

Οικονομική, λειτουργική και συμβατή στο λιβαδικό τοπίο κατασκευή των λιβαδικών δρόμων

Ε. Καραγιάννης και Κ. Καραγιάννης
Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας
Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
54124 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η ορθολογική και αποτελεσματική διαχείριση των λιβαδιών προϋποθέτει έργα υποδομής, όπως τους λιβαδικούς δρόμους. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η κατασκευή των λιβαδικών δρόμων στα πλαίσια των αρχών της οικονομικότητας, λειτουργικότητας και συμβατότητας στο λιβαδικό τοπίο. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραπάνω αρχών εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την κατασκευή των λιβαδικών δρόμων.

Λέξεις κλειδιά: Εκχώματα, κόστος κατασκευής, συχνότητα ζημιών, αντοχή του εδάφους, ζώνη κατάληψης.

Εισαγωγή – Θέση του προβλήματος

Τα λιβάδια στις ορεινές περιοχές αποτελούν ένα σημαντικό φυσικό πόρο με πολλές χρήσεις και προσφορές και με ευοίωνες προοπτικές για μελλοντική ανάπτυξη των ορεινών περιοχών (Παπαναστάσης 2000). Για την πραγματοποίηση των δυνατοτήτων αυτών των λιβαδιών απαιτούνται έργα υποδομής, όπως η κατασκευή των λιβαδικών δρόμων.

Ο σχεδιασμός, η χάραξη και η κατασκευή των λιβαδικών δρόμων θα πρέπει να πραγματοποιούνται στα πλαίσια της οικονομικής αρχής, της λειτουργικής και της αρχής της συμβατότητας στο λιβαδικό τοπίο (Καραγιάννης και Καραγιάννης 2004, Ντάφης 1999). Αρχές, οι οποίες αλληλοσυγκρούονται και επηρεάζουν και επηρεάζονται από τη διαμόρφωση του σώματος του λιβαδικού δρόμου και από τις εκάστοτε τοπικές εδαφικές συνθήκες (Καραγιάννης 1992, Καραγιάννης και συν. 2002).

Στην εργασία αυτή τίθεται ως σκοπός η μελέτη των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν τις παραπάνω αρχές, ώστε να προκύψουν εποικοδομητικά συμπεράσματα και να γίνουν οι κατάλληλες προτάσεις για την κατασκευή οικονομικών, λειτουργικών και συμβατών στο λιβαδικό τοπίο λιβαδικών δρόμων.

Για την εκπλήρωση του σκοπού της εργασίας έγινε κατάλληλη επεξεργασία στοιχείων πεδίου (Καραγιάννης και συν. 2005, Καραγιάννης 1995) και γραφείου που αφορούσαν τις παραμέτρους εκείνες της κανονικής διατομής του λιβαδικού δρόμου που επηρεάζουν την καταλληλότητα και την οικονομικότητά του, συγκρίθηκαν και προέκυψαν οι χρυσές τομές των αρχών που τέθηκαν για την κατασκευή των λιβαδικών δρόμων.

Περιοχές έρευνας

Ως περιοχές έρευνας χρησιμοποιήθηκαν οι δασικές και λιβαδικές περιοχές της Όσσας, της περιοχής του φράγματος του Αώου και της περιοχής Κρανιάς – Μοναχίτιου των Γρεβενών.

Υλικά και μέθοδοι

Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία κόστους κατασκευής και συντήρησης διαφόρων κατηγοριών δρόμων, τόσο δασικών όσο και λιβαδικών καθώς και στοιχεία υπαίθρου που αφορούσαν τις εδαφικές συνθήκες (αντοχή, υγρασία και εγκάρσια κλίση). Έγιναν μετρήσεις του μήκους της διάβρωσης σε λιβαδικούς και δασικούς δρόμους των δασικών συμπλεγμάτων Όσσας, Ταξιάρχη και Γρεβενών. Χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικές σχέσεις που συνδέουν τα στοιχεία των διατομών των δρόμων για τον υπολογισμό βασικών στοιχείων τους (Καραγιάννης 2004). Με βάση τα παραπάνω στοιχεία συντάχθηκαν εικόνες και μελετήθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν τις δαπάνες κατασκευής και τη λειτουργικότητα των λιβαδικών δρόμων.

