

Επιλογή των ελκυστήρων σε εργασίες διαχείρισης λιβαδιών

Μ.Γ.Καλαϊτζή, Ε.Α. Καραγιάννης και Π.Β. Καραρίζος

Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη
e-mail: xeniakal@for.auth.gr, eakarag@for.auth.gr, pkarariz@for.auth.gr

Περίληψη

Η επιλογή των κατάλληλων ελκυστήρων και των παρελκομένων τους, σε σχέση με τον τύπο, την ισχύ και τον αριθμό τους, για την εκτέλεση των εργασιών μιας δασικής εκμετάλλευσης, είναι ένα δύσκολο και πολύπλοκο πρόβλημα, επειδή εξαρτάται από πολυάριθμους μεταβλητούς και αλληλοεξαρτώμενους παράγοντες οι οποίοι δεν μπορούν να προσδιορισθούν με ακρίβεια. Στο παρελθόν για την προσέγγιση του παραπάνω προβλήματος λαμβάνονταν υπόψη μόνο οικονομικοί παράγοντες, ενώ με την εξέλιξη της τεχνολογίας θα πρέπει επίσης να συνυπολογίζονται τεχνικοί και οικολογικοί παράγοντες. Στην εργασία αυτή αξιολογήθηκε η καταλληλότητα ενός ελκυστήρα για την κατεργασία (όργωμα και φρεζάρισμα) ενός λειμώνα 300 στρεμμάτων με βάση το μέγεθος της επιφάνειας, την απαιτούμενη ισχύ και ενέργεια του ελκυστήρα με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας,

Λέξεις κλειδιά: επιλογή ελκυστήρα, ισχύς, κόστος λειτουργίας, ενέργεια

Εισαγωγή

Ο ελκυστήρας είναι ένα από τα βασικότερα αυτοκινούμενα μηχανήματα για τη γεωργία και τη δασοπονία που διαθέτει την ισχύ του για την κίνηση του καθώς και για τη λειτουργία των παρελκομένων του. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την όσο το δυνατόν επιτυχέστερη επιλογή, σύμφωνα με τις ανάγκες της εκμετάλλευσης, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας τόσο του ίδιου όσο και των άλλων συστημάτων ελκυστήρα-παρελκομένων (Τσατσαρέλης 2002, 2006, Link 1967).

Η επιλογή αυτή είναι ένα δύσκολο και πολύπλοκο πρόβλημα, καθώς εξαρτάται από πολυάριθμους μεταβλητούς και αλληλοεξαρτώμενους παράγοντες οι οποίοι δύσκολα μπορούν να προσδιορισθούν με ακρίβεια (Edwards et al., 1980). Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι. Οι παλαιότερες ήταν μάλλον οικονομικές παρά τεχνικές, καθώς επιλέγονταν το μέγεθος εκείνο του ελκυστήρα που έδινε το ελάχιστο κόστος, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη άλλα στοιχεία (μέθοδοι ελαχιστοποίησης του κόστους) (Sogaard et al., 2004). Οι νεότερες μέθοδοι είναι τεχνικοοικονομικές και οικολογικές καθώς λαμβάνουν υπόψη και το κόστος που προέρχεται από τη μη έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών που οφείλεται στην ανεπάρκεια των μηχανημάτων (Kararizos and Karagiannis 2000) και το διαθέσιμο χρόνο για την εκτέλεση των εργασιών (μέθοδοι περιορισμένου χρόνου) (Chancellor et al. 1974, Edwards et al. 1980, Recio et al. 2001).

Οι βασικές αδυναμίες όλων των μεθόδων οφείλονται:

α) Στις τιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών κάθε καλλιεργητικής εργασίας, οι οποίες συνήθως λαμβάνονται από τη βιβλιογραφία, αφού λόγω των πολλών παραμέτρων που υπεισέρχονται, οι αποκλίσεις των τιμών μπορεί να φθάσουν και το $\pm 50\%$ (ASAE Standard D497, 2005).

β) Στην εκτίμηση του διαθέσιμου χρόνου για την εκτέλεση των εργασιών σε κάθε περιοχή.

