ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ	519
Σιήμης Α. και Παυλάτου –Βε Α. Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΥΖΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	527
Αλαμάνου Μ., Παυλάτου-Βε Α., Ασκονίτης Β., Λίτσας Β. και Αντωνόπουλος Β. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΠΡΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ALFISOL ΚΑΙ VERTISOL	535
Κ. Π. Παναγιωτόπουλος και Γ. Τσολάκη	
ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	542
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΜΕΣΩ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	544
Α. Άνθης, Ι. Βαφειάδης ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ Χ. Ζαραγκότας, Α. Λουκάς, Λ. Βασιλειάδης και Π. Μήτσιου ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ	550 558
Γ.Τζαμπύρας, Α.Λουκάς και Λ.Βασιλειάδης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	566
ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	568
Α. Καραγιάννης, Ε. Λάμπου και Π. Καραρίζος ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΡΕΣΠΩΝ	575
Γ. Σαπουντζάκης, Μ. Γιαμούρη , Α. Παπαγιαννοπούλου, Φ. Παπαδόπουλος και Γ. Παρισόπουλος ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ	583
Β. Ζ. Αντωνόπουλος και Μ. Η. Rahil ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	592
Γ. Τζιαφάς, Χ. Τοπάλογλου, Ο. Χρίστου και Ν. Συλλαίος ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ	600
Ι. Πούλιος, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.	607
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Χ. Σακκάς ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΟΠΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	615
Δ. Φειδαρος, Α. Μπαξεβάνου, Α. Ζαγορίτης, Π.-Ε. Μπίσκα	
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ / ΜΕΤΑΣΥΓΚΟΜΙΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	626

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΨΥΧΡΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ <i>PILAFI DELICIOUS</i> ΚΑΙ <i>GRANNY SMITH</i>	628
Θ. Θεοδωρίδης, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός και Ε. Αραβαντινός-Καρλάτος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	634
Ε. Μανωλοπούλου, Ν. Καπετάνιος, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ».....	642
Ε. Μανωλοπούλου, Θ. Σαμαράς, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ <i>GRANNY SMITH</i> ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ.....	651
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΗΛΩΝ <i>DELICIOUS PILAFI</i> ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	658
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΣΥΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΟΠΩΡΟΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	666
Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Χατζής ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	675
Ν. Πεντάρης, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος, Δ. Μητρόπουλος και Γρ. Λαμπρινός ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	682
Ε. Χατζής, Σ. Ψυχोगιού, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ690

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	692
Εσσάμι Μωχάμεντ, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης και Β. Μπελεσσιώτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ-ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	699
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Γ. Λιανός, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Λέλλης ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΕΛΙΑΣ	707
Π. Ξένος-Κοκολέτσης, Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.....	716
Τσιάνος Ν., Θ. Γέμτος, Χ. Καβαλάρης και Χ. Καραμούτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ (<i>Brassica sp.</i>) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	723
Ι. Ραμνιώτης, Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	731
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ι. Παναγιώτου και Π. Βύρλας ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΥ, ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΤΑΣ ΔΥΟ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	738
Π. Α. Καλαβριώτου και Θ. Α. Γέμτος	

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	746
X. Καβαλάρης, X. Καραμούτης, Π. Καλαβρυώτου και Θ.Α. Γέμτος	
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	754
Α. Μπαλαφούτης, Δ. Μελάς, Α. Νάτσης, Α. Παπαγιαννοπούλου και Γ. Παπαδάκης	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΧΟΙΡΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ CSTR ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ.....	762
Ι. Φωτίδης, Ν. Τσολάκης, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Γ. Μαρτζόπουλος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 9: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ.769

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΩΝ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟ	771
Μ. Βλαχογιάννης, Β. Ιακωβάκης, Θ. Τσιρίκογλου και Δ. Χάχαλης	
ΑΜΑΔΑ: ΜΙΑ ΠΟΛΥΧΡΗΣΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΓΡΩΝ.....	779
Ι. Γράβαλος, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Π. Ξυραδάκης, Δ. Κατέρης, Ε. Ντάφας, Θ. Λέλλης	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	787
Α. Αυγουστής, Μ. Σαπουντζής, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης	
ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΟΠΩΡΟΦΟΡΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID	795
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Σ.Γ. Βουγιούκας και Δ.Δ. Μπόχτης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΙΑΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΗΝΟ	803
Νικόλαος Μαλάμος, Γεώργιος Παγανέλης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SLURP ΚΑΙ GIS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ	812
Π.Ε. Γεωργίου, Γ. Γεωργούλιας, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Μ.Ι. Διαμαντοπούλου	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	821
Δ.Δ. Μπόχτης, Σ.Γ. Βουγιούκας, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης	
ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	829
Σ. Γ. Βουγιούκας	
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	835
Κατσαλής Κ., Ξενάκης Α., Σακαλλερίου Α., Κίκριας Π.	
ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	843
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Γ.Σ. Τζελέπης και Σ.Γ. Βουγιούκας	
ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΑΓΡΟΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	850
Σ. ΜΟΥΡΤΖΙΝΗΣ, Σ. ΦΟΥΝΤΑΣ, Θ. ΓΕΜΤΟΣ	
ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΕΣ ΜΗΛΙΑΣ.....	858
Α. Δ. Αγγελόπουλου, Σ. Blackmore, Σ. Φουντάς, Θ. Α. Γέμτος και Γ. Δ. Νάνος	

ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	866
Α. Τάνος, Α. Αγγελοπούλου, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος, Γ.Δ. Νάνος και Α. Χατζηνίκος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΟΠΗΣ ΧΟΡΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	874
Δ. Μπόχτης, H.W. Griepentrog, Σ. Βουγιούκας, N.A. Andersen ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ SPOT 5 ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ	882
Λ. Τούλιος, Δ. Δουδουμοπούλου, Μ. Τούλιος, και Δ. Χατζημιτσής ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΕ ΚΕΛΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΕΥΘΕΩΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	890
Αικατερίνη Α. Μπαξεβάνου, Δημήτριος Κ. Φείδαρος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ.....	898
Τρέσσος Κ.Δ., Ανδρέου Ι.Α., Blackmore S. , Φουντάς Σ., Γέμτος Θ.Α.	

Κατάλογος Συγγραφέων

Αγγελοπούλου	A.	Δημοπούλου	K.
Αλαμάνου	M.	Διαμαντόπουλος	E.
Αλεξίου	Δ.	Διαμαντοπούλου	M.I.
Αλεξίου	I.	Δομενικιώτης	X.
Άμπας	B.	Δουδουμοπούλου	Δ.
Αμπατζίδης	I.Γ.	Ελμαλόγλου	Σ.
Αναστασόπουλος	H.	Εσσάμ	M.
Ανδρέου	A.	Ζαγορίτης	A.
Άνθης	A.	Ζάννης	K.
Αντωνόπουλος	B.	Ζαραγκότας	X.
Αραβαντινός-Καρλάτος	E.	Ηλιόπουλος	X.
Αραμπατζής	Γ.	Θεοδωρίδη	Θ.
Ασχονίτης	B.	Θεοχάρης	M.
Αυγουλάς	X.	Ιακωβάκης	B.
Αυγουστής	A.	Καβαλάρης	X.
Βαγγέλας	I.	Καλαβρυώτου	Π.
Βαλιάντζας	I.	Καλφούντζος	Δ.
Βασιλάκογλου	I.	Καπετάνιος	N.
Βασιλειάδης	Λ.	Καραγιάννης	A.
Βαφειάδης	Δ.	Καραγιάννης	E.
Βαφειάδης	I.	Καραμάνος	A.
Βέντζας	Δ.	Καραμούζης	Δ.N.
Βλαχογιάννης	M.	Καραμούτης	X.
Βλάχος	B.	Καραρίζος	Π.
Βογιατζή	E.	Κάργας	Γ.
Βουγιούκας	Σ.	Καρπούζος	Δ.
Βούλγαρης	Θ.	Κατέρης	Δ.
Βύρλας	Π.	Κατσαλής	K.
Γέμτος	Θ.	Κατσούλας	N.
Γεωργίου	Π.E.	Κερκίδης	Π.
Γεωργούλιας	Γ.	Κίκιρας	Π.
Γεωργούσης	X.	Κίττας	K.
Γιαλαμάς	Θ.	Κόκορας	I.
Γιαμούρη	M.	Κολιπέτσας	K.
Γιαννούλης	A.	Κοτσακιώτη	X.K.
Γκόλια	E.	Κούγιας	Π.
Γκουγκουλιάς	N.	Κουτσερής	E.
Γράβαλος	I.	Κουτσοφίτης	Z.
Γραβάνης	Γ.	Κυρίκου	I.
Γραβάνης	Φ.	Κωτσόπουλος	Θ.
Δαλέζιος	N.	Κωτσόπουλος	Σ.
Δεδούσης	A.	Λάκης	X.
Δέρκας	N.	Λάμπου	E.
Δημήρκου	A.	Λαμπρινός	Γ.
Δημητριάδης	X.	Λεκάκης	E.H.
Δημόκας	Γ.	Λέλλης	Θ.
Δημόκας	N.	Λιανός	Γ.

Λίτσκας	Β.	Παναγιωτίδη	Α.
Λόκκας	Φ.	Παναγιωτόπουλος	Κ.Π.
Λόντρα	Π.	Παναγιώτου	Ι.
Λουκάς	Α.	Πανώρας	Α.
Λυκοσκούφης	Ι.	Παπαγιαννοπούλου	Α.
Μαγαλιός	Σ.	Παπαδάκης	Γ.
Μαθιουλάκης	Ε.	Παπαδήμας	Κ.
Μαλάμος	Ν.	Παπαδόπουλος	Α.
Μανωλαράκη	Χ.	Παπαδόπουλος	Φ.
Μανωλοπούλου	Ε.	Παπαδοπούλου	Ο.
Μαρτζόπουλος	Γ.	Παπαμάνθος	Χ.
Μαυρογιαννόπουλος	Γ.	Παπαμιχαήλ	Δ.
Μελάς	Δ.	Παπανικολάου	Χ.
Μητρόπουλος	Δ.	Παπαχρήστου	Ε.
Μήτσιοις	Ι.Κ.	Παράφορος	Δ.
Μήτσιου	Π.	Παρισόπουλος	Γ.
Μουρτζίνης	Σ.	Πατελοδήμου	Σ.
Μουσουλιώτης	Α.	Πατσιαλή	Σ.
Μπαλαφουτης	Α.	Πατσιαλής	Κ.
Μπαλτάς	Ε.	Παυλάτου Βε	Α.
Μπαμπατζιμόπουλος	Χ.	Πεντάρης	Ν.
Μπαξεβάνου	Α.	Πεπονάκης	Κ.
Μπαρτζάνας	Θ.	Πετσάνη	Δ.
Μπελεσιώτης	Β.	Πούλιος	Ι.
Μπιλάλης	Δ.	Προδρόμου	Κ.Π.
Μπίσκα	Π.Ε.	Ραμινιώτης	Θ.
Μπλάντα	Α.	Σάββας	Δ.
Μπότας	Μ.	Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	Μ.
Μπόχτης	Δ.	Σακκάς	Χ.
Μπριασούλης	Δ.	Σαμαράς	Θ.
Μυγδάκος	Γ.	Σαπουντζάκης	Γ.
Μυγδάκος	Ε.	Σαπουντζής	Μ.
Μυστριώτης	Α.	Σγουμποπούλου	Α.
Νάνμος	Ν.	Σήμης	Α.
Νάνος	Γ.Δ.	Σκαμαγκούλης	Γ.
Νάτσης	Α.	Σούλης	Κ.
Νάτσης	Η.	Σπανομήτρος	Ι.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου	Χ.	Σταμούλης	Γ.
Ντάφας	Ε.	Σταυρινός	Ε.
Ντίνας	Γ.	Συλλαίος	Ν.
Ντιούδης	Ι.Π.	Τάνος	Α.
Ντιρογιάννης	Α.Γ.	Τζαμπύρας	Γ.
Ξανθόπουλος	Γ.	Τζελέπης	Γ.Σ.
Ξενάκης	Απ.	Τζιαφάς	Γ.
Ξένος-Κοκολέτσης	Π.	Τζιαχρής	Π.
Ξυραδάκης	Π.	Τζιγκούρας	Ι.
Παγανέλης	Γ.	Τίγκας	Δ.

Τοπάλογλου	X.	Φουντάς	Σ.
Τούλιος	Λ.	Φωτίδης	I.
Τούλιος	M.	Χαλασοχώρη	N.
Τρέσσος	K.Δ.	Χατζηγιαννάκης	E.
Τρυπαναγνωστόπουλος	I.	Χατζημιτσής	Δ.
Τσακίρης	Γ.	Χατζής	E.
Τσάντζος	Σ.	Χάχαλης	Δ.
Τσατσαρέλης	K.A.	Χισκάκης	M.
Τσιάνος	N.	Χουλιάρας	N.
Τσιούρης	Σ.	Χρίστου	O.
Τσιρίκογλου	Θ.	Ψυχογιού	Σ.
Τσιρογιάννης	I.Λ.	Blackmore	S.
Τσιρόπουλος	Z.	Brighton	J.L.
Τσιτσιγιάννης	A.	Draoui	B.
Τσολάκη	Γ.	Godwin	R.
Τσολάκης	N.	Griepentrog	H.W.
Φασουλή	B.	Rahil	M.H.
Φεΐδαρος	Δ.	Tadj	N.
Φιλίντας	Θ.Αγ.	Tchamitchian	M.
Φλωράς	Στ.	Tillett	N.

Ενότητα 8:

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας

(109)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

**Εσσάμ Μωχάμεντ¹, Γ. Παπαδάκης¹, Ε. Μαθιουλάκης² και Β.
Μπελεσιώτης²**

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και
Γεωργικής Μηχανικής, 75 Ιερά Οδός 118 55 Αθήνα, *e-mail: esamsh@aua.gr

²Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ», Εργαστήριο
Ηλιακών & άλλων Ενεργειακών Συστημάτων, 15310 Αγ. Παρασκευή Αττικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την πειραματική διερεύνηση ενός συστήματος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αντίστροφης ώσμωσης, που τροφοδοτείτε απευθείας (χωρίς συσσωρευτές) με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ειδική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να φθάσει μέχρι 4.6 kWh/m³ που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του εγκαταστημένο Φ/Β συστήματος και μείωση του κόστος του παραγόμενου νερού που εκτιμήθηκε με 7.8 €/m³.

EXPERIMENTAL STUDY OF A DIRECT COUPLED REVERSE OSMOSIS DESALINATION UNIT WITH PHOTOVOLTAICS

**Essam Sh. Mohamed^{1*}, G. Papadakis¹, E. Mathioulakis² and V.
Belessiotis²**

¹Agricultural University of Athens, Depart. of Natural Resources & Agricultural
Engineering, 75 Iera Odos, Street, GR 11855 Athens, Greece

²National Center for Scientific Research “Demokritos”, Laboratory of Solar and Other
Energy Systems, 153-10 Aghia Paraskevi Attikis, Greece, *e. mail esamsh@aua.gr

ABSTRACT

The objective of this work was to experimentally test a direct coupled reverse osmosis sea water desalination unit equipped with and energy recovery device (ERD) and powered directly (without batteries) with a photovoltaic system. The results showed that the specific energy consumption could be as low as 4.6 kWh/m³ with a cost of produced water of 7.8 €/m³.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλές νησιωτικές και παράκτιες περιοχές υποφέρουν από έλλειψη νερού ή το υπάρχον νερό είναι υποβαθμισμένης ποιότητας (υφάλμυρο). Ταυτόχρονα, στις περισσότερες νησιωτικές περιοχές το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παραγωγή φρέσκου νερού μέσω αφαλάτωσης να έχει επίσης υψηλό κόστος. Όμως στις περισσότερες νησιωτικές περιοχές υπάρχει υψηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό ώστε να προσφέρεται η δυνατότητα συνδυασμού τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) με συστήματα αφαλάτωσης για την παραγωγή φρέσκου νερού. Η λύση αυτή είναι σήμερα τεχνικά και οικονομικά εφικτή αλλά και περιβαλλοντικά αποδεκτή [1].

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την πειραματική διερεύνηση ενός αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με την τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης, που τροφοδοτείται απευθείας (χωρίς συσσωρευτές) με ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από φωτοβολταϊκά πλαίσια (Φ/Β). Το σύστημα αυτό είναι εγκαταστημένο στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η παραγωγικότητα της μονάδα αφαλάτωσης είναι $2.2 \text{ m}^3/\text{day}$ εξοπλισμένη με σύστημα ανάκτησης της υδραυλικής ενέργειας της άλμης για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της εγκαταστημένης ισχύος. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από 18 Φ/Β πλαίσια των 47 W_p , συνδεδεμένα απευθείας με τον κινητήρα της μονάδας αφαλάτωσης. Ο κινητήρας είναι συνεχούς ρεύματος ισχύος 510 W και οδηγεί μία περιστροφική αντλία τροφοδοσίας θετικής μετατόπισης.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η ειδική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί μέχρι 4.6 kWh/m^3 που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του εγκαταστημένου Φ/Β συστήματος και μείωση του κόστους του παραγόμενου νερού που εκτιμήθηκε σε 7.8 €/m^3 . Η εργασία επίσης παρουσιάζει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της απευθείας σύνδεσης με τη συμπεριφορά του συστήματος όταν αυτό τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα μέσω των ηλιακών συσσωρευτών. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα έδειξε χαμηλότερη ειδική κατανάλωση ενέργειας 4.3 kWh/m^3 αλλά υψηλότερο κόστος παραγωγής φρέσκου νερού (8.3 €/m^3) λόγω του αρχικού κόστους αγοράς και του ετήσιου κόστους συντήρησης και λειτουργίας των συσσωρευτών. Συμβατικές μονάδες αφαλάτωσης (χωρίς ανακτητές ενέργειας) έχουν ειδική κατανάλωση ενέργεια 20 kWh/m^3 και κόστος παραγωγής φρέσκου νερού έως και 30 €/m^3 [2].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιγραφή το Φ/Β συστήματος

Το Φ/Β σύστημα αποτελείται από 18 Φ/Β πλαίσια των 47 W_p καθένα. Η συνολική ισχύς αιχμής ανέρχεται σε 846 W_p . Η οργάνωση των Φ/Β πλαισίων σχεδιάστηκε για να επιτύχουμε την κατάλληλη τάση για τον κινητήρα του (24 V), για το λόγο αυτό 2 Φ/Β πλαίσια τοποθετήθηκαν στη σειρά και 9 παράλληλα, βλ. *Πίνακα 1*.

2.2. Περιγραφή του συστήματος αφαλάτωσης

Η μονάδα αφαλάτωσης αποτελείται από:

- Δεξαμενή τροφοδοσίας, η οποία είναι κατασκευασμένη από μαύρο πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, χωρητικότητας 1 m^3 . Στη δεξαμενή αυτή παρασκευάζεται η επιθυμητή αλατότητα του νερού τροφοδοσίας στη μονάδα αφαλάτωσης διαλύοντας χλωριούχο νάτριο σε νερό του δικτύου της πόλης.

- Σύστημα προεπεξεργασίας του νερού τροφοδοσίας που αποτελείται από δύο διαδοχικά φίλτρα πολυπροπυλενίου και κυτταρίνης 25 micron και 5 micron αντίστοιχα.
- Αντλία τροφοδοσίας, Η αντλία τροφοδοσίας αντλεί το νερό από τη δεξαμενή τροφοδοσίας και το οδηγεί προς τη μονάδα ΑΩ μέσω των φίλτρων. Ο κινητήρας της αντλίας είναι συνεχούς ρεύματος ισχύς 510 W, βλ. Πίνακα 2.
- Η αντλία Clark pump, είναι η αντλία υψηλής πίεσης του συστήματος και ταυτόχρονα σύστημα ανάκτησης της ενέργειας από τη γραμμή της άλμης [2].
- Οι μεμβράνες και οι μεμβρανοθήκες, δύο μεμβράνες Filmtec SW30-2540) [3] είναι η καρδιά του συστήματος ΑΩ, διαχωρίζει το εισερχόμενο νερό σε δύο ρεύματα, το αφαλατωμένο και το απορριπτόμενο νερό. Και τα δυο ρεύματα επιστρέφουν στην δεξαμενή τροφοδοσίας. Η μεμβρανοθήκη (σωλήνα υψηλής πίεσης) Code Line είναι. Βλ. Πίνακα 3.

Πίνακας 1. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων

Φωτοβολταϊκά πλαίσια	Arco Solar
Μέγιστη ισχύς (P_{max})	47 Wp
Ρεύμα μέγιστης ισχύος (I_{mpp})	3.3 A
Τάση σημείου μέγιστης ισχύος (V_{mpp})	14.2 V
Ρεύμα βραχυκυκλώματος (I_{sc})	3.9 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc})	22 V
Αριθμός πλαισίων σε σειρά	2
Αριθμός πλαισίων παράλληλα	9

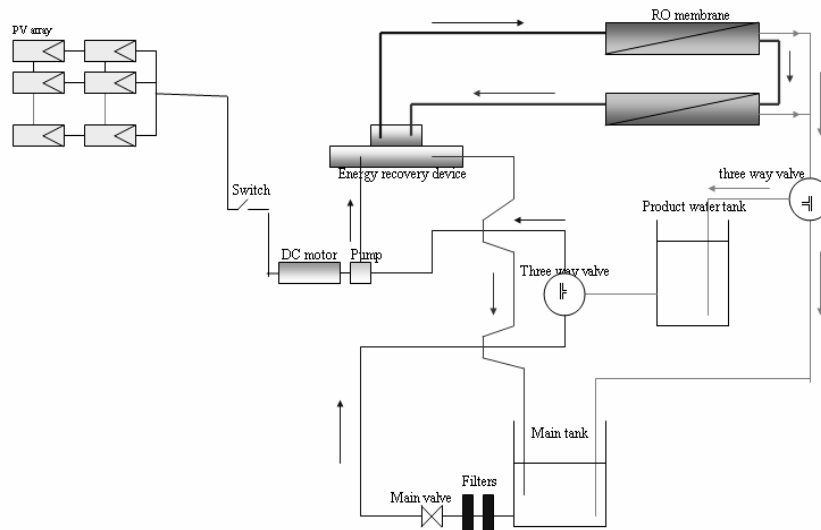
Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα και της αντλίας

Κινητήρα συνεχούς ρεύματος	Drive systems LV74.9
Ισχύ λειτουργίας	510 W
Τάση λειτουργίας	24 V
Μέγιστο ρεύμα	25 A
Ταχύτητα περιστροφής	1500 rpm
Περιστροφική αντλία	Fluid-o-tech PO700
Μέγιστη πίεση	16 bar
Παροχή στα 1450 rpm	800 L/h

Πίνακας 3. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μεμβράνης και της μεμβρανοθήκης

Τύπος μεμβρανοθήκης	Code line
Τύπος μεμβράνης	Filmtec SW 30-2540 σπειροειδούς περιέλιξης
Μέγιστη πίεση	69 bar
Μέγιστη θερμοκρασία νερού	45 °C
Μέγιστη παροχή τροφοδοσίας	1.4 m ³ /h
Παροχή παραγόμενου νερού	83 L/h
Ικανότητα απόρριψη αλάτων	99.2%
Ανάκτηση ενός στοιχείου	8%

Ένα σχηματικό διάγραμμα του συστήματος και ο τρόπος σύνδεσης των διαφόρων συστημάτων απεικονίζεται στο σχήμα 1. Η μονάδα ανάκτησης της υδραυλικής ενέργειας (Clark pump) κατατάσσεται στην πρώτη κατηγορία των ανακτητών.

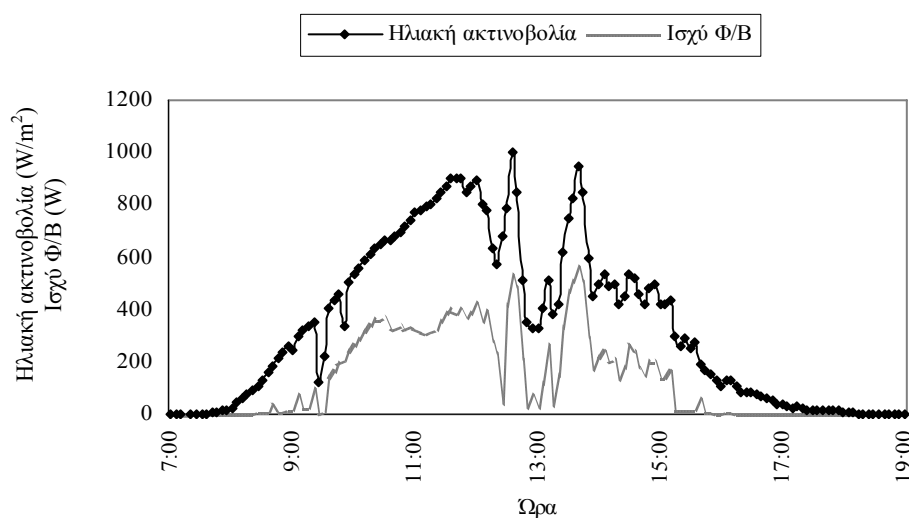


Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία

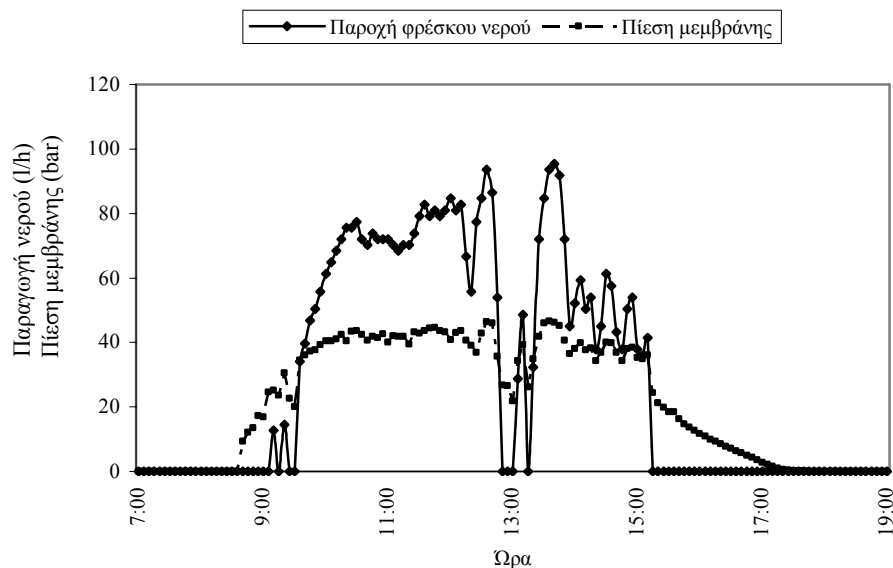
Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η μετρούμενη ολική ηλιακή ακτινοβολία στην Αθήνα και η αντίστοιχη παραγόμενη ισχύς από τα Φ/Β πλαίσια στις 25 Νοεμβρίου 2006. Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία που μετρήθηκε ήταν $4.1 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$. Η καταναλισκόμενη / παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καταγράφηκε να είναι 1.6 kWh/m^2 , δεδομένου ότι η συνολική επιφάνεια του Φ/Β είναι 7.13 m^2 , η απόδοση της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική υπολογίστηκε σε 5.5%, που είναι μια λογική τιμή για Φ/Β πλαίσια ηλικίας 10 ετών με μερική διάβρωση των στοιχείων που τροφοδοτούν σε απευθείας σύνδεση μία θετικής μετατόπισης αντλία. Η αντίστοιχη τιμή για σύστημα με συσσωρευτές είναι 8%.



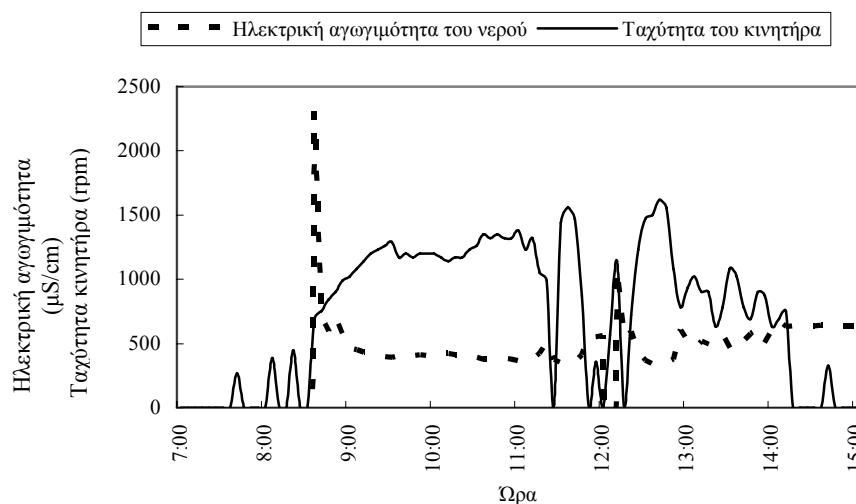
Σχήμα 2. Η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

3.2. Παραγωγή και ποιότητα του παραγόμενου νερού

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 3, η παραγωγή νερού ξεκινά στις περίπου στις 9:10 και συνεχίζεται μέχρι της 15:30. Η συνολική παραγωγή ανέρχεται στις 350 l/d. Η παραγωγή νερού με ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ξεκινά όταν η πίεση μεμβράνης φτάνει στη τιμή 37 bar, κάτι το οποίο συμβαίνει στις 9:40. Βλέπε. Σχήμα 4. Ο μέσος όρος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταγράφηκε να είναι 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια από το κινητήρα ήταν 1.6 kWh/d και ειδική κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε σε 4.6 kWh/m³.



Σχήμα 3. Η παραγωγή φρέσκου νερού και η πίεση της μεμβράνης



Σχήμα 4. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και η ταχύτητα του κινητήρα

3.3. Κόστος του παραγόμενου νερού

Το κόστος του παραγόμενου νερού υπολογίστηκε με βάση την μέθοδο ανάλυσης κύκλου ζωής για το σύστημα με την απευθείας σύνδεση. Το κόστος αυτό συγκρίνεται με ένα σύστημα με συσσωρευτές (300 Ah) και ρυθμιστής φόρτισης. Η οικονομική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τα παρακάτω κριτήρια:

- Επιτόκιο 5%
- Οικονομικό χρόνο ζωής των συσσωρευτών 5 έτη.
- Οικονομικό χρόνο ζωής της μεμβράνης 4 έτη.
- Ίδιες κλιματολογικές συνθήκες

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης φαίνεται στο Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Οικονομικά στοιχεία του συστήματος

	Σύστημα με συσσωρευτές	Σύστημα χωρίς συσσωρευτές
Κόστος επένδυσης (€)	19500	18000
Ετήσιο κόστος (€/y)	2640	2330
Ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh/y)	1380	1380
Ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m ³)	4.3	4.6
Ετήσια παραγωγή νερού (m ³ /y)	321	300
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm)	350	390
Κόστος νερού (€/m ³)	8.3	7.8

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η απόδοση χρήσης της ηλιακής ενέργειας στα συστήματα με συσσωρευτές είναι μεγαλύτερη, για αυτό το λόγο το μέγεθος του Φ/Β συστήματος θα είναι και μικρότερο.
- Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην ειδική κατανάλωση ενέργειας. Η απευθείας σύνδεση καταναλώνει 0.3 kWh/m³ παραπάνω από τα συστήματα με συσσωρευτές λόγω μη συμβατότητας της καμπύλης της αντλίας θετικής μετατόπισης με την καμπύλη του Φ/Β.
- Η πρόσθεση μικρού συστήματος αποθήκευσης δεν δικαιολογείται οικονομικά λόγω του υψηλού κόστους αγοράς και αντικατάστασης των συσσωρευτών.
- Η απευθείας σύνδεση των μικρών συστημάτων αφαλάτωσης είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή μέθοδος για παραγωγή νερού σε απομακρυσμένες περιοχές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cheah, S.-F., Photovoltaic Reverse Osmosis Desalination System. 2004. ITN Energy Systems, Inc. Report No. 104: Littleton, USA. p. 44.
2. Essam Sh. Mohamed, G. Papadakis, E. Mathioulakis, V. Belessiotis. 2006. An experimental comparative study of the technical and economic performance of a small reverse osmosis desalination system equipped with a hydraulic energy recovery unit. Desalination, 194: 239-250.
3. Essam Sh. Mohamed, G. Papadakis, E. Mathioulakis, V. Belessiotis. 2005. The effect of hydraulic energy recovery in a small sea water reverse osmosis desalination system; experimental and economical evaluation. Desalination, 184: 241-246.

