

1/2024

ISSN 1105-9478

ΤΟΜΟΣ 33 ΣΕΙΡΑ VI

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ  
ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL  
SCIENTIFIC ISSUES

# CONTENTS

---

## SCIENTIFIC PAPERS

<i>S. Gatzojannis</i>	Estimation of the volume increment of forest stands (The case of the beech forests in Arnaia, Greece)	4-21
<i>N. Tsouka, N. Nikolaidis, D. Lazari, K. Dimitriadis, K. Theodoropoulos</i>	Test of dye properties of aqueous extract of <i>Alnus glutinosa</i> plant during the dyeing of cotton and woolen fabrics	22-37
<i>E. Megalonidou, G. Bourdanou, C. Charalampidou, K. Theodoropoulos, E. Eleftheriadou</i>	Phytodiversity investigation along the “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s Dam” path, Western Rhodopes	38-53
<i>K. Fytilis</i>	Use of Linear Programming (LP) method for crop restructuring in the Sperchios river basin	54-66
<i>T. Papavasili, A. Mavrommati, F. Chatzitheodoridis, E.N. Sossidou, A.Kontogeorgos.</i>	The problem of stray dog’s management in Greece: an empirical investigation	67-76

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Σ. Γκατζογιάννης</i>	Εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου δασοουστάδων (Η περίπτωση των δασών οξιάς Αρναίας, Χαλκιδική)	4-21
<i>Ν. Τσούκα, Ν. Νικολαΐδης, Δ. Λάζαρη, Κ. Δημητριάδης, Κ. Θεοδωρόπουλος</i>	Έλεγχος χρωστικών ιδιοτήτων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού <i>Alnus glutinosa</i> κατά τη βαφή βαμβακερών και μάλλινων υφασμάτων	22-37
<i>Ε. Μεγαλονίδου, Γ. Μπουρδάνου, Χ. Χαραλαμπίδου, Κ. Θεοδωρόπουλος, Ε. Ελευθεριάδου</i>	Διερεύνηση της φυτοποικιλότητας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαγκαδιάς-Φράγμα Πλατανόβρυσης”, Δυτική Ροδόπη	38-53
<i>Κ. Φυτιλής</i>	Χρήση μεθοδολογίας Γραμμικού Προγραμματισμού (ΓΠ) για την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στη λεκάνη απορροής του π. Σπερχειού	54-66
<i>Θ. Παπαβασίλη, Α. Μαυρομάτη, Φ. Χατζηθεοδωρίδης, Ε. Ν. Σωσίδου, Α. Κοντογεώργος</i>	Το πρόβλημα της διαχείρισης των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα: μια εμπειρική διερεύνηση	67-76

# Εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξεσης όγκου δασοσυστάδων (Η περίπτωση των δασών οξιάς Αρναίας, Χαλκιδική)

Στυλιανός Γκατζογιάννης<sup>1</sup>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια νέα μέθοδος εκτίμησης της τρέχουσας προσαύξεσης όγκου των δασών που προορίζεται για την εκπόνηση των δασοπονικών μελετών και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: 1) Βασίζεται στη μέτρηση των στηθιαίων διαμέτρων ( $d$ ) όλων των δένδρων μιας δοκιμαστικής επιφάνειας ( $\Delta E$ ) και στη λήψη στοιχείων προσαύξεσης διαμέτρου ( $zd$ ), ύψους ( $h$ ) και στηθιαίας ηλικίας ( $a$ ) σε υπο-δείγμα κορμών κάθε  $\Delta E$ , 2) με τη βοήθεια των μετρήσεων στο υπο-δείγμα υπολογίζεται ο δείκτης ποιότητας τόπου ( $SI_{50}$ ) και η ηλικία ( $Tk$ ) της κυριαρχούσας συστάδας και αναπτύσσονται βοηθητικά πρότυπα (individual tree-models) της μορφής  $h=f(d, Tk, SI_{50})$  και  $Zd=f(d, SI, SDI, d/Dg)$  και 3) τα πρότυπα αυτά δίνουν την προσαύξεση της διαμέτρου και του ύψους για το σύνολο των δένδρων μιας  $\Delta E$  και, με τη βοήθεια μαζοπινάκων, οδηγούν στην εκτίμηση του όγκου των δένδρων σήμερα και προ 5ετίας, εξασφαλίζοντας έτσι και τον υπολογισμό της τρέχουσας προσαύξεσης όγκου των  $\Delta E$ .

Η μέθοδος αυτή μπορεί να έχει εφαρμογή σε όλα τα υψηλά δάση της χώρας, πλην όμως τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν αφορούν στα δάση οξιάς της περιοχής Αρναίας Χαλκιδικής. Με βάση τα αποτελέσματα υπολογισμού της προσαύξεσης όγκου των  $\Delta E$  αναπτύχθηκαν, για πρακτικούς πλέον λόγους, και συνολικά πρότυπα αύξεσης (stand level models) τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν μια απευθείας εκτίμηση της προσαύξεσης, όταν για αυτά είναι δεδομένα: η εγκάρσια κυκλική επιφάνεια ( $G$ ) ή ο δείκτης πυκνότητας ( $SDI$ ), η ποιότητα τόπου και το ανώτερο ( $ho$ ) ύψος των συστάδων.

**Λέξεις κλειδιά:** δέσμες καμπυλών ύψους, ατομικά πρότυπα αύξεσης, συστήματα ταριφών ύψους, μαζοπίνακες, πίνακες παραγωγής

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τρέχουσα προσαύξεση όγκου των συστάδων αποτελεί βασική μεταβλητή που επηρεάζει το σύνολο σχεδόν των αποφάσεων διαχείρισης ενός δάσους. Η εκτίμησή της, ιστορικά, γίνεται με τρεις διαφορετικές μεθόδους: 1) με διαρκή παρακολούθηση της εξέλιξης των συστάδων, 2) με τη μέθοδο των τρυπανιδίων και 3) με τη βοήθεια πινάκων παραγωγής (Γεωργόπουλος, 1978, Μάτης, 1989, Prodan, 1965, Kramer & Akca 1982, Van Laar and Akca 2007). Η πρώτη μέθοδος υπολογίζει την προσαύξεση με περιοδικές απογραφές του ξυλαποθέματος και καταγραφή των δένδρων που απομακρύνονται με τις αραιώσεις που πραγματοποιούνται στο διάστημα μεταξύ διαδοχικών απογραφών. Με τα τρυπανίδια εκτιμάται η προσαύξεση διαμέτρου των δένδρων για ένα βάθος χρόνου και μέσω αυτής η προσαύξεση όγκου με διάφορες τεχνικές και προσεγγίσεις. Οι πίνακες παραγωγής (ΠΠ) δίνουν την εξέλιξη ομηλικών συστάδων ενός δασοπονικού είδους και κατά συνέπεια και την τρέχουσα

προσαύξή τους ως συνάρτηση τόσο της ηλικίας και του σταθμού, όσο και της πυκνότητας των συστάδων (Gatzojannis 1998, Van Laar and Akca 2007, Bravo et al 2011).

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες καταβάλλεται μια προσπάθεια ανάπτυξης μοντέλων προσομοίωσης της αύξεσης βασιζόμενων τόσο σε ατομικά των δένδρων πρότυπα (individual tree-models), όσο και σε συσταδικά/ συνολικά πρότυπα συστάδων (stand level-models) (Pretsch 1992, Zhang et al 2009, Van Laar and Akca 2007). Τα ατομικά πρότυπα διακρίνονται σε μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις αποστάσεις μεταξύ των δένδρων (DDM: Distance-dependent models) και σε άλλα που δεν λαμβάνουν υπόψη τις αποστάσεις αυτές (DIM: Distance-independent models). Τα πρώτα ενσωματώνουν δείκτες ανταγωνισμού που βασίζονται στην απόσταση των δένδρων από τους ανταγωνιστές τους, καθώς και στις διαστάσεις και το βαθμό ανάπτυξης της κόμης των δένδρων. Τα δεύτερα προβλέπουν την αύξηση μεμονωμένων δένδρων

1. Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, ΕΘΙΑΓΕ  
E-mail: sgatzzo@gmail.com

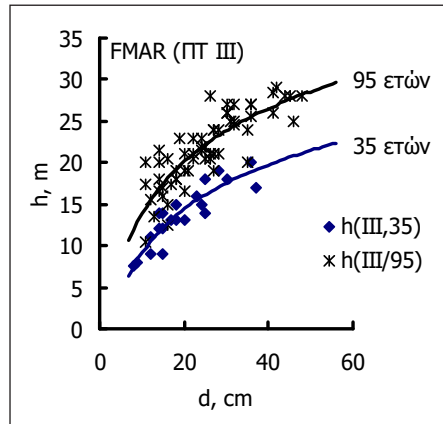
αξιοποιώντας στοιχεία και μεταβλητές του επιπέδου των συστάδων (Van Laar & Ακσα 2007), καθώς και στοιχεία του εδάφους ή γενικότερα του σταθμού, όπως πχ. Zhang et al 2009 and Schröder et al 2002.

Μια παραδοσιακή προσέγγιση για τη μοντελοποίηση της προσαύξησης είναι αυτή που βασίζεται στα δυναμικά μοντέλα αύξησης, όπως αυτά των Ek and Moserud (1974), Pretsch (1992) και Hasenauer (1994). Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι επίσης και η ανάπτυξη εξισώσεων που βασίζονται σε μια σειρά από ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες εξηγούν τις αποκλίσεις από τις μέσες τιμές και όχι τις αποκλίσεις από τιμές δυναμικών μοντέλων (κατά Schröder et al 2002), όπως πχ. των Quicke et al (1994), Murphy and Sheldon (1966), Schröder et al (2002) και Zhang et al (2009).

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου των συστάδων, ως ένα «στατικό μέγεθος», με την έννοια ότι η εκτίμηση αυτής αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, δηλαδή στο χρόνο της απογραφής ενός δάσους, και επιθυμεί να γνωρίζει για το πώς μεταβλήθηκε, κατά το τελευταίο χρονικό διάστημα (πχ. 5 ετών), η εγκάρσια κυκλική επιφάνεια και ο όγκος των συστάδων.

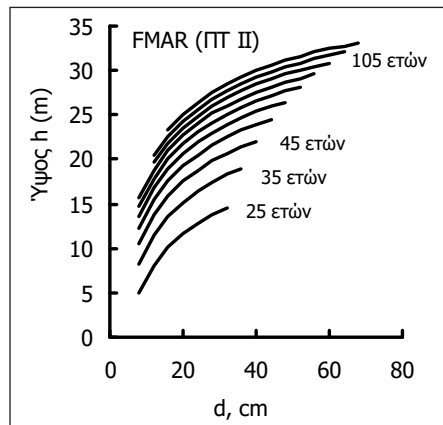
Για τον λόγο αυτόν επιλέχθηκε η τεχνική των τρυπανιδίων για την ανάπτυξη μοντέλων ανεξάρτητων αποστάσεων (DID) αξιοποιώντας ταυτόχρονα και τη δυναμική της αύξησης των ομηλικών συστάδων, όπως αυτή αποτυπώνεται στη δομή των, στατικών κατά βάση, καμπυλών διαμέτρου/ ύψους ( $h=f(d,T)$ ) που υποδηλώνεται με το σχήμα 1. Η δομή αυτή μπορεί να αποδοθεί μέσα από δέσμες καμπυλών ύψους, όπως αυτή που αναπτύχθηκε σε προηγούμενη εργασία (Γκατζογιάννης 2020) για την εκτίμηση του ξυλοποθέματος συστάδων οξιάς της περιοχής έρευνας (Σχ. 2). Η με το χρόνο (ηλικία) μετατόπιση των καμπυλών ύψους που προβλέπει το σύστημα αυτό δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης του ύψους δένδρων παρελθόντων ετών, όταν για αυτά είναι δεδομένη η διάμετρος τους πριν από κάποια έτη.

Η δυνατότητα αυτή αξιοποιείται και στην παρούσα εργασία για να αναπτυχθεί ένα νέο σύστημα εκτίμησης της τρέχουσας προσαύξησης όγκου ικανού εφαρμογής κατά την εκπόνηση των διαχειριστικών σχεδίων των δασών. Επίσης, εξετάζεται η ικανότητα πρόβλεψης του συστήματος αυτού συγκριτικά με τις προβλέψεις των ισχυόντων για την περιοχή έρευνας πινάκων παραγωγής, καθώς και της εμπειρικής μεθόδου του ποσοστού προσαύξησης όγκου του



**Σχήμα 1.** Οι σχέσεις μεταξύ διαμέτρου και ύψους ( $h=f(d)$ ) δένδρων, όπως αυτές διαμορφώνονται στα διάφορα στάδια εξέλιξης των ομηλικών συστάδων και η με το χρόνο/ ηλικία μεταβολή τους

**Figure 1.** The relationships between diameter and height ( $h = f(d)$ ) of trees, as they occur in the different development stages of the stands and their changes with the time/ age



**Σχήμα 2.** Δέσμη καμπυλών ύψους δένδρων οξιάς ως συνάρτηση της στηθιαίας διαμέτρου, καθώς και της ηλικίας και της ποιότητας τόπου των συστάδων όπου τα δένδρα αυτά ανήκουν (Γκατζογιάννης 2020)

**Figure 2.** Height curves in relation to the diameter of trees and the age and site quality of stands to which the trees belong

Schneider, η οποία επίσης προτείνεται προς εφαρμογή σε κλασικά συγγράμματα δασικής βιομετρίας και διαχειριστικής (Prodan 1965, Speidel 1972).