γ) Στα ελλειπή στοιχεία που προσδιορίζουν το άμεσο κόστος χρήσης, το οποίο χρησιμοποιείται ως βάση και του οποίου θα γίνει η αριστοποίηση.

Τα τελευταία χρόνια διεξάγονται εντατικές έρευνες που έχουν σκοπό την εκτίμηση του διαθέσιμου χρόνου σε κάθε περιοχή έρευνας, τις επιπτώσεις στην παραγωγή από τη μη έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών για κάθε καλλιέργεια, καθώς επίσης και την ακριβέστερη μέτρηση της απαιτούμενης ισχύος ή ενέργειας για κάθε καλλιεργητική εργασία (Hunt 1975, Clark et al. 1985). Για τις μετρήσεις της ισχύος ή ενέργειας εφοδιάζονται οι ελκυστήρες με όργανα ακριβείας και ηλεκτρονικούς υπολογιστές, που καταγράφουν και αναλύουν τα απαραίτητα στοιχεία, ώστε η απαιτούμενη ισχύς ή ενέργεια να υπολογίζεται με μεγάλη ακρίβεια (Chancellor 1968).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετηθεί ένας ελκυστήρας κατά την κατεργασία (όργωμα - φρεζάρισμα) ενός λειμώνα και να αξιολογηθεί η καταλληλότητά του με βάση την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας, το μέγεθος της επιφάνειας, καθώς και την απαιτούμενη ισχύ και ενέργεια.

Υλικά και μέθοδος

Υλικά

Για τις ανάγκες της έρευνας οριοθετήθηκε μία πειραματική επιφάνεια 300 στρεμμάτων (τεχνητός λειμώνας) στην περιοχή του Κιλκίς με σκοπό την αξιολόγηση της καταλληλότητας του ελκυστήρα, κατά την κατεργασία (όργωμα και φρεζάρισμα) του λειμώνα. Χρησιμοποιήθηκε ένας γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 62 kW και αξίας 50.000 €, ο οποίος εργάστηκε στην παραπάνω περιοχή με μέση ταχύτητα εργασίας 7 km/h και πλάτος εργασίας της φρέζας 3m. Οι σταθερές δαπάνες ως ποσοστό της τιμής αγοράς (9%) αφορούν την απόσβεση, τον τόκο του κεφαλαίου και τις δαπάνες στέγασης και ασφαλιστρών.

Μέθοδος εργασίας

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος καταρτίστηκε η συνάρτηση του ετήσιου κόστους και στη συνέχεια έγινε ελαχιστοποίηση του με διαφορισμό ως προς την ισχύ. Το ετήσιο κόστος χρήσης, που προσδιορίστηκε με βάση την προσεγγιστική μέθοδο, δίνεται από τη σχέση (Τσατσαρέλης 2006):

$$EK = \Sigma \Delta Q_0 + \frac{A}{SWE_f} (E\Sigma Q_0 + E + K + \Lambda) \quad (1)$$

- όπου EK = ετήσιο κόστος (€)
 ΣΔ = σταθερές δαπάνες (απόσβεση, τόκος επενδεδυμένου κεφαλαίου, στέγαση και ασφάλεια) ως ποσοστό (δεκαδικό) της τιμής αγοράς του μηχανήματος (0,09Q₀)
 Q₀ = τιμή αγοράς (50.000 €)
 A = έκταση (300 στρέμματα)
 S = ταχύτητα εργασίας (7km/h)
 W = πλάτος εργασίας (3m)
 E_f = βαθμός απόδοσης στο χωράφι (0,7)
 EΣ = δαπάνες επισκευών-συντήρησης ποσοστό δεκαδικό της Q₀ (0,005)
 E = δαπάνες χειριστή (20,69 €/h)
 K = δαπάνες καυσίμων (11 €/h)
 Λ = δαπάνες λιπαντικών (0,1K €/h)

Ο παράγοντας A/SWE_f παριστάνει το συνολικό χρόνο εργασίας του μηχανήματος (t) σε ώρες (h).