(112)

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

**Ι. Γράβαλος^α, 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 ηλίανθο, 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. Koutsofitis, 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 βαίνουν 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

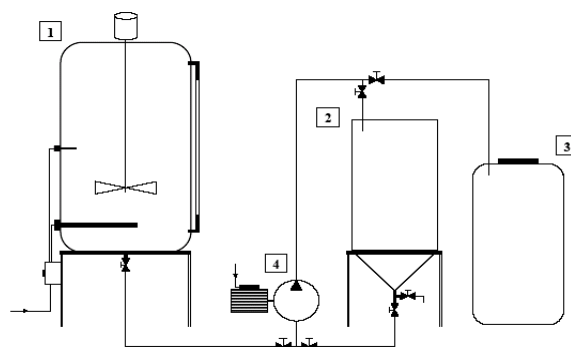
από μικρότερους κινητήρες, που προορίζονται για το σύνολο των επιβατικών οχημάτων, [6]. Επομένως, εύλογα προκύπτει το ερώτημα σχετικά με τις επιπτώσεις των νέων αυτών καυσίμων στους μεγαλύτερους κινητήρες άμεσης εγχύσεως, που χρησιμοποιούνται στα βαρύτερα οχήματα και ιδίως στα αυτοκινούμενα γεωργικά 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	Ντίζελ
-----------	------------------------	--------------------	--------

	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 No 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:

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

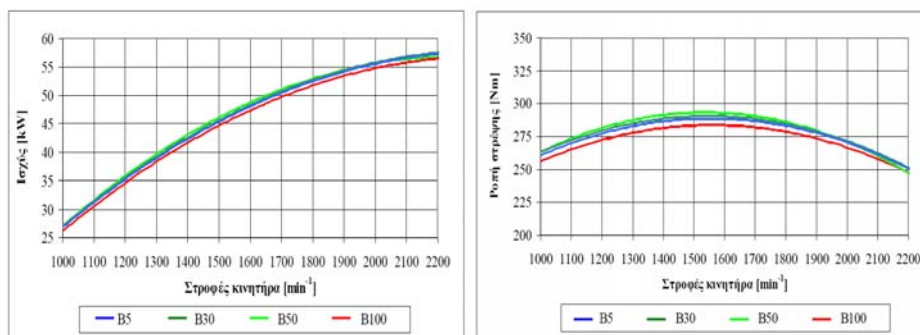
Όπου: m_b είναι η ωριαία κατανάλωση καυσίμου [kg/h], V_b είναι η μέση ωριαία κατανάλωση κατ' όγκο [l/h] και ρ είναι το ειδικό βάρος καυσίμου [kg/l].

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

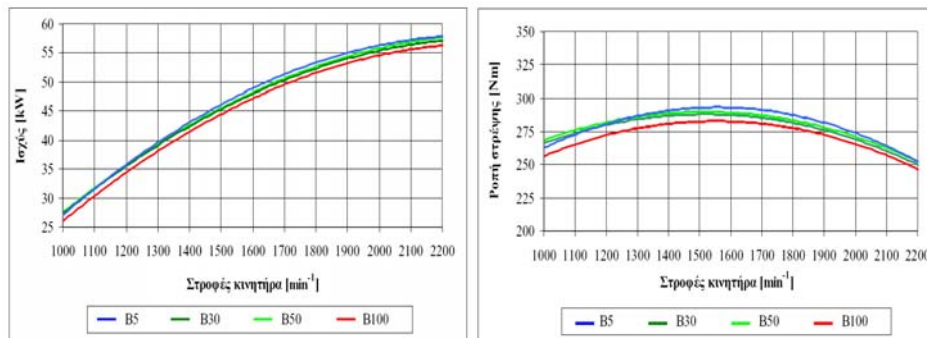
Τα συγκριτικά αποτελέσματα των δοκιμών δίνονται στη συνέχεια υπό τη μορφή χαρακτηριστικών καμπυλών της ισχύος, της ροπής στρέψης και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, σε συνάρτηση των στροφών του κινητήρα.

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 %.



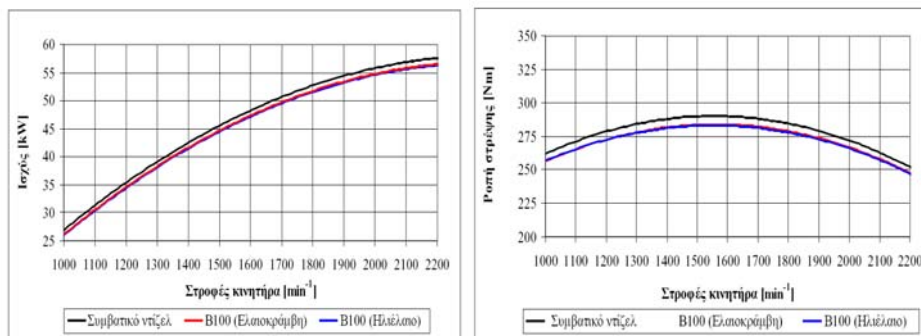
Σχήμα 2. Σύγκριση των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με αυτούσιο βιοντίζελ κραμβέλαιου (B100) και μείγματα αυτού με συμβατικό ντίζελ στις αναλογίες των B5, B30 και B50.



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.

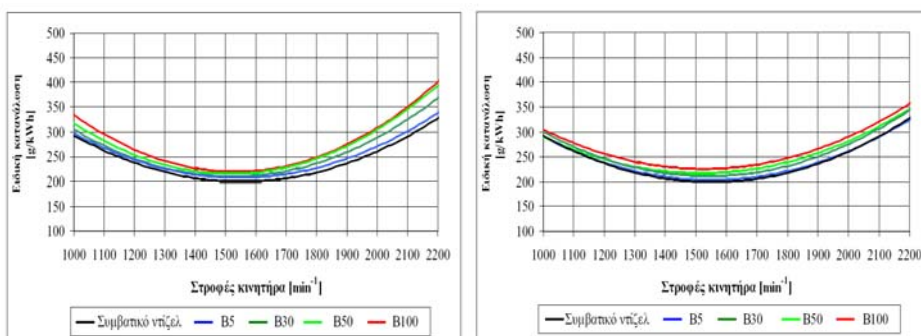
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα σύγκρισης των καμπυλών της ισχύος και της ροπής στρέψης του κινητήρα, όταν αυτός κινήθηκε με συμβατικό ντίζελ και αυτούσιο βιοντίζελ (B100) κραμβέλαιου και ηλιέλαιου. Είναι φανερό ότι, για τα καύσιμα B100 από κραμβέλαιο και ηλιέλαιο, οι καμπύλες τόσο της ισχύος 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

βιοντίζελ 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 ντίζελ κατά 1,52 kW ήτοι 2,65 %. Για το συμβατικό ντίζελ, 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 ντίζελ 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 ντίζελ και αυτούσιο βιοντίζελ (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 ντίζελ, βιοντίζελ ελαιοκράμβης (B100), βιοντίζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτών, στις αναλογίες των B5, B30 και B50. Οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης για το συμβατικό ντίζελ και τα μείγματα των B5 και B30 σχεδόν ταυτίζονται. Αντιθέτως, οι καμπύλες του βιοντίζελ 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 ντίζελ, βιοντίζελ ελαιοκράμβης (B100), βιοντίζελ ηλιέλαιου (B100) και μείγματα αυτών στις αναλογίες των B5, B30 και B50.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η χρήση βιοντίζελ B100 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 (B5, B30 και B50).
3. Η αυξημένη ειδική κατανάλωση του B100, 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., Κοντσοφίτης, 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.

(136)

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΕΛΙΑΣ

Π. Ξένος–Κοκολέτσης, Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855,
Τηλ. 210 5294031–4029, Fax. 210 529 4032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα παραγόμενα υπολείμματα ελαιοκομίας (κλαδοδέματα) στην Ελλάδα, ο υπολογισμός του οικονομικού οφέλους που θα μπορούσε να προκύψει από την αξιοποίηση τους, καθώς και η ανεύρεση τρόπων οργάνωσης και διαχείρισης (management) των κλαδοδεμάτων. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν έδειξαν ότι, τα περιθώρια εκμετάλλευσης των κλαδοδεμάτων σε κάποιες περιοχές, είναι μεγάλα και η χρήση τους μπορεί να βελτιώσει οικονομικά πολλούς τομείς της γεωργίας καταργώντας το κόστος απόρριψης, ενσωμάτωσης ή καύσης και παρέχοντας εναλλακτικές πηγές εσόδων.

UTILIZATION OF THE OLIVE TRIMMING RESIDUES

P. Xenos Kokoletsis, E. Xatzis and G. Lamprinos

A.U.A., Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Iera Odos 75,
11855, Athens. Tel.: 210 5294031–4029, Fax. 210 529 4032

ABSTRACT

The aim of this study was to collect information regarding the olive trimming residues in Greece, the estimation of the financial benefit which could be achieved from the utilization of these residues, as well as ways to manage them. The results of the study revealed that the potential profit in some production areas is considerable and the exploitation of the residues could enhance financially many agricultural sectors, cutting off the cost of disposal or burning of the residues, providing likewise alternative income sources.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν προταθεί ως ένας τρόπος μείωσης της επίδρασης της καύσεως ορυκτών καυσίμων και μείωσης των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου στο περιβάλλον [1].

Ο αντικειμενικός σκοπός της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι η εύρεση βιώσιμων τρόπων ανάπτυξης [2], διαφορετικών από τη σημερινή πρακτική της καύσης ορυκτών καυσίμων και της ανάπτυξης συστημάτων τα οποία να είναι αποδοτικά και ταυτόχρονα φιλικά προς το περιβάλλον [3]. Οι παράγοντες κόστος και διαθεσιμότητα έχουν περιορίσει την ευρεία χρήση των πηγών αυτών μέχρι σήμερα [4].

Όσον αφορά τον παράγοντα κόστος οφείλουν να σημειωθούν τα εξής :

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μιας μονάδας αξιοποίησης ΑΠΕ είναι μεγάλο [5], αλλά η κοινωνική πίεση και οι νέοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί οδηγούν τις κυβερνήσεις όλου του κόσμου να υιοθετήσουν στρατηγικές οι οποίες επιτυγχάνουν ένα είδος ισορροπίας μεταξύ οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών [6]. Δεδομένου του ότι πρόκειται για ένα παγκόσμιο πρόβλημα, διεθνή πρωτόκολλα και συμφωνίες βρίσκονται υπό διαπραγμάτευση πάνω από μια δεκαετία [7].

Μια από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που υπάρχει στην Ελλάδα είναι τα υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών. Τέτοια υπολείμματα συνήθως δεν χρησιμοποιούνται καθόλου και σε ελάχιστες περιπτώσεις υποχρησιμοποιούνται (π.χ. για τη λίπανση)[8], [9].

Η βιομηχανία της ελαιοκομίας είναι μια από τις μεγαλύτερες γεωργικές βιομηχανίες που ανθούν στην Ελλάδα και παράγουν κάθε χρόνο τεράστιες ποσότητες υπολειμμάτων [10], [11], τα οποία κατά το μεγαλύτερο μέρος τους καταστρέφονται (καίγονται στον αγρό). Τα υπολείμματα αυτά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με ελάχιστο επιπλέον κόστος για παραγωγή ενέργειας[12], διότι έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη παραπλήσια με αυτή του λιγνίτη [13], [14].

Με την ελαιοκομία να ανθεί οι παραγόμενες ποσότητες των υπολειμμάτων της αναμένεται αν όχι να αυξηθούν, να παραμείνουν σταθερές. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μπορούν να θεωρηθούν ως μια σταθερή πρώτη ύλη για παραγωγή ενέργειας [15] από μια πηγή αφενός μεν φιλική προς το περιβάλλον αφετέρου δε (άμεσα ή έμμεσα) κερδοφόρα για τους παραγωγούς [16].

Η αξιοποίηση των υπολειμμάτων είναι απαραίτητο να γίνει τόσο προς όφελος των καλλιεργητών, όσο και για περιβαλλοντικό και ενεργειακό όφελος της χώρας.

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να εξυπηρετήσει τους εξής στόχους :

- Τη συλλογή πληροφοριών για τους τρόπους χρήσης των υπολειμμάτων
- Την ανεύρεση τρόπων οργάνωσης και διαχείρισης (management) των κλαδοδεμάτων
- Τον υπολογισμό του οικονομικού οφέλους από την αξιοποίηση των υπολειμμάτων αυτών και τέλος
- Την έρευνα οικονομικής βιωσιμότητας της προτεινόμενης αξιοποίησης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε πλήθος επιστημονικών και τεχνικών δημοσιεύσεων καθώς και στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας και της Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕΑ).

Για την επαλήθευση των στοιχείων της βιβλιογραφίας αλλά και για τη συλλογή ακριβέστερων και αξιόπιστων στοιχείων συντάχθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία μοιράστηκαν σε αγρότες που απασχολούνται με την καλλιέργεια της ελιάς στις περιοχές

της Μεσσηνίας, της Εύβοιας και της Ζακύνθου. Το ερωτηματολόγιο αυτό παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ερωτηματολόγιο συγκέντρωσης πληροφοριών.
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΨΥΚΤΙΚΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΙΕΡΑ ΟΔΟΣ 75, ΒΟΤΑΝΙΚΟΣ, 11855, ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ.: 210-5294042, 210-5294035 FAX:210-5294032, 210-5294035
e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ:.....
ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ:.....
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ ΠΟΥ ΣΥΛΛΕΓΕΤΑΙ ΕΤΗΣΙΩΣ ΣΕ
kg:.....
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΕΤΗΣΙΩΣ ΣΕ
kg:.....
ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΟΠΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΕ
kg:.....
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΟΜΗΣ (ΟΓΚΟΣ) ΠΟΥ ΚΟΠΗΚΕ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ:.....%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΟΜΗΣ ΠΟΥ ΚΟΒΕΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΚΑΘΑΡΟ (ΑΝ
ΓΙΝΕΤΑΙ):.....%
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:.....
.....
.....
Πώς θα βλέπατε μια οργανωμένη πρωτοβουλία συγκέντρωσης των κλαδοδεμάτων
ελιάς για παραγωγή βιομάζας αντί να καίγονται στο χωράφι μολύνοντας την
ατμόσφαιρα;
Συμφωνείται;.....
Εάν ναι, θα συμμετείχατε στην πρωτοβουλία στοιβάζοντας τα κλαδοδέματα δίπλα
στο
δρόμο;.....
.....
Μήπως έχετε κάποια καλύτερη
πρόταση;.....
Υπογραφή

Ονοματεπώνυμο:.....
Διεύθυνση , τηλ.:.....

Από τα στοιχεία του ερωτηματολογίου μπορούν να εκτιμηθούν οι παραγωγικοί
συντελεστές για τις εν λόγω περιοχές καθώς και να εξαχθούν συμπεράσματα για τον
τρόπο κλαδέματος, και να αποτυπωθούν απόψεις των παραγωγών για μια τέτοια κίνηση
καθώς και η διάθεσή τους να συμμετάσχουν σε μια σχετική πρωτοβουλία.

Η συγκεκριμένη εργασία περιορίζεται στον υπολογισμό και την αξιοποίηση μόνο
των κλαδοδεμάτων ως πρώτη ύλη χωρίς να συνυπολογίζονται άλλα παραπροϊόντα της
βιομηχανίας της ελαίας όπως φύλλα και κατσίγαρος, απόβλητα τα οποία σημειώνεται

ότι έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη (27, 68 MJ/kg τα κλαδοδέματα ελαίας) και η διάθεση τους είναι προβληματική.

Στον υπολογισμό του δυναμικού αυτής της ενεργειακής πηγής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες:

- Τα ελαιόδεντρα έχουν συνήθως παραγωγικό κύκλο δύο ετών. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι υπάρχει παραγωγή κλαδοδεμάτων κάθε δεύτερο χρόνο καθώς η παραγωγή, σε όλες τις περιοχές παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις από χρόνο σε χρόνο (ΕΣΥΕ), εφόσον κάποια δέντρα ή βραχίονες του δέντρου παράγουν σε ετήσια βάση.

- Η περίοδος συγκομιδής ελαιών (και κατά συνέπεια και κλαδοδεμάτων) διαρκεί στις περισσότερες περιοχές μέχρι έξη μήνες, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα στη συλλογή, στη διαχείριση και στην αποθήκευση των κλαδοδεμάτων.

Οι δύο αυτοί παράγοντες (παρενιαυτοφορία και εποχικότητα) αποτελούν μέρος του προβλήματος και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο από οικονομικής όσο και από διαχειριστικής απόψεως. Κύριος μηχανολογικός εξοπλισμός για την εκμετάλλευση των κλαδοδεμάτων είναι ο τεμαχιστής (Chipper), μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται για να τεμαχίσει κάθε προϊόν ξύλου σε μικρά ροκανίδια (chip) ή και σε πριονίδι (sawdust).

Στην οικονομική αξιολόγηση που έγινε εξετάστηκαν δύο σενάρια. Το πρώτο αφορούσε σταθερό τεμαχιστή τοποθετημένο σε σημείο κοντά στον αποθηκευτικό χώρο, ενώ το δεύτερο σενάριο περιελάμβανε μηχάνημα που θα φέρεται στο υδραυλικό σύστημα του ελκυστήρα, τα δε επί τόπου παραγόμενα ροκανίδια θα φορτώνονται σε πλατφόρμα και θα μεταφέρονται στον χώρο αποθήκευσης. Και οι δύο περιπτώσεις, δεν υπερκαλύπτουν τις ανάγκες σε τοπικό επίπεδο. Στην πρώτη περίπτωση (σταθερά τοποθετημένος τεμαχιστής), στο κόστος περιλαμβάνεται και κινητήρας diesel 30 ίππων ο οποίος είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του μηχανήματος. Στο δεύτερο σενάριο ο διαθέσιμος ελκυστήρας είναι 50 HP. Για την επένδυση θα πρέπει να κατασκευαστεί αποθηκευτικός χώρος, όγκου τουλάχιστον 500 m³ με ελάχιστο κόστος 15.000 ευρώ. Τα λειτουργικά έξοδα αφορούν εργαζόμενους, καύσιμα και συντήρηση εγκαταστάσεων και εξοπλισμού.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους Πίνακες 2 και 3, φαίνονται οι αποσβέσεις και οι τόκοι του κεφαλαίου στην περίπτωση τεμαχιστή σταθερά τοποθετημένου και τεμαχιστή φερόμενου στον ελκυστήρα αντίστοιχα.

Πίνακας 2: Αποσβέσεις και τόκοι κεφαλαίου, με τεμαχιστή σταθερά εγκατεστημένου (με κινητήρα).

	Κόστος (ευρώ)	Χρόνος ζωής (έτη)	Ποσοστό χρήσης (%)	Απόσβεση (ευρώ)	Επιτόκι ο (%)	Τόκοι κεφαλαίου υ (ευρώ)	Σύνολο ο (ευρώ)
Κτίρια	15.000	20	100	750	6	900	1.650
Ελκυστήρας	60.000	20	25	750	6	900	1.650
Τεμαχιστής	8.300	10	100	830	6	498	1.328
Πλατφόρμα	3.000	20	25	37.5	6	45	83
ΣΥΝΟΛΟ	4.711 ευρώ/ έτος						

Στη δεύτερη περίπτωση, του φερόμενου τεμαχιστή, οι αποσβέσεις και οι τόκοι του κεφαλαίου είναι αυξημένοι κατά 29% και πιο συγκεκριμένα κατά 1.364 ευρώ/έτος.

Πίνακας 3: Αποσβέσεις και τόκοι κεφαλαίου, με φερόμενο τεμαχιστή.

	Κόστος (ευρώ)	Χρόνος ζωής (έτη)	Ποσοστό χρήσης (%)	Απόσβεση (ευρώ)	Επιτόκιο (%)	Τόκοι κεφαλαίου(ευ ρώ)	Σύνο λο (ευρ ώ)
Κτίρια	15.000	20	100	750	6	900	1.65 0
	60.000	20	50	1.500	6	1.800	
Ελκυστήρας	6.000	10	100	600	6	360	3.30 0
Τεμαχιστής	3.000	20	50	75	6	90	
Πλατφόρμα							960
							165
ΣΥΝΟΛΟ	6.075 ευρώ/ έτος						

Τα λειτουργικά έξοδα, φαίνονται στον Πίνακα 4. Συγκεκριμένα, το κόστος των εργατικών αντιπροσωπεύει στην περίπτωση του σταθερού τεμαχιστή το 56% των συνολικών ετήσιων λειτουργικών εξόδων, ενώ στην περίπτωση που ο τεμαχιστής είναι φερόμενος, τα εργατικά αντιστοιχούν στο 39.6%.

Πίνακας 4: Λειτουργικά έξοδα για διάρκεια μιας περιόδου.

Λειτουργικά έξοδα Σταθερός τεμαχιστής Φερόμενος τεμαχιστής		
Καύσιμα		
:Ελκυστήρας	2.592	10.800
:Τεμαχιστής	6.480	0
Εργαζόμενοι	14.400 (2 άτομα με ημερομίσθιο 40ευρώ)	9.000 (1 άτομο με ημερομίσθιο 50 ευρώ)
Συντήρηση κτιρίων	150 (1% του κόστους κατασκευής)	150 (1% του κόστους κατασκευής)
Συντήρηση μηχανημάτων		
:Ελκυστήρας	518	2.160
:Τεμαχιστής	1296	600
Λοιπά έξοδα	200	200
Συνολικά λειτουργικά έξοδα :25.636 : 22.710		

Στον Πίνακα 5 φαίνεται το συνολικό κόστος παραγωγής ροκανιδιών όπου γίνεται εμφανές ότι στην περίπτωση που ο τεμαχιστής είναι φερόμενος το συνολικό κόστος παραγωγής ροκανιδιών είναι μικρότερο.

Πίνακας 5: Συνολικό κόστος παραγωγής ροκανιδιών.

<i>ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΚΑΝΙΔΙΩΝ</i>		
Σταθερός τεμαχιστής Φερόμενος τεμαχιστής		
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	1.650	1.650
Κτίρια	1.650	3.300
Ελκυστήρας	1.328	960
Τεμαχιστής		
	83	165
Πλατφόρμα		
Σύνολο αποσβέσεων	4.711 ευρώ/ έτος	6.075 ευρώ/ έτος
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ		
Κάυσιμα	9.072	10.800
Εργαζόμενοι	14.400	9.000
Συντήρηση κτιρίων	150	150
Συντήρηση μηχανημάτων	1.814	2.760
Λοιπά έξοδα	200	200
Συνολικά λειτουργικά έξοδα	25.636 ευρώ/ έτος	22.910 ευρώ/ έτος
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	30.347 ευρώ/ έτος	28.985 ευρώ/ έτος

Η δυναμικότητα του τεμαχιστή είναι 4 m³ (1 t) ροκανιδιών η απόδοση σε όγκο είναι ασαφής καλύτερα σε βάρος την ώρα δηλαδή 32–40 m³ (8–10 t) την ημέρα για 8ωρη έως 10ωρη λειτουργία αντίστοιχα. Δεδομένου ότι δεν θα εργάζεται στο μέγιστο των δυνατοτήτων του καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας για διάφορους λόγους όπως ανθρώπινοι παράγοντες, τροφοδοσία καυσίμου (σταθερός τεμαχιστής) αλλαγή θέσης ελκυστήρα για ευκολότερη τροφοδοσία (φερόμενος τεμαχιστής), μη ομαλή και συνεχή τροφοδοσία κ.λ.π., θεωρούμε ότι δεν θα αποδίδει το 100% των δυνατοτήτων του, αλλά το 60%. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κατά μέσο όρο θα έχουμε, στην χειρότερη περίπτωση, 20 m³ (5 t) ροκανιδιών την ημέρα. Άρα το δυναμικό παραγωγής θα είναι 3456 m³ ροκανιδιών ανά έτος (864 τόνοι/έτος). Κατά συνέπεια, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 7, το κόστος των ροκανιδιών θα κυμαίνεται μεταξύ 8.78 και 8.38 ευρώ/m³ (33.55 με 35.87 ευρώ/t) ανάλογα με την μέθοδο.

Το συνολικό κόστος ενός τόνου τσιπς κλαδοδεμάτων κυμαίνεται από 44.6 έως 45.16 ευρώ. Δεδομένου ότι το καυσόξυλο ελιάς πωλείται από τον παραγωγό στην τιμή των 150 ευρώ ο τόνος (250 ευρώ στον καταναλωτή) περίπου, είναι φανερά πλέον τα περιθώρια εκμετάλλευσης των κλαδοδεμάτων που καταλήγουν σε ένα προϊόν (τσιπς) που είναι πολύ πιο εύκολα διαχειρίσιμο.

Επίσης γίνεται σαφές ότι σε όλες τις υπό εξέταση περιοχές οι παραγωγοί βλέπουν θετικά τη συλλογή και απομάκρυνση των παραγόμενων κλαδοδεμάτων από τις εκμεταλλεύσεις τους. Αυτό οφείλεται στο ότι θα απαλλαγούν από την υποχρέωση να τα απομακρύνουν μόνοι τους με ό,τι κέρδη συνεπάγεται αυτό (οι μέχρι σήμερα συνηθισμένες πρακτικές είναι η καύση ή η ενσωμάτωση τους στο έδαφος). Εκτός τούτου, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η απαγόρευση της καύσης των γεωργικών υπολειμμάτων θα οδηγήσει στο να γίνει η λύση της συλλογής και της ενεργειακής αξιοποίησης πιο ελκυστική.

Επίσης, δεδομένου ότι το περιθώριο κέρδους είναι σημαντικό, μπορεί να δοθεί χρηματική αποζημίωση στους παραγωγούς ως επιπλέον κίνητρο για τη συμμετοχή τους σε μια τέτοια πρωτοβουλία.

Πίνακας 6: Παραγόμενη ποσότητα ροκανιδιών, εκτιμώμενη και μέγιστη δυνατή.

<i>Δυναμικό παραγωγής</i>	<i>Εκτιμώμενη</i>	<i>Μέγιστη</i>
	4 m ³ \ ώρα	
Λειτουργία	8ωρη	10ωρη
Απόδοση	60%	100%
Παραγόμενη ποσότητα ροκανιδιών	3.456 m³ \ έτος	7.200 m³ \ έτος
	ή 864 t \ έτος	ή 1.800 t \ έτος

Πίνακας 7: Κόστος παραγωγής ροκανιδιών.

ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΚΑΝΙΔΙΩΝ		
<i>Σταθερός τεμαχιστής Φερόμενος τεμαχιστής</i>		
Αποσβέσεις και τόκοι	4.711 ευρώ/ έτος	6.075 ευρώ/ έτος
Λειτουργικά έξοδα	14.809 ευρώ/ έτος	22.910 ευρώ/ έτος
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	30.347 ευρώ/ έτος	28.985 ευρώ/ έτος
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΡΟΚΑΝΙΔΙΩΝ	3.456 m ³ \ έτος	3.456 m ³ \ έτος
	ή 864 t \ έτος	ή 864 t \ έτος
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΚΑΝΙΔΙΩΝ	8.78 ευρώ \ m³	8.38 ευρώ \ m³
	ή 35.87 ευρώ \ t	ή 33.55 ευρώ \ t

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα εργασία φαίνεται ότι οι αγρότες σε μία εποχή που αναζητούν πηγές πρόσθετες εσόδων μπορούν με την αξιοποίηση των κλαδιών ελιάς να πετύχουν οικονομική βελτίωση πολλών τομέων της γεωργίας, καταργώντας το κόστος απόρριψης, ενσωμάτωσης ή καύσης και παρέχοντας εναλλακτικές πηγές εσόδων και νέες θέσεις εργασίας.

Επειδή η βιομάζα είναι ογκώδης και η μεταφορά της ακριβή, οι εγκαταστάσεις μετατροπής και αναβάθμισής της πρέπει να βρίσκονται στον τόπο παραγωγής.

Από τη βιομάζα μπορεί να εξαρτηθεί σημαντικά η ενεργειακή ασφάλεια πολλών κρατών που στερούνται ενεργειακών πηγών.

Δεδομένου ότι τα ροκανίδια (chips) κλαδοδεμάτων δεν αποτελούν εισαγόμενο καύσιμο, είναι φυσικό πως θα προτιμηθούν στο μέλλον, όχι μόνο για οικονομικούς λόγους αλλά και εθνικούς και κυρίως περιβαλλοντικούς .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Maniatis K., 2004. European Commission Policies for the Promotion of *Bioenergy*, *European Commission*, pp. 317–334.
2. Feehan J., Petersen E., 2004. A Framework of Evaluating The Environmental Impact of Biofuel Use , *European Environment Agency (EEA)* , pp. 151–167.
3. Fulton L., 2004. International Energy Agency (IEA) Biofuel Study – Interim Report: Results and Key Messages so far, *OECD Publication Service*, pp.105 –112.
4. IEA, 2002. Energy policies of IEA countries. Greece 2002 Review
5. Kirjavainen M., Sipila K, Savola T. , Salomon M. , Alakangas E.,2004. Small-scale biomass CHP technologies, OPET Report 12.
6. Mackensen J., 2003. *Bioenergy, Carbon Sequestration and the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol*, UN Environment Programme – Division of Policy Development and Law.
7. Huttner J., 2004. Genencor and Biobased Economy of the Future: an International Biotechnology Company ‘Perspective on Biomass and Agriculture, *OECD Publication Service*, pp 531–537.
8. EUBIONET, 2002. *National Report , Greece* , Altener 4 , 1030\01–1000\2001
9. Mardikis M. , Nikolaou A. , Djouras N. and Panoutsou C., 2004. Agricoultoural Biomass in Greece: Current and Future Trends, *OECD Publication Service*, pp. 363–376.
10. Ξένος–Κοκολέτσης Π.,2007. *Οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής ένωσης και η βιομάζα ως πηγή ενέργειας. Έμφαση στα υπολείμματα κλαδοκάθαρου, Μεταπτυχιακή Διατριβή*, Γ.Π.Α., Σελ. 66.
11. Αποστολάκη Μ. , Κυρίτση Σ. , Σούτερ Χ., 1987. *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας , γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων* , ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα .
12. Drondburg V. and Faaij A., 2001, Efficiency and economy of wood-fired biomass energy systems in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technologies, *Biomass and Bioenergy* Vol. 21, pp. 91 – 108 .
13. Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R., 1998. Combustion properties of
14. biomass. *Fuel Processing Technology* 54(1–3), 17–46.
15. Strehler A., 1999. Technologies of wood combustion, *Ecological Engineering* Vol. 16, S25 S40.

16. Junichi F.,Kenji Y., Hiromi Y., 1999. Biomass–balance table for evaluating bioenergy resources , *Applied Energy* Vol. 63 , pp. 75 – 89.
17. Melvyn F., 2004. An overview of Biomaterials, *OECD Publication Service*, pp 77–88.

(143)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

Τσιάνος Ν., Θ. Γέμτος, Χ. Καβαλάρης και Χ. Καραμούτης.

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Οδός Φυτόκου, 38446 Ν.Ιωνία Μαγνησίας, niktsian@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η στροφή της γεωργίας στις ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι έντονη τα τελευταία χρόνια. Από τα επικρατέστερα ενεργειακά φυτά για τη χώρα μας είναι ο ηλίανθος. Σε ένα πείραμα μελετήθηκαν δυο ποικιλίες ηλίανθου ως προς το φύτευμα, την ανάπτυξη και την απόδοση με πέντε διαφορετικά συστήματα κατεργασίας. Η συμβατική κατεργασία με άροση έδωσε την υψηλότερη απόδοση (445 kg/στρ) ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιούσαν βαρύ καλλιεργητή, περιστροφικό σκαπτικό και δισκοσβάρνα κυμάνθηκαν στα 355, 341 και 332 kg/στρ αντίστοιχα. Οι απώλειες της μηχανοσυλλογής κυμάνθηκαν στα 15,6%.

SOIL TILLAGE EFFECT ON TWO VARIETIES OF SUNFLOWER CROP IN CENTRAL GREECE

Tsianos N., T.A. Gemtos, C. Cavalaris, and C. Karamoutis,

Laboratory of Farm Mechanisation, University of Thessaly, Fytoko street, N.Ionia,
38446 Magnesia, niktsian@yahoo.gr

ABSTRACT

The tendency in agriculture in the last years is the bio-fuel production. One of the most important crops for this purpose is sunflower. An experiment was established to test the performance of two sunflower varieties under five tillage systems. The crop emergence, plant development during the growing period and final yield were monitored. Conventional tillage using a plough for primary tillage gave the highest yield (445 kg/strema). Reduced tillage with a heavy cultivator, reduced with a power harrow and reduced with a disk harrow gave reduced yields of 355, 341 και 3312 kg/stream respectively. Losses during mechanical harvesting was 15,6%

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χώρα μας έχει αναλάβει την υποχρέωση να καλύψει το 5,75% της κατανάλωσης καυσίμων για τις μεταφορές από ΑΠΕ ως το 2010. Σήμερα τα υλικά για υποκατάσταση του πετρελαίου είναι τα φυτικά λάδια και οι εστέρες τους και της βενζίνης οι αλκοόλες. Υποψήφια φυτά για παραγωγή των φυτικών ελαίων είναι αυτά που έχουν υψηλή περιεκτικότητα ελαίου στους σπόρους τους όπως η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος. Ο ηλίανθος θεωρείται από τις επικρατέστερες ενεργειακές καλλιέργειες για τις Ελληνικές συνθήκες καθώς σύμφωνα με παλιότερες αναφορές ευδοκιμεί στη χώρα μας [2] έχοντας πολύ καλή απόδοση σπόρου/ελαίου από τον οποίο μπορεί να παραχθούν άριστης ποιότητας βιοκαύσιμα ενώ η πίτα που παράγεται ως υπο-προϊόν της ψυχρής συμπίεσης του σπόρου αποτελεί άριστη ζωοτροφή και τέλος τα φυτικά υπολείμματα που μένουν στο χωράφι μετά τη συγκομιδή μπορούν να συλλεχθούν, να συμπίεστούν σε πελλέτες και να χρησιμοποιηθούν ως στερεό καύσιμο. Στα έμμεσα πλεονεκτήματα της καλλιέργειας είναι ότι το προϊόν είναι «καθαρό» καύσιμο, προσφέροντας σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη.

Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) ανήκει στην οικογένεια Compositae. Είναι εύρωστο φυτό με βαθύ ριζικό σύστημα, με πασσαλώδη ρίζα, που βρίσκεται σε βάθος 60 – 70 cm και προσφέρει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα. Η ταξιανθία του στις ελαιούχες ποικιλίες έχει 700 – 3000 άνθη. Η ανθοφορία του αρχίζει περιφερειακά, συνεχίζεται προς το κέντρο και ολοκληρώνεται σε 5 – 10 ημέρες. Χαρακτηριστικό της καλλιέργειας, είναι ο ηλιοτροπισμός, δηλαδή η τάση των ταξιανθιών να ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά την ημέρα ενώ το βράδυ ανορθώνονται [1, 2].

Για να χρησιμοποιηθεί ένα φυτό ως ενεργειακή καλλιέργεια θα πρέπει να περιλαμβάνει μια παραγωγική διαδικασία με περιορισμένες ενεργειακές απαιτήσεις έτσι ώστε στο τέλος να δίνει ένα σημαντικό ενεργειακό κέρδος. Σημαντική επομένως προϋπόθεση αποτελεί η μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της μείωσης των εισροών στο στάδιο της παραγωγής. Η παρούσα εργασία ασχολείται με την διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης μεθόδων μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους στην καλλιέργεια του ηλίανθου.

Ο όρος κατεργασία περιλαμβάνει όλες εκείνες τις επεμβάσεις που γίνονται στο έδαφος με σκοπό τη δημιουργία καλών συνθηκών αερισμού, στράγγισης και διείσδυσης της ρίζας. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό χαρακτηρίζονται ως μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους και ασκούν τάσεις οι οποίες προκαλούν διάτμηση, εφελκυσμό και συμπίεση [3]. Στόχοι της κατεργασίας είναι το ψιλοχωμάτισμα της επιφανειακής στοιβάδας του εδάφους και η βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του, ο έλεγχος των ζιζανίων, η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων, η ενσωμάτωση λιπασμάτων, η καταπολέμηση εντόμων, η ισοπέδωση και διαμόρφωση του εδάφους για άρδευση [3]. Η κατεργασία διακρίνεται σε δύο στάδια Στην πρωτογενή κατεργασία, στην οποία γίνεται βαθιά αναμόχλευση του εδάφους cm. και στη δευτερογενή κατεργασία που στόχος της είναι η προετοιμασία της σποροκλίνης. Στα μηχανήματα πρωτογενούς κατεργασίας απαντώνται τα άροτρα, τα δισκάροτρα, οι υπεδαφοκαλλιεργητές, οι εδαφοσχίστες και οι βαρείς καλλιεργητές. Μηχανήματα δευτερογενούς κατεργασίας είναι οι δισκοσβάρνες, οι ελαφρείς καλλιεργητές και τα δυναμοδοτούμενα σκαπτικά (φρέζες, βωλοκόποι) [3]. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην χώρα μας δείχνουν ότι η άροση είναι η πιο ενεργοβόρα μέθοδος κατεργασίας. [4]. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα υποκατάστασης του αρότρου με άλλα λιγότερο ενεργοβόρα μηχανήματα όπως ο βαρύς καλλιεργητής και ο περιστροφικός καλλιεργητής (βωλοκόπος).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πείραμα συγκρίθηκαν πέντε διαφορετικές μέθοδοι κατεργασίας.

1. Συμβατική κατεργασία (Σ). Κύριο χαρακτηριστικό της συμβατικής κατεργασίας είναι η χρήση αρότρου. Ξεχωρίζει από τις άλλες κατεργασίες γιατί είναι η μόνη που προκαλεί αναστροφή του εδάφους. Το όργωμα έγινε σε βάθος 27cm στις 6/12/05. Η δευτερογενής κατεργασία περιλάμβανε πέραςμα με δισκοσβάρνα στις 29/3/06, δύο περάσματα με ελαφρύ καλλιεργητή στις 31/3/06 και ενσωμάτωση *treflan* με δισκοσβάρνα στις 11/4/06.
2. Κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK). Η κατεργασία έγινε σε βάθος 18 cm. Για την προετοιμασία της σποροκλίνης έγινε στις 27/3/06, κατεργασία με δισκοσβάρνα στις 29/3/06, δύο περάσματα με ελαφρύ καλλιεργητή στις 31/3/06 και επίσης ενσωμάτωση *treflan* στις 11/4/06 με δισκοσβάρνα.
3. Κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα (ΠΣ). Το τρίτο σύστημα μειωμένης κατεργασίας περιλάμβανε κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό σε βάθος 13 cm στις 29/3/06 και ενσωμάτωση *treflan* με δισκοσβάρνα στις 11/4/06.
4. Κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ). Ένα πέραςμα έγινε στις 27/3/06 και ένα δεύτερο στις 29/3/06. Η κατεργασία ολοκληρώθηκε με ένα περάσματα με ελαφρύ καλλιεργητή στις 31/3/06 και ενσωμάτωση *treflan* με δισκοσβάρνα στις 11/4/06.
5. Ακαλλιέργεια (Α). Η πέμπτη μέθοδος περιλάμβανε τη μη κατεργασία του εδάφους, τη σπορά πάνω από τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης χρονιάς και την καταστροφή των ζιζανίων με εφαρμογή *roundup* πριν από το φύτευμα της καλλιέργειας. Η μέθοδος αυτή δεν απέδωσε επαρκές φύτευμα διότι η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για την σπορά δεν ήταν κατάλληλη για σπορά σε ακαλλιέργητο έδαφος και γι αυτό στην συνέχεια εγκαταλείφθηκε και αποκλείστηκε από τις στατιστικές αναλύσεις του πειράματος.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Π.Θ. στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Το σχήμα του πειράματος ήταν ορθογώνιο με διαστάσεις 57 X 120m. (6,84 στρ) και περιλάμβανε 4 επαναλήψεις. Η κάθε επανάληψη είχε τυχαιοποιημένες τις πέντε μεταχειρίσεις (Σ, BK, ΠΣ, Δ, Α). Τα τεμάχια των κατεργασιών είχαν διαστάσεις 6X57 m και ήταν υποδιαιρεμένα κατά μήκος σε υπο-τεμάχια διαστάσεων 3X57 m. Στα υποτεμάχια σπάρθηκαν δύο ποικιλίες ηλιάνθου. Μια όψιμη (Garysol) και μια πρόιμη (Frankasol). Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σπάρθηκαν από 4 γραμμές από τη κάθε ποικιλία. Το πειραματικό σχέδιο επομένως ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες με υπο-ομάδες. Το έδαφος του πειραματικού αγρού χαρακτηρίζεται ιλυο-αργιλώδες (Άμμος: 9,7%, ιλύς 41% και άργιλος 49,2%).

Σε όλες τις μεταχειρίσεις έγινε βασική λίπανση στις 8/4/06 με 25kg/στρ 11-15-15, ζιζανιοκτονία προσπαρτική με *treflan* 300g/στρ στις 11/4/06 και μετασπαρτική με *prometryne* 250 g/στρ την ίδια μέρα. Στις 11/4/06 έγινε και η σπορά των δύο ποικιλιών ηλιάνθου (Garysol και Frankasol) με πνευματική μηχανή σε πλάτος μεταξύ των γραμμών των γραμμών 0,75cm και βάθος σποράς 3cm. Η πυκνότητα σποράς καθορίστηκε σύμφωνα με τις υποδείξεις της σποροπαραγωγού εταιρίας (η Garysol σε αποστάσεις επί της γραμμής 14,5 cm και η Frankasol 19,4cm. Αν και η σπορά έγινε σε έδαφος ημι – υγρό η υγρασία αυτή δεν φάνηκε αρκετή για την βλάστηση των σπόρων γι' αυτό και στις 20/4/06 έγινε πότισμα με καταιονισμό Στη συνέχεια απλώθηκαν ανά δεύτερη γραμμή σταλακτηφόροι σωλήνες με τους οποίους πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις αρδεύσεις. Οι τρεις πρώτες (21/6, 29/6, 17/7) με δόση άρδευσης 60 m³/στρ και η τέταρτη στις 20/7 με 40 m³/στρ. Επιπλέον, κατά το διάστημα της ανάπτυξης της καλλιέργειας καταγράφηκαν και τέσσερις ασθενείς βροχοπτώσεις στις 29/4/06 (9,5mm), στις 6/6/06 (10mm), στις 12-13/6/06 (17,5mm) και στις 4/7/06 (8mm)

καθώς και μία ισχυρή βροχόπτωση (47,8mm) στις 25/5/06 σε ένα σημείο κρίσιμο για την καλλιέργεια, βοηθώντας σημαντικά στην ανάπτυξή της.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μετρήθηκαν το φύτευμα, η βλαστική ανάπτυξη και η απόδοση των δύο ποικιλιών. Για τη μέτρηση του φυτρώματος σε κάθε τεμάχιο σηματοδεύτηκαν πέντε γραμμές δειγματοληψίας μήκους 5 m όπου μετρήθηκαν τα φυτρωμένα φυτά σε δύο ημερομηνίες, η πρώτη (28/4/06) μια εβδομάδα μετά το πότισμα και η δεύτερη (4/5/06) δύο εβδομάδες μετά το πότισμα. Για τη μελέτη της βλαστικής ανάπτυξης έγιναν τέσσερις μετρήσεις του ύψους των φυτών σε διάστημα επτά εβδομάδων (μέχρι την ολοκλήρωση του βλαστικού σταδίου). Για τις μετρήσεις αυτές σηματοδεύτηκαν 15 τυχαία φυτά σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Για την ανθοφορία καταγράφηκε η ημερομηνία έναρξης αυτής για κάθε μεταχείριση και πάρθηκαν μακροσκοπικές παρατηρήσεις της εξέλιξης του σταδίου. Οι μετρήσεις αυτές πάρθηκαν βαθμολογώντας την άνθηση των φυτών στην κλίμακα: 0%, 20%, 40%, 60% 80% και 100%

Η συγκομιδή της καλλιέργειας έγινε στις 21/8/06 με μια ειδική μηχανή συγκομιδής πειραματικών τεμαχίων που διαθέτει το Αγρόκτημα του Π.Θ. (Hege 125C). Η μηχανή διέθετε σύστημα θερισμού σιτηρών και κατάλληλα κόσκινα για τον αλωνισμό του ηλιάνθου. Κάθε πειραματικό τεμάχιο συγκομίστηκε ξεχωριστά και μετρήθηκε επι τόπου στον αγρό η απόδοση σε σπόρο. Επιπλέον λήφθηκαν δείγματα σπόρου από κάθε τεμάχιο για προσδιορισμό της υγρασίας. Για την σύγκριση των αποδόσεων έγινε αναγωγή των δεδομένων σε κοινή υγρασία 10%.

Πριν από την μηχανική συλλογή, έγινε ενδεικτική χειροσυλλογή σε γραμμές μήκους 2 m για να ελεγχθούν οι απώλειες της μηχανής. Κατά την χειροσυλλογή συλλέχθηκαν οι κεφαλές του ηλιάνθου οι οποίες τοποθετήθηκαν στην θερίζοαλωνιστική για αλωνισμό και ζυγίστηκε το βάρος των σπόρων.

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο MSTAT-C. Επιλέχθηκε το σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με δύο παράγοντες με το οποίο έγινε ανάλυση της παραλλακτικότητας των παραμέτρων που μετρήθηκαν και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και οι ελάχιστες σημαντικές διαφορές για περιθώριο σφάλματος 5%.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Φύτευμα

Το φύτευμα της ποικιλίας Frankasol ήταν καλύτερο, 81% έναντι 67,7% για την Garysol. Σε επίπεδο κατεργασιών (Πίνακας 1) η μέθοδος BK εμφάνισε το υψηλότερο φύτευμα 82%, ακολούθησε η Σ με 72,2%, η ΠΚ 71,3% και η Δ με 71,9%. Σε όλες τις μεταχειρίσεις το φύτευμα και οι τελικοί πληθυσμοί που επιτεύχθηκαν κρίνονται ικανοποιητικοί. Εξάιρεση αποτελεί η μέθοδος της ακαλλιέργειας όπου η φυτρωτική ικανότητα κυμάνθηκε κάτω από 10% και γι αυτό η μέθοδος αποκλείστηκε από την στατιστική ανάλυση και εγκαταλείφθηκε στις υπόλοιπες μετρήσεις.

3.2 Βλαστική ανάπτυξη

Η βλαστική ανάπτυξη της καλλιέργειας ήταν εντυπωσιακή καθώς τα φυτά απέκτησαν το μισό τελικό τους ύψος μέσα σε 15 ημέρες, το οποίο δεν διέφερε σημαντικά για τις δύο ποικιλίες (1,44 m για Garysol και 1,43 για Frankasol). Σε επίπεδο κατεργασιών οι διαφορές επίσης δεν ήταν σημαντικές όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.

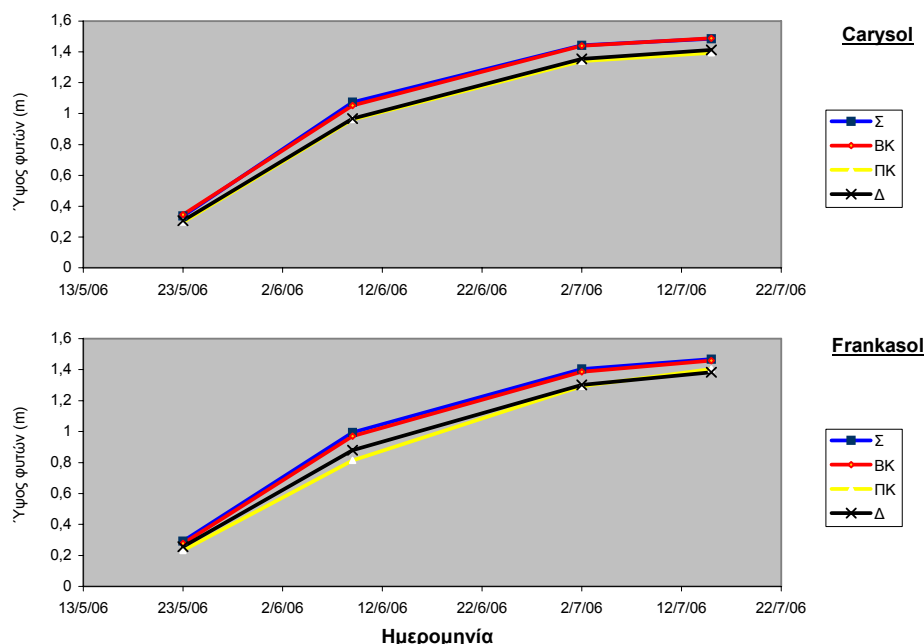
3.3 Ανθοφορία

Διαφορές διαπιστώθηκαν τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των κατεργασιών. Συγκρίνοντας τις ποικιλίες στην συμβατική κατεργασία προκύπτει ότι η

ανθοφορία ξεκίνησε στις 11/6/06 για την ποικιλία Garysol και στις 17/6/06 για την Frankasol. Στις 19/6/06 στην Garysol είχε ανθίσει το 80% των φυτών, και στην Frankasol το 10%. Στις 22/6 η Garysol βρισκόταν σε 100% άνθηση και η Frankasol σε 70%. Συγκρίνοντας τις κατεργασίες στην ποικιλία Garysol προέκυψε ότι στις 19/6/06 στην μέθοδο Σ είχε ανθίσει το 80% των φυτών, στη μέθοδο ΒΚ το 50% και στις μεθόδους ΠΣ και Δ το 15%. Στις 22/6 τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 100%, 85% και 15%. Ανάλογα αποτελέσματα, με πιο όψιμη όμως εξέλιξη, προέκυψαν και για την ποικιλία Frankasol.

Πίνακας 1. Φύτρωμα των δυο ποικιλιών ηλίανθου και των πέντε μεθόδων κατεργασίας

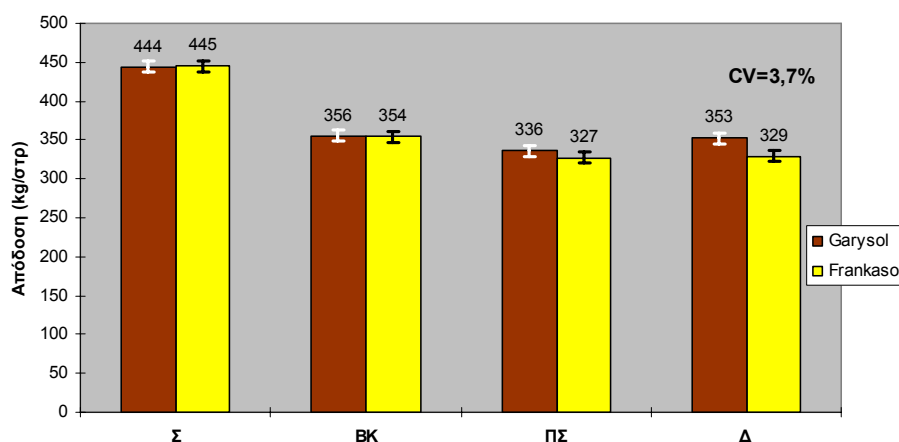
	Φύτρωμα (φυτά/στρ)		Φυτρωτική ικανότητα (%)	
	28/4/06	4/5/06	28/4/06	4/5/06
Garysol	3123	6223	34,0	67,7
Frankasol	3180	5570	46,3	81,0
	ns	ns	*	*
LSD_{0,5%}			8,2	8,2
Σ	3127	5713	39,7	72,2
ΒΚ	3747	6487	48,0	82,0
ΠΣ	2600	5680	33,1	71,3
Δ	3133	5707	39,7	71,9
	*	**	*	**
LSD_{0,5%}	707	504	8,9	6,6
CV(%)	21	8	21,0	8,4



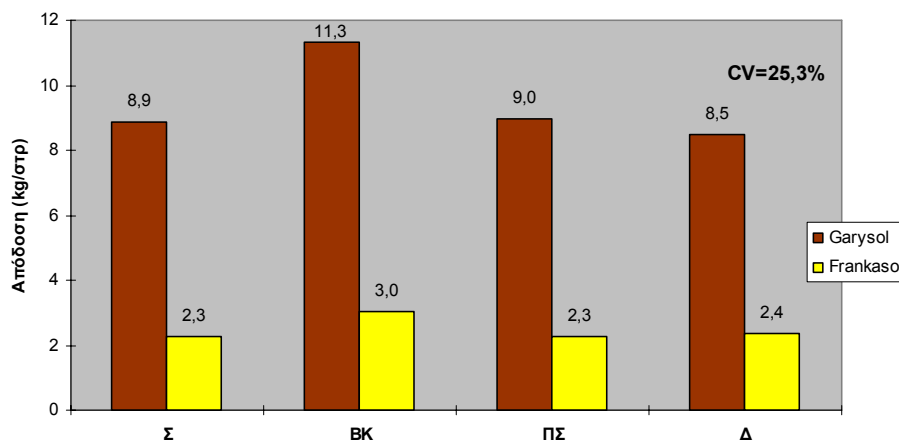
Σχήμα 1. Εξέλιξη του βλαστικού σταδίου (ύψος φυτών) του ηλίανθου

3.4 Απόδοση

Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η απόδοση των δύο ποικιλιών του ηλίανθου στις πέντε μεθόδους κατεργασίας. Συγκρίνοντας τις δύο ποικιλίες, η Garysol έδωσε ελαφρώς υψηλότερη παραγωγή (372 kg/στρ) έναντι 364 kg/στρ για τη Frankasol, διαφορά που ωστόσο δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Συγκρίνοντας τις μεθόδους κατεργασίας προκύπτει ότι σημαντικά υψηλότερη απόδοση και για τις δύο ποικιλίες, έδωσε η συμβατική κατεργασία (μέσο όρο ποικιλιών 445 kg/στρ). Οι υπόλοιπες τρεις μέθοδοι κυμάνθηκαν αρκετά χαμηλότερα (μέσο όρο ποικιλιών 355 kg/στρ στη μέθοδο ΒΚ και 331-340 kg/στρ στις μεθόδους ΠΣ και Δ) δίνοντας μια μείωση της παραγωγής της τάξης του 75-80%.



Σχήμα 2. Απόδοση (για υγρασία σπόρου 10%) των δύο ποικιλιών ηλίανθου στις τέσσερις μεταχειρίσεις κατεργασίας του εδάφους



Σχήμα 3. Υγρασία σπόρου των δύο ποικιλιών ηλίανθου στις τέσσερις μεταχειρίσεις κατεργασίας του εδάφους.

Εξετάζοντας την υγρασία του σπόρου (Σχήμα 3) κατά τη συγκομιδή προκύπτει ότι η ποικιλία Garysol είχε ποσοστό 9,4% υγρού βάρους και η Frankasol 2,5% επιβεβαιώνοντας την οψιμότητα της πρώτης. Στις κατεργασίες διακρίνεται μια τάση για

υψηλότερη υγρασία τον σπόρο στην μέθοδο ΒΚ αν και ο υψηλός συντελεστής παραλλακτικότητας για την παράμετρο αυτή δεν επέτρεψε την αποκάλυψη στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ των κατεργασιών.

Στον πίνακα 2 φαίνεται η θεωρητική απόδοση (για υγρασία σπόρου 10%) όπως αυτή προκύπτει από την χειροσυλλογή και συγκρίνεται με την πραγματική απόδοση της μηχανοσυλλογής. Από τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται ότι οι μέσες απώλειες εξαιτίας της μηχανοσυλλογής κυμαίνονται στο 15,6%.

Πίνακας 2. Ποσοστό απωλειών της μηχανοσυλλογής

	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Λ
Μηχανοσυλλογή	444,4kg	355,1kg	331,6kg	341kg
Χειροσυλλογή	522,9kg	426,5kg	391kg	403,5kg
Απώλειες (%)	15	16,7	15,2	15,5

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δύο ποικιλίες του ηλίανθου συμπεριφέρθηκαν το ίδιο στις διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας. Το φύτευμα ήταν ικανοποιητικό για όλες τις μεθόδους που δοκιμάστηκαν (με εξαίρεση την ακαλλιέργεια όπου στην σποροκλίνη επικρατούν ιδιαίτερες συνθήκες που απαιτούν την χρήση κατάλληλης σπαρτικής. Η εξέλιξη της βλάστησης δεν παρουσίασε διαφορές ούτε μεταξύ των ποικιλιών ούτε μεταξύ των κατεργασιών. Διαφορές ωστόσο διαπιστώθηκαν στο στάδιο της ανθοφορίας. Η όψιμη ποικιλία (Garysol) άνθησε νωρίτερα και η πρώιμη (Frankasol) αργότερα. Πρώιμηση του σταδίου ανθοφορίας διαπιστώθηκε επίσης και για την συμβατική κατεργασία.. Οσον αφορά την τελική παραγωγή, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, αλλά μεταξύ των κατεργασιών διαπιστώθηκε ότι η συμβατική κατεργασία με άροση έδωσε σημαντικά υψηλότερη απόδοση (445 kg/στρ) από όλες τις υπόλοιπες μεθόδους. Οι απώλειες της μηχανοσυλλογής κυμάνθηκαν στο 15,6%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αμπατζόγλου Κ. (1979), Ηλίανθος. *Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών φυτών*, Σίνδος, σελ. 193-196.
2. Γαλανοπούλου Στ. (2002). Βιομηχανικά φυτά Μέρος Β' σελ. 199-213.
3. Τσατσαρέλης Κ. (2000), Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς Θεσσαλονίκη 2000, σελ. 39-54, 287-314.
4. Καβαλάρης Χ. (2004). Εφαρμογή μεθόδου μειωμένων εισροών για την κατεργασία εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς ζαχαροτεύτλων, καλαμποκιού και βαμβακιού. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

(154)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ (*Brassica sp.*) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

Ι. Ραμνιώτης, Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο
Εναλλακτικών Ενεργειακών Πόρων στη Γεωργία, 54124 Θεσσαλονίκη, e-mail:
yiannisram@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη εργασία διερευνάται η προσαρμοστικότητα, η ανάπτυξη και η παραγωγικότητα της καλλιέργειας της ελαιοκράμβης (*Brassica sp.*) στις ελληνικές συνθήκες και ειδικότερα στο Ν. Λάρισα. Οι ποικιλίες και τα υβρίδια της ελαιοκράμβης που καλλιεργήθηκαν κατά την περίοδο 2005-2006 παρουσίασαν καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητικές αποδόσεις από 3550 έως 3905 Kg/ha ανάλογα με την ποικιλία. Ιδιότητες όπως, η περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι, η υγρασία (%) των σπόρων, το κινηματικό ιξώδες στους 40°C και η πυκνότητα στους 15°C του παραγόμενου λαδιού, ήταν σύμφωνες με αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για το κραμβέλαιο.

EXPERIMENTAL CULTIVATION OF RAPESEED (*Brassica sp.*) FOR BIODIESEL PRODUCTION IN THE REGION OF LARISSA

I. Ramniotis, T. Kotsopoulos, G. Martzopoulos

Aristotle University of Thessaloniki, Sch. of Agriculture, Lab. Alternative Energy
Sources in Agriculture, 54124 Thessaloniki, e-mail: yiannisram@yahoo.gr

ABSTRACT

The adaptability, the growth and the productivity of rapeseed (*Brassica sp.*) under the Greek conditions and more specifically in the prefecture of Larissa were investigated. The rapeseed varieties and hybrids that were cultivated during 2005-2006, presented a good adaptability and satisfactory yields ranging 3550 - 3905 Kg/ha according to the variety. Properties like seed oil content, seed water content (%) as well as kinematic viscosity at 40°C and density at 15°C of produced oil were in accordance with those already reported in the bibliography for the rapeseed oil.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής στη χώρα μας θα επηρεαστεί από τη σταδιακή ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, οι οποίες πιθανόν να αντικαταστήσουν άλλες καλλιεργείες. Οι ενεργειακές καλλιεργείες αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης. Στην Ευρώπη το λάδι της ελαιοκράμβης είναι το πιο σύνηθες φυτικό έλαιο για την παραγωγή βιοντίζελ λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων του έναντι άλλων ελαίων [1]. Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης (*Brassica* sp.) παρουσιάζει ιδιαίτερο καλλιεργητικό ενδιαφέρον για τη χώρα μας, καθώς προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις εγχώριες κλιματικές συνθήκες.

Η ελ/βη είναι ετήσιο ελαιοδοτικό φυτό μεσογειακής προέλευσης, και ανήκει στην οικογένεια των σταυρανθών ή βρασσικίδων (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Ευδοκίμει στην υποτροπική ζώνη, παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη και πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Ευνοείται στα καλά στραγγιζόμενα και μέσης σύστασης εδάφη [2]. Το pH του εδάφους στο οποίο αναπτύσσεται κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 8,0, με άριστο εύρος ανάπτυξης μεταξύ 6,5 και 7,5. Επειδή ο σπόρος της είναι πολύ μικρός, είναι απαραίτητη η καλή προετοιμασία της σποροκλίνης ώστε να εξασφαλισθεί σωστό βάθος σποράς και ομοιόμορφο φύτρωμα. Η ανάπτυξη της ευνοείται σε περιοχές με ήπιο χειμώνα. Ωστόσο, η αντοχή της στους παγετούς είναι υψηλή όταν βρίσκεται στο κατάλληλο στάδιο όπως είναι το στάδιο της ροζέτας [3,4]. Χρησιμοποιείται στην αμεινισπορά με χειμωνιάτικα σιτηρά, ψυχανθή, καλαμπόκι και ζαχαρότευτλα. Απαιτεί μέτρια λίπανση με N και P και πιο αυξημένη με K.

Η ελαιοκράμβη σε μικρή κλίμακα καλλιεργείται για τα νεαρά φύλλα της τα οποία είναι για ανθρώπινη κατανάλωση, κυρίως όμως χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βρώσιμου λαδιού. Επιπλέον το κραμβέλαιο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων ως λιπαντικό καθώς και στην παραγωγή σαπουνιού [5]. Μετά την εξαγωγή του λαδιού, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίτα ή πλακούντας) χρησιμοποιούνται σαν ζωοτροφή καθώς είναι πλούσια σε πρωτεΐνη. Ο σπόρος της ελαιοκράμβης έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι και σε πρωτεΐνη, 30-50% και 10-45% αντίστοιχα επί της ξηράς ουσίας [6]. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του ελαίου της ελαιοκράμβης είναι πολύ κοντά σε αυτές του ντίζελ [7]. Ωστόσο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσια το κραμβέλαιο στις μηχανές diesel χωρίς κάποια επεξεργασία καθώς το κινηματικό ιξώδες των φυτικών ελαίων συμπεριλαμβανομένου και του κραμβελαίου είναι 10 – 20 φορές μεγαλύτερο από αυτό του No 2 Diesel ($2.7 \text{ mm}^2/\text{s}$) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Κινηματικό ιξώδες φυτικών ελαίων και των μεθυλεστέρων τους από μετεστεροποίηση (στους 311 K σε mm^2/s). [8].

Εξεταζόμενο δείγμα	Σπόρος βαμβακιού	Πυρήνας φουντουκιού	Σπόρος ελαιοκράμβης	Σπόρος καρδάμου	Σπόρος ηλιάνθου
Φυτικό έλαιο	33.7	24.0	⁵ 37.3	31.6	34.4
Μεθυλεστέρας του φυτικού ελαίου	3.1	2.8	3.3	2.9	3.2

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του κινηματικού ιξώδους των βιοελαίων είναι: α) η ανάμιξη τους με συμβατικό ντίζελ, β) η δημιουργία μικρογαλακτωμάτων, γ) η πυρόλυση, δ) η καταλυτική διάσπαση και ε) η μετεστεροποίηση. Από τις μεθόδους αυτές, η καλύτερη επιλογή θεωρείται η μετεστεροποίηση [9, 10].

Η κατάλληλη επεξεργασία του κραμβελαίου οδηγεί στην παραγωγή βιοντήζελ με ιδιότητες πολύ κοντά σε αυτές του συμβατικού ντήζελ (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Βασικές ιδιότητες Biodiesel και No 2 Diesel [11,12]

Ιδιότητα	Biodiesel	No 2 Diesel
Πυκνότητα (kg/L)	0,87 – 0,89	0,84 – 0,86
Αριθμός κετανίου	46 – 70	47 – 55
Σημείο θόλωσης (K)	262 – 289	256 – 265
Σημείο ροής (K)	258 – 286	237 – 243
Σημείο ανάφλεξης(K)	408 – 423	325 – 350
Θείο (wt%)	0,0000 – 0,0024	0,04 – 0,01
Τέφρα (wt%)	0,002 – 0,01	0,06 – 0,01
Αριθμός Ιωδίου	60 – 135	-
Κινηματικό Ιξώδες 313 K	3,7 – 5,8	1,9 – 3,8
Ανώτ. Θερμ. Δύναμη MJ/kg	39,3 – 39,8	45,3 – 46,7

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δυο (2) ποικιλίες και δύο (2) υβρίδια Brassica napus (Πίνακας 3) αξιολογήθηκαν σε πείραμα που εγκαταστάθηκε στη Λάρισα, στο αγρόκτημα του ΤΕΙ κατά την καλλιεργητική περίοδο 2005 – 2006. Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες (Randomized Complete Blocks – RCB) με 4 επαναλήψεις και το μέγεθος του πειραματικού τεμαχίου ήταν 2mX4m=8m².

Πίνακας 3. Ποικιλίες και υβρίδια Brassica napus που αξιολογήθηκαν

Ποικιλίες Brassica napus	Υβρίδια Brassica napus
VECTRA	PR46W31
LICOLLY	PR45D01

Ο πειραματικός αγρός είχε συνολική έκταση 19 m x 11 m = 209 m² και προερχόταν από αγρανάπανση. Για την προετοιμασία του εδάφους εφαρμόστηκε το σύστημα της μειωμένης κατεργασίας(με καλλιεργητή βαρέος τύπου). Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 25 Νοεμβρίου, με πυκνότητα περίπου 600.000 σπόροι/ha. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 0,3 m. Το βάθος σποράς ήταν 0,5 – 1,5 cm. Πριν τη σπορά, έγινε βασική λίπανση και συγκεκριμένα στις 5 Νοεμβρίου, έγινε προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων N, P, K σε δόσεις 4, 4 και 6 λιπαντικές μονάδες/στρέμμα, αντίστοιχα. Στις 23 Φεβρουαρίου εφαρμόστηκε συμπληρωματική επιφανειακή αζωτούχος λίπανση με 4 λ.μ/στρέμμα, λιπάσματος νιτρικής αμμωνίας (Σημείωση: Πριν τη σπορά είχε προηγηθεί η εδαφολογική ανάλυση, σε ότι αφορά τη μηχανική σύσταση, την οξύτητα, την οργανική ουσία και την περιεκτικότητα σε N, P, K, Ca). Η καλλιέργεια ήταν ξηρική. Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας της ελαιοκράμβης στα ζιζάνια υπήρξε αντιμετώπισή τους με τη μέθοδο του βοτανίσματος.