Η συμβατότητα των λιβαδικών δρόμων στο τοπίο μελετήθηκε από το συνδυασμό των παραμέτρων που επηρεάζουν τις αρχές για μια οικονομική και λειτουργική κατασκευή καθώς και από το συντελεστή ελικότητας (E) (Σχίζας 1994 και Καραγιάννης 2004) των μεμονωμένων λιβαδικών δρόμων, ο οποίος εκφράζεται με τη παρακάτω σχέση:

$$E = (\sum \alpha_i) / L$$

όπου E = gon/km (βαθμοί ανά χιλιόμετρο) και εκφράζει κατά πόσο η χάραξη είναι τεταμένη και επομένως κατά πόσο προσαρμόζεται στο έδαφος,

α_i = η αλλαγή της κατεύθυνσης του άξονα του δρόμου στην κορυφή K_i σε gon (βαθμούς)

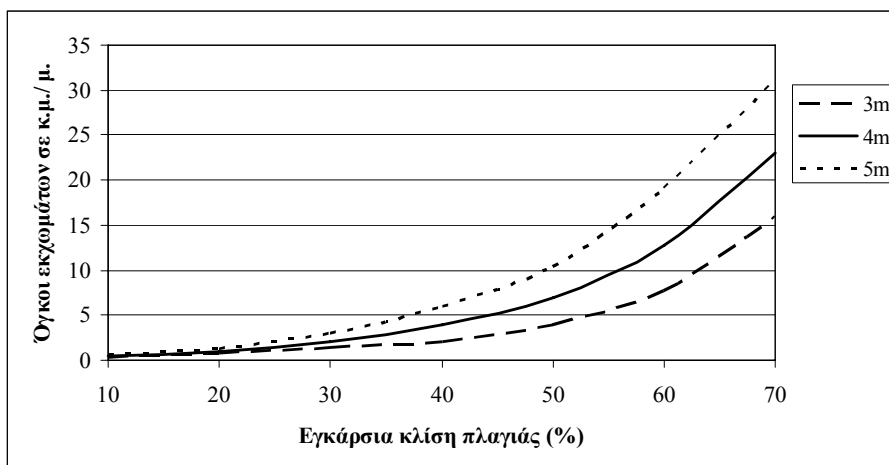
L = το μήκος του λιβαδικού του δρόμου σε χιλιόμετρα.

Μικρή ελικότητα σημαίνει μεγάλη τεταμένη μορφή, άρα μικρή προσαρμογή στο τοπίο και αντίθετα.

