

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ &
ΑΛΙΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ
ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

*Ανάλογα με την έκταση, το είδος των καλλιεργειών και τις
εδαφοκλιματικές συνθήκες της Γεωργικής Εκμετάλλευσης*

ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΟΥ Γ.Π.Α. κ. ΝΑΤΣΗ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2018

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΑΛΙΕΙΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ
Συγγρού 80-88, 117 41 ΑΘΗΝΑ
ΣΑΜΟΥΤΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
Τηλ. 2132065747
Φαξ. 2132065020
e-mail: thsamoutis@patt.gov.gr

Dr. Ing. ΝΑΤΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
Ιερά Οδός 75, 118 54 ΑΘΗΝΑ
Τηλ. κιν. 6981004739
Τηλ. γραφ. 2105294041
Φαξ. 2105294032
e-mail: lmac2naa@aua.gr

Βέλτιστη επιλογή Γεωργικών Μηχανημάτων

Η Υπηρεσία μας στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων της ως προς την εκμηχάνιση της Γεωργίας και με γνώμονα τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους αγρότες της Περιφέρειας Αττικής, συνέταξε υπό την καθοδήγηση του καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Νάτση Αθανασίου, το ακόλουθο εγχειρίδιο στοχεύοντας στη βέλτιστη επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η σύνταξη του εγχειριδίου βασίστηκε κυρίως στα βιβλία, στα άρθρα και στην πνευματική ιδιοκτησία του καθηγητή (1,2,3,4,5,6 στη βιβλιογραφία).

Με τον όρο βέλτιστη επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού εννοούμε την επιλογή του κατάλληλου γεωργικού εξοπλισμού κατά τύπο, μέγεθος και αριθμό ώστε οι εργασίες τις γεωργικής εκμετάλλευσης να καλύπτονται έγκαιρα, ποιοτικά και με το χαμηλότερο κόστος. Ζητούμενο είναι οι διάφορες γεωργικές εργασίες να εκτελούνται στην ώρα τους, χωρίς ο γεωργικός ελκυστήρας (τρακτέρ) να υπερφορτώνεται ή να υποαπασχολείται.

Το παρακάτω εγχειρίδιο έγινε προσπάθεια να γραφεί σε απλή και κατανοητή μορφή, ώστε να γίνει εργαλείο τόσο από τους απλούς αγρότες όσο και από τους γεωπόνους μελετητές που σκοπεύουν να υπολογίσουν την ισχύ των ελκυστήρων που θα χρησιμοποιηθούν στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις και στα σχέδια βελτίωσης.

Λόγω των πολλών δεδομένων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να γίνει η βέλτιστη επιλογή των γεωργικών μηχανημάτων στο σύνολο τους, στο παρόν εγχειρίδιο θα γίνει προσέγγιση στην άριστη επιλογή γεωργικού ελκυστήρα. Για τα παρελκόμενα θα ακολουθήσει ξεχωριστό εγχειρίδιο εφόσον υπάρχει ενδιαφέρον όχι μόνο από τους μελετητές αλλά και από το αγροτικό δυναμικό της Περιφέρειάς μας.

Στη συνέχεια, ο γεωργικός ελκυστήρας, κοινώς «τρακτέρ», μιας και αποτελεί την πηγή ενέργειας των μηχανημάτων σε μια γεωργική εκμετάλλευση, θα αναγράφεται με τα αρχικά κεφαλαία. Με αυτόν τον τρόπο ως Υπηρεσία προσπαθούμε να του προσδώσουμε την τιμή που του αξίζει και θα τον αναφέρουμε μόνο με την Ελληνική ορολογία, που είναι Γεωργικός Ελκυστήρας.

Η επιλογή του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού για την εξυπηρέτηση των αναγκών μιας γεωργικής εκμετάλλευσης είναι ένα πολύπλοκο και πολυδιάστατο θέμα, δεδομένου ότι εξαρτάται από διάφορους μεταβλητούς και αλληλοεξαρτώμενους παράγοντες οι οποίοι είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια. Η άριστη επιλογή του εξοπλισμού χαρακτηρίζεται εξέχουσας σημασίας καθώς, το ένα τρίτο περίπου του κόστους παραγωγής των γεωργικών προϊόντων προέρχεται από το κόστος χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων και το μεγαλύτερο μέρος από αυτό το κόστος προέρχεται από τον Ελκυστήρα.

Πριν προχωρήσουμε στη μεθοδολογία επιλογής του βέλτιστου Γεωργικού Ελκυστήρα για τις Γεωργικές εκμεταλλεύσεις της Περιφέρειας Αττικής θα πρέπει να επισημάνουμε κάποιες ιδιαιτερότητες των εκμεταλλεύσεων της περιοχής μας:

- Οι περισσότερες γεωργικές εκμεταλλεύσεις είναι μικρού και μέσου μεγέθους, πολυτεμαχισμένες, έχουν συνήθως διαφορετικές καλλιέργειες σε κάθε τεμάχιο και επηρεάζονται από τοπικές συνθήκες.

- Οι γεωργικές εργασίες είναι εποχικές και τα γεωργικά μηχανήματα αναγκαστικά μένουν σε αγρησία για μεγάλα διαστήματα.
- Τα περισσότερα παρελκόμενα χρησιμοποιούν την ισχύ του Γεωργικού Ελκυστήρα για τη λειτουργία τους. Έτσι κάθε μεταβολή ενός συστήματος Ελκυστήρα - παρελκομένου επιδρά και στα άλλα παρελκόμενα.

Κύριο χαρακτηριστικό των γεωργικών εκμεταλλεύσεων της Περιφέρειας Αττικής είναι ο έντονος βαθμός εκμηχάνισης των τελευταίων 15 ετών, με τη χρήση Ελκυστήρων συνήθως μεγάλης ισχύος σε σχέση με τις ανάγκες των μικρών και πολυτεμαχισμένων κλήρων. Σε συνδυασμό μάλιστα με τη χαμηλή ετήσια απασχόληση αυτών των μηχανημάτων, η επιλογή τους κρίνεται αντιοικονομική. Συνεπώς η επιλογή του Ελκυστήρα πρέπει να βασίζεται σε σωστά κριτήρια.

Στην Ελλάδα η μέση ισχύς των Γεωργικών Ελκυστήρων ήταν 37,5 PS το έτος 1960, 44,1 PS το 1970, 51,7 PS το 1980, 60 PS το 1984, 65 PS το 1994 (Νάτσης 2016, Κυρίτσης κ.α. 1995).

ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Αξιολογώντας τα στοιχεία απογραφών Γεωργικών Ελκυστήρων στην Περιφέρεια Αττικής, η Υπηρεσία μας κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι η επιλογή ενός Ελκυστήρα δεν πραγματοποιείται κατόπιν τεchnοοικονομικής μελέτης, για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου τύπου και ισχύος του Ελκυστήρα, αλλά γίνεται κυρίως λαμβάνοντας υπόψη:

- το είδος του Ελκυστήρα (Γενικής χρήσης, Δενδροκομικός, Αμπελουργικός κ.α) που έχει ανάγκη ο αγρότης
- την επιθυμητή ισχύ του κινητήρα
- την τιμή αγοράς του και τον τρόπο διακανονισμού ή δανειοδότησής του
- πολλές φορές αγοράζεται η μεγαλύτερη ισχύς για τα χρήματα που διαθέτονται ανεξάρτητα από τις πραγματικές ανάγκες ισχύος της εκμετάλλευσής.

Η Υπηρεσία μας τονίζει, σε όλους τους ενδιαφερόμενους αγοραστές Γεωργικού Ελκυστήρα, ότι πριν την αγορά Ελκυστήρα θα πρέπει να γίνεται τεchnοοικονομική μελέτη και οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όχι μόνοι τους αλλά σε μια πιο διευρυμένη μελέτη που θα περιλαμβάνει:

- την άνεση και την ασφάλεια του χειριστή
- τις πραγματικές ανάγκες σε ισχύ της γεωργικής εκμετάλλευσής
- τα παρελκόμενα που είδη κατέχει
- την κοστολόγηση της αγοράς του ελκυστήρα αναλύοντας τις σταθερές και μεταβλητές δαπάνες που επιβαρύνουν το κόστος παραγωγής
- την αξιοπιστία του οίκου παραγωγής και αντιπροσώπευσης του Ελκυστήρα
- την απόσταση και την αξιοπιστία του συνεργείου επισκευής

Ο μεγάλος Γεωργικός Ελκυστήρας έχει μεγάλο κόστος λειτουργίας και συντήρησης που επιβαρύνει το κόστος παραγωγής. Η φόρτιση του Γεωργικού Ελκυστήρα κοντά στο 80% της ισχύος του μας δίνει την οικονομικότερη φόρτιση. Σε αυτό το ποσοστό ισχύος κινητήρα οι Ελκυστήρες έχουν την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου για το έργο που παράγουν. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τον συντελεστή φόρτισης στο σύνολο του χρόνου εργασίας των ελκυστήρων (Srivastava et al., 1993).