Εάν η αρχική τιμή Q_0 εκφρασθεί βάσει της ισχύος $P(P_{PTO})$ θα είναι: $Q_0 = q P$ (€), όπου q η τιμή ανά μονάδα ισχύος PTO (€/kW). Το κόστος των καυσίμων μπορεί να εκφρασθεί ως συνάρτηση της ισχύος (kW), της ειδικής κατανάλωσης (kg/kWh ή 1/kWh) και της τιμής του καυσίμου (€/kg ή €/l) ως: $K = \kappa P$ (€/h), όπου $\kappa = \text{€/ kWh}$. Τα λιπαντικά με τον ίδιο τρόπο όπως και τα καύσιμα, $\Lambda = \lambda P$, όπου $\lambda = \text{€/ kWh}$. Η σχέση επομένως του ετήσιου κόστους των ελκυστήρων, συναρτήσει και της ισχύος, θα είναι:

$$EK = \Sigma \Delta q P + t (E \Sigma q P + E + \kappa P + \lambda P) \quad (2)$$

συνήθως το κόστος των λιπαντικών κυμαίνεται γύρω στο [10%] του κόστους των καυσίμων. Με την παραδοχή αυτή το ετήσιο κόστος (EK) γίνεται:

$$EK = \Sigma \Delta q P + t (E \Sigma q P + E + 1,1 \kappa P) \quad (3)$$

Επειδή η ενέργεια που απαιτείται για τη εκτέλεση των εργασιών είναι $E_N = P t$, αντικαθιστώντας το χρόνο t με το ισοδύναμό του $t = E_N / P$ η σχέση του κόστους γίνεται:

$$EK = \Sigma \Delta q P + E \Sigma q E_N + \frac{E_N E}{P} + 1,1 \kappa E_N \quad (4)$$

Αυτή η τελική σχέση του κόστους είναι συνάρτηση της ενέργειας και της ισχύος. Για να βρεθεί η ισχύς εκείνη που να δίνει το ελάχιστο κόστος λαμβάνεται το μερικό διαφορικό της σχέσης ως προς την ισχύ (P). Η σχέση έχει ελάχιστο (ελάχιστη τιμή P_{PTO}), το οποίο προσδιορίζεται αν το μερικό διαφορικό ως προς την ισχύ εξισωθεί με μηδέν (0) δηλαδή:

$$\frac{\partial EK}{\partial P} = \Sigma \Delta q - \frac{E_N E}{P^2} = 0 \quad (5)$$

από όπου:

$$P = \sqrt{\frac{E_N E}{\Sigma \Delta q}} \quad (6)$$

Τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της ισχύος (P) είναι (<http://www.ggde.gr>, 2008) :

Οι σταθερές δαπάνες του ελκυστήρα ανέρχονται στο 9% της τιμής αγοράς.

Η τιμή των ελκυστήρων ανά kW ισχύος στο PTO ανέρχεται σε 800 € (Τσατσαρέλης 2002).

Το κόστος εργασίας του χειριστή ανέρχεται σε (20,69 €/h).

Η ενέργεια (E_N) που απαιτήθηκε για το φρεζάρισμα 300 στρεμμάτων είναι 10,89 kWh/στρέμμα όπως φαίνεται στον πίνακα 1 (Τσατσαρέλης 2006), επειδή η εργασία κατεργασίας (όργωμα, φρεζάρισμα) ενός λειμώνα είναι ίδια με τις εργασίες για το σιτάρι και το βαμβάκι. Επομένως η απαιτούμενη ενέργεια θα ισούται: $300 \times 10,89 = 3.267$ kWh/στρέμμα.

Πίνακας 1: Απαιτήσεις ενέργειας των διαφόρων εργασιών για όργωμα και φρεζάρισμα

Εργασίες	Σιτάρι	Βαμβάκι	Καλαμπόκι	Σιτάρι	Βαμβάκι	Καλαμπόκι
	Ενέργεια (kWh/στρέμμα)			Ενέργεια (kWh/στρέμμα)		
	Μέσο έδαφος			Βαρύ έδαφος		
Όργωμα	6,58*	6,58	6,58	9,39	9,39	9,39
Δισκοσβάρνισμα	1,80	1,80	3,61	2,05	2,05	4,10
Κατερ. καλλιεργητή	0,00	1,96	1,31	0,00	2,31	1,54
Φρεζάρισμα	0,00	4,31*	0,00	0,00	0,27	0,00
Λίπανση βασική	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Σβάρνισμα	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