Αποτελέσματα – Συζήτηση

Παράμετροι που επηρεάζουν την αρχή της οικονομικής κατασκευής

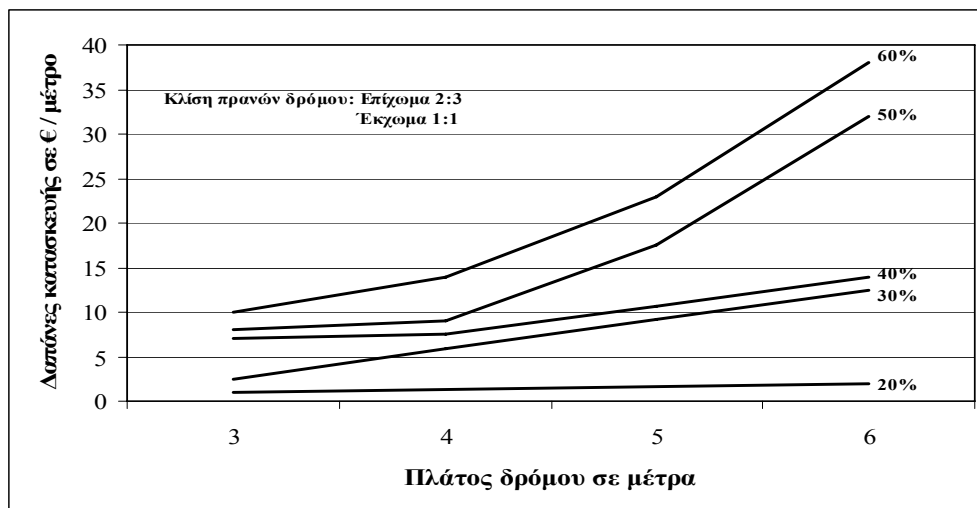
Στην εικόνα 1 φαίνεται η μεταβολή των όγκων (m^3/m) των εκχωμάτων σε γαιώδη εδάφη, η οποία είναι συνάρτηση της εγκάρσιας κλίσης της πλαγιάς και του πλάτους του καταστρώματος των λιβαδικών δρόμων. Όσο αυξάνει η εγκάρσια κλίση της πλαγιάς και το πλάτος του λιβαδικού δρόμου τόσο αυξάνεται και η παραγόμενη ποσότητα των όγκων των εκχωμάτων.



Εικόνα 1: Μεταβολή του όγκου εκχωμάτων λιβαδικών δρόμων

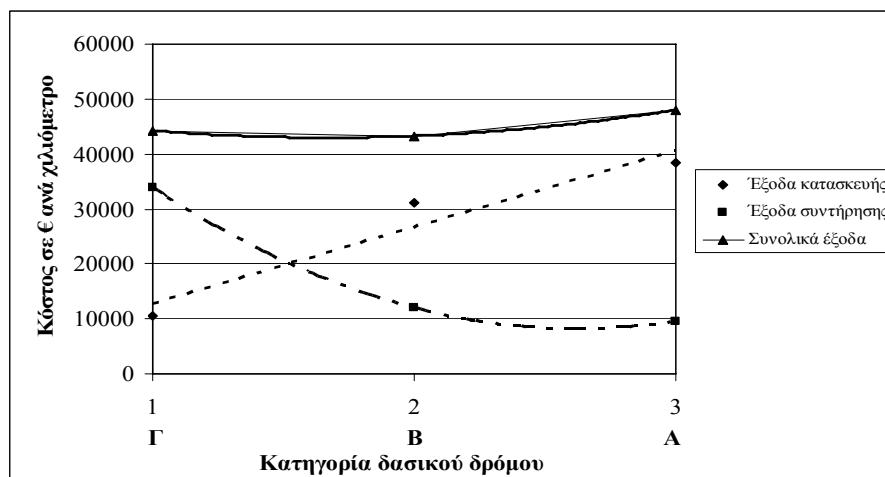
Τα στοιχεία, κλίση πλαγιάς 50% και πλάτος λιβαδικών δρόμων 5 μέτρων, θεωρούνται κρίσιμα μεγέθη, κατασκευής στους λιβαδικούς δρόμους διότι οι όγκοι εκχωμάτων που επηρεάζουν την οικονομικότητα αυξάνονται απότομα, επομένως πρέπει να αποφεύγονται πλάτη λιβαδικών δρόμων μεγαλύτερα των 5 μέτρων.

Στην εικόνα 2 που είναι αποτέλεσμα της ποσότητας των όγκων που παράγονται στους δρόμους, φαίνεται η αλληλεξάρτηση μεταξύ του πλάτους των δρόμων, της εγκάρσιας κλίσης της πλαγιάς και των δαπανών κατασκευής. Για σταθερή κλίση πρανών λιβαδικών δρόμων, με την αύξηση του πλάτους τους οι δαπάνες κατασκευής αυξάνονται ομαλά μέχρι εγκάρσια κλίση 30-40%, ενώ για μεγαλύτερες εγκάρσιες κλίσεις αυξάνονται απότομα από την περιοχή πλάτους κατασκευής 4,5-5 μέτρων.