Ποσοστό % μέγιστης φόρτισης	Ποσοστό % του χρόνου εργασίας
Πάνω από 80	16,8
80-60	23,9
60-40	22,6
40-20	17,5
Κάτω από 20	19,2

Η επιλογή μεγάλων Γεωργικών Ελκυστήρων που δεν αξιοποιούνται πλήρως από τη γεωργική εκμετάλλευση επιβαρύνει την εκμετάλλευση με αδικαιολόγητο κόστος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα από στοιχεία που διαθέτει η Υπηρεσία μας αποτελούν τα Κύθηρα Αττικής όπου η ισχύς των Γεωργικών Ελκυστήρων που αγοράστηκαν στο νησί τα τελευταία 15 χρόνια είναι 7,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται με βάση την έκταση, την καλλιέργεια και το είδος των εδαφών.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσεγγίσουμε την επιλογή του Γεωργικού Ελκυστήρα ως προς την ισχύ του. Οι παλαιότερες μέθοδοι ήταν περισσότερο οικονομικές παρά τεχνικές. Επέλεγαν το μέγεθος εκείνο του Γεωργικού Ελκυστήρα που έδινε το ελάχιστο κόστος χωρίς να λαμβάνουν υπόψη άλλα στοιχεία. Οι νεότερες μέθοδοι είναι τεχνικοοικονομικές και λαμβάνουν υπόψη τους και το κόστος που προέρχεται από τη μη έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών. Υπολογίζεται έτσι το άριστο και όχι το ελάχιστο κόστος. Νεότερες μέθοδοι στηρίζονται στο διαθέσιμο χρόνο για την εκτέλεση των εργασιών και δίνουν μικρότερη βαρύτητα στο κόστος λειτουργίας (μέθοδοι με περιορισμό του χρόνου). Οι τελευταίες μέθοδοι αναπτύχθηκαν πρόσφατα με τη χρήση του Γραμμικού Προγραμματισμού και δίνουν τα ικανοποιητικότερα αποτελέσματα. Παρά τα μειονεκτήματα και τα πιθανά σφάλματα που παρουσιάζουν, όλες οι μέθοδοι προσεγγίζουν πολύ ικανοποιητικά την επιλογή Γεωργικού Ελκυστήρα. Μικρές αποκλίσεις από την ισχύ που υπολογίζεται με τις μεθόδους αυτές, δεν επιδρούν σοβαρά στη διαμόρφωση του κόστους.

Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ενός Ελκυστήρα

- Το μέγεθος της γεωργικής εκμετάλλευσης και το είδος των καλλιεργειών
- Η σύσταση του εδάφους και η μορφολογία του
- Το μέγεθος και ο αριθμός των αγροτεμαχίων
- Οι καιρικές συνθήκες της περιοχής
- Οι ανάγκες έγκαιρης εκτέλεσης των εργασιών
- Οι προβλεπόμενες μεταβολές των καλλιεργειών της εκμετάλλευσης
- Η δυνατότητα εξεύρεσης εργατικών χεριών και το κόστος τους
- Η τιμή αγοράς του Ελκυστήρα και των παρελκομένων
- Η υπάρχουσα πείρα για τη συμπεριφορά και αντοχή των διαφόρων Ελκυστήρων στην περιοχή
- Η ύπαρξη σοβαρών και οργανωμένων υπηρεσιών συντήρησης και επισκευών εκ μέρους των αντιπροσώπων των Ελκυστήρων
- Η ασφάλεια και η άνεση του χειριστή

Διαθέσιμες ημέρες εργασίας Γεωργικού Ελκυστήρα και έγκυρη διεξαγωγή εργασιών

Οι καλλιεργητές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το έγκαιρο της διεξαγωγής των γεωργικών εργασιών. Κυρίως μας ενδιαφέρει να γνωρίζουν πως οι καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα η βροχόπτωση και ο αέρας, επηρεάζουν τις διαθέσιμες για εργασία ημέρες. Όσοι ενδιαφέρονται για ακριβέστερα στοιχεία αλλά και οι μελετητές θα πρέπει να αναζητούν τα στοιχεία αυτά από μετεωρολογικά ιστορικά και βροχομετρικούς χάρτες της Ε.Μ.Υ. Διαφορετικές διαθέσιμες ημέρες για τις γεωργικές εργασίες έχει ο καλλιεργητής στις Ερυθρές Αττικής και διαφορετικές στα Κύθηρα και την Τροιζηνία Αττικής.

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επιδρούν έντονα στην εργασία των Γεωργικών Μηχανημάτων είναι **η υγρασία του εδάφους**. Σε μεγάλες τιμές υγρασίας, το έδαφος γίνεται λάσπη και κολλάει με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ειδική αντίσταση κατά 30-80%. Η ολίσθηση του 15-25% (Τσατσαρέλης 1995 σελ. 45) είναι όριο που δεν πρέπει να ξεπερνά ο Ελκυστήρας στην πράξη γιατί οι απώλειες σε δαπάνη καυσίμου είναι μεγάλες αλλά και οι φθορές των ελαστικών αυξάνονται.

Οι μετεωρολογικές μεταβλητές και το έδαφος, που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό των διαθέσιμων ημερών εργασίας, σχετίζονται με την επιλογή των Ελκυστήρων επιδρώντας στο **μέγεθος της απαιτούμενης ισχύος**.

Ειδική Αντίσταση εδάφους

Η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι μια παράμετρος κομβικής σημασίας για τον υπολογισμό της ισχύος του Γεωργικού Ελκυστήρα. Ένα βαρύ έδαφος απαιτεί μεγαλύτερη ιπποδύναμη Ελκυστήρα για το ίδιο πλάτος και βάθος εργασίας με την ίδια ταχύτητα, από ένα μέσης σύστασης έδαφος και αυτό με τη σειρά του μεγαλύτερη από ένα ελαφρύ έδαφος.

Η Υπηρεσία συμβουλεύει τους καλλιεργητές να έχουν γνώση των εδαφικών παραμέτρων των χωραφιών τους και κυρίως:

- Μηχανική σύσταση
- Χημική σύσταση, περιλαμβάνουσα της οργανικής ουσίας
- Εδαφική υγρασία
- Βαθμός συμπίεσης
- Κλίση εδάφους
- Δομή εδάφους

Από άποψη ειδικής αντίστασης εδάφους, η μηχανική του σύστασή παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και μεγάλες διαφορές ανάλογα με το είδος εδάφους. **Πίνακας 6 στα παραρτήματα**

Το κόστος χρήσης του Γεωργικού Ελκυστήρα

Ο Ελκυστήρας και τα Γεωργικά Μηχανήματα μιας γεωργικής εκμετάλλευσης αποτελούν το δεύτερο μεγαλύτερο μέγεθος, μετά την αξία των χωραφιών, στο κόστος παραγωγής. Στην Περιφέρειά μας ίσως να καταλαμβάνει και την πρώτη θέση στην διαμόρφωση του κόστους παραγωγής, λαμβάνοντας υπόψη τον μικρό και πολυτεμαχισμένο κλήρο. Γι' αυτό η σωστή επιλογή, η συντήρηση και η ορθή χρήση είναι ιδιαίτερης σημασίας για το χαμηλό κόστος παραγωγής και την ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης. Οι δαπάνες που διαμορφώνουν το κόστος χρήσης του Γεωργικού Ελκυστήρα κατατάσσονται σε σταθερές και σε μεταβλητές.

Στις σταθερές δαπάνες (ετήσια βάση) περιλαμβάνονται:

- Η απόσβεση του μηχανήματος
- Ο τόκος του επενδεδυμένου κεφαλαίου
- Τα ασφάλιστρα
- Οι φόροι και εισφορές
- Η δαπάνη για τη στέγαση

και είναι οι δαπάνες που πληρώνει ο παραγωγός κάθε χρόνο για τον Ελκυστήρα ανεξάρτητα αν ή πόσο τον χρησιμοποιεί.