Κατά την πορεία της καλλιέργειας, ελήφθησαν οι παρακάτω παρατηρήσεις σχετικά με τα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας :1. Έναρξη, ολοκλήρωση και κανονικότητα φυτρώματος, 2. Βλάστηση, 3. Παγετοί και αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες - αντοχή σε ξηρασία, 4. Ύψος – ανάπτυξη φυτών, 5. Πρωιμότητα, 6. Παραγωγικότητα σε σπόρο.

Μετά τη συγκομιδή ακολούθησε εργαστηριακός προσδιορισμός των συστατικών του σπόρου. Συγκεκριμένα, έγιναν αναλύσεις (εκφρασμένες σε νωπή βάση και σε εκατοστιαία περιεκτικότητα) σε υγρασία, ξηρά ουσία, πρωτεΐνη (ολικές αζωτούχες

ουσίες),ινώδεις ουσίες και τέφρα. Επίσης, έγινε προσδιορισμός των βασικών ιδιοτήτων των παραγόμενων λαδιών, ύστερα από εργαστηριακές αναλύσεις. Ειδικότερα, μετρήθηκε η περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι (%), η πυκνότητα του λαδιού (g/cm^3) στους 15 °C καθώς και το κινηματικό ιξώδες του λαδιού (mm^2/s) στους 40°C.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Κλιματικά δεδομένα περιοχής ΤΕΙ Λάρισας

Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί, παρατίθενται οι μέσες μηνιαίες τιμές βασικών κλιματικών παραμέτρων για την περίοδο εκτέλεσης του πειράματος. Συγκεκριμένα παρατίθενται οι μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας, το μηνιαίο ύψος βροχής (mm), οι ημέρες με χιόνι καθώς και οι ημέρες με παγετό.

Πίνακας 4. Κλιματικές συνθήκες στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Λάρισας, καλλιεργητική περίοδος Νοέμβριος 2005 – Ιούνιος 2006.(Ε.Μ.Υ, Μετεωρολογικός Σταθμός Λάρισας)

Μήν ας	T_{mean} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{min} ($^{\circ}\text{C}$)	Βροχ ή	Ημέρες με Χιόνι	Ημέρες με Παγετό
Νοε	8,98	14,0 7	3,89	60,08	0	21,22 (2)
Δεκ	6,85	11,6 2	2,08	66,8	0	19,20,21,22,23,24,25,26 (8)
Ιαν	3,35	7,00	-0,30	33,4	23,24 (2)	15,16,17,18,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31 (16)
Φεβ	5,68	11,2 6	0,11	38,8	5,6 (2)	1,2,3,4,7,8,9,10,12,13,14,15,16 (13)
Μάρ	9,90	15,6 1	4,18	33,7	0	9,10,16 (3)
Απρ	14,27	20,0 4	8,50	35,4	0	0
Μάιο	18,71	26,5 0	10,9 2	1,9	0	0
Ιούν	23,59	30,8 3	16,3 5	15,3	0	0

Η μέση θερμοκρασία για την ανάπτυξη της ελαιοκράμβης και ιδιαίτερα από την άνθηση μέχρι την ωρίμανση δηλ. στις φάσεις άνθησης, γεμίσματος του κερατίου και ωρίμανσης πρέπει να κυμαίνεται από 20-25 $^{\circ}\text{C}$ κατά τους μήνες Απρίλιο – Μάιο – Ιούνιο [17, 20]. Χαμηλές θερμοκρασίες όπου η ανάπτυξη του φυτού ήταν σχετικά αργή παρατηρήθηκαν κατά τις περιόδους: τρίτο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου, δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιανουαρίου καθώς και πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου. Ωστόσο οι θερμοκρασίες αυτές είναι πάνω από τη βασική ημερήσια θερμοκρασία για την ανάπτυξη της ελαιοκράμβης(περίπου 5 $^{\circ}\text{C}$) [10,13]. Οι χιονοπτώσεις των τεσσάρων (4) ημερών δεν επηρέασαν τις υπό εξέταση ποικιλίες και υβρίδια. Το σύνολο των βροχοπτώσεων (285,38 mm) ήταν αρκετό για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα [14], αν και οι ανάγκες σε νερό είναι πολύ μεγαλύτερες, επιτεύχθηκαν καλές αποδόσεις.

3.2 Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Η έναρξη του φυτρώματος έγινε στις 5 Δεκεμβρίου και η ολοκλήρωση του μετά από 9 μέρες στις 14 Δεκεμβρίου. Οι παρατηρήσεις σχετικά με την κανονικότητα φυτρώματος σε κάθε πειραματικό τεμάχιο παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

Η κανονικότητα του φυτρώματος εκφράστηκε σύμφωνα με την κλίμακα. 0-9 του Ινστιτούτου Σιτηρών Θεσσαλονίκης. Στο άριστο φύτευμα (βαθμολογία 0-1) όλες οι γραμμές που πειραματικού τεμαχίου έχουν την ίδια πυκνότητα φυτρώματος, χωρίς να παρουσιάζονται κενά στις γραμμές, ενώ στο κανονικό φύτευμα (βαθμολογία 2-3) όλες οι γραμμές του τεμαχίου έχουν την ίδια πυκνότητα αλλά παρουσιάζονται μικρά κενά σε μερικές γραμμές [15].

Πίνακας 5. Κανονικότητα φυτρώματος σε κάθε τεμάχιο.

Ποικιλίες	Τεμάχιο	Κανονικότητα φυτρώματος
VECTRA	1	Άριστο
VECTRA	5	Άριστο
VECTRA	10	Άριστο
VECTRA	14	Άριστο
LICOLY	3	Κανονικό
LICOLY	8	Κανονικό
LICOLY	12	Κανονικό
LICOLY	15	Κανονικό
Υβρίδια	Τεμάχιο	Κανονικότητα φυτρώματος
PR46W31	2	Κανονικό
PR46W31	6	Κανονικό
PR46W31	9	Κανονικό
PR46W31	13	Κανονικό
PR45D01	4	Κανονικό
PR45D01	7	Κανονικό
PR45D01	11	Κανονικό
PR45D01	16	Κανονικό

Η βλάστηση των δύο (2) ποικιλιών ήταν πλούσια και πυκνή, ενώ η βλάστηση των υβριδίων ήταν, συγκριτικά με αυτή των ποικιλιών, πιο περιορισμένη. Στις δύο (2) ποικιλίες και στο υβρίδιο PR46W31 η επανέναρξη της βλάστησης ήταν πρόωμη ενώ στο υβρίδιο PR45D01 πιο όψιμη.

Τόσο οι ποικιλίες, όσο και τα υβρίδια σε παρατηρήσεις που ελήφθησαν λίγες ημέρες μετά τους παγετούς είχαν ελάχιστη ζημιά (ξήρανση των άκρων σε μερικά φύλλα). Οι παγετοί τελικά δεν επηρέασαν τις τελικές αποδόσεις. Σε ότι αφορά την αντοχή των ποικιλιών και των υβριδίων στην ξηρασία, δεν παρατηρήθηκε καμία ζημιά και τα φυτά είχαν αυξημένη ευρωστία. Σε αυτό συνέβαλλαν οι βροχοπτώσεις της άνοιξης.

Οι δύο(2) ποικιλίες και το υβρίδιο PR46W31 είχαν ομοιόμορφη ανάπτυξη ως προς το ύψος τους με αυτό να είναι, κατά το στάδιο έκπτυξης – ανόρθωσης (πρώτο ύψος) το μήνα Μάρτιο στα 18 cm, και κατά την ωρίμανση (τελικό ύψος) περίπου 160 cm. Το υβρίδιο PR45D01 κατά το στάδιο έκπτυξης – ανόρθωσης είχε ύψος 16 cm και τελικό ύψος 135cm. Το τελικό ύψος είναι σύμφωνο με αυτό που αναφέρεται στη βιβλιογραφία και είναι περίπου 150cm[4].

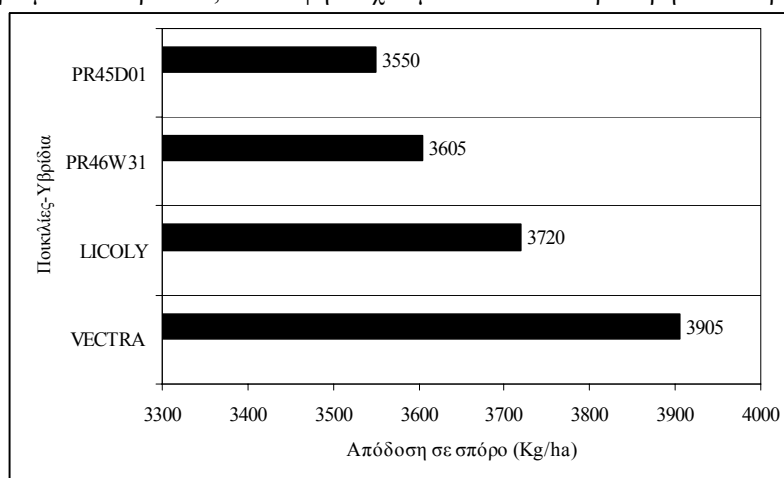
Για το χαρακτηρισμό της πρωιμότητας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6 οι ημερομηνίες εμφάνισης των ανθικών καταβολών και των ανθέων, το ποσοστό άνθησης 50% και το ποσοστό ωρίμανσης 50%(φυσιολογική ωρίμανση).

Πίνακας 6. Χαρακτηρισμός πρωιμότητας

Ποικιλίες – Υβρίδια	Εμφάνιση ανθικών καταβολών	Εμφάνιση ανθέων	Ανθήση 50%	Ωρίμανση 50%	Πρωιμότητα
VECTRA	8/4	19/4	2/5	9/6	<i>Μεσοπρώιμη</i>
LICOLY	1/4	11/4	26/4	2/6	<i>Πρώιμη</i>
PR46W31	7/4	17/4	30/4	9/6	<i>Μεσοπρώιμη</i>
PR45D01	11/4	18/4	2/5	13/6	<i>Μέση</i>

3.3 Παραγωγικότητα σε σπόρο

Η συγκομιδή έγινε χειρωνακτικά, με θερισμό των ταξικαρπιών και στη συνέχεια αποχωρισμό των κερατίων, σύνθλιψη - λήχνισμα αυτών και παραλαβή του σπόρου.



Σχήμα 1. Αποδόσεις σε σπόρο (Kg/ha) (Μ.Ο των πειραματικών τεμαχίων)

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι αποδόσεις σε σπόρο (μέσοι όροι των πειραματικών τεμαχίων) των εξεταζόμενων ποικιλιών και υβριδίων. Από αντίστοιχα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές (Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98-1946) οι αποδόσεις σε σπόρο ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες κυμάνθηκαν από 1200 έως 2500 Kg/ha. [6,13].

Οι ποικιλίες παρουσίασαν μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο σε σχέση με τα υβρίδια (Σχήμα 1). Ωστόσο, οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο δεν ήταν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.4 Ανάλυση σπόρου - Προσδιορισμός διαφόρων συστατικών(έλεγχος ζωοτροφών)

Η ανάλυση του σπόρου των δυο (2) ποικιλιών και των δυο (2) υβριδίων για τον προσδιορισμό διαφόρων συστατικών παρουσιάζεται στον πίνακα 7 που ακολουθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση υγρασία του σπόρου όλων των εξεταζόμενων ποικιλιών ήταν κάτω από 7%, κυμάνθηκαν δηλαδή στο πλαίσιο των προτεινόμενων ορίων(<12%)[3,13].

Η περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνη συμφωνεί με εκείνη που βιβλιογραφικά αναφέρεται σε 22 – 23%[2,16] αν και έχουν αναφερθεί και υψηλότερες τιμές της τάξης του 30-35%[17]. Η ξηρά ουσία % είναι κοντά στο εύρος 90 – 96 % των βιβλιογραφικών αναφορών [16,17].

Πίνακας 7. Ανάλυση του παραγόμενου σπόρου(τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα σε νωπή βάση και αφορούν, έλεγχο ζωοτροφών).

Ποικιλία - Υβρίδιο	Υγρασία%	Ξηρά ουσία %	Πρωτεΐνη %	Ινώδεις Ουσίες (Κυτταρίνη) %	Τέφρα%
Vectra	5,66	94,34	24,43	19,84	4,18
Licoly	6,28	93,72	24,47	21,60	3,54
PR46W31	4,45	95,55	20,65	19,23	3,79
PR45D01	4,13	95,87	24,43	21,40	5,92

3.5 Προσδιορισμός βασικών ιδιοτήτων των παραγόμενων λαδιών

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του σπόρου σε λάδι, της πυκνότητας και του κινηματικού ιξώδους των ελαίων των εξεταζόμενων ποικιλιών και υβριδίων παρουσιάζεται στον πίνακα 8.

Πίνακας 8. Προσδιορισμός περιεκτικότητας του σπόρου σε λάδι, της πυκνότητας και του κινηματικού ιξώδους των ελαίων .

Ποικιλία - Υβρίδιο	Λάδι %	Πυκνότητα (gr/cm ³) 15°C	Κινηματικό Ιξώδες (mm ² /s) 40°C
VECTRA	38,6	0,9160	31,8
LICOLY	33,6	0,9168	33,2
PR46W31	33,2	0,9198	38,2
PR45D01	39,1	0,9163	39,0

Η περιεκτικότητα % σε λάδι στις ποικιλίες και τα υβρίδια που εξετάστηκαν βρίσκονται στο εύρος τιμών από αντίστοιχα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές (Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98-1946)[6].

Το ιξώδες των εξεταζόμενων ελαίων στους 40°C κυμαίνεται σε επίπεδα 31,8 - 39,0 mm²/sec, τιμές πολύ κοντά με τις βιβλιογραφικές καθώς και με τις προτεινόμενες για δημιουργία προτύπου ελαιοκράμβης ως καύσιμο, που δίνει τιμή 38,0 mm²/sec ή cst (centistokes) σύμφωνα με τη μέθοδο ελέγχου DIN EN ISO 3104[18].

Η πυκνότητα των εξεταζόμενων ελαίων στους 15°C κυμαίνεται σε επίπεδα 0,9160 – 0,9198gr/cm³, τιμές πολύ κοντά στην πρόταση για δημιουργία προτύπου ελαίου ελαιοκράμβης ως καύσιμο που δίνει 0,9 – 0,93 gr/cm³ σύμφωνα με τη μέθοδο ελέγχου DIN EN ISO 3675[18].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα εργασία μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης (*Brassica sp.*) για παραγωγή βιοντήζελ παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητικές αποδόσεις στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής της Λάρισας.
- Τα αποτελέσματα έδειξαν, τόσο για τις ποικιλίες, όσο και για τα υβρίδια, αποδόσεις σε σπόρο πάνω από 3500 Kg/ha, που είναι υψηλότερες από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Οι ποικιλίες παρουσίασαν μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο σε σχέση με τα υβρίδια με διαφορές όμως που δεν ήταν στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.
- Η ανάλυση του σπόρου για προσδιορισμό των διαφόρων συστατικών σε επίπεδο ελέγχου ζωοτροφών έδειξε θετικά αποτελέσματα με ικανοποιητική

περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα διάθεσης στην αγορά και του πλακούντα (πίτας) του ελαιούχου σπόρου, κάτι που μπορεί να μειώσει το τελικό κόστος παραγωγής.

- Η περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι, η πυκνότητα και το κινηματικό ιξώδες κυμάνθηκαν σε επίπεδα περίπου ίδια με αυτά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και με τιμές πολύ κοντά στις προτεινόμενες για δημιουργία προτύπου ελαιοκράμβης ως καύσιμο.

- Με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων δημιουργούνται νέες ευκαιρίες για τη βιώσιμη αγροτική ανάπτυξη στο πλαίσιο της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) και στο πλαίσιο αυτό η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης μπορεί να αποφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Demirbas A. Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy Policy* 2007.
2. Oplinger E.S. , Hardman L.L , Gritton E.T , Doll J.D , Kelling K.A. Alternative field crops manual (on line) http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/canola_.html
3. Thomas, P. 1984. Canola growers manual. Canola Council of Canada, Winnipeg, Man., Canada.
4. Canadian Council Organization www.canola.org/manual/canolafr.htm
5. Duke J.A, 1983. Handbook of energy crops. Unpublished(on line) http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Brassica_napus.html
6. Κ.Α.Π.Ε. 2003, Ενεργειακές Καλλιέργειες για την Παραγωγή Υγρών και Στερεών Βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. pp 48.
7. Hemmerlein M, Korte V, Richter HS, Performance, exhaust emission and durability of modern diesel engines running on rapeseed oil. SAE paper,910848, 1991.
8. Demirbas A., 2002. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Convers Manage*,43:2349-56.
9. Demirbas A., 2006 Biodiesel production via non catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. *Energy conversion & management* 47: 2271-2282.
10. Karaosmonoglu F.,1999 Vegetable oil fuels: a review. *Energy Sources*, 21:221-31
11. Balat M.,2005. Current alternative engine fuels. *Energy Sources* 27:569-77.
12. Bozbas K., 2005 *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
13. Namatov, I., Kavadas, G., Nikolaou, A., Panoutsou, C., Danalatos, N., 2000. Growth and productivity of eighteen Brassica carinata and four Brassica napus varieties for oil production in central Greece. *World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, June 2000*.
14. Weiss, E.A., 1983. *Oilseed Crop* pp. 160-215 (eds. G. Wrigley, AICTA).
15. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης.
16. Onay, O.,Kockar, O.M.,2006. Pyrolysis of rapeseed in a free fall reactor for production of bio-oil.. *Fuel* 85(2006):1921-1928.
17. Schone F., Kirchheim U., Schumann W., Ludke H., 1996. Apparent digestibility of high-fat rapeseed press cake in growing pigs and effects on feed intake, growth and weight of thyroid and liver. *Animal Feed Science Technology* 62:97-110.
18. Thuncke, K., Remmele, E., Widmann, B., Wiharm, T., 2000. Standardisation of rapeseed oil as fuel. *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, June 2000*.

(155)

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

**Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη^{1α}, Ι. Παναγιώτου^{1β} και Π.
Βύρλας^{1γ}**

¹ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστ., Τμ. Γεωπονίας Φ. Π. & Α.
Π., Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής
Τηλ: 2421093059-60, ^αmsak@uth.gr; ^βioanpng@uth.gr,
^γhydrolab@uth.gr.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης (*brassica napus*), ως ενεργειακού φυτού στις κλιματικές συνθήκες τις Κεντρικής Ελλάδος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αποδόσεις των δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης που παρατηρήθηκαν στην Κεντρική Ελλάδα σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση νερού (επιφανειακή στάγδην άρδευση) καθιστούν φανερή την δυναμικότητα της καλλιέργειας ως εναλλακτική καλλιέργεια για την παραγωγή βιοκαυσίμου.

CULTIVATION ANALYSIS OF TWO DISTINCT OILSEED RAPE IN THE WEATHER CONDITIONS OF CENTRAL GREECE

M.Sakellariou-Makrantonaki^{1α} I.Panagiotou^{1β} and P.Viglas^{1γ}

¹ University of Thessaly, Sch. of Agricultural Sc., Dept. of Agriculture Crop Prod. &
Rural Env., Fytokou Str, 38446, N. Ionia Magnesias, Laboratory of hydraulic
engineering Tel:2421093059-60, ^α msak@uth.gr; ^βioanpng@uth.gr,
^γhydrolab@uth.gr.

ABSTRACT

The purpose of this project was to investigate the effect of surface drip irrigation on the growth and production of two kinds of Oilseed Rape (*brassica napus*), as a plant that can be used as an energy source in the weather conditions of central Greece. After the cultivation of both oilseed Rape species, the results, combined with the water supply paring (surface drip irrigation), clearly showed that these kinds of oilseed Rape, can be utilized as an alternative source for biofuel production in central Greece.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης σήμερα, σηματοδοτεί μια εναλλακτική πρόταση για την ελληνική γεωργία. Αφορά ένα είδος και ταυτόχρονα ένα βιομηχανικό προϊόν όπου: α) η παγκόσμια κοινότητα έχει στρέψει το εμπορικό και ερευνητικό ενδιαφέρον και β) ανήκει σε μια αναπτυσσόμενη ποιοτική αγορά με τιμή αναφοράς καλά προσδιορισμένη.

Η ελαιοκράμβη (oil seed rape) ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών (Brassicaceae, πρώην Cruciferae). Το είδος που καλλιεργείται είναι το *Brassica napus* L.var. *Oleifera* και περιλαμβάνει ποικιλίες χειμερινές και εαρινές [5,7]. Η ελαιοκράμβη από το 1998 είναι η δεύτερη σε έκταση καλλιέργεια για την παραγωγή ελαίου στον κόσμο[6].

Ο σπόρος της ελαιοκράμβης περιέχει περίπου 40% έλαιο και αποδίδει, μετά την εξαγωγή του ελαίου κραμβάλευρο (πλακούντα πίττα) με περιεκτικότητα 30-40% σε πρωτεΐνες. Το κοινό κραμβέλαιο δεν είναι εδώδιμο αφού περιέχει υψηλό ποσοστό ερουκικού οξέος. (erucic acid, 22:1). Στο σπόρο υπάρχουν επίσης φυσικές τοξίνες που καθιστούν ακατάλληλο για ζωοτροφή ότι απομένει μετά την εξαγωγή του ελαίου [9].

Το βιοντήζελ αναφέρεται σε έλαια τα οποία περιέχουν πάνω από 45% ερουκικό οξύ και τα οποία χρησιμοποιούνται ως λιπαντικά και υδραυλικά υγρά. Το κραμβέλαιο λοιπόν είναι μια καλή πρώτη ύλη για την παραγωγή του βιοντήζελ. Το βιοντήζελ δεν περιέχει προϊόντα πετρελαίου, όμως μπορεί να αναμιχθεί με κοινό ντήζελ. Οι περισσότεροι κινητήρες μπορούν να δεχτούν μείγμα βιοντήζελ/ντήζελ 20/80 χωρίς μετατροπές. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον, μη τοξικό, βιοαποικοδομήσιμο και αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την Οδηγία 2003/30/EK έχει θέσει στόχο τη χρήση 5,75% βιοντήζελ μέχρι το τέλος του 2010 [4].

Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης στη χώρα μας πλεονεκτεί διότι οι κλιματικές μας συνθήκες ταυτίζονται με την άρτια ανάπτυξή του. Στην προσπάθεια για την επίτευξη μικρότερου κόστους και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας κατά την εφαρμογή του νερού στις αρδεύσεις, η στάγδην άρδευση και μάλιστα επιφανειακού δικτύου κρίνεται απαραίτητη για την εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας αρδευτικού νερού και για την ελαχιστοποίηση ή εφόσον είναι δυνατό την πλήρη αποφυγή των κινδύνων που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία και των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συστήματος επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι: 1) μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών, 2) πλεονεκτεί σε περιοχές όπου το νερό που διατίθεται για την άρδευση είναι λιγοστό ή πολύ ακριβό, 3) η εφαρμογή θρεπτικών ουσιών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια, 4) συμβάλλει στην μείωση της αλατότητας στην περιοχή του ενεργού ριζοστρώματος, 5) προσφέρεται για αυτοματοποίηση της άρδευσης 6) θεωρείται ιδανική για άρδευση με χρήση υγρών αποβλήτων [1] 7) η μη απαίτηση μετακίνησης του δικτύου πριν τη σπορά, 8) η άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων και 9) η επιφάνεια του αγρού παραμένει ξηρή οπότε τα γεωργικά μηχανήματα μπορούν να κινούνται με ευκολία. Μειονεκτήματα του συστήματος επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι: 1) το υψηλό κόστος εγκατάστασης, 2) η δυσκολία ελέγχου του υπόγειου δικτύου και 3) οι εμφράξεις των σταλακτήρων [3,8].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση της ελαιοκράμβης (*brassica napus*), ως ενεργειακού φυτού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η ανάπτυξη και η απόδοση του ενεργειακού φυτού ελαιοκράμβης κατά την άρδευση με επιφανειακή στάγδην άρδευση, μελετήθηκε σε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2006. Η εγκατάσταση του επιφανειακού δικτύου άρδευσης έγινε την ίδια χρονιά.

Το πείραμα διεξήχθη με δυο ποικιλίες φυτών ελαιοκράμβης (Ability και Licolly) και 4 επαναλήψεις. Το έδαφος στο οποίο έλαβε χώρα το πείραμα είναι ασβεστούχο, ιλυο-αργιλοπηλώδους υφής, καλά αποστραγγιζόμενο και ανήκει στην υπο-ομάδα Typic Xerochrepts.

Το σύνολο του δικτύου άρδευσης ολοκληρώνεται με τη χρήση ηλεκτροβάνων με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της άρδευσης και υδρομετρητές, αντίστοιχα με τις ηλεκτροβάνες, για τον έλεγχο των πιθανών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των δόσεων άρδευσης. Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή με σκοπό την αυτοματοποίηση της άρδευσης.

Η σπορά έγινε στις 6 Απριλίου του 2006 αφού είχε προηγηθεί στον αγρό κατεργασία με δισκόβαρνα και είχε εφαρμοστεί λίπανση με 11 λ.μ. N 15 λ.μ. P₂O₅ και 15 λ.μ. K₂O, καθώς και ενσωμάτωση ζιζανιοκτόνου trifluran σε δόση συνιστώμενη για βαρέα εδάφη. Η τοποθέτηση των σπόρων έγινε σε βάθος 2 cm και σε αποστάσεις 50 cm μεταξύ των γραμμών και 5cm επί της γραμμής. Χρησιμοποιήθηκε πεντάσειρη σπαρτική μηχανή κατάλληλα τροποποιημένη για σπορά μικρών σε διάμετρο σπόρων. Οι αρδεύσεις έγιναν κατά την περίοδο από 30 Μαΐου έως 3 Αυγούστου και οι ποσότητες νερού εφαρμόστηκαν για να καλύψουν το 100% της υπολογιζόμενης εξατμισοδιαπνοής, βάση εξατμισίμετρου τύπου A.

Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούν το ύψος των φυτών, το δείκτη φυλλικής επιφάνειας καθώς και την απόδοση της καλλιέργειας. Επίσης λαμβάνονται μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση και θερμοκρασία αέρα) από μετεωρολογικό σταθμό εντός του αγροκτήματος.

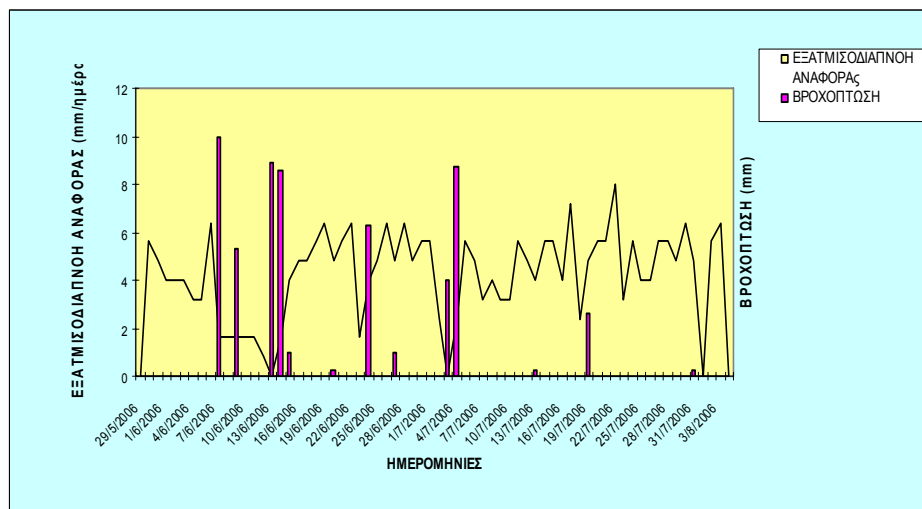
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Εξατμισοδιαπνοή – βροχόπτωση

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς σε ημερήσια βάση καθώς και οι βροχοπτώσεις κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2006. Η διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής παρουσιάζει ένα μέγιστο της τιμής των 7,2mm στις 17/7/2006 και 8mm στις 22/7/2006, χρονική περίοδο κατά την οποία σημειώθηκαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες καθώς επίσης και καθόλου ή μικρή βροχόπτωση. Επίσης στις 13/06/2006 και 03/07/2006 λόγω των έντονων βροχοπτώσεων η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πλησίασε το μηδέν.

Ένα εξατμισίμετρο τύπου A χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της εξάτμισης, απαραίτητης για τον υπολογισμό των αναγκών άρδευσης της καλλιέργειας. Οι ενδείξεις που αντιπροσώπευαν την εξάτμιση σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισμένου ($K_e=0,80$) και την αντίστοιχη για κάθε περίοδο τιμή του φυτικού συντελεστή K_c έδιναν την τιμή της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας. Από την αρχή της αρδευτικής περιόδου (30/05/06) έως το τέλος αυτής (03/08/06) το σύνολο της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ήταν 350,660mm.

Από τις 30/05/2006 ως τις 03/08/2006 έπεσαν 57,24 mm βροχής. Η μεγαλύτερη τιμή της βροχόπτωσης σημειώθηκε στις 07/06/2006 με τιμή 10 mm.



Σχήμα 1. Διακύμανση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και της βροχοπτώσης κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου 2006.

3.2 Ανάπτυξη της καλλιέργειας

3.2.1 Ύψος φυτών

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το μέσο ύψος των φυτών κατά την καλλιεργητική περίοδο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 01/05/2006 μέχρι 24/07/2006.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2 το μέσο ύψος των φυτών στην μεταχείριση με την ποικιλία της ελαιοκράμβης Licolly έφτασε τα 138,1 cm ενώ το μέσο ύψος φυτών στην μεταχείριση με την ποικιλία της ελαιοκράμβης Ability έφτασε στα 143,1 cm. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις 15/05/2006 μέχρι 12/06/2006 παρατηρήθηκε μια έντονη αύξηση του ύψους των φυτών και στις δύο ποικιλίες που μπορεί να οφείλεται τόσο στις έντονες βροχοπτώσεις εκείνης της περιόδου όσο και στην λίπανση με N που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ανάπτυξης της καλλιέργειας. Στις 24/07/2006 που είναι η τελευταία μέτρηση του ύψους φυτών, παρατηρείται και στις δύο ποικιλίες πολύ μικρή αύξηση του ύψους σε σχέση με την αύξηση που είχαμε στις άλλες μετρήσεις, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι από εδώ και πέρα το ύψος μάλλον αρχίζει και σταθεροποιείται.

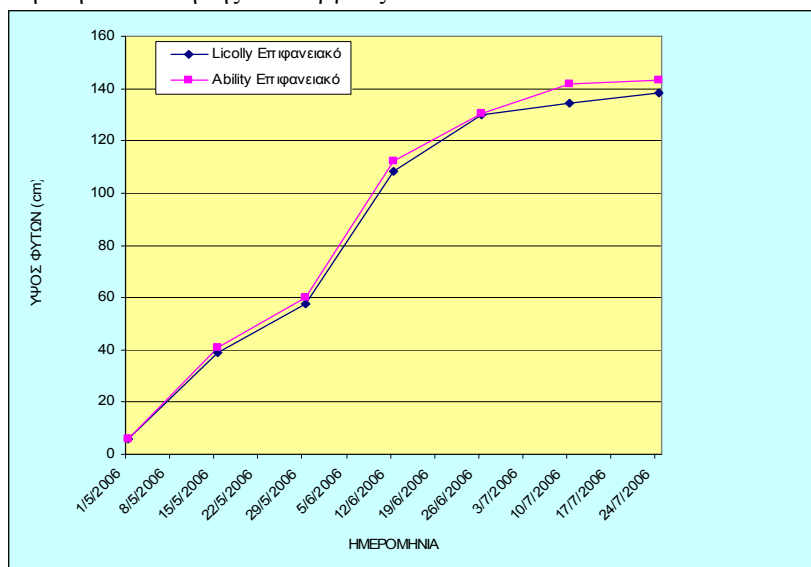
3.2.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) των δύο ποικιλιών της καλλιέργειας της ελαιοκράμβης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 20/05/2006 μέχρι 12/08/2006.