Τέλος, εξετάζεται η δυνατότητα απόκτησης συσταδικών μοντέλων για την εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου ΔΕ/ συστάδων όταν για αυτές είναι γνωστά χαρακτηριστικά μεγέθη, όπως η εγκάρσια κυκλική επιφάνεια ( $G$ ), το ανώτερο ύψος ( $H_0$ ) κλπ.

## 2. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

*Το περιβάλλον εργασίας.* Η εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου συνδέεται πάντοτε με δυσκολίες που έχουν να κάνουν με το κόστος απογραφής, τη δυναμική της αύξησης και με τους δασοκομικούς χειρισμούς στους οποίους υποβάλλονται κατά κανόνα οι συστάδες.

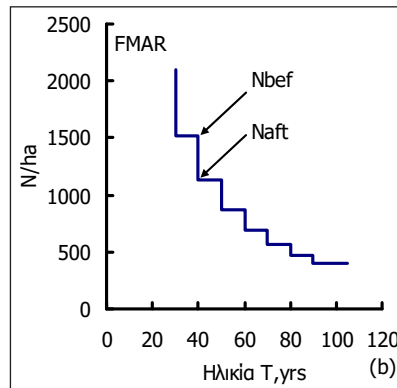
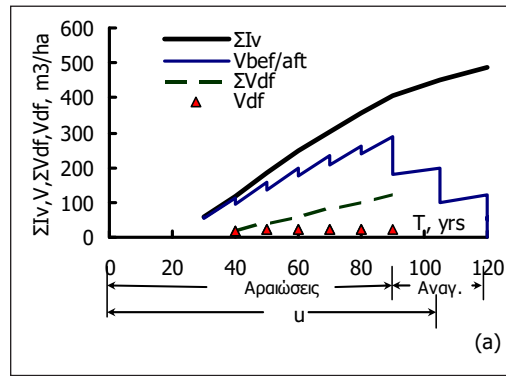
*Το πρόβλημα του κόστους.* Η λήψη τρυπανιδίων είναι δυσχερής και χρονοβόρα. Αυτό σημαίνει ότι οι σχετικές μετρήσεις κρίνεται σκόπιμο να μην επεκτείνονται στο σύνολο των δένδρων μιας δοκιμαστικής επιφάνειας αλλά σε περιορισμένο αριθμό ή και σε δένδρα που συνδέονται με χαρακτηριστικά μεγέθη των συστάδων.

*Το πρόβλημα της προσαύξησης ύψους.* Αν και με κάποιο κόστος η προσαύξηση διαμέτρου αντιμετωπίζεται στην πράξη με επιτυχία, εντούτοις, η μέτρηση της προσαύξησης ύψους των δένδρων, στα πλαίσια τρεχουσών απογραφών, παραμένει ως ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα. Η υλοτομία και ανάλυση κορμών, που είναι σε θέση να δώσει λύση στο πρόβλημα αυτό, πρέπει, λόγω ιδιαίτερου υψηλού κόστους, να περιορίζεται στην ανάπτυξη μοντέλων ενός είδους δυναμικής αύξησης που αφορά κυρίως στην αύξηση του ύψους κυρίαρχων δένδρων των συστάδων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στην προκειμένη περίπτωση αποτελούν τα συστήματα σταθμοδεικτικών καμπυλών (Gatzojannis 1998). Μοντέλα δυναμικής αύξησης χρησιμοποιούν επίσης και οι προσομοιωτές αύξησης των συστάδων που βρήκαν το φως της δημοσιότητας κατά τις τελευταίες δεκαετίες, όπως BWIN (Nagel 2009), MOSES (Hasenauer 1994, Kindermann and Hasenauer 2005) και SILVA (Pretzsch 1992, Kahn and Pretzsch 1998, Pretzsch et al. 2002).

Στην παρούσα εργασία αξιοποιείται επίσης η δυναμική της αύξησης, όχι μόνο των κυρίαρχων αλλά του συνόλου των δένδρων μιας συστάδας, όπως αυτή αποτυπώνεται στις δέσμες καμπυλών που αναφέρθηκαν παραπάνω (Σχ. 1 & 2).

*Το πρόβλημα των αραιώσεων.* Οι αραιώσεις πραγματοποιούνται περιοδικά με 10ετή (κατά κανόνα) χρόνο περιφοράς και οι ενδιάμεσες καρπώσεις (κατ' είδος και ένταση) επηρεάζουν την παραμένουσα (μετά τις αραιώσεις) συστάδα, τόσο όσον αφορά την κατά πάχος αύξηση των δένδρων, όσο και τον αριθμό κορμών και το ξυλαπόθεμα (Σχ. 3a,b).

Τα τρυπανίδια, μετρούν την προσαύξηση διαμέτρου για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (πχ. 5 ετών) ακριβώς πριν από το χρόνο λήψης τους. Όταν η λήψη των τρυπανιδίων γίνεται αμέσως μετά την αραιώση



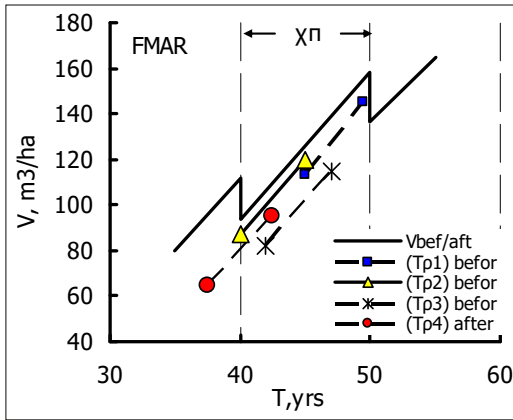
**Σχήμα 3.** Η εξέλιξη της συνολικής προσαύξησης ( $\Sigma I_v$ ), του ξυλαποθέματος ( $V$ ) και των ενδιάμεσων καρπώσεων ( $V_{df}$ ,  $\Sigma V_{df}$ ) (a) και του αριθμού δένδρων (b) ως συνάρτηση της ηλικίας ( $T$ ) και υπό την επίδραση του δασοκομικού χειρισμού μιας ομήλικης συστάδας ( $u$ = περίοδος χρόνος)

**Figure 3.** The development of the total increment ( $\Sigma I_v$ ), the growing stock ( $V$ ) and the thinnings ( $V_{df}$ ,  $\Sigma V_{df}$ ) (a) and the number of trees (b) in relation to age ( $T$ ) and under the influence of the silvicultural treatment of the stand ( $u$ = rotational time)

((Tree4) after στο σχήμα 4), τότε η προσαύξηση διαμέτρου αναφέρεται κατά ένα μέρος στη συστάδα πριν (με αριθμό δένδρων  $N_{bef}$ ) και κατά το άλλο μετά την αραιώση (με διαφορετικό αριθμό δένδρων  $N_{aft}$ ) (Σχ. 3b). Αυτό δημιουργεί πρόβλημα αναγωγής της προσαύξησης ( $Z_d$ ) στο συνολικό αριθμό δένδρων της συστάδας, το οποίο όμως αποφεύγεται μόνον εφόσον η  $Z_d$  αφορά αποκλειστικά το διάστημα μεταξύ των δυο αραιώσεων, όπως είναι οι περιπτώσεις (Tree1)bef, (Tree2)bef και (Tree3)bef στο σχήμα 4. Αυτό συνεπάγεται ότι οι μετρήσεις ( $z_i$ ) σε συστάδες “befor” (μέρος των  $\Delta E$  που κατατάσσονται σε μια κλάση ηλικιών πχ. 40->50 ετών) παρακάμπτονται σε πρώτο επίπεδο το πρόβλημα των αραιώσεων και δίνουν ταυτόχρονα και την πραγματική τάση αύξησης όγκου που πραγματοποιείται

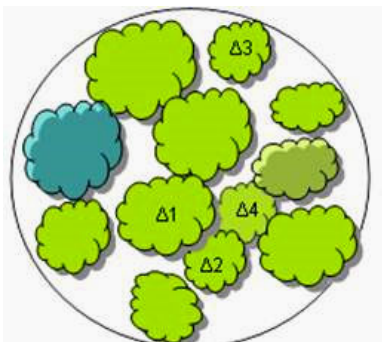


ποιείται στο διάστημα μεταξύ διαδοχικών αραιώσεων. Για την ανάπτυξη όμως μοντέλων προσαύξησης, οι αραιώσεις παραμένουν να αποτελούν πρόβλημα για έναν ακόμα λόγο. Η απομάκρυνση ενός δένδρου (πχ. του δένδρου Δ1 στο σχήμα 5) επηρεάζει άμεσα τα γειτονικά του (πχ. το Δ2) όχι όμως στον ίδιο βαθμό τα υπόλοιπα δένδρα. Έτσι, η μετρούμενη προσαύξηση στο δένδρο Δ2 (μετά την υλοτομία του Δ1) δεν μπορεί χωρίς άλλο να αντιπροσωπεύσει και το δένδρο Δ3 έστω και αν αυτό έχει τις ίδιες διαστάσεις.



**Σχήμα 4.** Η επίδραση του χρονικού σημείου (μεταξύ δυο διαδοχικών αραιώσεων) λήψης του τρυπανιδίου πάνω στην τρέχουσα προσαύξηση διαμέτρου και όγκου ( $\chi\pi$ = χρόνος περιφοράς)

**Figure 4.** The effect of the time point (between two successive thinnings) of the drill bit on the increment of diameter and volume ( $\chi\pi$  = rotation time)



**Σχήμα 5.** Η χωρική θέση και οι αποστάσεις μεταξύ των δένδρων διαμορφώνουν τις συνθήκες ανταγωνισμού και επηρεάζουν το ρυθμό αύξησης των επιμέρους δένδρων μιας συστάδας

**Figure 5.** Spatial distribution and distances between trees create the competition and influence the growth rate of individual trees in a stand

*Το πρόβλημα του ανταγωνισμού.* Ο ανταγωνισμός εκδηλώνεται προς δυο κατευθύνσεις: την κατακόρυφη και την οριζόντια. Η κατακόρυφη έννοια έχει να κάνει με τις ανακατατάξεις που λαμβάνουν χώρα στη συστάδα και κυρίως τη μετάπτωση δένδρων από την κύρια στη δευτερεύουσα συστάδα, οδηγώντας τα τελευταία σε ξήρανση και θνησιμότητα. Το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα λίγο ως πολύ τυχαία και δημιουργεί δυσκολίες πρόβλεψης της πορείας προσαύξησης ενός συγκεκριμένου δένδρου για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επιτείνεται δε ακόμα περισσότερο από τις αραιώσεις και δημιουργεί πρόσθετες δυσκολίες στη μοντελοποίηση της αύξησης μεμονωμένων δένδρων, γιατί πρέπει αυτή να ενσωματώνει παραμέτρους τόσο της φυσικής εξέλιξης (της θνησιμότητας) και του ανταγωνισμού όσο και των αραιώσεων.

*Η χωρική θέση.* Η θέση ενός δένδρου μέσα στη συστάδα διαμορφώνει τον αυξητικό του χώρο. Έτσι, δένδρα με ίδιες διαστάσεις αλλά καταπιεζόμενα σε διαφορετικό βαθμό από τα γειτονικά τους (πχ. Δ3 και Δ4 στο σχήμα 5) έχουν και διαφορετική κατά πάχος αύξηση. Και πάλι έρχονται εδώ οι αραιώσεις να διαταράζουν τις σχέσεις αυτές χωρίς να μπορεί εύκολα και με βεβαιότητα να ελεγχθεί το φαινόμενο με μοντέλα ανταγωνισμού ή/ και θνησιμότητας.

Το πρόβλημα αυτό επιβάλλει την ανάγκη ενσωμάτωσης στα μοντέλα αυτά είτε των αποστάσεων μεταξύ των δένδρων (distance depended models) ή και μεταβλητών του επιπέδου των συστάδων, όπως είναι πχ. η συνολική κυκλική επιφάνεια, οι δείκτες πυκνότητας (RD, SDI κ.ά.) και οι δείκτες ανταγωνισμού ( $d/Dg$ , RS, BAL, Gbal2, Nbal2 κ.ά.).