Στις μεταβλητές δαπάνες περιλαμβάνονται:

- Τα καύσιμα και λιπαντικά
- Ο μισθός του χειριστή με τις διάφορες επιβαρύνσεις
- Οι δαπάνες συντήρησης και επισκευών

και συνδέονται με την ένταση χρήσης των Γεωργικών Μηχανημάτων

Το ολικό ετήσιο κόστος εργασίας του Γεωργικού Ελκυστήρα είναι συνάρτηση των εξής παραγόντων (Νάτσης 2016, Τσατσαρέλης 1995, Rotz et al., 1983, Edwards & Boehlje 1980):

$EKE = \text{Σταθερές Δαπάνες} + \text{Μεταβλητές Δαπάνες} \Rightarrow$

$$EKE = \lambda \Delta_{\epsilon\lambda\kappa} I + \Delta_{\lambda\epsilon\iota\tau} I T + (\Delta_{\chi\epsilon\iota\rho}) T + (A T K_{\epsilon\pi}) \quad (1)$$

$$T = \frac{A E_{\mu}}{I} \quad (1\alpha)$$

Όπου:

$EKE = \text{Ετήσιο Κόστος Εργασίας (€)}$

$\lambda = \text{ο λόγος των ετήσιων σταθερών δαπανών προς την αρχική αξία του Ελκυστήρα}$

$\Delta_{\epsilon\lambda\kappa} = \text{οι δαπάνες του Ελκυστήρα σε € HP στο PTO}$

$I = \text{η ισχύς του Ελκυστήρα στο PTO}$

$\Delta_{\lambda\epsilon\iota\tau} = \text{οι δαπάνες λειτουργίας}$

$T = \text{ο χρόνος ετήσιας απασχόλησης του Ελκυστήρα σε ώρες}$

$\Delta_{\chi\epsilon\iota\rho} = \text{δαπάνη χειριστή (€/h)}$

$A = \text{έκταση της εκμετάλλευσης (στρ)}$

$K_{\epsilon\pi} = \text{κόστος επίκαιρης εκτέλεσης των εργασιών της εκμετάλλευσης €/h.στρ.}$

$E_{\mu} = \text{Μέση ενέργεια ανά στρέμμα που καταναλώνεται από τον Γεωργικό Ελκυστήρα σε HP. Ώρα/ στρέμμα.}$

Η απόσβεση και ο τόκος του κεφαλαίου υπολογίζονται με την συνάρτηση του τοκοχρεωλύσιου:

$$\text{Τοκοχρεωλύσιο} = (\text{AAE} - \text{YAE}) \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + i \cdot \text{YAE} \quad (\text{Νάτσης, 2016 σελ. 120-121})$$

Όπου:

AAE= Αρχική Αξία Ελκυστήρα

YAE= Υπολειμματική Αξία Ελκυστήρα

i= επιτόκιο %

n= προβλεπόμενη διάρκεια χρήσης Ελκυστήρα σε έτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Ισχύς

Ως μονάδα μέτρησης της ισχύος λαμβάνεται το Κιλοβάτ (KW) ή ο Ίππος (HP) ή CV που συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση 1HP=1CV=0,736 KW

Υπολογισμός Ισχύος Γεωργικού Ελκυστήρα με βάση την ελκτική δύναμη.

Η Ισχύς του Γεωργικού Ελκυστήρα για κάθε εργασία, όταν εκφράζεται σε Ίππους (HP) στην έλξη, σε σχέση με την ελκτική δύναμη εκφρασμένη σε κιλά (Kg) και την ταχύτητα σε χιλιόμετρα ανά ώρα (Km/h) δίδεται από τον τύπο:

$$\text{ισχύς στην έλξη (HP)} = \frac{F(\text{Ελκτική δύναμη σε Kg}) \times U(\text{Ταχύτητα σε Km/h})}{270}$$

Για να υπολογιστεί η ισχύς στην έλξη, κυρίως για τα Μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους, χρειάζεται να είναι γνωστή η αντίσταση του εδάφους στα διάφορα γεωργικά παρελκόμενα πίνακας 1, πίνακας 6 και πίνακας 8 στα παραρτήματα.

Παράδειγμα:

Έστω ότι για την έλξη παρελκόμενου π.χ. δισκοσβάρνας 2,5 m απαιτείται δύναμη 1000 Kg (πίνακας 1) για να κινηθεί και να υπερνικήσει την αντίσταση του εδάφους. Να υπολογιστεί η ελκτική δύναμη που απαιτείται να έχει ο Γεωργικός Ελκυστήρας για να εργαστεί με την δισκοσβάρνα με ταχύτητα εργασίας 8 Km/h

Λύση:

$$\text{ισχύς στην έλξη} = \frac{F \times U}{270} \quad \Rightarrow \quad \text{ισχύς στην έλξη} = \frac{1000 \times 8}{270} \quad \Rightarrow$$

$$\text{ισχύς στην έλξη} = 29,6 \text{ HP}$$

Ο πίνακας 1 στα παραρτήματα δίδει την απαιτούμενη ισχύ στην έλξη, για ορισμένα παρελκόμενα κατεργασίας του εδάφους, για κάθε 30 cm πλάτους κατεργασίας του εδάφους που κινούνται με την τυπική ταχύτητα που αναγράφεται στον εν λόγω πίνακα. Η τελευταία στήλη του πίνακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον απευθείας υπολογισμό της ισχύος στην έλξη για τα αναφερόμενα παρελκόμενα

Για να υπολογίσουμε εν τέλει την ισχύ του Γεωργικού Ελκυστήρα μιας και γνωρίζουμε την δύναμη στην έλξη, χρησιμοποιούμε το διάγραμμα 1 στα παραρτήματα που δείχνει πως διαφοροποιείται η ισχύς από τον κινητήρα στην έλξη. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η ισχύς στην έλξη είναι περίπου 60% της ισχύος του κινητήρα για μέσης σύστασης εδάφη. Άρα στο παράδειγμα μας

$$\text{ισχύς στο PTO} = \frac{\text{ισχύς στην έλξη}}{60\%} \Rightarrow \text{ισχύς στο PTO} = 29,6 / 0,6 = 49,3 \text{ HP}$$

$$\text{ισχύς του κινητήρα} = 49,3 / 0,87 = 57,24 \text{ HP}$$

Υπολογισμός Ισχύος Γεωργικού Ελκυστήρα με βάση το άριστο κόστος εργασίας.

Ο υπολογισμός της ισχύος του άριστου μεγέθους Γεωργικού Ελκυστήρα που καλύπτει τις ανάγκες της γεωργικής εκμετάλλευσης δίδεται από τον παρακάτω τύπο που προκύπτει από την επεξεργασία της εξίσωσης 1 και 1α (1,3,8,11,12,14,15,17 στη βιβλιογραφία):

$$I^2 = \frac{AE_{\mu}(\Delta_{\chi\epsilon\iota\rho} + AK_{\epsilon\pi})}{\lambda\Delta_{\epsilon\lambda\kappa}} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{AE_{\mu}(\Delta_{\chi\epsilon\iota\rho} + AK_{\epsilon\pi})}{\lambda\Delta_{\epsilon\lambda\kappa}}}$$

Όπου:

- **I**= Ισχύς του Γεωργικού Ελκυστήρα στον Δυναμοδοτικό Άξονα PTO
- **A**= Έκταση της γεωργικής εκμετάλλευσης σε στρέμματα. Να λαμβάνεται υπόψη και η έκταση της εκμετάλλευσης στην μελλοντική κατάσταση.
- **E_μ**= Μέση ενέργεια ανά στρέμμα που καταναλώνεται από τον Γεωργικό Ελκυστήρα για την εκτέλεση όλων των εργασιών της γεωργικής εκμετάλλευσης σε HP. Ωρα/ στρέμμα. Υπολογίζεται για κάθε εργασία ξεχωριστά λαμβάνοντας τα στοιχεία από τον πίνακα 4.
- **Δ_{χειρ}**= Δαπάνη χειριστή ίση με 4-7 ευρώ /ώρα ανάλογα με τη μορφή και τη δυναμικότητα της εκμετάλλευσης
- **λ**= Ποσοστό σταθερών δαπανών σε σχέση με την αρχική τιμή του Γεωργικού Ελκυστήρα - ίσο με 12% ή 0,12
- **Δ_{ελκ}**= Δαπάνη Ελκυστήρα από τις τιμές τις αγοράς, για πιο επικαιροποιημένη προσέγγιση, σε ευρώ/HP
- **K_{επ}**= Το κόστος έγκαιρης εκτέλεσης των εργασιών από εκτίμηση, αλλά με επαρκή αιτιολόγηση σε ευρώ /Ωρα στο στρ. (πίνακας 5 στα παραρτήματα).