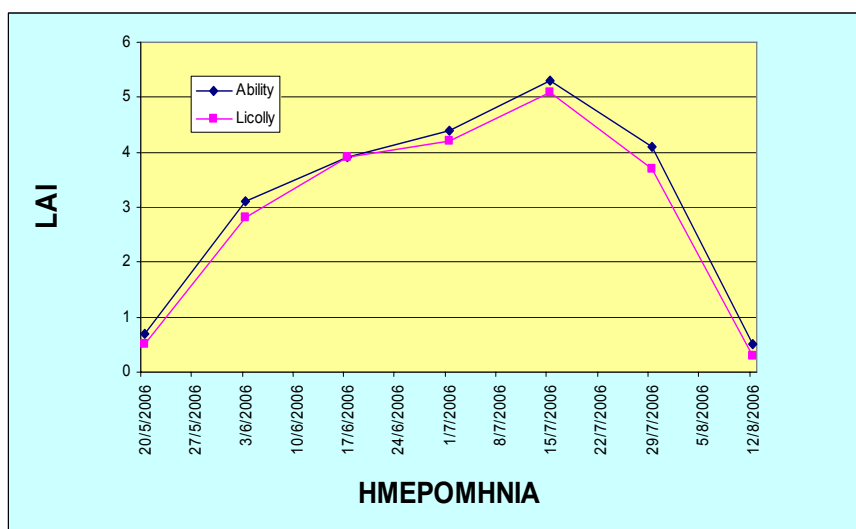
Με την έναρξη των αρδεύσεων παρατηρούμε ότι δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ποικιλιών. Άλλωστε οι δύο ποικιλίες με την αύξηση των απαιτήσεων τους σε νερό έχουν σαν αποτέλεσμα να διαπνέουν περισσότερο και ταυτόχρονα να αναπτύσσουν μεγαλύτερο LAI. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3 προσδίδουν την μέγιστη φυλλική επιφάνεια την ίδια χρονική περίοδο στην τιμή 5,3 για την ποικιλία Ability και στην τιμή 5,1 για την ποικιλία Licolly.

Από τα τέλη Ιουλίου μέχρι και την λήξη της καλλιεργητικής περιόδου, στα τέλη Αυγούστου, παρατηρείται μείωση των τιμών του LAI και στις δύο ποικιλίες. Η υποβάθμιση αυτή των τιμών γίνεται εντονότερη τον τελευταίο μήνα της καλλιεργητικής

περιόδου και αυτό οφείλεται βέβαια στον γηρασμό της καλλιέργειας και στην σταδιακή μάρανση των φύλλων. Βέβαια η πτώση αυτή του δείκτη δεν έχει καμία απολύτως επίδραση στην απόδοση της καλλιέργειας.



Σχήμα.2. Μεταβολή του ύψους στις ποικιλίες ελαιοκράμβης Licolly και Ability κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2006.



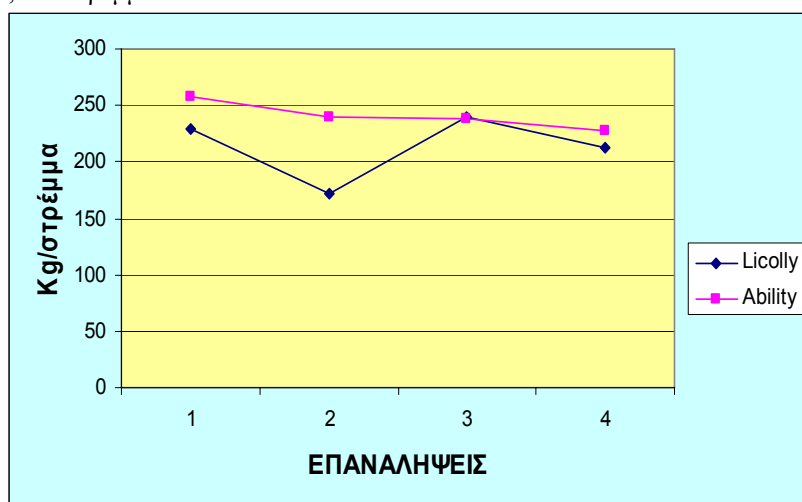
Σχήμα 3. Μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στις ποικιλίες ελαιοκράμβης Ability και Licolly κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2006.

3.2.3 Απόδοση της καλλιέργειας

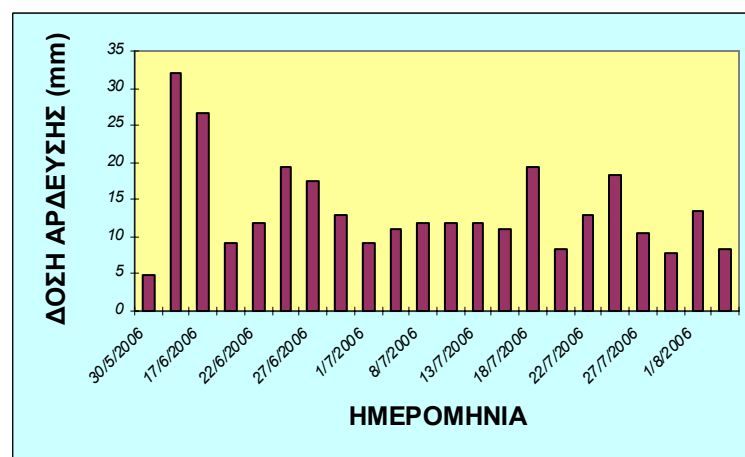
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η διακύμανση της απόδοσης των δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης σε Kg/στρέμμα. Γενικά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά την απόδοση των δύο ποικιλιών.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 4 η ποικιλία Ability είχε μέγιστη απόδοση στα 258,3 Kg/στρέμμα με μέσο όρο 240,92 Kg/στρέμμα από τις τέσσερις επαναλήψεις ενώ η ποικιλία Licolly είχε την μέγιστη απόδοση στα 229 Kg/στρέμμα με μέσο όρο 213,25 Kg/στρέμμα από τέσσερις επαναλήψεις. Η μειωμένη απόδοση αλλά και ανάπτυξη της ποικιλίας Licolly σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να οφείλεται στην ευαισθησία και την ευπάθεια της σε εντομολογικές προσβολές κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι για την παραγωγή 90 l βιοκαυσίμου αντιστοιχούν 300 Kg/στρέμμα ελαιοκράμβης, η μέγιστη απόδοση της ποικιλίας Ability που παρατηρήθηκε στα 258,33 Kg/στρέμμα αντιστοιχεί σε 77,50 l/στρέμμα βιοκαυσίμου με μέσο όρο παραγωγής βιοκαυσίμου σε όλες τις επαναλήψεις στα 72,28 l/στρέμμα ενώ για την ποικιλία Licolly με μέγιστη απόδοση στα 229 Kg/στρέμμα αντιστοιχεί σε 68,7 l/στρέμμα βιοκαυσίμου με μέσο όρο παραγωγής βιοκαυσίμου σε όλες τις επαναλήψεις στα 63,98 l/στρέμμα.



Σχήμα 4. Απόδοση των ποικιλιών Ability και Licolly κατά την καλλιεργητική περίοδο 2006.



Σχήμα 5. Δόση άρδευσης των δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2006.

3.3 Δόση άρδευσης-εξοικονόμηση νερού

Κατά την άρδευση των δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης χορηγήθηκαν συνολικά 345,61 mm νερού. Από τα 345,61 mm νερού τα 300,61 χορηγήθηκαν μέσω του συστήματος επιφανειακής στάγδην άρδευσης κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου από 30/05/2006 ως 3/08/2006 ενώ τα υπόλοιπα 45 mm νερού χορηγήθηκαν με κανόνι βροχής για το φύτρωμα της καλλιέργειας. Η μεγαλύτερη δόση νερού εφαρμόστηκε στις 06/06/2006 ίση με 31,95mm (Σχήμα 5).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τόσο κατά τη διάρκεια όσο και στο τέλος του πειράματος δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο ποικιλίες ελαιοκράμβης όσον αφορά το ύψος των φυτών και την απόδοσή τους σε σπόρο, γεγονός πολύ ενθαρρυντικό αν λάβουμε υπόψιν την εξοικονόμηση νερού που έγινε. Οι αποδόσεις των δύο ποικιλιών ελαιοκράμβης που παρατηρήθηκαν στην Κεντρική Ελλάδα σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση νερού (επιφανειακή στάγδην άρδευση) καθιστούν φανερή την δυναμικότητα της καλλιέργειας ως εναλλακτική καλλιέργεια για την παραγωγή βιοκαυσίμου. Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης σαν πηγή ενέργειας δε βοηθά απλώς το κλίμα μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αλλά είναι αρωγός στη διατήρηση των τελευταίων αποθεμάτων πετρελαίου. Τα ορυκτά καύσιμα που σήμερα κυριαρχούν στην αγορά στο μέλλον σταδιακά θα αντικατασταθούν από καύσιμα που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ανάπτυξη αυτών των καινούργιων καυσίμων απαιτεί όχι μόνο την εξέλιξη νέων μηχανικών συνόλων, αλλά και «ενεργειακών σοδειών», οι οποίες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία βιοκαυσίμων.

Υιοθετώντας λοιπόν την κατάλληλη πολιτική στην χώρα μας η ελαιοκράμβη μπορεί να αντικαταστήσει κλασσικές καλλιέργειες που φθίνουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνόπουλος, Β., 1998. Χρησιμοποίηση νερού οριακής ποιότητας για άρδευση. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας, Θεσσαλονίκη.
2. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
3. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2003. Σημειώσεις αρδεύσεων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
4. Raymer P.L., 2002. Canola: An Emerging Oilseed Crop Trends in new crops and new issues, J. Janick and A. Whipkey. ASHSPress, Alexandria, VA., pp.
5. Γαλανοπούλου- Σενδούκα, Σ., 1997. Ειδική Γεωργία Π, Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
6. Senior I.J. and Dale P.J., 2002. Herbicide-tolerant crops in agriculture: oilseed rape as a case study, Plant breeding, 121, 97-107.
7. Mixon J., Dack j., Kraucunas I. And Feng J., 2003. The Case for Biodiesel, Submitted for ENVIRON550. <http://www.chinaeol.net/bellreen/ppt/biodiesel%20final%20report.pdf>.
8. Panoutsou, C., Djouras, N. and Kavadakis, G. 1998. Brassica carinata: The outset of a new crop for biomass and industrial non-food oil. First year Report. CRES.

(166)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΥ, ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΤΑΣ ΔΥΟ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

Π. Α. Καλαβριώτου και Θ. Α. Γέμτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμ. Γεωπονίας, Φ. Π. & Αγρ. Περιβ., Εργ. Γεωργικής
Μηχανολογίας, Οδός Φυτόκου, 38446 Ν. Ιωνία Μαγνησίας, E-mail: pkalav@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να διερευνηθεί η δυνατότητα εξαγωγής λαδιού από σπόρους ηλίανθου σε επίπεδο αγροκτήματος. Δύο υβρίδια ηλίανθου καλλιεργήθηκαν κάτω από τέσσερις διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας εδάφους. Η εξαγωγή λαδιού έγινε με ψυχρή συμπίεση των σπόρων σε κοχλιωτή πρέσα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι αποδόσεις της καλλιέργειας σε σπόρο επηρεάστηκαν από τη μέθοδο κατεργασίας, με τη συμβατική κατεργασία να δίδει την υψηλότερη τιμή των 4.44 t ha⁻¹, αντίθετα με τις εκατοστιαίες αποδόσεις των σπόρων σε ακατέργαστο λάδι, καθαρό λάδι και πίτα, οι οποίες δεν επηρεάστηκαν από τις κατεργασίες εδάφους, αλλά από το υβρίδιο φθάνοντας στο 37.03, 31.16, και 61.69 %, αντίστοιχα, για το αποδοτικότερο υβρίδιο Garysol και 34.04, 28.54 and 65.42 %, για το δεύτερο υβρίδιο, Frankasol.

EFFECT OF TILLAGE SYSTEMS IN SEED, OIL AND CAKE PRODUCTION OF TWO SUNFLOWER HYBRIDS IN CENTRAL GREECE

P.A. Kalavriotou and Th. A. Gemtos

University of Thessaly, Dept. of Crop Production and Rural Environment, Lab of Farm
Mechanization, Fytoco, 38446 N. Ionia, Greece. E-mail: pkalav@uth.gr

ABSTRACT

The objective of this work was to investigate the possibility of sunflower oil extraction, in order to use it as fuel in farm machines. Two sunflower hybrids were cultivated under four different tillage methods. Cold oil extraction was realised with a small screw press. The analysis of the data showed that seed yield was affected by tillage systems, reaching to 4.44 t ha⁻¹, produced by the conventional tillage, contrary to raw oil, clean oil and press cake percentages, that were not affected by tillage systems, but by sunflower hybrids, that had a statistically significant influence on these percentages reaching to 37.03, 31.16 and 61.69 %, respectively for the most productive hybrid Garysol, and 34.04, 28.54 and 65.42 %, for the second hybrid, Frankasol.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παγκόσμιο ενδιαφέρον εστιάζει σήμερα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την προστασία του περιβάλλοντος. Εκτιμάται ότι το 21% του συνόλου των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που συμβάλλουν στη θέρμανση της υδρογείου οφείλεται στις μεταφορές και το ποσοστό αυτό συνεχώς αυξάνει. Το 96% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών για τις μεταφορές καλύπτουν τα ορυκτά υγρά καύσιμα. Τα βιοκαύσιμα, παραγόμενα από τη βιομάζα, μια ανανεώσιμη πηγή, αποτελούν άμεσο υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές και είναι δυνατόν να ενταχθούν σε συστήματα προμήθειας καυσίμου [1].

Ενεργειακά φυτά ελαιούχων σπόρων, όπως ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.), θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Διάφορες ποικιλίες και υβρίδια ηλίανθου έχουν αναπτυχθεί με μικρότερο ή μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο, μέγεθος σπόρου, περιεκτικότητα σε λάδι και σύνθεση των λιπαρών οξέων. Οι αποδόσεις ουσιαστικά ποικίλουν ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές και αγρονομικές εισροές. Σε ξηρικές καλλιέργειες οι μέσες αποδόσεις σε σπόρο φθάνουν τους 1.3-1.5 t ha⁻¹, ενώ σε αρδευόμενες καλλιέργειες φθάνουν τους 3.0-4.9 t ha⁻¹ [2-6]. Ο ηλίανθος, ενώ έχει τη ικανότητα να εκμεταλλεύεται μεγάλο όγκο εδάφους, λόγω του μεγάλου όγκου του ριζικού του συστήματος, παρουσιάζει μικρή διεισδυτικότητα και οι ρίζες στρέφονται οριζόντια όταν παρουσιαστεί εμπόδιο, χάνοντας έτσι την ικανότητά του να αντλεί νερό και θρεπτικά στοιχεία από μεγάλα βάθη [7]. Οι επεμβάσεις της κατεργασίας του εδάφους έχουν τελικό στόχο την εξασφάλιση της καλής εγκατάστασης του φυτού και την δημιουργία συνθηκών κατάλληλων για την άριστη ανάπτυξη και μέγιστη απόδοσή του. Εκτός της συμβατικής κατεργασίας, άλλα συστήματα μειωμένης κατεργασίας στοχεύουν παράλληλα στην διατήρηση της αειφορίας του εδάφους (γονιμότητα, δομή) [8], και την μείωση του κόστους παραγωγής [15]. Ερευνητές αναφέρουν αντικρουόμενα αποτελέσματα στις αποδόσεις των καλλιεργειών κάτω από την επίδραση των διαφόρων συστημάτων κατεργασίας, προφανώς λόγω και άλλων παραγόντων που υπεισέρχονται (κλίμα, έδαφος). Παρατηρήθηκε ότι οι μειωμένες κατεργασίες και η ακαλλιέργεια δίνουν ίδιες ή μερικές φορές και μεγαλύτερες αποδόσεις από τις αποδόσεις της συμβατικής κατεργασίας, όταν η εδαφική υγρασία είναι χαμηλή (περιορισμένες βροχοπτώσεις ή άρδευση, καλά στραγγιζόμενα εδάφη ή ξηρά εδάφη), ενώ στις περιπτώσεις με υψηλές βροχοπτώσεις, υγρά και βαριά εδάφη [9-12], ή εδάφη με αυξημένο αριθμό ζιζανίων [13-14], η συμβατική κατεργασία έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Οι μειωμένες κατεργασίες και η ακαλλιέργεια δίνουν το ίδιο ή και μεγαλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα από τις άλλες μεθόδους κατεργασίας, όταν η μικρότερη παραγωγή αντισταθμίζεται από την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και μειωμένο κόστος [15-16]. Οι μέθοδοι για την εξαγωγή λαδιού από ελαιούχους σπόρους είναι η μηχανική (θερμή ή ψυχρή πίεση) και η χημική μέθοδος (με διαλύτη - συνήθως εξάνιο). Η επεξεργασία εξαρτάται από την περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι [17-19]. Για σπόρους με χαμηλή περιεκτικότητα λαδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο χημική επεξεργασία, ενώ για σπόρους με υψηλή περιεκτικότητα λαδιού χρησιμοποιείται η μηχανική επεξεργασία, ή και χημική η οποία ακολουθεί τη μηχανική επεξεργασία [20]. Οι αποδόσεις των σπόρων ηλίανθου σε λάδι με χημική επεξεργασία κυμαίνονται από 1,40-1,55 t ha⁻¹ [4, 20]. Αντικρουόμενα αποτελέσματα υπάρχουν για την απόδοση λαδιού ανάλογα με την κατάσταση (θερμοκρασία, υγρασία) του εισαγόμενου στην πρέσα σπόρου.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθεί η δυνατότητα εξαγωγής λαδιού από σπόρους ηλίανθου με στόχο την άμεση χρησιμοποίησή του ως καυσίμου σε επίπεδο αγροκτήματος. Για το σκοπό αυτό θα μελετηθεί η επίδραση μεθόδων κατεργασίας εδάφους στις αποδόσεις σε σπόρο δυο υβριδίων ηλίανθου κάτω από τις εδαφοκλιματικές

συνθήκες της Κεντρικής Ελλάδας, και θα εξετασθεί εάν η απόδοση του παραγόμενου λαδιού και πίτας, με την διαδικασία της ψυχρής συμπίεσης, επηρεάζεται από τον τρόπο κατεργασίας του εδάφους και από το υβρίδιο.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εγκαταστάθηκαν το 2006 δύο υβρίδια ηλίανθου στο Αγρόκτημα Βελεστίνου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το έδαφος του πειραματικού αγρού ήταν ιλυοαργιλώδες (9.7% άμμος, 41% ιλύς και 49.2% άργιλος). Το πειραματικό σχέδιο ήταν 4x2 παραγόντων (4 συστήματα κατεργασίας εδάφους x 2 υβρίδια ηλίανθου) σε τυχαία υπο-τεμάχια με τέσσερις επαναλήψεις. Οι παράγοντες ήταν: Ι) οι μέθοδοι κατεργασίας εδάφους (Σ: συμβατική κατεργασία, ΒΚ: μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή, ΠΣ: μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό, Δ: μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα), που κατείχαν τα κύρια τεμάχια και ΙΙ) τα υβρίδια Garysol και Frankasol, που κατείχαν τα υπο-τεμάχια. Η προετοιμασία του εδάφους κατά τη συμβατική επεξεργασία περιελάμβανε όργωμα σε βάθος 0.27 m και κατεργασία με δισκοσβάρνα και καλλιεργητή ελαφρού τύπου, ενώ για τις υπόλοιπες τρεις μειωμένες κατεργασίες χρησιμοποιήθηκαν βαρύς καλλιεργητής σε βάθος 0.18 m και στη συνέχεια δισκοσβάρνα και καλλιεργητής ελαφρού τύπου, περιστροφικό σκαπτικό σε βάθος 0.13 m, και δισκοσβάρνα σε βάθος 0.08-0.10 m και στη συνέχεια καλλιεργητής ελαφρού τύπου.

Για τις ανάγκες της εξαγωγής λαδιού από τους συγκομισμένους σπόρους η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε το καθάρισμα σπόρων, την εξαγωγή λαδιού και το φιλτράρισμα λαδιού. Μετά την συγκομιδή ο σπόρος καθαρίστηκε με φυσικό τρόπο (λίκνισμα σε ρεύμα αέρα) ή με μικρό διαλογέα με τρία δονούμενα κόσκινα σε τρία επίπεδα και μικρό ρεύμα αέρα. Το ποσοστό ξένων υλών ήταν της τάξεως του 0,5 % του καθαρισμένου σπόρου. Για την εξαγωγή του λαδιού ακολουθήθηκε η μηχανική επεξεργασία με πλήρη συμπίεση του σπόρου, και χρησιμοποιήθηκε κοχλιωτή πρέσα (Taby Press, type 40A) με τη διαδικασία της ψυχρής συμπίεσης. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε και στην περίπτωση της εκτίμησης της απόδοσης του σπόρου σε ακατέργαστο και καθαρό λάδι και πίτα ήταν επίσης 4x2 παραγόντων (4 συστήματα κατεργασίας εδάφους x 2 υβρίδια ηλίανθου) σε τυχαία υπο-τεμάχια με τέσσερις επαναλήψεις, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση της εκτίμησης της απόδοσης της καλλιέργειας σε σπόρο. Η δυναμικότητα της πρέσας ήταν 2,5-6 l λαδιού/h, και η διάμετρος του ακροφυσίου εξαγωγής της πίτας 10 mm. Η κατάσταση του εισαγομένου στην πρέσα σπόρου ήταν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος δωματίου (22-25°C) και υγρασία 4,5%. Δοκιμάστηκαν τρεις τρόποι καθαρισμού του παραγομένου λαδιού: α) καθαρισμός με μεταλλικά φίλτρα για την συγκράτηση των μεγαλύτερων σωματιδίων, στη συνέχεια δύο μεταγγίσεις μετά από καθίζηση 3-4 ημερών και φιλτράρισμα του ιζήματος με φίλτρα διαφόρων τύπων, β) καθαρισμός με μεταλλικά φίλτρα για την συγκράτηση των μεγαλύτερων σωματιδίων, δύο μεταγγίσεις μετά από καθίζηση 3-4 ημερών και φιλτράρισμα με χάρτινους κωνικούς ηθμούς διαμέτρου οπών 8 μm και γ) καθαρισμός με μεταλλικά φίλτρα για την συγκράτηση των μεγαλύτερων σωματιδίων και φιλτράρισμα με χάρτινους κωνικούς ηθμούς διαμέτρου οπών 8 μm. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των αποτελεσμάτων ήταν η δεύτερη, όπου το ακατέργαστο λάδι μετά τις μεταγγίσεις παρέμενε στους ηθμούς μέχρι να διηθηθεί και να απομείνει στο φίλτρο ίζημα με την μικρότερη δυνατή περιεκτικότητα σε λάδι.

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα του SPSS. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και στο Εργαστήριο Ελέγχου Ζωοτροφών Λάρισας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι τελικές αποδόσεις των φυτών σε σπόρο επηρεάστηκαν από τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους που εφαρμόστηκαν, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 και το Σχήμα 1. Πιο συγκεκριμένα οι αποδόσεις που προέκυψαν από την συμβατική κατεργασία (Σ) ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από τις αποδόσεις των μειωμένων κατεργασιών (BK, ΠΣ, Δ) φθάνοντας τους 4.44 t ha⁻¹ έναντι των 3.55, 3.32 και 3.41 t ha⁻¹ των μειωμένων κατεργασιών, αντίστοιχα (p=0.01). Η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK) έδωσε επίσης στατιστικά υψηλότερες αποδόσεις από τις μειωμένες κατ γασίες με περιστροφικό σκαπτικό (p=0.01) και με δισκοσβάρνα (p=0.05), ενώ το περιστροφικό σκαπτικό (ΠΣ) και η δισκοσβάρνα (Δ) δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά μεταξύ τους στις αποδόσεις σε σπόρο, παρά την μικρή υπεροχή (κατά 0.09 t ha⁻¹) της κατεργασίας με δισκοσβάρνα έναντι της κατεργασίας με περιστροφικό σκαπτικό. Αντίθετα οι κατεργασίες φαίνεται ότι δεν επηρέασαν την εκατοστιαία απόδοση των σπόρων σε ακατέργαστο λάδι. Οι αποδόσεις αυτές, όπως φαίνεται και στην Σχήμα 2, διαμορφώθηκαν σε 35.37% για την συμβατική κατεργασία και σε 35.29, 35.30 και 36.17% για τις μειωμένες κατεργασίες, αντίστοιχα, παρουσιάζοντας μικρές μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 1. Απόδοση σε σπόρο, ακατέργαστο λάδι και πίτα (t ha⁻¹) των τεσσάρων κατεργασιών και των δύο υβριδίων ηλιάνθου

	Κατεργασίες				LSD
	Σ	BK	ΠΣ	Δ	
Σπόρος	4.44	3.55	3.32	3.41	** 0.19
Ακατέργαστο λάδι	1.57	1.25	1.17	1.24	** 0.11
Πίτα	2.84	2.25	2.12	2.15	** 0.16

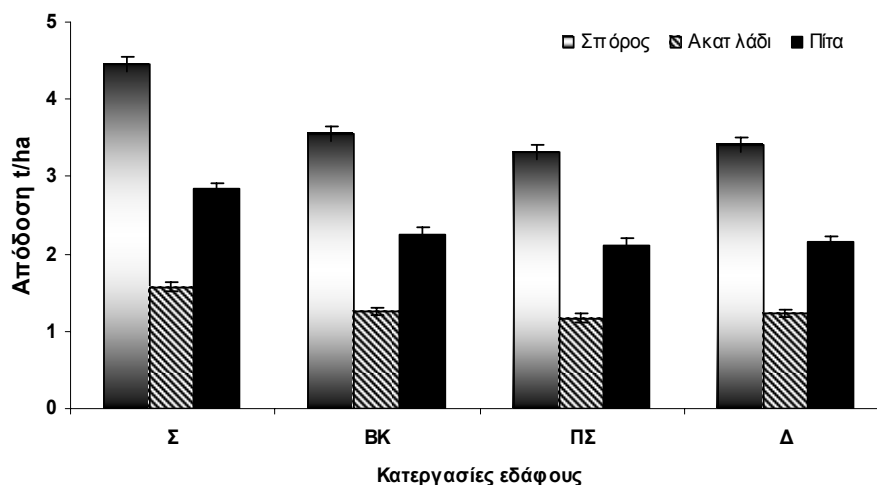
	Υβρίδια		LSD
	Gar	Frank	
Σπόρος	3.72	3.64	ns
Ακατέργαστο λάδι	1.38	1.24	** 0.07
Πίτα	2.30	2.38	ns

(** δηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά για p=0.01)

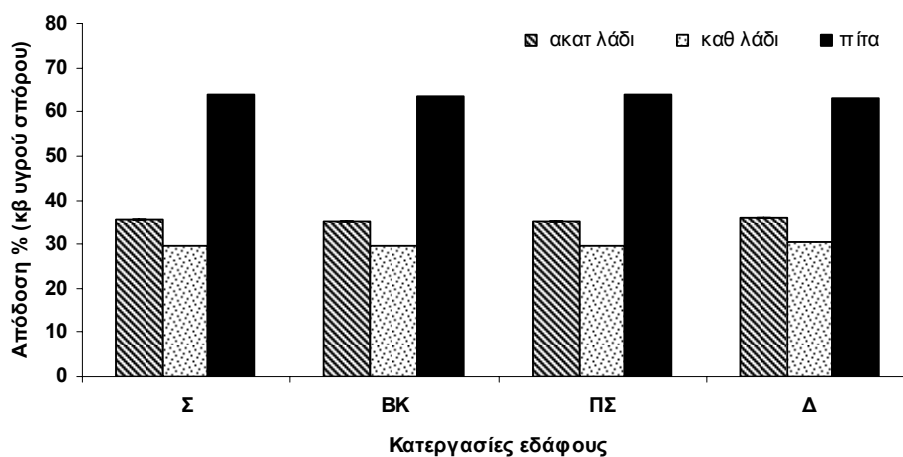
Όπως όμως ήταν αναμενόμενο οι ανά εκτάριο αποδόσεις σε ακατέργαστο λάδι επηρεάστηκαν από τις κατεργασίες, λόγω των διαφοροποιημένων αποδόσεων σε σπόρο (t ha⁻¹), φθάνοντας τους 1.57 t ha⁻¹ για τη συμβατική κατεργασία έναντι των 1.25, 1.17 και 1.24 t ha⁻¹ για τις μειωμένες κατεργασίες, αντίστοιχα (Πίν. 1, Σχ. 1). Οι μέθοδοι κατεργασιών επίσης δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά τις εκατοστιαίες αποδόσεις σε καθαρό λάδι, καθώς και τις αποδόσεις σε πίτα, όπως φαίνεται στην Σχήμα 2.

Τα δύο υβρίδια του ηλιάνθου φαίνεται ότι είναι ιδίων αποδόσεων σε σπόρο, με το υβρίδιο Garysol να εμφανίζει μία υπεροχή φθάνοντας τους 3.72 t ha⁻¹ έναντι του Frankasol με 3.64 t ha⁻¹, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική (Πίν. 1). Όμως τα δύο υβρίδια δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις σε ακατέργαστο λάδι με το πρώτο υβρίδιο να φθάνει στους 1.38 και το δεύτερο στους 1.24 t ha⁻¹ (p=0.01). Αυτό εξηγείται με την ποσοστιαία απόδοση του παραγόμενου σπόρου (υγρασίας 4.5%) σε ακατέργαστο λάδι, που φθάνει στο 37.03 και 34.04 %, αντίστοιχα (p=0.01, Σχ. 2). Αυτό, σε ένα μικρό μέρος, μπορεί να εξηγηθεί με την διαφορετική περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Αναλύσεις που έγιναν σε σπόρους των δύο

υβριδίων έδειξαν ότι οι περιεκτικότητες διαφέρουν κατά 1% περίπου (40.61% στο Garysol και 39.73% στο Frankasol, σε σπόρο υγρασίας 4.5%), ποσοστό που είναι μικρό για να δικαιολογήσει τις εκατοστιαίες αποδόσεις των υβριδίων.



Σχήμα 1. Απόδοση σε σπόρο, ακατέργαστο λάδι και πίτα ($t\ ha^{-1}$) των τεσσάρων κατεργασιών και των δύο υβριδίων ηλίανθου



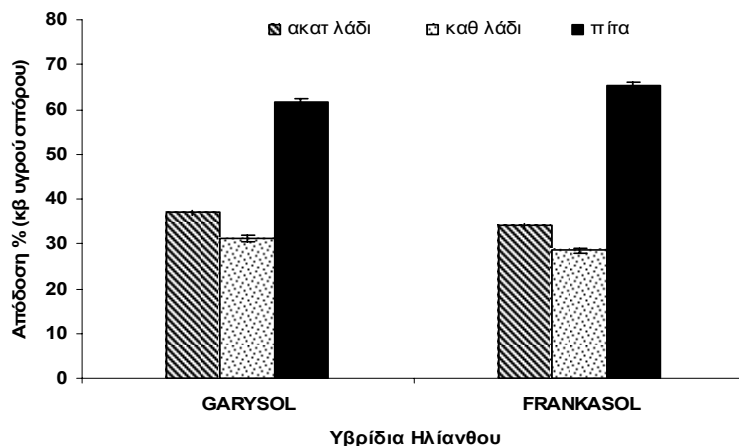
Σχήμα 2. Εκατοστιαία απόδοση (κβ) υγρού σπόρου ηλίανθου σε ακατέργαστο λάδι, καθαρό λάδι και πίτα, κάτω από τέσσερις κατεργασίες εδάφους

Μία πιθανή εξήγηση μπορεί να είναι η διαφορετική δυνατότητα των σπόρων να αποδώσουν το περιεχόμενο λάδι. Το υβρίδιο Garysol μπορεί να αποδώσει το 79.41% του περιεχόμενου λαδιού, ενώ το υπόλοιπο 20.59% μένει στις πίτες (pellets πρέσας και πίτα φίλτρου), ενώ το υβρίδιο Frankasol αποδίδει λιγότερο (74.58% του περιεχόμενου λαδιού) και φαίνεται ότι μεγάλο ποσοστό αφήνει στις πίτες (25.42%). Μία δεύτερη πιθανή εξήγηση μπορεί να είναι το μέγεθος των σπόρων. Οι σπόροι του Frankasol είναι

μικρότεροι από τους σπόρους του Garysol αποδίδοντας ξηρό βάρος 1000 σπόρων 64.42 και 77.75g αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι στην περίπτωση του Frankasol τα περικάρπια αντιπροσωπεύουν μεγαλύτερο ποσοστό του σπόρου από ότι στην περίπτωση Garysol, και επομένως μεγαλύτερη εκατοστιαία κ.β. απόδοση σε πίτα και μικρότερη σε λάδι (Σχ. 3). Τέλος μία τρίτη πιθανή εξήγηση είναι η μεγαλύτερη διάρκεια των φαινολογικών σταδίων άνθησης και ωρίμανσης των σπόρων του υβριδίου Garysol. Όταν το υβρίδιο Garysol εμφάνιζε άνθηση 80%, το Frankasol εμφάνιζε άνθηση 10%, ενώ το αντίθετο συνέβη με την ωρίμανση, όπου, όταν το Frankasol βρισκόταν στο τέλος της ωρίμανσης το Garysol βρισκόταν στην αρχή της ωρίμανσης των σπόρων.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p=0.01$, αντίστροφες όμως από αυτές των λαδιών) παρουσίασαν και οι αποδόσεις σε πίτα φθάνοντας στο 61.69 και 65.42 %, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στη Σχήμα 3.

