

Αξιοπιστία Αποτύπωσης Δασικών Δρόμων με Εποχούμενο GPS

Μεταξία Καλαϊτζή¹, Ρήγας Γιοβαννόπουλος²,
Βασίλειος Κ. Δρόσος³ και Κοσμάς - Αριστοτέλης Γ. Δούκας⁴

- 1 PhD Δασολόγος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη*
- 2 PhD Δασολόγος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Ορεσιτιάδα*
- 3 Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Τ.Κ. 68200, Ορεσιτιάδα*
- 4 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Τ.Θ.:226, Τ. Κ.: 54124, Θεσσαλονίκη*

Περίληψη: Η δασική οδοποιία για το δάσος είναι το τεχνικά παρόμοιο με τις ανθρώπινες αρτηρίες, γιατί συμβάλλει στη μεταφορά των προϊόντων ξύλου και στην προστασία του από τις πυρκαγιές. Η ορθολογική διάνοιξη των δασών της Ελλάδας, είναι ένα δύσκολο και πολύπλοκο πρόβλημα εξαιτίας του ότι αυτά φύονται κυρίως σε ορεινές και δύσβατες περιοχές με πολυσχιδές τοπογραφικό ανάγλυφο κάτω από δυσμενείς κλιματεδαφικές συνθήκες και ανομοιόμορφη κατανομή της δασικής βλάστησης, παράγοντες που δυσχεραίνουν τον σχεδιασμό, τη χάραξη και την κατασκευή των εγκαταστάσεων διάνοιξης του δάσους. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της αξιοπιστίας σε συνδυασμό με την οικονομικότητα και αποδοτικότητα της χρήσης GPS για την αποτύπωση του άξονα των δασικών δρόμων, σε διάφορα δασικά περιβάλλοντα. Οι περιοχές έρευνας που επιλέχθηκαν είναι το περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης (Σείχ-Σου) και το πανεπιστημιακό δάσος (Π.Δ.) Ταξιάρχη – Βραστάμων στη Χαλκιδική. Η διενέργεια της αποτύπωσης του άξονα δασικού δρόμου έγινε με τις ακόλουθες τεχνικές και όργανα: Single Base του δικτύου METRICA σε δασικό δρόμο χωρίς φύλλωμα και με την τεχνική Single Base του δικτύου HEPOS σε δασικό δρόμο με φύλλωμα με το LEICA GS09, επίσης η εφαρμογή της κινηματικής μεθόδου με εποχούμενο GPS στο δρυοδάσος του Ταξιάρχη - Βραστάμων με Topcon HyperPro και στο πευκοδάσος Σείχ –Σου με Leica Viva GS 08 και τέλος με τη στατική σε πραγματικό χρόνο στο πευκοδάσος του Σείχ- Σου με το Leica Viva GS 08. Τελικά εξήχθησαν τα αναγκαία συμπεράσματα και έγιναν οι απαραίτητες προτάσεις.

1. Εισαγωγή

Η δασική οδοποιία για το δάσος είναι το τεχνικά παρόμοιο με τις ανθρώπινες αρτηρίες, γιατί συμβάλλει στη μεταφορά των προϊόντων ξύλου και στην προστασία του από τις πυρκαγιές (Δούκας και Δρόσος, 2013). Η ορθολογική διάνοιξη των δασών της Ελλάδας, είναι ένα δύσκολο και πολύπλοκο πρόβλημα εξαιτίας του ότι αυτά φύονται κυρίως σε ορεινές και δύσβατες περιοχές με πολυσχιδές τοπογραφικό ανάγλυφο κάτω από δυσμενείς κλιματεδαφικές συνθήκες και ανομοιόμορφη κατανομή της δασικής βλάστησης, παράγοντες που δυσχεραίνουν τον σχεδιασμό, τη χάραξη και την κατασκευή των εγκαταστάσεων διάνοιξης του δάσους.

Η βασική διάνοιξη (δίκτυο δασικών δρόμων) του δάσους έχει επιτευχθεί ποσοτικά αλλά υστερεί ποιοτικά. Για το σκοπό αυτό κρίνεται απαραίτητη η βελτίωση των υπάρχοντων δρόμων, μέσω της κατασκευής τεχνικών έργων και της βελτίωσης του οδοστρώματος, έτσι ώστε η διάνοιξη να εξυπηρετεί όλες τις βασικές λειτουργίες όπως: η προσπέλαση στις μεμονωμένες δασικές επιφάνειες, η μεταφορά του προσωπικού, των μέσων, των υλικών και των μηχανημάτων που προορίζονται για την εκμετάλλευση, η καλλιέργεια και η προστασία του δάσους και η μετακίνηση του ξύλου (μετατόπιση και μεταφορά) από τις θέσεις υλοτομίας μέχρι τους τόπους κατανάλωσης και επεξεργασίας.

Είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων, κατάλληλα διαμορφωμένης όπου θα καταγράφονται τα έργα της διάνοιξης. Έτσι θα δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί αυτή όχι μόνο σε εργασίες διάνοιξης αλλά και σε άλλες δραστηριότητες, όπως στη συγκομιδή και στη μετατόπιση του ξύλου, στην υλοτομία, στη δασοκομία κ.λπ.

Συνιστάται η συμπλήρωση του οδικού δικτύου, πάνω στον δασοπονικό χάρτη και στον ορθοφωτοχάρτη, με τη συνδρομή της κινηματικής μεθόδου με GPS πάνω σε όχημα, διότι είναι μια αποδοτική και ακριβής μέθοδος όσον αφορά το αντικείμενο της διάνοιξης.

Η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών γενικότερα, αλλά και των λογισμικών AutoCAD και ArcGIS σε συνδυασμό με GPS ειδικότερα, βοηθούν, στην επεξεργασία των δεδομένων των δασικών χαρτών και δίνουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα στη χαρτογράφηση των δασικών εκτάσεων.

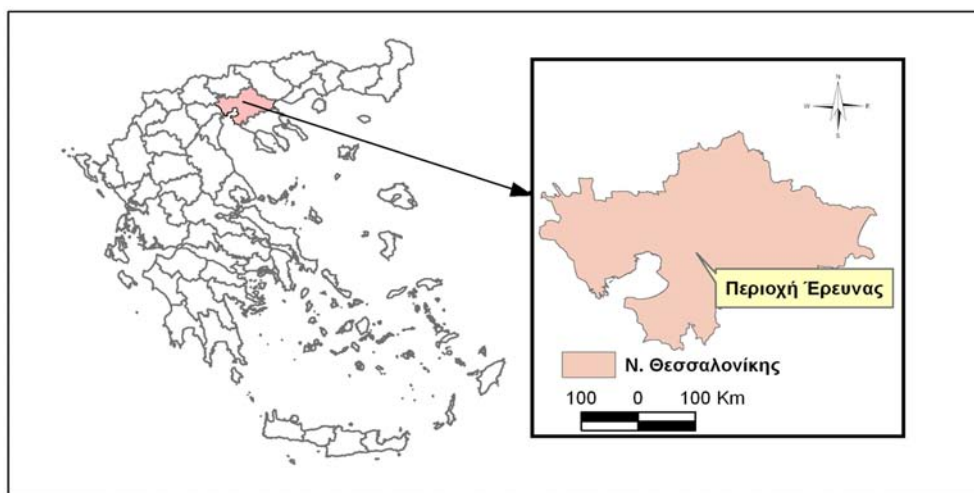
Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της αξιοπιστίας σε συνδυασμό με την οικονομικότητα και αποδοτικότητα της χρήσης GPS για την αποτύπωση του άξονα των δασικών δρόμων, σε διάφορα δασικά περιβάλλοντα.

2. Μέθοδος και περιοχές έρευνας

2.1. Περιοχές έρευνας

2.1.1 Περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης Σείχ Σου.

Το περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης (Σείχ-Σου) εκτείνεται ΒΑ της πόλης της Θεσσαλονίκης και σε σχετικά μικρή απόσταση από το κέντρο της. Καταλαμβάνει τις νότιες - νοτιοδυτικές πλαγιές του Χορτιάτη μέχρι και το δρόμο Επταπυργίου Ασβεστοχωρίου. Το δάσος έχει συνολική έκταση 30.215,19 στρέμματα (3.021,52 ha). Το γεωγραφικό μήκος του δάσους κυμαίνεται από 22°57' μέχρι 23°04' και το γεωγραφικό του πλάτος 40°35'30'' μέχρι 40°39'30''. Βόρεια – Βορειοανατολικά τα όρια του ακολουθούν τον επαρχιακό δρόμο Νεάπολης – Πεύκων – Ασβεστοχωρίου – Εξοχής – Χορτιάτη, ανατολικά τον επαρχιακό δρόμο Πανοράματος – Χορτιάτη, νότια – νοτιοδυτικά τον επαρχιακό δρόμο Πυλαίας – Πανοράματος και τέλος δυτικά φθάνει μέχρι και το βορειοανατολικό άκρο της πόλης (Σχήμα 1).