*Η ηλικία.* Στα φυσικώς αναγεννώμενα δάση, η ηλικία εμφανίζει κατά κανόνα μεταβλητότητα μεταξύ των δένδρων της ίδιας συστάδας σε βαθμό μάλιστα που ομήλικες (κατά τη δομή) συστάδες να χαρακτηρίζονται συχνά και ως ανομήλικες. Αυτό σημαίνει ότι στην προσπάθεια ορισμού της ηλικίας μιας συστάδας και την παρακολούθηση εν συνεχεία της αύξησης συναρτήσει της ηλικίας, δεν είναι πάντοτε αυτονόητο ότι η έννοια της ηλικίας, ως ανεξάρτητης μεταβλητής, ταυτίζεται με την έννοια του χρόνου, γιατί στην πορεία αύξησης της συστάδας συμβαίνουν δυο γεγονότα: α) οι αραιώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε υπολογιστικές μετατοπίσεις πχ. της μέσης ηλικίας των δένδρων, ως χαρακτηριστικό μέγεθος, όπως συμβαίνει και με τη μέση τετραγωνική διάμετρο των συστάδων ( $Dg$ ) και β) στην πορεία αύξησης των συστάδων ενδέχεται, και αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στο αρχικό στάδιο αύξησης των συστάδων, σοβαρές ανακατατά-

ξεις ως προς την κοινωνική θέση των δένδρων. Αυτά τα δυο φαινόμενα μειώνουν το βαθμό αξιοπιστίας της ηλικίας ως ανεξάρτητης μεταβλητής. Για τον λόγο αυτόν στην μοντελοποίηση της αύξησης α) αποφεύγονται οι μετρήσεις ηλικίας στο ύψος του πρέμνου των δένδρων και γίνονται αντίστοιχες στο σθηθιαίο ύψος, όταν δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος των ανακατατάξεων έχει ήδη επιτελεστεί και β) οι δείκτες ηλικίας αναφέρονται μόνο σε δένδρα της κυριαρχούσας συστάδας, η επιβίωση των οποίων και η μελλοντικής τους πορεία επηρεάζεται λιγότερο από ανακατατάξεις (Leibundgut, 1966, s.136). Έτσι οι σχέσεις ύψους/ ηλικίας μπορούν με μεγαλύτερη βεβαιότητα να μεταφραστούν σε σχέσεις ύψους/ χρόνου.

*Η καινοτομία.* Ενόψει των προβλημάτων αυτών γίνεται στην παρούσα εργασία η εξής καινοτομία προσέγγιση: Για την ανάπτυξη της δέσμης καμπυλών ύψους  $h=f(d, SI_{50}, Tk)$  (Σχ. 2) χρησιμοποιήθηκε (Γκατζογιάννης 2020) ως ανεξάρτητη μεταβλητή η μέση ηλικία (Tk) τεσσάρων κυρίαρχων/ συγκυρίαρχων δένδρων κάθε ΔΕ. Στην προκειμένη περίπτωση, δηλαδή για την ανάπτυξη των μοντέλων αύξησης, ως ηλικία της συστάδας (Tar1) χρησιμοποιείται ο χρόνος που χρειάζεται αυτή για να αποκτήσει τη θέση της στο σύστημα καμπυλών ύψους (Σχ. 2), με τη βοήθεια όχι πλέον τον παράγοντα Tk αλλά τις πραγματικές παρατηρήσεις d/h του συνόλου των μετρήσεων που γίνονται σε κάθε ΔΕ. Με τον τρόπο αυτόν μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις εξαιτίας της ηλικίας και δημιουργείται και ένα επιπλέον πλεονέκτημα. Με γνωστή την ποιότητα τόπου μιας συστάδας, δεν απαιτούνται πλέον μετρήσεις ηλικίας για την ένταξη των συστάδων στο σύστημα των υποκαμπυλών (Σχ. 2) και τον υπολογισμό ξυλαποθέματος και προσαύξησης, αλλά μόνο τα ζεύγη τιμών d/h.

*Υλικό.* Τα προβλήματα με τα οποία συνδέεται η καταγραφή και η παρακολούθηση της εξέλιξης των δασοσυστάδων, διαμόρφωσαν και το πλαίσιο μέσα στο οποίο έγινε και η συγκέντρωση του υλικού της παρούσας έρευνας. Η έρευνα αναφέρεται στο σύμπλεγμα δασών Αρναίας Χαλκιδικής και ειδικότερα στις αμιγείς συστάδες οξιάς που καταλαμβάνουν έκταση 3424 εκταρίων. Το υλικό της έρευνας προέρχεται από την απογραφή που διενεργήθηκε υπό την επίβλεψη του Εργαστηρίου Δασικής Διαχειριστικής του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών (Γκατζογιάννης 1995) κατά την εκπόνηση του διαχειριστικού σχεδίου του εν λόγω συμπλέγματος και περιλαμβάνει ένα δίκτυο 854 ΔΕ δοκιμαστικών επιφανειών, κυκλικής διατομής και μεγέθους 500 τ.μ., συστηματικά κατα-

νεμημένων σε ολόκληρη την έκταση των συστάδων οξιάς. Σε κάθε ΔΕ συγκεντρώθηκαν δυο ομάδες πληροφοριών (Πίν. Ι). Α: Σθηθιαία διάμετρος (d1,3, cm) όλων των δένδρων με  $d > 7\text{cm}$  και κατανομή τους κατά βαθμίδες διαμέτρου. Β: Μετρήσεις σε υπο-δείγμα 6 δοκιμαστικών κορμών (ΔΚ) (στ. 3 έως 11): Με τυχαία επιλογή δυο κορμών σε κάθε κλάση διαμέτρου μετρήθηκαν: η διάμετρος (d, cm) και το ύψος τους (h, m), ενώ χαρακτηρίστηκαν (στ. 11) με «k» όσα δένδρα ήταν κυρίαρχα ή συγκυρίαρχα στη συστάδα. Όταν τα δένδρα “k” ήταν λιγότερα από 4 τότε λαμβανόταν μέριμνα για πρόσθετα δένδρα της κυριαρχούσας συστάδας, ώστε να συμπληρωθεί ο αριθμός 4. Σε κάθε ΔΚ λήφθηκαν τρυπανίδια στα οποία μετρήθηκαν: το πάχος φλοιού (f, mm) (στ.8), το πάχος των τελευταίων 5 ετησίων δακτυλίων (zi, mm/5ετία) (στ. 9) και ο συνολικός αριθμός ετησίων δακτυλίων (a, έτη) (στ. 10) ως σθηθιαία ηλικία κάθε κορμού. Με τη βοήθεια των μετρήσεων στα δένδρα “k” προσδιορίστηκαν ακολούθως ο δείκτης ποιότητας τόπου ( $SI_{50}$ ), με το ισχύον για την περιοχή σύστημα σταθμοδεικτικών καμπυλών (Gatzojannis 1998) και η μέση ηλικία ( $Tk=a4+Tan$ ) των κυριαρχούντων κ-δένδρων. Με μετρήσεις 6 ΔΚ σε κάθε ΔΕ (και σε ορισμένες περιπτώσεις 4 ή 5) καταμετρήθηκαν συνολικά 4798 ΔΚ σε 854 ΔΕ.

Τα βασικά στατιστικά των μετρήσεων αυτών, δίνονται στον πίνακα ΙΙ (στήλες 1 έως 7), αφού διακρίθηκαν δυο ομάδες δεδομένων: α) των ΔΕ που προέρχονται από συστάδες στις οποίες δεν έγιναν αραιώσεις κατά την τελευταία 5ετία πριν την απογραφή (722 ΔΕ) (stands before thinnings) και β) των ΔΕ που προέρχονται από συστάδες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις κατά την τελευταία 5ετία πριν την απογραφή (132 ΔΕ) (stands after thinnings). Η πρώτη ομάδα δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εξισώσεων πρόβλεψης διαφόρων παραμέτρων των δένδρων, ενώ η δεύτερη θα λειτουργήσει ως «validation data set» για τον έλεγχο της ικανότητας πρόβλεψης των μοντέλων.

*Υπάρχουσα υποδομή.* Βοηθητικά εργαλεία αποτέλεσαν για την παρούσα έρευνα οι εξισώσεις που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενες εργασίες και περιλαμβάνουν τις εξισώσεις (1) του συστήματος σταθμοδεικτικών καμπυλών (Gatzojannis 1998), (2a, 2b): των μαζοπινάκων και (3a & 3b) της δέσμης καμπυλών ύψους (Γκατζογιάννης 2020):

$$(1) SI_{50} = 1,31 + [2500 * (h4-1,31) (-0,046933 + 0,020398 * Ai + 0,00010811 * Ai^2)] / [(Ai^2 - (Hi-1,31) (7,629704 - 0,748273 + 0,011914 * Ai^2)] (R^2=0,97)$$



**Πίνακας I.** Πληροφορίες απογραφής ΔΕ για την εκτίμηση της προσαύξεσης όγκου δασοσυστάδων  
**Table I.** Inventory plot data for the assessment of current annual volume increment

A. Βαθμίδες (Diameter classes)		B. Μετρήσεις σε ιστάμενους δοκιμαστικούς κορμούς (ΔΚ) (tree measurements in a sub-sample of stems in the plot)							
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
d1,3	n	aaΔΚ	Δασ. είδος	d	h	f	zr	a	k
8		1	FMO	36	25,5	11	6	98	k
10		2	FMO	46	25	4	4	106	k
12		3	FMO	22	23	5	4	74	k
14	2	4	FMO	14	16,5	6	4	74	
16	3	5	FMO	16	15	5	5	72	
20	1	6	FMO	26	21	7	8	71	k
22	2	Στοιχεία ταυτότητας ΔΕ: Δάσος Αρναίας, Αριθμός ΔΕ: 96, Έκταση: 0,5 στρ., Δασοπ. είδος: Οξιά (fmo), έτος απογραφής 1993.							
24	2								
26	2	Στοιχεία παχυμέτρησης: d1,3: Βαθμίδες διαμέτρου, n : Αριθμός κορμών							
30	2								
36	1	Στοιχεία ΔΚ: d= στηθιαία διάμετρος (cm), h = ύψος (m), f= πάχος φλοιού (mm), zr =τρέχουσα προσαύξηση ακτίνας (mm/5ετία), a= στηθιαία ηλικία (έτη), k= θέση του δένδρου στη συστάδα (k=κυρίαρχο/ συγκυρίαρχο)							
38	1								
46	1								
Σύνολο	17								
<b>Δείκτες ΔΚ:</b> a4=87,25, h4=23,63, SI <sub>50</sub> =16,04, t1.3=5,63, Tk=92,88 yrs, Tr1= 96,88 yrs <b>Δείκτες/ χαρακτηριστικά μεγέθη συστάδας:</b> G= 18,360 m <sup>2</sup> /ha, Dg=26,22 cm, Hm= 21,63 m, Do=39,17 cm, Ho=24,41 m, RD=3,59, RS= 0,222									

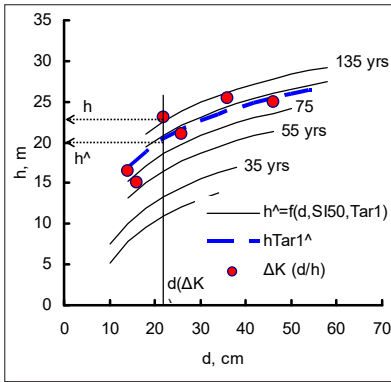
**Πίνακας II.** Βασικά στατιστικά των μετρήσεων σε δοκιμαστικούς κορμούς  
**Table II.** Basic statistics of the observations on sample stems

	d (cm)	h (m)	f (mm)	zd (cm/5 yrs)	da (cm)	zg (m <sup>2</sup> / 5 yrs)	zv (m <sup>3</sup> / 5 yrs)
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>a) Των συστάδων (722 ΔΕ) πριν από την αραιώση – from the forest stands plots) before thinnings</b>							
Nδκ	4039	4039	4039	4039	4039	4039	4039
Mean	22,03	17,96	3,67	1,17	21,30	0,00386	0,04298
Min	7,00	7,00	1,00	0,40	6,60	0,0005	0,0051
Max	56,00	33,50	11,00	2,80	55,00	0,0159	0,1948
StDev	8,611	4,352	1,427	0,341	8,446	0,0021	0,0281
<b>b) Των συστάδων (132 ΔΕ) αμέσως μετά από την αραιώση – from the forest stands after thinnings</b>							
Nδκ	759	759	759	759	759	759	759
Mean	22,35	17,98	3,61	1,15	21,63	0,00387	0,04342
Min	8,00	6,00	2,00	0,40	7,60	0,0007	0,0057
Max	53,00	31,00	8,00	2,20	51,80	0,0113	0,1548
StDev	8,422	4,578	1,372	0,321	8,259	0,0021	0,0279

(2a):  $v=0,00994+0,00003246*d^2*h$  ( $R^2=0,96$ ),  
 (2b):  $va=-0,01787+ 0,000024221*da^2*ha+ 0,00019981*da^2$  ( $R^2=0,96$ ),  
 (3a):  $h=-47,384524 + 8,43412377*LN(d) + 0,80916716*SI_{50} + 6,49936531*LN(Tk) - 0,18576485*d/(Tk^{0.3})$  ( $R^2=0,77$ ),  
 (3b):  $ha=-46,886264 +8,1778597*LN(da) +0,8115355*SI_{50} +6,5971553*LN(Tk) -0,1723395*da/(Tk^{0.3})$  ( $R^2=0,77$ ),

*Διαδικασία ανάπτυξης της μεθόδου:* Αυτή εξελίσσεται στα ακόλουθα βήματα:

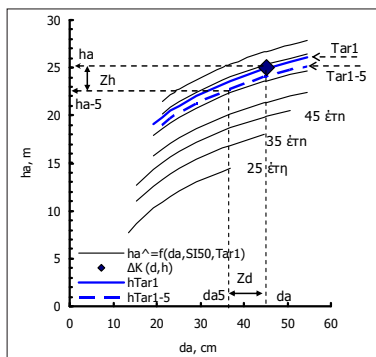
**Βήμα 1ο:** Ανάπτυξη της δέσμης καμπυλών με την εξίσωση 3a και ένταξη των ΔΕ στο σύστημα με τη βοήθεια των παρατηρήσεων (d/h) των ΔΚ. Επιλογή της ατομικής καμπύλης ύψους (hTar1) που ελαχιστοποιεί τις αποκλίσεις των υψών σύμφωνα με τη σχέση  $[(\Sigma(hi-hi')^2=>min)$  και δίνει τις ακριβέστερες δυνατές εκτιμήσεις για το ύψος ( $h^*=f(d, SI_{50}, Tar1)$ ) των δένδρων που ανήκουν στη συγκεκριμένη ΔΕ.



