

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(Ε.Γ.Μ.Ε.)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Επιμέλεια Έκδοσης

Β. Αντωνόπουλος,
Κ. Ακριτίδης και Κ. Τσατσαρέλης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

29-31 Μαΐου 2003

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (Ε.Γ.Μ.Ε.) ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως "Hellenic Society of Agricultural Engineers" (HelAgEng). Τα μέλη της σήμερα φθάνουν τα 140.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 60 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στη Θεσσαλονίκη από 29-31 Μαΐου 2003. Όλες οι εργασίες κρίθηκαν από μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλους ειδικούς επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Το συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης σε σχετικά αντικείμενα απέκτησαν ειδικές γνώσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά πεδία.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού Μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία, την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, το Υπουργείο Πολιτισμού, την Asprofos καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2003

Καθηγητής, Κων/νος Β. Ακριτίδης
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή Συνεδρίου

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ., Πρόεδρος ΕΓΜΕ

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Γεωργίου Π., Γεωπόνος Α.Π.Θ.

Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μήτσιου Κ., Γεωπόνος Δημ. Υπ.

Μπαλουκτσής Σ., Πρόεδρος Ε.Κ.Γ.Μ.Β.Ε.

Παυλάτου-Βε Α., Επ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ., ΔΣ ΕΓΜΕ

Κωνσταντινίδου Μ. γραμματέας συνεδρίου

Επιστημονική Επιτροπή

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

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

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Παπαδάκης Γ., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Παρισόπουλος Γ., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.

Παυλάτου-Βε Α., Επ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Τερζίδης Γ., Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Ακριτίδης Κων/νος, Αντωνόπουλος Βασίλης, Βουγιούκας Σταύρος, Γαλανοπούλου Στέλλα, Γέμτος Θεοφάνης, Γεωργακάκης Δημήτριος, Γιαννόπουλος Σταύρος, Δαλέζιος Νικόλαος, Δαναλάτος Νικόλαος, Ζήσης Θωμάς, Καραμούζης Διαμαντής, Κερκίδης Πέτρος, Κίττας Κων/νος, Κυρίτσης Σπύρος, Κωστοπούλου Σοφία, Ελευθεροχωρινός Ηλίας, Λαζαρίδης Χαράλαμπος, Λαμπρινός Γεώργιος, Μαρτζόπουλος Γεράσιμος, Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος, Μαντόγλου Αριστοτέλης, Μισοπολινός Νικόλαος, Μπαλτάς Ευάγγελος, Μπαμπατζιμόπουλος Χρήστος, Μπαρμπαγιάννης Νικόλαος, Μπριασούλης Δημήτρης, Νάνος Γεώργιος, Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χρυσούλα, Οικονόμου Αθανάσιος, Παναγιωτόπουλος Κυριάκος, Πανώρας Αθανάσιος, Παπαδάκης Γεώργιος, Παπαμιχαήλ Δημήτριος, Παπουτσή-Ψυχουδάκη Σοφία, Παυλάτου-Βε Αθηνά, Πιτσικής Ιωάννης, Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία, Συλλαίος Νικόλαος, Σφακιωτάκης Ευάγγελος, Τερζίδης Γεώργιος, Τζιμόπουλος Χρήστος, Τσατσαρέλης Κων/νος, Τσιούρης Σωτήρης, Ψυχουδάκης Ασημάκης

Επικοινωνία - αλληλογραφία – πληροφορίες

Αντωνόπουλος Βασίλης
Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
54124 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310 998745, 2310 998743, 2310 998744
Fax: 2310 998767
E-mail: vasanton@agro.auth.gr
Internet: www.egme.gr
EurAgEng: www.eurageng

ΧΟΡΗΓΟΙ

(Μέχρι 15 Απριλίου 2003)

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται από μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής του Συνεδρίου στους χορηγούς και τους εκθέτες που βοήθησαν στην υλοποίησή του.

- Ασπροφός Α.Ε.
- Υπουργείο Πολιτισμού
- Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσσαλονίκης – Επιτροπή Ερευνών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Υδατικοί Πόροι - Υδρολογία

	Σελ
«Η πλήρης ανάκτηση κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος στην οδηγία 2000/60 για τα νερά» Σ. Γιαννόπουλος, Χ. Τζιμόπουλος	3
«Συγκριτική ανάλυση των εκτιμήσεων των αιχμών απορροής με συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα και με εμπειρικές σχέσεις» Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Δ. Ν. Καραμούζης	11
«Εκτίμηση καμπυλών διάρκειας παροχών στον ποταμό Αλιάκμονα» Ε.Α. Μπαλτάς	20
«Εμπειρίες από την ανάλυση τεσσάρων ισχυρών επεισοδίων βροχής στην Αττική την περίοδο Μαΐου-Νοεμβρίου 2002» Ε.Α. Μπαλτάς,	29
«Μοντέλο Νευρωνικού Δικτύου για την εκτίμηση της μέσης ετήσιας στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδος» Α. Σπυρίδης, Β. Κουτάλου, Ν. Γκιτσάκης	36
«Δυνατότητες εκμετάλλευσης του καρστικού υδροφορέα Κρασιάς Ελασσόνας, Θεσσαλία» Α. Κ. Μανάκος, Γ. Χ. Δημόπουλος	43

Υδατικοί Πόροι - Αρδεύσεις

«Εκτίμηση της ειδικής παροχής άρδευσης σε ένα προτεινόμενο σχέδιο διαχείρισης των ταμιευτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια Χαλκιδικής» Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Ν. Καραμούζης	53
«Επίδραση της συχνότητας άρδευσης με σταγόνες στην απόδοση βιομάζας αραβοσίτου» Θ. Λέλλης, Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Γ. Μαρτζόπουλος	61
«Παραγωγικότητα καλλιέργειας αραβοσίτου συναρτήσει του εύρους άρδευσης με σύστημα στάγδην» Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Θ. Λέλλης, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	69
«Σχέσεις νερού και ποιοτικών χαρακτηριστικών βαμβακιού» Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Π. Βύρλας, Σ. Κωτσόπουλος, Γ. Ζέρβα	77

Γεωργικά Μηχανήματα

«Ανάπτυξη βαμβακιού κάτω από κατεργασία υπεδαφοκαλλιεργητή με αβαθή στελέχη» Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Δ. Παπαμιχαήλ, Θ. Γέμτος	87
«Ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας υπεδαφοκαλλιεργητή με προσθήκη υνίων για αβαθή κατεργασία» Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Θ.Α. Γέμτος	95
«Αυτοκινούμενα οχήματα στη γεωργία» Σ. Φουντάς, Θ.Γέμτος, S. Blackmore	103
«Πειραματική μελέτη του μηχανικού εξοπλισμού για σπορά βαμβακιού υπό κάλυψη» Θ. Σταθάκος και Θ. Γέμτος	111
«Επίδραση καλλιεργητικών τεχνικών στην απόδοση και το ενεργειακό κόστος επίσπορου αραβοσίτου» Α.Σ. Λιθουργίδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης	119
«Ελκυστήρες με σύγχρονο εξοπλισμό σε εργασίες κατασκευής δασικών δρόμων και μετατόπισης ξύλου» Πλ. Καραρίζος, Ε. Καραγιάννης, Π. Εσκίογλου	127
«Μελέτη των φθορών δασικών δρόμων που προκαλούνται από μέσα μεταφοράς» Π. Εσκίογλου, Ε. Καραγιάννης, Πλ. Καραρίζος	136
«Αριστος χρόνος αντικατάστασης βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών» Ε. Μυγδάκος, Γ. Κιτσοπανίδης, Θ.Α. Γέμτος	144

Επεξεργασία Γεωργικών Προϊόντων

«Μέτρηση της αναπνοής οπωροκηπευτικών συντηρουμένων με τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Εφαρμογή στο μανιτάρι» Δ. Γεωργακοπούλου, Π. Δημαρέλη, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Δ. Μητρόπουλος	153
«Επίδραση της θερμοκρασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην ποιότητα της πιπεριάς» Σ. Χαρίτση, Ι. Μαρίτσα, Ν. Παυλίκου, Ε. Μανωλοπούλου	159
«Επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στο ρυθμό και στη θερμότητα αναπνοής καλλιεργουμένων μανιταριών» Π. Δημαρέλη, Γ. Βαρζακάκος, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου	167

«Μεταβολή του ρυθμού και της θερμότητας αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης δύο ποικιλιών μήλων» Μ. Κανάκη, Γ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Μανωλοπούλου	174
«Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην αναπνευστική δραστηριότητα μήλων Pilafa Delicious» Ι. Καμβύση, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Δ. Μητρόπουλος	180
«Συγκριτική διερεύνηση της παραγωγικότητας καλλιέργειας τρανταφυλλιάς σε ανοικτό και κλειστό υδροπονικό σύστημα» Α. Μπιμπή, Χ. Λύκας, Γ. Νάνος, Κ. Κίττας	188

Νέες Τεχνολογίες στη Γεωργία

«Σχεδιασμός ενός αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με ανεμογεννήτρια και Φωτοβολταϊκά» Ε. Mohamed, Γ. Παπαδάκης	199
«Τεχνική εισαγωγής λάθους στο λογισμικό ελέγχου του ρυθμιστή στροφών των γεωργικών ελκυστήρων Ι. Γράβαλος	207
«Ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού αντλητικού συγκροτήματος με κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίς συσσωρευτές» Μ. Predescu, Α. Cracinescu, Α. Καλλιβρούσης, Γ. Παπαδάκης	214
«Γεωργία ακριβείας στο βαμβάκι: Συσχέτιση χαρτών παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας» Αθ. Μαρκινός, Θ. Γέμτος, Α. Τούλιος, Δ. Πατέρας, Γ. Ζέρβα, Μ. Παπαοικονόμου	222
«Γεωργία ακριβείας: Προοπτικές εφαρμογής στην Ελλάδα και στην Νότια Ευρώπη» Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Α. Μαρκινός, S. Blackmore	230
«Τράπεζα δοκιμών για τον καθορισμό της ευστάθειας γεωργικών μηχανημάτων» Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Αγ. Φιλίντας	238

Γεωργία και Περιβάλλον

- «Σύγκριση της απόδοσης δεξαμενών σταθεροποίησης και συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων»
Α. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισσόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος 249
- «Ορισμένα στοιχεία της λειτουργίας του συστήματος Remos στο Δέλτα του Νέστου για τον ποσοτικό και ποιοτικό έλεγχο των υδατικών πόρων μετά τη λειτουργία των υδροηλεκτρικών έργων»
Α. Ψιλοβίκος, Κ. Αλμπανάκης, Σ. Μαργώνη, Αρ. Ψιλοβίκος, Χ. Μακρυγιώργος 257
- «Αρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα»
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Ι. Τέντας, Α. Κολιού, Δ. Καλφούντζος, Ν. Παπανίκος. 265
- «Παράμετροι ποιότητας νερού των υδροτόπων Ν. Φώκαιας Χαλκιδικής»
Σ. Καλπάκης, Σ.Ε. Τσιούρης 273
- «Η επίδραση κομπόστας (φυτικής προέλευσης) στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος καλαμποκιού (*Zea mays* L)»
Β. Ντούπη, Α. Παυλάτου-Βε, Σ. Σακελλαριάδης 282
- «Επίδραση τρόπου – χρόνου κατεργασίας του εδάφους και εφαρμογής ζιζανιοκτόνων στην εμφάνιση των ζιζανίων»
Σ. Δ. Σουΐπας, Π. Χ. Λόλας, Θ. Α. Γέμτος 290

Μαθηματικά μοντέλα στη Γεωργία

- «Προσομοίωση του νερού και της θερμοκρασίας με το μοντέλο WANISIM, σε έδαφος με φυτά»
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Δ.Δ. Μιχαηλίδου 301
- «Μελέτη ενός εκθετικού μοντέλου πρόσληψης νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών»
Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος 309
- «Συμπεριφορά φυτοφαρμάκων μετά την εφαρμογή τους στο έδαφος»
Π. Κερκίδης, Ι. Αργυροκαστρίτης, W.O. Ochola 318
- «Διακοπτικός ελεγκτής εδαφικής υγρασίας»
Ι. Γράβαλος 327

Αγροτικές κατασκευές

«Η χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους ευρωκώδικες» Μ. Θεοχάρης	337
«Μελέτη ολοκληρωμένου προγράμματος διαχείρισης θερμοκηπίων» Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου	345
«Επίδραση δύο νέων φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στο περιβάλλον και στην καλλιέργεια τομάτας» Χ. Παπαϊωάννου, D. Obeid, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	354
«Επίδραση φύλλων κάλυψης θερμοκηπίου απορροφητικών στη UV ακτινοβολία στη δραστηριότητα εντόμων σε καλλιέργεια τομάτας» Α. Βατσανίδου, Ι. Μαργαριτόπουλος, Χ. Παπαϊωάννου, Ι.Α. Τσιτσιπής, Κ. Κίττας	362
«Αριθμητική και πειραματική διερεύνηση του φυσικού αερισμού θερμοκηπίου» Θ. Μπαρτζάνας, Κ.Κίττας.	370
«Διερεύνηση της κατανομής θερμοκρασίας και υγρασίας σε μερικά σκιασμένο θερμοκήπιο εξοπλισμένο με σύστημα υγρής παρειάς» Κ.Κίττας, Α. Κοντές, Θ. Μπαρτζάνας	379
«Επίδραση διάφορων τεχνικών ελέγχου των υπερθερμάνσεων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου» Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας.	387
«Συγκριτική μελέτη της επίδρασης του αερισμού, της σκίασης και του δροσισμού των θερμοκηπίων σε καλλιέργεια τριανταφυλλιάς» Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	395
«Θέρμανση θερμοκηπίων με γεωθερμική ενέργεια: Επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης» Ι. Χοτζακιάνης, Γ. Μαρτζόπουλος, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου	403
«Εμπλουτισμός θερμοκηπίων με CO ₂ σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών για εξοικονόμηση ενέργειας» Δ. Βαφειάδης, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου, Γ. Μαρτζόπουλος	413
«Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης της αντλίας θερμότητας στο χοιροστάσιο» Ν. Οικονόμου, Γ. Λαμπρινός	421

Ενέργεια στη Γεωργία

«Δυναμικό μοντέλο και έλεγχος συστήματος ανάκτησης ενέργειας σε διεργασίες ξήρανσης» Σ. Βουγιούκας, Α. Δημητριάδης, Κ. Ακριτίδης	431
«Υπολείμματα καλλιέργειας βαμβάκος και παραγωγή βιομάζας στο Νομό Καρδίτσας» Θ. Λέλλης, Γ. Μαρτζόπουλος, Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Αν. Μπλούκα, Μ. Λιναρδοπούλου	441
«Ενεργειακό και θρεπτικό δυναμικό των Ζωϊκών Αποβλήτων στην Ελλάδα» Μ. Μαρδίκης	449
«Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα» Α. Νικολάου, Ι. Παπαμιχαήλ, Β. Λυχνάρας, Κ. Πανούτσου	457
«Ενεργειακό ισοζύγιο συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης της μηλοκαλλιέργειας» Α. Στραπάτσα, Γ.Δ. Νάνος, Ν. Σκρέτα, Ι. Πέτκου, Η. Παπακωνσταντίνου, Ε.Μ. Σφακιωτάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης	465
«Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας του εδάφους στο σιτάρι» Χρ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Ι. Παπαθανασίου, Θ.Α. Γέμτος	473
«Υπολογισμός συνολικών εισροών και εκροών ενέργειας στα ζαχαρότευτλα για 5 μεθόδους κατεργασίας εδάφους» Χρ. Καβαλάρης, Θ.Α. Γέμτος	481
«Ελαιοκράμβη (Brassica sp.) μία υποσχόμενη καλλιέργεια για την παραγωγή βιοντήζελ στην Ελλάδα» Ε.Νάματοβ, Α. Νικολάου, Μ. Μαρδίκης, Κ. Πανούτσου	489
«Τα πολυμέσα Η/Υ ως εργαλείο ενίσχυσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη γεωργική μηχανική» Αγ. Φιλίντας, Κ. Δούκας, Θ. Γιαλαμάς, Β. Στανιός	497
«Απλή και ακριβής μέθοδος σταθερής στράγγισης διαστρωμένων εδαφών» Γ.Τερζίδης	505
Ευρετήριο συγγραφέων	515

Γεωργικά Μηχανήματα ||

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ ΜΕ ΑΒΑΘΗ ΣΤΕΛΕΧΗ

**Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Δ. Παπαμιχαήλ,
Θ.Α. Γέμτος**

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Εργαστήριο Γεωργικής
Μηχανολογίας, Φυτόκο, 38446 Ν.Ιωνία Μαγνησίας. E-mail ipathan@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της ανάπτυξης του βαμβακιού, όταν για την κατεργασία του εδάφους χρησιμοποιείται υπεδαφοκαλλιεργητής σε συνδυασμό με αβαθή στελέχη. Δοκιμάστηκαν πέντε διαφορετικοί σχεδιασμοί υπεδαφοκαλλιεργητή ενώ παράλληλα πραγματοποιήθηκε κατεργασία και με τη χρήση αρότρου. Η χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή απαίτησε κατά 50% μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το αρότρο, ενώ περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας παρατηρήθηκε όταν χρησιμοποιήθηκαν και αβαθή στελέχη στον υπεδαφοκαλλιεργητή. Η εξέλιξη της καλλιέργειας βαμβακιού ήταν παρόμοια για όλα τα πειραματικά τεμάχια όπως και ο έλεγχος των ζιζανίων.

Λέξεις κλειδιά: Υπεδαφοκαλλιεργητής, αβαθή στελέχη, κατανάλωση ενέργειας, ανάπτυξη βαμβακιού, έλεγχος ζιζανίων

COTTON GROWTH UNDER CULTIVATION WITH A SUBSOILER WITH SHALLOWER TINES

**I. Papathanassiou, Chr. Karamoutis, Chr. Kavalaris, D. Papamichail
T.A.Gemtos**

University of Thessaly, School of Agricultural sciences, Lab. of Farm Mechanization,
Fytoko, 38446 N. Ionia Magnisias. E-mail ipathan@agr.uth.gr

ABSTRACT

The aim of this work was the study of cotton growth after the cultivation with a combination of a subsoiler with shallower tines. Five different combinations of a subsoiler were tested and some experiment fields were ploughed. Conducted tests showed that experiment fields which were cultivated with the subsoiler required less energy consumption (up to 50%). Furthermore, mounting shallower tines, energy consumption decreased more. Cotton growth was the same for all the experiment fields as well the weed control.

Key words: Subsoiler, Shallower tines, energy consumption, cotton growth, weed control

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το βαμβάκι αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στην Ελλάδα καθώς και στις υπόλοιπες χώρες της Μεσογείου. Η εφαρμοζόμενη σήμερα καλλιεργητική τεχνική των Ελλήνων αγροτών είναι η άροση το Φθινόπωρο και η προετοιμασία της σποροκλίνης την Άνοιξη με δισκοσβάρνες, ελαφρείς καλλιεργητές προετοιμασίας ή περιστροφικούς καλλιεργητές. Η ανάγκη για καλύτερη διαχείριση του εδάφους καθώς και της καταναλισκόμενης ενέργειας οδήγησε στην διερεύνηση άλλων μεθόδων κατεργασίας [1]. Επιπροσθέτως η σημερινή κατάσταση της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα κάνει επιτακτική την ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής και αύξησης της ανταγωνιστικότητάς του σε παγκόσμιο επίπεδο.

Μεγάλα ποσά ενέργειας που απαιτούνται κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου καταναλώνονται στο στάδιο της προετοιμασίας του εδάφους. Η τάση της σύγχρονης γεωργίας είναι η αντικατάσταση της παραδοσιακής μεθόδου προετοιμασίας του εδάφους με άλλες λιγότερο απαιτητικές σε ενέργεια ή και πλήρης ακαλλιέργεια του εδάφους [1]. Η αντικατάσταση της χρήσης του αρότρου από έναν υπεδαφοκαλλιεργητή είναι δυνατό να περιορίσει την κατανάλωση ενέργειας χωρίς να υποβαθμιστεί η ποιότητα αναμόχλευσης που επιτυγχάνεται στο έδαφος [2], [3]. Η εξασφάλιση ικανοποιητικού βαθμού αναμόχλευσης του εδάφους με τη χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να εγγυηθεί για την κανονική απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού. Επιπρόσθετα αν η χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή συνδυαστεί και με επαρκή έλεγχο των ζιζανίων τότε η αντικατάσταση του αρότρου για την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους μπορεί να είναι πλήρης. Στη συνέχεια για τη δευτερογενή κατεργασία του εδάφους μπορούν να εξακολουθήσουν να χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και σήμερα στη γεωργική πράξη (ελαφρείς καλλιεργητές, δισκοσβάρνες, περιστροφικοί καλλιεργητές). Η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η ποιότητα εργασίας των υπεδαφοκαλλιεργητών επηρεάζεται σημαντικά από το σχεδιασμό τους. Περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με απλό επανασχεδιασμό των τμημάτων από τα οποία αποτελούνται ή με προσθήκη και άλλων. Η προσθήκη αβαθών βοηθητικών στελεχών που προηγούνται των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 15% καθώς και σε ποιοτικότερη αναμόχλευση του εδάφους [4], [5]. Επομένως γίνεται επιτακτική η ανάγκη εύρεσης του ικανοποιητικού σχεδιασμού ενός υπεδαφοκαλλιεργητή που θα αντικαταστήσει το άροτρο στην πρωτογενή κατεργασία του εδάφους και θα περιορίσει το κόστος παραγωγής ενώ παράλληλα θα εξασφαλίζει την κανονική ανάπτυξη της καλλιέργειας βαμβακιού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συγκεκριμένη εργασία περιελάμβανε τη χρήση διάφορων σχεδιασμών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή για την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο της άροσης. Σε ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2001 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Σχήμα 1) πλήρως τυχαιοποιημένο με τέσσερις επαναλήψεις πραγματοποιήθηκαν κατεργασίες του εδάφους με πέντε διαφορετικούς σχεδιασμούς ενός υπεδαφοκαλλιεργητή σε σύγκριση με τη χρήση αρότρου. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε έκταση 60 m² (4X15 m).

ΑΡΟΤΡΟ	BK60	BK80ΣΤ2
BK80ΣΤ1	BK60ΣΤ1	BK80ΣΤ1
BK60	ΑΡΟΤΡΟ	BK80ΣΤ2
BK60ΣΤ2	ΑΡΟΤΡΟ	BK60
BK60ΣΤ1	BK60ΣΤ2	BK80ΣΤ2
BK60ΣΤ1	BK60	BK80ΣΤ1
ΑΡΟΤΡΟ	BK80ΣΤ2	BK60ΣΤ2
BK60ΣΤ2	BK80ΣΤ1	BK60ΣΤ1

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

BK60: Υπεδαφο καλλιεργητής με απόσταση κύριων στελεχών 60 cm χωρίς αβαθή στελέχη.
 BK60ΣΤ1: Υπεδαφο καλλιεργητής με απόσταση κύριων στελεχών 60 cm και απόσταση αβαθών 40 cm.
 BK60ΣΤ2: Υπεδαφο καλλιεργητής με απόσταση κύριων στελεχών 60 cm και απόσταση αβαθών 20 cm.
 BK80ΣΤ1: Υπεδαφο καλλιεργητής με απόσταση κύριων στελεχών 80 cm και απόσταση αβαθών 40 cm.
 BK80ΣΤ2: Υπεδαφο καλλιεργητής με απόσταση κύριων στελεχών 80 cm και απόσταση αβαθών 20 cm.

Σχήμα 1. Σχέδιο πειράματος

Οι διαφορετικοί σχεδιασμοί του υπεδαφοκαλλιεργητή προέκυψαν είτε από τη προσθήκη αβαθών στελεχών που προηγούνταν των κύριων είτε με αύξηση της απόστασης των δευτέρων μεταξύ τους (Πίνακας 1). Στο μέσο του χειμώνα πραγματοποιήθηκαν οι κατεργασίες με τους διάφορους σχεδιασμούς του υπεδαφοκαλλιεργητή με ταυτόχρονη δυναμομέτρηση και επομένως εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών τους. Η κατεργασία με κάθε σχεδιασμό του υπεδαφοκαλλιεργητή πραγματοποιήθηκε στο ίδιο βάθος (40 cm), με την ίδια ταχύτητα καθώς και την ίδια μέρα, ώστε να υπάρχει πλήρης σύγκριση μεταξύ τους. Η σταθερότητα του βάθους κατεργασίας επιτεύχθηκε με τη χρήση τροχών εδάφους που κρατούσαν σταθερή τη θέση του υπεδαφοκαλλιεργητή. Για τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κατεργασία των πειραματικών τεμαχίων που κατεργάστηκαν με τον υπεδαφοκαλλιεργητή χρησιμοποιήθηκε γεωργικός ελκυστήρας με αισθητήρια μέτρησης των παραμέτρων λειτουργίας του [6]. Οι παράμετροι που μετρούνταν ήταν η απαιτούμενη ελκτική δύναμη για κάθε πέρασμα, η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιούνταν, το βάθος κατεργασίας και η κατανάλωση καυσίμου. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε κατεργασία σε τέσσερα πειραματικά τεμάχια με άροτρο, επίσης την ίδια μέρα και εκτιμήθηκαν επίσης οι ενεργειακές ανάγκες για την πραγματοποίηση της κατεργασίας [6]. Κατά την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου εκτιμήθηκε ο βαθμός αναμόχλευσης που επιτεύχθηκε σε όλα τα πειραματικά τεμάχια με μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση κώνου, με χρήση ηλεκτρονικού διεισδυσίμετρου [7].

Πραγματοποιούνταν είκοσι μετρήσεις αντίστασης στη διείσδυση σε κάθε πειραματικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε με κάθε εναλλακτικό σχεδιασμό του υπεδαφοκαλλιεργητή και άροτρο από τις οποίες χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος. Την Άνοιξη πραγματοποιήθηκε σε όλα τα τεμάχια προετοιμασία της σποροκλίνης με περιστροφικό καλλιεργητή και ακολούθησε η σπορά του βαμβακιού. Στη συνέχεια και για όλη την καλλιεργητική περίοδο οι υπόλοιπες εισροές (λίπανση, ζιζανιοκτονία, άρδευση) ήταν ίδιες, σε όλα τα πειραματικά τεμάχια ώστε τα αποτελέσματα της καλλιέργειας να είναι συγκρίσιμα.