Εικόνα 2: Μεταβολή των δαπανών κατασκευής λιβαδικών δρόμων

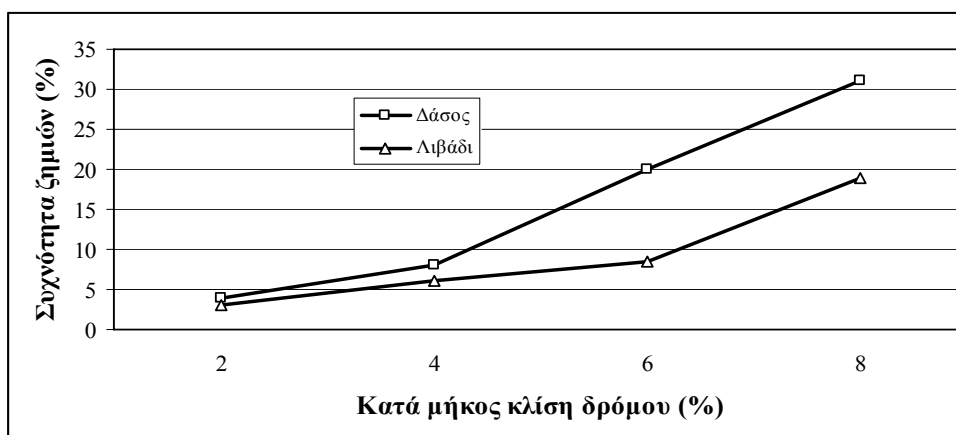
Στην εικόνα 3 που είναι αποτέλεσμα της ποσότητας των όγκων των εκχωμάτων που παράγονται, φαίνονται οι δαπάνες της κατασκευής, της συντήρησης και οι συνολικές δαπάνες σε συνάρτηση της κατηγορίας των δρόμων (A', B' και Γ'). Από τις καμπύλες των δαπανών προκύπτει ότι προτιμότερη κατηγορία λιβαδικών δρόμων από οικονομική και λειτουργική άποψη είναι η B' κατηγορία.



Εικόνα 3: Εναλλακτικές λύσεις κατηγοριών λιβαδικών δρόμων

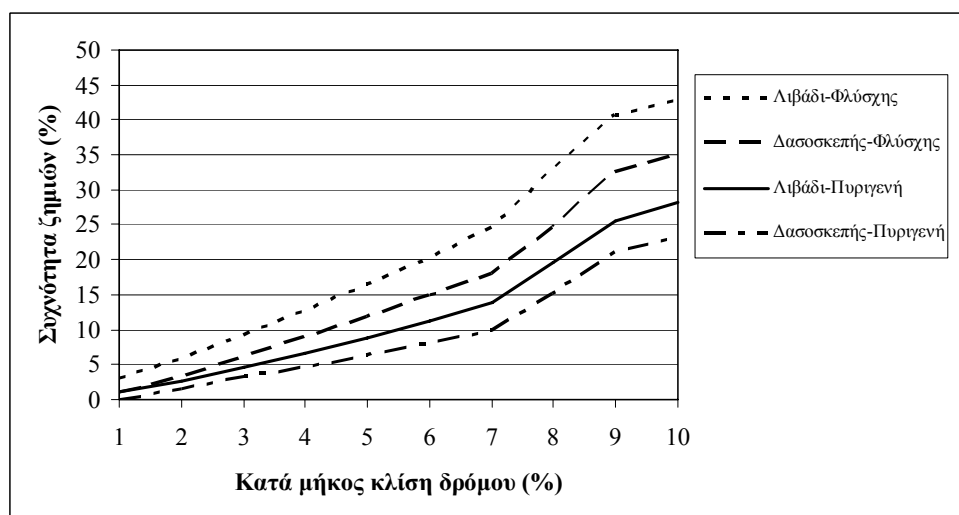
Παράμετροι που επηρεάζουν την αρχή της λειτουργικής κατασκευής

Στις εικόνες 4 και 5 φαίνονται η συχνότητα ζημιών (%), από τη διάβρωση, στο κατάστρωμα των δρόμων εντός του δάσους και των λιβαδιών σε συνάρτηση με την κατά μήκος κλίση των δρόμων. Από τις καμπύλες των εικόνων και από παρατηρήσεις πεδίου συνάγεται ότι οι ζημιές παρουσιάζουν αυξημένη τάση.