**Σχήμα 6.** Το σύστημα ταριφών ύψους (δέσμες καμπυλών ύψους) και η ένταξη των δοκιμαστικών επιφανειών στο σύστημα (ΔΕ:96)

**Figure 6.** The height tariff system (bundle of height curves) and the integration of a plot into this system

**Βήμα 2ο:** Εκτίμηση της προσαύξεσης όγκου των ΔΚ κάθε ΔΕ. Με την εξίσωση 3b αναπαράγεται μια δέσμη καμπυλών ( $ha^{\wedge}=f(da, SI_{50}, Tk, \Sigma\chi. 7)$  (αντίστοιχη του σχήματος 6), η οποία για τιμές  $Tk=Tar1$  δίνει την ατομική καμπύλη ύψους  $ha^{\wedge}=f(da, SI_{50}, Tar1)$  κάθε δοκιμαστικής επιφάνειας. Αυτή θα δώσει τα ύψη ( $ha$ ) που αντιστοιχούν σε άφλοιες διαμέτρους ( $da$ ) και θα επιτρέψει κατόπιν τον υπολογισμό των άφλοιων όγκων ( $va$ ) των δοκιμαστικών κορμών (ΔΚ). Από τη σχέση  $da5 = da - zd$  υπολογίζεται η διάμετρος προ 5 ετών ( $da5$ ) και το ύψος ( $ha5$ ) που δίνει το σύστημα καμπυλών ύψους κατά 5 έτη χαμηλότερα (για  $Tk=Tar1-5$ ). Ο όγκος κάθε δένδρου υπολογίζεται τελικά από τη σχέση  $va5 = f(da5, ha5)$  και κατά συνέπεια και η τρέχουσα προσαύξεση όγκου από τη σχέση  $zv=(va-va5)/5$ .



**Σχήμα 7.** Το σύστημα ταριφών ύψους ως υποδομή για τη μέτρηση της προσαύξεσης ύψους ( $Zh$ ) των δένδρων μιας δοκιμαστικής επιφάνειας (ΔΕ) που εντάσσεται στο σύστημα

**Figure 7.** The height tariff system as an infrastructure for measuring the tree height increment ( $Zh$ ) of plot integrated into the system

**Βήμα 3ο:** Ανάπτυξη εξισώσεων σε επίπεδο δένδρων (ατομικά πρότυπα - individual tree-models). Με τη βοήθεια των 4039 παρατηρήσεων ( $d, f, zd, zv$ ) της ομάδας (a) του πίνακα II και με δείκτες σε επίπεδο ΔΕ ( $G, N/ha, Dg, RD, SDI, SI_{50}, Tar1$ ) και δείκτες ανταγωνισμού ( $BAL, G_{bal2}, N_{bal2}$  και  $RS$ ) αναπτύχθηκαν πρότυπα της μορφής:

$$(4a): f^{\wedge}=f(d)$$

$$(4b): da^{\wedge}=f(d)$$

$$(5a): Zd^{\wedge}=f(d/T, T/SI_{50}, SI_{50}, d/Dg)$$

$$(5b): Zd^{\wedge}=(v1*(1-\exp(-v2*d)))/(1+\exp(w1*N_{bal2}+w2*G+w3*Dg+w4*Tar1+w5*SI_{50}))$$

$$(5c): Zd^{\wedge}=(v1*(1-\exp(-v2*d)))/(1+\exp(w1*N_{bal2}+w2*G+w3*Dg+w4*Tar1+w5*SI_{50}))$$

$$(6a) : Zg^{\wedge}=f(d^{\wedge}2/T, d^{\wedge}2/SI_{50}, T/SI, d/Dg, SDI)$$

$$(6b) : Zg^{\wedge}(CR)=(v1*(1-\exp(-v2*g)))/(1+\exp(w1*N_{bal2}+w2*G+w3*Dg+w4*Tar1+w5*SI_{50}))$$

$$(6c) : Zg^{\wedge}(CR)=(v1*(1-\exp(-v2*g)))/(1+\exp(w1*G_{bal2}+w2*G+w3*Dg+w4*Tar1+w5*SI_{50}))$$

$$(7): Zv^{\wedge}=f(d^{\wedge}2/SI_{50}, d^{\wedge}2/Tt1, Tar1/SI_{50}, d/Tar1, d/Dg, SDI)$$

Στο αριστερό μέρος των εξισώσεων αυτών, πχ. εξίσ. (5a):  $zd^{\wedge}=f(d/T, T/SI_{50}, SI_{50}, d/Dg)$ , είναι η εξαρτημένη μεταβλητή (πχ.  $Zd^{\wedge}$ ) και στην παρένθεση του δεύτερου μέρους παρουσιάζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές (πχ.  $d/T$ : ο λόγος της στηθιαίας διαμέτρου ( $d$ ) εκάστου κορμού προς την ηλικία συστάδας ( $T$ ) όπου ο κορμός αυτός ανήκει), όπως αυτές διαμορφώθηκαν μέσα από ελέγχους και δοκιμασίες της παλινδρόμησης. Επί πλέον στις εξισώσεις 6b και 6c δίνονται και οι συντελεστές των εξισώσεων  $v1, v2, w1, w2, w3, w4$  και  $w5$ .

Για την επιλογή των μοντέλων αυτών λήφθηκαν υπόψη τα εξής κριτήρια:

\* Ο τελικός συνδυασμός των ανεξάρτητων μεταβλητών στα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης έγινε μέσω δοκιμών και της διαδικασίας παλινδρόμησης.

\* Η χρησιμοποίηση του υλικού της ομάδας (a) των ΔΕ (Πίν. II) έγινε για λόγους ανεξαρτησίας του υλικού από το πρόβλημα των αραιώσεων.

\* Η επιλογή των εναλλακτικών μοντέλων 4b, 5b,c και 6b,c έγινε προς εξέταση της πιθανότητας βελτίωσης της ποιότητας και ακρίβειας των αρχικών μοντέλων (4a, 5a και 6a).

\* Η επιλογή της Chapman-Richards εξίσωσης  $Zg^{\wedge}(CR)$  (Εξ. 6b,c) βασίστηκε στον τρόπο χρήσης της από Murphy & Shelton (1996), μετά από προσαρμογές, τόσο στο επίπεδο των εξαρτημένων μεταβλητών ( $Zd^{\wedge}$  παράλληλα με  $Zg^{\wedge}$ ) όσο και των ανεξάρτητων ( $N_{bal2}$  παράλληλα με  $G_{bal2}$ ).

\* Για τις εξισώσεις 4a, 4b, 5a, 6a και 7 εφαρμόστηκαν γραμμικές διαδικασίες παλινδρόμησης και μη γραμμικές διαδικασίες για τις εξισώσεις 5b,c και 6b,c.

**Βήμα 4ο:** Προσδιορισμός της τρέχουσας προσαύξεσης όγκου των ΔΕ. Με την εφαρμογή των ως άνω εξισώσεων και τη διαδικασία που εφαρμόστηκε για τους δοκιμαστικούς κορμούς προσδιορίστηκε η τρέχουσα προσαύξεση όγκου των ΔΕ κατά βαθμίδες διαμέτρου και συνολικά.

**Βήμα 5ο:** Ανάπτυξη νέων μοντέλων σε επίπεδο συστάδων. Με τα αποτελέσματα επεξεργασίας των ΔΕ δημιουργήθηκε ένα νέο πακέτο δεδομένων για να ακολουθήσει η ανάπτυξη νέων συνολικών (σε επίπεδο συστάδας) μοντέλων πρόβλεψης της προσαύξεσης όγκου των συστάδων. Αυτά κρίθηκαν αναγκαία για πρακτικούς της διαχείρισης λόγους, δεδομένου ότι η δασική διοίκηση χρησιμοποιεί ήδη αντίστοιχα πρότυπα κατά την εκπόνηση διαχειριστικών μελετών (Υπουργείο Γεωργίας 1991).

**Βήμα 6ο:** Αξιολογήσεις που περιλαμβάνουν: α) δοκιμασία εφαρμογής άλλων προτάσεων (Sneider και Πινάκων Παραγωγής) στο υλικό της παρούσας έρευνας και σύγκριση των αποτελεσμάτων, β) εξέταση της δυνατότητας δυναμικής ερμηνείας των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας και γ) συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των προβλέψεων της παρούσας μεθόδου και αυτών των συσταδικών προτύπων αλλά και των εξισώσεων του Υπουργείου. Οι αξιολογήσεις εστιάζει στη σύγκριση των μέσων όρων, στα διαγράμματα διασποράς και την ανάλυση των αποκλίσεων και ιδιαίτερα στην εκτίμηση των κριτηρίων: Bias, MRers, SSRes, MSRes και RMSE%, όπως αυτά αναλύονται στη συνέχεια στον πίνακα συμβόλων και επεξηγήσεων.

**Πίνακας III.** Εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξεσης όγκου δοκιμαστικών κορμών (ΔΚ) κάθε ΔΕ (το παράδειγμα των ΔΚ στη ΔΕ 96, Πίν. I)

**Table III.** Estimation of the volume increment of stems (the case of the stem in the plot 96)

ΔΚ	d (m)	da (cm)	ha <sup>^</sup> (m)	va (m <sup>3</sup> )	zd (cm/5yrs)	da5 (cm)	ha5 <sup>^</sup> (m)	va5 (m <sup>3</sup> )	zv (m <sup>3</sup> /yr)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	36	33,8	23,61	0,864	2,2	31,6	22,79	0,733	0,0262
2	46	45,2	25,49	1,652	0,8	44,4	25,00	1,570	0,0164
3	22	21	20,28	0,287	1	20	19,56	0,258	0,0058
4	14	12,8	16,59	0,081	1,2	11,6	15,48	0,066	0,0030
5	16	15	17,79	0,124	1	14	16,91	0,102	0,0045
6	26	24,6	21,42	0,417	1,4	23,2	20,63	0,351	0,0131

d/ da: Έμφλοια/ άφλοια διάμετρος (da=d- 2\*f/10), ha<sup>^</sup>/ha5<sup>^</sup>: ύψος του κορμού σήμερα/ προ 5ετίας (ha<sup>^</sup>=f(da, SI<sub>50</sub>, Tr1) και ha5<sup>^</sup>=f(da5, SI<sub>50</sub>, Tr1-5) με την εξ. 3b για Tr1 = 96,88), zd=2\*zr/10: τρέχουσα προσαύξεση διαμέτρου Va/Va5: άφλοιος όγκος σήμερα/ προ 5ετίας (Va=f(da,ha<sup>^</sup>), Va5=f(da5, ha5<sup>^</sup>), και Zv: τρέχουσα προσαύξεση όγκου (Zv=(Va-Va5)/5)

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1) Ένταξη των ΔΕ στο σύστημα καμπυλών ύψους. Με τη βοήθεια της εξίσωσης (3a) αναπτύχθηκε το σύστημα καμπυλών (h<sup>^</sup>=d,SI<sub>50</sub>,Tk) στο σχήμα 6. Η δέσμη αυτή δημιουργείται για επιθυμητό εύρος ηλικιών (Tk, έτη) και για κάθε πιθανό δείκτη ποιότητας τόπου (SI<sub>50</sub>). Κάθε ΔΕ εντάχθηκε στο σύστημα αυτό και εν συνεχεία, με διαδικασίες παρεμβολής, επιλέχθηκε η ατομική καμπύλη ύψους (hTar1<sup>^</sup>) κάθε ΔΕ. Αυτή κωδικοποιείται/ χαρακτηρίζεται με την ηλικία (Tar1) που αντιστοιχεί στην επιλεγείσα καμπύλη.

2) Εκτίμηση της προσαύξεσης όγκου των ΔΚ. Με δεδομένη την άφλοια διάμετρο, νυν (da=d-2\*f/10, Πίν. I) και προ πενταετίας (da5 = da-zd, zd=2\*zr/10), υπολογίστηκαν τα ύψη ha<sup>^</sup> και ha5<sup>^</sup> (από την εξίσωση 3b για Tk= Tar1 και Tar1- 5 αντίστοιχα, Πίν. III, στ. 4 & 8, Σχ. 7) και εν συνεχεία ο όγκος νυν (va) και προ 5ετίας (va5) και τελικά η προσαύξεση όγκου κάθε ΔΚ (Zv=(va-v<sub>a5</sub>)/5, Πίν. III, στ. 10).