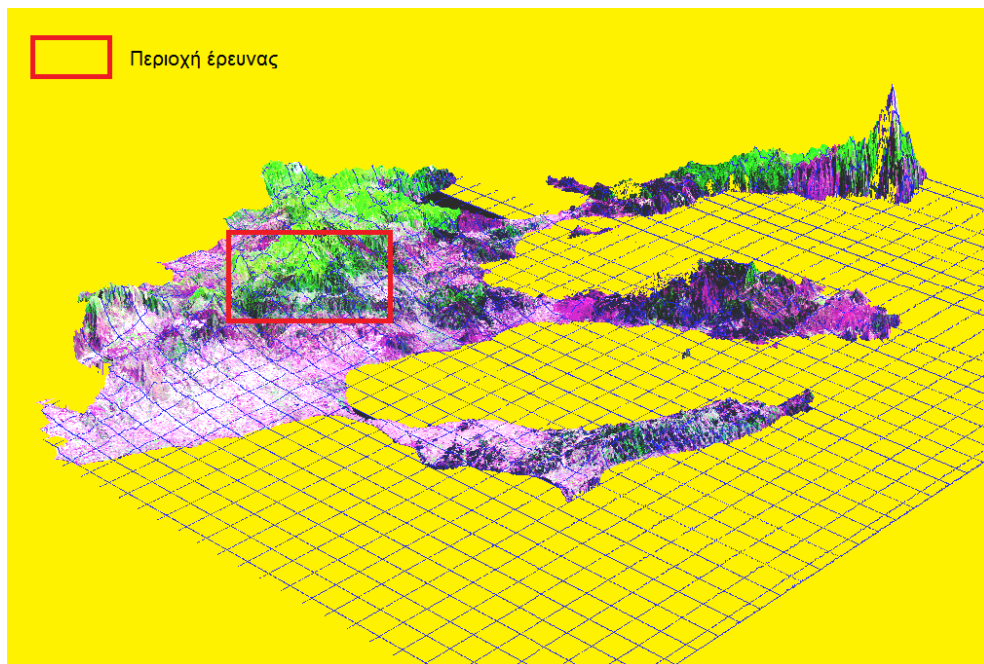


Σχήμα 1. Χάρτης προσανατολισμού περιοχής έρευνας Σείχ Σου.

2.1.2 Π.Δ. Ταξιάρχη – Βραστάμων.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού επιλέχθηκε το Π.Δ. Ταξιάρχη – Βραστάμων με γεωγραφικό πλάτος από 40°41' μέχρι 40°51' και γεωγραφικό μήκος από 23°30' μέχρι 23°20' σε σχέση με τον μεσημβρινό του Greenwich (Σχήμα 2). Αυτό έγινε γιατί η περιοχή αυτή εμφανίζει όλα τα χαρακτηριστικά ενός τυπικού δάσους της χώρας μας αφού το 76,1% (Κατσάνος, 1981) των δασών της χώρας μας παρουσιάζει τις ίδιες παραπάνω αναφερθέντες συνθήκες και θεωρείται ως η πιο αντιπροσωπευτική περιοχή για τα ελληνικά δεδομένα. Βασικό πέτρωμα είναι ο μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος και κυρίαρχο δασοπονικό είδος είναι η πλατύφυλλος δρυς και άτομα χνοώδους δρυός. Η περιοχή καλύπτεται σε ποσοστό 63,52% από Πλα-

τύφυλλο Δρυ (*Qercus Conferta*) και άτομα Χνοώδους Δρυός (*Qercus Pubescens*), Μοϊσιακή Οξιά (*Fagus Moesiaca*) και Μαύρη Πεύκη (*Pinus Nigra*). Η περιοχή έχει υπερθαλάσσιο ύψος που κυμαίνεται από 610 – 900 μέτρα. Οι κλίσεις δεν ξεπερνούν το 25% ενώ σε μία μικρή περιοχή κυμαίνεται στο 45%. Το pH του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ 4 και 5, έχει πηλώδη ή αμμοπηλώδη υφή και είναι μέτρια εφοδιασμένο με N και P (Μάτης, Αλιφραγκής, 1984).