Εικόνα 4: Συχνότητα ζημιών σε δασικούς και λιβαδικούς δρόμους

Στη εικόνα 4 η συχνότητα ζημιών (%) στους λιβαδικούς δρόμους παρουσιάζει αυξημένη τάση από κατά μήκος κλίση 4%, ενώ στους δασικούς δρόμους από κατά μήκος κλίση 6%.

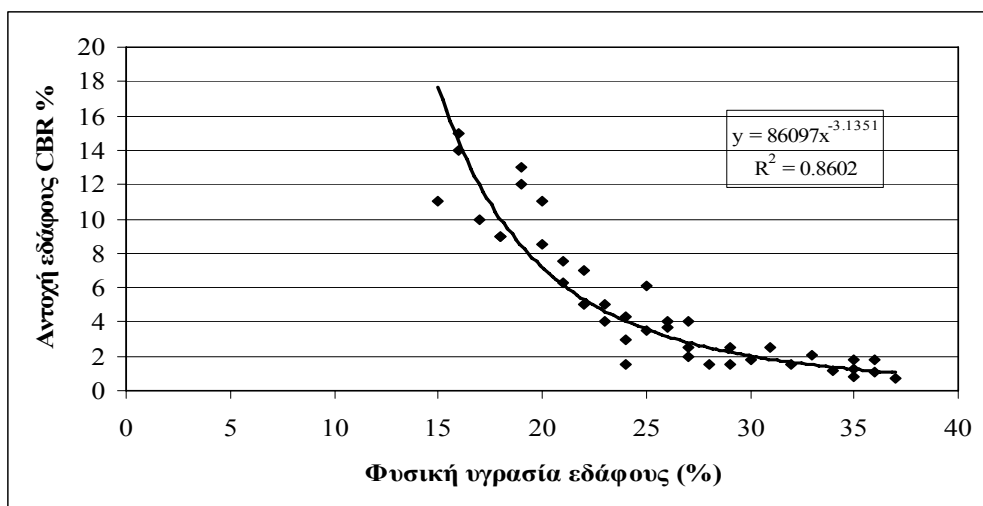


Εικόνα 5: Συχνότητα εμφάνισης ζημιών σε δασικούς και λιβαδικούς δρόμους, σε σχέση με το είδος του πετρώματος

Στην εικόνα 5, όπου η συχνότητα ζημιών εμφανίζεται σε συνάρτηση και του πετρώματος παρουσιάζεται μία απότομη αύξηση των ζημιών σ' όλες τις καμπύλες από μια κλίση κατά μήκος 7% και άνω, πράγμα το οποίο αναδεικνύει τις κλίσεις από 3-7% ιδανικές. Επίσης, η συχνότητα ζημιών στο κατάστρωμα των δρόμων που κατασκευάζονται σε φλύσχη είναι εντονότερη από δασοσκεπείς και μη επιφάνειες που εδράζονται σε πυριγενή πετρώματα.

Η παράμετρος επομένως συχνότητα εμφάνισης ζημιών (%) στο κατάστρωμα των δρόμων είναι συνάρτηση της κατά μήκος κλίσης των δρόμων, της δασοκάλυψης ή μη και του είδους του πετρώματος στο οποίο κατασκευάζονται.