3) Ανάπτυξη εξισώσεων σε επίπεδο δένδρων (individual tree-models). Με τη βοήθεια των παρατηρήσεων της ομάδας α του πίνακα II (4039 μετρήσεις σε ΔΚ) αναπτύχθηκαν οι εξισώσεις που δίνονται στον πίνακα IV. Στον ίδιο πίνακα δίνονται και τα κριτήρια αξιολόγησης (εκτιμητές B, Std Error και διάστημα εμπιστοσύνης των συντελεστών, R<sup>2</sup> και SSRes) καθώς και το κριτήριο F για τα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης.

Για ένα πρόσθετο έλεγχο αποτελεσματικότητας μεταξύ βασικών και εναλλακτικών μοντέλων δοκιμάστηκε η εφαρμογή τους (με διαδικασία ανάλογη του πίνακα III) για την εκτίμηση της προσαύξεσης όγκου, τόσο με το υλικό ανάπτυξης των μοντέλων (ομάδα α στον πίνακα 2) όσο σε αυτό της αξιολόγησης (ομάδα

**Πίνακας IV.** Εξισώσεις και κριτήρια αξιολόγησης των εξισώσεων  
**Table IV.** The coefficients and evaluation statistics of the equations

Εξισώσεις	Συντελεστής	95,0% Confidence Interval for B			Regress.	R <sup>2</sup>	SES	F	
		B	Std.Error	Lower					Upper
Data set of the equation (n=4039)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(4a) $f^{\wedge}=f(d)$	Const.	1,524	0,0499	1,4259	1,6216	Lin.	0,345	1,155	2126***
	D	0,097	0,0021	0,0932	0,1015				
(4b) $da^{\wedge}=f(d)$	Const.	-0,305	0,0100	-0,3243	-0,2852	Lin.	0,990	0,231	5393684***
	d	0,981	0,0004	0,9797	0,9814				
(5a) $Zd^{\wedge}=f(d/Tr1, Tr1/Sl_{50}, SDI, d/Dg)$	Const	1,21299	0,02705	1,15996	1,26601	Lin.	0,132	0,318	153***
	d/Tr1	0,36156	0,05876	0,24636	0,47677				
	Tr1/Sl <sub>50</sub>	-0,03841	0,00319	-0,0446	-0,0321				
	SDI	-0,00013	0,00004	-0,0002	-0,0000				
	d/Dg	0,05383	0,02085	0,01294	0,09471				
(5b) $Zd^{\wedge}(cr)= (v1*(1-exp(-v2*d)))/(1 + exp(w1*Nbal2 + w2*G+w3*Dg +w4*Ttar1+w5*Sl))$	v1	2,76213	0,10917	2,54809	2,97617	Non Lin.	0,128		
	v2	0,23322	0,02399	0,18619	0,28025				
	w1	0,00040	0,00009	0,00023	0,00056				
	w2	0,00065	0,00172	<b>-0,0027</b>	<b>0,00402</b>				
	w3	-0,00066	0,00183	<b>-0,0042</b>	<b>0,00294</b>				
	w4	0,00641	0,00041	0,00560	0,00722				
	w5	-0,01505	0,00333	-0,0215	-0,0085				
(5c) $Zd^{\wedge}(CR)= (v1*(1-exp(-v2*d)))/(1+exp(w1*Nbal2 +w2*G+w3*Dg +w4*Ttar1+w5*Sl50))$	v1	2,76213	0,10917	2,54809	2,97617	Non Lin.	0,128		
	v2	0,23322	0,02399	0,18619	0,28025				
	w1	0,00040	0,00009	0,00023	0,00056				
	w2	0,00065	0,00172	<b>-0,0027</b>	<b>0,00402</b>				
	w3	-0,00066	0,00183	<b>-0,0042</b>	<b>0,00294</b>				
	w4	0,00641	0,00041	0,00560	0,00722				
	w5	-0,01505	0,00333	-0,0215	-0,0085				
(6a) $Zg^{\wedge}= f(d^{\wedge}2/T, d^{\wedge}SI, T/Sl, d/Dg, SDI)$	Const	0,00003	0,00010	-0,00017	0,00022	Lin.	<b>0,697</b>	0,00116	1856***
	d <sup>2</sup> /Tr1	0,00013	0,00001	0,00011	0,00014				
	d*Sl	0,0000048	0,00000	0,00000	0,00001				
	Tr1/Sl	0,00010	0,00001	0,00008	0,00012				
	d/Dg	0,00065	0,00008	0,00050	0,00080				
	SDI	-0,0000004	0,00000	0,00000	0,00000				
(6b) $Zg^{\wedge}(CR)= (v1*(1-exp(-v2*g)))/(1 + exp(w1*Nbal2 + w2*G+w3*Dg +w4*Tt1+w5*Sl))$	v1	0,02457	0,00136	0,02190	0,02724	Non Lin.	<b>0,695</b>		
	v2	0,00115	0,00006	0,00104	0,00126				
	w1	-0,00101	0,00014	-0,0012	-0,0007				
	w2	0,01237	0,00157	0,0093	0,0154				
	w3	0,00169	0,00181	<b>-0,0018</b>	<b>0,00524</b>				
	w4	0,00627	0,00040	0,00549	0,00704				
	w5	-0,01757	0,00339	-0,02422	-0,01092				
(6c) $Zg^{\wedge}(CR) = (v1*(1-exp(-v2*g)))/(1 + exp(w1*Gbal2 + w2*G+w3*Dg +w4*Ttar1+w5*Sl))$	v1	0,02051	0,00120	0,01815	0,02287	Non Lin.	0,691		
	v2	0,00148	0,00006	0,00136	0,00160				
	w1	-0,00306	0,00227	-0,00750	0,00139				
	w2	0,00860	0,00180	0,00507	0,01213				
	w3	-0,00007	0,00242	-0,00482	0,00467				
	w4	0,00618	0,00041	0,00537	0,00699				
	w5	-0,01838	0,00353	-0,02530	-0,01147				
(7) $Zv^{\wedge}= f(d^{\wedge}SI, d^{\wedge}2/Tt1, Tt1/Sl, d/Tt1, d/Dg, SDI)$	Const	-0,00419	0,00156	-0,00725	-0,00112	Lin.	0,843	0,011	3606***
	d*Sl	0,00009	0,00000	0,00008	0,00009				
	d <sup>2</sup> /Tt1	0,00241	0,00011	0,00219	0,00262				
	Tt1/Sl	0,00086	0,00014	0,00058	0,00113				
	d/Tt1	-0,03739	0,00460	-0,04642	-0,02836				
	d_DG	0,00535	0,00077	0,00385	0,00685				
	SDI	-0,000005	0,00000	-0,00001	0,00000				

β του πίνακα 2). Εν συνεχεία υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις από τις τιμές αναφοράς, καθώς και δείκτες που δίνουν την ακρίβεια (MRES, SSRES, RMSE%) των προβλέψεων. Ως τιμές αναφοράς (zv) παρατηρήθηκαν αυτές που προέκυψαν από την πρώτη εφαρμογή της διαδικασίας του πίνακα III, όπου οι τιμές f, zd ή Zg αφορούν πραγματικές παρατηρήσεις. Τα αποτελέσματα αξιολόγησης δίνονται τον πίνακα V και στα

διαγράμματα του σχήματος 8.

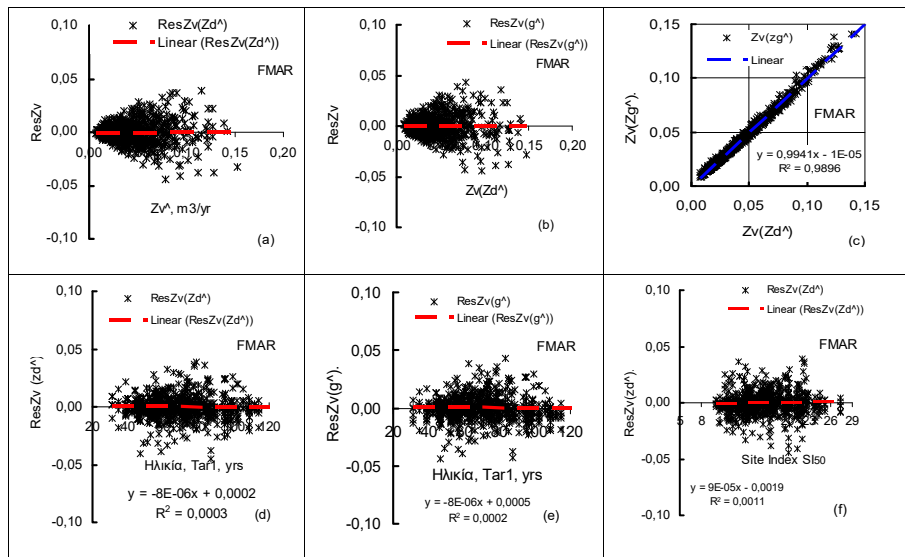
*Η τελική επιλογή.* Μια πρώτη αξιολόγηση των ως άνω αποτελεσμάτων έδειξε τα ακόλουθα:

\* Όλα τα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης (4a,b, 5a, 6a και 7) είναι στατιστικά σημαντικά (κριτ. F) με συντελεστές διάφορους του μηδενός. Τα μοντέλα μη γραμμικής παλινδρόμησης είναι επίσης σημαντικά με την επιφύλαξη ότι ορισμένοι συντελεστές

**Πίνακας V.** Ανάλυση των αποκλίσεων μεταξύ τιμών αναφοράς και των προβλέψεων προσαύξησης όγκου δοκιμαστικών κορμών και κριτήρια αξιολόγησης

**Table V.** Analysis of deviations between reference values and predictions of stem volume increment and evaluation statistics

	Data set of the equation (n=4039)			validation data set (n=759)	
	MRes (m <sup>3</sup> / 5 yrs)	SSRes	RMSE%	MRes (m <sup>3</sup> / 5 yrs)	RMSE%
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Zv=f(f <sup>^</sup> εξ.4a))	0,000015	<b>0,0018</b>	<b>1,554</b>	0,000063	1,38
Zv=f(da <sup>^</sup> εξ.4b))	0,000017	0,001803	1,555	0,000066	1,3
Zv=f((Zd <sup>^</sup> , εξίσ. 5a)	0,000005	<b>0,478</b>	<b>25,29</b>	0,000348	<b>22,53</b>
Zv=(Zd(cr) <sup>^</sup> , εξίσ. 5b)	0,000101	0,484	25,54	-0,00017	22,75
Zv=(Zd(cr) <sup>^</sup> , εξίσ. 5c)	0,000004	0,848	25,49	-0,00025	22,57
Zv=f((Zg <sup>^</sup> , εξίσ. 6a)	0,000099	0,506	26,09	-0,00008	23,69
Zv=(Zg(CR) <sup>^</sup> , εξίσ. 6b)	0,000438	0,507	26,34	0,000289	23,27
Zv=(Zg(CR) <sup>^</sup> , εξίσ. 6c)	0,000536	0,513	26,57	0,000079	23,56
(7) Zv=f(d,Sl,T1,SDI)	-0,00001	0,499	25,86	-0,00012	23,39



**Σχήμα 8.** Κατανομή των αποκλίσεων μεταξύ των τιμών αναφοράς και των προβλέψεων προσαύξησης όγκου από την εφαρμογή των ατομικών προτύπων (εξιιώσεων 5a και 6a), σε σχέση με τις θεωρητικές τιμές (διάγρ. a και b), την ηλικία (διάγρ. d) και το δείκτη ποιότητας τόπου (διάγρ. f). Στο διάγραμμα c γίνεται σύγκριση μεταξύ των προβλέψεων των μοντέλων 5a και 6a

**Figure 8.** Distribution of the deviations between reference values and the volume increment predictions from the application of the equations 5a and 6a



αυτών (w2 και w3 στις εξισώσεις 5b και 5c και w3 στην 6b) δεν είναι διάφοροι του μηδενός με πιθανότητα 95%.

\* Τα μοντέλα 4a και 5a, που παρατηρήθηκαν ως βασικά, εμφανίζουν χαμηλό συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2= 0,35$  &  $0,132$ ), που σημαίνει ότι μικρό μόνο ποσοστό της διακύμανσης (35% και 13 % αντίστοιχα) των τιμών Y μπορούν να εξηγήσουν. Το ίδιο χαμηλό  $R^2$  δίνουν επίσης και οι εξισώσεις 5b και 5c.

\* Οι χαμηλοί συντελεστές  $R^2$ , που σε μια πρώτη ανάγνωση ανάγονται στα προβλήματα που περιγράφηκαν παραπάνω, οδήγησαν και στη ανάπτυξη των εναλλακτικών μοντέλων (4b και 6a,b,c), όπου το ποσοστό της διακύμανσης που ερμηνεύεται είναι πολύ μεγαλύτερο (στ. 7 στον πίνακα IV). Παρόλα αυτά, η απόφαση για την τελική επιλογή πάρθηκε με βάση την επίπτωση που έχουν οι εναλλακτικές επιλογές στο τελικό αποτέλεσμα, και κυρίως στην ακρίβεια υπολογισμού της τρέχουσας προσαύξησης όγκου των δοκιμαστικών επιφανειών.

\* Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που δίνονται στον πίνακα V, αναφορικά με την ακρίβεια (Res, SSRes, RMSE%) των εκτιμήσεων προσαύξησης όγκου (Zv), τα βασικά μοντέλα (4a και 5a) εμφανίζονται να είναι καλύτερα, ιδιαίτερα σε ότι αφορά στο πακέτο δεδομένων των εξισώσεων (στ. 3 και 4).