Η καταναλισκόμενη ενέργεια E_m , που εκφράζεται σε HP, Ωρα/ στρ θα λαμβάνεται από τον πίνακα 4 του παραρτήματος με τη μεγαλύτερη τιμή για να υπάρχει επάρκεια ισχύος. Εάν κάποιο παρελκόμενο δεν υπάρχει στον πίνακα θα λαμβάνεται η καταναλισκόμενη ενέργεια από τεχνικά στοιχεία του κατασκευαστή του παρελκομένου. Εάν και πάλι δεν υπάρχουν στοιχεία τότε η καταναλισκόμενη ενέργεια θα λαμβάνεται από το παρελκόμενο που έχει την μεγαλύτερη σχέση.

Επιλογή Ισχύος Γεωργικού Ελκυστήρα με βάση τον αλγόριθμο Temporal Energy Requirement Satisfaction (TEReS).

Η ιπποδύναμη του Γεωργικού Ελκυστήρα που θα ικανοποιεί τις ανάγκες της εκμετάλλευσης μπορεί να προσδιοριστεί με την βοήθεια του αλγορίθμου TEMPORAL ENERGY REQUIREMENT SATISFACTION (TEReS). Έχει σχεδιαστεί σχετικό λογισμικό από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών που είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο. Για την ανάπτυξη του αλγορίθμου έχει ληφθεί υπόψη το είδος της καλλιέργειας, η έκτασή της και το κόστος εγκαιρότητας των επεμβάσεων. Με τη μέθοδο TEREs ακολουθείται μια εναλλακτική προσέγγιση της ισχύος, η οποία δίνει έμφαση στην κάλυψη των αναγκών των γεωργικών εκμεταλλεύσεων σε ισχύ, μέσα από την εκτίμηση των εποχικών ενεργειακών απαιτήσεων και το διαθέσιμο χρονικό διάστημα για την εξασφάλιση αυτών. Η τυπική ταχύτητα και το τυπικό πλάτος εργασίας είναι μείζονος σημασίας καθότι το τελικό ζητούμενο είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια η οποία αποτελεί συνάρτηση της ισχύος και του χρόνου. Μεγαλύτερη ταχύτητα και πλάτος εργασίας σημαίνει μεγαλύτερη απαιτούμενη ισχύς, για μικρότερο ωστόσο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα η κατανάλωση ενέργειας να μην επηρεάζεται.

Για τα μηχανήματα που αξιοποιούν την έλξη υπολογίστηκε αρχικά η αντίσταση έλξης D (σε N) από τη σχέση $D=F1[A+B(S)+C(S)^2]WT$ (ASABE Standards ASABE D497.5 FEB2006) πίνακας 6 στα παρατήματα. Οι παράμετροι του εδάφους (F_i) και του μηχανήματος (A, B, C) λαμβάνονται και αυτοί από τον πίνακα 6.

Το (S) είναι η ταχύτητα εργασίας (σε km/h).

Το (W) είναι το τυπικό πλάτος εργασίας (σε m).

Το (T) υποδηλώνει το βάθος εργασίας (σε cm) και για τα μηχανήματα επιφανειακής εργασίας λαμβάνει τη τιμή 1.

Το γινόμενο της ελκτικής δύναμης με την ταχύτητα κίνησης δίνει την απορροφώμενη ισχύ στην έλξη. Η ισχύς στην έλξη ανάγεται σε ισοδύναμη ισχύ στο PTO με βάση του συντελεστές μετάδοσης Kerper (Τσατσαρέλης 2006).

Για την μέθοδο αυτή η Υπηρεσία μας έχει κάποιους ενδοιασμούς για παραμέτρους που λαμβάνονται ως δεδομένοι. Όμως με τον τρόπο που προσφέρεται σε αγρότες και μελετητές μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο υπολογισμού της ισχύος των Ελκυστήρων. Αποψη μας είναι ότι η μέθοδος TEREs θα πρέπει να επαληθεύεται από τους μελετητές με την μέθοδο του άριστου αλλά και του ελάχιστου κόστους.

Υπολογισμός Ισχύος Γεωργικού Ελκυστήρα με την χρήση του γραμμικού προγραμματισμού (linear programming or activity analysis)

Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι μια μέθοδος με την οποία επιτυγχάνεται το μέγιστο ή το ελάχιστο ενός συντελεστή παραγωγής κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις και περιορισμούς. Η επιλογή του μαθηματικού μοντέλου γίνεται σε συνάρτηση με τις συγκεκριμένες συνθήκες τις γεωργικής εκμετάλλευσης και ως εκ τούτου η αντικειμενική εξίσωση μπορεί να είναι διαφορετική σε κάθε εκμετάλλευση (Νάτσης 2016, Al soboh et al. 1986, Chen 1986, Darst 1990). Με τον γραμμικό προγραμματισμό μπορούμε να φτάσουμε στην πιο ορθολογιστική λύση μιας και μπορεί να βρεθεί η λύση που να ικανοποιεί ταυτόχρονα μια σειρά από συνθήκες. Στο πεδίο της εκμηχάνισης της γεωργίας σε ότι αφορά τον γραμμικό προγραμματισμό χρησιμοποιείται περισσότερο η μέθοδος «Σύμπλεξ» η μέθοδος της διασποράς και της τροποποίησης για ειδικά προβλήματα.

Ως Υπηρεσία θεωρούμε τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού ως την καλύτερη για να εκτιμήσουμε τις ανάγκες σε ισχύ του Γεωργικού Ελκυστήρα μιας εκμετάλλευσης αλλά και να εκτιμήσουμε τον αριθμό των Ελκυστήρων που πρέπει να έχει αυτή η γεωργική εκμετάλλευση. Η μέθοδος αυτή, απαιτεί την ανάλυση και την διερεύνηση σε βάθος των δεδομένων μιας γεωργικής εκμετάλλευσης ώστε αυτά τα δεδομένα να μπουν σε μια μαθηματική συνάρτηση που θα δίνει το άριστο αποτέλεσμα. Η σύνταξη της μαθηματικής εξίσωσης είναι μια διαδικασία που εκτός από την ανάλυση της εκμετάλλευσης απαιτεί και γνώση μαθηματικών και H/Y.

Η Περιφέρεια Αττικής, εφόσον διαπιστώσει ενδιαφέρον θα οργανώσει σεμινάριο που θα απευθύνεται σε μελετητές και Γεωπόνους, με διδάσκοντα τον καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Νάτση, για μια εις βάθος κατανόηση της χρήσης του Γραμμικού Προγραμματισμού στην γεωργία.

Παράδειγμα υπολογισμού ισχύος του Γεωργικού Ελκυστήρα με βάση το άριστο κόστος εργασίας.

Ζητείται η επιλογή Γεωργικού Ελκυστήρα για Γεωργική Εκμετάλλευση με τα εξής στοιχεία:

- Καλλιεργούμενη έκταση 50 στρέμματα από τα οποία:
 - Κηπευτικά 15 στρέμματα
 - Αμπέλι 5 στρέμματα
 - Ελιές 15 στρέμματα
 - Φιστικιές 15 στρέμματα
- Το έδαφος είναι μέσης σύστασης
- Το ωριαίο κόστος του χειριστή υπολογίζεται στα 6 ευρώ την ώρα
- Η δαπάνη ανά HP για την αγορά Γεωργικού Ελκυστήρα λαμβάνεται από την αγορά και για το παράδειγμα θεωρούμε ότι είναι 700 Ευρώ/HP στο ΡΤΟ

Η παραπάνω επιλογή καλλιεργειών έγινε βάσει των κύριων προϊόντων που καλλιεργούνται στην Περιφέρει Αττικής σε μια γεωργική εκμετάλλευση που το μέγεθος της είναι χαρακτηριστικό για την Περιφέρεια μας.