Σχήμα 2. Χάρτης Π.Δ. Ταξιάρχη – Βραστάμων.

2.2. Μεθοδολογία

Διακρίθηκαν οι παρακάτω μέθοδοι αποτύπωσης του άξονα δασικού δρόμου:

A. Κινηματική μέθοδος RTK

- Κλειστός σε δύο πλευρές σε πευκοδάσος (περίπτωση δασικού δρόμου στο Σέιχ Σου).
- Κλειστός σε δύο πλευρές σε δρυόδασος (περίπτωση δασικού δρόμου σε δρυ με φύλλα (καλοκαίρι) και χωρίς φύλλα (χειμώνα) στον Ταξιάρχη).

B. Στατική

Στατική σε πραγματικό χρόνο (πευκοδάσος, περίπτωση μέτρησης σε άξονα στο Σέιχ- Σου).

Τα GPS όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Leica, Viva GS 08 στο περιαστικό δάσος Σείχ –Σου.
- Topcon, Hiper pro στο Π.Δ. Ταξιάρχη – Βραστάμων.

2.2.1 Ακρίβεια μετρήσεων.

Το σφάλμα είναι κριτήριο εκτίμησης του βαθμού ακρίβειας μίας σειράς μετρήσεων, δηλαδή αν μία σειρά μετρήσεων είναι ακριβέστερη της άλλης.

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι κριτήριο εκτίμησης του βαθμού ακρίβειας μίας σειράς μετρήσεων (Δούκας, 2001). Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων και την εκτίμηση της αναμενόμενης ακρίβειας ήταν:

- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα συντεταγμένων:

$$\mu_{TE} = [(E_i - E_{GPS})^2 / (n-1)]^{0,5},$$

$$\mu_{TN} = [(N_i - N_{GPS})^2 / (n-1)]^{0,5}, \text{ όπου } n \text{ ο αριθμός των μετρήσεων.}$$

- Σφάλμα θέσης: $S_p = (\mu_{TE}^2 + \mu_{TN}^2)^{0,5}$.

Αυτό προϋποθέτει ότι δεν υπάρχουν συστηματικά σφάλματα εξάρτησης μεταξύ των συντεταγμένων και συσχέτισης μεταξύ γειτονικών σημείων. Αν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις για τις GPS μετρήσεις είναι ερώτημα. Σύμφωνα με έρευνες (Reskik, 2002) κατά τη στατική μέθοδο η συσχέτιση των μετρήσεων μεταξύ τους είναι πολύ μικρή (κοντά στο 0), ενώ στην κινηματική μεταξύ 0,5 και 0,9. Στη δεύτερη περίπτωση υπεισέρχονται και συστηματικά σφάλματα. Για να αποφευχθούν μεγάλα σφάλματα εκτίμησης πρέπει να έχουμε μέσες αποστάσεις μέτρησης (πλευρές πολυγώνων) $S_m = 10 - 15 \text{ m}$ και ενδιάμεσα σημεία εξάρτησης, πράγμα που δεν είναι πάντα δυνατό (Φωτίου, Πικριδιάς, 2012).

3. Αποτελέσματα

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αποτύπωση του άξονα του δασικού δρόμου με τις μεθόδους και τα δύο είδη οργάνων (Καλαϊτζή, 2014, Γιοβαννόπουλος, 2015, Argiropoulou, Doucas, 2015).

4. Συμπεράσματα

Η αξιοπιστία των μετρήσεων εξαρτάται από τις συνθήκες της βλάστησης (Εποχή, είδος, θέση σε σχέση με δένδρα), τα εμπόδια, τον τύπο του οργάνου και την τεχνική μέτρησης.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 1 συμπεραίνεται ότι:

- Η εποχούμενη αποτύπωση είναι λιγότερο ακριβής, αλλά οικονομική και γρήγορη κατάλληλη για αποτύπωση του δασικού οδικού δικτύου σε πευκοδάση και σε δάση πλατύφυλλων χωρίς φύλλωμα δηλ. το φθινόπωρο.