Όπως ήταν αναμενόμενο και οι εκατοστιαίες αποδόσεις σε καθαρό λάδι παρουσίασαν σημαντικές στατιστικά διαφορές στα δύο υβρίδια φθάνοντας στο 31.16 και 28.54% ($p=0.01$), αντίστοιχα.



Σχήμα 3. Εκατοστιαία απόδοση (κβ υγρού σπόρου) σε ακατέργαστο λάδι, καθαρό λάδι και πίτα δύο υβριδίων ηλιάνθου

Η αλληλεπίδραση των κατεργασιών του εδάφους με τα υβρίδια δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τις αποδόσεις σε σπόρο, ακατέργαστο λάδι, καθαρό λάδι και πίτα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το καθαρό λάδι από την τελευταία φάση των ηθμών λαμβανόταν με αργή φυσική ροή. Το ίζημα του φίλτρου αντιπροσωπεύει το 5.1% του συγκομισθέντος σπόρου. Εκτιμάται ότι το 11.36% κατά μέσο όρο και πλέον αυτής της ποσότητας (ή το 0.57% κατά μέσο όρο της παραγόμενης ποσότητας σπόρου) θα μπορούσε να αποδοθεί στο καθαρό λάδι, εάν ο καθαρισμός γινόταν υπό πίεση και όχι με φυσική ροή. Η υπόλοιπη ποσότητα 88.64% του ιζήματος φίλτρου ή το 4.5% της παραγόμενης ποσότητας σπόρου αποτελεί την πίτα φίλτρου, η οποία έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι. Επί πλέον πρέπει να αναφερθεί ότι η ποσότητα του ιζήματος και του καθαρού λαδιού επηρεάζεται από τον τρόπο εξαγωγής και καθαρισμού του λαδιού. Παρατηρήθηκαν μέσες απώλειες της τάξεως του 1.7% επί της ποσότητας του ακατέργαστου λαδιού, λόγω των διαδοχικών μεταγρίσεων προκειμένου να επιτευχθεί η καθίζηση πριν το φιλτράρισμα. Οι απώλειες αυτές θα μπορούσαν να αποδώσουν μία

ποσότητα της τάξεως του 0.51% (του παραγομένου σπόρου) σε καθαρό λάδι. Από τα παραπάνω εύκολα συνεπάγεται ότι η απόδοση σε καθαρό λάδι θα μπορούσε να αυξηθεί ακόμη κατά 1.08% κατά μέσο όρο (0,57% και 0.51%) και να φθάσει στο 32.25 και 29.63% και πλέον για τα δύο υβρίδια, αντίστοιχα, εάν το φιλτράρισμα πραγματοποιείτο υπό πίεση μέσω κάποιας αντλίας. Τα ποσοστά αυτά μας δίνουν μέση παραγωγή καθαρού λαδιού 1.2 και 1.1 t ha⁻¹ αντίστοιχα.

Από αναλύσεις που έγιναν στο Εργαστήριο Ελέγχου Ζωοτροφών Λάρισας η παραγόμενη πίτα (υπό μορφή pellets) αποτελείται από 25.27 % πρωτεΐνη, 20.79 % λάδι, 26.23 % ινώδεις ουσίες και 4.33 % τέφρα. Η πίτα αποτελεί εξαιρετική ζωοτροφή.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μέθοδος κατεργασίας του εδάφους επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την απόδοση του ηλιάνθου, με την συμβατική κατεργασία να δίδει την μεγαλύτερη τιμή των 4.44 t ha⁻¹ σε σπόρο και 1.57 t ha⁻¹ σε ακατέργαστο λάδι. Αντίθετα οι αποδόσεις σε σπόρο των δύο υβριδίων Garysol και Frankasol δεν διαφοροποιήθηκαν φθάνοντας κατά μέσο όρο τους 3.68 t ha⁻¹.

Η απόδοση σε λάδι εξαρτάται από την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι και πιθανώς από την δυνατότητα αποδεύμευσής του από το σπόρο, το μέγεθος του σπόρου (ποσότητα περικαρπίου), ή την διάρκεια των φαινολογικών σταδίων άνθισης-ωρίμανσης, δίδοντας στατιστικά σημαντικό προβάδισμα στο υβρίδιο Garysol με 1.38 t ha⁻¹ σε ακατέργαστο λάδι και εκατοστιαίες αποδόσεις του παραγόμενου σπόρου (υγρασίας 4.5%) 37.03 % σε ακατέργαστο λάδι και 31.16 % σε καθαρό λάδι, ενώ αντίθετα στατιστικά υψηλότερες τιμές σε πίτα έδωσε το υβρίδιο Frankasol φθάνοντας το 65.42 %. Η μέθοδος κατεργασίας του εδάφους δεν επηρεάζει τις εκατοστιαίες αποδόσεις σε ακατέργαστο λάδι, καθαρό λάδι και πίτα.

Το καθάρισμα του λαδιού χρειάζεται συνδυασμό φυσικών μεθόδων όπως μεταλλικές σήτες για την συγκράτηση των μεγαλύτερων σωματιδίων, καθίζηση ή φιλτράρισμα με φίλτρα 8 μm για την συγκράτηση των μικρότερων σωματιδίων. Βελτίωση στην εκατοστιαία απόδοση καθαρού λαδιού κατά μία και πλέον μονάδα μπορεί να επιφέρει το καθάρισμα του λαδιού με άλλους τρόπους (παροχέτευση του εξερχόμενου λαδιού σε φίλτρα μέσω αντλίας, για την αποφυγή απωλειών λόγω διαδοχικών μεταγγίσεων και την απολαβή περισσότερου λαδιού από το ίζημα φίλτρου).

Τέλος μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κοχλιωτές πρέσες μικρής δυναμικότητας (με πλήρη ψυχρή συμπίεση), μπορούν να λειτουργήσουν και να παράγουν λάδι σε μια γεωργική εκμετάλλευση ή σε ομάδα γεωργικών εκμεταλλεύσεων από το σπόρο ηλιάνθου που παράγεται από αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Biofuels Research Advisory Council, 2006. Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond.
2. Farsaie, A., DeBarthe, J.V., Kenworthy, W.J., LessleY, B.V. and Wiebold, W.J., 1985. Analysis of Producing Vegetable Oil as an Alternate Fuel. *Energy in Agriculture*, 4, 189-205.
3. FAO, 2001. Διαθέσιμο στο <http://www.fao.org>.
4. Geronikolou, L., Danalatos, N.G., Archontoulis, S., Kalavriotou, P. and Papadakis, G., 2004. Experimental Study of the potential Sunflower Oil Production in Greece to be used as an Alternative Fuel. Proceedings of the “2nd World Conference and

- Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection”, Rome, 10-14 May 2004.
5. Danalatos, N.G., P. Kalavriotou, S. Archondoulis, L. Geronikolou and Papadakis, G., 2004. Potential growth and productivity of three sunflower hybrids in a soil with aquic moisture regime in central Greece. Proceedings of the “2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection”, Rome, 10-14 May 2004
 6. Καλαβριώτου, Α.Π., 2005. Αύξηση και Ανάπτυξη του Ηλίανθου και του Κενάφ για την Παραγωγή Βιομάζας και Βιοενέργειας στην Κεντρική Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
 7. Ξανθόπουλος, Φ.Π., 1993. Ο ηλίανθος. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας. Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών. Θεσσαλονίκη.
 8. ASAE, 2002. Standards. Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships, EP291.2. American Society of Agricultural Engineers. St . Joseph Michigan.
 9. Arshad, M.A., Franzluebbers, A.J. and Azooz, R.H., 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada, Soil and Tillage Research, 53, 41-47.
 10. Dick, W.A., McCoy, E.L., Edwards, W.M. and Lal, R., 1991. Continuous application of No-Tillage to Ohio soils. Agronomy Journal, 83, 65-73.
 11. Hajabbasi, M.A. and Hemmat, A., 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran, Soil and Tillage Research, 56, 205-212.
 12. Hussain, I., Olson, K.R. and Ebelhar, S.A., 1999. Impacts of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil, Soil and Tillage Research, 52, 37-49.
 13. Kouwenhoven, J.K., Perdok, U.D., Boer, J. and Oomen G.J.M., 2002. Soil management by shallow mouldboard ploughing in The Netherlands. Soil and Tillage Research, 65, 125-139.
 14. Καβαλάρης, Χ., 2004. Εφαρμογή μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς ζαχαρότευτλων, βαμβακιού και καλαμποκιού. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
 15. Gemtos T.A., Galanopoulou, S. and Kavaliris, C., 1998. Wheat establishment after cotton with minimum tillage. European Journal of Agronomy, 8, 137-147.
 16. Al-Kaisi, M.M. and Yin, X., 2004. Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage. Soil and Tillage Research, 78, 91-101.
 17. Singh, J. and Bargale, P. C., 2000. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. Journal of Food Engineering, 43, 75–82.
 18. Singh, J. and Bargale, P. C., 1990. Mechanical Expression of Oil from Linseed. Journal of Oilseeds Research, 7, 106–110.
 19. Wiesenborn, D., Doddapaneni, R., Tostenson, K. and Kangas, N., 2001. Cooking Indices to Predict Screw-press Performance for Crambe Seed. Journal of American Oil Chemists’ Society, 78(5), 467-471.
 20. Riva, G. and Sissot, F., 1999. Vegetable Oils and Their Esters. Energy and Biomass Engineering, GIGR Handbook of Agricultural Engineering, V, 164-167.

(190)

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Π. Καλαβρυώτου και Θ.Α. Γέμτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστ., Τμ. Γεωπονίας Φ. Π. & Α. Π.,
Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, gemtost@uth.gr,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών για παραγωγή βιο-καυσίμων που θα υποκαταστήσουν το πετρέλαιο αποτελεί μια από τις πλέον προσδόκιμες προσπάθειες εξεύρεσης εναλλακτικών μορφών ενέργειας για το μέλλον. Για να είναι αποτελεσματικό ένα τέτοιο σύστημα, η παραγωγική διαδικασία θα πρέπει να στηρίζεται σε μειωμένες εισροές. Η κατάρτιση ισοζυγίων εισροών και εκροών ενέργειας μπορεί να δώσει σημαντικά στοιχεία για την αξιολόγηση αυτού. Σε ένα πείραμα δοκιμάστηκε η απόδοση του ηλίανθου με συμβατική κατεργασία και 4 συστήματα μειωμένης κατεργασίας. Η συμβατική μέθοδος παρουσίασε τον υψηλότερο συντελεστή απόδοσης της ενέργειας

SUNFLOWER BIODIESEL PRODUCTION WITH REDUCED TILLAGE. ESTIMATION OF ENERGY BUDGETS

C. Cavalaris, C. Karamoutis, P. Kalavryotou and T.A. Gemtos

University of Thessaly, Sch. of Agricultural Sc., Dept. of Agriculture Crop Prod. &
Rural Env., Fytokou Str, 38446, N. Ionia Magnesias, gemtost@uth.gr

ABSTRACT

The cultivation of energy crops for bio-fuel production to substitute oil is one of the most compromising efforts to find alternative energy resources for the future. In order to maximize the efficiency of such a system, the production stage should be based on reduced energy inputs. The constitution of an “energy balance” can give important information to evaluate these systems. One conventional tillage method and four reduced tillage were tested on a trial for sunflower production. The results indicated greater energy efficiency for the conventional method.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν μια από τις πιο ενδιαφέρουσες εναλλακτικές μορφές παραγωγής ενέργειας διότι το ισοζύγιο εκπομπής CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι μηδενικό συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη προστασία του περιβάλλοντος [1]. Άμεσος στόχος της Ε.Ε, είναι να υποκαταστήσει ένα σημαντικό ποσοστό του πετρελαίου (~10%) με βιο-καύσιμα. Μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες καλλιέργειες για παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ο ηλίανθος εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε λάδι το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αυτούσιο είτε σε πρόσμιξη με το πετρέλαιο, είτε ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοντίζελ. Η περίπτωση της χρήσης του ελαίου σε μείγματα με το πετρέλαιο ως καύσιμο αποκτά ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον για τις γεωργικές επιχειρήσεις οι οποίες θα μπορούσαν από μόνες τους να παράγουν μια ποσότητα από τα απαραίτητα για την λειτουργία τους καύσιμα. Έτσι θα περιορίσουν το κόστος παραγωγής και επιπλέον θα αποκτήσουν σχετική ανεξάρτηση από τις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου. Η μοναδική επένδυση που απαιτείται για το σκοπό αυτό είναι η προμήθεια ενός μικρού κοχλιωτού συμπιεστή εξαγωγής του ελαίου. Για να καταστεί ωστόσο η μορφή βιώσιμη θα πρέπει να βασίζεται σε μια παραγωγική διαδικασία με μειωμένες εισροές ενέργειας που θα εξασφαλίζουν ένα θετικό ενεργειακό ισοζύγιο. Σχετική μελέτη της ενεργειακής απόδοσης για μη αρδευόμενη καλλιέργεια ηλίανθου στον Ελλαδικό χώρο έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα [2].

Στην εργασία αυτή επιχειρείται η κατάρτιση ενός ενεργειακού ισοζυγίου για μια αρδευόμενη καλλιέργεια. Η απόδοση του ηλίανθου δοκιμάστηκε με πέντε διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους (μια συμβατική μέθοδο και τέσσερις μεθόδους μειωμένων εισροών). Για κάθε μια από τις μεθόδους καταρτίστηκε ένα ισοζύγιο εισροών και εκροών ενέργειας που υποδεικνύει την αποτελεσματικότητά τους. Στις ενεργειακές εισροές δεν συμπεριλήφθηκε η ανθρώπινη εργασία.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα διενεργήθηκε σε ένα πειραματικό αγρό όπου εφαρμόζονταν πέντε μέθοδοι κατεργασίας του εδάφους στα ίδια τεμάχια επί μια σειρά εννέα συνεχόμενων ετών. Οι μέθοδοι αυτοί ήταν:

1) Συμβατική κατεργασία (Σ). Όργωμα για πρωτογενή κατεργασία και προετοιμασία της σποροκλίνης με δυο ή περισσότερα περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας αναλόγως των συνθηκών. Για τη τρέχουσα καλλιεργητική περίοδο πραγματοποιήθηκε αργά το φθινόπωρο όργωμα σε ένα μέσο βάθος 27 cm και την άνοιξη λίγο πριν τη σπορά δυο περάσματα με δισκοσβάρνα και δυο με καλλιεργητή προετοιμασίας.

2) Μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK) για πρωτογενή κατεργασία και προετοιμασία της σποροκλίνης όπως ανωτέρω. Την τρέχουσα περίοδο έγινε πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 18 cm την άνοιξη καθώς και 2 περάσματα με δισκοσβάρνα και 2 με καλλιεργητή προετοιμασίας λίγο πριν τη σπορά.

3) Μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα. (ΠΣ) Την τρέχουσα περίοδο πραγματοποιήθηκε κατεργασία την άνοιξη σε μέσο βάθος 13 cm και ένα πέρασμα με δισκοσβάρνα λίγο πριν τη σπορά.

4) Μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ), δυο ή περισσότερα περάσματα αναλόγως των συνθηκών. Την τρέχουσα περίοδο πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 περάσματα με δισκοσβάρνα σε βάθος 8 cm και ένα πέρασμα με καλλιεργητή προετοιμασίας στο ίδιο βάθος.

5) Ακαλλιέργεια (Α). Στη μέθοδο αυτή τα εννέα τελευταία έτη δεν γίνονταν καμία απολύτως επέμβαση κατεργασίας του εδάφους. Η σπορά γινόταν απ' ευθείας πάνω από

τα φυτικά υπολείμματα και η βλάστηση καταστρέφονταν πριν από το φύτευμα της καλλιέργειας με εφαρμογή glyphosate. Η ίδια τακτική ακολουθήθηκε και για την εγκατάσταση του ηλιάνθου.

Στο πείραμα σπάρθηκαν δύο ποικιλίες ηλιάνθου (Garysol, και Frankasol) που συνδυάστηκαν με τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε ένα πειραματικό σχέδιο ομάδων με υπο-ομάδες σε τέσσερις επαναλήψεις. Τα πειραματικά τεμάχια ήσαν συνολικά 40 και είχαν διαστάσεις 50×3 m. Για όλες τις μεταχειρίσεις ακολουθήθηκαν οι κοινές καλλιεργητικές τεχνικές. Στις καλλιεργητικές εργασίες χρησιμοποιήθηκαν οι δύο γεωργικοί ελκυστήρες του αγροκτήματος (Ford 8210, με τέσσερις κινητήριους τροχούς και ονομαστική ισχύ 82 kW και Ford 5640 με δύο κινητήριους τροχούς και ονομαστική ισχύ 55 kW). Ο μεγάλος γεωργικός ελκυστήρας χρησιμοποιήθηκε για τις κατεργασίες του εδάφους και ο μικρός για την σπορά και τις υπόλοιπες καλλιεργητικές επεμβάσεις.

Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού των εισροών και εκροών ενέργειας για τα διάφορα στάδια της παραγωγής. Μεταξύ των δυο ποικιλιών δεν βρέθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην απόδοση και γι' αυτό το ενεργειακό ισοζύγιο καταρτίστηκε για την μια (Garysol) από τις δύο ποικιλίες. Επίσης, επειδή το φύτευμα του ηλιάνθου στην ακαλλιέργεια ήταν ανεπαρκές (πιθανόν εξαιτίας της χρήσης συμβατικής σπαρτικής αντί μιας ειδικής σπαρτικής για σπορά σε ακαλλιέργεια) η μέθοδος απέτυχε και γι' αυτό εξαιρέθηκε από τους ενεργειακούς υπολογισμούς.

2.1 Κατεργασία του εδάφους

Υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας σταθερών στοιχείων (απόσβεση ενέργειας κατασκευής μεταφοράς, εμπορίας καθώς και ενέργεια για επισκευές και συντήρηση) και η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων (κατανάλωση καυσίμου, χρήση λιπαντικών) των μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Για τα σταθερά στοιχεία, με βάση το βάρος των μηχανημάτων εκτιμήθηκε η ενέργεια κατασκευής (86,77 MJ/kg) [3], μεταφοράς και εμπορίας (8,8 MJ/kg) [3] καθώς και η ενέργεια που θα προστεθεί σε αυτά καθ' όλη τη διάρκεια της οικονομικής τους ζωής μέσω των επισκευών και της συντήρησης [3] (Πίνακας 1). Διαιρώντας με την οικονομική ζωή των μηχανημάτων υπολογίστηκε η ωριαία απόσβεση ενέργειας σταθερών στοιχείων για τον ελκυστήρα και τα παρελκόμενα μηχανήματα. Από τα χαρακτηριστικά εργασίας των μηχανημάτων (πλάτος, ταχύτητα εργασίας) και αντίστοιχους συντελεστές απόδοσης στο χωράφι (Πίνακας 1) βρέθηκε η πραγματική απόδοση στο χωράφι (σε στρ/h). Το πηλίκο της ωριαίας απόσβεσης ενέργειας προς την πραγματική απόδοση εργασίας έδωσε την κατανάλωση ενέργειας σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων (σε MJ/στρ) κατά την εργασία τους στο χωράφι (Πίνακας 1).

Η κατανάλωση ενέργειας μεταβλητών στοιχείων υπολογίστηκε από στοιχεία δυναμομετρήσεων που λήφθηκαν σε ετήσια βάση το διάστημα 1998-2004. Την περίοδο αυτή, κατά την κατεργασία του εδάφους στις πέντε μεταχειρίσεις του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός του εργαστηρίου που είχε την δυνατότητα να καταγράφει την ελκτική δύναμη, την ροπή και την γωνιακή ταχύτητα στον δυναμοδότη, και την ταχύτητα κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα [4]. Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι των μετρήσεων για την σειρά των ετών. Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκαν η απορροφώμενη ισχύς στην έλξη και στον δυναμοδότη. Στην συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη ένα συντελεστή μετάδοσης της ισχύος στο δυναμοδότη ίσο με 0,88 [5] και τους συντελεστές μετάδοσης ισχύος στην έλξη που φαίνονται στον πίνακα 2 οι οποίοι υπολογίστηκαν σε μετρήσεις του εργαστηρίου υπολογίστηκαν με τη σειρά, η ισοδύναμη ισχύς στο PTO, ο λόγος φόρτισης του κινητήρα του ελκυστήρα, η ειδική κατανάλωση καυσίμου, ο συντελεστής απόδοσης της ισχύος από τον κινητήρα στο PTO και η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου. Επιπλέον, για την λειτουργία του ελκυστήρα

απαιτείται μια ποσότητα λιπαντικού η ενέργεια του οποίου εκτιμήθηκε ίση με 4% της ενέργειας του καυσίμου [3].

Εκτός από τα μηχανήματα κατεργασίας, μετρήσεις λήφθηκαν και για τα υπόλοιπα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην καλλιέργεια. Για τα μηχανήματα αυτά υπολογίστηκε επίσης η ενέργεια σταθερών και μεταβλητών στοιχείων (Πίνακες 1 & 2).

2.2 Λίπανση

Για την λίπανση της καλλιέργειας προστέθηκαν στο έδαφος 2,75 μονάδες N, 3,75 μονάδες P και 3,75 μονάδες K ανά στρ. Το άζωτο καταναλώνει για την παραγωγή και τη διακίνησή του 76,6 MJ/kg ο φώσφορος 16 MJ/kg και το κάλιο 12,8 MJ/kg. [6]. Το λίπασμα προστέθηκε με ένα φυγοκεντρικό λιπασματοδιανομέα για την λειτουργία του οποίου συνυπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας (Πίνακας 3).

2.3 Έλεγχος ζιζανίων

Για τον έλεγχο των ζιζανίων έγινε προφυτρωτική εφαρμογή του μείγματος 300 g/στρ Treflan και 250 g/στρ Prometryne. Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων έγινε με ένα ψεκαστικό 500 l πλάτους ψεκασμού 12 m που προσαρμόστηκε στο μικρό γεωργικό ελκυστήρα. Για τα χρησιμοποιούμενα σκευάσματα, έγινε εκτίμηση της περιεχόμενης ενέργειας βάσει βιβλιογραφικών δεδομένων [6] και στην ποσότητα αυτή προστέθηκε η κατανάλωση ενέργειας από το ψεκαστικό και τον γεωργικό ελκυστήρα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή τους (Πίνακας 3)

2.4 Σπορά

Η σπορά του ηλίανθου έγινε σε γραμμές πλάτους 0,75m με μια τετράσειρη σπαρτική πνευστού τύπου. Χρησιμοποιήθηκαν ~9000 σπόροι/στρ που αντιστοιχούν σε 0,77 kg στο στρέμμα. Πολλαπλασιάζοντας με την αντίστοιχη ενεργειακή περιεκτικότητα του σπόρου [2] και προσθέτοντας το ποσό ενέργειας που καταναλώθηκε για την σπορά (μεταβλητά και σταθερά στοιχεία ελκυστήρα και σπαρτικής) υπολογίζεται (Πίνακας 3) οι εισροές ενέργειας για την σπορά της καλλιέργειας.

2.5 Άρδευση

Για την άρδευση της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκε νερό από την γεώτρηση του Αγροκτήματος η οποία είναι σε βάθος 150 m. Πραγματοποιήθηκε ένα πότισμα για το φυτόμα της καλλιέργειας με ένα αυτοκινούμενο αρδευτή με εκτοξευτήρα (καρούλι) όπου εφαρμόστηκαν 20 m³/στρ νερού. Στην συνέχεια, ανά δεύτερη γραμμή καλλιέργειας, απλώθηκαν σταλακτηφόροι σωλήνες Φ20 που έφεραν σταλάκτες παροχής 4 lt/h ανά 1 m. Πραγματοποιήθηκαν ακόμη τέσσερα ποτίσματα και μέχρι το τέλος εφαρμόστηκαν άλλα 220 m³/στρ νερού

Για την άρδευση υπολογίστηκαν οι εισροές ενέργειας των μεταβλητών και των σταθερών στοιχείων του εξοπλισμού. Για τα μεταβλητά στοιχεία χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του Slogget. [7]. Η εξίσωση εφαρμόστηκε δύο φορές, μια για την άρδευση με τον αυτοκινούμενο αρδευτή και μια για την άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες.

$$DE = \frac{EU}{EF_p \times EF_l} \times \frac{Q}{EF_c} \times TDH$$

DE είναι οι εισροές ενέργειας μέσω της άρδευσης (σε MJ/στρ),

EU η ενέργεια που απαιτείται για την άντληση 1000m³ νερού από βάθος 1m,

EF_p ο συντελεστής απόδοσης της μονάδας ισχυοδότησης της αντλίας. Για την περίπτωση του Αγροκτήματος, όπου η αντλία λειτουργούσε με ηλεκτροκινητήρα ο συνολικός συντελεστής απόδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε ίσος με 0,18 (0,18 = 0,25 X 0,85 X 0,825, όπου 0,25 = συντελεστής απόδοσης κατά την μετατροπή της ορυκτής ενέργειας σε ηλεκτρική, 0,85 = συντελεστής απόδοσης του

δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και $0,825 =$ συντελεστής απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα) [7].

EF_i είναι ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας. Για την αντλία του αγροκτήματος (βάθος άντλησης 150 m, παροχή 20 m³/h) εκτιμήθηκε ίσος με 0,76 [7].

Q είναι η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού για την άρδευση (20m³/στρ με τον αυτοκινούμενο αρδευτή και 220m³/στρ με τους σταλακτηφόρους σωλήνες).

EF_c ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού στον αγρό ο οποίος από στοιχεία του Slogget λήφθηκε ίσος με 0,91 για την περίπτωση της χρήσης αυτοκινούμενου αρδευτή και ίσος με 0,91 για την άρδευση με δίκτυο σταλακτηφόρων σωλήνων [7].

TDH είναι το ολικό μανομετρικό ύψος του νερού που για την περίπτωση άρδευσης με αυτοκινούμενο αρδευτή (πίεση λειτουργίας δικτύου 8 atm = 80m) ισούται με 150m + 80m = 230m ενώ για άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες (πίεση λειτουργία δικτύου 2,5 atm=25m) ήταν ίσο με 150m + 25m = 175m.

Για την κατανάλωση ενέργειας σταθερών στοιχείων υπολογίστηκε η απόσβεση ενέργειας του αρδευτικού εξοπλισμού (Πίνακας 1)

2.6 Συγκομιδή - μεταφορά

Η συγκομιδή της καλλιέργειας έγινε με τη θεριζοαλωνιστική πειραματικών τεμαχίων του Αγροκτήματος (τύπος HEGE 125). Το περιορισμένο πλάτος του μηχανήματος (1,5m) δίνει μικρή απόδοση εργασίας και γι' αυτό στον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου υποτέθηκε ότι η συγκομιδή έγινε με μια πεντάσειρη μηχανή συγκομιδής ηλιάνθου. Η απόσβεση των σταθερών στοιχείων της μηχανής φαίνεται στον Πίνακα 1 ενώ η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων υπολογίστηκε θεωρητικά από βιβλιογραφικά δεδομένα της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου [8].

Για την μεταφορά υποτέθηκε ότι ο παραγωγός χρησιμοποιεί μια πλατφόρμα δυναμικότητας 5 τόνων την οποία κινεί με τον μεγάλο γεωργικό ελκυστήρα των 82 kW με μια μέση ταχύτητα 20 km/h. Η μέση απόσταση μεταφοράς του προϊόντος από τον αγρό στην αποθήκη του παραγωγού θεωρήθηκε 5 km. Λαμβάνοντας υπόψη μια κατανάλωση ενέργειας 0,0018 MJ/kg-km [9] υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας μεταβλητών στοιχείων για τη μεταφορά. Στην ποσότητα αυτή προστέθηκε η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του γεωργικού ελκυστήρα και της πλατφόρμας μεταφοράς (Πίνακας 1).

2.7 Επεξεργασία

Η σύνθλιψη του σπόρου για την εξαγωγή του ελαίου έγινε με ένα κοχλιωτό συμπιεστή (Taby Press mod.4) που διαθέτει το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Η μονάδα ισχυοδότησης του συμπιεστή είναι ένας τριφασικός ηλεκτροκινητήρας ισχύος 1,5kW. Στον ηλεκτροκινητήρα συνδέθηκε ένα βατόμετρο με το οποίο μετρήθηκε η απορροφόμενη ισχύς η μέση τιμή της οποίας ήταν 0,870 kW. Παράλληλα μετρήθηκε η απόδοση του μηχανήματος σε προϊόν που ήταν 16,77 kg/h. Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε η απορροφόμενη ενέργεια για την έκθλιψη ίση με 0,21 MJ/kg σπόρου. Λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή EF_{sp} για τον ηλεκτροκινητήρα ίσο με 0,18 (παράγραφος Άρδευση) υπολογίζεται η καταναλισκόμενη ενέργεια ίση με 1,14 MJ/kg. Η ποσότητα αυτή πολλαπλασιάζεται με την παραγωγή του ηλιάνθου σε κάθε μέθοδο κατεργασίας δίνει την κατανάλωση ενέργειας μεταβλητών στοιχείων ανά στρέμμα Στην ποσότητα αυτή προστέθηκε και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του κοχλιωτού συμπιεστή (Πίνακας 1).