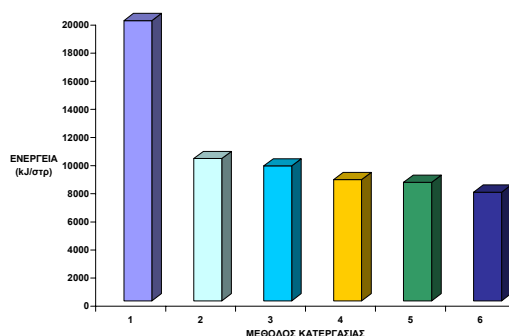
Πίνακας 1. Μέθοδοι κατεργασίας των πειραματικών τεμαχίων.

	Μέθοδος κατεργασίας	Απόσταση κύριων στελεχών (cm)	Απόσταση αβαθών στελεχών μεταξύ τους (cm)
1	Άροτρο	-	-
2	Υπεδαφοκαλλιεργητής	60	(χωρίς στελέχη)
3	Υπεδαφοκαλλιεργητής	60	40
4	Υπεδαφοκαλλιεργητής	60	20
5	Υπεδαφοκαλλιεργητής	80	40
6	Υπεδαφοκαλλιεργητής	80	20

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της προόδου του φυτρώματος των φυτών βαμβακιού καθώς και της ανάπτυξής τους σε όλη την καλλιεργητική περίοδο (ύψος φυτών) καθώς και η τελική απόδοσή τους. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν σε οριοθετημένα τμήματα (2 m) στις δύο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις του βαθμού ανάπτυξης των ζιζανίων στην αρχή και στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

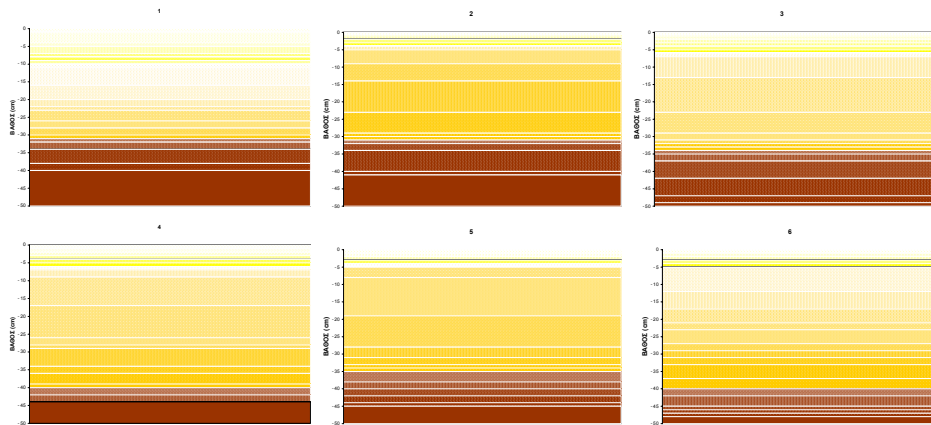
Η ενέργεια που καταναλώθηκε για κάθε μέθοδο κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκε (1-6) ήταν αντίστοιχα: 19930 kJ/στρέμμα, 10120 kJ/στρέμμα, 9593 kJ/στρέμμα, 8614 kJ/στρέμμα, 8425 kJ/στρέμμα, 7730 kJ/στρέμμα, (Γράφημα 1).



Γράφημα 1. Κατανάλωση ενέργειας για κάθε μέθοδο κατεργασίας.

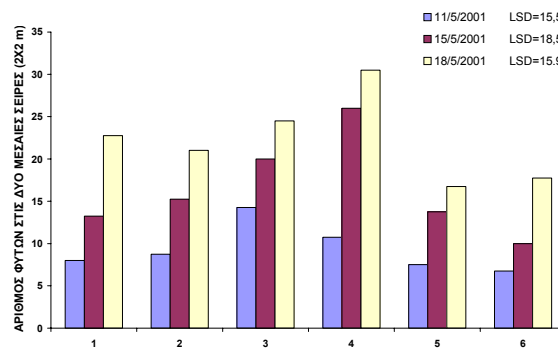
Παρατηρείται μια σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας (50 %) για την κατεργασία του εδάφους όταν χρησιμοποιείται ο υπεδαφοκαλλιεργητής, σε οποιαδήποτε μορφή του, σε σχέση με το άροτρο. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η διαφορά αυτή είναι στατιστικώς σημαντική. Επίσης η χρήση αβαθών στελεχών μειώνει την κατανάλωση ενέργειας σε σημαντικό βαθμό (5-15 %), ανάλογα και με την απόσταση των αβαθών στελεχών μεταξύ τους, σε σχέση με τη μέθοδο κατεργασίας στην οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικά στελέχη. Οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές. Τέλος η αύξηση της απόστασης των κύριων στελεχών μείωσε σε μεγαλύτερο βαθμό την καταναλισκόμενη ενέργεια (10%), διαφορά που ήταν στατιστικώς σημαντική.

Στη συνέχεια, όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του βαθμού αναμόχλευσης που επιτεύχθηκε στο έδαφος με κάθε μέθοδο κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκε. Οι πραγματοποιηθείσες μετρήσεις έδειξαν πως στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε άροτρο επιτεύχθηκε καλύτερη αναμόχλευση του εδάφους όπως και όταν χρησιμοποιήθηκαν αβαθή στελέχη στους σχεδιασμούς του υπεδαφοκαλλιεργητή. Επίσης η μείωση της απόστασης των αβαθών στελεχών μεταξύ τους οδήγησε σε καλύτερη αναμόχλευση ενώ η αύξηση της απόστασης των κύριων στελεχών δεν είχε σημαντικό αποτέλεσμα στο βαθμό αναμόχλευσης (Γράφημα 2).



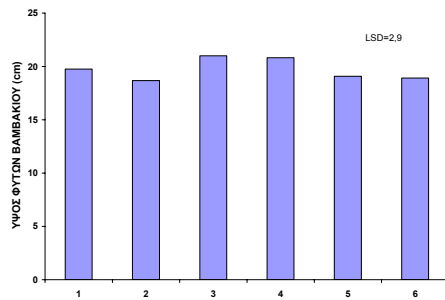
Γράφημα 2. Βαθμός αναμόχλευσης του εδάφους για κάθε μέθοδο κατεργασίας. Οι ζώνες του εδάφους είναι χωρισμένες ανάλογα με την αντίσταση στη διεύθυνση που παρουσιάζουν ανά 100 kPa.

Ακολούθησε η προετοιμασία της σποροκλίνης και στη συνέχεια η σπορά του βαμβακιού στα πειραματικά τεμάχια. Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις της προόδου φυτρώματος ανά μία εβδομάδα (Γράφημα 3) οι οποίες δεν έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών τεμαχίων.

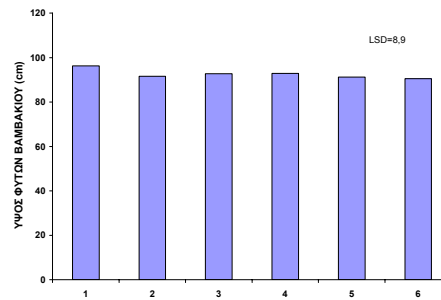


Γράφημα 3. Πρόοδος φυτρώματος φυτών βαμβακιού.

Στο μέσο της καλλιεργητικής περιόδου και όταν πλέον είχαν φυτρώσει όλα τα φυτά του βαμβακιού και είχαν αρχίσει να αναπτύσσονται κανονικά πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ανάπτυξής τους (Γράφημα 4). Η ίδια μέτρηση επαναλήφθηκε και ένα μήνα αργότερα (Γράφημα 5). Η ανάπτυξη των φυτών βαμβακιού δεν παρουσίαζε σε καμία μέτρηση στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν.

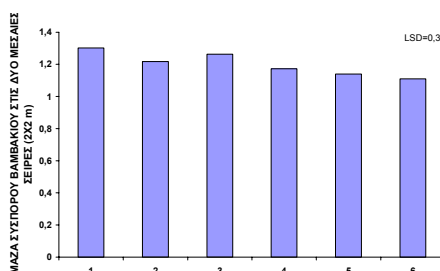


Γράφημα 4. Ανάπτυξη φυτών βαμβακιού.



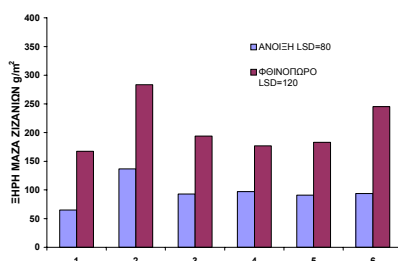
Γράφημα 5. Ανάπτυξη φυτών βαμβακιού.

Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή του βαμβακιού στα ίδια τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν σε όλη την καλλιεργητική περίοδο οι διάφορες μετρήσεις. Οι διαφορές που προέκυψαν μεταξύ των διαφόρων μεθόδων κατεργασίας δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές (Γράφημα 6).



Γράφημα 6. Συγκομιδή βαμβακιού.

Οι μετρήσεις του βαθμού ελέγχου της εμφάνισης και ανάπτυξης των ζιζανίων που πραγματοποιήθηκαν στο τέλος της άνοιξης και στο τέλος καλοκαιριού έδειξαν πως στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το άροτρο επιτεύχθηκε καλύτερος έλεγχος των ζιζανίων όπως και όταν χρησιμοποιήθηκαν αβαθή στελέχη. Η μείωση της απόστασης των αβαθών στελεχών όπως και η αύξηση της απόστασης των κύριων δεν έδειξαν να επηρεάζουν σημαντικά την εμφάνιση και ανάπτυξη των ζιζανίων. Ωστόσο σε καμία περίπτωση οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές (Γράφημα 7).



Γράφημα 7. Ξηρή μάζα ζιζανίων για κάθε μέθοδο κατεργασίας

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η αντικατάσταση του αρότρου από ένα υπεδαφοκαλλιεργητή, με οποιαδήποτε μορφή του, για την πραγματοποίηση της πρωτογενούς κατεργασίας του εδάφους μπορεί να μειώσει στο μισό την κατανάλωση της ενέργειας.
2. Δεν επηρεάζεται σημαντικά η ανάπτυξη καθώς και η απόδοση της καλλιέργειας.
3. Δεν επηρεάζεται σημαντικά η εμφάνιση καθώς και η ανάπτυξη των ζιζανίων που μπορεί να δράσουν ανταγωνιστικά στην καλλιέργεια.
4. Η εύρεση του κατάλληλου σχεδιασμού του υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να μειώσει σε μεγαλύτερο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού αλλά ούτε και η

εμφάνιση και ανάπτυξη των ζιζανίων. Οι πραγματοποιηθείσες μετρήσεις έδειξαν πως η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- Αυξάνοντας την απόσταση των κύριων στελεχών από τα 60 στα 80 cm.
- Τοποθετώντας και δεύτερη σειρά αβαθών στελεχών ώστε να μειωθεί η μεταξύ τους απόσταση από τα 40 στα 20 cm.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gemtos T.A, Galanopoulou St. and Kavalaris Chr. 1998. Wheat establishment after cotton with minimal tillage. *European Journal of Agronomy* 8 137-147.
2. Hernanz J.L., Giron V.S. and Cerisola C. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research* 35 183 – 198.
3. Smart J. R., Bradford J. M., and Makus D. J.. 1996. Weed management in conservation tillage cotton. *Proc. Beltwide Cotton Conf.* 2. 1550-1556.
4. Spoor G. and Godwin R.J 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. *Journal of Agricultural Engineering Research* 23 1-16.
5. Papathanassiou I., Kavalaris Chr., Karamoutis Chr. and Gemtos T.A. 2000 "Redesign of a heavy cultivator to optimize field work". 2nd National Conference of Agricultural Engineering, Volos, 28-30 September, Proceedings 489-496. (In Greek).
6. Papathanassiou I., Kavalaris Ch., Karamoutis Ch. and Gemtos T.A. 2002 "Design, Construction and Testing of an Instrumented Tractor to Measure Forces on Agricultural Implements and Energy Consumption during field work". 1st conference of Hellenic Association of ICT in Agriculture, Food and Environment Athens 6-7 June, Proceedings 144-153.
7. ASAE Standards 2002. Soil cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers 861-862.

ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΝΙΩΝ ΓΙΑ ΑΒΑΘΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Θ.Α. Γέμτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Φυτόκο, 38446 Ν.Ιωνία Μαγνησίας. E-mail ipathan@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ενός υπεδαφοκαλλιεργητή. Τοποθετήθηκαν αβαθή στελέχη, σε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με τα κύρια αλλά και μεταξύ τους. Οι δοκιμές έδειξαν ότι η κατανάλωση ενέργειας για την κατεργασία είναι μικρότερη, μέχρι και 15%, όταν τα αβαθή στελέχη τοποθετήθηκαν σε απόσταση 46 ως 60 cm μπροστά από τα κύρια, όπως επίσης και όταν τοποθετήθηκαν σε βάθος 15 cm. Περαιτέρω μείωση (κατά 10%) σημειώθηκε όταν μειώθηκε η μεταξύ των βοηθητικών στελεχών απόσταση με την προσθήκη και δεύτερης σειράς. Η ποιότητα αναμόχλευσης δεν επηρεάστηκε σημαντικά στις δύο πρώτες περιπτώσεις, ενώ βελτιώθηκε στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους, στην τρίτη περίπτωση.

Λέξεις κλειδιά: Υπεδαφοκαλλιεργητής, βοηθητικά στελέχη, κατανάλωση ενέργειας, ποιότητα αναμόχλευσης

USE OF SHALLOW TINES TO MINIMIZE THE ENERGY CONSUMPTION OF A SUBSOILER

I. Papathanassiou, Chr. Karamoutis, Chr. Kavalakis, T.A.Gemtos

University of Thessaly, School of Agricultural sciences, Lab. of Farm Mechanization, Fytoko, 38446 N. Ionia Magnisias. E-mail ipathan@agr.uth.gr

ABSTRACT

The aim of this work was the minimization of energy consumption of a subsoiler. Shallower assistant tines were put in different positions relevantly to main tines as well and between them. Conducted tests showed that soil cultivation required less energy consumption in case assistant tines were 46-60 cm in front of main tines, as well as their working depth was 15 cm (up to 15%). Furthermore, by decreasing assistant tines spacing, energy consumption was decreased (up to 10%). In first two cases there were no influence to cultivation quality but better cultivation to deeper layers of soil observed in last case.

Key words: Subsoiler, assistant tines, energy consumption, cultivation quality.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της σύγχρονης γεωργίας είναι η πλήρης αξιοποίηση των καλλιεργειών, με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των εισροών, ώστε να περιοριστεί το κόστος παραγωγής των προϊόντων και να προστατευθεί σε μεγαλύτερο βαθμό το περιβάλλον. Περιορίζοντας την ενέργεια που καταναλώνεται στη γεωργία επιτυγχάνονται σε μεγάλο βαθμό οι παραπάνω στόχοι. Μεγάλα ποσά ενέργειας που απαιτούνται κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου καταναλώνονται στο στάδιο της προετοιμασίας του εδάφους στο οποίο θα εγκατασταθεί η καλλιέργεια. Οι συνήθεις μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη γεωργική πράξη είναι η πρωτογενής κατεργασία του εδάφους με άροση και στη συνέχεια η προετοιμασία της σποροκλίνης, διαδικασία που απαιτεί σημαντικά ποσά ενέργειας για να πραγματοποιηθεί και επομένως είναι σημαντικό να περιοριστεί. Η τάση της σύγχρονης γεωργίας είναι η αντικατάσταση της παραδοσιακής μεθόδου προετοιμασίας του εδάφους με άλλες λιγότερο απαιτητικές σε ενέργεια ή και πλήρης ακαλλιέργεια του εδάφους [1]. Η χρήση ενός υπεδαφοκαλλιεργητή είναι δυνατόν να μειώσει την ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία του εδάφους [2]. Η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η ποιότητα εργασίας των υπεδαφοκαλλιεργητών επηρεάζεται σημαντικά από το σχεδιασμό τους. Περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με απλό επανασχεδιασμό των τμημάτων από τα οποία αποτελούνται ή με προσθήκη και άλλων. Η προσθήκη αβαθών βοηθητικών στελεχών που προηγούνται των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 15% καθώς και σε ποιοτικότερη αναμόχλευση του εδάφους [3], [4].

Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν η εύρεση της κατάλληλης απόστασης των αβαθών βοηθητικών στελεχών, από τα κύρια στελέχη του υπεδαφοκαλλιεργητή καθώς και το κατάλληλο βάθος των αβαθών στελεχών. Στη συνέχεια και αφού διαπιστώθηκε η ιδανικότερη απόσταση και βάθος των βοηθητικών στελεχών διερευνήθηκε η απόσταση μεταξύ των αβαθών στελεχών με τη προσθήκη και δεύτερης σειράς ώστε να διαπιστωθεί ο σχεδιασμός του υπεδαφοκαλλιεργητή με τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση καθώς και την καλύτερη προσφερόμενη ποιότητα αναμόχλευσης του εδάφους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι δοκιμές διάφορων σχεδιασμών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή. Η δοκιμή κάθε εναλλακτικού σχεδιασμού περιελάμβανε δυναμομέτρηση και επομένως εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών, κατά τη στιγμή της πραγματοποίησης της κατεργασίας καθώς και εκτίμηση της ποιότητας αναμόχλευσης που επιτυγχάνονταν στο έδαφος με μέτρηση του βαθμού συμπίεσης που παρουσιάζονταν μετά την

κατεργασία. Κάθε δοκιμή επαναλαμβάνονταν τρεις φορές ενώ όλες πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο έδαφος (Πίνακας 1) και την ίδια εποχή ώστε τα αποτελέσματα να είναι άμεσα συγκρίσιμα. Η διαμόρφωση των κύριων στελεχών του υπεδαφοκαλλιεργητή παρέμενε σταθερή (Αριθμός κύριων στελεχών 3, απόσταση μεταξύ τους 60 cm και βάθος κατεργασίας 40 cm) όπως σταθερή ήταν και η ταχύτητα σε όλες τις δοκιμές (0,95-1 m/s). Η σταθερότητα του βάθους κατεργασίας επιτεύχθηκε με τη χρήση τροχών εδάφους που κρατούσαν σταθερή τη θέση του υπεδαφοκαλλιεργητή. Για τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας κάθε διαδρομής του υπεδαφοκαλλιεργητή χρησιμοποιήθηκε γεωργικός ελκυστήρας με αισθητήρια μέτρησης των παραμέτρων λειτουργίας του [5]. Οι παράμετροι που μετρούνταν ήταν η απαιτούμενη ελκτική δύναμη για κάθε πέρασμα, η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιούνταν, το βάθος κατεργασίας και η κατανάλωση καυσίμου. Η εκτίμηση της χαλάρωσης που παρουσίαζε το έδαφος μετά την κατεργασία, πραγματοποιήθηκε με μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση κώνου, με χρήση ηλεκτρονικού διεισδυσίμετρου [6]. Με τη χρήση μιας πλάκας, πλάτους 120 cm, που τοποθετούνταν στο κατεργασμένο έδαφος και έφερε οπές ανά 10 cm εξασφαλίστηκε η ίδια θέση και βάθος πραγματοποίησης των μετρήσεων. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εκατέρωθεν του μεσαίου στελέχους του υπεδαφοκαλλιεργητή.

Πίνακας 1. Ιδιότητες εδάφους στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές.

Άμμος (%)	25
Ψύς (%)	36
Αργίλλος (%)	39
Υγρασία (% κ.β.)	19

Οι εναλλακτικοί σχεδιασμοί που δοκιμάστηκαν προέκυψαν από τη τοποθέτηση των βοηθητικών στελεχών σε διάφορες θέσεις σε σχέση με τα κύρια στελέχη. Αρχικά δοκιμάστηκε ο υπεδαφοκαλλιεργητής χωρίς την προσθήκη βοηθητικών στελεχών, ώστε να διερευνηθεί η ευνοϊκή επίδραση των βοηθητικών στελεχών σε κάθε περίπτωση. Ακολούθησε δοκιμή της επίδρασης μιας σειράς βοηθητικών στελεχών σε έξι διαφορετικές αποστάσεις από τα κύρια, σε τρία διαφορετικά βάθη κατεργασίας αυτών (αποστάσεις 40 40,6 53 59,5 66, 72,5 cm και βάθη 10, 15, 20 cm) . Στη συνέχεια και αφού προσδιορίστηκε η κατάλληλη απόσταση της πρώτης σειράς βοηθητικών στελεχών από τα κύρια, προστέθηκε και δεύτερη σειρά με βοηθητικά στελέχη με αποτέλεσμα να μειωθεί η απόσταση μεταξύ των βοηθητικών στελεχών. Η δεύτερη σειρά τοποθετήθηκε σε τέτοια απόσταση από την πρώτη ώστε να μη παρεμποδίζεται η εργασία τους (40 cm μεταξύ των σειρών και ταυτόχρονα στα κενά της πρώτης σειράς ώστε να επιτευχθεί η μείωση της απόστασής τους). Για την προσαρμογή των βοηθητικών στελεχών χρησιμοποιήθηκε ειδικό πλαίσιο που προηγούνταν του υπεδαφοκαλλιεργητή. Το πλαίσιο ήταν με τέτοιο τρόπο κατασκευασμένο ώστε

να δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής των βοηθητικών στελεχών σε διάφορες θέσεις. Το σύνολο των εναλλακτικών σχεδιασμών που δοκιμάστηκαν απεικονίζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Εναλλακτικοί σχεδιασμοί του υπεδαφοκαλλιεργητή.

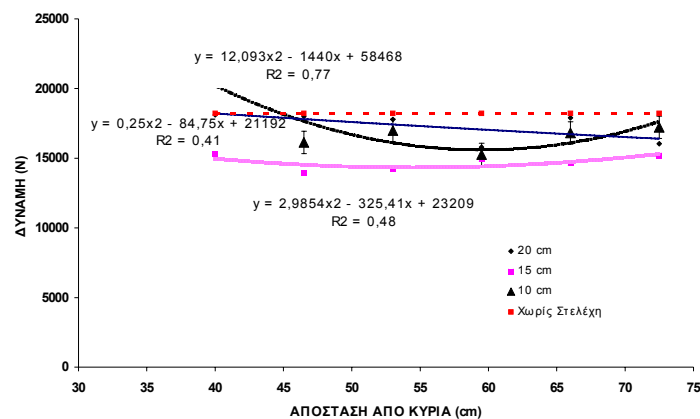
Σχεδιασμοί	Βάθος εργασίας και απόσταση βοηθητικών στελεχών μεταξύ τους (cm)	Απόσταση πρώτης σειράς βοηθητικών στελεχών από κύρια (cm)
0 *	-	-
1-6	10 και 40	40 46,5 53 59,5 66 72,5
7-12	15 και 40	40 46,5 53 59,5 66 72,5
13-18	20 και 40	40 46,5 53 59,5 66 72,5
19**	15 και 20	46,5

* Δοκιμή υπεδαφοκαλλιεργητή χωρίς βοηθητικά στελέχη.

** Προσθήκη δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών σε απόσταση 40 cm από την πρώτη.

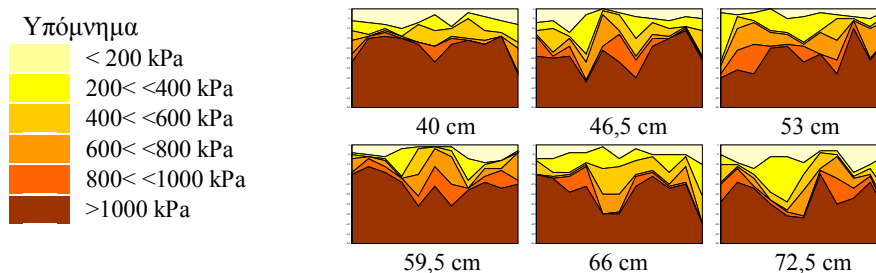
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πρώτη δοκιμή πραγματοποιήθηκε με τον υπεδαφοκαλλιεργητή χωρίς βοηθητικά στελέχη. Η οριζόντια ελκτική δύναμη που απαιτήθηκε ήταν 18216 N. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε μία σειρά βοηθητικών στελεχών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να κατεργάζονται το έδαφος σε βάθος 10 cm (Σχεδιασμοί 1-6). Οι οριζόντιες ελκτικές δυνάμεις που απαιτήθηκαν για κάθε σχεδιασμό (1-6) ήταν αντίστοιχα 20899 N, 16137 N, 16989 N, 15267 N, 16813 N, 17218 N (Γράφημα 1).



Γράφημα 1. Απαιτούμενες δυνάμεις για την κατεργασία του εδάφους σε σχέση με την απόσταση βοηθητικών και κύριων στελεχών.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι στο εύρος 46,5-72,5 cm απόστασης των βοηθητικών στελεχών από τα κύρια παρατηρήθηκε μείωση των δυνάμεων σε σχέση με την απόσταση των 40 cm ωστόσο οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές μεταξύ των αποστάσεων. Η χρήση των βοηθητικών στελεχών φάνηκε πως ήταν ευνοϊκή σε όλες τις περιπτώσεις με εξαίρεση την απόσταση των 40 cm των βοηθητικών από τα κύρια στελέχη, όπου παρεμποδίζονταν η εργασία των δευτέρων με αποτέλεσμα να υπάρξει αύξηση των δυνάμεων. Οι μετρήσεις της ποιότητας αναμόχλευσης δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών αποστάσεων βοηθητικών και κύριων στελεχών (Γράφημα 2).

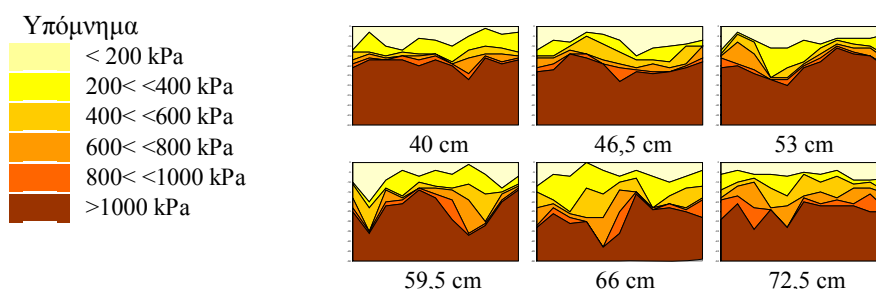


Γράφημα 2. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία σε σχέση με την απόσταση βοηθητικών-κύριων στελεχών (βάθος βοηθητικών στελεχών 10 cm).