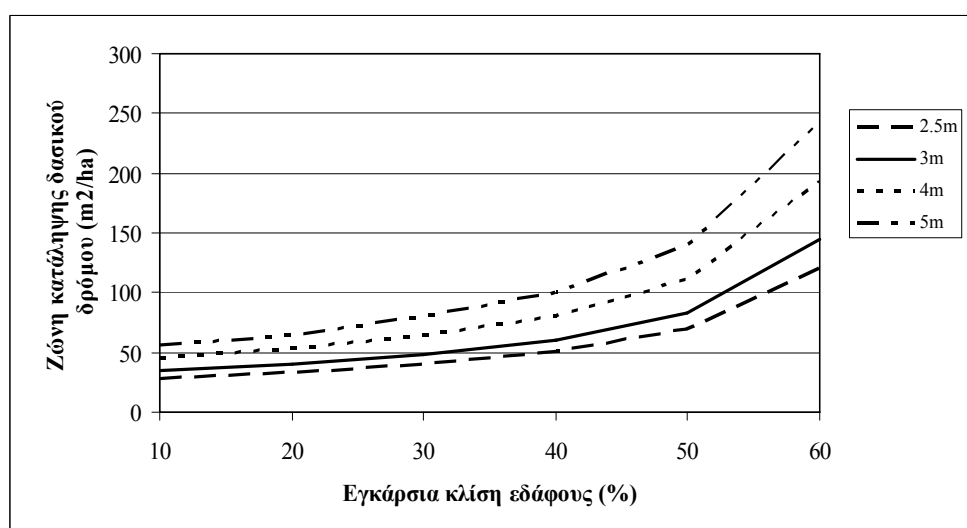
Στην εικόνα 6 φαίνεται η μεταβολή της αντοχής του εδάφους (CBR %) σε συνάρτηση της φυσικής υγρασίας του εδάφους (%) και του είδους του πετρώματος (φλύσχη). Με την αύξηση της υγρασίας του εδάφους, η αντοχή του εδάφους μειώνεται και για τιμές υγρασίας πάνω από 26% και μειώνεται κάτω από 3 (CBR %), πράγμα που δημιουργεί πρόβλημα κατασκευής και βατότητας των δρόμων από οχήματα (Κουonen 1983). Η παράμετρος αντοχή του εδάφους σε συνάρτηση με την υγρασία του εδάφους αποτελεί κριτήριο λειτουργικής κατασκευής των δρόμων.



Εικόνα 6: Μεταβολή της αντοχής του εδάφους σε σχέση με τη φυσική υγρασία, στην περιοχή του Φλόσχη

Παράμετροι που επηρεάζουν την αρχή της συμβατής κατασκευής στο τοπίο

Στην εικόνα 7 φαίνεται η επίδραση της εγκάρσιας κλίσης του εδάφους σε συνάρτηση με το πλάτος των λιβαδικών δρόμων στην ζώνη κατάληψής τους.



Εικόνα 7: Μεταβολή της ζώνης κατάληψης λιβαδικών δρόμων

Η ζώνη κατάληψης αυξάνει τόσο με την αύξηση της εγκάρσιας κλίσης της πλαγιάς για το ίδιο πλάτος του δρόμου, όσο και για την ίδια εγκάρσια κλίση με την αύξηση του πλάτους του δρόμου. Η αύξηση της ζώνης κατάληψης βαίνει ομαλά μέχρι την εγκάρσια κλίση 50% και για μεγαλύτερες τιμές εγκάρσιας κλίσης η αύξηση είναι πιο απότομη.

Η ζώνη κατάληψης, όπως και οι όγκοι χωματισμών, δείχνει την αρνητική επίδραση της κατασκευής των δρόμων στο τοπίο, κατά την οποία προκαλείται διάσπαση της συνοχής του τοπίου και συνεπώς αλλοίωσή του.

Οι συντελεστές ελικότητας (gon/km) που προέκυψαν από στοιχεία 20 λιβαδικών δρόμων κατά σειρά μεγέθους είναι οι εξής:

73, 105, 120, 240, 270, 280, 310, 350, 360, 400, 440, 460, 500, 580, 660, 700, 780, 800, 840 και 860.