Υπολογισμοί:

1) Καταναλισκόμενη ενέργεια E_{μ}

Η καταναλισκόμενη ενέργεια περιλαμβάνει την ενέργεια που καταναλώνεται στο χωράφι και που αναλυτικά φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για την εκμετάλλευση του παραδείγματός μας. Στην γεωργική εκμετάλλευση ο Γεωργικός Ελκυστήρας διενεργεί πλήθος μεταφορών οι οποίες πρέπει να υπολογιστούν και αυτές.

Εργασίες	Αριθμός Επεμβάσεων								
	Καλλιέργειες				Στρέμματα				Σύνολο
	Κηπευτικά	Ελιές	Αμπέλι	Φιστικιές	Κηπευτικά	Ελιές	Αμπέλι	Φιστικιές	
Όργωμα	2	2	2	2	30	30	10	30	100
Καλλιεργητή	3	3	3	3	45	45	15	45	150
Φρέζα	2	2	2	2	30	30	10	30	100
Ψεκασμός	5	2	4	8	75	30	20	120	245
Λίπανση	2	2	2	2	30	30	10	30	100

Είναι πολύ σημαντικό να καταγράψουμε όλες τις γεωργικές εργασίες που πραγματοποιούνται με τον Γεωργικό Ελκυστήρα. Για τις παραπάνω εργασίες θα πάρουμε την ενέργεια που απαιτείται για την κάθε μια από τον πίνακα 4 και ο πίνακας υπολογισμού των γεωργικών εργασιών θα γίνει:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ							
	1	2	3	4	5	6	7
			1X2			4:5	3X6
Εργασίες	επεμβάσεις	Έκταση (στρεμ)	Συνολική έκταση (στρεμ)	Απαιτήσεις εργασιών σε ενέργεια (HP.H/στρεμ)	Συντελεστής σχέσης ελκτικής ισχύος προς την ισχύ στο PTO	Κατανάλωση ενέργειας στο PTO	Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια HP.H
Όργωμα	2	50	100	5	0,62	8,06	806
Καλλιεργητή	3	50	150	3,5	0,62	5,64	845
Φρέζα	2	50	100	7	0,90	7,77	777
Ψεκασμός							
α) Κηπευτικά	5	15	75	1,5	0,44	3,40	255
β) Αμπέλι	4	5	20	1,5	0,44	3,40	68
γ) Φιστικιές	8	15	120	1,5	0,44	3,40	408
δ) Ελιές	2	15	30	1,5	0,44	3,40	102
Λίπανση	2	50	100	1,5	0,44	3,40	340
Σύνολο							3601

Παρότι στην Περιφέρειά μας οι καλλιεργητές, τις φιστικιές τις ελιές και τα αμπέλια δεν τα οργώνουν κάθε χρόνο αλλά μια φορά κάθε τρία ή πέντε χρόνια, η ισχύς που απαιτείται να έχει ο Γεωργικός Ελκυστήρας θα υπολογιστεί για την δυσμενέστερη περίπτωση. Η ίδια προσέγγιση θα πρέπει να γίνεται και με τις άλλες εργασίες. Στον πίνακα δεν δίνονται στοιχεία για την χρήση λιπασματοδιανομέα (χωνί), σε τέτοιες περιπτώσεις αναζητάμε στοιχεία από τον κατασκευαστή ή λαμβάνουμε τα στοιχεία του παρελκομένου που είναι πιο κοντά. Στην περίπτωση μας θεωρούμε ότι πιο κοντά είναι ο ψεκασμός.

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ					
	1	2	3	4	5
					(1X2X3)/4
Μεταφορές	Βάρος (ton)	Μέση απόσταση διαδρομών (Km)	Κατανάλωση ενέργειας HP. H/ton. Km	Συντελεστής σχέσης ελκτικής ισχύος προς την ισχύ στο PTO	Καταναλισκόμενη ενέργεια HP.H
Λιπάσματα					
Σπόρος					
Καρπός Ελιάς					
Καρπός Φιστικιού					
Κηπευτικά					
Κοπριά					
Σύνολο	100	10	0,5	0,8	625

Από τους δύο πίνακες προκύπτει ότι η συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια είναι:

$E_{\text{συν}} = \text{Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια εργασιών στο χωράφι} + \text{συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μεταφορών}$

$$E_{\text{συν}} = 3601 + 625 \Rightarrow E_{\text{συν}} = 4226 \text{ HP.H}$$

Η ανά στρέμμα μέση καταναλισκόμενη ενέργεια $E_{\mu} = \text{συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια} / \text{Έκταση}$

$$E_{\mu} = 4226 / 50 \Rightarrow E_{\mu} = 84,52 \text{ HP.H/στρέμμα}$$

2) Ετήσιες σταθερές δαπάνες σε σχέση με την αξία του Ελκυστήρα (λ)

Λόγω της πολυπλοκότητας των πράξεων που θα δημιουργήσουν προβλήματα στους αγρότες θα θεωρήσουμε με βάση τους πίνακες ότι οι ετήσιες σταθερές δαπάνες σε σχέση με την αξία του Ελκυστήρα (λ) είναι το 0,12 ή 12% της αρχικής αξίας του Γεωργικού Ελκυστήρα.

Οι μελετητές θα πρέπει να υπολογίσουν το λ υπολογίζοντας τις ετήσιες σταθερές δαπάνες με τη χρήση του τύπου του τοκοχρεολυσίου. Ο τύπος είναι:

$$\text{Τοκοχρεωλύσιο} = (AAE - YAE) \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + i \cdot YAE$$

Όπου:

AAE= Αρχική Αξία Ελκυστήρα

YAE= Υπολειμματική Αξία Ελκυστήρα

i= επιτόκιο %

n= προβλεπόμενη διάρκεια χρήσης Ελκυστήρα σε έτη

3) Κόστος επίκαιρης εκτέλεσης των εργασιών (K_{επ})

Το μέσο κόστος επίκαιρου εκτέλεσης των εργασιών εκτιμάται ως εξής και εκφράζεται σε Ευρώ / στρέμμα την ώρα.

Έστω ότι η απώλεια παραγωγής που προκύπτει από την άκαιρη εκτέλεση των εργασιών (λίπανση ψεκάσμός κλπ) είναι κατά μέσο όρο 2 κιλά ανά στρέμμα και ανά ημέρα. Η μέση αξία των προϊόντων 3 Ευρώ /κιλό. Οι κατάλληλες ημέρες για εργασία στην περιοχή είναι 5 στις 10 και οι ημερήσιες ώρες εργασίας 10. Μπορεί να γίνει υπολογισμός του K_{επ} για κάθε μία καλλιέργεια ξεχωριστά και μετά να πάρουμε τον μέσο όρο των K_{επ} όλων των καλλιεργειών.

Στο παράδειγμά μας οι τιμές που δίνουμε είναι ενδεικτικές. Ειδικά για τις τιμές παραγωγού των προϊόντων, επηρεαστήκαμε από την αυξημένη τιμή που έχουν τα φιστίκια και δώσαμε μια αρκετά υψηλή μέση τιμή προϊόντων.

$$K_{επ} = \frac{(2 \text{ κιλά} / \text{στρέμμα} \cdot \text{ημέρα}) \cdot (3 \text{ Ευρώ} / \text{κιλό})}{4 \cdot (10 \text{ ώρες} / \text{ημέρα}) \cdot (5/10)} \Rightarrow K_{επ} = \frac{6}{20} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_{επ} = 0,3 \text{ ευρώ} / \text{στρεμμ. ώρα}$$

Ο συντελεστής 4 στον παρονομαστή τίθεται όταν η άριστη χρονική περίοδος εκτέλεσης της εργασίας εμπίπτει στη χρονική περίοδο που εκτελείται η εργασία. Εάν δεν εμπίπτει τότε ο συντελεστής γίνεται 2 αντί του 4.

Η έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών εισάγει την έννοια του «συντελεστή επιβάρυνσης των εργασιών» ο οποίος δίδεται στον πίνακα 5 στα παραρτήματα (Νάτσης Βέλτιστη επιλογή Γεωργικών Μηχ/των 2016 σελ 82, ASAE Standards D230.4 1985, Roth et al. 1982, Hunt 1968) Εάν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος για τις γεωργικές εργασίες και δεν έχουμε σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις από την καθυστέρηση εκτέλεσής των εργασιών, το $K_{\varepsilon\pi}$ θα πρέπει να μην υπολογίζεται καθόλου ή να παίρνει μικρή τιμή για μια οικονομικότερη προσέγγιση.