Στο γράφημα απεικονίζεται προφίλ εδάφους που εκτείνεται 60 cm εκατέρωθεν του μεσαίου κύριου στελέχους (Μέχρι τα ίχνη των δύο ακραίων κύριων στελεχών).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέχρι βάθους 50 cm

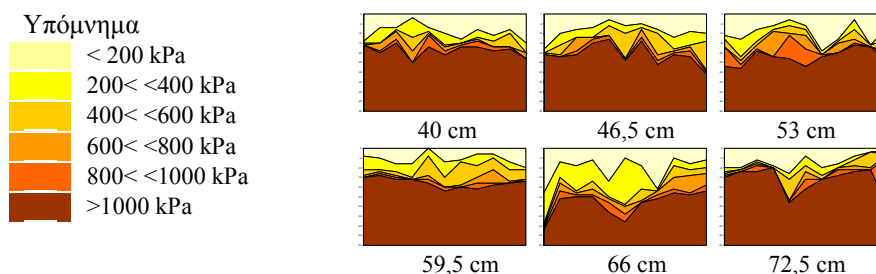
Στη συνέχεια αυξήθηκε το βάθος των βοηθητικών στελεχών και ρυθμίστηκε έτσι ώστε να κατεργάζονται το έδαφος σε βάθος 15 cm (σχεδιασμοί 7-12) και πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες δοκιμές στις ίδιες αποστάσεις βοηθητικών και κύριων στελεχών. Οι δυνάμεις που απαιτήθηκαν ήταν αντίστοιχα για κάθε σχεδιασμό (7-12) 15291 N, 13954 N, 14251 N, 14947 N, 14660 N, 15203 N. (Γράφημα 1). Οι μετρήσεις επιβεβαίωσαν το συμπέρασμα των προηγούμενων δοκιμών ότι στο εύρος 46,5-72,5 cm απόστασης των βοηθητικών στελεχών από τα κύρια παρατηρήθηκε μείωση των δυνάμεων σε σχέση με την απόσταση των 40 cm ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές μεταξύ των αποστάσεων. Οι μετρήσεις της ποιότητας αναμόχλευσης δεν έδειξαν επίσης στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών αποστάσεων βοηθητικών και κύριων στελεχών (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία σε σχέση με την απόσταση βοηθητικών-κύριων στελεχών (βάθος βοηθητικών στελεχών 15 cm).

Στο γράφημα απεικονίζεται προφίλ εδάφους που εκτείνεται 60 cm εκατέρωθεν του μεσαίου κύριου στελέχους (Μέχρι τα ίχνη των δύο ακραίων κύριων στελεχών)
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέχρι βάθους 50 cm

Τέλος αυξήθηκε το βάθος των βοηθητικών στελεχών στα 20 cm (σχεδιασμοί 13-18) και πραγματοποιήθηκαν και εδώ οι ίδιες δοκιμές στις ίδιες αποστάσεις βοηθητικών και κύριων στελεχών. Οι δυνάμεις που απαιτήθηκαν ήταν αντίστοιχα για κάθε σχεδιασμό (13-18) 18119 N, 17997 N, 17787 N, 15786 N, 17900 N, 16041 N. (Γράφημα 1). Οι μετρήσεις επιβεβαίωσαν το συμπέρασμα όλων των προηγούμενων δοκιμών ότι στο εύρος 46,5-72,5 cm απόστασης των βοηθητικών στελεχών από τα κύρια παρατηρήθηκε μείωση των δυνάμεων σε σχέση με την απόσταση των 40 cm ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές μεταξύ των αποστάσεων. Τέλος οι μετρήσεις της ποιότητας αναμόχλευσης δεν έδειξαν και σε αυτή την περίπτωση σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών αποστάσεων βοηθητικών και κύριων στελεχών (Γράφημα 4).



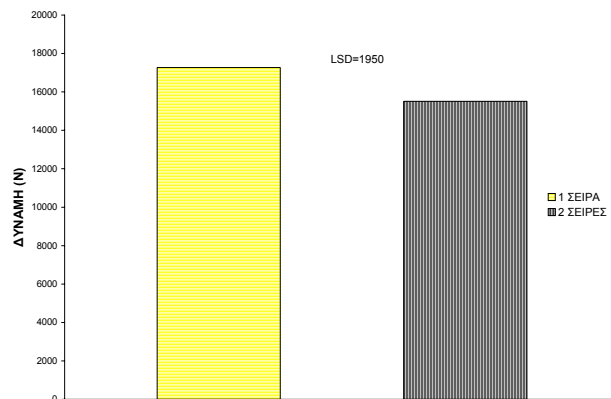
Γράφημα 4. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία σε σχέση με την απόσταση βοηθητικών-κύριων στελεχών (βάθος βοηθητικών στελεχών 20 cm).

Στο γράφημα απεικονίζεται προφίλ εδάφους που εκτείνεται 60 cm εκατέρωθεν του μεσαίου κύριου στελέχους (Μέχρι τα ίχνη των δύο ακραίων κύριων στελεχών)
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέχρι βάθους 50 cm

Η χρήση των βοηθητικών στελεχών φάνηκε πως ήταν ευνοϊκή σε όλες τις περιπτώσεις με εξαίρεση την απόσταση των βοηθητικών στελεχών από τα κύρια των 40 cm (σε όλα τα βάθη κατεργασίας των βοηθητικών στελεχών που δοκιμάστηκαν), όπου παρεμποδίζονταν η εργασία των δεύτερων με αποτέλεσμα να υπάρξει αύξηση των δυνάμεων σε όλες τις περιπτώσεις. Η δύναμη που

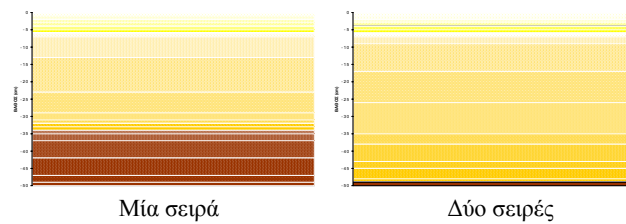
απαιτείται για την κατεργασία σχετίζεται με την απόσταση των βοηθητικών από τα κύρια στελέχη και φαίνεται πως ακολουθεί μια εξίσωση δευτέρου βαθμού για όλα τα βάθη που δοκιμάστηκαν (Γράφημα 1). Επίσης φάνηκε πως το ευνοϊκότερο βάθος κατεργασίας των βοηθητικών στελεχών είναι τα 15 cm γιατί απαιτήθηκαν οι μικρότερες δυνάμεις (στατιστικώς σημαντικές διαφορές), χωρίς να υπάρξει δυσμενής επίδραση στην ποιότητα αναμόχλευσης.

Η ευνοϊκή επίδραση της χρήσης των βοηθητικών στελεχών σε ένα υπεδαφοκαλλιεργητή καθώς και η εύρεση της κατάλληλης απόστασης αυτών από τα κύρια οδήγησε στη προσθήκη και δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών ώστε να μειωθεί η μεταξύ τους απόσταση. Το βάθος κατεργασίας των βοηθητικών στελεχών και των δύο σειρών ρυθμίστηκε στα 15 cm, σύμφωνα με τις προηγούμενες δοκιμές. Έτσι δοκιμάστηκε ο τελευταίος σχεδιασμός (19) σε σύγκριση με το σχεδιασμό 2, σε ένα έδαφος παρόμοιων ιδιοτήτων με αυτό στο οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι προηγούμενες δοκιμές. Η απόσταση των βοηθητικών στελεχών ήταν 20 cm μεταξύ τους (από 40 cm που ήταν σε όλες τις προηγούμενες δοκιμές). Η απόσταση των δύο σειρών των βοηθητικών στελεχών ήταν 40 cm ώστε να μην παρεμποδίζονται μεταξύ τους ενώ η πρώτη σειρά απείχε από τα κύρια στελέχη 46,5 cm (σύμφωνα με τα παραπάνω), ώστε να εξασφαλιστεί το μικρότερο δυνατό μέγεθος της συνολικής διάταξης. Οι δοκιμές έδειξαν ότι υπάρχει μια περαιτέρω μείωση των απαιτούμενων δυνάμεων κατά 10% περίπου (στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές). Οι απαιτούμενες δυνάμεις για τους σχεδιασμούς 2,19 αντίστοιχα ήταν 17268 N, 15506 N (Γράφημα 5).



Γράφημα 5. Σύγκριση απαιτούμενων δυνάμεων με μία και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών προσαρμοσμένων στον υπεδαφοκαλλιεργητή.

Η χρήση και δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών είχε ελαφρώς ευνοϊκότερη επίδραση στην αναμόχλευση του εδάφους. Η σύγκριση της ποιότητας αναμόχλευσης, μετά την κατεργασία, στις δύο περιπτώσεις έδειξε πως όταν χρησιμοποιούνται δύο σειρές βοηθητικών στελεχών υπάρχει μια ελαφρώς καλύτερη αναμόχλευση στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους (Γράφημα 6).



Γράφημα 6. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία στην περίπτωση χρήσης μιας και δύο σειρών βοηθητικών στελεχών.

Σημείωση: Οι ζώνες που εμφανίζονται είναι χωρισμένες ανά 100 kPa και προέκυψαν από το μέσο όρο όλων των μετρήσεων στη ζώνη κατεργασίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η προσθήκη βοηθητικών στελεχών σε ένα υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να μειώσει τις δυνάμεις που απαιτούνται για την κατεργασία του εδάφους μέχρι και 15 % ενώ δεν επηρεάζει την ποιότητα αναμόχλευσης αρκεί να τηρηθούν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Απόσταση από τα κύρια στελέχη μεγαλύτερη των 45.
- Βάθος εργασίας των βοηθητικών στελεχών 15 cm.

2. Παράλληλα η προσθήκη και δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών μπορεί να μειώσει σε μεγαλύτερο βαθμό τις δυνάμεις που απαιτούνται για την κατεργασία (10 %) ενώ προσφέρει καλύτερη αναμόχλευση στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gemtos T.A, Galanopoulou ST. and Kavalaris Chr. 1998. Wheat establishment after cotton with minimal tillage. European Journal of Agronomy 8 137-147.
2. Hernanz J.L., Giron V.S. and Cerisola C. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. Soil & Tillage Research 35 183 – 198.
3. Spoor G. and Godwin R.J. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering Research 23 1-16.
4. Papathanassiou I., Kavalaris Chr., Karamoutis Chr. and Gemtos T.A. 2000 "Redesign of a heavy cultivator to optimize field work". 2nd National Conference of Agricultural Engineering, Volos, 28-30 September, Proceedings 489-496. (In Greek).
5. Papathanassiou I., Kavalaris Ch., Karamoutis Ch. and Gemtos T.A. 2002 "Design, Construction and Testing of an Instrumented Tractor to Measure Forces on Agricultural Implements and Energy Consumption during field work". 1st conference of Hellenic Association of ICT in Agriculture, Food and Environment Athens 6-7 June, Proceedings 144-153.
6. ASAE Standards 2002. Soil cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers 861-862.

ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Σπύρος Φουντάς¹, Θεοφάνης Γέμτος², Simon Blackmore¹

¹ Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Γεωργικών Τεχνολογιών
Βασιλικό Κτηνιατρικό και Γεωργικό Πανεπιστήμιο, Κοπεγχάγη, Δανία. e-mail: spf@kvl.dk

² Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή
Γεωπονικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος e-mail: gemtos@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τις προδιαγραφές ενός συστήματος λειτουργίας αυτοκινούμενων οχημάτων εφαρμόσιμο στη γεωργία. Τα οχήματα αυτά θα πρέπει να είναι μικρού μεγέθους και βάρους και να επιδεικνύουν ευφυή συμπεριφορά. Να έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας τόσο με παρελκόμενα όσο και μεταξύ τους, και να επικοινωνούν με τον υπολογιστή του αγροκτήματος για παρακολούθηση και έλεγχο της συμπεριφοράς, και το σπουδαιότερο επίσης να έχουν ασφαλή λειτουργία και ακριβή εκτέλεση εργασιών.

Λέξεις κλειδιά: αυτοκινούμενα μηχανήματα, ρομποτική, τεχνική νοημοσύνη, γεωργικά μηχανήματα

AUTONOMOUS VEHICLES IN AGRICULTURE

Spyros Fountas¹, Theofanis Gemtos², Simon Blackmore¹

¹ Department of Agricultural Sciences, Section of AgroTechnology
The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark

² Department of Crop Sciences, School of Agriculture
University of Thessaly, Volos

ABSTRACT

This paper describes the specification requirements for operating autonomous vehicles in agriculture. The vehicles should be of small size and have intelligent behaviour. They should communicate with other agents and with their implements and give continuous signals to the farm office computer in order to control the performance. The most important would be to operate safely and carry out precise operations

Keywords: autonomous vehicles, robots, artificial intelligence, agricultural machinery

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία της πληροφορικής, έχει προσδώσει στη γεωργία μία καινοτόμο διάσταση. Με την εφαρμογή των γεωγραφικών συστημάτων πληροφορικής (GIS), του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού (GPS) και ενός ευρέως φάσματος αισθητήρων, η διαχείριση της παραγωγής μπορεί να επιτευχθεί με τις αρχές της γεωργίας ακριβείας (Precision Agriculture). Η γεωργία ακριβείας είναι ένα σύνολο καλλιεργητικών μεθόδων, το οποίο χρησιμοποιεί GIS, GPS και διαχείριση συστημάτων πληροφορικής, με τη βοήθεια αισθητήρων και συστημάτων ελέγχου (controllers) για να μειώσει τη διαχείριση της καλλιέργειας από επίπεδο αγροτεμαχίου σε μικρές ζώνες γης με κοινά χαρακτηριστικά (management zones). Η επέκταση της γεωργίας ακριβείας είναι η διαχείριση μεμονωμένων φυτών (phytototechnology), η αρχική ιδέα της οποίας ξεκίνησε από την Ιαπωνία και αφορά φυτά υψηλής αξίας. Για την εφαρμογή των νέων αυτών μορφών διαχείρισης της παραγωγής, τα αυτοκινούμενα οχήματα μπορούν να συνεισφέρουν ώστε να καταστεί εφικτή μία ακριβέστερη προσέγγιση των φυτών. Επιπλέον τα οχήματα αυτά μπορούν να βοηθήσουν στην εκτέλεση πολύπλοκων και επαναλαμβανόμενων εργασιών, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών.

Αυτοκινούμενα οχήματα έχουν κάνει την εμφάνισή τους εδώ και πολλά χρόνια. Με την εφαρμογή όμως του GPS έχουν αποκτήσει μία άλλη ώθηση. Στην γεωργία το ενδιαφέρον για τα αυτοκινούμενα οχήματα είναι σχετικά πρόσφατο, κυρίως λόγω του ενδιαφέροντος από τις κατασκευάστριες εταιρίες γεωργικών μηχανημάτων (κυρίως John Deere και CNH). Στην Ιαπωνία λόγω του μειωμένου ενδιαφέροντος από τους νέους στο να απασχοληθούν με τη γεωργία (μέσος όρος Ιαπώνων γεωργών: 63 χρόνων) έχουν δώσει μεγάλη βαρύτητα στην ενσωμάτωση τεχνολογιών υψηλής τεχνολογίας για να γίνει πιο ελκυστική από τους νέους που θα ασχοληθούν με τη γεωργία με αποτέλεσμα να υπάρχουν μέχρι τώρα πολλές εφαρμογές αυτοκινούμενων οχημάτων από τα Ιαπωνικά Πανεπιστήμια. Ο Torii Toru [4] περιγράφει τα ερευνητικά προγράμματα που έχουν διεξαχθεί στην Ιαπωνία στο χώρο των αυτοκινούμενων οχημάτων, όπου για παράδειγμα το 1998, 24 προγράμματα παρουσιάστηκαν στην ετήσια συνάντηση γεωργικών μηχανικών

Ο Jahns [4] δίνει μία συνοπτική ανασκόπηση για αυτοκινούμενα μηχανήματα και εκτός των άλλων αναφέρει πως η γεωργία επωφελείται από τις εξελίξεις και επιτεύγματα στον τομέα της υψηλής τεχνολογίας από άλλους τομείς όπως αυτούς της αεροναυπηγικής και των multimedia, όπου η χρηματοδότηση είναι πιο ισχυρή λόγω μεγαλύτερων αναγκών. Ο ίδιος ο συγγραφέας το 1983 [5] παρουσίασε μία αναφορά σε αυτόματη καθοδήγηση μηχανημάτων στη γεωργία, όπου οι βασικές ιδέες είναι παραπλήσιες. Τότε όμως οι έρευνες αναφερόντουσαν σε αυτόματη καθοδήγηση μηχανημάτων μόνο, ενώ τώρα σε πολύπλοκα αυτοκινούμενα μηχανήματα.

Οι Blackmore et al [2] αναφέρουν τις προδιαγραφές για αυτοκινούμενα οχήματα στη γεωργία. Αναφέρουν πως τα οχήματα αυτά θα πρέπει να έχουν μικρό μέγεθος, μικρό βάρος και αυτόνομη συμπεριφορά σε απρόοπτες καταστάσεις. Θα πρέπει επίσης να μπορούν να επικοινωνούν με τον υπολογιστή της γεωργικής εκμετάλλευσης, με τα διάφορα εξωτερικά τμήματα του οχήματος (παρελκόμενα ή ρομποτικούς βραχίονες) καθώς επίσης και με άλλα οχήματα που θα δουλεύουν ταυτόχρονα. Ο πιο σημαντικός παράγοντας όμως είναι αυτός της ασφάλειας και εντατική έρευνα πραγματοποιείται σ' αυτόν τον τομέα. Πρόσφατα δε, έχουμε συναντήσει αυτοκινούμενα ηλεκτρικά τρένα σε αρκετές πόλεις της Ευρώπης και των ΗΠΑ, τα οποία ωστόσο λειτουργούν σε ελεγχόμενο χώρο. Σε συνθήκες όμως εργασίας κάτω από τις οποίες εργάζεται ένα γεωργικό μηχάνημα απαιτείται να μπορεί να αντιδρά αυτόβουλα και στιγμιαία όταν συναντήσει έναν άνθρωπο ή ζώο στον αγρό.

Το λογισμικό και ο τεχνικομηχανικός εξοπλισμός για τη δημιουργία αυτών των μηχανημάτων είναι ήδη διαθέσιμα, αλλά αυτό που χρειάζεται είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα τεχνικής νοημοσύνης προσαρμοσμένο στα γεωργικά δεδομένα. Με βάση το νόμο του Moore, που είναι αποτέλεσμα παρακολούθησης της βιομηχανίας υπολογιστών, η ταχύτητα των επεξεργαστών (micro-processors) διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες και η τιμή παραμένει η ίδια. Μία εύλογη ερώτηση θα ήταν, πως ο τομέας της γεωργίας για παράδειγμα θα μπορούσε να επωφεληθεί από αυτές τις εξελίξεις. Μέχρι στιγμής, εφαρμογές, όπου οχήματα πραγματοποιούν εργασίες που έχουν εκ των προτέρων προγραμματιστεί (deterministic) είναι αρκετές. Η πρόκληση με τη βοήθεια της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας είναι να κατασκευαστούν αυτοκινούμενα οχήματα με πιο ευφυή συμπεριφορά, όπου θα είναι δυνατή η αντίδρασή τους σε μεμονωμένα ερεθίσματα που θα προέρχονται από τον περιβάλλοντα χώρο (reactive).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα πρότυπο για το συνολικό σύστημα λειτουργίας (systems architecture) αυτοκινούμενων οχημάτων στη γεωργία. Το πρότυπο αυτό έχει δημιουργηθεί με βάση της αρχές της object oriented ανάλυσης και σχεδιασμού. Ένα διάγραμμα κλάσεων (class diagram) παρουσιάζει τις βασικές κλάσεις που θα πρέπει να απαρτίζουν την τεχνική νοημοσύνη του οχήματος. Ένα διάγραμμα μεταβολής καταστάσεων (state transition diagram) παρουσιάζει τις διάφορες συμπεριφορές που το όχημα θα πρέπει να έχει για να πραγματοποιεί τις απαιτούμενες εργασίες. Τελικά, με τη βοήθεια ενός ερευνητικού αυτοκινούμενου οχήματος πραγματοποιήθηκαν πειράματα για να ελεγχθούν τμήματα του προτεινόμενου συστήματος λειτουργίας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για το σχεδιασμό λειτουργίας υψηλής τεχνητής νοημοσύνης αυτοκινούμενων οχημάτων στη γεωργία, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα UML (unified modelling language) που είναι κατάλληλη για ανάλυση και σχεδιασμό λογισμικών συστημάτων. Η γλώσσα αυτή δημιουργεί αντικειμενοστραφή (object oriented) πρότυπα. Η αντικειμενοστραφής μεθοδολογία (Object orientation) είναι η πιο σύγχρονη μορφή σχεδίασης λογισμικού και προτύπων και έχει χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό των γλωσσών προγραμματισμού C++ και Java. Τα πλεονεκτήματα είναι ο πολυμορφισμός, η σύνοψη και η αυτονομία των επιμέρους τμημάτων των συστήματος. Η αντικειμενοστραφής μέθοδος (Object orientation) καταγράφει μέρη του συστήματος ως αντικείμενα και αναλύει τα αντικείμενα αυτά ανεξάρτητα ως αυτόνομα υποσυστήματα και στη συνέχεια τα ενώνει μεταξύ τους έτσι ώστε να αποτελέσουν το σύνολο του συστήματος.

Η UML γλώσσα συμπεριλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό μοντέλων για την περιγραφή ενός συστήματος. Για την περιγραφή του συστήματος λειτουργίας αυτοκινούμενων οχημάτων χρησιμοποιήθηκε ένα διάγραμμα κλάσεων (class diagram). Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει τις κλάσεις ως σύνολα αντικειμένων με κοινή συμπεριφορά και τις ενώσεις μεταξύ των κλάσεων. Το μοντέλο εναλλαγής καταστάσεων (state-transition diagram) χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των συμπεριφορών που τα αυτοκινούμενα οχήματα θα πρέπει να έχουν. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τις διαφορετικές καταστάσεις (states) στις οποίες θα μπορεί να βρίσκεται το αυτοκινούμενο όχημα.

Ο έλεγχος της συμπεριφοράς και του γενικού συστήματος λειτουργίας επιτεύχθηκε με την βοήθεια του ερευνητικού αυτοκινούμενου οχήματος που ανήκει στο εργαστήριο Γεωργικής Τεχνολογίας του Βασιλικού Γεωργικού Πανεπιστημίου της Δανίας. Το ρομπότ αυτό ονομάζεται irobot και έχει κατασκευασθεί από επιστήμονες του Πανεπιστημίου MIT των ΗΠΑ. Το λειτουργικό του σύστημα είναι Linux και η εκτέλεση των εντολών πραγματοποιήθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού C++.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

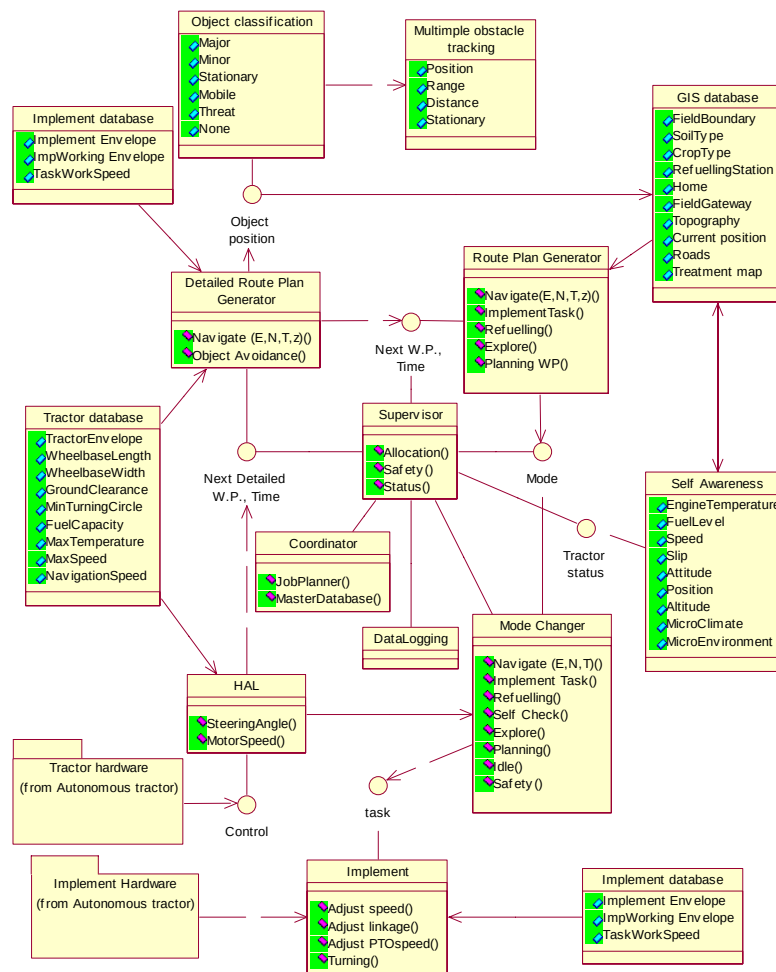
Η εργασία για την ανάπτυξη προδιαγραφών ενός αυτοκινούμενου οχήματος στη γεωργία κατέληξε στη δημιουργία ενός μοντέλου που περιγράφει το σύστημα λειτουργίας καθώς επίσης και τις συμπεριφορές τις οποίες το όχημα θα μπορεί να έχει.

Το Σχήμα 1 απεικονίζει το διάγραμμα κλάσεων για την περιγραφή του συστήματος λειτουργίας αυτοκινούμενων οχημάτων στη γεωργία. Οι κλάσεις αποτελούνται από 3 τμήματα. Το πρώτο τμήμα αναφέρει το όνομα της κλάσης, το δεύτερο τα χαρακτηριστικά (attributes) και το τρίτο τις λειτουργίες της (operations).

Το κεντρικό τμήμα είναι η κλάση “Supervisor” η οποία αποτελεί τον υπολογιστή που θα είναι ενσωματωμένος στο όχημα. Η κλάση αυτή επικοινωνεί με όλα τα επιμέρους τμήματα του συστήματος και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την κλάση “Coordinator”, η οποία αποτελεί τον υπολογιστή στο γραφείο του παραγωγού ή ερευνητή. Η κλάση “Coordinator” σχεδιάζει τις απαιτήσεις για την εκτέλεση των εργασιών και αναβαθμίζει και συμπληρώνει τις βάσεις δεδομένων GIS, παρελκομένου και ελκυστήρα που θα χρησιμοποιηθούν στην συγκεκριμένη εργασία. Το επόμενο στάδιο είναι η κλάση “Mode changer”, που αποφασίζει ποια ή ποιες συμπεριφορές θα πρέπει να εκτελεί σε κάθε φάση λειτουργίας του. Οι συμπεριφορές αυτές είναι πλοήγηση, ασφάλεια, άεργο, αυτο-έλεγχος, ανίχνευση, προγραμματισμός, εργασία παρελκομένου, διαδικασία εκκίνησης και διαδικασία τερματισμού.