\* Οι διαπιστώσεις αυτές επέτρεψαν τη χρησιμοποίηση των εξισώσεων 4a και 5a ως τελικών, παρόλο ότι οι διαφορές μεταξύ αυτών και των εναλλακτικών είναι πολύ μικρές και θα μπορούσαν να επιτρέψουν τη χρησιμοποίηση και των εναλλακτικών ως τελικών εξισώσεων. Σε αυτήν την απόφαση συνηγορούν και οι κατανομές των αποκλίσεων, οι οποίες δεν αποκλίνουν της κανονικότητας και δεν εμφανίζουν συστηματικά σφάλματα. (Σχ. 8).

4) Εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου των δοκιμαστικών επιφανειών. Με τη βοήθεια των εξισώσεων 4a και 5a υπολογίστηκε η προσαύξηση όγκου κάθε βαθμίδας διαμέτρου και συνολικά των ΔΕ με τη διαδικασία που περιγράφεται αναλυτικά στον πίνακα VI. Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε τόσο στις ΔΕ του πακέτου δεδομένων των εξισώσεων όσο και σε αυτές του validation data set.

5) Ανάπτυξη νέων μοντέλων σε επίπεδο συστάδων (συσταδικά πρότυπα). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα επεξεργασίας των δοκιμαστικών επιφανειών δημιουργήθηκε ένα νέο πακέτο δεδομένων (Πίν. VII) και αναπτύχθηκαν νέα μοντέλα για το επίπεδο των συστάδων ως ακολούθως:

$$(8) Zv(G) = 1,09576 + 0,00027 * G * SI_{50}^2 - 102,80265 * G / Ho^2 - 14,73717 / SI_{50} + 14,26296 * G / Ho - 0,32687 * G \quad (n=722, R^2=0,97, SEE=0,219, F=4666^{***})$$

**Πίνακας VI.** Υπολογισμός της τρέχουσας προσαύξησης όγκου δοκιμαστικών επιφανειών  
**Table VI.** Estimation of the annual volume increment of plots (the case of the plot 96)

d	da <sup>^</sup> (cm)	N/ha	ha <sup>^</sup> (m)	Va (m <sup>3</sup> /ha)	zd <sup>^</sup> (cm/5έτη)	da5	ha5 <sup>^</sup> (m)	Va5 <sup>^</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	Zv (m <sup>3</sup> /ha,yr)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	13,42	40	16,95	3,684	1,014	12,41	16,00	2,902	0,156
16	15,38	60	17,98	7,949	1,026	14,36	17,10	6,523	0,285
20	19,31	20	19,67	4,683	1,049	18,26	18,89	4,025	0,132
22	21,27	40	20,37	11,827	1,061	20,21	19,64	10,316	0,302
24	23,23	40	21,01	14,579	1,072	22,16	20,30	12,864	0,343
26	25,19	40	21,59	17,625	1,084	24,11	20,91	15,699	0,385
30	29,11	40	22,60	24,612	1,107	28,00	21,96	22,238	0,475
36	34,99	20	23,85	18,682	1,142	33,85	23,25	17,130	0,310
38	36,96	20	24,21	21,114	1,153	35,80	23,62	19,433	0,336
46	44,80	20	25,44	32,394	1,199	43,60	24,89	30,157	0,447
	<b>Σύνολο</b>	<b>340</b>		<b>157,15</b>				<b>141,29</b>	<b>3,172</b>

d/ da: Έμφλοια/ άφλοια διάμετρος (da=d- 2\*f<sup>^</sup>/10), ha<sup>^</sup>/ha5<sup>^</sup>: ύψος του κορμού σήμερα/ προ 5ετίας (ha<sup>^</sup>=f(da, SI<sub>50</sub>, Tr1) και ha5<sup>^</sup>=f(da5, SI<sub>50</sub>, Tr1-5) με την εξ. 3b για Tr1 = 96,88), zd<sup>^</sup>: τρέχουσα προσαύξηση διαμέτρου (zd<sup>^</sup>=f(d, Tr1, SI<sub>50</sub>, SDI, d/Dg), με την εξ. 5a για Tr1=96,88), Va/Va5: άφλοιας όγκος σήμερα/ προ 5ετίας (Va=f(da,ha<sup>^</sup>), Va5=f(da5, ha5<sup>^</sup>), και Zv: τρέχουσα προσαύξηση όγκου (Zv=(Va-Va5)/5)



(9)  $Z_v(SDI) = -0,04523 + 0,00671 * SDI + 0,0000083 * SDI * SI_{50}^2 - 0,00009 * Ho^3 + 0,00281 Ho * SI_{50}$ , n=722, R<sup>2</sup>= 0,99, SEE=0,108, F=24382\*\*\*)

(10)  $Z_v(V) = 1,03153 + 1,84826 * V/Ho - 13,50265 / SI_{50} - 8,89367 * V/Ho^2 + 0,00106 * V * SI_{50} - 0,06175 * V$  (R<sup>2</sup>=0,97, SEE=0,229, F=4268\*\*\*)

Η ανάλυση των αποκλίσεων έδωσε επίσης και τα αποτελέσματα του πίνακα VIII και τα διαγράμματα στο σχήμα 9. Οι εξισώσεις τρέχουσας προσαύξης όγκου συστάδων/ΔΕ του Υπουργείου που λήφθηκαν υπόψη και αναφέρονται στα δάση οξιάς συνολικά της χώρας έχουν τη μορφή:  $Z_v(G)_{YP} = -0,5268 + 0,3031 * G - 0,0020 * G^2$  και  $Z_v(V)_{YP} = 0,5986 + 0,03023 * V - 0,00003 * V^2$ , όπου G η εγκάρσια κυκλική επιφάνεια και V το ξυλαπόθεμα.

6) Αξιολογήσεις. Η μέθοδος του ποσοστού προσαύξης (του Schneider). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξης όγκου (Zv) βασίζεται στις σχέσεις (12) και (13) (Speidel 1972):

$$(12) Z_v(m^3/ha) = V(m^3/ha) * Pm\%$$

$$(13) Pm(\%) = ks / (n * Dg),$$

όπου Pm(%): ποσοστό προσαύξης όγκου και ks = σταθερά εξαρτώμενη από τον περίτροπο χρόνο (u) και την ηλικία (T) των συστάδων και προσδιορίζεται σε ks= 800 ή 600 ή 400 όταν T < u/4 ή T = u/4 > u/2 ή T > u/2 αντίστοιχα, n= αριθμός ετησίων δακτυλίων ανά cm και Dg=η μέση κατά κυκλική επιφάνεια έμφλοια διάμετρος της ΔΕ.

Αν για το μέσο κορμό (Dg) κάθε ΔΕ υπολογίσουμε τη προσαύξη διαμέτρου zdg (cm/5 έτη) σύμφωνα με τη σχέση (5a) και εξ' αυτής τον αριθμό των ετησίων δακτυλίων n=10/zdg και εν συνεχεία την προσαύξη όγκου σύμφωνα με τη σχέση (7), τότε θα διαπιστώσουμε ότι: α) οι προβλέψεις Zv(Schn) ανταποκρίνονται έως ένα βαθμό στις εκτιμήσεις της προσαύξης με την παρούσα μέθοδο (βλ. μέση απόκλιση ΔZv% = -0.33 (m<sup>3</sup>/ha,yr), Πίν.

IX), πλην όμως με σημαντικές επιμέρους αποκλίσεις ΔZv %: 9,82 και -31,65 % (στο μέσο όρο) στις δυο ομάδες δεδομένων που εκτιμήθηκαν με ks = 400 και 600 αντίστοιχα (Πίν. IX και σχήμα 10a), β) η κατάσταση βελτιώνεται αν χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί συντελεστές ks. Αν υπολογίσουμε τον συντελεστή ks με τα πραγματικά δεδομένα των ΔΕ ( $ks = Z_v\% * n * Dg$ ), τότε προκύπτουν οι εκτιμήσεις/ προβλέψεις που δίνονται στα διαγράμματα των σχημάτων 10b και 10c, οι οποίες υποδεικνύουν ότι με σταθερό συντελεστή ks= 450 οι εκτιμήσεις βελτιώνονται σημαντικά, αποφεύγοντας μάλιστα σημαντικά συστηματικά σφάλματα (Σχ. 10d και Πίν. IX).

Η μέθοδος των Πινάκων παραγωγής. Στο σημείο αυτό είναι προς εξέταση δυο ζητήματα. Το πρώτο έχει να κάνει με τη δυνατότητα εκτίμησης της τρέχουσας προσαύξης όγκου μέσω των πινάκων παραγωγής και το δεύτερο με το κατά πόσο τα αποτελέσματα της παρούσης μεθόδου επιδέχονται δυναμική ερμηνεία και ανταποκρίνονται στη δυναμική της αύξησης που προδιαγράφουν οι πίνακες παραγωγής. Η χρήση των ΠΠ για εκτίμηση της προσαύξης όγκου γίνεται κατά κανόνα σε επίπεδο ενιαίων συστάδων ή σύνολα συστάδων με ενιαία χαρακτηριστικά από άποψη σύνθεσης ειδών, πυκνότητας, ποιότητας τόπου και ηλικίας (στρώματα δειγματοληψίας), όπου άλλωστε απευθύνονται και τα στοιχεία των πινάκων παραγωγής. Κατά συνέπεια, ομαδοποιώντας τις ΔΕ και εξάγοντας μέσες τιμές της τρέχουσας προσαύξης όγκου προκύπτει ότι: α) οι μέσες τιμές των στρωμάτων (Zv) βρίσκονται μέσα στο εύρος διακυμάνσης των τιμών προσαύξης (Iv) που δίνουν οι πίνακες παραγωγής (Σχήμα 11a), β) οι ενδεχόμενες επιμέρους αποκλίσεις ποικίλουν από 0,2 έως και 4,3 m<sup>3</sup>/ha,yr και κατά μέσο όρο 0,5 m<sup>3</sup>/ha,yr και γ) οι αποκλίσεις αυτές εξαρτώ-

Πίνακας VII. Βασικά στατιστικά των δοκιμαστικών επιφανειών

Table VII. Base statistics of the plots

Variables ΔΕ	Min	Max	Mean	StDev	Min	Max	Mean	StDev
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	α) Data set of the equation (n = 722)				β) Validation data set (n= 132)			
SI <sub>50</sub>	9,17	28,98	16,91	3,32	10,00	27,36	16,82	3,63
Tar1 (yrs)	29,13	134,08	69,95	19,66	31,35	125,58	69,55	18,84
G (m <sup>2</sup> /ha)	2,85	39,10	18,43	6,30	6,59	43,35	20,73	6,93
Dg (cm)	11,59	39,94	21,97	5,07	12,25	39,39	22,49	5,83
Do (cm)	16,22	60,55	33,94	7,77	18,58	58,70	34,20	8,46
SDI	77,99	772,04	395,41	124,75	131,32	857,28	441,16	129,81
N/ha	120	1740	529	234	120	1760	582	264
Hdg (m)	9,27	29,58	18,34	3,01	11,94	27,07	18,36	3,40
Ho (m)	13,45	32,64	21,37	2,92	14,57	29,68	21,29	3,19
Va (m <sup>3</sup> /ha)	11,29	342,01	140,94	59,94	47,66	414,18	159,22	71,75
Zv (m <sup>3</sup> /ha,yr)	0,80	8,37	<b>3,698</b>	1,27	1,18	8,89	<b>4,134</b>	1,40

**Πίνακας VIII.** Ανάλυση των αποκλίσεων μεταξύ των τιμών αναφοράς και των προβλέψεων των συσταδικών μοντέλων (8,9 και 10), καθώς και των εξισώσεων του Υπουργείου (Zv(G)\_YΠ, Zv(V)\_YΠ)

**Table VIII.** Analysis of the distribution between reference values of volume increment and the predictions with the stand models (8,9 and 10) and the ministry equations (Zv(G)\_YΠ, Zv(V)\_YΠ)

	(8) ZvTar1(G)^	(9) ZvTar1(SDI)^	(10) ZvTar1(VI)^	Zv(G)_YΠ	Zv(V)_YΠ
1	2	3	4	5	6
<b>α) Δεδομένα εξισώσεων</b>					
Mean of Zv^ (m³/ha,yr)	<b>3,719</b>	<b>3,693</b>	<b>3,697</b>	<b>4,301</b>	<b>4,809</b>
Αριθμός ΔΕ	722	722	722	722	722
Sum of Res	34,949	8,475	37,613	697,956	1451,500
MRes	0,048	0,012	0,052	0,967	2,010
StDev	0,092	0,020	0,092	1,340	2,382
SSRes	34,949	8,475	37,613	697,956	1451,500
MSRes	0,048	0,012	0,052	0,967	2,010
RMSE%	<b>5,91</b>	<b>2,93</b>	<b>6,17</b>	<b>22,86</b>	<b>29,48</b>
<b>β) Δεδομένα του validation data bet</b>					
Mean of Zv^ (m³/ha,yr)	<b>4,175</b>	<b>4,134</b>	<b>4,140</b>	<b>4,801</b>	<b>5,198</b>
count	132	132	132	132	132
Sum of Res	8,622	2,532	10,319	159,974	276,347
MRes	0,065	0,019	0,078	1,212	2,094
StDev	0,109	0,047	0,129	1,451	2,292
SSRes	8,622	2,532	10,319	159,974	276,347
MSRes	0,065	0,019	0,078	1,212	2,094
<b>RMSE%</b>	<b>6,12</b>	<b>3,35</b>	<b>6,75</b>	<b>22,93</b>	<b>27,83</b>
Στ.1: Κριτήρια ανάλυσης των αποκλίσεων, Στ. 2 έως 4 στατιστικά των αποκλίσεων των συσταδικών προτύπων 8,9 και 10 και Στ. 5 και 6 στατιστικά των αποκλίσεων των εξισώσεων του Υπουργείου.					