*Η ενέργεια που απαιτήθηκε για το όργωμα ήταν 6,58 kWh/στρέμμα. Για το φρεζάρισμα ήταν 4,31 kWh/στρέμμα. Έτσι είχαμε (6,58 + 4,31) = 10,89 kWh/στρέμμα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από την επεξεργασία των στοιχείων της σχέσης (6) προκύπτει η απαιτούμενη ισχύς P που είναι:

$$P = \sqrt{\frac{3.267 \times 20,69}{0,09 \times 800}} = 30,63 \text{ ή } 30,63 \times 1,36 = 41,65 \text{ PS και } 41,65 \times 2 = 83,31 \text{ PS ή } 61,26$$

kW

Με βάση την ισχύ και τα στοιχεία της σχέσης (1) και του πίνακα (1) προκύπτει το ετήσιο κόστος, το κόστος ανά στρέμμα (€/ στρέμμα) καθώς και το κόστος ανά ώρα (€/h).

Το ωριαίο κόστος των καυσίμων (€/h) καθώς και το ωριαίο κόστος των λιπαντικών (€/h) προέκυψε από τη μέση ειδική κατανάλωση στα καύσιμα 0,250 l/ kW h και από την τρέχουσα τιμή ανά λίτρο.

Από τη σχέση (1) προκύπτει το ετήσιο κόστος (EK)

$$EK = 50.000 \times 0,09 + \frac{300}{7 \times 3 \times 0,7} (0,005 \times 50.000 + 20,69 + 11,1) = 10.248 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσιο ωριαίο κόστος : } \frac{10.248}{500} = 20,49 \text{ €/ h (με 500 ώρες εργασίες συνολικά)}$$

$$\text{Κόστος ανά στρέμμα : } \frac{10.248}{300} = 34,16 \text{ €/στρέμμα}$$

Από τη σχέση (6) και τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το μέγεθος του ελκυστήρα επηρεάζεται από την απαιτούμενη ενέργεια για την εκτέλεση των εργασιών, το ύψος των εργατικών δαπανών, το κόστος αγοράς του ελκυστήρα ανά μονάδα ισχύος και τις σταθερές δαπάνες. Συγκεκριμένα, αν αυξηθούν η απαιτούμενη ενέργεια και οι δαπάνες κατά 10% η απαιτούμενη ισχύς θα είναι 4,9% μεγαλύτερη της αρχικής, ενώ αυξηθούν κατά 20%, θα είναι 9,5% μεγαλύτερη. Αντίστοιχα αν αυξηθούν οι σταθερές δαπάνες και η τιμή αγοράς κατά 10% τότε η απαιτούμενη ισχύς θα είναι 4,6% μεγαλύτερη, ενώ αν αυξηθούν κατά 20% θα είναι 8,6%. Άξιο παρατήρησης είναι ότι στη σχέση δεν συμμετέχουν οι δαπάνες συντήρησης-επισκευών και καυσίμων – λιπαντικών, γιατί είναι συναρτήσεις της ισχύος.

Όσον αφορά τις σταθερές δαπάνες εξαρτώνται κυρίως όπως είναι γνωστό, από την απόσβεση και τον τόκο του κεφαλαίου αλλά και από τις δαπάνες στέγασης και ασφαλίσεων. Οι παραπάνω δαπάνες επηρεάζονται κυρίως από την τιμή αγοράς, τη διάρκεια της οικονομικής ζωής και τα επιτόκια των κεφαλαίων. Επομένως όλοι οι παραπάνω παράγοντες συμμετέχουν στη σχέση υπολογισμού του κόστους και στη τελική επιλογή του μεγέθους.