Το επόμενο στάδιο είναι η κλάση “Route Plan Generator”, που προγραμματίζει την πορεία κατεύθυνσης του οχήματος με σκοπό την εκτέλεση της εργασίας. Για παράδειγμα, υποδεικνύει πιο θα είναι το σημείο εκκίνησης, πιο το σημείο τερματισμού και πια είναι η βέλτιστη δυνατή διαδρομή που θα πρέπει το όχημα να ακολουθήσει. Η αμέσως επόμενη κλάση είναι “Detailed Route Plan Generator” η οποία δέχεται τις πληροφορίες από την κλάση “Route Plan Generator” και τις τροποποιεί με βάση την ύπαρξη ή όχι εμποδίων. Οι πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη εμποδίων δίνονται από δύο κλάσεις. Η πρώτη κλάση, η παρακολούθηση πολλαπλών εμποδίων “Multiple obstacle tracking”, ανιχνεύει την ύπαρξη εμποδίων στο ευρύτερο πεδίο πλοήγησης. Η δεύτερη κλάση, η ταξινόμηση εμποδίων “Object classification” ταξινομεί τα εμπόδια σε π.χ. στάσιμα ή κινούμενα και σε διάφορες άλλες κατηγορίες που θα βοηθήσουν στην καλύτερη και ασφαλέστερη αποφυγή των εμποδίων αυτών. Τα αποτελέσματα από την κλάση “Detailed Route Plan Generator” είναι το επόμενο σημείο μετακίνησης, που εκφράζεται με τις συντεταγμένες Βορρά και Ανατολής (Northings, Eastings) καθώς επίσης και ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει στο επόμενο σημείο. Τα στοιχεία αυτά μαζί με την απαιτούμενη τροχιά (trajectory) μεταφέρονται στην κλάση “Hardware Abstraction Layer” που αποτελεί το σύστημα ελέγχου (control system) του οχήματος. Το σύστημα ελέγχου μεταφέρει τις πληροφορίες στα κινητήρια μέρη του γεωργικού εκλυστήρα με τη μορφή ταχύτητας και τροχιάς (trajectory).

Μία επίσης κλάση που λειτουργεί συνεχώς είναι ο έλεγχος κατάστασης του οχήματος και του περιβάλλοντος χώρου “Self Awareness”. Η κλάση αυτή με τη βοήθεια αισθητήρων ελέγχει την σωστή λειτουργία επιμέρους μηχανικών και ηλεκτρικών τμημάτων του οχήματος. Επίσης, ελέγχει και τον περιβάλλοντα χώρο, όπως για παράδειγμα την ταχύτητα του αέρα και την υγρασία του εδάφους για να αποφασιστεί αν ο ψεκασμός ή η μηχανική κατεργασία αντίστοιχα, είναι δυνατή ή όχι.



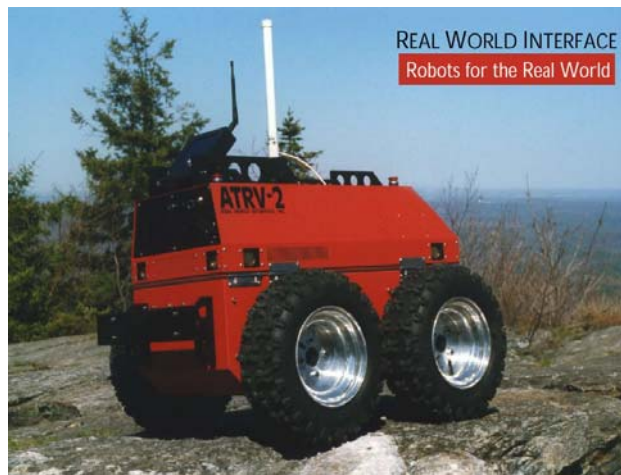
Σχήμα 1. Διάγραμμα λειτουργίας αυτοκινούμενου οχήματος στη γεωργία

Το σύστημα περιλαμβάνει και μία σειρά από βάσεις δεδομένων. Η βάση δεδομένων για έναν γεωργικό ελκυστήρα είναι η βάση δεδομένων για τον ίδιο ελκυστήρα, για το παρελκόμενο, η βάση δεδομένων του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφορικής (GIS) και τέλος η βάση δεδομένων καταγραφής όλων των εντολών της κλάσης “Supervisor”. Η βάση δεδομένων για το γεωργικό ελκυστήρα εμπεριέχει στοιχεία με τις βασικές διαστάσεις, την ελεύθερη απόσταση από το έδαφος, τη γωνία περιστροφής, την χωρητικότητα καυσίμων, τη μέγιστη ταχύτητα κ.α. Η βάση δεδομένων για τα παρελκόμενα αναφέρει στοιχεία σχετικά με τις βασικές διαστάσεις την ελεύθερη απόσταση από το έδαφος, τη γωνία περιστροφής, τη χωρητικότητα καυσίμων, τη μέγιστη ταχύτητα εργασίας κ.α. Η βάση δεδομένων του GIS, εμπεριέχει στοιχεία

σχετικά με τη γεωργική έκταση στην οποία θα λειτουργεί το μηχάνημα. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, στοιχεία εδάφους, στοιχεία καλλιέργειας, στοιχεία αγροτεμαχίου, δρόμους, και σταθμούς ανεφοδιασμού καυσίμων. Η βάση καταγραφής δεδομένων “Data logging” καταγράφει τα στοιχεία που επεξεργάζεται η κλάση “Supervisor”.

4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα λειτουργίας που περιγράφηκε πιο πάνω είναι το αρχικό στάδιο στην ανάπτυξη ενός γενικού πλαισίου για αυτοκινούμενα οχήματα στη γεωργία. Το επόμενο στάδιο είναι η περιγραφή κάθε μεμονωμένης κλάσης ξεχωριστά, η δημιουργία διαγραμμάτων εναλλαγής καταστάσεων (state-transition diagrams), ο έλεγχος με προγράμματα προσομοίωσης (simulation) και τέλος η δοκιμή τους με το ερευνητικό ρομπότ του εργαστηρίου που απεικονίζεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Ερευνητικό ρομπότ του εργαστηρίου

Η πρώτη εφαρμογή ήταν η πλοήγηση (navigation). Με μία σειρά από εντολές προγραμματισμού, το ερευνητικό όχημα, ανίχνευε το περιβάλλοντα χώρο, έβρισκε την περιοχή με τη μεγαλύτερη επιφάνεια για να προχωρήσει και σε απόσταση 1 μέτρου από εμπόδιο έστριβε δεξιά για την αποφυγή του. Όταν το εμπόδιο ερχόταν τόσο κοντά ώστε να το ακουμπήσει σταματούσε. Η δοκιμή αυτής της απλής συμπεριφοράς έγινε πέρα από το εργαστήριο, σε χώρο με αρκετά εμπόδια, πολλά από τα οποία ήταν κινούμενα.

Σημαντική προσπάθεια επιβάλλεται στο να χρησιμοποιηθούν υπάρχοντα συστήματα λειτουργίας (systems architectures) από τον ευρύτερο τομέα της

ρομποτικής για οχήματα όλων των εδαφών. Ένα από τα πιο πετυχημένα πρότυπα σήμερα είναι το λεγόμενο “hybrid system architecture” [1] το οποίο συνδυάζει reactive και deterministic συμπεριφορές. Η deterministic συμπεριφορά αποφασίζει την βασική κατεύθυνση του οχήματος με βάση τις απαιτήσεις για να πραγματοποιηθεί η εργασία. Η reactive συμπεριφορά, αντιδρά στιγμιαία και αυτόβουλα σε ερεθίσματα του περιβάλλοντος, π.χ. για την αποφυγή εμποδίων ή για την μη σωστή κατεργασία του εδάφους. Ο συνδυασμός των δύο αυτών συμπεριφορών εκτιμάται ότι θα προσδώσει ευφυή συμπεριφορά και θα μπορούν να λειτουργούν με ικανοποιητική ασφάλεια πραγματοποιώντας ακριβείς εργασίες στον αγρό. Το ολοκληρωμένο σύστημα λειτουργίας θα εφαρμοστεί σε μία πλατφόρμα οχήματος για τη μηχανική καταπολέμηση ζιζανίων [3].

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ _ - ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και με τις δυνατότητες που μας προσφέρει, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν γεωργικά οχήματα που να κινούνται αυτόνομα με υψηλή νοημοσύνη. Τα μηχανήματα αυτά θα πρέπει να απαρτίζονται από μικρά αυτοκινούμενα τμήματα, τα οποία θα πρέπει να λειτουργούν αυτόνομα για ένα εκτεταμένο χρονικό διάστημα, εκτελώντας μία ή περισσότερες εργασίες. Για την περιγραφή αυτών των μηχανημάτων ένα διάγραμμα κλάσεων περιγράφει όλα τα επιμέρους τμήματα που θα πρέπει να περιέχονται στο σύστημα αυτό. Μέρη του προτεινόμενου συστήματος δοκιμάζονται με τη βοήθεια ενός ερευνητικού ρομπότ σε γεωργικές εφαρμογές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arkin, C.R., 1998. Behavior-based robotics. MIT Press.
2. Blackmore, S., Have, H. and Fountas, S., 2001. A specification of behavioural requirements for an autonomous tractor. ASAE Conference on Automation Technology for Off-Road Equipment. Chicago, USA, July 2002, p.:33-42
3. Have, H., Blackmore, S., Keller, B., Fountas, S., Nielsen, H., and Theilby, F., 2002. Autonomous weeder for Christmas tree plantations – a feasibility study. Paper 02-AE-023, European Conference of Agricultural Engineering, Budapest, Hungary, June 2002, p.: 42-44
4. Jahns, G. 2000. Navigating of agricultural field machinery. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 25, p.: 1-2
5. Jahns, G. 1983. Automatic guidance in agriculture: a review. Paper No. NCR 83-404. ASAE meeting, Weyburn, Saskatchewan, Canada, October 1983
6. Torii, Toru, 2000. Research in agricultural autonomous vehicles in Japan. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 25, Issue 1-2, p.:133-153.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΣΠΟΡΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ

Θ. Σταθάκος και Θ. Γέμτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας,
Φυτόκο 39446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κάλυψη της γραμμής σποράς του βαμβακιού με πλαστικό εφαρμόζεται από ορισμένους αγρότες για πάνω από μία δεκαετία στην Ελλάδα με ειδικό εξοπλισμό, ο οποίος προσαρμόζεται πίσω από τη σπαρτική μηχανή. Στην παρούσα μελέτη, μετρήθηκαν οι ελκτικές δυνάμεις που ασκεί ο γεωργικός ελκυστήρας σε μια σπαρτική με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη και μια συμβατική σπαρτική, με σκοπό τη σύγκριση της απόδοσης σποράς των δύο συστημάτων. Η σπαρτική εδαφοκάλυψης χρειάστηκε 202% περισσότερη ελκτική δύναμη και κατανάλωσε συνολικά 67,6% περισσότερη ενέργεια. Η πραγματική απόδοση σποράς της συμβατικής σπαρτικής ήταν 2,6 φορές μεγαλύτερη.

Λέξεις κλειδιά: εδαφοκάλυψη, βαμβάκι, σπαρτική μηχανή, ελκτικές δυνάμεις, κατανάλωση ενέργειας

EXPERIMENTAL STUDY OF THE MACHINERY FOR COTTON SOWING UNDER PLASTIC COVER

Th. Stathakos and Th. Gemtos

University of Thessaly, Laboratory of Farm Mechanization,
Fytoko 39446, N. Ionia, Magnisia, Greece

ABSTRACT

Cotton sowing under plastic is applied by some farmers for over a decade in Greece with a specially designed equipment which is attached on the planter. In this study, draft forces of a planter with the attached equipment and a conventional planter were measured. Sowing rate was also measured. The planter with the attached equipment required 202% more draft force and consumed totally 67,6% more energy. The real sowing rate of the conventional planter was 2,6 times faster.

Keywords: sowing under cover, cotton, planter, draft forces, energy consumption

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται σε μικρή κλίμακα στη χώρα μας, η οποία επιτρέπει την εφαρμογή της επιθυμητής πρώιμης σποράς χωρίς τον κίνδυνο των δυσμενών καιρικών συνθηκών, είναι η κάλυψη της γραμμής σποράς βαμβακιού με ειδικό διαφανές φύλλο, από γραμμικό πολυαιθυλένιο.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [1], η πρώτη ιδέα κάλυψης της γραμμής σποράς στο βαμβάκι, ξεκίνησε στην πρώην Ε.Σ.Σ.Δ. το 1963 και στις Η.Π.Α. το 1964.

Η μέθοδος της κάλυψης της γραμμής σποράς με πλαστικό εφαρμόζεται σε πολλές χώρες για καλλιέργειες κηπευτικών. Στη Δανία [2], λαχανικά σπέρνονται στον πυθμένα ενός τούνελ βάθους 8 cm, και καλύπτονται κατευθείαν μετά τη σπορά. Αυτή η μέθοδος ωστόσο είναι πολύ χρονοβόρα και ο έλεγχος των ζιζανίων πολύ δύσκολος. Στη Φιλανδία [3], η χρήση του πολυαιθυλενίου μεταξύ άλλων υλικών εδαφοκάλυψης όπως το χαρτί, το πισσόχαρτο, το άχυρο και η τύρφη, αύξησε τη θερμοκρασία εδάφους και είχε ως αποτέλεσμα αύξηση των αποδόσεων σε καλλιέργεια αγγουριών κατά 40-50 % όταν οι θερμοκρασίες ήταν φυσιολογικές και 100-200 % όταν οι θερμοκρασίες ήταν κάτω από το φυσιολογικό. Οι De Muynck et al., [4], μελέτησαν την ανάπτυξη λαχανικών (τομάτες, φράουλες, πιπεριές, πεπόνια) μέσα σε μικρά τούνελ, καλυμμένα από διάφορα είδη πλαστικού (2 είδη πλαστικού υπέρυθρης ακτινοβολίας, 1 κανονικό πολυαιθυλένιο και διάτρητα πλαστικά).

Στη χώρα μας, το πρώτο πείραμα κάλυψης της γραμμής σποράς βαμβακιού με πολυαιθυλένιο, έγινε την τριετία 1972-74 [5]. Τα αποτελέσματα της χρήσης της μεθόδου ήταν η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας εδάφους, αύξηση του ποσοστού και μείωση της διάρκειας φυτρώματος, πρωίμηση της καλλιέργειας και αύξηση της μέσης απόδοσης. Η προσπάθεια αυτή όμως δεν είχε συνέχεια, λόγω έλλειψης κατάλληλης τεχνολογίας για την εφαρμογή της κάλυψης στην πράξη με συνθήκες παραγωγού (προσωπική επικοινωνία με Γαλανοπούλου).

Το 1981, άρχισε στην Ισπανία η εκμηχανισμένη εφαρμογή της κάλυψης της γραμμής σποράς βαμβακιού από διαφανές πλαστικό, με εντατικό ρυθμό και θεαματικά αποτελέσματα. Χρησιμοποιήθηκε ειδικός εξοπλισμός προσαρμοσμένος σε σπαρτική μηχανή, για ταυτόχρονη σπορά και κάλυψη. Οι παραγωγοί δοκίμασαν τη νέα καλλιεργητική τεχνική στο βαμβάκι, προφανώς με επιτυχία, καθώς από το 1981 και μετά, οι εκτάσεις που καλύπτονταν με πλαστικό αυξάνονταν συνεχώς. Με τη χρήση της μεθόδου η τελική απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι αυξήθηκε κατά 22%. Σε 10 χρόνια εξέλιξης της τεχνικής, έγιναν πολυάριθμες τροποποιήσεις για τη βελτίωση των επιδράσεων της και τη μείωση του κόστους της. Οι βελτιώσεις που ήταν πορίσματα έρευνας και πειραμάτων ή παρατηρήσεις των ίδιων των παραγωγών, είχαν σχέση με τον τύπο του πλαστικού, τις διαστάσεις του, τη μέθοδο τοποθέτησής του, τη μέθοδο διάτρησής του και τη χρονική περίοδο που παραμένει στο χωράφι [6].

Στην Ελλάδα, το 1986 η εταιρία Dow Hellas σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών και τον Οργανισμό Βάμβακος, άρχισε να διερευνά την εκμηχανισμένη πλέον εφαρμογή και μάλιστα με πολυαιθυλένιο που αποικοδομείται από τον ήλιο. Οι προσπάθειες αυτές όμως δεν απέδωσαν, καθώς υπήρξε πρόβλημα με τη διάσπαση-αποσύνθεση του πλαστικού στις άκρες του, που ήταν σκεπασμένες με χώμα (προσωπική επικοινωνία με Γαλανοπούλου). Το επόμενο βήμα πραγματοποιήθηκε από τις ιδιωτικές εταιρείες Δάϊος Πλαστικά Α.Ε. και Dow Hellas οι οποίες προώθησαν την ιδέα της εδαφοκάλυψης της γραμμής σποράς οργανώνοντας ενημερωτικές εκδηλώσεις για παραγωγούς. Το 1991 περίπου, άρχισε και στη χώρα μας η εφαρμογή της μεθόδου από τους παραγωγούς [7].

Για την κάλυψη της γραμμής σποράς του βαμβακιού απαιτείται ειδικός μηχανικός εξοπλισμός. Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη χώρα μας, βασιζόταν στο αντίστοιχο Ισπανικό [8]. Η εταιρεία γεωργικών μηχανημάτων που κατασκεύασε και βελτίωσε τον αρχικό εξοπλισμό για την κάλυψη, ήταν η Γ. Χίγκας Α.Β.Ε.Ε. Γεωργοτεχνική, και στη συνέχεια η εταιρεία Κατασκευές Θ. Κορκοκίου έκανε σημαντικές βελτιώσεις στον αρχικό και κατασκεύασε το πιο εξελιγμένο και τελικό μέχρι σήμερα εξάρτημα [7].

Το μηχάνημα που αρχικά χρησιμοποιήθηκε στη χώρα μας παρουσίασε σημαντικά μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημά του ήταν ότι ο κύλινδρος του πλαστικού, ο οποίος ήταν τοποθετημένος σε έναν άξονα ψηλά σε σχέση με τον υπόλοιπο μηχανισμό και περιστρεφόταν ξετυλίγοντας το πλαστικό με ελκτική δύναμη που ασκούσε το παραχωμένο πλαστικό, καθώς η σπартική με τον εξοπλισμό κάλυψης μετεκινείτο προς τα εμπρός. Το αποτέλεσμα ήταν, η εργασία να γίνεται πολύ δύσκολα όταν έπνεε δυνατός άνεμος, καθώς το πλαστικό φούσκωνε και συχνά κοβόταν. Στο βελτιωμένο μηχάνημα, τα προβλήματα αυτά ξεπεράστηκαν γιατί ο κύλινδρος του πλαστικού τοποθετείται χαμηλά και περιστρέφεται με τη βοήθεια ελαστικών τροχών. Εξάλλου, το αρχικό μηχάνημα δεν επιτύχανε καλή κάλυψη στις άκρες του πλαστικού με χώμα, γιατί την εργασία αυτή εκτελούσαν υνιά. Στο βελτιωμένο μηχάνημα, τα υνιά αντικαταστάθηκαν με δίσκους και τα προβλήματα της κακής κάλυψης του πλαστικού ξεπεράστηκαν. Έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία από τη χρήση του εξοπλισμού κάλυψης τα τελευταία χρόνια από τους αγρότες.

Ο αντικειμενικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η σύγκριση της συμβατικής σπартικής μηχανής για βαμβάκι με τη σπартική μηχανή που διαθέτει εξοπλισμό εδαφοκάλυψης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη υλοποιήθηκε το Μάρτιο του 2000, σε αγροτεμάχιο της περιοχής Χάλκης του νομού Λάρισας. Η μηχανική ανάλυση του εδάφους του αγροτεμαχίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Το αγροτεμάχιο ήταν ισοπεδωμένο. Η προηγούμενη καλλιέργεια του αγροτεμαχίου ήταν βαμβάκι. Το φθινόπωρο του 1999, τα φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας τεμαχίστηκαν με

στελεχοκόπτη και ακολούθησε όργωμα με άροτρο. Τέλος Ιανουαρίου έγινε επέμβαση με ελαφρό καλλιεργητή και η προετοιμασία της σποροκλίνης για σπορά έγινε στις αρχές Μαρτίου με ελαφρό καλλιεργητή.

Πίνακας 1. Ανάλυση εδάφους

Βάθος δείγματος (cm)	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)	Τύπος	Ολικό CaCO ₃ (%)	Οργανική Ουσία (%)
0-30	21	22	57	C	3.0	1.9

Γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 72 HP (53 KW), Steyr turbo 8080 με κίνηση στους πίσω τροχούς και στενά ελαστικά ώστε να μην εμποδίζεται η λειτουργία των εξαρτημάτων που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις έλξης των μηχανημάτων. Στον ελκυστήρα εγκαταστάθηκε εξοπλισμός ηλεκτρονικής καταγραφής της διακύμανσης της ελκτικής δύναμης που ασκεί ο γεωργικός ελκυστήρας στο μηχάνημα κατά την εργασία του στο χωράφι [9]. Ο εξοπλισμός αυτός κατασκευάστηκε και βαθμονομήθηκε από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αποτελείτο από αισθητήρια δύναμης, το αναλογικό σήμα εξόδου των οποίων, αφού μετατρεπόταν σε ψηφιακό με τη χρήση μετατροπέα A/D, αποθηκευόταν στη μνήμη ηλεκτρονικού υπολογιστή PC 386. Η σειρά και η συχνότητα δειγματοληψίας είχαν προγραμματιστεί. Εγκαταστάθηκε για τη μέτρηση της απορροφώμενης ισχύος από το δυναμοδότη όργανο μέτρησης της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας [9].

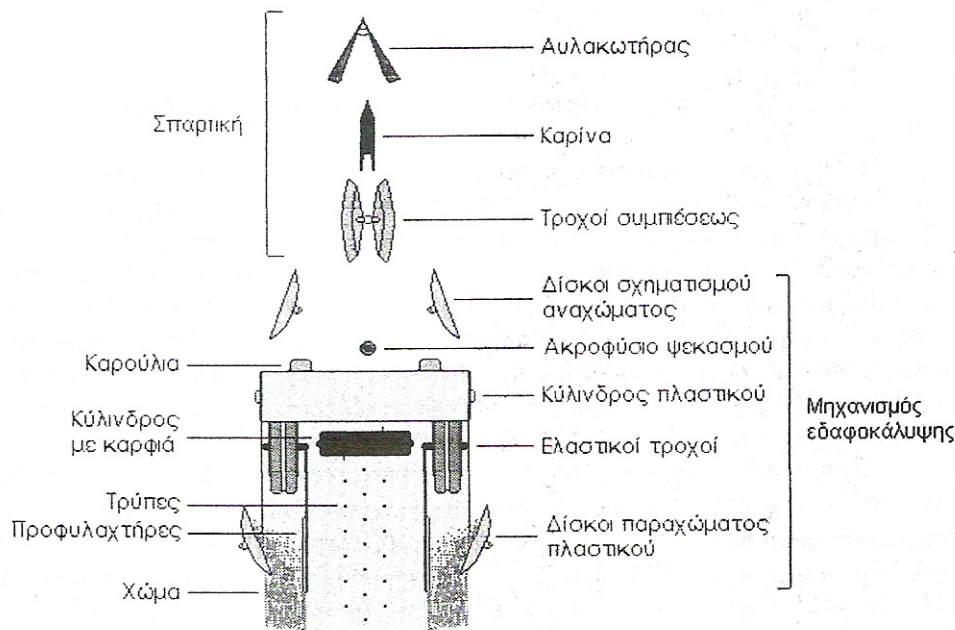
Χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή που παραχωρήθηκε από γεωργό της περιοχής, τύπου Nodet Gougis Pneumasem II, τεσσάρων στοιχείων, με 96 cm απόσταση μεταξύ αυτών. Ρυθμίστηκε το βάθος σποράς από τους πίσω ρυθμιστικούς τροχούς βάθους στα 2 cm. Τα σποροκιβώτια της μηχανής δεν περιείχαν σπόρο. Πρώτα μελετήθηκε η σπαρτική μηχανή χωρίς τον εξοπλισμό εδαφοκάλυψης και στη συνέχεια, μελετήθηκε η ίδια μηχανή με τοποθετημένο τον εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη. Για την πραγματοποίηση της κάλυψης της γραμμής σποράς χρησιμοποιήθηκε ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιούν οι αγρότες της περιοχής (Σχήμα 1). Ταυτόχρονα με τη σπορά και την κάλυψη εφαρμόζεται και ψεκασμός μετασπαρτικού ζιζανιοκτόνου από το ακροφύσιο του σχήματος 1. Εμπρός από τον γεωργικό ελκυστήρα τοποθετήθηκε το βυτίο του ψεκαστικού διαλύματος και μια ηλεκτρική αντλία που ωθούσε το διάλυμα προς τα ακροφύσια.

Η ελκτική δύναμη της απλής σπαρτικής και της σπαρτικής με εξοπλισμό εδαφοκάλυψης, μετρήθηκε σε δύο ταχύτητες εργασίας του ελκυστήρα. Σε κάθε ταχύτητα ελήφθησαν τέσσερις μετρήσεις. Ο ίδιος αριθμός στροφών του κινητήρα, 1500 rpm, χρησιμοποιήθηκε για κάθε ταχύτητα και κάθε μηχανή. Ο ελκυστήρας, αρχικά επιταχυνόταν ως τον παραπάνω αριθμό στροφών με τη μηχανή στο έδαφος, και η μέτρηση λαμβανόταν στη συνέχεια με σταθερό αριθμό στροφών.