Συγκρίνοντας δυο λιβαδικούς δρόμους με αντίστοιχη ελικότητα 40 και 800, ο λιβαδικός δρόμος με ελικότητα 800 προσαρμόζεται καλύτερα στο τοπίο. Πράγματι από παρατηρήσεις πεδίου μερικών περιπτώσεων λιβαδικών δρόμων διαπιστώθηκε ότι αυτοί που είχαν μικρή ελικότητα παρουσίαζαν μεγάλες ευθυγραμίες (τεταμένη χάραξη) και μεγάλα εκχώματα. Οι μικρές τιμές ελικότητας των λιβαδικών δρόμων υποδηλώνουν ότι δεν πρόκειται για επιμελείς χαράξεις.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

- Οι παράμετροι που επηρεάζουν την οικονομική, λειτουργική και συμβατή στο λιβαδικό τοπίο κατασκευή είναι συνάρτηση των εδαφικών και γεωμετρικών στοιχείων των λιβαδικών δρόμων και της προσαρμογής τους στην τοπογραφία του εδάφους, όπως της εγκάρσιας κλίσης της πλαγιάς, του είδους των πετρωμάτων, των στοιχείων της διατομής, της οριζόντιας και κατά μήκος τομής του λιβαδικού δρόμου
- Εγκάρσια κλίση πλαγιάς πάνω από 50% και πλάτος καταστρώματος των λιβαδικών δρόμων πάνω από 5 μέτρα αυξάνουν απότομα τις δαπάνες κατασκευής. Επομένως η εκλογή λιβαδικών δρόμων Β' κατηγορίας θα πρέπει να προτιμάται, διότι προκαλούν, σε συνδυασμό και με τη σταθεροποίησή τους (Καραγιάννης και συν 2002), λιγότερες συνολικές δαπάνες και υφίστανται λιγότερες ζημίες (μικρότερο οικονομικό και οικολογικό κόστος)
- Οι ζημίες στο κατάστρωμα των λιβαδικών δρόμων λόγω διάβρωσης είναι συνάρτηση της κατά μήκος κλίσης τους και επιβαρύνονται περισσότερο από την ύπαρξη μη σταθερών πετρωμάτων π.χ. φλύσχης. Οι κατά μήκος κλίσεις 3-7% αποδεικνύονται ικανοποιητικές και σε διαβρωσιγενή εδάφη, αλλά ως επιθυμητές κρίνονται από 4-6%
- Η διατήρηση της συνοχής και της φυσιγνωμίας του φυσικού τοπίου (δρόμοι συμβατοί στο τοπίο) σημαίνει ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων, φιλικά πρηνή, ελάχιστα τεχνικά έργα που να είναι φιλικά στο περιβάλλον, αποφυγή ζημιών στο τοπίο με κατάλληλη τοποθέτηση του σώματος του δρόμου (μεγάλη ελικότητα, δηλαδή όχι τεταμένη χάραξη), εκλογή και διαμόρφωση της κατάλληλης διατομής του δρόμου προς αποφυγή μεγάλων εκχωμάτων και μεγάλης ζώνης κατάληψης, δηλαδή τοποθέτηση της κατάλληλης ερυθράς γραμμής
- Η συμβατότητα (συνάρθρωση) του λιβαδικού δρόμου μπορεί να επιτευχθεί:
 - α) Με παθητικό τρόπο και αφορά την ορθή χάραξη του δρόμου, με προσαρμογή του στα δεδομένα του τοπίου και κυρίως στη μορφολογία του εδάφους, αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τη δημιουργία μεγάλων εκχωματισμών και επιχωματώσεων, με την κατασκευή μικτών διατομών και μικρού λειτουργικού πλάτους κατασκευής.
 - β) Με τεχνητή παρέμβαση, δημιουργώντας φυτοκαλύμματα στα πρηνή του δρόμου με σωστή εκλογή των φυτικών ειδών, στο βιοτικό και στο αβιοτικό (κλίμα – έδαφος) περιβάλλον της περιοχής.
 - γ) Με φυσική φυτοκάλυψη των πρηνών μέθοδος που είναι ασφαλέστερη και φθηνότερη.