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν τα εξής:

- Ο ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική επιφάνεια στην περιοχή του Κιλκίς (τεχνητός λειμώνας) ήταν σχεδόν ίσης ισχύος (62kW) σε σχέση με αυτόν που απαιτείται (61,26 kW) για την ελαχιστοποίηση του κόστους. Η διαφορά αυτή της ισχύος είναι μηδενική και δεν επηρεάζει σημαντικά το κόστος λειτουργίας. Επομένως ο ανωτέρω ελκυστήρας είναι ο ιδανικός σε εργασίες διαχείρισης λειμώνων.
- Στην περίπτωση υψηλών εργατικών ημερομισθίων, το κόστος που προκύπτει από τη διαφορά ισχύος είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το κόστος των ημερομισθίων.
- Αν υπάρχει περιορισμός στον χρόνο εκτέλεσης των εργασιών τότε το κόστος που προκύπτει από τη διαφορά ισχύος είναι ένας παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τον βασικό παράγοντα που είναι ο περιορισμένος χρόνος εκτέλεσης των εργασιών.
- Ο ελκυστήρας είναι ένα μηχάνημα πολλαπλών χρήσεων και επομένως είναι πρακτικά δύσκολο να χρησιμοποιείται για κάθε εργασία ο κατάλληλος από πλευράς ισχύος ελκυστήρας γιατί οι επιχειρήσεις για οικονομικούς λόγους δεν μπορούν να διαθέτουν τόσους πολλούς τύπους ελκυστήρων.

Βιβλιογραφία

- ASAE Standard D497. 2005. Agricultural machinery management data. ASAE Standards ASAE St. Joseph, MI.
- Chancellor, W.J., 1968. Selecting optimum- sized tractors for developmental agricultural mechanization. Transactions of the ASAE 11: 508-514.
- Chancellor, W.J. and V.Cervinka. 1974. Timeliness coefficients for the rice and factors affecting their value. Transactions of the ASAE 17: 841-844
- Clark, R.L. and A.H. Adsit. 1985. Microcomputer instrumentation system to measure tractor field performance. Transactions of the ASAE 28: 393-396
- Edwards, W. and M. Boehlje. 1980. Machinery selection considering timeliness losses. Transactions of the ASAE 23: 810-815, 821.
- Hunt, D.R. 1975. Selecting an economic power level for the big tractor. Transactions of the ASAE 7: 414-415, 419.
- <http://www.ggde.gr>, 2009. Βασικές τιμές ημερομισθίων-υλικών, Δ' τριμήνου 2009. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.
- Kararizos, P.V. and Karagiannis E.A. 2000. Einsatz von Schleppern beim Holzrücken und Schutz der Naturumwelt in Griechenland. Χρησιμοποίηση των ελκυστήρων του ξύλου και προστασία του Φυσικού Περιβάλλοντος στην Ελλάδα. 34. Internationales Symposium "Mechanisierung der Waldarbeit", (FORMEC '2000), in Rogow, Lehrstuhl für Forstbenutzung, Forstliche Fakultät der Landwirtschaftlichen Universität Warschau, Tagungsbericht, S. 77-85, Polen.
- Link, D.A. 1967. Activity network techniques applied to a farm machinery selection problem. Transactions of the ASAE 10: 310-317.
- Recio, B., F. Rubio, M.T. Ortuno and B. Vitoriano. 2001. A model for farm management with continuous time horizon. ASAE Paper No 013120. ASAE St. Joseph, MI.
- Sogaard, H.T. and C.G. Sorensen. 2004. A model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system. Biosystems Engineering 89(1): 13-28
- Τσατσαρέλης, Κ., 2002. Γεωργικοί ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, σελ.: 403-416
- Τσατσαρέλης, Κ., 2006. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, σελ.: 478-494

Selection of tractors in the rangelands management

M.G. Kalaitzi, E.A. Karagiannis and P.V. Kararizos

Laboratory of Mechanical Science and Topography, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki
e-mail: xeniakal@for.auth.gr, eakarag@for.auth.gr, pkarariz@for.auth.gr

Summary

The selection of the appropriate tractors and their implements, in relation to the type, the power and their number, for the work of a forest operation, is a difficult and perplexing problem, because it depends on various and interdependent factors, which can not be determined accurately. In the past for the approach of the above problem only economical factors were taken into consideration, while with the development of technology technical factors should be included as well. In this paper tractors appropriateness was evaluated for a meadow's treatment (plowing and milling) based on the size of the treated area, the power required and the energy in order to minimize the operation cost.

Key words: tractor selection, power, operation cost, energy