Μετρήθηκε η ταχύτητα εργασίας του ελκυστήρα με όλα τα παρελκόμενα. Ορίστηκαν διαστήματα μήκους 10 m με δείκτες και μετρήθηκαν

με χρονόμετρο χειρός οι χρόνοι κάθε μηχανήματος από τον ένα ως τον άλλο δείκτη. Μετρήθηκε και η ταχύτητα του ελκυστήρα με ανασηκωμένο το σπαρτικό συγκρότημα και εκτιμήθηκε το ποσοστό ολίσθησης του ελκυστήρα από τις δύο αυτές μετρούμενες ταχύτητες. Υπολογίστηκε η απαιτούμενη ισχύς έλξης των μηχανημάτων, από το γινόμενο της μετρούμενης ελκτικής δύναμης με τη μετρούμενη ταχύτητα εργασίας. Υπολογίστηκε η θεωρητική απόδοση σποράς, από το γινόμενο του πλάτους εργασίας με τη μετρούμενη ταχύτητα εργασίας κάθε μηχανήματος. Η απορροφώμενη ενέργεια των μηχανημάτων ανά στρέμμα, υπολογίστηκε από την απαιτούμενη ισχύ και τη θεωρητική απόδοση σποράς. Εκτιμήθηκε η πραγματική απόδοση σποράς με μέτρηση του χρόνου που μεσολαβεί από το γέμισμα της σπαρτικής μηχανής με σπόρο μέχρι το επόμενο γέμισμα στις δύο παραπάνω ταχύτητες.

Μετρήσεις των φυσικών ιδιοτήτων εδάφους, έλαβαν χώρα πριν από τη μέτρηση των ελκτικών δυνάμεων. Η αντίσταση του εδάφους σε διείσδυση (cone index), προσδιορίστηκε με ηλεκτρονικό διεισδυσιόμετρο σύμφωνα με τα standards των ASAE [10]. Ο κώνος του διεισδυσιόμετρου είχε βάση 129 mm^2 , και γωνία 30° . Ταυτόχρονα με τη μηχανική αντίσταση, μετρήθηκαν με δειγματοληψία το φαινόμενο ειδικό βάρος και η υγρασία του εδάφους μετά από ξήρανση των δειγμάτων σε ειδικό φούρνο για 24 ώρες στους 105°C .



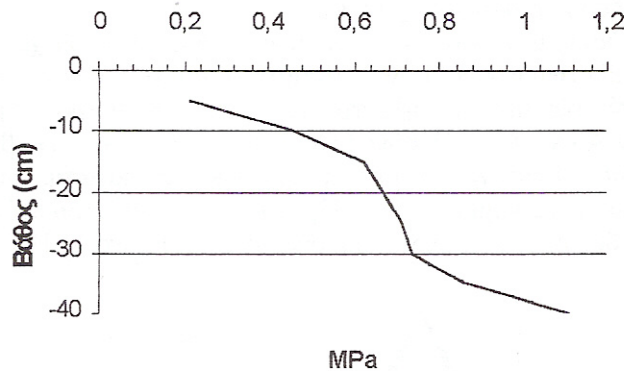
Σχήμα 1. Μηχανισμός κάλυψης της γραμμής σποράς

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, πριν την κατεργασία του και στο Διάγραμμα 1, η αντίσταση του εδάφους σε διείδυση.

Πίνακας 2. Φυσικές ιδιότητες εδάφους

Βάθος μέτρησης (cm)	0-5	5-10
Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (gr/cm^3)	1,06	1,15
Υγρασία (%)	9,3	10,71



Διάγραμμα 1. Αντίσταση του εδάφους σε διείδυση

Τα αποτελέσματα μετρήσεων των ελκτικών δυνάμεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Η δύναμη που ασκήθηκε για την έλξη της σπαρτικής μηχανής με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη, ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη δύναμη που ασκήθηκε στη συμβατική σπαρτική κατά 1,56 kN, ποσοστό 202%. Η ταχύτητα εργασίας ήταν ίδια στη συμβατική σπαρτική και στη σπαρτική με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη και το ποσοστό ολίσθησης ήταν πρακτικά το ίδιο. Η ισχύς που απαιτήθηκε για την έλξη των μηχανημάτων ήταν 1,14 kW για τη συμβατική και 3,4 kW για τη μηχανή με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη. Η συμβατική σπαρτική εξοικονόμησε συνεπώς 2,26 kW ελκτική ισχύ ποσοστό 66,5%.

Η μετρούμενη ροπή στο δυναμοδότη της σπαρτικής μηχανής (Πίνακας 3) ήταν 39,9 N·m στις 540 στρ./min και ως εκ τούτου η ισχύς ήταν 2,25 kW. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά στρέμμα (ελκτική + PTO) ήταν 0,17 kWh για τη συμβατική και 0,28 kWh για τη μηχανή με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη, δηλαδή 0,11 kWh απαιτούνται επιπλέον για τη σπορά ενός στρέμματος με εδαφοκάλυψη, ποσοστό 67,6%.

Η θεωρητική απόδοση σποράς ήταν παρόμοια, 20,3 στρέμματα ανά ώρα για τη συμβατική σπορά και 20 στρέμματα ανά ώρα για τη σπορά υπό κάλυψη (Πίνακας 3). Η πραγματική απόδοση συμβατικής σποράς όμως ήταν 18,2 στρέμματα ανά ώρα και η πραγματική απόδοση σποράς υπό κάλυψη ήταν 6,9 στρέμματα ανά ώρα. Οι διαφορές μεταξύ της θεωρητικής και της πραγματικής

απόδοσης συμβατικής σποράς κυρίως προκύπτουν από το χρόνο που χάνεται για την εκτέλεση ελιγμών του ελκυστήρα στις άκρες του χωραφιού και το χρόνο πλήρωσης των σποροκιβωτίων της σπαρτικής μηχανής με σπόρο. Στη σπορά υπό κάλυψη, σημαντικός χρόνος χάνεται στην τροφοδοσία του εξοπλισμού για εδαφοκάλυψη με τους κυλίνδρους του πλαστικού, οι οποίοι δεν εξαντλούνται ταυτόχρονα και στην πλήρωση του βυτίου ζιζανιοκτονίας με το διάλυμα ψεκασμού. Επιπλέον, στη σπορά υπό κάλυψη για την πλήρωση των σποροκιβωτίων με σπόρο απαιτείται περισσότερος χρόνος καθώς αυτά είναι μάλλον δυσπρόσιτα λόγω του επιπρόσθετου εξοπλισμού και ένας εργάτης δυσκολεύεται να εκτελέσει την εργασία. Περισσότερος χρόνος απαιτείται και στις αναστροφές του γεωργικού ελκυστήρα στις άκρες του χωραφιού καθώς το πλαστικό πρέπει στην αρχή να τοποθετηθεί στο έδαφος και να σκεπαστεί με χώμα και στο τέλος να κοπεί και επίσης να σκεπαστεί. Τέλος, χάνεται χρόνος όταν το πλαστικό κόβεται λόγω τυχαιού κωλύματος όπως εμπλοκή πέτρας ή φυτικών υπολειμμάτων στο μηχανισμό εδαφοκάλυψης και πρέπει να γίνει ανάταξη.

Πίνακας 3. Μέσοι όροι απόδοσης σπαρτικών μηχανών τεσσάρων σειρών (συμβατικής και με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη).

Μέτρηση	Χαρακτηριστικό	Συμβατική σπαρτική	Σπαρτική με εξοπλισμό για εδαφοκάλυψη
Ελκτική	Ελκτική δύναμη (N)	772	2334
	Πλάτος εργασίας (m)	3,84	3,84
	Ταχύτητα εργασίας (km/h)	1,46	1,46
	Ταχύτητα κίνησης (km/h)	1,49	1,49
	Ποσοστό ολίσθησης (%)	2,14	2,35
	Θεωρητική απόδοση σποράς (στρ./h)	20,3	20,0
	Πραγματική απόδοση σποράς (στρ./h)	18,2	6,9
	Ισχύς (kW)	1,14	3,4
	Ενέργεια / στρ. (kWh/στρ.)	0,06	0,17
PTO	Ροπή (N m)	39,9	39,9
	PTO (στροφές/min)	540	540
	Ισχύς (kW)	2,25	2,25
	Ενέργεια / στρ. (kWh/στρ.)	0,11	0,11
Συνολική απαιτούμενη Ισχύς (kW)		3,39	5,66
Συνολική Ενέργεια / στρ. (kWh/στρ.)		0,17	0,28

Το κόστος της συμβατικής σποράς, με βάση τις τιμές που χρεώνουν οι επαγγελματίες της περιοχής είναι 2,7 € ανά στρέμμα. Με βάση τους πραγματικούς ρυθμούς σποράς, η σπορά υπό κάλυψη χρειάζεται 164% περισσότερο χρόνο από τη συμβατική. Αν υπολογίσουμε το κόστος της σποράς υπό κάλυψη θα πρέπει να είναι αντίστοιχα 164% πιο ακριβό, δηλαδή 7,1 €. Θα πρέπει να υπολογιστεί επίσης και το κόστος εφαρμογής της μετασπαρτικής ζιζανιοκτονίας, καθώς η εργασία αυτή περιλαμβάνεται στη σπορά υπό κάλυψη. Η τιμή που χρεώνουν οι επαγγελματίες της περιοχής για τον ψεκασμό ενός

χωραφιού είναι 1,2 € ανά στρέμμα. Τέλος, το κόστος μόνο της κάλυψης είναι 2,7 € ανά στρέμμα. Ως εκ τούτου, συνολικά το κόστος της σποράς υπό κάλυψη θα έπρεπε να ανέρχεται στα 11 € ανά στρέμμα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η σπαρτική μηχανή με το μηχανισμό εδαφοκάλυψης χρειάστηκε 202% περισσότερη ελκτική δύναμη.
2. Η σπαρτική μηχανή με το μηχανισμό εδαφοκάλυψης κατανάλωσε συνολικά 67,6% περισσότερη ενέργεια από τη συμβατική.
3. Η απόδοση σποράς της συμβατικής σπαρτικής ήταν 2,6 φορές ταχύτερη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χρηστίδης Β., 1965. Το Βαμβάκι. Θεσσαλονίκη 1965, σελ 743.
2. Jensen J., 1973. The use of plastic film as a growth stimulating factor, especially on growing outdoor – cucumber. ISHS Acta Horticulturae 27: Symposium on timing of the Field – production of Vegetable Crops. ISSN 0567-7572.
3. Salokangas K., 1973. Effect of polyethylene and paper mulching on yield and earliness of pickling cucumber. ISHS Acta Horticulturae 27: Symposium on timing of the Field – production of Vegetable Crops. ISSN 0567-7572.
4. De Muynck B., R. Vandeveld, B. Hassine, 1984. Influence of the microclimate and yield of different vegetable crops grown under small plastic tunnels covered with different types of plastics. ISHS Acta Horticulturae 154: II International Symposium on Plastics in Mediterranean Countries.
5. Γαλανοπούλου Ν. Σ., Μαρκούση Γ. Σ., Χλίχλια Γ. Α., 1978. Επίδραση της εποχής σποράς και της καλύψεως με πολυαιθυλένιο στο βαμβάκι (*Gossypium hirsutum* L.). ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ τεύχος II: 167-179, 1978.
6. ICAC RECORDER, 1990. Cotton sowing under plastic: some observations from Spain. June 1990.
7. Σταθάκος Θ., 1995. Πρώιμη σπορά βαμβακιού με κάλυψη της γραμμής σποράς με πολυαιθυλένιο. Πτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής. Βόλος 1995.
8. Marquez F. P., 1993. Growing cotton under plastics film. Plasticulture, n° 98 - 2.
9. Γέμτος Θ. Α., Ι. Παπαθανασίου, Θ. Κυλινδρή, Χ. Καραμούτης. 2000. Όργανα για μέτρηση απορροφωμένης ισχύος από παρελκόμενα ενός ελκυστήρα. 2^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής. Τόμος Εισηγήσεων. Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας. σελ: 465-472.
10. ASAE Standards, 1997. 44th Ed. S313.2. Soil cone penetrometer. St. Joseph, Mich.: ASAE.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΙΣΠΟΡΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Α. Σ. Λιθουργίδης¹ και Κ. Α. Τσατσαρέλης²

¹ Αγρόκτημα Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

² Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας Α.Π.Θ., e-mail: tsatsare@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αγροτεμάχιο του Αγροκτήματος του Α.Π.Θ. εφαρμόστηκαν για δύο συνεχόμενα έτη δύο διαφορετικές τεχνικές καλλιέργειας του εδάφους, σε επίσπορο αραβόσιτο, με σκοπό να αξιολογηθεί η επίδρασή τους στον αριθμό φυτών, στην απόδοση σε βιομάζα και στο ενεργειακό κόστος της καλλιέργειας. Στη μία επέμβαση εφαρμόστηκε η τεχνική της κατευθείαν σποράς πάνω στην καλαμιά, με ειδική σπαρτική μηχανή, ενώ στην άλλη η σπορά έγινε μετά από τη συνήθη κατεργασία του εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση σε συνολική βιομάζα ήταν μικρότερη στην κατευθείαν σπορά το πρώτο έτος του πειράματος, ενώ το δεύτερο έτος δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο καλλιεργητικών τεχνικών. Κατά τη φάση προετοιμασίας και σποράς υπήρξε σημαντική οικονομία χρόνου και καυσίμου στα τεμάχια της κατευθείαν σποράς.

Λέξεις κλειδιά: αραβόσιτος, κατευθείαν σπορά, παραδοσιακή κατεργασία.

IMPACT OF TILLAGE SYSTEMS TO YIELD AND FUEL COST IN MAIZE FOR SILAGE

A.S. Lithourgidis¹ and K.A. Tsatsarelis²

¹Experimental Farm of Aristotle University of Thessaloniki

²Lab. of Agricultural Engineering, Aristotle University of Thessaloniki,
e-mail: tsatsare@agro.auth.gr

ABSTRACT

In order to study the impact of the cultivation techniques to crop yield, labor, time and fuel cost, of maize for silage, experiments were carried out, at the experimental farm of the University of Thessaloniki, for two consecutive years. Experiments were established with two treatments: direct drilling and conventional tillage. The results are: there were statistical differences concerning the wet mass of maize between the two treatments, in the first year and no differences in the second. Considerable savings in time and fuel were calculated for direct drilling, during establishment period.

Keywords: maize for silage, direct drilling, conventional tillage

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γεωργικό ενδιαφέρον αυξάνεται διεθνώς για συστήματα μειωμένης κατεργασίας του εδάφους πριν την σπορά, καθώς και για την τεχνική της κατευθείαν σποράς ή μηδενικής κατεργασίας του εδάφους ή ακαλλιέργειας (non-tillage ή zero-tillage). Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται κυρίως σε καλλιέργεια αραβοσίτου για καρπό και ενσίρωση, σε χειμερινά σιτηρά και λιγότερο σε άλλες καλλιέργειες [1], [2], [3]. Οι σημαντικότεροι λόγοι για τους οποίους προτιμάται η μέθοδος της κατευθείαν σποράς είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου και η μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εγκατάσταση της καλλιέργειας [4], [5], [6], [7], [8]. Επιπλέον, η τεχνική αυτή συμβάλλει σημαντικά στην προστασία του εδάφους από διάβρωση, στην βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους, στην βελτίωση της δομής και γενικότερα στην βελτίωση της παραγωγικότητάς του [9], [10], [11], [12], [13].

Όσον αφορά τις αποδόσεις των φυτών που καλλιεργούνται με την παραπάνω τεχνική, όπως προκύπτει από την βιβλιογραφία σε διάφορες καλλιέργειες, ουσιαστικά δεν υστερούν έναντι των αποδόσεων των παραδοσιακών μεθόδων κατεργασίας ή και εκείνων της μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Ορισμένες φορές οι αποδόσεις είναι μειωμένες [8], [14], [15], ενώ άλλες φορές αντίστοιχες ή και υψηλότερες, σε σύγκριση με εκείνες των παραδοσιακών συστημάτων [7], [16], [17]. Τα τελευταία χρόνια γίνεται αποδεκτό ότι η μηχανική σύσταση και η υγρασία του εδάφους, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία, που επικρατούν την εποχή της εγκατάστασης της καλλιέργειας, επηρεάζουν σημαντικά τις αποδόσεις. Γενικώς καλώς στραγγιζόμενα και θερμά κατά την περίοδο αυτή εδάφη δίνουν αποδόσεις με το σύστημα της μηδενικής κατεργασίας ίσες ή και υψηλότερες απ' ό,τι με τις παραδοσιακές μεθόδους. Αντίθετα υγρά, βαριά και μη καλώς στραγγιζόμενα εδάφη, κρύα κατά την εποχή της σποράς, δίνουν μικρότερες αποδόσεις [18], [19], [20], [21], [22].

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η επίδραση δύο καλλιεργητικών τεχνικών προετοιμασίας του εδάφους πριν την σπορά επίσπορου αραβοσίτου, στον αριθμό φυτών, στην συνολική βιομάζα και στο κόστος των καυσίμων της καλλιέργειας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε αγροτεμάχιο του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης εγκαταστάθηκε καλλιέργεια επίσπορου αραβοσίτου (*Zea mays* L.) για ενσίρωση, για δύο συνεχόμενα έτη (1998 και 1999), σε έδαφος CL με pH 8 και οργανική ουσία 1,25, σε συνέχεια ανάλογου πειράματος του προηγούμενου έτους 1997 [7]. Το πείραμα ήταν δύο επεμβάσεων με 10 επαναλήψεις. Οι δύο επεμβάσεις αφορούσαν τον τρόπο σποράς και κατεργασίας του εδάφους. Στη μια εφαρμόστηκε το σύστημα της κατευθείαν σποράς, στην καλαμιά της προηγούμενης καλλιέργειας, και στη δεύτερη το κλασικό, συνήθως εφαρμοζόμενο, σύστημα καλλιέργειας. Το μέγεθος του κάθε πειραματικού

τεμαχίου ήταν 6 x 40 m. Η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν χειμερινό μαλακό σιτάρι ποικιλίας Yecora, που συγκομίζονταν το 2^ο δεκαήμερο του Ιουνίου κατά τα έτη 1998, 1999. Αμέσως μετά τη συγκομιδή γινόταν συλλογή και δεματοποίηση του αχύρου, με απόδοση περίπου 350 kg/στρ. Το ύψος θερισμού των σιτηρών ήταν 20-25 cm.

Στα τεμάχια της κατευθείαν σποράς μετά τη δεματοποίηση του αχύρου επακολουθούσε εφάπαξ λίπανση με 24 kg N και 7 kg P₂O και στη συνέχεια σπορά το πρώτο πενήνήμερο του Ιουλίου των παραπάνω ετών. Οι αποστάσεις ρυθμίστηκαν σε 75 cm μεταξύ των σειρών και 15,5 cm επί των σειρών. Η ποικιλία που σπάρθηκε σ' όλα τα τεμάχια ήταν η Pioneer PR 3245 (Constanza), σε ποσότητα που αντιστοιχεί σε περίπου 8.600 φυτά/στρ. Η σπαρτική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε ήταν, ειδική για κατευθείαν σπορά, Gaspardo 4 σειρών. Η διάνοιξη των αυλακιών γινόταν με δίσκο κυματοειδή, ακολουθούμενο από δεύτερο μικρότερο, επίσης κυματοειδή. Το διασπαρτικό σύστημα ήταν μηχανικό. Η κάλυψη των σπόρων γινόταν με τροχό και ειδική κατασκευή με δύο L κατοπτρικά. Στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η κλασική κατεργασία του εδάφους πριν την σπορά γινόταν άροση σε βάθος 25 cm, λίπανση με την ίδια ποσότητα και τύπο λιπάσματος, όπως και στην κατευθείαν σπορά, επακολουθούσε κατεργασία με δισκοσβάρνα και στη συνέχεια με καλλιεργητή. Στη συνέχεια γινόταν σπορά, την ίδια ημέρα με τα τεμάχια της κατευθείαν σποράς, με πνευματική σπαρτική καλαμποκιού Gaspardo 4 σειρών, στις ίδιες αποστάσεις με τις αντίστοιχες της κατευθείαν σποράς.

Μετά τη σπορά, σε όλα τα τεμάχια πραγματοποιούνταν προφυτρωτική εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου Lasso AT (Alachlor 33,6% + Atrazine 14,4%), σε δόση 500 ml/στρ. Επιπλέον γινόταν μεταφυτρωτική εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου Rush (rimsulfuron 25%) σε δόση 5 gr/στρ. για την καταπολέμηση του βέλιουρα (*Sorghum halepense* L.). Επιπλέον, στα τεμάχια της κλασικής κατεργασίας γινόταν εφαρμογή σκαλιστικού, όπως συνηθίζεται στην καλλιεργητική πρακτική του αραβοσίτου, για αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των ζιζανίων. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου εφαρμόστηκαν 7 αρδεύσεις με καταιονισμό, με συνολική ποσότητα νερού 315 mm το πρώτο έτος και 6 αρδεύσεις με ποσότητα 270 mm το δεύτερο έτος.

Μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών (σε τέσσερις διαφορετικές σειρές των 4 μέτρων σε κάθε πειραματικό τεμάχιο), η παραγωγή συνολικής βιομάζας, ο χρόνος και η κατανάλωση καυσίμου. Η συγκομιδή γινόταν το δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου (τρεισήμισι μήνες μετά τη σπορά, περίπου 105 ημέρες). Για τη συγκομιδή χρησιμοποιήθηκε ημιφερόμενη μηχανή ενσίρωσης δύο γραμμών τύπου Rottinger Mex-profi k.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αριθμός φυτών στο στρέμμα. Ο συνολικός αριθμός των φυτών που φύτεψαν και αναπτύχθηκαν στα τεμάχια της κατευθείαν σποράς ήταν σημαντικά μικρότερος από τον αριθμό των φυτών της κλασικής κατεργασίας και

τις δύο καλλιεργητικές περιόδους (πίνακας 1). Μάλιστα κατά το πρώτο έτος ο αριθμός των φυτών και στις δύο επεμβάσεις ήταν μικρότερος από ό,τι το δεύτερο έτος. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στις ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες σποράς το 1998. Συγκεκριμένα, το χωράφι δεν είχε καθόλου υγρασία, με αποτέλεσμα να υπάρξει δυσχέρεια κατά την σπορά και στις δύο επεμβάσεις. Ιδιαίτερη δυσκολία υπήρξε στην κατευθείαν σπορά, λόγω της δυσχέρειας της μηχανής να διεισδύσει στο ξερό έδαφος, όπου και ο τροχός σποράς ολισθαίνει, με αποτέλεσμα το σπαρτικό στοιχείο να αφήνει λιγότερους σπόρους στο στρέμμα. Έτσι το 1998 ο αριθμός των φυτών στην κατευθείαν σπορά ήταν κατά 26,36% μικρότερος από τον μάρτυρα, ενώ το 1999 μόνο κατά 16,15%. Προηγούμενα πειράματα σε αραβόσιτο δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στο αριθμό των φυτών μεταξύ της κλασικής και της κατευθείαν σποράς ([7]. Επιπλέον, στον μάρτυρα παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ομοιομορφία όσον αφορά τις αποστάσεις των φυτών μεταξύ τους, απ' ό,τι στην κατευθείαν σπορά (αδημοσίευτα δεδομένα). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην τεχνική κατεργασίας, αλλά κυρίως στη διαφορετική τεχνολογία των σπαρτικών μηχανών (πνευματική μηχανή ακριβείας στον μάρτυρα και απλή μηχανική διασπορά στα υπόλοιπα τεμάχια). Τέλος, κατά και μετά το φύτευμα παρατηρήθηκε πρωιμότερο φύτευμα και ανάπτυξη των φυτών στα τμήματα χωρίς καλλιέργεια και αυτό ίσως να οφείλεται στη σκίαση των φυτών του εδάφους από την καλαμιά της προηγούμενης καλλιέργειας και στη συγκράτηση περισσότερης εδαφικής υγρασίας. Με την πρόοδο όμως της ανάπτυξης παρατηρήθηκε ότι τα φυτά του μάρτυρα δεν υστέρησαν ως προς την ανάπτυξη. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε και σε προηγούμενα προκαταρκτικά πειράματα [21].

Πίνακας 1. Αριθμός φυτών και συνολική απόδοση σε βιομάζα στο στρέμμα.

Τεχνική κατεργασίας	Αριθμός φυτών/στρ.		Απόδοση σε βιομάζα kg/στρ.	
	1998	1999	1998	1999
Κλασική (μάρτυρας)	6700 a *	7719 a	3228 a	3851 a
Κατευθείαν σπορά (% μάρτυρα)	4934 b 73,64	6472 b 83,85	2793 b	3432 a

*Το ίδιο γράμμα σε κάθε στήλη δηλώνει διαφορές στατιστικώς μη σημαντικές για $p=0,05\%$ (κριτήριο t).

Απόδοση σε βιομάζα. Ο μειωμένος αριθμός φυτών ανά στρέμμα, το 1998, στα τεμάχια της κατευθείαν σποράς είχε ως αποτέλεσμα και μειωμένη συνολική απόδοση των φυτών σε βιομάζα (πίνακας 1). Η απόδοση υπολειπόταν κατά 13,5% σε σχέση με τον μάρτυρα (2793 έναντι 3228 kg/στρ.). Η διαφορά που βρέθηκε στην απόδοση είναι αρκετά μικρότερη από την αρχική διαφορά κατά 26,36% (4934 έναντι 6700 φυτά/στρ.), που παρατηρήθηκε στον αριθμό των φυτών. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο φαινόμενο του «περιθωρίου». Στα

πειραματικά τεμάχια δηλαδή όπου ήταν μικρός ο αριθμός των φυτών, αυτά αναπτύχθηκαν καλύτερα, λόγω μειωμένου ανταγωνισμού και μάλιστα μεγάλος αριθμός από αυτά (>60%, αδημοσίευτα δεδομένα) αδέλφωσε, δίνοντας ένα ακόμη φυτό με σπάδικα. Το επόμενο έτος η απόδοση δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων, παρόλο που ο αριθμός των φυτών ήταν μικρότερος στα τεμάχια της κατευθείαν σποράς σε σχέση με τον μάρτυρα (6472 έναντι 7719 φυτά/στρ.). Πιθανόν αυτό να οφειλόταν στη μικρή αρχική διαφορά των φυτών κατά 16,5% μεταξύ τους, σε συνδυασμό με το φαινόμενο του περιθωρίου. Σε ανάλογα πειράματα αραβοσίτου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση του αραβοσίτου μεταξύ διαφορετικών καλλιεργητικών τεχνικών του εδάφους πριν την σπορά [17].

Ανάλυση χρόνου και καυσίμου. Η ανάλυση χρόνων και καυσίμου έδειξε ότι στη φάση της προετοιμασίας του εδάφους και της σποράς υπάρχει μια πραγματικά σημαντική οικονομία χρόνου και καυσίμου (πίνακας 2).