Ισχύς του Ελκυστήρα στο PTO

Ο υπολογισμός της ισχύος του Γεωργικού Ελκυστήρα που καλύπτει τις ανάγκες της γεωργικής εκμετάλλευσης με το άριστο κόστος εργασίας δίδεται από τη σχέση

$$I_{PTO} = \sqrt{\frac{A.E\mu.(\Delta\chi\epsilon\iota\rho + A.K.\varepsilon\pi)}{\lambda.\Delta\epsilon\lambda}} \Rightarrow I_{PTO} = \sqrt{\frac{50.84. (6 + 50.0,3)}{0,12.700}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{PTO} = 32,4 \text{HP} \text{ ισχύς στο PTO}$$

άρα η ισχύς στον κινητήρα είναι:

$$I_{KIN} = 32,4 / 0,87 \Rightarrow$$

$I_{KIN} = 40 \text{ HP}$ λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό μετάδοσης της ισχύος από τον κινητήρα στο PTO ίσο με 87% .

Με συντελεστή φόρτωσης του κινητήρα με 0,8 για άριστη επίτευξη εργασιών με την μικρότερη κατανάλωση καυσίμου η ισχύς του κινητήρα γίνεται:

$$I_{KIN} = 40 / 0,8$$

$I_{KIN} = 50 \text{ HP}$. Συνεπώς η εκμετάλλευση χρειάζεται ελκυστήρα ισχύος 50 HP.

(Κουτσοβίτης Ν. 1987, 111970/28-01-1988 Εγκύκλιος της Δ/σης Αξιοποίησης Εγγειοβελτιωτικών έργων και μηχανολογικού Εξοπλισμού του Υπουργείου Γεωργίας)

Συμπεράσματα

Η επιλογή του Γεωργικού Ελκυστήρα με τη μέθοδο του άριστου κόστους προσεγγίζει την άριστη λύση διότι λαμβάνει υπόψη όλους τους κύριους γεωργοτεχνικούς και γεωργοοικονομικούς παράγοντες. Επειδή οι παράγοντες αυτοί είναι πολλοί και μερικοί από αυτούς προκύπτουν από εκτιμήσεις, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή τους. Ειδικά το κόστος του επίκαιρου εκτέλεσης των εργασιών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ρεαλιστικά χωρίς υπερβολές. Από παρατηρήσεις των βροχομετρικών μοντέλων παρατηρούμε μεγάλη αλλαγή σε σχέση με 20 και 10 χρόνια πριν. Τα βροχομετρικά μοντέλα πλέον δεν επαληθεύονται. Το κλίμα ιδιαίτερα στην Αττική γίνεται πιο ξηροθερμικό χωρίς πολλές βροχές και έτσι δεν δημιουργούνται ιδιαίτερα πρόβλημα στην εργασία του Γεωργικού Ελκυστήρα.

Οι περισσότερες γεωργικές εκμεταλλεύσεις της Αττικής είναι μικρού μεγέθους, έχουν πολλές καλλιέργειες και επηρεάζονται από τοπικές συνθήκες. Για τους λόγους αυτούς, κάθε εκμετάλλευση πρέπει να μελετάται ως ειδική περίπτωση.

Συμβουλή της Υπηρεσίας μας και του καθηγητή Γεωργικής Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Νάτση είναι:

Να μην επιλέγονται μεγάλοι Γεωργικοί Ελκυστήρες, που δεν αξιοποιούνται πλήρως από την γεωργική εκμετάλλευση διότι όχι μόνο ζημιώνουν την εθνική οικονομία με χρήματα που εξάγονται για να πληρωθούν οι Ελκυστήρες άλλα ταυτόχρονα κάνουν τις εκμεταλλεύσεις μη βιώσιμες με το κόστος που τις επιβαρύνουν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Είδος μηχανήματος	Ελκτική δύναμη σε kg/30 cm πλάτος εργασίας	Τυπική Ταχύτητα km/h	Ισχύς έλξεως σε HP/30 cm πλάτος εργασίας
1) Άροτρο (βάθος 20 cm)			
– Έδαφος αργιλώδες	477	6,0	10,6
– Έδαφος πηλώδες	432	7,0	11,2
– Έδαφος αμμοπηλώδες	318	8,0	9,4
– Έδαφος αμμώδες	159	8,0	4,7
2) Καλλιεργητές βαριάς κατασκευής (20 cm βάθος)			
– Έδαφος ξηρό ή σκληρό	364	6,0	8,1
– Έδαφος αργιλοπηλώδες	227	8,0	6,7
– Έδαφος αμμοπηλώδες	91	9,5	3,2
– Έδαφος αμμώδες			
3) Καλλιεργητές ελαφριάς κατασκευής			
– Έδαφος βαρύ αργιλώδες ή ξηρό και σκληρό	296	6,0	6,6
– Έδαφος αργιλοπηλώδες	205	8,0	6,1
– Έδαφος αμμοπηλώδες	136	8,0	4,0
– Έδαφος αμμώδες	68	9,5	2,4
4) Δισκοσβάρνα διπλής ενέργειας			
– Μεγάλης ελκτικής δυνάμεως	136	6,0	3,0
– Μέσης ελκτικής δυνάμεως	91	8,0	2,7
– Μικρής ελκτικής δυνάμεως	46	9,5	1,6
5) Δισκοσβάρνα πλάγιας έλξεως (βαριά)			
– Μεγάλης ελκτικής δυνάμεως	182	6,0	4,0
– Μέσης ελκτικής δυνάμεως	148	8,0	4,4
– Μικρής ελκτικής δυνάμεως	114	9,5	4,0
6) Πολύδισκο			
– Μεγάλης ελκτικής δυνάμεως	182	6,0	4,0
– Μέσης ελκτικής δυνάμεως	136	8,0	4,0
– Μικρής ελκτικής δυνάμεως	91	9,5	3,2

Τζιβανόπουλος, 1995. Γεωργικοί Ελκυστήρες σελ. 313

Η κατανάλωση ενέργειας για κάθε εργασία δίδεται από τον παρακάτω πίνακα 2 (Νάτσης, 2016 Βέλτιστη επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού σελ. 113)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Κατανάλωση ενέργειας για κάθε εργασία για μεσαία σύστασης εδάφη

α/α	ΕΡΓΑΣΙΑ	Ισχύς έλξης kW/m	ταχύτητα km/h	Ef. %	Ενέργεια kWh/ha
1	Όργωμα 26-30 cm	53,5*	7	80	95,55
2	Δισκοσβάρνα	11,64	7	80	20,78
3	Σπορά	4,65	7	75	8,85
4	Κατεργασία με καλλιεργητή	7,76	6	80	16,16
5	Ανοιξιάτικο δισκοσβάρνισμα	11,64	7	80	20,78
6	Λίπανση	4,65	7	65	8,85
7	Σκάλισμα	4,85	7	75	9,24
8	NH ₃ εφαρμογή	7,76	7	75	14,78
9	Ψεκασμός	0,11	6	65	0,31
10	Δεματισμός άχυρου	8,5	6	80	17,7
11	Συγκομιδή σίτου (Θερισιμός)	29,2	5	75	77,86
12	Κοπή στελεχών	15,83	4	80	49,46
13	Θερισιμός αραβοσίτου	86,6	5	75	230,93
14	Θερισιμός τριφυλλιού	12,5	8	75	20,83
15	Προσωρινή υποστράγγιση	9,9	7	80	17,7

Τσατσαρέλης 1995, Agricultural Engineers Yearbook 1982, ASAE Standards -ASAE D230.4 1985, Παυλίδου 1972, Whitson et al. 1981, Κυρίτης κ.α. 1995, Νάτσης 2016

Η ταχύτητα εργασίας ρυθμίζεται σε συνάρτηση του πλάτους και βάθους εργασίας και είναι σε άμεση συνάρτηση με την απαιτούμενη ισχύ για τη συγκεκριμένη εργασία (Νάτσης 2016 Βέλτιστη επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού σελ. 111)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Ταχύτητες και συντελεστής απόδοσης εργασίας