Πίνακας 1. Αποτύπωση άξονα δασικού δρόμου

Τύπος GPS – Συνθήκες	Μέσο τετραγωνικό σφάλμα συντεταγμένων μ_{τ}		Σφάλμα θέσης $S_D = (\mu_{\tau E}^2 + \mu_{\tau N}^2)^{0,5}$
Πεζοπορική RTK			
Τεχνική Single Base του δικτύου METRICA σε δασικό δρόμο χωρίς φύλλωμα (Κλειστός στις δύο πλευρές και πραγματικό χρόνο (LEICA GS09) (ΣΩΛΗΝΑΡΙΑ-ΤΑΞΙΑΡΧΗΣ)	$\mu_{\tau E} = 0,106$	$\mu_{\tau N} = 0,054$	0,12
Τεχνική Single Base του δικτύου HEPOS σε δασικό δρόμο με φύλλωμα (Κλειστός στις δύο πλευρές και πραγματικό χρόνο (LEICA GS09) (ΣΩΛΗΝΑΡΙΑ-ΤΑΞΙΑΡΧΗΣ)	0,3764 m - 1,1673 m	0,6965 m - 2,0526 m	0,781 m - 2,36 m
Εποχούμενη RTK			
Δρυοδάσος Ταξιάρχη με Topcon HiperPro	$\mu_{\tau E} = 3,13$	$\mu_{\tau N} = 3,09$	4,44 (με φύλλωμα)
	$\mu_{\tau E} = 2,30$	$\mu_{\tau N} = 1,83$	2,93 (χωρίς φύλλωμα)
Πευκοδάσος Σείχ –Σου με Leica Viva GS 08	$\mu_{\tau E} = 1,962$	$\mu_{\tau N} = 2,081$	2,86 (DGPS)
	$\mu_{\tau E} = 1,68$	$\mu_{\tau N} = 1,6$	2,32(METRICA)
Στατική			
Σε πραγματικό χρόνο με Leica Viva GS 08 στο Σείχ-Σου	$\mu_{\tau E} = 0,016-0,05$	$\mu_{\tau N} = 0,0264-0,089$	0,031-0,1021

- Η στατική είναι κατάλληλη για αποτυπώσεις κτηματολογίου και η πεζοπορική RTK για αποτύπωση –χάραξη μεμονωμένων δασικών δρόμων.
- Χωρίς φύλλωμα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, ενώ η τεχνική DGPS δεν διαφέρει στο δάσος από τις άλλες τεχνικές, ενώ είναι ανεξάρτητη των επίγειων σταθμών.
- Η εποχούμενη συνιστάται για την αποτύπωση του δασικού οδικού δικτύου τον χειμώνα (χωρίς φύλλωμα) σε δάσος φυλλοβόλων πλατύφυλλων.

Ευχαριστίες

- Η έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και Ελληνική εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) - Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Θαλής. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.
- Ευχαριστούμε την φοιτήτρια Ελευθερία Νίτσα για την συμβολή της.

Βιβλιογραφία

- Argiropoulou, C., Doucas, K.-A., 2015. *The effect of the canopy of Scots pines (P. sylvestris) in positioning accuracy utilizing the Network of Permanent GPS reference stations of the Hellenic POsitioning System (HEPOS)*. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 4 (9): 1-8.
- Δούκας, Α – Κ και Δρόσος, Β.Κ., 2013. *Δασική Οδοποιία και Φυσικό Περιβάλλον*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σελ. 414.
- Δούκας, Α – Κ, 2001. *Τοπογραφία αγροτικών και δασικών περιοχών*. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 320.
- Γιοβαννόπουλος, Ρήγας, 2015. *Η συμβολή σύγχρονων τοπογραφικών οργάνων στην αποτύπωση δασικών περιοχών*. Διδακτορική διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 234 σελ.
- Καλαϊτζή, Μεταξία, 2014. *Χωροχρονικές μεταβολές της διάνοιξης των δασών*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 208 σελ.
- Κατσάνος, Μ. Α., 1981. *Παγκόσμια Δασική Γεωγραφία*. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος, Αυτοτελείς εκδόσεις, Αρ. 62.
- Μάτης, Κ. Γ. και Αλιφραγκής, Δ. Α. 1984. *Υπέργεια βιομάζα της δρυός (Quercus Conferta Kit.) στον Ταξιάρχη Χαλκιδικής*, Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., Τόμος ΚΣΤ/ΚΖ: 397 – 517.
- Resnik, B., 2002. *Praktische Untersuchungen zur Genauigkeit von Flächenermittlungen mit Handheld-GPS-Empfängern*. AVN 10: 346-351.
- Φωτίου, Α. Ι., Πικριδάς, Χ. Κ., 2012. *Το GPS και γεωδαιτικές εφαρμογές*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 479 σελ.