Πίνακας 2. Ανάλυση χρόνων, καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας στις δύο μεθόδους κατεργασίας.

Έτος	Τεχνική κατεργασίας	Κατεργασία και σπορά		Λοιπές εργασίες		Σύνολο εργασιών	
		Χρόνος (h/στρ)	Κατανάλωση (l/στρ)	Χρόνος (h/στρ)	Κατανάλωση (l/στρ)	Χρόνος (h/στρ)	Κατανάλωση (l/στρ)
1998	Κλασική (μάρτυρας)	0,80	5,76	4,70	45,24	5,50	51,00
	Κατευθείαν σπορά (% μάρτυρα)	0,24 30,00	0,91 15,80	4,50 95,75	44,32 97,97	4,74 86,18	45,23 88,69
	Ηλεκτρ. ενέργεια (kwh/στρ)		274,70				274,70
1999	Κλασική (μάρτυρας)	0,52	2,88	4,58	44,12	5,10	47,00
	Κατευθείαν σπορά (% μάρτυρα)	0,25 48,01	0,88 30,55	4,38 95,63	43,20 97,92	4,63 90,78	44,08 93,79
	Ηλεκτρ. ενέργεια (kwh/στρ)		39,50		196,50		236,00

Όσον αφορά το χρόνο, στην κατευθείαν σπορά περιορίζεται στο 30,0% το 1998 και 48,0% το 1999 του χρόνου του μάρτυρα, ενώ όσον αφορά το καύσιμο περιορίζεται στο 15,8% το 1998 και 30,5% το 1999 του μάρτυρα. Κατά το έτος 1998 υπήρξε στον μάρτυρα διπλάσια κατανάλωση καυσίμου, καθώς και μεγαλύτερος χρόνος απασχόλησης απ' ό,τι το 1999. Αυτό οφειλόταν στις ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες του χωραφιού (ξηρό-βώλοι), με αποτέλεσμα να χρειασθεί μεγαλύτερη κατεργασία (φρέζα). Παρόλη την πρόσθετη κατεργασία ο αριθμός των φυτών καθώς και η απόδοση ήταν μικρότερα από ό,τι το 1999

(πίνακας 1). Η δυσχέρεια της κατεργασίας που παρατηρήθηκε το 1998, δεν υπήρξε το επόμενο έτος (1999). Αυτό συνέβη διότι αμέσως μετά τη συγκομιδή του σίτου τα αγροτεμάχια αρδεύτηκαν και έτσι βελτιώθηκε σημαντικά η δυνατότητα της κατεργασίας του εδάφους, καθώς και η εφαρμογή της κατευθείαν σποράς, με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των φυτών και της απόδοσης το 1999.

Στο σύνολο των εργασιών διαμορφώθηκε διαφορά καυσίμου υπέρ της κατευθείαν σποράς 11,3% το 1998 και 6,2% το 1999 και διαφορά χρόνου 13,8% το 1998 και 9,2% το 1999. Το 1998 η διαφορά αυτή ήταν σχεδόν διπλάσια. Αυτό οφειλόταν, όπως προαναφέρθηκε, στην πρόσθετη κατεργασία του εδάφους στον μάρτυρα, που απαιτήθηκε πριν τη σπορά, καθώς και στο σκάλισμα του μάρτυρα μεταφυτρωτικά. Το 1997 σε ανάλογο πείραμα η διαφορά καυσίμου και χρόνου υπέρ της κατευθείαν σποράς ήταν 4,3% και 6,1% αντίστοιχα [7].

Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτήθηκε για άρδευση ήταν 274,7 kwh/στρ. το 1998, 236,0 kwh/στρ. το 1999. Η μικρότερη κατανάλωση το έτος 1999 οφειλόταν στη μείωση των αρδεύσεων κατά μία, λόγω βροχόπτωσης που παρατηρήθηκε, κατά την καλλιεργητική περίοδο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ο αριθμός των φυτών ήταν μικρότερος στην κατευθείαν σπορά από ό,τι στην κλασική. Η απόδοση σε συνολική βιομάζα ήταν μικρότερη στην κατευθείαν σπορά το πρώτο έτος του πειράματος, ενώ το δεύτερο δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο καλλιεργητικών τεχνικών.
2. Η μειωμένη απόδοση σε βιομάζα, λόγω του μικρού αριθμού των φυτών ανά στρέμμα, δεν είναι ανάλογη του αριθμού των φυτών, λόγω του φαινομένου του «περιθωρίου».
3. Έλλειψη υγρασίας κατά τη φάση προετοιμασίας και σποράς δημιουργεί δυσχέρεια στην ανάπτυξη των φυτών με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης.
4. Υπάρχει σημαντική μείωση χρόνου και εισροών ενέργειας κατά το στάδιο της εγκατάστασης της καλλιέργειας. Η μείωση του χρόνου εγκατάστασης στην επίσπορη καλλιέργεια αραβοσίτου, μετά από χειμερινά σιτηρά, αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιτυχίας της καλλιέργειας, διότι προωμίζει η συγκομιδή και συχνά αποφεύγονται προσβολές από έντομα (*Sesamia cretica*, *Pyrausta nubilalis*), που προσβάλλουν τα όψιμα φυτά, μειώνοντας την ποσότητα, αλλά υποβαθμίζοντας και την ποιότητα του ενσιρώματος.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allmaras, R.R., Copeland, S.M., Power J.F. and Tanaka, D.L. 1994. Conservation tillage systems in the Central United. *In Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. Edit: M.R. Carter, Lewis Publishers. Boca Raton.
2. Lindwall, C. W., Larney, F. J., Johnstron, A. M. and Moyer, J. R. 1994. Crop management in conservation tillage systems. *In Managing agricultural residues*. Edit: P.W. Unger. Lewis Publishers. Boca Raton.
3. Boisgontier, D., Barthelemy, P., Bordes, J.P. and Lescar, L. 1995. Criteria for choosing implements for minimum tillage practices. *Proceedings: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European Countries*. Giessen, 1995: 143-151.
4. Triplett G. B. and Van Doren, D. M. Jr. 1977. Agriculture without tillage. *Sci. Am.* 236: 28-33.
5. Uri, N. D. 1997. The implications of energy and other input use for conservation tillage. *Intern. J. Energy Res.* 21: 429-446
6. Uri, N. D. 2000. An evaluation of the economic benefits and costs of conservation tillage. *Environ. Geology.* 39: 238-248.
7. Λιθουργίδης, Α.Σ. και Τσατσαρέλης, Κ.Α. 1998. Καλλιέργεια επίσπορου αραβοσίτου με το σύστημα της κατευθείαν σποράς. *Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Τόμος εισηγήσεων Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος*. Αθήνα, σελ. 81-88.
8. Λιθουργίδης, Α.Σ. και Τσατσαρέλης, Κ.Α. 2003. Καλλιέργεια μαλακού σίτου (*Triticum aestivum* L.) με τεχνικές μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. *Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γενετικής και Βελτίωσης των Φυτών*. Θεσ/νίκη 2003. (Υπό δημοσίευση).
9. Wall, D. A. and Stobbe, E. H. 1984. The effect of tillage on soil temperature and corn (*Zea mays* L.) growth in Manitoba. *Can. J. Plant Sci.* 64: 59-67.
10. Griffith, D.R., Mannering, J.V. and Box, J.E. 1986. Soil and moisture management with reduced tillage. *In No-tillage and Surface Tillage Agriculture. The Tillage Revolution*. J. Wiley and Sons. New York.
11. Dick, W. A., McCoy, E. L., Edwards, W. M. and Lal, R. 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. *Agron. J.* 83: 65-73.
12. Waggoner, M. G. and Denton, H. P. 1992. Crop and tillage rotations: Grain yield, residue cover and soil water. *Soil Sci. Am. J.* 56: 1233-1237.
13. Shinnery, K. J., Nelson, W. S. and Wang, R. 1994. Effects of residue free band width on soil temperature and water content. *Trans. ASAE.* 37: 39-49.
14. Pierce, F. J., Fortin, M. C. and Staton, M. J. 1992. Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. *Soil Tillage Res.* 24: 149-165.
15. Opoku, G., Vyn, T. J. and Swanton, C. J. 1997. Modified no-tillage systems for corn following wheat on clay soils. *Agron. J.* 89: 549-556.
16. Azooz, R. H., Lowery, B. and Daniel, T. C. 1995. Tillage and residue management influence on corn growth. *Soil Tillage Res.* 33: 215-227.
17. Beyaert, R. P., Schott, J. W. and White, P. H. 2002. Tillage effects on corn production in a coarse-textured soil in Southern Ontario. *Agron. J.* 94: 767-774.
18. Boisgontier, D., Barthelemy, P. and Lescar, L. 1994. Feasibility of minimum tillage practices in France. *Proceedings: Experience with the applicability of no tillage crop production in West-European countries. Workshop I*. Giessen, 1994: 81-92.

19. Ehlers, W. and Chanpein, W. 1994. Approaches toward conservation tillage in Germany. In *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. M.R. Carter, ed. Lewis Publishers. Boca Raton.
20. Tsatsarelis, C.A., 1996. Maize for silage with no-tillage technique in Greece. *Proceedings: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European Countries*. Ciessen, 1996: 91-97.
21. Τσατσαρέλης, Κ.Α. 1996. Παραγωγή αραβοσίτου για ενσίρωση με σύστημα κατευθείαν σποράς σε ακαλλιέργητο έδαφος. *Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου "Εγχειοβελτιωτικά έργα διαχείριση υδατικών πόρων - εκμηχάνιση γεωργίας"*. Λάρισα, σελ. 996-975.
22. Τσατσαρέλης, Κ.Α. 2000. Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς. Θεσσαλονίκη.

ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΞΥΛΟΥ

Π. Καραρίζος, Ε. Καραγιάννης και Π. Εσκίογλου

Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων
Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
541 24 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ελκυστήρες αποτελούν σήμερα μια πολυδύναμη κινητήρια μονάδα που χρησιμοποιούνται σε όλες τις γεωργικές και δασικές εργασίες και ταυτόχρονα πολυσύνθετες μηχανές με πολλά πλεονεκτήματα για τις σύγχρονες εφαρμογές. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε ένας σύγχρονος ελκυστήρας εφοδιασμένος με υδραυλικό κύλινδρο διπλής ενέργειας, για την ανάρτηση παρελκόμενων και φερόμενων εργαλείων και υπολογίστηκε η παραγωγική του ικανότητα σε εργασίες θρυμματισμού του υλικού που προέκυψε από την απομάκρυνση βράχων κατά την εκτέλεση έργων δασικής οδοποιίας και σε εργασίες μετατόπισης του ξύλου.

Λέξεις κλειδιά: σύγχρονοι ελκυστήρες, φερόμενα μηχανικά συστήματα, παραγωγική ικανότητα

TRACTORS WITH MODERN EQUIPMENT IN FOREST ROAD CONSTRUCTION AND WOOD SKIDDING WORKS

P. Kararizos, E. Karagiannis and P. Eskioglou

Department of Forest Technical and Hydronic Workd
School of Forestry and Natural Environment
541 24 Thessaloniki

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

The tractors today are a multi-powerful unit being used in all agricultural and forest works and at the same time are multi-complex machines with many advantages for modern applications. In this paper was studied a modern tractor equipped with a hydraulic cylinder of dual action, for bearing hauled and movable accessories and was calculated its production capacity in shattering works of material arising from rock removal, during the implementation of forest road construction and wood skidding works.

Keywords: modern tractors, bearing mechanical systems, production capacity

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρησιμοποίηση των ελκυστήρων σε συγκεκριμένες δασικές εργασίες ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1930 όταν εμφανίσθηκαν οι πρώτοι αυτοκινούμενοι γεωργικοί ελκυστήρες και η εκμηχάνιση των εργασιών έλαβε επαναστατική μορφή [1, 2]. Στη συνέχεια νέα παρελκόμενα μηχανήματα και ανελκυστήρες άρχισαν να χρησιμοποιούνται με αποτέλεσμα λίγα χρόνια μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η συμμετοχή των ελκυστήρων και των παρελκόμενων μηχανημάτων έγινε απαραίτητη σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάσθηκαν σύγχρονοι ελκυστήρες εφοδιασμένοι με ηλεκτρονικά συστήματα με αποτέλεσμα να είναι πιο αποδοτικοί και με εξαιρετική ποιότητα εργασίας [3].

Στη δασική πράξη οι σύγχρονοι ελκυστήρες καθώς και τα παρελκόμενα και φερόμενα μηχανικά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην προσπάθεια μηχανοποίησης όλων των εργασιών με σκοπό την ταχύτητα εκτέλεσης των έργων, τη μείωση του κόστους παραγωγής και την άριστη ποιότητα των κατασκευών [4].

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν δύο σύγχρονα μηχανικά συστήματα, ο φερόμενος περιστροφικός σπαστήρας OBL'X που διαμορφώνει το υλικό που προκύπτει κατά την απομάκρυνση των βράχων στη δασική οδοποιία και χρησιμοποιείται ως υλικό υπόβασης [5] καθώς και το φερόμενο των άρθρων ελκυστήρα HOLDER C870 σχοινιοβαρούλκο για τη μετατόπιση του ξύλου στο δάσος. [6]. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα ελαφρά μηχανικά συστήματα, φερόμενα η ελκόμενα είναι απαραίτητα εργαλεία και πολύ χρήσιμα γιατί έχουν μικρό κόστος παραγωγής και υψηλές αποδόσεις.[7].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες της έρευνας έγιναν χρονικές σπουδές σε δύο πειραματικές επιφάνειες. Στην Α πειραματική επιφάνεια, όπου μελετήθηκε ο φερόμενος περιστροφικός σπαστήρας OBL'X χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- ο δασικός ελκυστήρας UNIMOG-U900 με το φερόμενο περιστροφικό σπαστήρα OBL'X.(τα τεχνικά στοιχεία φαίνονται στον πίνακα 1)
- η πειραματική επιφάνεια μήκους 1500m και πλάτους 5m σε υπό κατασκευή δασικό δρόμο όπου προηγούμενα έγιναν ανατινάξεις βράχων
- ο εργαστηριακός έλεγχος των συγκεκριμένων υλικών από τις ανατινάξεις των βράχων. Έγινε έλεγχος για τα υλικά που πρέπει να είναι μέσα στις οριζόμενες πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υλικό υπόβασης [5].
- δύο χρονόμετρα και δύο μετροταινίες. Το συνεργείο που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τον χειριστή και δύο εργάτες.

Πίνακας 1. Τεχνικά στοιχεία του δασικού ελκυστήρα UNIMOG-U900 και του φερόμενου σπαστήρα OBL'X

UNIMOG-U900	
Κινητήρας Cwassergekünet	OM 352
Ιπποδύναμη	81KW (110 PS)
Σύστημα διεύθυνσης	Υδροστατικό
Διαστάσεις	Μήκος 4700, πλάτος 1895, ύψος 2560
φερόμενος σπαστήρας OBL'X	
Βάρος συστήματος	185 kg
Διαστάσεις	Μήκος 1,30, πλάτος 2000, ύψος 0,75
Στροφές κοχλία	128 -250/min
Τύπος λεπίδων	L

Στην Β πειραματική επιφάνεια όπου μελετήθηκε ο αρθρωτός ελκυστήρας HOLDER C870 με το φερόμενο σχοινιοβαρούλκο χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- ο αρθρωτός ελκυστήρας HOLDER C870 μαζί με το φερόμενο σχοινιοβαρούλκο (τα τεχνικά στοιχεία φαίνονται στον πίνακα 2)
- η πειραματική επιφάνεια στο δασικό τμήμα 13 του πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη όπου προηγούμενα είχε γίνει υλοτομία.
- τρία χρονόμετρα και δύο μετροταινίες

Το συνεργείο που απασχολήθηκε αποτελείτο από τον χειριστή και δύο εργάτες.

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά του ελκυστήρα HOLDER C870 και του βαρούλκου σύρσης κορμών

UNIMOG-U900	
Κινητήρας	DEUTZ τύπου BT 4L 1011 F
Ιπποδύναμη	51.5 KW (70 PS) στις 2500 min ⁻¹
Ροπή	222 Nm στις 1800 min ⁻¹
Σύστημα διεύθυνσης	Υδροστατικό αρθρωτό με δύο κυλίνδρους διπλής ενέργειας
Κιβώτιο ταχυτήτων	Πλήρες συγχρονιζέ με 12 εμπρόσθιας και 4 οπίσθιας κίνησης ταχύτητες
Μέγιστη ακτίνα στροφής	3.64 m
Διαστάσεις	Μήκος 3530, πλάτος 1620, ύψος 2150
Σχοινιοβαρούλκο	
Διπλός εργάτης με συρματόσχοινο	2 x 5 tn 2 x 70m/Φ12 / 2 x 80m/Φ11
Εμπρόσθιο μαχαίρι φόρτωσης	Ύψος φόρτωσης: 1.9 m Ικανότητα φόρτωσης: 1800 daN

3. ΜΕΘΟΔΟΣ

Πείραμα Α. Οριοθετήθηκαν με πασσάλους τρία τμήματα των 500 m του υπό κατασκευή δρόμου μέσα στην πειραματική επιφάνεια των 1500 m. Επειδή δεν

ήταν δυνατό να διαχωρισθούν όλες οι φάσεις εργασίας χρονομετρήθηκαν μόνον οι διελεύσεις του ελκυστήρα (μετάβαση - επιστροφή) και καταγράφηκαν οι χρόνοι μαζί με τις καθυστερήσεις καθώς και οι όγκοι του υλικού μετά τις διελεύσεις του σπαστήρα και του θρυμματισμένου υλικού. Δεν υπολογίστηκε, λόγω της μεγάλης δυσκολίας το ειδικό έργο του στροφεία [8].

Η ωριαία παραγωγική ικανότητα Q του σπαστήρα OBL'X υπολογίστηκε από τη σχέση [9]:

$$t = \frac{1}{n_e} \cdot \sum \frac{T_i \cdot z_i}{v_i} \text{ ώρες}$$

όπου: t = απαιτούμενος χρόνος σε ώρες

T_i = απόσταση σε km

v_i = ταχύτητα σε km/h

z_i = αριθμός διελεύσεων

και ωριαία παραγωγική ικανότητα q είναι:

$$Q = T_i \cdot b/t \text{ m}^2/\text{h}$$

όπου:

b = το πλάτος εργασίας

Πείραμα Β. Πριν από την έναρξη των χρονομετρήσεων έγινε πρόχειρη αποτύπωση των κορμοτεμαχίων και μετρήθηκε η μέση κλίση της πλαγιάς [10]. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε πυξίδα σπαστή Meridian με κλισίμετρο και μετροταινία.

Τα στοιχεία των χρονικών σπουδών πάρθηκαν σε επιφάνειες που είχε τελειώσει η υλοτομία και η διαμόρφωση των κορμοτεμαχίων και καμία ειδική προετοιμασία δεν έγινε, ούτως ώστε τόσο η κατεύθυνση ρίψης, όσο και η κατανομή των κορμοτεμαχίων στο υλοτόμιο να προσαρμοστούν κατάλληλα για τη μετατόπιση με τον αρθρωτό ελκυστήρα HOLDER C870.

Οι φάσεις εργασίας που χρονομετρήθηκαν ήταν οι εξής:

1. Διαδρομή του δασεργάτη με το άφορτο συρματόσχοινο από τη θέση Α μέχρι τη θέση του κορμοτεμαχίου που πρόκειται να μεταφερθεί
2. Πρόσδεση του κορμοτεμαχίου με το συρματόσχοινο
3. Έλξη του κορμοτεμαχίου μέχρι τη θέση Α του ελκυστήρα
4. Σύρση του κορμοτεμαχίου προσδεμένο στην μεταλλική ποδιά επί του τρακτερόδρομου μέχρι τη θέση Β (χώρος συγκέντρωσης)
5. Αποσύνδεση του κορμοτεμαχίου από το συρματόσχοινο και την μεταλλική ποδιά
6. Επιστροφή του ελκυστήρα στη θέση Α.
7. Διάφορες δικαιολογημένες καθυστερήσεις.

Τα κορμοτεμάχια ήταν αποφλοιωμένα, το έαφος στεγνό και οι συνθήκες εργασίας ευνοϊκές. Χρονομετρήθηκαν συνολικά 41 διαδρομές.

Με βάση την προδειγματοληψία φάνηκε ότι τη μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση του αρθρωτού ελκυστήρα (HOLDER C870) είχε η απόσταση μετατόπισης και λιγότερη ο όγκος του μετατιπιζόμενου κορμοτεμαχίου. Η μέση

κλίση στο χώρο έλξης ήταν 45% και στον τρακτερόδρομο (σύρση) 17%. Η κλίση γενικά επηρέασε την απόδοση των μηχανημάτων.

Ο χρόνος των καθυστερήσεων υπολογίστηκε με τα ληφθέντα στοιχεία σε 13,40%.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πείραμα Α. Από τον εργαστηριακό έλεγχο που έγινε, προέκυψε ότι το υλικό μετά τη θραύση είναι κατάλληλο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπόβαση αφού βρέθηκε ότι έχει αντοχή $CBR = 20$ [5].

Από την επεξεργασία όλων των στοιχείων των χρονικών σπουδών στην Α πειραματική επιφάνεια υπολογίστηκαν ο απαιτούμενος χρόνος t στα τμήματα 1, 2 και 3 ανάλογα με την διανυόμενη απόσταση και τον αριθμό των διελεύσεων. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στον πίνακα 3, 4 και 5.

Πίνακας 3. Υπολογισμός του απαιτούμενου χρόνου t του σπαστήρα OBL'X στα τμήματα 1, 2 και 3

Τμήμα 1					
α/α	Μήκος Εργασίας m	Όγκος υλικού m^3	Επιφάνεια εργασίας m^2	Αριθμός διελεύσεων	Απαιτούμενος χρόνος μαζί με τις καθυστερήσεις $t = \text{min}$
1	50	25	250	4	0,48
2	70	35	350	4	0,50
3	60	30	300	2	0,35
4	40	20	200	4	0,45
5	40	20	200	4	0,37
6	60	30	300	5	0,41
7	50	25	250	3	0,49
8	60	30	300	2	0,38
9	40	20	200	3	0,32
10	30	15	150	3	0,37
Τμήμα 2					
α/α	Μήκος Εργασίας m	Όγκος υλικού m^3	Επιφάνεια εργασίας m^2	Αριθμός διελεύσεων	Απαιτούμενος χρόνος μαζί με τις καθυστερήσεις $t = \text{min}$
11	70	25	250	4	0,48
12	40	35	350	4	0,50
13	50	30	300	2	0,35
14	30	20	200	4	0,45
15	40	20	200	4	0,37
16	60	30	300	5	0,41
17	40	25	250	3	0,49
18	60	30	300	2	0,38
19	50	20	200	3	0,32
20	60	15	150	3	0,37

Τμήμα 3					
α/α	Μήκος Εργασίας m	Όγκος υλικού m ³	Επιφάνεια εργασίας m ²	Αριθμός διελεύσεων	Απαιτούμενος χρόνος μαζί με τις καθυστερήσεις t = min
21	30	15	150	3	0,41
22	50	25	250	2	0,38
23	40	20	200	3	0,37
24	70	35	350	4	0,40
25	40	20	200	2	0,29
26	60	30	300	2	0,32
27	40	20	200	2	0,33
28	60	30	300	4	0,34
29	50	25	250	2	0,31
30	60	30	300	3	0,35

Από την ανάλυση όλων των στοιχείων του πίνακα 3 (τμήματα 1, 2 και 3) υπολογίστηκε η ωριαία παραγωγική ικανότητα του σπαστήρα OBL'X όπως δείχνει ο πίνακας 4.

Πίνακας 4. Ωριαία παραγωγική ικανότητα (Q) στην Α πειραματική επιφάνεια

Τμήματα	Μήκος εργασίας m	Αριθμός διελεύσεων	Απαιτούμενος χρόνος T = n	Ωριαία παραγωγική ικανότητα Q (m ² /h)
1	500	34	6,45	388
2	500	31	6,10	429
3	500	27	5,37	418

Πείραμα Β. Με βάση τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων μελετήθηκε μία ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία εκφράζει την απόσταση προμετατόπισης και μετατόπισης (X) σε μέτρα, γιατί όπως αναφέρθηκε, ο όγκος δεν επηρεάζει το χρόνο μετατόπισης (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Σχέση μεταξύ των παραγόντων που ερευνήθηκαν

Περιπτώσεις	Φάσεις εργασίας	Εξίσωση	Συσχέτιση	Τυπικό σφάλμα
1	X ₁ = μεταφορά συρματόσχοινου	Y = -11,02 + 2,06 · X ₁	0,98	12,64
2	X ₂ = έλξη φορτίου	Y = -11,02 + 2,06 · X ₂	0,94	9,99
3	X ₃ = έμφορτη διαδρομή	Y = -11,02 + 2,06 · X ₃	0,97	10,83
4	X ₄ = άφορτη διαδρομή	Y = -11,02 + 2,06 · X ₄	0,92	10,38

Από την επεξεργασία των στοιχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή δόθηκαν οι μεταβλητοί χρόνοι της εργασίας έλξης-σύρσης του ξύλου με τον αρθρωτό ελκυστήρα HOLDER C870 και της μεταφοράς του συρματοσχοινου και επιστροφής του ελκυστήρα, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.

Από την επεξεργασία των ληφθέντων χρονικών στοιχείων για κάθε φάση διαδρομής προέκυψαν τόσο τα αντίστοιχα στοιχεία αθροισμάτων χρόνου των φάσεων της εργασίας καθώς και άλλων στοιχείων τα οποία φαίνονται στον πίνακα 6.