α/α	Εργαλεία & γεωργικές εργασίες	ταχύτητα εργασίας km/h			Απόδοση% θεωρητική
		Μέγιστη	Ελάχιστη	Μεσαία	
1	Όργωμα	10	5	7	80
2	Σβάρνας οδοντωτές	10	5	8	80
3	Δισκοσβάρνες	10	5	7	80
4	Καλλιεργητής	12	5	8	80
5	Σπαρτικές με σειρές	10	4	7	75
6	Σπαρτικές αραβοσίτου	10	4	7	65
7	Κύλινδροι απλής χρήσης	12	7	10	80
8	Καλλιεργητής με λίπανση NH ₃	10	4	7	65
9	Δετικές χόρτου	8	4	6	80
10	Θεριζοαλωνιστική σίτου	6.5	3.5	5	75
11	Θεριζοαλωνιστική αραβοσίτου	6.5	3.5	5	75
12	Χαρτοκοπτική φερόμενη	10	6.5	8	75
13	Ψεκασμός	8	5	6	65
14	περιστροφικά άροτρα (φρέζα)	8	1,5	5	80
15	Άροτρο Τσιζελ	9.7	6.4	8.1	85
16	Αυλακωτήρες	10	5	7	80
17	Μηχανές κοπής τεμαχισμού αραβοσίτου	6.5	2.5	4	65
18	Εξαγωγή πατάτας	6	4	5	70
19	Μεταφορές	25	8	15	75

ASAE D230,4 & Wolak 1981, Srivastava et al. 1993, Wolak 1981

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Απαιτήσεις σε ενέργεια των Γεωργικών εργασιών σε HP.h/στρέμμα, συντελεστών απόδοσης και ταχυτήτων εργασιών σε Km/h

1	2	3	4	5
Γεωργική Εργασία ή είδος Γεωργικού Μηχ/τος	Απαιτούμενη Ενέργεια HP.h/στρέμμα	Σχέση Ελκτικής ισχύος προς την ισχύ στο PTO	Συντελεστής απόδοσης εργασίας	Συνήθεις ταχύτητες εργασίας σε Km/h
1. ΑΡΩΣΗ (20 cm)				
Ελαφριά εδάφη	1,5 - 3	0,50	0,7 – 0,9	5 - 9
Μέσης σύστασης	2,5 - 5	0,62	0,7 – 0,9	5 - 9
Βαριά εδάφη	4 – 7,5	0,50	0,7 – 0,9	5 - 9
2. ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛ/ΤΗΣ (40 cm)				
Ελαφριά εδάφη	4 – 6,5	0,50	0,7 – 0,9	4,5 - 8
Μέσης σύστασης	5,5 – 8,5	0,62	0,7 – 0,9	4,5 – 8
Βαριά εδάφη	7,5 - 12	0,50	0,7 – 0,9	4,5 - 8
3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ (20 cm)				
Ελαφριά εδάφη	1 - 2	0,50	0,7 – 0,9	5 - 9
Μέσης σύστασης	1,5 – 3,5	0,62	0,7 – 0,9	4,5 - 8
Βαριά εδάφη	3 - 5	0,50	0,7 – 0,9	4,5 -8
4. ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ				
Απλή	0,3 – 0,6	0,45	0,7 – 0,9	5 - 10
Διπλή Ελαφριού τύπου	0,6 - 1	0,45	0,7 – 0,9	5 - 10
Διπλή Βαρέως τύπου	1 - 2	0,45	0,7 – 0,9	5 - 10
5. ΣΒΑΡΝΑ ΣΤΑΘ ΟΔΟΝΤΩΝ	0,1 – 0,4	0,40	0,7 – 0,9	5 - 10
6. ΣΒΑΡΝΑ ΕΛΑΤΗΡΙΩΤΗ	0,4 – 1,6	0,50	0,7 – 0,9	5 - 10
7. ΦΡΕΖΑ	3,5 - 7	0,9	0,7 – 0,9	2 - 7
8. ΣΤΕΛΕΧΟΚΟΠΤΗΣ	1 - 3	0,65	0,75 – 0,85	6 - 9
9. ΨΕΚΑΣΤΙΚΟ ΓΡΑΜ. ΚΑΛΛ.	0,5 -1,5	0,44	0,5 – 0,8	5 -8
10. ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ	0,1 – 0,35	0,30	0,7 – 0,9	7 -12
11. ΣΠΑΡΤΙΚΗ ΜΕ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΑ				
Σιτηρών	0,15 – 0,55	0,53	0,65 – 0,85	4 -10
Βάμβακος - Αραβοσίτου	0,4 – 0,7	0,53	0,65 – 0,85	4,5 - 10
12. ΣΚΑΛΙΣΤΗΡΙ				
Επιφανειακό	0,25 – 0,5	0,38	0,7 – 0,9	2,5 - 5
Βαθύ (8 cm)	0,4 0,65	0,38	0,7 – 0,9	4 - 8
13. ΧΟΡΤΟΚΟΠΤΙΚΟ	0,4 – 0,8	0,82	0,75 – 0,85	8 - 12
14. ΧΟΡΤΟΔΕΤΙΚΗ	1,5 – 2,5 HP.H/Tov	0,3	0,6 – 0,85	5 - 7
15. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	0,36 – 0,5 HP.H/Tov . Km	0,8	0,50 – 0,75	2 - 7

Κουτσοβίτης Ν. 1987, 111970/28-01-1988 Εγκύκλιος της Δ/σης Αξιοποίησης Εγγειοβελτιωτικών έργων και μηχανολογικού Εξοπλισμού του Υπουργείου Γεωργίας

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Εργασία	Συντελεστής επιβάρυνσης ανά ώρα
Σπορά αραβοσίτου	0,001
Σπορά Σιταριού	0,0005
Όργωμα	0,00005
Δισκοσβάρνα	0,00005
Σπορά κριθαριού	0,0004
Σκάλισμα περιποιήσεις	0,0002
Συγκομιδή κριθαριού	0,001
Συγκομιδή σιταριού	0,0005
Συγκομιδή καρπών	0,0003

Νάτσης Βέλτιστη επιλογή Γεωργικών Μηχ/των 2016 σελ 82, ASAE Standards D230.4 1985, Roth et al. 1982, Hunt 1968

Πίνακας 7

Ισχύς PTO $P_{PTO}=a+bw+cF$ (KW)								
Εργαλείο	S (km/h)		Er (%)		F (t/h)	a (KW)	b (KW/m)	c (KWh/t)
	όρια	μέση	όρια	μέση				
Δεματοποίηση χόρτου μικρά ορθογωνικά	4,0-10	6,5	60-85	75	16	2	0	1
Δεματοποίηση χόρτου μεγάλα ορθογωνικά	6,5-13	8,0	70-90	80	25	4	0	1,3
Δεματοποίηση χόρτου κυλινδρ / μεταβ όγκου	5,0-13	8,0	55-75	65	25	4	0	1,1
Δεματοποίηση χόρτου κυλινδρ / σταθερ όγκου	5,0-13	8,0	55-75	65	25	2,5	0	1,8
Μαχαίρια κοπής χόρτου	5,0-10	8,0	75-85	80		0	12	0
Κοπής χόρτου με δίσκους	8,0-19	11	75-90	80		0	5	0
Κοπής χόρτου με στροφέιο (flail)	8,0-19	11	75-90	80		0	10	0
Κοπής-σύνθλιψης με μαχαίρια	5,0-10	8,0	75-85	80		0	4,5	0
Κοπής-σύνθλιψης με δίσκους	8,0-19	11	75-90	80		0	8	0
Αναδευτήρες πλάγιας μετατόπισης χόρτου	6,5-13	10	70-90	80		0	0,4	0
Περιστροφικοί αναδευτήρες	6,5-13	10	70-90	80		0	2	0
Απλοί αναδευτήρες	6,5-13	10	70-90	80		0	1,5	0
Μηχ. Συγκομ. πατάτας (+11,6 kN/m ισχ Έλξη)	2,5-6,5	4,0	55-70	60		0	10,7	0
Κοπή καλαμπ. Ενσίρωσης (c=t ξηρ ουσίας/h)	2,5-10	5,5	60-85	70	15	6	0	3,3
Κοπή χόρτου Ενσίρωσης (c=t ξηρ ουσίας/h)	2,5-10	5,5	60-85	70	3	6	0	5,7
Θεριζοαλωνιστικές (σιτηρά) (c=MOG)	3,0-6,5	5,0	65-80	70	1,3	20	0	3,6
Θεριζοαλωνιστικές (καλαμπόκι) (c=καρπός)	3,0-6,5	4,0	60-75	65	2,4	35	0	1,6
Συλλέκτες βάμβακος	3,0-6,0	4,5	60-75	70		0	9,3	0