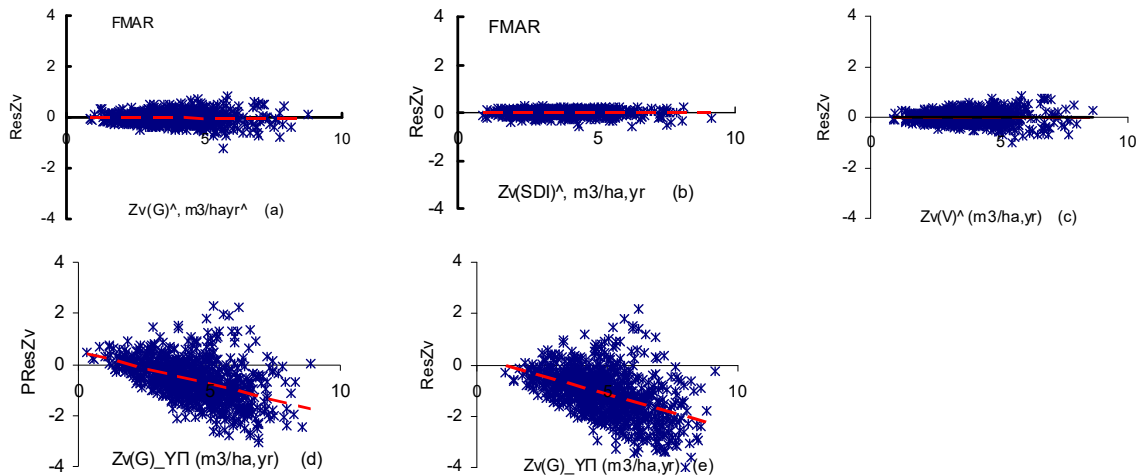
**Πίνακας IX.** Εκτίμηση της τρέχουσας προσαύξησης όγκου με τη μέθοδο του Schneider (ZvSchn) και σύγκριση με τις τιμές της μεθόδου των τρυπανιδίων

**Table IX.** Estimation of the annual volume increment by Schneider's method (ZvSchn) and comparison with reference values (from the height tariff method ZvTr1)

	nΔΕ	Sum	Average (m³/ha,yr)	StDev
1	2	3	4	5
<b>Για το σύνολο των συστάδων (ks=400 ή 600)</b>				
ZvTr1	854	3215	3,77	1,298
ZvSchn	854	3226	3,78	1,664
		<b>ΔZv%=</b>	<b>-0,33</b>	
<b>Για συστάδες ηλικίας Tar1 &gt;u/2 (ks=400)</b>				
ZvTr1(400)	658	2428	3,69	1,200
ZvSchn(400)	658	2190	3,33	1,134
		<b>ΔZv%=</b>	<b>9,82</b>	
<b>Για συστάδες ηλικίας Tar1 &lt; u/2 (ks=600)</b>				
ZvTr1(600)	196	787	4,02	1,561
ZvSchn(600)	196	1037	5,29	2,193
		<b>ΔZv%=</b>	<b>-31,65</b>	
<b>Για το σύνολο των συστάδων και με ks =450</b>				
ZvSchn(450)	854	3241	3,79	1,371
		<b>ΔZv%=</b>	<b>-0,79</b>	

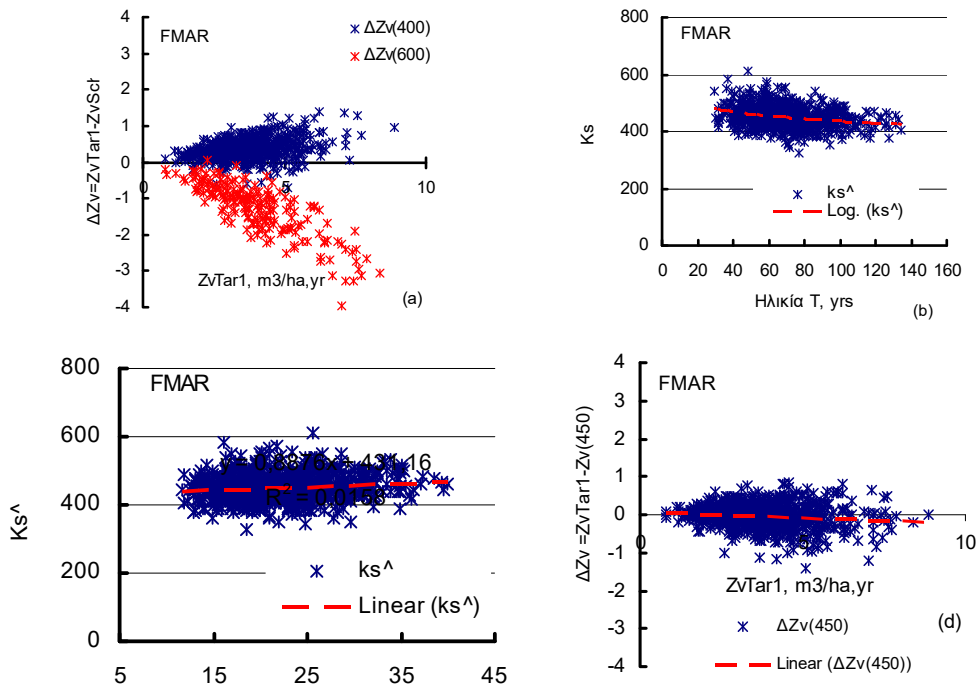
νται από τον αριθμό των ΔΕ σε κάθε ομάδα/ στρώμα και μειώνονται δραστικά όσο ο αριθμός των ΔΕ της ομάδας και η κλάση ηλικίας τους αυξάνεται (Σχ. 11b,c). Αναφορικά με τη **δυναμική ερμηνεία**, την εικόνα ανταπόκρισης των αυξητικών μοντέλων, τόσο των ατομικών/ σε επίπεδο δένδρου εξισώσεων 3a ( $h=f(d,SI_{50},Tk)$  για  $d=Dg$  και  $Tk=Tr1$ , όσο και των συσταδικών με την εξίσωση (9): Zv(SDI), δίνουν τα τρία διαγράμματα που απεικονίζονται στο σχήμα 12.

Στο διάγραμμα 12a συγκρίνεται η εξέλιξη του μέσου ύψους των συστάδων ( $hm(\pi\pi)$ ) που δίνουν οι πίνακες παραγωγής με το ύψος που δίνει η εξίσωση 3a. Μια πρώτη διαπίστωση της σύγκρισης αυτής είναι ότι υπάρχει ευρεία ανταπόκριση/ επικοινωνία μεταξύ των δυο συστημάτων. Διευκρινίζεται εδώ ότι η εξέλιξη του ύψους  $hm(\pi\pi)$  προήλθε από αναλύσεις κορμών, ενώ αυτή του ύψους  $hdg$  από στοιχεία ηλικίας και μέσου ύψους συστάδων απογραφής της παρούσας έρευνας, δηλαδή από δείγματα εντελώς ανεξάρτητα και ληφθέντα με διαφορετική μεθοδολογία. Τα ίδια ισχύουν περίπου και για τα άλλα δυο διαγράμματα



**Σχήμα 9.** Κατανομή των αποκλίσεων μεταξύ των τιμών αναφοράς (της μεθόδου των ταριφών της παρούσης εργασίας) και των προβλέψεων προσαύξησης όγκου από την εφαρμογή των προσαύξησης των συσταδικών μοντέλων (8,9 και 10) (διαγράμματα a,b, c), καθώς και των εξισώσεων του Υπουργείου ( $Zv(G)_{YΠ}$ ,  $Zv(V)_{YΠ}$ ) (διαγράμματα d, e)

**Figure 9.** Distribution of deviations between reverence values of volume increment and the predictions with the stand models (8,9 and 10) (diagr. a,b,c) and ministry equations of **ministry** ( $Zv(G)_{YΠ}$ ,  $Zv(V)_{YΠ}$ )



**Σχήμα 10.** Ανταπόκριση της μεθόδου του ποσοστού προσαύξησης του Schneider ( $Zv(Schn)$ ) στις εκτιμήσεις με τη μέθοδο των ταριφών ύψους ( $ZvTar1$ )

**Figure 10.** Response of Schneider's volume increment rate method ( $Zv(Schn)$ ) to estimates using the tariff ( $ZvTar1$ )

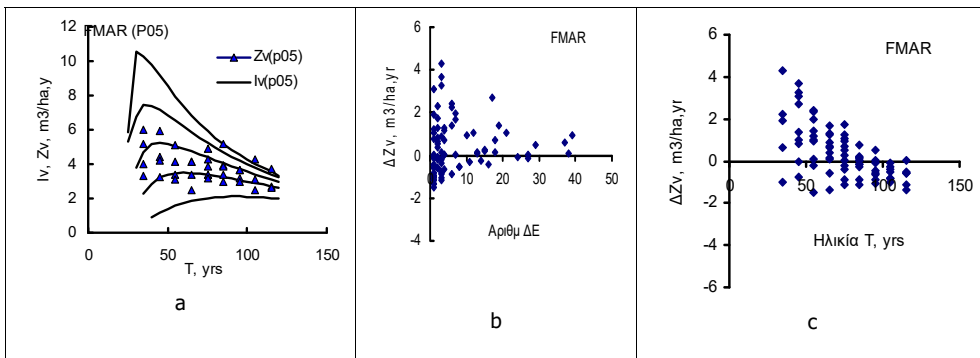
b και c στο σχήμα 12, όπου η τρέχουσα προσαύξηση που δίνει το παρόν σύστημα ανταποκρίνεται σε γενικές γραμμές σε αυτήν που προδιαγράφουν οι πίνακες παραγωγής, με αποκλίσεις βέβαια, όπως και στην περίπτωση του ύψους, που δεν αναιρούν όμως τη γενική εικόνα ανταπόκρισης. Διευκρινίζεται και εδώ ότι η προσαύξηση των ΠΠ προέκυψε μέσα από τη λογική των αυξητικών σειρών του Magin, όπου η τρέχουσα προσαύξηση των ΔΕ, ως αρχικό μέγεθος/στοιχείο εισαγωγής δεν λήφθηκε καθόλου υπόψη, εν αντιθέσει προς τα μοντέλα της παρούσης, τα οποία στηρίχθηκαν στην προσαύξηση διαμέτρου και ύψους των δένδρων προκειμένου στη συνέχεια να υπολογιστεί η προσαύξηση όγκου.

Η σύγκλιση αυτή των δυο συστημάτων ενισχύει κατ' αρχήν την εγκυρότητα των δυο μεθόδων, υποδεικνύ-

οντας όμως ταυτόχρονα και την ανάγκη για μελλοντικές βελτιώσεις που μπορούν και πρέπει να γίνουν για να μειωθούν οι υπάρχουσες αποκλίσεις και να υπάρξει σύγκλιση σε όλα τα ζητήματα δυναμικής της αύξησης των δασοσυστάδων.