Βιβλιογραφία

- Καραγιάννης, Ε. 1992. Η αδρομερής διάνοιξη των ορεινών δασών της Ελλάδας και η προστασία του περιβάλλοντος. Επιστ. Επετηρίδα Τμήματος Δ.Φ.Π., Τόμος ΛΕ/2, αρ. 24, σελ. 746-784, Θεσσαλονίκη.
- Καραγιάννης, Ε. και Κ. Καραγιάννης. 2004. Ορθολογικός σχεδιασμός της διάνοιξης λιβαδικών εκτάσεων, σελ. 245-250. Λιβαδοπονία ξηροθερμικών περιοχών (Β.Π. Παπαναστάσης και Ζ.Μ. Παρίση, εκδότες). Πρακτικά 5^{ου} Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Ηράκλειο Κρήτης, 1-3 Νοεμβρίου 2006. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία. Δημ. Νο. 13.

- Καραγιάννης, Ε., Κ. Καραγιάννης και Π. Καραρίζος. 2005. Οι συνέπειες της επίδρασης του νερού στα έργα διάνοιξης των δασών. 12^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο Πρακτικά Συνεδρίου, Τόμος Ι, σελ. 39-47 Θεσσαλονίκη
- Καραγιάννης, Κ. 1995. Επισήμανση και εκτίμηση των ζημιών στους δασικούς δρόμους. Επιστ. Επετ, Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, τόμος ΛΗ, σελ. 879-890, Θεσσαλονίκη.
- Καραγιάννης, Κ, Π. Εσκίογλου και Ε. Καραγιάννης. 2002. Λιβαδικές δασοτεχνικές εγκαταστάσεις και η συμβολή των λιβαδιών στην ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, σελ. 87-94. Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών (Π.Δ. Πλατής και Θ.Γ. Παπαχρήστου, εκδότες). Πρακτικά 3^ο Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Καρπενήσι, 4-6 Σεπτεμβρίου 2002. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία. Δημ. Νο. 10.
- Καραγιάννης, Κ. 2004. Δασική οδοποιία. Μέρος Ι. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Kuonen, V. 1983. Wald- und Güterstrasse. Planung-Projektierung-Bau. Eigenverlag des Verfassers
- Ντάφης, Σ. 1999. Προστασία του τοπίου. Αμφίβιον (ΕΚΒΥ), τεύχος 25, σελ. 3-4, Θεσ/νίκη
- Παπαναστάσης Β., 2000. Μισός αιώνας λιβαδοπονίας στην Ελλάδα. Συμπεράσματα και προτάσεις, σελ. 9. Η Λιβαδοπονία στο κατώφλι του 21^ο αιώνα (Θ.Γ. Παπαχρήστου και Ο. Ντίνη-Παπαναστάση, εκδότες). Πρακτικά 2^ο Πανελλήνιου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Ιωάννινα, 4-6 Οκτωβρίου 2000. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία. Δημ. Νο. 9.
- Σχίζας, Ι. 1994. Οδοποιία. Αθήνα.

Economic, functional and compatible to rangeland landscape construction of rangeland roads

E. Karagiannis and K. Karagiannis
 Laboratory of mechanic sciences and topography
 Faculty of Forestry and Natural Environment
 Aristotle University of Thessaloniki
 54124 Thessaloniki, Greece

Summary

A sustainable and effective rangeland management requires infrastructure such as rangeland roads. In this paper, the construction of rangelands roads was studied in the context of the principles of economy, functionality and compatibility with the rangeland landscape. The analysis of the results of the above principles leads to useful conclusions in relation to the construction of rangeland roads.

Key words: Road cuts, construction costs, frequency of damage, soil resistance, occupation zone.