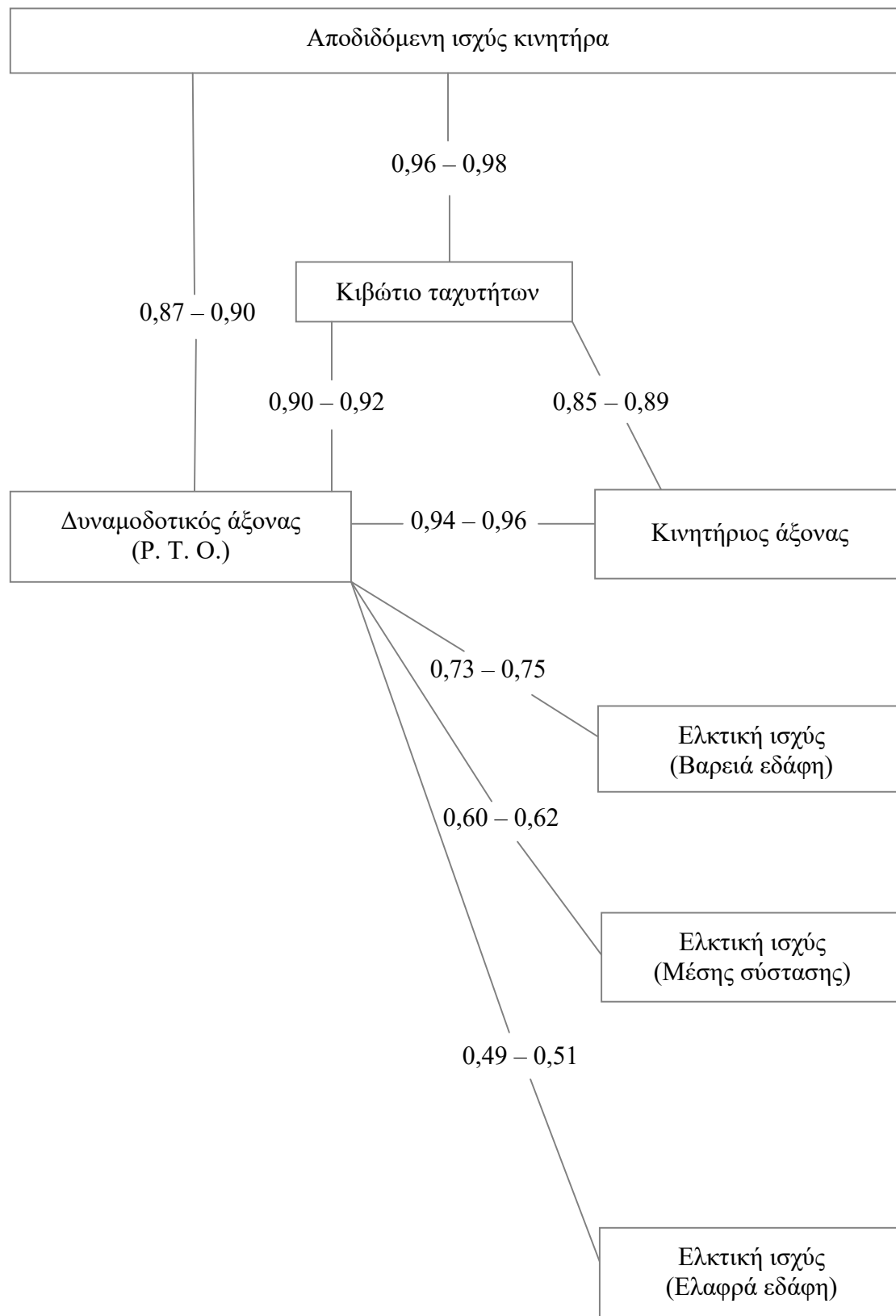
Τσατσαρέλης (2006). Διαχείριση Γεωργικού Εξοπλισμού. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη

Πίνακας 8

Διάφορα εργαλεία (ισχύς ή αντίσταση)						
Εργαλείο	Ταχύτητα εργασίας S (km/h)		Βαθμός Απόδοσης Er (%)		Ισχύς ή Αντίσταση	Μονάδα
	όρια	μέση	όρια	μέση		
Πολύδισκα (8-13cm βάθος D=kN/m)	6,5-11,0	10	70-90	80	2,6-5,8	kN/m
Αυλακωτήρες (D=kN/m)	5,0-10,0	7,0	70-90	85	5,8-14,6	kN/m
Φρέζες (φέτα 8-10 cm)	2,0-7,0	5,0	70-90	85	12,2-24,5	KWpto/m
Περιστροφικές σβάρνες	2,0-7,0	5,0	70-90	85	10,0-15,0	KWpto/m
Λιπασματοδιανομείς	8,0-16,0	11,0	60-80	70	0,7-2,0	KW
Στελεχοκόπτες	6,5-11,5	8,0	70-90	80	4,9-17,1	KW/m
Ψεκαστήρες υδραυλικοί χαμηλής πίεσης	5,0-11,0	10,0	50-80	65	0,1-0,6	KW/pto
Ψεκαστήρες υδραυλικοί μέσης πίεσης	5,0-11,0	10,0	50-80	65	0,3-18,0	KWpto
Νεφελοψεκαστήρες	3,0-8,0	5,0	55-70	60	8,0-55,0	KWpto
Αποκορύφωση ζαχαροτεύλων	3,0-8,0	5,0	55-70	60	3,7-5,2	KW/σειρά
Εκρίζωση ζαχαροτεύλων	3,5-7,0	5,0	55-70	60	1,5-3,0	KW/σειρά
Τευτλοεξαγωγείς	3,5-7,0	5,0	55-70	60	22,0-30,0	KW/σειρά

Τσατσαρέλης Κ. 1995 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων.

Διάγραμμα 1
Διάγραμμα αποδόσεων μηχανικής ισχύος Γεωργικού Ελκυστήρα



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Νάτσης Α. 2016 ΑΘΗΝΑ, Βέλτιστη Επιλογή Μηχανολογικού Εξοπλισμού, εκδόσεις Πεδίο Α.Ε.
2. Νάτσης Α. & Καλλιμάνης Γ. 2017 ΑΘΗΝΑ, Βλάβες Γεωργικών Ελκυστήρων Διάγνωση και Πρόγνωση, εκδόσεις Πεδίο Α.Ε.
3. Natsis A.& Kerkides P. & Pitsilis J. 2001. Farm Machinery selection to minimize the cost of agricultural operations. Rural and Environmental Engineering 41(8):47-56
4. Natsis A. et al. 1999, The influence of soil type, soil water and share sharpness of mouldboard plough on energy consumption, rate of work and tillage quality. Journal of Agricultural Engineering Research. 72: 171 – 176
5. Natsis A. et al. 1995, Agricultural Machinery selection on weather, soil and characteristics. International conference on Agricultural Engineering. Madrid 23-26 Sept 1995
6. Natsis A et al. 1994, Pretesting Number of days suitable for field work according to soil and weather constraints in Albania. International conference on land and water resources Management in the Mediterranean region. Bari 4 – 8 Sept 1994
7. Σούτερ Χ. 1972 ΑΘΗΝΑ, Γεωργική Μηχανολογία, Ελκυστήρες – Κινητήρες
8. Τσατσαρέλης Κ. 1995 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων.
9. Τσατσαρέλης et al. 2000 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σπορά
10. Τσατσαρέλης et al. 1997 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Γεωργικοί Ελκυστήρες
11. Τσατσαρέλης (2006). Διαχείριση Γεωργικού Εξοπλισμού. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη
12. Κουτσοβίτης Ν. 1987 ΑΘΗΝΑ, Τεχνικοοικονομική εκλογή Γεωργικών Μηχ/των
13. Τζιβανόπουλος Κ. 1997 ΑΘΗΝΑ, Γεωργικοί Ελκυστήρες
14. 11277/26-04-2002 Εγκύκλιος της Δ/σης Αξιοποίησης Εγγειοβελτιωτικών έργων και μηχανολογικού Εξοπλισμού του Υπουργείου Γεωργίας
15. 111970/28-01-1988 Εγκύκλιος της Δ/σης Αξιοποίησης Εγγειοβελτιωτικών έργων και μηχανολογικού Εξοπλισμού του Υπουργείου Γεωργίας
16. Ε.Γ.Μ.Ε. «Πρακτικά 10 Συνεδρίου» 27 – 28 Σεπτεμβρίου 2017
17. Wolak, F.J. (1981). Development of a field machinery selection model. Ph.D. Department of Agricultural Engineering. Michigan State University, East Lansing.
18. ASAE Engineering practice: ASAE EP391.1 Agricultural machinery management