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 3 για μέση απόσταση προμετατόπισης (έλξης του ξύλου) 45,50 m και μέση απόσταση μετατόπισης (σύρσης του ξύλου στον τρακτερόδρομο) 94 m προέκυψε απόδοση $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πείραμα Α. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι το υλικό που κατεργάστηκε από τον περιστροφικό σπαστήρα OBL X μετά την απομάκρυνση των βράχων στη δασική οδοποιία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό υπόβασης σρους δασικούς δρόμους αφού προηγούμενα έγινε έλεγχος της απαίτησης να είναι μέσα στις οριζόμενες πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές. Ο απαιτούμενος χρόνος t του μηχανήματος καθώς και η ωριαία παραγωγική του ικανότητα επηρεάζονται μόνο από τον αριθμό των διελεύσεων γιατί τα τμήματα 1, 2, και 3 έχουν τις ίδιες διαστάσεις (μήκος 500 m, πλάτος 5 m). Έτσι παρατηρήθηκε (πίνακας 4) ότι:

Στο τμήμα 1 είχαμε το μεγαλύτερο αριθμό διελεύσεων (34) μαζί με τον μεγαλύτερο απαιτούμενο χρόνο t (6,45) αλλά και την μικρότερη ωριαία παραγωγική ικανότητα ($388 \text{ m}^3/\text{h}$), στο τμήμα 3 είχαμε τον μικρότερο αριθμό διελεύσεων (27) μαζί με τον μικρότερο απαιτούμενο χρόνο t (5,37), αλλά την μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα ($418 \text{ m}^3/\text{h}$), ενώ στο τμήμα 2 είχαμε μέσες τιμές διέλευσης (31), απαιτούμενο χρόνο t (6,10) και ωριαία παραγωγική ικανότητα ($429 \text{ m}^3/\text{h}$). Ο αυξημένος αριθμός των διελεύσεων εξαρτήθηκε άμεσα από το πλάτος καταστρώματος (5 m) ενώ το πλάτος του σπαστήρα ήταν 2,00 mm. Απαιτήθηκαν διπλές και τριπλές διελεύσεις για να καλυφθεί όλο το πλάτος της διάστρωσης.

Η απόδοση του σπαστήρα OBL X κρίθηκε ικανοποιητική (μέσος όρος $411 \text{ m}^3/\text{h}$) στη συγκεκριμένη πειραματική επιφάνεια επειδή το μηχανήμα είναι εξοπλισμένο με σύγχρονα ηλεκτρονικά και υδραυλικά συστήματα που απαιτούνται για την καλή ποιότητα της εργασίας και το χαμηλό κόστος. Η υψηλή απόδοση του μηχανήματος εξαρτήθηκε και από την ικανότητα του χειριστή.

Πείραμα Β. Από τα στοιχεία της μελέτης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο εργασίας του αρθρωτού ελκυστήρα HOLDER C870 είναι κατά κύριο λόγο η απόσταση

προμετατόπισης και μετατόπισης του ξύλου, ενώ ο όγκος του κορμοτεμαχίου δεν επηρεάζει το χρόνο (πίνακας 5).

2. Τα ποσοστά % του καθαρού χρόνου εργασίας ανέρχονται για την έλξη σε 24,21% για τη σύρση πάνω στον τρακτερόδρομο σε 28,30%, για τη μεταφορά του συρματόσχοινου σε 17,53% και για την επιστροφή του ελκυστήρα σε 20,18 (πίνακας 6).

Η μέση απόδοση του μηχανήματος με βάση τις συνθήκες της έρευνας, υπολογίστηκε σε 3,27 m³/h, η οποία θεωρείται ικανοποιητική για τις ελληνικές συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γαβριηλίδης, Σ. 1971. Χωματουργικά μηχανήματα. Διδακτικό βιβλίο. Θεσ/νίκη.
2. Τσατσαρέλης, Κ. 1997. Γεωργικοί ελκυστήρες. Διδακτικό βιβλίο. Θεσ/νίκη.
3. Τσατσαρέλης, Κ. 2000. Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς. Διδακτικό βιβλίο. Θεσ/νίκη.
4. Καραγιάννης, Ε. 1991. Διάνοξη δάσους με τη μέθοδο της δικτυωτής ανάλυσης σε συνδυασμό με την οικονομικοτεχνική μετατόπιση του ξύλου και με άλλες δασοπονικές δραστηριότητες σε ορεινά δάση της Ελλάδος. Διδακτ. Διατριβή. Θεσ/νίκη.
5. Εσκίογλου, Π. 1998. Εδαφομηχανική και θεμελιώσεις. Παν/κές παραδόσεις. Θεσ/νίκη.
6. Kararizos, P.B., E.A. Karagiannis, A.G. Stergiadou. 2000. Forstliche Knickschlepper in griechenland. (Δασικοί αρθρωτοί ελκυστήρες στην Ελλάδα). *Internatioanal Scientific Conference "Forest and Wood Tehnology vs. Environment", 22-23 November 2000*, Proceedings p. 159-164, Dept. of Forest and Forest Products Technology. Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel Univrsity of Agriculture and Forestry in Brno, Czech. Republic.
7. Καραρίζος, Π. 1998. Εφαρμογές μηχανημάτων στα Υδρονομικά και Δασοτεχνικά Έργα. Διδακτικές Σημειώσεις. Θεσ/νίκη.
8. Bernacki, H., J. Haman, Cz. Kanaforjski. 1972. Agricultural machines. Theory and Construction. Vol. I. Warsaw.
9. Εφραιμίδης, Χ. 1999. Δομικές μηχανές. Διδακτικό βιβλίο. Αθήνα.
10. Stergiadis, G., Karagiannis, E. P. Kararizos 1994. Rücken mit Schlppern in den Bergwäldern Griechenlands. 28th *Internationales Symposium "Mechnisierung der Waldarbeit, 28.8-2.9.84* in Langnau i. E., Schweiz, Hochschulverlag Agan der ETH Züriche, 15-32 S.

Πίνακας 6. Πίνακας με όλους τους χρόνους εργασίας κατά τη μετατόπιση του ξύλου με τον ελκυστήρα HOLDER C870

Στοιχεία	Κορμοτεμάχια		Μέση απόσταση m		Ελάχιστη και μέγιστη απόσταση		Αριθμός διαδρομών	Συνολικός χρόνος εργασίας σε sec								
	Ποσότητα-	Αριθμός	Έλξη	Σύρση	Έλξη	Σύρση		Προμετατόπιση			Μετατόπιση			Συνολικός χρόνος εργασίας	Καθυστερήσεις	Σύνολο χρόνου
								Μεταφορά συρματοσχοινού	Πρόσδεση	Έλξη φορτίου	Έμφορτη διαδρομή	Αποσύνδεση	Άφορτη διαδρομή			
1	2	3	4		5		6	7	8	9	10	1	12	13=7+8+9+10+11=12	14	15=13+14
Συνολικά	19,85	79	45,49	94,14	5 bis 76	25 bis 180	41	3381	779	4668	5458	1107	3890	19283	2584	21867
Ανά διαδρομή	0,48	1,93	45,49	94,14	5 bis 76	25 bis 180	1	82,46	19	113,85	133,12	27	94,88	470,32	63,02	533,34
Επί τοις % του καθαρού χρόνου								17,53	4,04	24,21	28,30	5,74	20,18	100	13,40	113,40

ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΦΘΟΡΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Π. Χ. Εσκίογλου, Β. Α. Καραγιάννης και Π. Β. Καραρίζος

Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων,
Τμήμα Δασολογίας, Α.Π.Θ.,
54006 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων και μηχανημάτων στο αγροτοδασικό περιβάλλον, ευθύνεται για μία σειρά προβλημάτων, επιβάρυνσης και διάβρωσης του εδάφους και υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Στην εργασία αυτή, με επί τόπου μετρήσεις και από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων στο πρόγραμμα (STP) , ερευνάται πως και πόσο εξαρτάται η παραμόρφωση του εδάφους από τις μηχανικές ιδιότητες του ,από τη σύνθεση της κυκλοφορίας, τον τύπο και την πίεση των ελαστικών των οχημάτων. Τέλος προτείνεται εκείνος ο τύπος οχήματος , τα χαρακτηριστικά του οποίου προκαλούν τη μικρότερη παραμόρφωση σε σχέση με τη μεταφερόμενη ποσότητα .

Λέξεις κλειδιά: δασόδρομος , παραμόρφωση, μεταφορά , ισοδύναμοι άξονες, ελαστικά

THE REDUCTION OF DAMAGES ON FOREST ROADS WHICH ARE CAUSED BY MEANS OF TRANSPORT

P. Ch. Eskioglou, E. A. Karagianis and P. B. Kararizos

Department of Forestry Engineering and Road Construction
School of Forestry, Aristotle University,
54006 Thessaloniki, Greece.

ABSTRACT

The circulation of heavy vehicles and machines in the agroforest environment, is responsible for a series of problems that leads to the downgrading of wider environment. In this work, through program STP and by on the spot measurements, is investigated the effect of mechanic attributes of soil, composition of circulation of the above vehicles, press and pressure of their tyres in the aggravation of soil. Finally become proposals for the type and the characteristics of vehicle that will cause the smaller deformity concerning the transported quantity

Keywords: forest road ,deform, means of transport, equivalent axles, pressure of tyres

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο αγροτοδασικό περιβάλλον κινούνται μηχανήματα συγκομιδής και οχήματα μεταφοράς προϊόντων που επιβαρύνουν το έδαφος μεταβάλλοντας τη δομή του, μειώνοντας τη βατότητά του, και επιταχύνοντας τη διάβρωσή του και τη μελλοντική υποβάθμιση του περιβάλλοντος [10,5]. Η ελαχιστοποίηση των παραπάνω αρνητικών φαινομένων πετυχαίνεται με τη διερεύνηση κάποιων παραγόντων όπως η περιεχόμενη υγρασία, η μύζηση, η κλίση του δρόμου, ο τύπος του εδάφους και κυρίως ο κυκλοφοριακός φόρτος.

Βρέθηκε ότι το βάθος βύθισης τροχών στο έδαφος και η επιφάνεια επαφής των τροχών των μέσων μεταφοράς είναι ανάλογη της υγρασίας του εδάφους [12,9]. Αντίθετα αύξηση της μύζησης του εδαφικού νερού μειώνει το βάθος βύθισης σε ιλυοαργιλώδη εδάφη όχι όμως και σε πηλοαμμώδη. [11].

Από την άλλη, ο κυκλοφοριακός φόρτος και ειδικότερα η σύνθεση, ο τύπος και η υπέρβαρη κατανομή των αξόνων, καθώς και οι διαστάσεις και οι πιέσεις των ελαστικών των διαφόρων οχημάτων μεταφοράς αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία επιβάρυνσης των εδαφών [6]. Ο ακριβής υπολογισμός του κυκλοφοριακού φόρτου δεν γίνεται με το συνολικό βάρος των οχημάτων, αλλά με μία και μόνη έκφραση αυτή των Ισοδυνάμων Αξόνων (Ι.Α.) που υπολογίζεται από μαθηματικές σχέσεις σε συνάρτηση με την πίεση των ελαστικών και τη φθορά που επιφέρουν στο έδαφος [1,13].

Από τα διάφορα οχήματα, τα φορτία των φορτηγών υπολογίστηκε ότι επιβαρύνουν τους δασικούς δρόμους μέχρι και πέντε φορές περισσότερο από αυτά των γεωργικών και των μηχανημάτων μετατόπισης [2]. Από τους τύπους των φορτηγών, οι κινητήριοι τροχοί των τριαξονικών και κάποιων τύπων τετραξονικών, βρέθηκε ότι επιβαρύνουν λιγότερο το έδαφος (0,1Μpa) από ότι τα διαξονικά (0,2Μpa) [3,7,8], ενώ τα υπερφορτωμένα αξονικά φορτία επιβαρύνουν το έδαφος μέχρι και 60% παραπάνω από ότι τα κανονικά φορτία, επιβαρύνοντας το κόστος μεταφοράς μέχρι και 40% [4]. Τέλος το βάθος βύθισης των τροχών και η επιβάρυνση των εδαφών αυξάνεται με την αύξηση των διαδρομών και με τη μείωση της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων [10].

Σκοπός της εργασίας είναι να υπολογιστεί η επιβάρυνση των δασικών δρόμων ανά m^3 μεταφερόμενης ξυλείας από τα μέσα συγκομιδής και μεταφοράς, και να μελετηθεί η επίδραση του τύπου του εδάφους, της υγρασίας, του τύπου και της πίεσης των ελαστικών στον περιορισμό των φθορών αγροτοδασικών εδαφών από τη διέλευση των παραπάνω οχημάτων.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο και τον Αύγουστο του 2002 στα αγροτοδασικά εδάφη και στον συλλεκτήριο δασικό δρόμο Ι του συμπλέγματος Πευκωτού Αριδαίας στο οποίο κυριαρχούν τα είδη *Fagus Sylvatica* (75%) και *Abies alba* – *Pinus nigra, silvestris* (20%). Η περιοχή έχει έκταση 7700ha, ξυλαπόθεμα 1250000 m^3 και χαρακτηρίζεται από ασβεστολιθικό και γρανιτικό

γεωλογικό υπόβαθρο χαμηλής και μέτριας αντοχής, ισχυρές εγκάρσιες κλίσεις μέχρι 70% , έντονες βροχοπτώσεις, χαμηλές θερμοκρασίες και παγετούς κατά τους χειμερινούς μήνες. Κατά τις δύο περιόδους της έρευνας η μέση θερμοκρασία ήταν 11°C και 23 °C, το δε μέσο μηνιαίο ύψος βροχής 105 και 40mm αντίστοιχα. Από τον συγκεκριμένο δρόμο, μήκους 12Km , ετησίως μεταφέρεται από φορτηγά και συγκομιστές λήμμα 20000 m³

Για τη διερεύνηση της ελαχιστοποίησης των φθορών των εδαφών, σχηματίστηκαν οι καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισής τους ,υπολογίστηκε η υγρασία με τη μέθοδο AASHTO T-217 , τα όρια Atterberg και η αντοχή τους με τη δοκιμή CBR. Στη συνέχεια καταγράφηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά (μικτό και ωφέλιμο φορτίο, διαστάσεις και πιέσεις των ελαστικών, πίεση του εδάφους) των απλών και αρθρωτών ελκυστήρων –φορτωτών , τύπου Franklin , Timberjack και Forwarder , καθώς και των βαρέων φορτηγών που κινούνται στο χώρο της έρευνας.

Με τη βοήθεια του προγράμματος STP μετατράπηκαν τα κυκλοφορούντα αξονικά φορτία σε ισοδύναμους άξονες , (I.A.) για τιμές πίεσης των ελαστικών τους 80 και 100 psi. Με βάση τις τιμές αυτές, υπολογίζονται οι συνολικοί (I.A.) του κάθε οχήματος , που σε σχέση με το μεταφερόμενο φορτίο από κάθε ένα ξεχωριστά, μετρήθηκαν οι I.A. που μεταφέρουν 1m³ ξυλείας, αριθμός διαφορετικός για κάθε όχημα που εκφράζει τη φθορά του δρόμου και του εδάφους στη μονάδα της μεταφερόμενης ποσότητας ξυλείας.

Από τις διελεύσεις των οχημάτων , υπολογίστηκε επιτόπου το αποτύπωμα των τροχών (επιφάνεια επαφής) στο έδαφος , καθώς κινούνται σε εδάφη διαφορετικής αντοχής και περιεχόμενης υγρασίας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για ταχύτητες κυκλοφορίας 10 και 20Km /h .

Τέλος μετρήθηκε με κάθετους κανόνες το βάθος βύθισης του εδάφους από τους τροχούς , σε διαφορετικές συνθήκες υγρασίας, άνοιξης και θέρους ,καθώς τα οχήματα έφεραν ελαστικά με τις πιέσεις και τις διαστάσεις που δίνει ο κατασκευαστής αλλά και φαρδύτερα με μικρότερες πιέσεις.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την εδαφομηχανική εξέταση των εδαφών βρέθηκε ότι στην περιοχή του ασβεστόλιθου επικρατούν τα αργιλώδη εδάφη (CL) ,με αντοχή CBR = 3 , ενώ η περιεχόμενη υγρασία μετρήθηκε 33% την άνοιξη και 20% το θέρος. Σε θέσεις με γρανιτικό υπόβαθρο κυριαρχούν τα πηλώδη και αμμοαργιλώδη εδάφη (SC-CL), αντοχής CBR =5 και με εδαφική υγρασία 20 και 12% αντίστοιχα.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαφόρων οχημάτων έρευνας που κυκλοφορούν και επιβαρύνουν το αγροτοδασικό περιβάλλον καθώς μεταφέρουν τα γεωργικά και δασικά προϊόντα. Ειδικότερα δίνονται τα κυριότερα αξονικά φορτία , οι διαστάσεις και οι πιέσεις των ελαστικών τους , η επιφάνεια επαφής (αποτύπωμα τροχών) καθώς και η πίεση που εξασκούν αυτά επί του εδάφους υπό κανονικές συνθήκες φόρτωσης και υγρασίας .

Η επιφάνεια επαφής Ε των τροχών μετρήθηκε επί τόπου και το αποτέλεσμα των μετρήσεων έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με τα μεγέθη που προκύπτουν από τη σχέση : $E = 0,5227 \cdot L^2$ όπου L είναι το μήκος του αποτυπώματος του τροχού που έχει διάμετρο πέλματος ίση με 0,6L.[13]

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.Τεχνικά χαρακτηριστικά μέσων μεταφοράς

Τύπος οχήματος	Αξονικά φορτία KN	Μέγεθος ελαστικού mm	Πίεση ελαστικού bar	Επιφάνεια επαφής cm ²	Πίεση Εδάφους KPa
Φορτηγά	60 - 130	315/ R 560	7 – 8,5	1460	200 - 500
Forwarder	72 - 48	570 /R 650	2	4693	51 - 72
Franklin	34 - 23	450/ R 650	2	2925	39 - 58
Timberjack	72 - 45	600 /R 800	2	5227	43 - 69

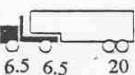
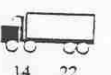
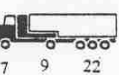
Στον Πίνακα 2 φαίνεται η μετατροπή – από την επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή- των κυριότερων κυκλοφορούντων αξονικών τύπων και φορτίων σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) όταν τα ελαστικά τους έχουν πίεση 5,5 και 7 bar ή 80 και 100psi αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μετατροπή αξονικών φορτίων σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) για πίεση ελαστικών 80 και (100) psi,

Φορτίο άξονα	Συντελεστές		ισοδυναμίας		ανά τύπο άξονα
KN	Μονός με μονά ελαστικά		Μονός με ελαστικά	διπλά	Δίδυμος με διπλά ελαστικά
44.5	0.45	(0.76)	0.33	(0.55)	0.13 (0.21)
60	0.80	(1.40)	0.59	(0.70)	0.21 (0.35)
65	0.87	(1.44)	0.62	(1.10)	0.24 (0.40)
70	0.92	(1.60)	0.80	(1.25)	0.3 0 (0.50)
90	1.70	(2.50)	1.22	(2.04)	0.47 (0.78)
130	3.21	(5.36)	2.50	(3.80)	0.90 (1.50)
200			5.50	(9.20)	2.10 (3.50)
220					2.50 (4.20)
220					
220	Τρίδυμος με		διπλά ελαστικά		1.20 (2.20)

Από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων των δύο παραπάνω Πινάκων , σχηματίστηκε ο Πίνακας 3, στον οποίο φαίνεται η μετατροπή του συνολικού βάρους του κάθε φορτηγού σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) -όταν τα ελαστικά τους έχουν πίεση 80 και (100) psi. - και πόσοι I.A.από κάθε όχημα μεταφέρουν 1m³ ωφέλιμου φορτίου .

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. (I.A.) που απαιτούνται, για κάθε μεταφερόμενο m³ από φορτηγά με διάφορες πιέσεις.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ Κατανομή Άξόνων $\text{KN} \cdot 10^{-1}$	Ι.Α. / άξονα (συνολικά) για πίεση ελαστικών 80psi	Ι.Α. / άξονα (συνολικά) για πίεση ελαστικών 100 psi	Φορτίο που μεταφέρεται συνολικά και από (1 Ι.Α.) (80) (100)psi m^3	Ι.Α. που μεταφέρουν 1 m^3 για πίεση 80 και (100)psi η
1	2	3	4	5
	0.8 / 2.5 (3.3)	1.4 / 4.2 (5.6)	16 (4.8) (2.85)	0.20 (0.35)
	0.8 / 2.1 (2.9)	1.4 / 3.5 (4.9)	23 (7.9) (4.7)	0.12 (0.21)
	2 * 0.87 / 2.2 (3.94)	1.5 / 1.5 / 3.5 (6.5)	27 (6.8) (4.1)	0.14 (0.24)
	1.5 / 2.5 (4)	2 / 4.2 (6.2)	34 (8.5) (5.5)	0.11 (0.18)
	0.9 / 1.7 / 1.2 (3.82)	1.6 / 2.5 / 2.2 (6.3)	35 (9.1) (5.5)	0.109 (0.18)

Στους Πίνακες 4 και 5 παρουσιάζονται τα βάθη βύθισης των τροχών στο έδαφος σε σχέση με τον αριθμό των διαδρομών ενός συγκομιστή Franklin που χρησιμοποιείται στις δασικές εργασίες στην περιοχή του αβεστόλιθου (Πίνακας 4) και στην περιοχή του γρανίτη (Πίνακας 5) τόσο κατά την περίοδο της άνοιξης όσο και του θέρους.

Και στις δύο περιοχές έρευνας οι μετρήσεις έγιναν με το όχημα να κυκλοφορεί με τροχούς που είχαν πλάτος επαφής d και πιέσεις p ελαστικών, αυτές που δίνει ο κατασκευαστής ($d = 450\text{mm}$, $p = 2$ ή $1,5 \text{ bar}$), αλλά και με τροχούς φαρδύτερους της τάξης των 600mm και τιμές πίεσης $1,2$ και $1,5\text{bar}$.

Τέλος από τον Πίνακα 6 φαίνεται η μεταβολή των αποτυπωμάτων επιφάνειας επαφής των ελαστικών ενός φορτηγού στο έδαφος, καθώς αυτό κινείται και σε αργιλώδες και σε αμμοαργιλώδες έδαφος χαμηλής και μέσης αντοχής CBR, με διάφορες τιμές εδαφικής υγρασίας και με ταχύτητα κίνησης 10 και 20Km/h .

Πίνακας 4 . Σχέση βάθους βύθισης τροχών και του αριθμού διαδρομών του Franklin για διάφορες διαστάσεις και πιέσεις ελαστικών σε ασβεστολιθικό υπόβαθρο με εδαφική υγρασία 20% και (30%)

Αριθμός διαδρομών	Βάθος βύθισης τροχών (Παραμόρφωση) σε cm			
	Πλάτος επαφής ελαστικών 450 mm		Πλάτος επαφής 600 mm	
	Πίεση 1,5 bar	Πίεση 2,0 bar	Πίεση 1,2 bar	Πίεση 1,5 bar
1	4,0 (5,2)	4,3 (6,0)	2,2 (3,8)	2,4 (4,5)
2	4,8 (5,8)	5,4 (6,3)	3,1 (4,0)	3,5 (5,0)
3	5,3 (6,3)	5,9 (6,9)	3,8 (4,5)	4,0 (5,2)
4	5,8 (6,9)	6,3 (7,5)	4,0 (4,8)	4,3 (5,5)
5	6,0 (7,6)	6,6 (8,2)	4,5 (5,0)	5,0 (5,8)

Πίνακας 5 . Σχέση βάθους βύθισης τροχών και αριθμού διαδρομών του Franklin για διάφορες διαστάσεις και πιέσεις ελαστικών σε γρανιτικό υπόβαθρο με εδαφική υγρασία 20% και (30%)

Αριθμός διαδρομών	Βάθος βύθισης τροχών (Παραμόρφωση) σε cm			
	Πλάτος επαφής ελαστικών 450 mm		Πλάτος επαφής 600 mm	
	Πίεση 1,5 bar	Πίεση 2,0 bar	p =1,2 bar	p =1,5 bar
1	2,1 (2,3)	2,4 (2,6)	1,7 (1,8)	1,9 (2,1)
2	2,3 (2,8)	2,7 (3,0)	1,9 (2,4)	2,2 (2,7)
3	2,8 (3,4)	3,3 (3,6)	2,4 (2,8)	2,6 (3,3)
4	3,5 (3,9)	3,6 (4,1)	2,6 (3,3)	2,9 (3,7)
5	3,7 (4,3)	4,0 (4,6)	2,8 (3,5)	3,1 (4,0)

Πίνακας 6. Μεταβολή των αποτυπωμάτων της επιφάνειας επαφής του συγκομιστή Franklin στους τόπους έρευνας, σε σχέση με την εδαφική υγρασία και τη διαφορετική ταχύτητα κίνησης

Τύπος οχήματος	Επιφάνεια επαφής τροχών σε cm ²
	Ταχύτητα 10 Km/h Ταχύτητα 20Km/h

Franklin	Ασβεστόλιθος	Γρανίτης	Ασβεστόλιθος	Γρανίτης
450/R650	Υγρασία 20 (30)%	Υγρασία 12 (20)%	Υγρασία 20 (30)%	Υγρασία 12 (20)%
	2960 (4375)	2925 (3700)	2945 (4100)	2925 (3550)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη διεξαχθείσα έρευνα προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

1. Εξαιτίας της μεγαλύτερης αξονικής φόρτισης και της μικρότερης επιφάνειας επαφής των τροχών των φορτηγών, αυτά επιβαρύνουν πολλαπλάσια το έδαφος από τα λοιπά μηχανήματα και μέσα μεταφοράς.
2. Διατηρώντας την ίδια αξονική φόρτιση αλλά αυξάνοντας την πίεση του ελαστικού κατά 25%, αυξάνεται ο αριθμός των Ισοδυνάμων αξόνων σε ποσοστά 69% στα διαξονικά , 68% στα τριαξονικά και από 55 - 64% στα τετραξονικά.
3. Φορτίο που μεταβιβάζεται σε δίδυμους άξονες με διπλά ελαστικά επιβαρύνει μέχρι και 3,5 φορές λιγότερο το έδαφος από το ίδιο φορτίο που μεταφέρεται από μονό άξονα με μονό ελαστικό και περίπου 2,5 φορές από μονό άξονα με διπλά ελαστικά.
4. Ο τύπος του φορτηγού που προτείνεται να κυκλοφορεί σε αγροτοδοσικό περιβάλλον , γιατί επιβαρύνει λιγότερο το έδαφος κατά τη μεταφορά 1 m³ είναι κάποιοι τύποι τετραξονικών ,τα τριαξονικά και ορισμένοι συρμοί 5 αξόνων .Η επιβάρυνση είναι περίπου 50% λιγότερη από αυτήν που επιφέρει ένα διαξονικό όχημα. Βρέθηκε ότι ένας Ισοδύναμος Άξονας τετραξονικού φορτηγού μεταφέρει 4.1 μέχρι 5.5 m³ ,του τριαξονικού 4.7 m³,όταν ένας Ι.Α. διαξονικού μεταφέρει μόλις 2.85 m³
5. Αυξανόμενη της εδαφικής υγρασίας κατά 50% , αυξάνονται τα αποτυπώματα των τροχών κατά 50% και το βάθος βύθισης των τροχών κατά 30%. Η παραμόρφωση αυξάνεται επίσης κατά 15% καθώς αυξάνεται η πίεση των ελαστικών κατά 33%, ενώ μειώνεται μέχρι 40% καθώς αυξάνονται οι διαστάσεις των πελμάτων των ελαστικών κατά 33%.
6. Το μέγεθος του βάθους βύθισης των τροχών καθώς και η επιφάνεια επαφής των τροχών επηρεάζονται επίσης από την ταχύτητα των κινούμενων οχημάτων. Μειούμενης της ταχύτητας των οχημάτων από 20 στα 10Km/h η επιφάνεια επαφής των τροχών αυξάνεται μέχρι και 5%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AASHTO, 1993. *Guide for design of pavement structures*. American Ass. of state Highway and Transportation Officials, Washington D.C
2. Eskioglou, P., Ch., 1993. Boden und Fahrbahrverformungen von forstwegenunter den Einwirkungen der belastungen von mechanisierungsmitteln. *Proc. Of the XXVII Int. Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit* ,Thessaloniki ,324-332.
3. Eskioglou,P., 1994. Die Wirtschaftlichkeit von Lastwagen -transporten unter

- Berücksichtigung der Belastung und Abnutzung von Waldstrassen. *Proc. Of the XXVIII Int.Symposium Mechanisierung der Waldarbeit*. Langau i.E., 33- 38.
4. Eskioglou ,P., 1995 . The impact of wood transport with overloaded vehicles on the dimension and the duration of road pavements. *Proc.of the Cost Effective Early Thinnings seminar* ,Limoge,,56-63.
 5. Heinimann, H.,R., 1997. .Aggregate -surfaced forest roads - Analysis of Vulnerability due to surface erosion. *Proc. of the IUFRO/ FAO seminar on Forest operation in Himalayan Forests* , Bhutan, 23-31.
 6. Hirt, R.,1996. Technische minimalanforderungen im Wald -und Guterstrassenbau. *Schweiz. Z. Forstwes.* 147 (10). 803-816.
 7. Hirt, R., 1998 . 40 Toner auf Wald -und Guterstrassen. *Schweiz. Z. Forstwes* .149 (1). 33 – 40.
 8. Hirt, R. and Veikko, M., 1999. Die Schadenwirkung verschiedener Lastwagen auf den Strassenoberbau. *Strasse und Verkehr* .243 (8). 54-59 .
 9. Καραγιάννης,Ε. και Καραρίζος, Π.,1996. Συνθήκες πρόσφυσης και παραμόρφωσης των φυσικών εδαφών κατά τη μετατόπιση του ξύλου με ελκυστήρες. *Επιστ.Επετηρ. Δ.Φ.Π.*, ΛΘ (2). 155-162.
 10. Παναγιωτόπουλος, Κ., 1991. *Παραδόσεις Γεωργικής Μηχανικής*.Υπηρεσία Δημοσιευμάτων . Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
 11. Παναγιωτόπουλος, Κ.,Π., και Αλιφέρης , Η., 1990. Η επίδραση της μύζησης εδαφικού νερού και του ρυθμού παραμόρφωσης στη συμπίκνωση δύο αλλουβιακών εδαφών. *Πρακτικά 3^{ου} Εδαφολογικού Συνεδρίου «Προστασία εδαφών – Ποιότητα ζωής»* . Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία . Αθήνα . 59-75.
 12. Shoene , W., 1958. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. *Agricultural Engineering* . 39. 276-290.
 13. Whitcomb ,W., Yapp, M., and Myers, M. 1995. *STP -Surface Thicknes Program-Aggregate Surfacing Design Guide* . USDA - Forest Service.New York.

ΑΡΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Ε. Μυγδάκος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Οργάνωσης και Διαχείρισης
Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων, Αγρίνιο, emygdak@cc.uoi.gr

Γ. Κιτσοπανίδης, Ομότιμος Καθηγητής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσ/νίκης

Θ.Α. Γέμτος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας,
[gemtos@agr.uth.gr](mailto:gemt@agr.uth.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή επιχειρείται ο προσδιορισμός του άριστου χρόνου αντικατάστασης των βαμβάκοσυλλεκτικών μηχανών κάτω από τις ελληνικές συνθήκες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από 62 μηχανές της περιοχής Καρδίτσας, στα οποία εφαρμόστηκαν πέντε μέθοδοι ανάλυσης. Οι τέσσερις μέθοδοι δίνουν παραπλήσια αποτελέσματα, αναφορικά με το χρόνο αντικατάστασης των μηχανών (13^ο μέχρι 15^ο έτος), τις συνολικές ώρες εργασίας (4280 μέχρι 4862) και τα συνολικά στρέμματα συγκομιδής (13585 μέχρι 15611), εκτός μιας που δίνει ως άριστο χρόνο το 17^ο έτος, τις 5353 ώρες εργασίας και τα 17485 στρέμματα συλλογής.

Λέξεις κλειδιά: βαμβάκοσυλλεκτική, άριστος χρόνος αντικατάστασης, δαπάνες, καθαρό εισόδημα

OPTIMUM REPLACEMENT TIME FOR COTTON PICKERS UNDER GREEK CONDITIONS

E. Mygdakos, University of Ioannina, Department of Farm Business Management,
Agrinio, emygdak@cc.uoi.gr

G. Kitsopanidis, Professor emeritus of Aristotelian University of Thessaloniki

T.A. Gemtos, University of Thessaly, Laboratory of Farm Mechanization,
[gemtos@agr.uth.gr](mailto:gemt@agr.uth.gr)

ABSTRACT

In this study an attempt has been made to determine the optimum replacement time for cotton pickers under Greek conditions. For that purpose five methods have been used to analyze the data of 62 pickers working at the Karditsa Prefecture. The analysis has shown that the four methods give similar results regarding the replacement year (13th – 15th), the total working hours (4280 – 4862) and the total hectares harvested (13585 – 15611), except the third method which gives as optimum replacement time the 17th year, the 5353 hours of work and the 17485 hectares harvested.

Keywords: cotton picker, optimum replacement time, expenses, net income

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεταπολεμικά παρατηρήθηκε αθρόα εισαγωγή μηχανών στην ελληνική γεωργία, αρχικά ως γενικής χρήσης μηχανές (π.χ ελκυστήρες), και αργότερα ως μηχανές ειδικής χρήσης (π.χ θεριζοαλωνιστικές, βαμβακοσυλλεκτικές, τευτλοεξαγωγικές, κ.λπ). Η αθρόα εισαγωγή των μηχανών διευκόλυνε την επέκταση ορισμένων κλάδων γεωργικής παραγωγής, συνετέλεσε όμως, σε άλλες περιπτώσεις, στην αύξηση του κόστους παραγωγής. Η αύξηση του κόστους παραγωγής από πλευράς μηχανών, οφείλεται κυρίως στις ετήσιες δαπάνες τους (απόσβεση, τόκος, επισκευές και συντήρηση), ως συνέπεια, είτε του περιορισμένου χρόνου χρήσης τους, είτε της παλαιότητας, σε συνδυασμό με τη μείωση της αξιοπιστίας τους και τις υψηλές δαπάνες επισκευών και συντήρησης [1,2]. Η αύξηση του κόστους γίνεται περισσότερο αισθητή στην περίπτωση απόκτησης των μηχανών με δανεισμό, λόγω υψηλών συμβατικών τόκων και αρκετές φορές λόγω τόκων υπερημερίας [3]). Επειδή η παρουσία των μηχανών στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις είναι συνδεδεμένη με την επέκταση των γεωργικών δραστηριοτήτων και συνεπώς με την αύξηση του εισοδήματος των παραγωγών, εκείνο που επιβάλλεται είναι η καλύτερη δυνατή αξιοποίησή τους. Με τον όρο αυτό εννοούμε την οικονομικότερη σχέση απόδοσης προς τις δαπάνες λειτουργίας των μηχανών, η οποία όμως επιδεινώνεται με την ηλικία αυτών, λόγω μείωσης της απόδοσης και αύξησης των δαπανών. Η σχέση αυτή φέρνει στο προσκήνιο το θέμα του προσδιορισμού του άριστου χρόνου αντικατάστασης των μηχανών.

Το θέμα αυτό, απ' ότι γνωρίζουμε, δεν έτυχε μέχρι σήμερα ειδικής έρευνας, εκτός από κάποιες αναφορές που υπάρχουν στη βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, οι Bowers [4] και Hunt [5] αναφερόμενοι στις συνθήκες των ΗΠΑ θεωρούν ως διάρκεια παραγωγικής ζωής μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής τη 10ετία ή τις 2000-2500 ώρες εργασίας. Οι ίδιοι αριθμοί δίνονται στο Yearbook της American Society of Agricultural Engineers [6]. Ο Sowell [7] επίσης, σε μια θεωρητική μελέτη σχετικά με το θέμα αυτό, προσδιορίζει ως ανώτερο όριο για την αντικατάσταση των μηχανών τις 2000 ώρες εργασίας.

Από ελληνικής πλευράς υπάρχουν επίσης κάποιες αναφορές σχετικά με τον πιθανό χρόνο αντικατάστασης μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής. Οι Σούτερ [8] και Τσατσαρέλης [9] αναφέρονται στα 10 έτη παραγωγικής ζωής και στις 2000 ώρες εργασίας τους. Το Υπουργείο Γεωργίας, εξέδωσε το 1981 πίνακες, στους οποίους αναφέρεται η 10ετία ως πιθανός χρόνος αντικατάστασης μιας μηχανής, με βάση τα στοιχεία των ΗΠΑ. Ακόμη, τα 10 χρόνια παραγωγικής ζωής και οι 2500 ώρες συνολικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτη υπολογισμού του κόστους μηχανικής συλλογής βαμβακιού στην Ελλάδα τη 2ετία 1978-79 [10]. Σε σχετική έρευνα που έγινε στον ελλαδικό χώρο σχετικά με το θέμα της παραγωγικής ζωής των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών, βρέθηκε ότι πολλές από αυτές είχαν ξεπεράσει τη 10ετία και τις 3500 ώρες εργασίας [11], ενώ σε πρόσφατη μελέτη, διαπιστώθηκε μεγάλο ποσοστό μηχανών

ηλικίας πάνω από 15 χρόνια παραγωγικής ζωής, με συνολικές ώρες εργασίας περισσότερες από 5000 [3].

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΑΡΙΣΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το πρόβλημα προσδιορισμού του άριστου χρόνου αντικατάστασης ενός κλάδου παραγωγής (π.χ οπωρώνα), ή ενός μέσου παραγωγής (μηχανήματος), παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον, αφού συνδέεται με το κέρδος μιας γεωργικής επιχείρησης. Για το σκοπό αυτό διατυπώθηκαν κατά καιρούς διάφοροι μέθοδοι προσέγγισης του θέματος, μεταξύ των οποίων σπουδαιότερες είναι οι παρακάτω πέντε, οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν για την περίπτωση των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών.

α) Ο προσδιορισμός του έτους, όπου η συνολική απόσβεση της μηχανής ισοσκελίζεται από τις συνολικές δαπάνες των επισκευών και της συντήρησης αυτής [8,9]

β) Ο προσδιορισμός του έτους, όπου οι δαπάνες αθροιστικά της απόσβεσης, των επισκευών και της συντήρησης της μηχανής ελαχιστοποιούνται ανά ώρα εργασίας και ανά στρέμμα συλλογής βαμβακιού [5,12].

γ) Ο προσδιορισμός του έτους, όπου η αρχική αξία της μηχανής αθροιστικά με τις δαπάνες επισκευών και συντήρησης « holding costs», γίνονται ελάχιστες ανά ώρα εργασίας [13,14,15,16].

δ) Ο προσδιορισμός του έτους, όπου ελαχιστοποιείται αθροιστικά το μέσο συνολικό κόστος της μηχανής ανά ώρα εργασίας και γίνεται ίσο με το μέσο οριακό κόστος [17].

ε) Ο προσδιορισμός του έτους, όπου μεγιστοποιείται αθροιστικά το ετήσιο σταθερό καθαρό εισόδημα της μηχανής [18].

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Τεχνικοοικονομικά δεδομένα, 62 βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών της περιοχής Καρδίτσας της 20ετίας 1983-2002, χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στις ετήσιες ώρες εργασίας των μηχανών, στον αριθμό των συγκομιζόμενων στρεμμάτων ετησίως, στο συλλεκτικό δικαίωμα ανά στρέμμα, στην ετήσια αμοιβή των χειριστών και την ασφάλιση αυτών, στην ετήσια δαπάνη καυσίμων και λιπαντικών, στις ετήσιες δαπάνες (απόσβεσης, επισκευών και συντήρησης, ασφάλιστρων, και τόκων) των μηχανών, στις ετήσιες δαπάνες στέγασης κλπ. Για λόγους σύγκρισης όλα τα οικονομικά δεδομένα δίνονται σε σταθερές τιμές.

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, υπολογίζονται ετησίως αθροιστικά τόσο η απόσβεση της μηχανής όσο και οι δαπάνες επισκευών και συντήρησης αυτής. Η αναπόσβεστη αξία της μηχανής για κάθε έτος της ζωής της και έμμεσα η ετήσια απόσβεση αυτής, υπολογίστηκε ύστερα από στατιστική ανάλυση πραγματικών

στοιχείων πώλησης 45 βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών διαφόρων ηλικιών στη μελετώμενη περιοχή. Από τα στοιχεία αυτά προέκυψε η παρακάτω σχέση

$$Y = e^{-0.506 - 0.0686x}, \quad R^2 = 0.67$$

όπου: Y = ποσοστό επί της αρχικής αξίας της μηχανής,
 x = ηλικία μηχανής σε έτη

Από την άλλη πλευρά, επειδή, οι ετήσιες δαπάνες επισκευών και συντήρησης της μηχανής παρουσιάζουν ανώμαλη εξέλιξη, συναρτήσει της παραγωγικής της ζωής, ομαλοποιήθηκαν με τη χρήση της παρακάτω εξίσωσης, η οποία προέκυψε από πραγματικά δεδομένα

$$Z = 161.46 + 319.36x - 33.71x^2 + 1.27x^3, \quad R^2 = 0.927$$

όπου: Z = ετήσιες δαπάνες επισκευών και συντήρησης της μηχανής,
 x = ηλικία μηχανής σε έτη.

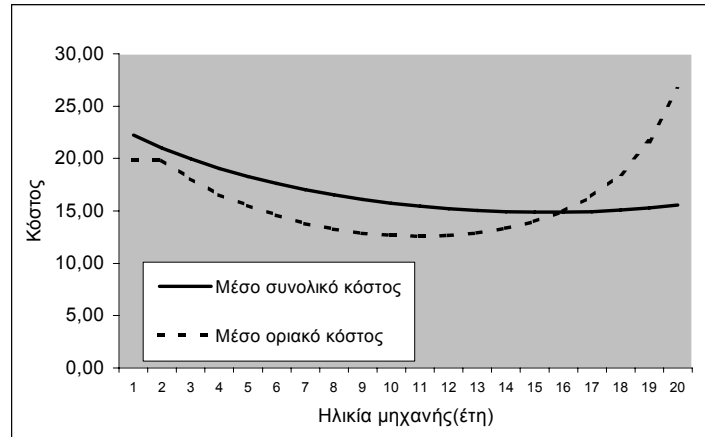
Από τη σύγκριση αθροιστικά της απόσβεσης με τις δαπάνες επισκευών και συντήρησης προέκυψε ότι η ισοσκελίση τους συντελείται μεταξύ 13^{ου} και 14^{ου} έτους της παραγωγικής ζωής της βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής, γεγονός που σημαίνει ότι ο άριστος χρόνος αντικατάστασής της βρίσκεται μεταξύ των δύο αυτών ετών. Τα έτη αυτά εκφραζόμενα σε έκταση συγκομισθέντος βαμβακιού αντιστοιχούν σε 13600-14625 στρέμματα.

Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο, η αντικατάσταση μιας μηχανής συνιστάται τη χρονιά που επιτυγχάνεται το μικρότερο κόστος απόσβεσης, δαπανών επισκευών και συντήρησης, ανά ώρα εργασίας της μηχανής ή ανά στρέμμα συγκομισθέντος βαμβακιού. Το ελάχιστο κόστος ανά ώρα εργασίας (2294 δραχμές), επιτυγχάνεται στις 4280 ώρες, που αντιστοιχούν στο 13^ο έτος της παραγωγικής της ζωής. Αντίθετα, το ελάχιστο κόστος ανά στρέμμα συγκομιδής βαμβακιού (719 δραχμές), επιτυγχάνεται όταν η μηχανή έχει συγκομίσει 15611 στρέμματα, που αντιστοιχούν στο 15^ο έτος της παραγωγικής της ζωής. Από το συνδυασμό αυτών, προκύπτει ότι ο άριστος χρόνος αντικατάστασης της μηχανής βρίσκεται μεταξύ 13^{ου} και 15^{ου} χρόνου (μ.ο.14 χρόνια), έχοντας βέβαια συμπληρώσει 4500 ώρες εργασίας και συγκομίσει 14500 στρέμματα.

Η τρίτη μέθοδος προσδιορισμού του αρίστου χρόνου αντικατάστασης μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής στηρίζεται στο συνδυασμό της αρχικής αξίας αυτής και των δαπανών επισκευών και συντήρησης αθροιστικά, γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία ως «holding costs». Η μέθοδος αυτή εντοπίζει τον άριστο χρόνο αντικατάστασης της μηχανής στο 17^ο έτος και στις 5359 ώρες εργασίας της μηχανής..

Η τέταρτη μέθοδος προσδιορισμού του αρίστου χρόνου αντικατάστασης μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής, αναφέρεται στο ελάχιστο μέσο συνολικό και μέσο οριακό κόστος ανά ώρα εργασίας, που εντοπίζεται στο 15^ο έτος της

παραγωγικής ζωής της μηχανής και στις 4682 ώρες εργασίας. Αυτό επιβεβαιώνεται γραφικά και από την πορεία της καμπύλης του μέσου συνολικού κόστους ανά ώρα εργασίας συναρτήσει των ετών λειτουργίας της και του συνολικού αριθμού ωρών εργασίας (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Μέσο συνολικό και μέσο οριακό κόστος βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής

Η πέμπτη μέθοδος προσδιορισμού του άριστου χρόνου αντικατάστασης μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής σχετίζεται με το χρόνο που επιτυγχάνεται αθροιστικά το μέγιστο ετήσιο σταθερό καθαρό εισόδημα από τη λειτουργία της μηχανής. Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται από τη μια πλευρά η ακαθάριστη πρόσοδος και από την άλλη το άμεσο κόστος της βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής συναρτήσει της παραγωγικής της ζωής. Η ετήσια διαφορά ακαθάριστης προσόδου και άμεσου κόστους μας δίνει το ετήσιο καθαρό εισόδημα και σ' αυτό προστίθεται η ετήσια αναπόσβεστη αξία της μηχανής. Τα προκύπτοντα ετήσια αθροίσματα (αρνητικά ή θετικά) ανάγονται σε τιμές του 1^{ου} έτους παραγωγικής ζωής της μηχανής δια μέσου συντελεστών προεξόφλησης για να είναι συγκρίσιμα. Στη συνέχεια γίνονται προσθέσεις και αφαιρέσεις από έτος σε έτος αθροιστικά και δια μέσου συντελεστού μετατροπής προεξοφλημένου καθαρού εισοδήματος υπολογίζεται πάλι αθροιστικά το ετήσιο σταθερό καθαρό εισόδημα. Το μέγιστο ετήσιο σταθερό καθαρό εισόδημα από τη λειτουργία της μηχανής επιτυγχάνεται στο 14^ο έτος της παραγωγικής της ζωής ή στις 4580 ώρες εργασίας της.

4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη προσέγγιση του αρίστου χρόνου αντικατάστασης των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών υπό τις ελληνικές συνθήκες λειτουργίας τους. Στα χρησιμοποιηθέντα τεχνικοοικονομικά δεδομένα που προέρχονται από 62

βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές της περιοχής Καρδίτσας την 20ετία 1983-2002, εφαρμόστηκαν πέντε μέθοδοι προσδιορισμού του άριστου χρόνου αντικατάστασης των μηχανών. Τρεις από αυτές βασίζονται στο χρόνο (σε συνδυασμό με το συνολικό αριθμό ωρών εργασίας και το συνολικό αριθμό συγκομιζόμενων στρεμμάτων βαμβακιού) όπου επιτυγχάνεται η ισοσκελίση αθροιστικά της απόσβεσης από τις δαπάνες επισκευών και συντήρησης ή η ελαχιστοποίηση του συνόλου των παραπάνω κατηγοριών δαπανών ανά ώρα εργασίας ή ανά στρέμμα συλλογής βαμβακιού. Η τέταρτη μέθοδος βασίζεται στο χρόνο όπου επιτυγχάνεται αθροιστικά το ελάχιστο μέσο συνολικό κόστος των μηχανών ανά ώρα εργασίας και ανά στρέμμα συλλογής βαμβακιού, ενώ ο πέμπτος συνδέεται με το χρόνο μεγιστοποίησης αθροιστικά του ετήσιου σταθερού καθαρού εισοδήματος από τη λειτουργία αυτών. Η ανάλυση έδειξε ότι δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ των προαναφερθέντων πέντε τρόπων τόσο ως προς το χρόνο (13^ο με 15^ο έτος), όσο και ως προς το συνολικό αριθμό ωρών εργασίας (4280 με 4862 ώρες) και το συνολικό αριθμό συγκομιζόμενων στρεμμάτων (13585 με 15611), εκτός του τρίτου τρόπου (17^ο έτος, 5353 ώρες εργασίας, 17485στρ.). Από τις τέσσερις πρώτες μεθόδους, που στηρίζονται σε κάποια μορφή κόστους πρέπει να προτιμάται αυτή με το ελάχιστο μέσο συνολικό κόστος (15^ο έτος, 4862 ώρες εργασίας, 15611 στρέμματα συλλογής), ενώ συνολικά πρέπει να προκρίνεται αυτή που προσδιορίζει αθροιστικά το μέγιστο ετήσιο σταθερό καθαρό εισόδημα (14^ο έτος, 4580 ώρες εργασίας, 14614 συγκομισθέντα στρέμματα) από τη λειτουργία των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι τα μέχρι σήμερα θεωρητικά δεδομένα των 10 ετών παραγωγικής ζωής ή 2000-2500 ωρών εργασίας των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών, δεν ανταποκρίνονται στην ελληνική πραγματικότητα. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας τεχνοοικονομικής έρευνας προτείνεται όπως χρησιμοποιείται τόσο από τους ερευνητές, όσο και από τους κατόχους (συνεταιρισμούς, ομάδες παραγωγών, ιδιώτες κλπ.) βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών η ηλικία των 14-15 ετών παραγωγικής ζωής σε συνδυασμό με 4500-5000 ώρες εργασίας και 14500-15500 συγκομισθέντα στρέμματα ως άριστος χρόνος αντικατάστασης αυτών υπό τις ελληνικές συνθήκες λειτουργίας τους. Η προτίμηση των ανώτερων ή κατώτερων ορίων παραγωγικής ζωής, ωρών εργασίας και συγκομισθέντων στρεμμάτων, θα πρέπει να στηρίζεται στην καλή ή μη καλή συντήρηση και διατήρηση των μηχανών.

Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν ανάλογες εργασίες στην Ελλάδα μας δίνει το δικαίωμα να ισχυρισθούμε ότι, τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής πρέπει να αποτελέσουν τη βάση για τη χάραξη από το Υπουργείο Γεωργίας ορθής πολιτικής πάνω στο θέμα του χρόνου αντικατάστασης των 3100 βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών που λειτουργούν σήμερα στη χώρα μας. Ένα μεγάλο ποσοστό, που πλησιάζει το 90% περίπου, των μηχανών αυτών έχουν ξεπεράσει τη 15ετία [19] και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται με όλες τις οικονομικές συνέπειες, ενώ θα έπρεπε να είχαν αποσυρθεί στα πλαίσια μιας

γενικότερης πολιτικής πάνω στο θέμα των βαμβακοσυλλεκτικών αλλά και τις βαμβακοκαλλιέργειας γενικότερα προς όφελος της εθνικής οικονομίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Mygdakos E., Gemtos T.A. (2002). Reliability of cotton pickers and its effect on harvesting cost, Agricultural Biosystems Vol 8, No 4, August.
- [2] Hunt D. 2001. Farm Power and Machinery Management, Iowa state University Press, Ames, Iowa, tenth edition.
- [3] Μυγδάκος Ε, Κίτσοπανίδης Γ. και Γέμτος Θ. 2002. Οικονομικότητα των βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών συναρτήσει παραγωγικής ζωής ή συνολικής απόδοσης αυτών: Η περίπτωση του Νομού Καρδίτσας, Εργασία που υποβλήθηκε για το Συνέδριο της ΕΤΑΓΡΟ στην Αθήνα 22-23 Νοεμβρίου.
- [4] Bowers W. (1970). Modern Concepts of Farm Machinery Management, Stipes publishing company, Illinois.
- [5] Hunt D. 1977. Farm Power and Machinery Management, Iowa state University Press, Ames, Iowa, seventh edition.
- [6] American Society of Agricultural Engineers Year Book (1970).
- [7] Sowell R. 1967. A farm machinery replacement study with application to the replacement of self-propelled cotton picker. Ph. D. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University.
- [8] Σούτερ Χ. (1972). Γεωργική Μηχανολογία. Ελκυστήρες-κινητήρες. Αθήνα.
- [9] Τσατσαρέλης Κ. (1995). Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.
- [10] Mygdakos E. (1992). The development and use of a simulation model to study group farming systems for mechanical harvesting of cotton in Greece, PhD. Thesis, Reading University U.K.
- [11] Μυγδάκος Ε. και Γέμτος Θ.Α.. (1996). Κόστος συντήρησης και επισκευών βαμβακοσυλλεκτικών, Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 7, τεύχος 4.
- [12] Hunt D. 1999. Cost Analysis, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volum III, American Society of Agricultural Engineers.
- [13] Barnard C. and Nix J. (1979). Farm Planning and Control, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- [14] Upton M. (1976). Agricultural Production Economics and Resource-Use, Oxford University Press, London.
- [15] Morris W. (1964). The Analysis of Management Decisions, Richard D. Irwin, Inc. Illinois.
- [16] Dunford W. and Ricard R. (1961). The timingk of farm machinery replacement, Journal of Agricultural Economics.
- [17] Witney B. (1988). Choosing and Using Farm Machines. Longman, N.Y.
- [18] Κίτσοπανίδης Γ. (1990). Οικονομική Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- [19] Μυγδάκος Ε. και Γάκος Η. (2000). Βιωσιμότητα βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών στην Ελλάδα, Οργανισμός Βάμβακος