2.8 Εκροές ενέργειας

Οι εκροές ενέργειας υπολογίστηκαν από τα παράγωγα της σύνθλιψης του ηλιόσπορου. Κατά την διαδικασία της σύνθλιψης βρέθηκε ότι ο σπόρος έδινε 33,5%

ελαίου και 66,5% πίτας. Η ενεργειακή περιεκτικότητα του ελαίου είναι 39,4 MJ/kg και του σπόρου 19,6 MJ/kg [2]. Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε η παραγωγή σε λάδι και πίτα (σε kg/στρ) και οι ενεργειακές εκροές μέσω του ελαίου και της πίτας (Πίνακας 4).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στους πίνακες 1 & 2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των υπολογισμών για την εύρεση των σταθερών και μεταβλητών εισροών ενέργειας του γεωργικού εξοπλισμού. Στον Πίνακα 3 φαίνονται οι εισροές ενέργειας για τη λίπανση την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και τη σπορά. Ο Πίνακας 4 συνοψίζει τις εισροές ενέργειας για κάθε μια από τις τέσσερις διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας. Επίσης περιλαμβάνει τις εκροές ενέργειας που υπολογίζονται με βάση την απόδοση σε λάδι και πίτα. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίζεται η “καθαρή ενέργεια” (ως η διαφορά των εισροών από τις εκροές) και ο “συντελεστής απόδοσης της ενέργειας” ως ο λόγος των εκροών προς τις εισροές

Πίνακας 1. Ενέργεια σταθερών στοιχείων του μηχανολογικού εξοπλισμού

	Βάρος (Kg)	Πλάτος εργασίας (m)	Ταχύτητα εργασίας (km/h)	FE ⁽¹⁾	Πραγμ. στρεμ. απόδοση (στρ/ha)	LT ⁽²⁾ (h)	E _{RMT} ⁽³⁾	Απόσβεση ενέργειας σταθερών στοιχείων		
								Μηχανή- ματος	Ελκυσ- τήρα	ΣΥΝΟΛΟ (MJ/στρ)
Γεωργ. ελκυστήρας (82 kW)	4200						0,49			
Γεωργ. ελκυστήρας (55kW)	2520						0,49			
Μηχανήματα κατεργασίας										
Αροτρο	500	1,2	3,98	0,85	4,06	2000	0,97	11,06	8,92	19,99
Βαρύς καλλιεργητής	370	2	4,29	0,85	7,29	2000	0,51	3,55	4,97	8,52
Εδαφοσχίστης	600	1,8	3,57	0,85	5,47	2000	0,51	7,67	6,63	14,30
Περιστροφικός καλλιεργητής	720	2,5	3,83	0,85	8,13	1500	0,59	8,66	4,46	13,12
Δισκοσβάρνα	1050	3	8,60	0,80	20,64	2000	0,61	3,78	1,76	5,53
Ελαφρύς καλλιεργητής	280	2,3	7,81	0,85	15,27	2000	0,61	1,36	2,37	3,74
Λοιπά μηχανήματα										
Σπαστική	400	3	7,10	0,65	13,85	1500	0,43	2,56	2,09	4,65
Ψεκαστικό	130	12	10,83	0,65	84,50	1500	0,37	0,13	0,34	0,47
Λιπασματοδιανομέας	150	12	7,50	0,70	63,00	1200	0,49	0,27	0,46	0,73
Μηχανή συγκομιδής	7000	3,75	4,0	0,65	9,8	2000	0,24	64,3		64,28
Εξοπλισμός άρδευσης										
Αντλία	150				0,6	10000	0,55			3,58
Αυτοκ. Αρδευτής	800				0,6	10000	0,55			19,11
Αγωγοί δικτύου μεταφοράς*	15				0,6	20000	0,10			0,13
Αγωγοί δικτύου εφαρμ. (Φ20)*	62,5				0,6	2000	0,20			7,46
Εξοπλισμός επεξεργασίας										
					kg/h			MJ/kg		
Πλατφόρμα μεταφοράς	900				10000	3000	0,80	0,0049	0,0022	0,007
Κοχλιωτός συμπιεστής (1,5kW)	45				16,77	10000	0,55			0,038

⁽¹⁾ FE = Συντελεστή; Απόδοσης της εργασίας

⁽²⁾ LT = Προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής [5]

⁽³⁾ E_{RMT} = Ποσοστό της ενέργειας κατασκευής που αναλογεί για επισκευές και συντήρηση [3]

* Για τους αγωγούς του δικτύου άρδευσης εκτιμήθηκε το βάρος ανά μονάδα στρέμματος

Πίνακας 2. Ενέργεια μεταβλητών στοιχείων των γεωργικών μηχανημάτων

	Έλξη (KN)	Ροπή στο PTO (kN*m)	Απορροφ. ενέργεια στην έλξη (MJ/στρ)	στο PTO (MJ/στρ)	C _p	Ισο- δύναμη ενέργεια στο PTO (MJ/στρ)	Ειδική κατανά- λωση καυσίμου (L/kWh)	Ενέργεια καυσίμου (MJ/στρ)	Ενέργεια λίπαν- τικών (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια μεταβλητών στοιχείων (MJ/στρ)
Μηχανήματα κατεργασίας										
3 Άροτρο	26,09	0,00	21,74	0,00	0,53	42,18	0,42	222,06	8,88	230,95
4 Βαρύς καλλιεργητής	24,59	0,00	12,29	0,00	0,53	23,72	0,42	124,53	4,98	129,51
5 Εδαφοσχίστης	28,61	0,00	15,89	0,00	0,52	31,51	0,42	165,80	6,63	172,43
6 Περιστροφικός καλλιεργητής	5,70	0,84	2,28	18,52	0,49	26,47	0,42	139,86	5,59	145,46
7 Διακοσβάρινα	5,95	0,00	1,98	0,00	0,41	5,15	0,51	33,35	1,33	34,69
8 Ελαφρύς καλλιεργητής	10,00	0,00	4,35	0,00	0,43	10,42	0,43	56,07	2,24	58,31
Λοιπά μηχανήματα										
9 Σπαρτική	1,38	0,04	0,46	0,38	0,40	2,01	0,81	20,58	0,82	21,40
12 Ψεκαστικό	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00	0,60	0,75	5,72	0,23	5,95
13 Λιπασματοδιανομέας	0,00	0,08	0,00	0,18	0,00	0,84	0,68	7,17	0,29	7,46
14 Μηχανή συγκομιδής								56,74	2,27	59,01

C_p = συντελεστής απόδοσης της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος στην έλξη (από μετρήσεις του Εργαστηρίου)

Πίνακας 3. Εισροές ενέργειας μέσω καλλιεργητικών επεμβάσεων

Μορφή Εισροής		Ενεργειακή περιεκτικότητα προϊόντος		Ενέργεια στο προϊόν (MJ/στρ)	Ενέργεια για την εφαρμογή (MJ/στρ)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας (MJ/στρ)
		Ποσότητα (kg/στρ)	(MJ/kg)			
Λίπανση	Αζώτο	2,75	76,6	211	8,2	219
	Φώσφορος	3,75	16,0	60		68
	Κάλιο	3,75	12,8	48		56
	ΣΥΝΟΛΟ			319		343
Σπορά	Carysol	0,77	26,3	20	26,1	46
	Frankasol	0,57	26,3	15		41
Ζιζανιοκτονία	Treflan	0,30	78,4	24	6,4	30
	Prometryne	0,25	158,9	40		46
	ΣΥΝΟΛΟ			63		76

Πίνακας 4. Κατάρτιση ενεργειακού ισοζυγίου για τις 4 μεταχειρίσεις

	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ
Εισροές ενέργειας (MJ/στρ)				
1 κατεργασία	331	218	199	161
2 λίπανση		327		
3 σπορά		46		
4 ζιζανιοκτονία		70		
5 άρδευση		3.449		
6 συγκομιδή		123		
7 Μεταφορά	11	9	8	9
9 Επεξεργασία	478	393	361	378
σύνολο	4.835	4.635	4.583	4.562
Απόδοση καλλιέργειας (kg/στρ)				
1 Λάδι	136	109	102	108
2 Πίτα	269	215	203	214
Εκροές ενέργειας (MJ/στρ)				
1 Λάδι	5.341	4.276	4.031	4.239
2 Πίτα	5.274	4.222	3.980	4.186
σύνολο	10.615	8.498	8.011	8.426
Καθαρή ενέργεια (MJ)	5.780	3.863	3.428	3.864
Συντελεστής απόδοσης ενέργειας	2,20	1,83	1,75	1,85

Τα στοιχεία δείχνουν ένα θετικό ενεργειακό ισοζύγιο και για τις τέσσερις μεθόδους. Ο μέγιστος συντελεστής απόδοσης της ενέργειας παρατηρείται στη συμβατική κατεργασία (2,20) εξαιτίας της υψηλότερης παραγωγής. Την μεγαλύτερη συμμετοχή

στις εισροές ενέργειας είχε η άρδευση με ποσοστό στην συμβατική κατεργασία 71,3%, ακολουθεί η επεξεργασία με 9,9% και η λίπανση και κατεργασία του εδάφους με περίπου 6,7% η κάθε μια. Το υψηλό ποσοστό που κατέχει η άρδευση οφείλεται στην άντληση του νερού με γεώτρηση από βάθος 150 m. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί η μεγάλη διαφοροποίηση που θα έδινε στα αποτελέσματα η χρησιμοποίηση επιφανειακού νερού (π.χ. από ένα αρδευτικό κανάλι). Στην περίπτωση αυτή για την ίδια δόση άρδευσης θα απαιτούνταν 612 MJ/στρ (μείωση κατά 40,5% των συνολικών εισροών) ενώ ο συντελεστής απόδοσης της ενέργειας θα ήταν ίσος με 5,14 στην συμβατική κατεργασία δείχνοντας ένα πολύ υψηλό ποσοστό επιστροφής ενέργειας από το σύστημα παραγωγής.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καλλιέργεια ηλίανθου για παραγωγή βιοκαυσίμου είναι δυνατή καθότι το ενεργειακό ισοζύγιο προκύπτει θετικό. Η προσπάθεια μείωσης των εισροών διαμέσου της κατεργασίας του εδάφους δεν φαίνεται να δίνει σημαντικά πλεονεκτήματα 1) εξαιτίας της μικρής συμμετοχής της στο σύνολο των εισροών και 2) εξαιτίας της μειωμένης απόδοσης της καλλιέργειας. Αντί αυτού, η ορθολογική χρήση του νερού και η προσπάθεια εξεύρεσης λιγότερο ενεργοβόρων μεθόδων για την άρδευση μπορεί να αυξήσει θεαματικά την ενεργειακή αποδοτικότητα του συστήματος παραγωγής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Eden Th. U. and Reinhardt, G. A. (1994). Environmental implications of biofuel use. An assessment. Biomass and Energy Environment Agriculture and Industry, Proceedings of the 8th European Biomass Conference, Vienna 1994. pp 1141-48.
2. Kalivrousis, L Natsis, A. and Papadakis G. (2002). The Energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosystems Engineering (2002) 81 347-354
3. Bowers W. (1992). Agricultural field equipment. In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, pp.117-129..
4. Papathanasiou, I., Cavalaris, C., Karamoutis, C. and Gemtos (2002). Design, construction and testing of an instrumented tractor to measure forces on agricultural implements and energy consumption during field work. Proc. of the 1st Conference of Hellenic Association of ICT in Agriculture, Food and Enviroment pp 144-53.
5. ASAE Standard D497.4. Agricultural machinery management data. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
6. Helsel, R.Z. (1992). Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, pp.177-201.
7. Sloggett, G. (1992). Estimating energy use in world irrigation. In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production. Energy in world agriculture, 6. pp.203-217
8. Leach, G. (1976). Energy and food production. IPC Press Limited, England.
9. Fluck, R.C. (1992). Energy conservation in agricultural transportation In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.171-176.

(198)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

**Α. Μπαλαφούτης^{1α}, Δ. Μελάς^{1β}, Α. Νάτσης^{1γ}, Α. Παπαγιαννοπούλου²
και Γ. Παπαδάκης^{1δ}**

¹ Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, ^αabalafoutis@aua.gr, ^βdmelas@aua.gr, ^γlmac2naa@aua.gr, ^δgppap@aua.gr

² Ινστιτούτο Γεωργικών Μηχανών & Κατασκευών, Δημοκρατίας 61, 13510, Αγ. Ανάργυροι, Αθήνα, iamc@ath.forthnet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η δοκιμή μιγμάτων ακατέργαστου ηλιελαίου με πετρέλαιο σε αναλογία κατ' όγκο 20/80, 40/60, 70/30 και αμιγούς ηλιελαίου σε κινητήρα diesel ως προς την απόδοση του και τις αντίστοιχες εκπομπές αερίων. Παρατηρήθηκε αύξηση ισχύος και ροπής με παράλληλη αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και των αντίστοιχων αερίων ρύπων (NO_x και CO₂) όσο αυξάνονταν το ποσοστό ηλιελαίου στο καύσιμο. Προώθηση του χρονισμού ψεκασμού κατά 2°CA προκάλεσε αύξηση απόδοσης με παράλληλη μείωση ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Τα NO_x αυξήθηκαν αρκετά, ενώ το CO₂ αυξήθηκε αλλά όχι σημαντικά.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SUNFLOWER OIL BLENDS WITH DIESEL USE AS FUELS IN A COMPRESSION IGNITION ENGINE

**A. Balafoutis^{1a}, D. Melas^{1b}, A. Natsis^{1c}, A. Papagiannopoulou² and G.
Papadakis^{1d}**

¹ Agricultural University of Athens, Department of Natural Resources & Agricultural Engineering, Laboratory of Agricultural Machinery, Iera Odos 75, 11855, Athens.

² Institute of Agricultural Machinery & Constructions, Dimokratias 61, 13510, Ag. Anargiri, Athens, iamc@ath.forthnet.gr

ABSTRACT

The objective of this paper was testing blends of crude sunflower oil with conventional diesel in proportions by volume of 20/80, 40/60, 70/30 and pure oil in a diesel engine in terms of engine performance and respective gas emissions. An increment of engine power and torque with a parallel increase in brake specific fuel consumption (BSFC) and in gas emissions (NO_x and CO₂) were indicated as the sunflower oil percentage was increased. Advancing injection timing by 2°CA caused increased engine performance with reduced BSFC. NO_x were enhanced rapidly, when CO₂ was enlarged, but not widely.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες, που επιδεινώνονται συνεχώς, μπορούν να αντιμετωπισθούν μερικών από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να συμβάλλουν σε αυτό το σκοπό ως πηγή ενέργειας στο τομέα των μεταφορών.

Ελπιδοφόρα καύσιμα για κινητήρες diesel, εκτός του καθιερωμένου πια βιοντίζελ, αποτελούν τα ακατέργαστα φυτικά έλαια, που είναι λιγότερο αρωματικά, έχουν μηδενικό θείο και περιέχουν οξυγόνο και σε σύγκριση με το βιοντίζελ έχουν σημαντικά μειωμένο κόστος παραγωγής.

Τα φυτικά έλαια έχουν παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες με το πετρέλαιο. Βάσει προηγούμενων ερευνών [1,2], τα ακατέργαστα φυτικά έλαια όταν χρησιμοποιούνται σε κινητήρες diesel σε βραχυχρόνιες δοκιμές δεν επιφέρουν προβλήματα, ενώ μακροχρόνια χρήση έδειξε προβλήματα που σχετίζονται με αποθέσεις άνθρακα στους εγχυτήρες με αποτέλεσμα φτωχό διαμερισμό του καυσίμου και διάλυση του ελαίου λίπανσης, αποθέσεις στον κύλινδρο και εναπόθεση κολλώδων ουσιών στα ελατήρια των εμβόλων.

Αυτές οι επιπτώσεις οφείλονται κυρίως στο υψηλό ιξώδες και τη χαμηλή πτητικότητα των φυτικών ελαίων. Για την αποφυγή τέτοιων συνεπειών, υπάρχουν οι εξής μέθοδοι μείωσης του ιξώδους των φυτικών ελαίων: ανάμιξη με πετρέλαιο, προθέρμανση, μετεστεροποίηση και θερμική διάσπαση [3,4].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Χαρακτηρισμός

Στη συγκεκριμένη έρευνα, επιλέχθηκε το ηλιέλαιο ως πιθανή εναλλακτική πηγή παραγωγής καυσίμων για χρήση σε κινητήρες diesel. Οι βασικές ιδιότητες του ηλιελαίου σε σύγκριση με το πετρέλαιο φαίνεται στον Πίνακα 1 [4].

Είναι φανερό ότι το ιξώδες είναι αυτό που διαφοροποιείται περισσότερο από όλες τις ιδιότητες. Έτσι, επιβάλλεται η μείωση του σε ανεκτά επίπεδα με τη δημιουργία μιγμάτων με πετρέλαιο και με προθέρμανση του τελικού καυσίμου.

Πίνακας 13 Ιδιότητες καυσίμου πετρελαίου και ηλιελαίου

Τύπος Καυσίμου	Θερμογόνος Δύναμη (kJ/kg)	Πυκνότητα στους 27°C (kg/m ³)	Ιξώδες στους 27°C (mm ² /s)	Αριθμός κετανίου
Diesel fuel	43.350	815	4.3	47.0
Sunflower oil	39.525	918	58.5	37.1

2.2. Πειραματική διάταξη

Επιλέχθηκε κινητήρας diesel γεωργικού ελκυστήρα, ο οποίος συνδέθηκε σε υδραυλικό δυναμόμετρο. Το φορτίο στο δυναμόμετρο μετράται με αισθητήρα φορτίου με μεταδότη πίεσεως, η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα με αισθητήρα εγγύτητας, ενώ η κατανάλωση καυσίμου μετράται με ογκομετρικό κύλινδρο και χρονόμετρο.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταγράφονται οι θερμοκρασίες στους κυλίνδρους, στο υγρό ψύξης, στο φίλτρο αέρος, στην εξάτμιση, στην πολλαπλή εισαγωγής αέρα, στην γραμμή του καυσίμου και στο δοχείο ελαίου λίπανσης. Επίσης καταγράφονται οι πιέσεις στην πολλαπλή εισαγωγής αέρα, στην πολλαπλή εξαγωγής καυσαερίων και στην γραμμή καυσίμου με χρήση μετατροπέων πίεσης. Τέλος, η ροή

αέρος πριν το φίλτρο αέρος καταχωρίζεται με έναν αισθητήρα διαφοράς θερμοκρασίας. Οι ενδείξεις των θερμοζευγών καταγράφονται από ένα καταγραφέα θερμοκρασιών, ενώ οι μετρητές πίεσης και ροής καταγράφονται από ένα γενικό καταγραφέα. Οι αέριοι ρύποι μετρώνται από φορητό αναλυτή καυσαερίων.

Εγκαταστάθηκε συσκευή προθέρμανσης καυσίμου. Η συσκευή αυτή έχει ως βάση λειτουργίας έναν εναλλάκτη θερμότητας, μέσα από τον οποίο διαρρέουν παράλληλα το ψυκτικό υγρό του κινητήρα και το καύσιμο υπό δοκιμή. Όταν ο κινητήρας βρίσκεται σε κανονική λειτουργία, η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού μεταβιβάζεται στο δοκιμαζόμενο καύσιμο. Μέχρι την επίτευξη της θερμοκρασίας λειτουργίας, χρησιμοποιείται πετρέλαιο, ενώ αμέσως μετά με τη βοήθεια μιας τριοδικής βαλβίδας γίνεται η αλλαγή στο εναλλακτικό καύσιμο.

2.3. Πειραματική Μεθοδολογία

Έγιναν πειράματα αρχικά με καθαρό πετρέλαιο, μετά με τρία μίγματα ηλιελαίου/πετρελαίου σε αναλογίες 20/80, 40/60 and 70/30 και τελικά με αμιγές ηλιέλαιο. Τα μίγματα και το αμιγές ηλιέλαιο προθερμαίνονταν πριν την χρήση τους, ενώ το πετρέλαιο εισάγονταν στην αντλία καυσίμου στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα μίγματα ανακινούνταν και παρέμεναν συνεχώς σε σταθερή κατάσταση.

Η έναρξη του κινητήρα γίνονταν πάντα με πετρέλαιο. Ο κινητήρας έφτανε τις μέγιστες στροφές και λειτουργούσε εκεί για 30 λεπτά. Μετά άλλαζε στο επιλεγμένο εναλλακτικό καύσιμο. Χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία που προτείνει ο OECD για την δοκιμή κινητήρων γεωργικών ελκυστήρων. Σε κάθε σημείο γίνονταν καταγραφή της ισχύος, ροπής, κατανάλωσης καυσίμου, θερμοκρασιών και πιέσεων σε διάφορα σημεία του κινητήρα, αερίων ρύπων, ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας. Οι μετρήσεις αυτές παίρνονταν αφού σταθεροποιούνταν η λειτουργία του κινητήρα. Κάθε παράμετρος καταγράφονταν ταυτόχρονα τρεις φορές. Μετά το τέλος των μετρήσεων, το καύσιμο άλλαζε σε πετρέλαιο για τον καθαρισμό του δικτύου καυσίμου, αλλά και των μερών του κινητήρα από τα υπολείμματα ελαίου.

Η πρώτη σειρά μετρήσεων ολοκληρώθηκε με τον χρονισμό έγχυσης του κατασκευαστή. Όμως, θεωρήθηκε σημαντικό να διενεργηθούν δοκιμές με προοδευμένο χρονισμό έγχυσης, διότι ίσως να έδινε καλύτερα αποτελέσματα, λόγω της μακρύτερης χρονιάς υστέρησης και του πιο αργού ρυθμού καύσης των φυτικών ελαίων από το πετρέλαιο που προκαλεί καθυστερημένη καύση μέσα στο χρόνο εκτόνωσης [8]. Έτσι, επιλέχθηκε να γίνει δεύτερη σειρά πειραμάτων με πρόοδο χρονισμού έγχυσης κατά 2°CΑ από αυτόν του κατασκευαστή.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

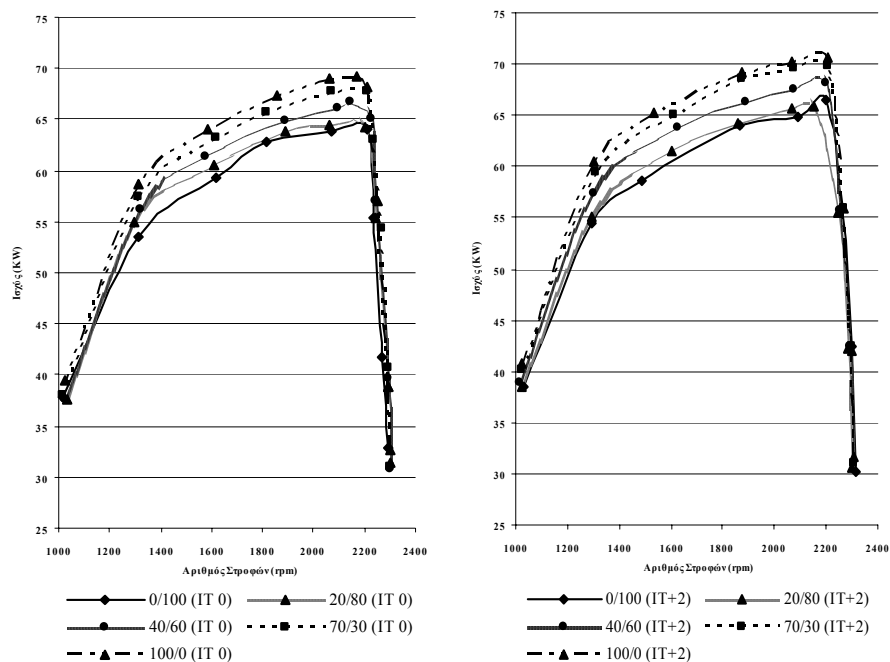
3.1. Απόδοση Κινητήρα

Προκαταρκτικές μετρήσεις [7], με τον ίδιο κινητήρα, όπου επιλέχθηκαν ένα μίγμα ηλιελαίου/πετρελαίου με αναλογία 20/80 και αμιγές ηλιέλαιο, έδειξαν ότι η ισχύς και η ροπή του κινητήρα αυξήθηκαν και στις δύο περιπτώσεις σε σχέση με το πετρέλαιο. Επίσης, εντοπίστηκε μια αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και με τα δύο καύσιμα και ιδιαίτερα με το αμιγές ηλιέλαιο. Η παρούσα μελέτη έρχεται σε συνέχεια αυτών των μετρήσεων με μεγαλύτερο εύρος μιγμάτων ηλιελαίου/πετρελαίου.

3.1.1. Ισχύς Κινητήρα

Η ισχύς του κινητήρα με όλα τα καύσιμα υπό δοκιμή στους δύο χρονισμούς ψεκασμού δίνεται στο Σχήμα 1. Είναι φανερό η αντιστοιχία των δυο χρονισμών με τις προκαταρκτικές μετρήσεις. Αυξάνοντας το ποσοστό ηλιελαίου στο μίγμα, έχουμε βελτίωση της ισχύος σχεδόν σε όλο το φάσμα στροφών κινητήρα και στους δύο

χρονισμούς. Στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής τα εναλλακτικά καύσιμα έχουν τάση για μείωση της παραγόμενης ισχύος.



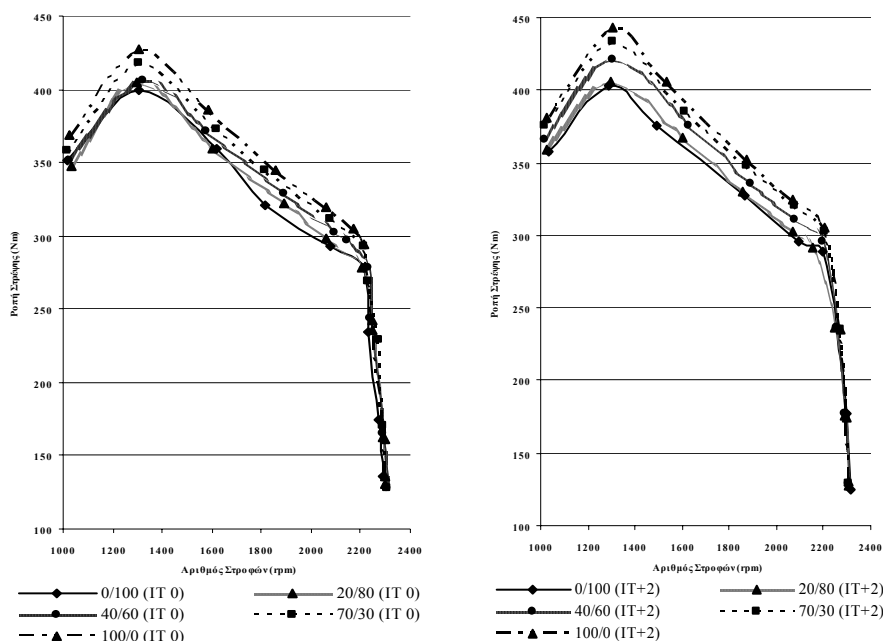
Σχήμα 10 Ισχύς κινητήρα σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα. (α) χρονισμός κατασκευαστή (β) προοδευμένος χρονισμός (+2°C)

Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι τα καύσιμα που περιέχουν φυτικά έλαια χρειάζονται περισσότερο χρόνο για την επίτευξη ολοκληρωμένης καύσης που δεν είναι διαθέσιμος σε μεγάλες ταχύτητες περιστροφής [8].

Στην περίπτωση προοδευμένου χρονισμού, εκτός από την βελτίωση της ισχύος με την αύξηση του ηλιελαίου στο καύσιμο, παρατηρήθηκε επίσης μια αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος σε όλα τα μίγματα σε σύγκριση με την παραγόμενη ισχύ με το αντίστοιχο μίγμα με τον χρονισμό του κατασκευαστή. Επίσης, τα καύσιμα 70/30 και 100/0 με +2°C είχαν σχεδόν μηδενική διαφορά παραγόμενης ισχύος από το πετρέλαιο στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής, που δείχνει ότι η πρόοδος του χρονισμού ευνοεί τα καύσιμα με υψηλά ποσοστά φυτικών ελαίων. Αυτό επιβεβαιώνει ότι επιβάλλεται η αύξηση του διαθέσιμου χρόνου για καύση των βασισμένων σε ηλιέλαιο καυσίμων.

3.1.2. Ροπή Κινητήρα

Η ροπή στρέψης του κινητήρα ακολουθεί την ίδια τάση με την αποδιδόμενη ισχύ, αφού τα δύο μεγέθη είναι άμεσα συνδεδεμένα. Η διαφοροποίηση της αποδιδόμενης ροπής για τα δοκιμαζόμενα καύσιμα στους δύο επιλεγμένους χρονισμούς ψεκασμού φαίνονται στο Σχήμα 2. Είναι εμφανές ότι η ροπή στρέψης του κινητήρα αυξάνεται με την προσθήκη ηλιελαίου στο καύσιμο και στις δύο περιπτώσεις χρονισμού, αλλά η διαφορά του καυσίμου αναφοράς από τα εναλλακτικά καύσιμα παρουσιάζεται μεγαλύτερη στην περίπτωση του προοδευμένου χρονισμού, που είναι μια ακόμη ένδειξη ότι χρειάζεται περισσότερος χρόνος για την καύση των φυτικών ελαίων.



Σχήμα 11 Ροπή κινητήρα σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα

3.1.3. Ειδική Κατανάλωση Καυσίμου Κινητήρα

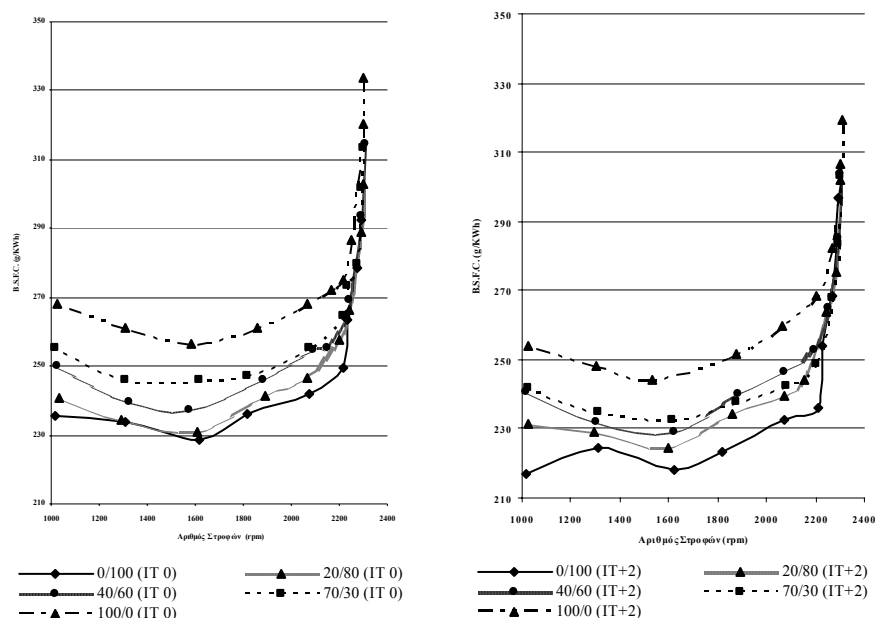
Κατά τις προκαταρκτικές δοκιμές είδαμε σημαντική αύξηση στην ειδική κατανάλωση καυσίμου όσο το ποσοστό ηλιελαίου αυξάνει στο μίγμα καυσίμου [7]. Η ειδική κατανάλωση με όλα τα καύσιμα με τους δύο χρονισμούς φαίνεται στο Σχήμα 3. Είναι εμφανές ότι η ίδια τάση με τις προκαταρκτικές δοκιμές υπάρχει και εδώ.

Στο χρονισμό κατασκευαστή το μίγμα 20/80 παρουσιάζει ελάχιστα μεγαλύτερη κατανάλωση σε όλο το εύρος του κινητήρα, εκτός από την μέγιστη ισχύ όπου η διαφορά μεγαλώνει αισθητά. Ανάμιξη μεγαλύτερη του 40% δίνει σημαντική διαφορά από το πετρέλαιο. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι με +2°CΑ η κατανάλωση με όλα τα καύσιμα μειώθηκε και μάλιστα σημαντικά. Αυτή η μείωση δεν αναμενόταν, διότι σε αντίστοιχη έρευνα στο παρελθόν είχε εμφανισθεί αύξηση της ειδικής κατανάλωσης [8]. Το γεγονός αυτό ίσως οφείλεται στο ότι ο συγκεκριμένος κινητήρας δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε αυτό τον χρονισμό, που για λόγους περιβαλλοντικούς, δεν επιλέχθηκε από τον κατασκευαστή.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η αυξημένη ισχύς και ροπή οφείλονται κυρίως στην αυξημένη πυκνότητα των βασισμένων σε ηλιέλαιο καυσίμων, λόγω της αυξημένης πυκνότητας του ηλιελαίου. Η αντλία καυσίμου λειτουργεί ογκομετρικά. Έτσι, συγκεκριμένος όγκος καυσίμου διανέμεται στους εγχυτήρες. Όποτε, τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δείχνουν λογικά, διότι για τον ίδιο όγκο εκτοξευόμενου καυσίμου, μεγαλύτερη μάζα καυσίμου καταλήγει στο θάλαμο καύσης. Η πυκνότητα του ηλιελαίου ήταν περίπου 12.63% μεγαλύτερη από το πετρέλαιο, γεγονός που επιδρά στην αύξηση της τελικής πυκνότητας όλων των μιγμάτων σε σχέση με το πετρέλαιο.

Παρόλο που η θερμογόνο δύναμη του ηλιελαίου είναι 8.82% χαμηλότερη από αυτή του πετρελαίου και το αναμενόμενο αποτέλεσμα θα ήταν μια μικρή μείωση ισχύος και ροπής, το αντίθετο συνέβη. Έτσι, σε συνδυασμό με την δεδομένη περιεκτικότητα του ηλιελαίου σε οξυγόνο, που προωθεί την καύση των υδρογονανθράκων του, μπορεί να

δικαιολογηθεί η βελτιωμένη λειτουργία του κινητήρα [5]. Επίσης, το μεγαλύτερο ιξώδες των μιγμάτων με ηλιέλαιο μειώνει τις εσωτερικές διαρροές, που οδηγεί σε μέγιστη χρήση του εκτοξευόμενου καυσίμου [6].



Σχήμα 12 Ειδική κατανάλωση καυσίμου σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα

3.2. Εκπομπές αέριων ρύπων

Η προαναφερθείσα βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα έμενε να εξεταστεί από τη μεριά των εκπεμπόμενων καυσαερίων. Εξετάστηκαν οι εκπομπές NO_x και CO_2 .

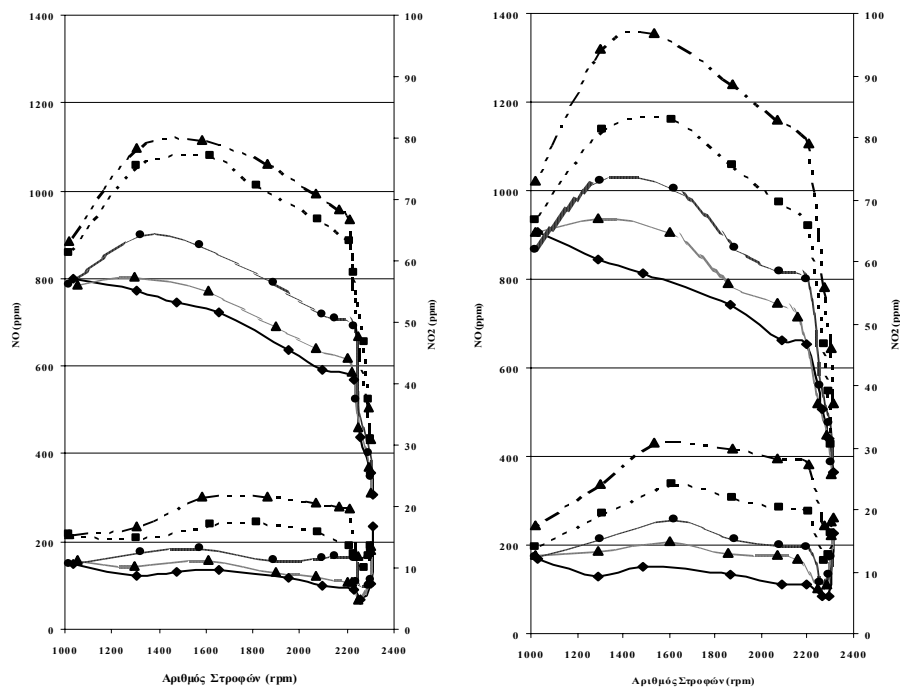
Παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση των εκπομπών NO_2 και NO με το χρονισμό του κατασκευαστή (Σχήμα 4). Είναι εμφανές ότι η αύξηση του περιεχομένου σε ηλιέλαιο στο καύσιμο επέφερε ακραία αύξηση των αερίων αυτών. Η αύξηση αυτή δείχνει να είναι αναλογική με την αύξηση του ηλιελαίου στην περίπτωση του NO_2 . Οι εκπομπές NO είχαν την ίδια τάση, αλλά το μίγμα 70/30 και το αμιγές ηλιέλαιο είχαν πολύ μικρή διαφορά μεταξύ τους. Η αύξηση των NO_x γενικά μπορεί να εξηγηθεί από την αύξηση της θερμοκρασίας καύσης με τα εναλλακτικά καύσιμα, που είναι ο σημαντικότερος παράγοντας αύξησης των οξειδίων του αζώτου.

Η πρόοδος του χρονισμού έγχυσης, μπορεί να αύξησε την απόδοση του κινητήρα, αλλά η διαφορά την εκπομπή NO_x ήταν σημαντική και ίσως απαγορευτική.

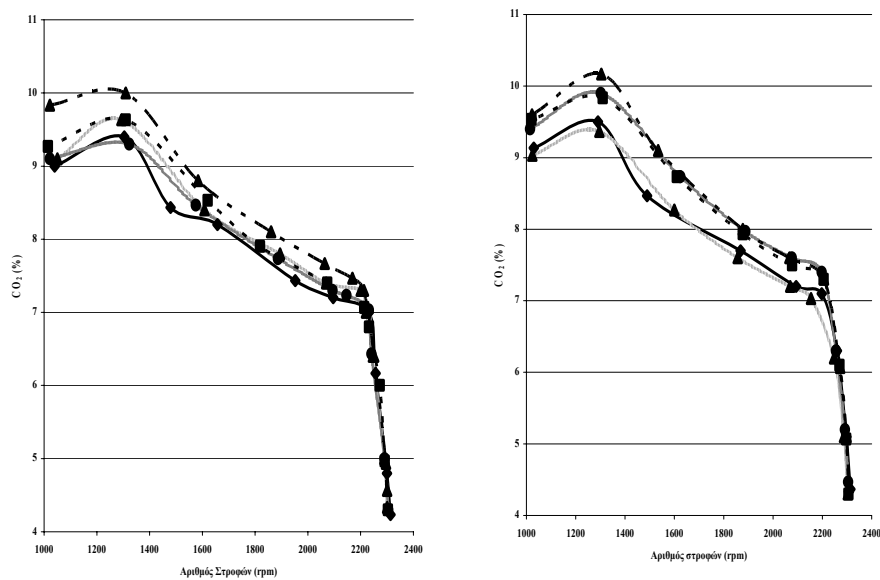
Τα επίπεδα CO_2 φαίνονται στο Σχήμα 5. Με τον χρονισμό κατασκευαστή, το διοξείδιο του άνθρακα αυξήθηκε με την αύξηση του ηλιελαίου στο καύσιμο. Όμως, τα καύσιμα 20/80 και 40/60 ήταν πολύ κοντά στο πετρέλαιο, γεγονός που δεν εμφανίστηκε με το μίγμα 70/30 και το αμιγές ηλιέλαιο, όπου η διαφορά ήταν σημαντική. Η ίδια τάση εμφανίστηκε με την πρόοδο του χρονισμού, με τη διαφορά ότι μόνο το μίγμα 20/80 ήταν κοντά στο πετρέλαιο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη, φάνηκε αναλυτικά ότι ενδεχόμενη αύξηση του ποσοστού



Χρονισμός Κατασκευαστή Προοδευμένος Χρονισμός (+2°CA)
Σχήμα 13 Εκπομπές NO, NO₂ σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα



Χρονισμός Κατασκευαστή Προοδευμένος Χρονισμός (+2°CA)
Σχήμα 14 Εκπομπές CO₂ σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα

ηλιελαίου στο καύσιμο μίγμα προκαλεί αύξηση της παραγόμενης ισχύος και ροπής του κινητήρα με παράλληλη αύξηση των εκπομπών NO_x και CO₂.

Επίσης, φάνηκε ότι για το ίδιο καύσιμο, η ισχύς και η ροπή του κινητήρα αυξήθηκαν με την πρόοδο του χρονισμού. Επίσης, η διαφορά των εναλλακτικών καυσίμων από το πετρέλαιο ήταν μεγαλύτερη με τον προοδευμένο χρονισμό, γεγονός που αποτελεί ένδειξη ότι η λειτουργία του κινητήρα με καύσιμα βασισμένα σε ηλιέλαιο είναι καλύτερη όταν δίνεται περισσότερος χρόνος για την ολοκλήρωση της καύσης των εναλλακτικών αυτών καυσίμων.

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου αυξήθηκε όσο το περιεχόμενο ηλιελαίου στο καύσιμο αυξάνονταν. Ένα επίσης σημαντικό αποτέλεσμα ήταν ότι η ειδική κατανάλωση με τον προοδευμένο χρονισμό έγχυσης είχε μείωση για όλα τα δοκιμασμένα καύσιμα σε σύγκριση με το χρονισμό του κατασκευαστή. Αυτό το αποτέλεσμα θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

Από περιβαλλοντικής άποψης, η εκπομπές NO_x αυξήθηκαν σημαντικά, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας καύσης εντός του κυλίνδρου, που είναι ο κυριότερος λόγος αύξησης των οξειδίων του αζώτου. Όσο για την εκπομπή CO₂, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση.

Συνοψίζοντας, μπορεί να ειπωθεί ότι η βραχυχρόνια χρήση προθερμασμένων μιγμάτων ηλιελαίου με πετρέλαιο μέχρι και αμιγούς ηλιελαίου έδειξε θετικές ενδείξεις για περαιτέρω μελέτη αυτών των εναλλακτικών καυσίμων. Όμως, οι βραχυχρόνιες δοκιμές δεν είναι αρκετές για να παραχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την χρήση αυτών των καυσίμων. Δοκιμές διαρκείας επιβάλλονται για αυτό το ζήτημα. Σημαντικό πρόβλημα αποτελούν οι αυξημένες εκπομπές καυσαερίων, που πρέπει να διερευνηθούν εκτενέστερα.

Υπάρχει κατάλληλος χρονισμός έγχυσης για κάθε εναλλακτικό καύσιμο για την καλύτερη απόδοση του κινητήρα, σύμφωνα με την περίοδο υστέρησης του [8]. Όμως, πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη οι εκπομπές καυσαερίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Zejewski M, Goettler H, Pratt GL. Influence of vegetable oil based alternative fuels on residue deposits and components wear in a diesel engine. SAE 1986;860302:297-307
2. Nwafor OMI, Rise G. Performance of rapeseed oil blends in diesel engines. Journal of Applied Energy 1996;64(4):p.
3. Goettler HJM, Ziejewski M, Knudson AM. Performance of a diesel engine operating on blends of diesel fuel and crude sunflower oil at normal and elevated fuel temperature. SAE. 852087, 1985
4. Ramadhas AS, Jayaraj S, Muraleedharan C. Use of vegetable oils as I.C. engine fuels-A review. Renew Energy 2004;29:727-42
5. Kalam MA, Husnawan M, Masjuki HH. Exhaust emission and combustion evaluation of coconut oil-powered indirect injection diesel engine. Renew Energy 2003;28:2405-15
6. Wagner L, Clark S, Schrock M. Effect of soybean oil esters on the performance, lubricating oil, and wear of diesel engines. SAE, 841385, Warrendale, PA, 1984
7. Balafoutis A, Melas D, Natsis A, Papagiannopoulou A, Papadakis G. Experimental investigation on the use of sunflower crude oil as fuel in a compression ignition engine, Proceedings of the World Congress 2006, Bonn, Germany, 3-7 September 2006
8. Nwafor OMI, G. Rice, Ogbonna AI, Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines. Renewable energy 2000;21:433-444

(213)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΧΟΙΡΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ CSTR ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ

Ι. Φωτίδης, Ν. Τσολάκης, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Γ. Μαρτζόπουλος

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο
Εναλλακτικών Ενεργειακών Πόρων στη Γεωργία. Τ.Κ. 54124, e-mail:
ifotidis@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, διερευνήθηκε η δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου σε ένα σύστημα συνεχούς ροής και πλήρους ανάμιξης, για την επεξεργασία λυμάτων χοιροστασίου σε αναερόβιες συνθήκες. Το σύστημα περιλάμβανε σε σειρά, δύο CSTR αντιδραστήρες (R_1 , R_2), οι οποίοι λειτουργούσαν στη μεσόφιλη (35°C) και υπερθερμόφιλη (70°C) ζώνη αντίστοιχα. Ο αντιδραστήρας R_1 παρήγαγε μεθάνιο, ενώ ο αντιδραστήρας R_2 μετά από λειτουργία 4 ημερών ξεκίνησε να παράγει υδρογόνο με ικανοποιητική απόδοση. Η έρευνα αυτή δείχνει ότι το σύστημα αυτό είναι ένα πολλά υποσχόμενο σύστημα για την παραγωγή υδρογόνου.

BIOGAS PRODUCTION FROM PIG SLURRY IN TWO CSTR REACTORS IN MESOPHILIC AND HYPER-THERMOPHILIC AREA

I. Fotidis, N. Tsolakis, T.A. Kotsopoulos and G. G. Martzopoulos

Aristotle University of Thessaloniki, Sch. of Agriculture, Lab. Of Renewable Energy
Sources in Agriculture, 54124, Thessaloniki, e-mail: ifotidis@agro.auth.gr

ABSTRACT

The biogas production from pig slurry was investigated with the use of a continuous flow and complete mixture system, under anaerobic conditions. The system included, two CSTR reactors (R_1 , R_2), which functioned in mesophilic (35°C) and hyper-thermophilic (70°C) area respectively. Reactor R_1 produced methane, while reactor R_2 after 4 days, began to produce hydrogen with satisfactory performance. This research shows that this system it's a promising system for biohydrogen production.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών μορφών ενέργειας ικανών να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα και παράλληλα η ανάγκη να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα, έδωσε ώθηση στην έρευνα για παραγωγή υδρογόνου. Οι βιολογικές μέθοδοι για την παραγωγή υδρογόνου από οργανικά απόβλητα είναι η αναερόβια ζύμωση και η φωτοσύνθεση [1]. Η φωτοσύνθεση δεν θεωρείται κατάλληλη για οργανικά λύματα των οποίων τα ολικά στερεά είναι σχετικά υψηλά, επειδή απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για τη διεύθυνση του απαραίτητου φωτός και την ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών. Αντίθετα, η αναερόβια ζύμωση δίνει μεγαλύτερη παραγωγή υδρογόνου και μειώνει ικανοποιητικά το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων. Επομένως, η παραγωγή του υδρογόνου μέσω αναερόβιας ζύμωσης από τα ζωικά λύματα φαίνεται να υπερτερεί.

Έως τώρα, οι έρευνες για την αναερόβια παραγωγή του υδρογόνου έχουν στραφεί στις μεσόφιλες και στις θερμόφιλες συνθήκες και εστιάζονται κυρίως στην παραγωγή του από οικιακά και τεχνητά λύματα. Προσφάτως η παραγωγή του υδρογόνου σε υπερθερμόφιλες συνθήκες, στους 70°C, άρχισε να προσελκύει το ενδιαφέρον των ερευνητών λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων της. Η αποτελεσματικότερη καταστροφή των παθογόνων οργανισμών, η μεγαλύτερη παραγωγή υδρογόνου καθώς και η ανασταλτική της δράση στην ανάπτυξη των μεθανογενών βακτηρίων είναι τα κύρια πλεονεκτήματα της υπερθερμόφιλης αναερόβιας διαδικασίας [2]. Επιπρόσθετα η Ευρωπαϊκή Ένωση δείχνει ενδιαφέρον για την καταστροφή των παθογόνων οργανισμών που βρίσκονται στα ζωικά λύματα πριν τη διασπορά τους στο έδαφος. Η κοινοτική οδηγία 2002/1774/EC επιβάλλει την παραμονή των ζωικών λυμάτων για μία ώρα στους 70°C πριν τη διασπορά τους στο έδαφος [3].

Οι δημοσιευμένες, μέχρι σήμερα ερευνητικές εργασίες σχετικές με τη χρήση ζωικών λυμάτων για την παραγωγή υδρογόνου [4,5] είναι πολύ λίγες. Αυτό οφείλεται στο ότι το υδρογόνο, που παράγεται κατά την διάρκεια της αναερόβιας επεξεργασίας των ζωικών λυμάτων, καταναλώνεται άμεσα από τα μεθανογενή βακτήρια και παράγεται μεθάνιο [6]. Τα ζωικά λύματα είναι το πιο κατάλληλο υπόστρωμα για παραγωγή μεθανίου.

Στην παρούσα έρευνα γίνεται προσπάθεια για παραγωγή υδρογόνου στους 70°C από λύματα χοίρων σε ένα σύστημα το οποίο περιλαμβάνει δύο εν σειρά αντιδραστήρες οι οποίοι λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο ένας από τους δύο αντιδραστήρες λειτουργεί για παραγωγή μεθανίου και ο δεύτερος δυνητικά για παραγωγή υδρογόνου. Επίσης διερευνάται η διαδικασία της αναερόβιας αποικοδόμησης στο παρόν σύστημα, το οποίο ουσιαστικά λειτουργεί σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία, εφόσον τα λύματα παραμένουν στον έναν αντιδραστήρα για 24h στους 70°C.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Απόβλητα χοίρων

Τα λύματα συλλέχθηκαν από χοιροστάσιο του δήμου Βασιλικών, που βρίσκεται κοντά στο εργαστήριο του αγροκτήματος της Γεωπονικής Σχολής του ΑΠΘ, όπου διεξήχθησαν τα πειράματα. Μετά από την συλλογή τους, τα λύματα διαλύθηκαν με απεσταγμένο νερό ώστε το τελικό διάλυμα να αποκτήσει ολικά στερεά (TS) 45386,53 ppm. Τα λύματα μύθηκαν σε τεμαχιστές (μπλέντερ) για 5 λεπτά, πέρασαν από σίτα οπής 1 mm και αποθηκεύτηκαν σε ψυκτικό θάλαμο στους 4°C. Τα χαρακτηριστικά των λυμάτων των χοίρων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των αρχικών λυμάτων.

Ολικά στερεά (TS)	45386,53 ppm
Πτητικά στερεά (VS)	33222,94 ppm
pH	6,7

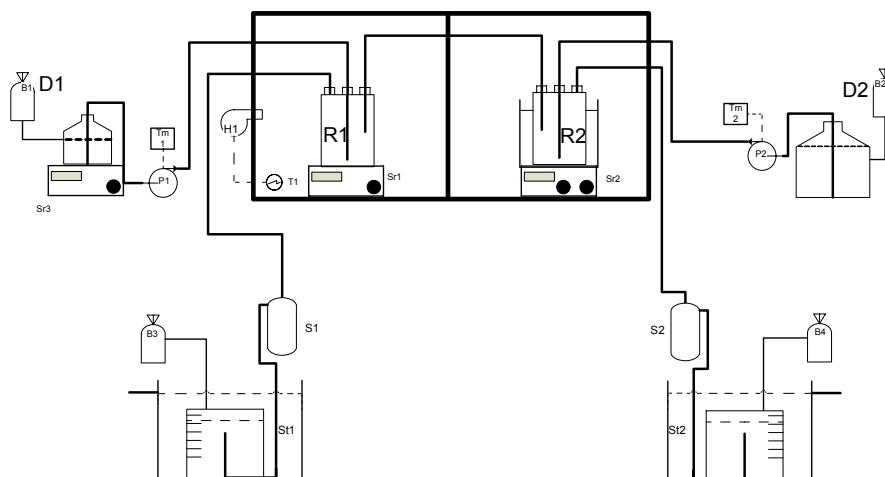
2.2 Μέθοδοι μετρήσεων

Τα ολικά στερεά (TS), τα πτητικά στερεά (VS), και το pH μετρήθηκαν τόσο κατά την είσοδο όσο και κατά την έξοδο των λυμάτων από τους αναερόβιους αντιδραστήρες. Δύο δείγματα λυμάτων συλλέγονταν κάθε φορά για ανάλυση. Οι παραπάνω μετρήσεις έγιναν βάσει των μεθόδων που περιγράφονται στο «Standard methods for the examination of water and wastewater» [7].

Η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου μετρήθηκε ογκομετρικά με τη μέθοδο της απομάκρυνσης του νερού. Η ανάλυση των αερίων που περιέχονταν στο βιοαέριο έγινε με χρήση αερίου χρωματογράφου VARIAN 3700 εξοπλισμένου με θερμικής αγωγής ανιχνευτή (θερμοκρασία λειτουργίας: 160°C), θερμοκρασία λειτουργίας φούρνου 70°C, θερμοκρασία εισόδου 115°C. Μέσα στον χρωματογράφο είχαν τοποθετηθεί δύο στήλες, μία Porapak Q (εξωτερική διάμετρος :1/8", εσωτερική διάμετρος: 0,085", μήκος: 16ft, υλικό πλήρωσης: Carbosphere, υλικό steel) και μία Molecular Sieve 5A (εξωτερική διάμετρος :1/8", εσωτερική διάμετρος: 0,085", μήκος: 6ft, υλικό steel), οι οποίες ήταν σε σειρά και λειτουργούσαν εναλλάξ. Το φέρον αέριο ήταν ήλιο με ταχύτητα ροής 25cm³/min. Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός της σύνθεσης του βιοαερίου έγινε σε ότι αφορά την περιεκτικότητα του σε CO₂, CH₄, N₂, και H₂ [8]. Επειδή το N₂ προστέθηκε στο κλειστό σύστημα για να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες και δεν αποτελεί προϊόν της ζυμωτικής διαδικασίας, απαλείφεται από τους τελικούς υπολογισμούς του παραγόμενου αερίου μίγματος.

2.3 Πειραματική διάταξη και λειτουργία

Σχεδιάστηκε και λειτουργήσε ένα κλειστό σύστημα (Σχήμα 1) το οποίο περιελάμβανε σε σειρά, δύο αντιδραστήρες (R₁, R₂) συνεχούς ροής και πλήρους ανάμιξης (CSTR-continuous stirred tank reactor) όγκου 750ml ο καθένας. Οι αντιδραστήρες λειτουργούσαν με λύματα χοιροστασίου σε αναερόβιες συνθήκες.



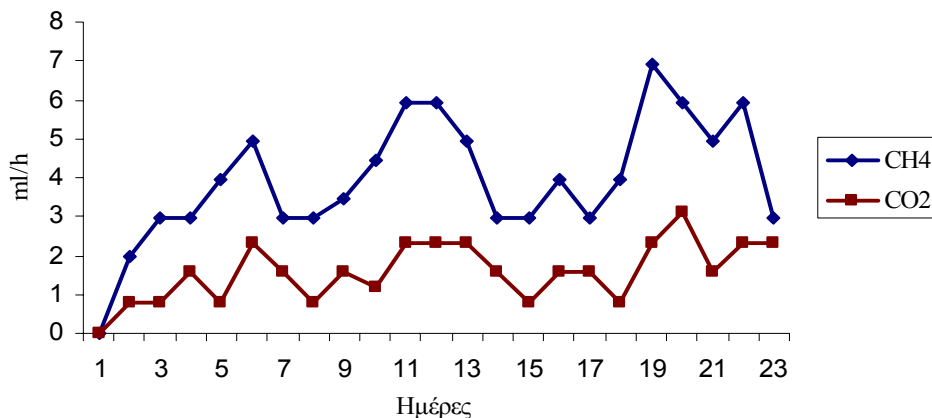
Σχήμα 1. Απεικόνιση της πειραματικής διάταξης

Η τροφοδότηση των αντιδραστήρων έγινε από δύο δεξαμενές (D_1 , D_2) όγκου 0,3 και 2 l η κάθε μία αντίστοιχα. Η δεξαμενή D_1 αναδεύονταν με μαγνητικό αναδευτήρα Sr_3 . Ο αντιδραστήρας R_1 λειτουργούσε σε θερμοκρασία 35°C (μεσόφιλη ζώνη) και με υδραυλικό χρόνο συγκράτησης των λυμάτων (HRT-Hydraulic Retention Time) 16 ημερών. Ο δεύτερος αντιδραστήρας R_2 λειτουργούσε σε θερμοκρασία 70°C (υπερθερμόφιλη ζώνη) και με HRT 24h. Και οι δυο αντιδραστήρες αναδεύονταν με μαγνητικούς αναδευτήρες (Sr_1 , Sr_2). Η συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου γινόταν σε δεξαμενές που λειτουργούσαν με σύστημα απομάκρυνσης του νερού. Πριν τη δεξαμενή αποθήκευσης υπήρχε σύστημα διαχωρισμού των λυμάτων από το βιοαέριο. Μέρος της ενεργής βιομάζας του αντιδραστήρα R_1 μεταφερόταν με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας (P_1), με καθορισμένη ροή, στον δεύτερο αντιδραστήρα R_2 . Στον αντιδραστήρα R_2 , μαζί με την ενεργή βιομάζα, εισέρχονταν με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας (P_2) και λύματα από την δεξαμενή D_2 . Μέσα σε όλο το κλειστό σύστημα καθώς και στα λύματα, διοχετεύτηκε αέριο άζωτο ώστε να απομακρυνθεί το υπάρχον οξυγόνο (flashing).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

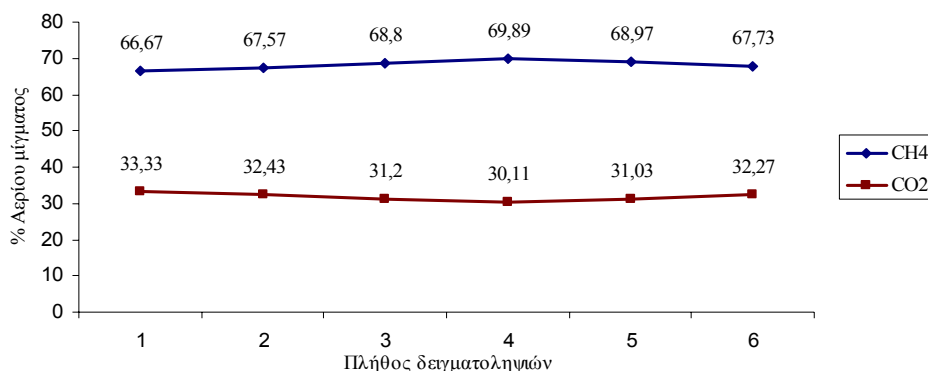
3.1 Απόδοση αντιδραστήρα R_1

Ο αντιδραστήρας R_1 τέθηκε πρώτος σε λειτουργία, με HRT 16 ημερών στους 35°C. Είχαν προηγηθεί δοκιμαστικές λειτουργίες, οι οποίες καθόρισαν το ιδανικό HRT και έδωσαν το αρχικό μόλυσμα, ώστε να ξεκινήσει άμεσα η διαδικασία μεθανογένεσης. Έτσι η παραγωγή μεθανίου ξεκίνησε από την 2^η ημέρα με μικρές ποσότητες (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα στον αντιδραστήρα R_1 σε ml/h.

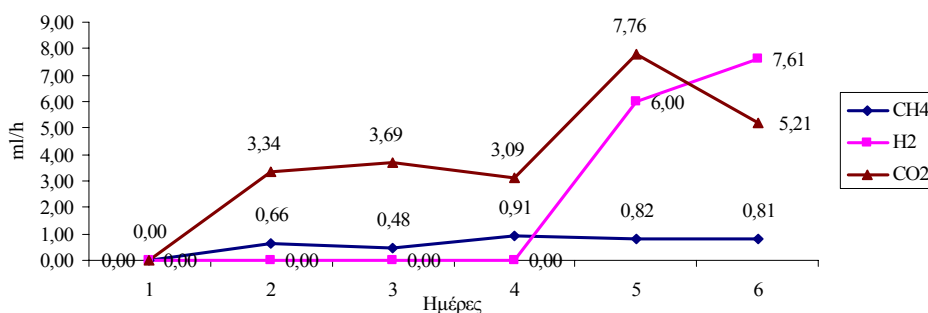
Μετά την 4^η ημέρα η διαδικασία σταθεροποιήθηκε και η παραγωγή μεθανίου βρισκόταν συνεχώς πάνω από τα 3 ml/h, με μέγιστη παραγωγή τα 7 ml/h την 18^η ημέρα. Η ποσοστιαία σύσταση του παραγόμενου αερίου μίγματος στον αντιδραστήρα R_1 , σε όλη την διάρκεια της λειτουργίας του, παρέμεινε πρακτικά σταθερή (Σχήμα 3). Το ποσοστό του μεθανίου κυμαινόταν από 66,67% μέχρι 69,89%, ενώ το υπόλοιπο ήταν διοξείδιο του άνθρακα.



Σχήμα 3. Σύσταση αερίου μίγματος αντιδραστήρα R₁.

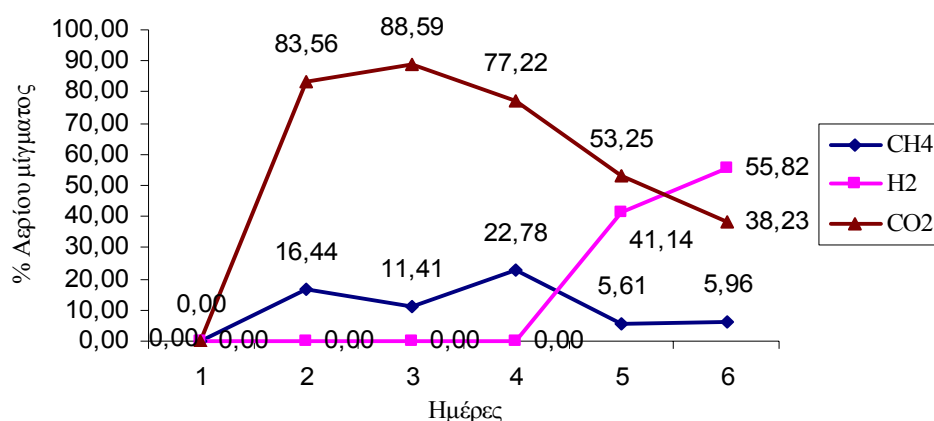
3.2 Απόδοση αντιδραστήρα R₂

Την 18^η ημέρα λειτουργίας του αντιδραστήρα R₁, ξεκίνησε η λειτουργία και του αντιδραστήρα R₂ με HRT 24 ώρες στους 70°C. Η παραγωγή μεθανίου, υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα στον αντιδραστήρα R₂ δίνονται παρακάτω (Σχήμα 4). Την 1^η ημέρα λειτουργίας του, ο αντιδραστήρας R₂ δεν παρήγαγε καμία ποσότητα αερίου. Από την 2^η ημέρα και έπειτα άρχισε να παράγει σταθερά, μικρές ποσότητες μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Το μεθάνιο και ένα μέρος του διοξειδίου του άνθρακα, πιθανότατα προέρχονταν από τον αντιδραστήρα R₁, λόγω της ενεργής βιομάζας που μεταφερόταν καθημερινά από τον αντιδραστήρα R₁ στον R₂.



Σχήμα 4. Παραγωγή υδρογόνου, μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα στον αντιδραστήρα R₂ σε ml/h.

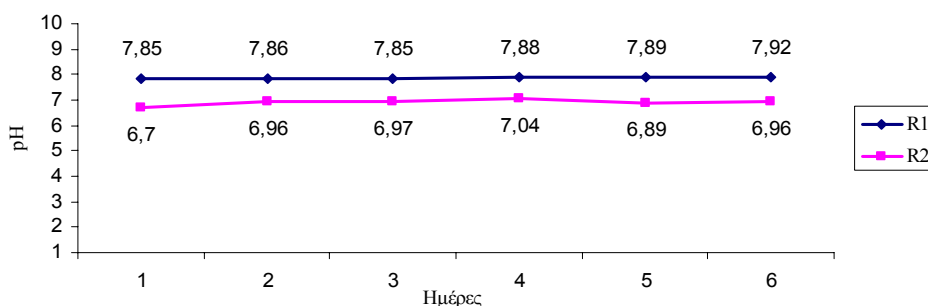
Την 5^η ημέρα λειτουργίας του αντιδραστήρα R₂, παράχθηκε για πρώτη φορά υδρογόνο, που αποτελούσε μάλιστα το 41,14% του αερίου μίγματος (Σχήμα 5). Η παραγωγή υδρογόνου συνεχίστηκε και την 6^η ημέρα με αυξητική τάση, φτάνοντας στο 55,82% του παραγόμενου αερίου μίγματος, που συνεπάγεται 7,61ml/h. Η παρουσία του μεθανίου στο αέριο μίγμα την 5^η και 6^η ημέρα ήταν 5,61 και 5,96% αντίστοιχα, ενώ υπήρξε ραγδαία μείωση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα, αρχικά στο 53,25% και έπειτα στο 38,23%.



Σχήμα 5. Σύσταση παραγόμενου αερίου μίγματος στον αντιδραστήρα R₂.

3.3 Διακύμανση pH

Η διακύμανση του pH, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, ήταν για των αντιδραστήρα R₁ από 7,85 μέχρι 7,92, ενώ για τον αντιδραστήρα R₂ από 6,7 μέχρι 7,04.



Σχήμα 6. Διακύμανση του pH στους αντιδραστήρες R₁ και R₂.

3.4 Τελικά ολικά και πτητικά στερεά

Παρατηρούμε ότι στον αντιδραστήρα R₁ τα ολικά στερεά μετά το τέλος της αναερόβιας ζύμωσης μειώθηκαν κατά 45,64% και τα πτητικά στερεά κατά 45,79% (Πίνακας 2). Επίσης παρατηρούμε ότι στον αντιδραστήρα R₂ τα ολικά στερεά μετά το τέλος της αναερόβιας ζύμωσης μειώθηκαν κατά 44,62% και τα πτητικά στερεά κατά 48,07 % (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Τελικά στερεά στους αντιδραστήρες R₁, R₂.

	R ₁ ppm	R ₂ ppm
Ολικά στερεά (TS)	24672,12	25137,16
Πτητικά στερεά (VS)	18010,65	17251,63

3.5 Συμπεράσματα

Η παραγωγή υδρογόνου, που παρατηρείται στον αντιδραστήρα R₂, τις δύο τελευταίες μέρες λειτουργίας του, οφείλεται στην αναστολή της μεθανογένεσης, δηλαδή στην αναστολή κατανάλωσης του παραγόμενου υδρογόνου από τα μεθανογενή

βακτήρια [6]. Αυτό οφείλεται πιθανόν: α) στο σοκ από τη μετάβαση της ενεργής βιομάζας από τη μεσόφιλη στην υπερθερμόφιλη ζώνη, β) στο αυξημένο οργανικό φορτίο από τη δεξαμενή D₂, που παράγει μεγάλες ποσότητες πτητικών λιπαρών οξέων (VFA) και διατηρεί το pH σε σχετικά χαμηλά επίπεδα και γ) στο μικρό υδραυλικό χρόνο διατήρησης (HRT) στον αντιδραστήρα R₂, που δεν επιτρέπουν στα μεθανογενή βακτήρια να αναπτυχθούν.

Η διακοπή της μεθανογένεσης με την προσαρμογή των παραμέτρων που την επηρεάζουν (θερμοκρασία, HRT, pH) και η παραγωγή υδρογόνου, αποτελούν ένα ενθαρρυντικό βήμα στην προσπάθεια σταθερής παραγωγής υδρογόνου απευθείας από ζωικά λύματα με τη χρήση μικτών πληθυσμών βακτηρίων. Η πολύ μικρή παρουσία μεθανίου στο τελικό αέριο μίγμα δεν φαίνεται να προέρχεται από μεθανογένεση που εξελίσσεται στον αντιδραστήρα R₂, αλλά από μεθάνιο που μεταφέρεται καθημερινά μαζί με την ενεργή βιομάζα από τον αντιδραστήρα R₁.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Reith JH, Wijffels RH, Barten H. 2003. Bio-methane & bio-hydrogen Status and perspectives of biological methane and hydrogen production. www.novem.nl/default.asp?documentId=115509.
2. Kotsopoulos TA, Zeng JR and Angelidaki I. 2006. Biohydrogen Production in Granular Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactors With Mixed Cultures Under Hyper-Thermophilic Temperature (70°C). Wiley InterScience 2006 DOI: 10.1002/bit.20844.
3. Council Directive 1774/EC, 2002. Commission of the European Communities, Official journal, No. L 273.
4. Zhu J., Wu X., Miller C., Yu F., Chen P. and Ruan R. 2007. Biohydrogen production through fermentation using liquid swine manure as substrate. Journal of Environmental Science and Health Part B (2007) 42, 393–401.
5. Venkata M S., Lalit Babu V. and Sarma P.N. 2006. Effect of various pretreatment methods on anaerobic mixed microflora to enhance biohydrogen production utilizing dairy wastewater as substrate. Bioresource Technology doi:10.1016/j.biortech.2006.12.004.
6. Vijayaraghavan K., Amin Mohd Soom M., 2004. Trends in biological hydrogen production-a review. International Journal of Hydrogen Energy doi:10.1016/j.ijhydene.2004.10.007.
7. APHA, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
8. Lemonidou, A.A., Goula, M.A., Vasalos, I.A., 1998. Carbon dioxide reforming of methane over 5 wt.% nickel calcium aluminate catalysts ± effect of preparation method. Catalysis Today 46, pp. 175-183.