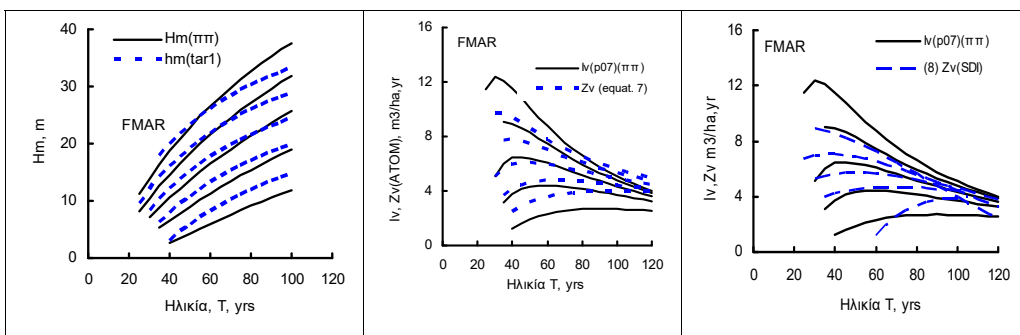
Ως προς τα συσταδικά πρότυπα, τα αποτελέσματα αξιολόγησης που μας δίνουν ο πίνακας VIII και το σχήμα 9 δείχνουν ότι:

- Οι μέσοι όροι (mean of Zv) των προβλέψεων (3,719, 3,693 και 3,697) των μοντέλων 8,9 και 10 δεν διαφέρουν σημαντικά (δεν υπερβαίνουν το 1%) από τους μέση τιμή των αντίστοιχων τιμών του πίνακα VII (3,698) για τα δεδομένα της ομάδας α. Το ίδιο ισχύει και για τα δεδομένα της ομάδας β (validation data set). Την ίδια θετική εικόνα δίνουν και τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα (RMSE%), τα



**Σχήμα 11.** Μέσες τιμές τρέχουσας προσαύξησης όγκου (Zv) σε σύγκριση με τις προβλέψεις των πινάκων παραγωγής (Iv) (a) και αναμενόμενες αποκλίσεις (b) & (c) συναρτήσει του αριθμού των ΔΕ (b) και των κλάσεων ηλικία των συστάδων (c).  $\Delta Zv = \text{Mean } Zv (\text{στρωμάτων δειγματοληψίας}) - \text{Mean } Iv \text{ Μεσα } \Omega \text{strvm;atvn h Μεσα } Zv \text{ Μέσες τιμές τρ. προσαύξησης όγκου στρωμάτων δειγματοληψίας } M; \text{esew tim;ew strvm;atvn } \omega$

**Figure 11.** Mean values of current volume increment (Zv) compared to the forecasts of yield tables (Iv) (a) and expected deviations (b) & (c) in relation to the number of plots (b) and the age classes of the stands (c)



**Σχήμα 12.** Οι καμπύλες ύψους (a) και τρέχουσας προσαύξησης όγκου (b, c) συναρτήσει της ποιότητας τόπου και της ηλικίας συστάδων οξιάς, όπως αυτές δίνονται από τους πίνακες παραγωγής (Hm(ππ) και Iv) ή αναπαράγονται από τις προβλέψεις του συστήματος ταριφών (μέσω των εξισώσεων 7 (Zv) και 8 (Zv (SDI))

**Figure 12.** The height (a) and annual volume increment (b, c) curves in relation to the site quality and age of the beech stands as given by the yield tables (Hm(ππ) / Iv) or reproduced by the tariff συστημ forecasts (through equations 6 (zv) and 8 (Zv (G))

οποία και για τις δυο ομάδες κυμαίνονται μεταξύ 3,35 και 6,75 %, αλλά και η διασπορά των αποκλίσεων που μας δίνουν τα διαγράμματα (a,b και c) στο σχήμα 9.

- Η ταύτιση σχεδόν των προβλέψεων των συσταδικών προτύπων με αυτές του συστήματος ταριφών, καθιστά πλεονεκτικότερη την εφαρμογή τους έναντι άλλων προσεγγίσεων, όπως της μεθόδου του Schneider και των πινάκων παραγωγής, χωρίς αυτό να σημαίνει βέβαια ότι οι προσεγγίσεις αυτές δεν πρέπει να εφαρμόζονται στη δασοπονική πράξη, όπως άλλωστε αναπτύχθηκε παραπάνω.
- Η εικόνα που μας δίνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα των εξισώσεων του Υπουργείου, είναι αρνητική δεδομένου ότι οι διαφορές στους μέσους όρους κυμαίνονται μεταξύ 15 και 30 % και τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα μεταξύ 20 και 30%, ενώ η διασπορά των παρατηρήσεων στα διαγράμματα d και e του σχήματος 9 υποδεικνύει ότι υπεισέρχονται και συστηματικά σφάλματα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται υπερεκτιμήσεις στην τρέχουσα προσαύξηση όγκου των συστάδων.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια νέα μέθοδος εκτίμησης της τρέχουσας προσαύξησης όγκου των δασών, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στο δασικό σύμπλεγμα Αρναίας, όσο και σε άλλα δασικά συμπλέγματα της χώρας, αλλά και σε άλλα δασοπονικά είδη. Αυτή βασίζεται σε ένα σύστημα καμπυλών, οι οποίες χαρακτηρίζουν τις σχέσεις ύψους/ διαμέτρου των δένδρων και την εξάρτησή τους από παραμέτρους των συστάδων στις οποίες ανήκουν τα διάφορα δένδρα (ποιότητα τόπου, ηλικία κλπ). Οι δέσμες αυτές εξασφαλίζουν τη δυνατότητα εκτίμησης τόσο του ύψους που έχουν τα δένδρα κατά τη στιγμή της απογραφής, όσο και σε παρελθόντα χρόνο. Αυτό εξασφαλίζεται βέβαια με την εφαρμογή του συστήματος απογραφής που αντιπροσωπεύει το έντυπο στον πίνακα I. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην εκτίμηση του όγκου σήμερα και προ η ετών και κατ' επέκταση στην περιοδική και την τρέχουσα προσαύξηση όγκου των δένδρων. Η μέθοδος προσιδιάζει στη μέθοδο του Συστήματος Ταριφών, όπως αναφέρεται στη γερμανική βιβλιογραφία (Prodan 1965, σελ. 252), γι' αυτό και προτείνεται να χαρακτηριστεί ως «**μέθοδος ταριφών ύψους**» (HTM: Höhentarifmethode). Αναφορικά με την πρακτική δυνατότητα και ειδικά το κόστος εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου, μπορεί να επισημανθεί εδώ ότι αυτή δοκιμάστηκε σε πολυάριθμες περιπτώ-

σεις εκπόνησης δασοπονικών μελετών στην Ελλάδα και Κύπρο (Γκατζογιάννης 1989, 1994, 2001, Παπαδόπουλος κ.ά. 2011, Δασαρχείο Ταξιάρχη 2012, Τμήμα Δασών Κύπρου, 2011), από όπου και μπορούν να αντληθούν τα εξής συμπεράσματα: Με μια πυκνότητα δικτύου 6 έως 10 ΔΕ (μεγέθους 200->500 μ<sup>2</sup>) ανά 50 εκτάρια μπορούμε να έχουμε ένα ικανό αποτέλεσμα απογραφής για την εκτίμηση τόσο του ξυλαποθέματος, όσο και της τρέχουσας προσαύξησης όγκου των δασών. Η απογραφή μιας ΔΕ από ένα συνεργείο τριών ατόμων διαρκεί από 40 έως 60 λεπτά της ώρας για κωνοφόρα και πλατύφυλλα είδη αντιστοίχως.

Όσον αφορά τις άλλες πρακτικές πρέπει εδώ να διατυπωθεί ότι: Η μέθοδος του ποσοστού προσαύξησης του Schneider μπορεί να εφαρμόζεται για τον μέσο κορμό (Dg) των συστάδων (των ΔΕ) και μετά από προσαρμογή του συντελεστή ks όπως προέκυψε παραπάνω. Οι πίνακες παραγωγής μπορούν επίσης να εφαρμόζονται κυρίως στο επίπεδο των στρωμάτων δειγματοληψίας, όπου ένας μεγάλος αριθμός ΔΕ εγκαθίσταται και με την πιθανότητα αποκλίσεων που υποδεικνύουν τα διαγράμματα στα σχήματα 11 και 12. Τέλος, το πρότυπο απογραφής του πίνακα I προτείνεται προς χρήση στο πλαίσιο μιας πρώτης απογραφής δάσους με μόνη προϋπόθεση την ύπαρξη μαζοπινάκων και συστημάτων σταθμοδεικτικών καμπυλών, που μπορούν και πρέπει να καταρτίζονται εφάπαξ και με ξεχωριστές από την απογραφή διαδικασίες. Μελλοντικά είναι εφικτή μια παραπέρα διαβάθμιση (μείωση) των αναγκαίων πληροφοριών, αφού η υποδομή που δημιουργείται από την πρώτη εφαρμογή (όπως πχ. η ποιότητα τόπου, η ηλικία κ.ά.) μπορεί να αξιοποιηθεί και σε μελλοντικές απογραφές χωρίς πρόσθετες μετρήσεις.

Στο σημείο αυτό, ιδιαίτερη είναι η σημασία των προτύπων που δίνουν απευθείας την τρέχουσα προσαύξηση όγκου των κορμών (βλ. εξ. 7, στον πίνακα IV), καθώς και των συσταδικών προτύπων που δίνουν την προσαύξηση όγκου συνολικά των ΔΕ/ συστάδων (εξ. 8,9 και 10), χωρίς την εφαρμογή της διαδικασίας των ταριφών που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Αναφορικά με τις εξισώσεις του Υπουργείου, οι μεγάλες αποκλίσεις που προέκυψαν από την εφαρμογή τους και ιδιαίτερα η παρουσία σημαντικών συστηματικών σφαλμάτων υποδεικνύει την ανάγκη για επανεξέταση και ενδεχομένως απόσυρση των εξισώσεων αυτών, δεδομένου ότι δεν συνοδεύονται και από κάποια τεκμηρίωση.



# Estimation of the volume increment of forest stands

(The case of the beech forests in Arnaia, Greece)

Stylianos Gatzogiannis<sup>1</sup>

## Summary

In the present study a new method for estimating the current annual volume increment ( $Z_v$ ) in the forests are developed with the following characteristics: 1) It is based on an inventory of diameters ( $d$ ) of all trees in a plot and on measurements ( $h$ : height,  $zd$ : diameter increment and  $bh$ -age ( $a$ ) in a sub-sample of trees in the plot, 2) using the measurements in the sub-sample the site index ( $SI_{50}$ ) and age ( $Tk$ ) of dominant trees are estimated and individual tree-models ( $h=f(d, Tk, SI_{50})$  and  $zd=f(d, SI_{50}, SDI, d/ Dg)$ ) developed, 3) these models gave the diameter and height increment for all trees in a plot and lead, with the help of volume tables, to the estimation of tree volume today and 5 years ago, thus ensuring the calculation of the current volume increment for all trees in the plot.

This method can be applied to all forests, but the models developed relate to beech forests of Arnaia Greece. With the help of the research results new models for practical reasons have also been developed which give volume increment as a function of basal area or SDI, site quality and top height of the stands.

**Key words:** forest inventory, diameter increment, individual tree-models, high tariff method, *Fagus moesiaca*

## Βιβλιογραφία

- Γεωργόπουλος, Α., 1979. Εγχειρίδιο Δασικής Διαχειριστικής. ΑΠΘ
- Γκατζογιάννης, Σ. 1989. Η τεχνική της διαχείρισης του συμπλέγματος δασών Ελατιάς Δράμας με ιδιαίτερη αναφορά στη διαχειριστική κλάση ψυχροβίων κωνοφόρων (Ερυθρελάτη - Δασική πεύκη). Διαχειριστική μελέτη Ελατιάς 1987-1996 (σελ.101).
- Γκατζογιάννης, Σ., 1994. Μεθοδολογία απογραφής και διαχείρισης του δάσους Α. Βροντού Σερρών. Διαχειριστικό Σχέδιο δημοσίου δάσους Α. Βροντού Σερρών (1994-2003).
- Γκατζογιάννης, Σ., 1995. Αποτελέσματα αναλύσεων και δασοαποδοτικά πρότυπα του Συμπλέγματος δασών Αρναίας. Διαχειριστικό σχέδιο του συμπλέγματος δασών Αρναίας (1995 – 2004). Δασαρχείο Αρναίας - ΙΔΕ/ ΕΘΙΑΓΕ.
- Γκατζογιάννης, Σ. 2001. Σχέδιο διαχείρισης των οικοτόπων Μαύρης πεύκης Β. Γράμμου και Ειδική διαχείριση πιλοτικής περιοχής (Υπομήματα: 5γ,6α,6β,6γ και 6δ). Θεσσαλονίκη. ΙΔΕ/ ΕΘΙΑΓΕ, ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ (Αυτοτελής έκδοση, σελ. 185).
- Τμήμα Δασών Κύπρου, 2011. Διαχειριστικό Σχέδιο Δάσους Πάφου Μάρτιος 2011. Μάρτιος 2011. ΙΔΕ/ ΕΘΙΑΓΕ - Τμήμα Δασών, Λευκωσία. Σελ. 397.
- Γκατζογιάννης, Σ., 2020. Δέσμες καμπυλών ύψους ως εργαλείο εκτίμησης του ξυλαποθέματος των δασοσυστάδων (Η περίπτωση της οξιάς Αρναίας Χαλκιδικής). Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά VI, Τόμος 29, Τεύχος 1/2020.
- Δασαρχείο Ταξιάρχη, 2012. Διαχειριστικό σχέδιο Πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη Χαλκιδικής 2012 - 2021. Ταμείο Δασών, Α.Π.Θ.
- Μάτης, Κ., 1989. Δασική βιομετρία, Τόμος II: Δενδρομετρία. ΑΠΘ, σελ. 451.
- Παπαδόπουλος, Σ., Γκατζογιάννης, Σ., Νούσκα Πασχαλίνα, Νίτσας Λ., Στεφανίδης, Δ., Χρυσάφη Ειρήνη, Παλάσκας, Δ., 2011. Σχέδιο διαχείρισης δημοσίου δάσους Παλαιοκάστρου. Δασαρχείο Πολυγύρου - Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών. Αυτοτελής έκδοση.
- Υπουργείο Γεωργίας, 1991. Ανάλυση τιμών και τιμο-

1. Doctor of forestry, Forest management and economics  
www.gatzogiannis.blogspot.com



- λόγιο εργασιών εκπόνησης δασοπονικών μελετών διαχείρισης δασών. Εγκύκλιος 74579/3022/11-7-1991.
- Bravo, F., Alvarez-Gonzalez, J. G., M. del Rio, Barrio, M., Bonet, J.A., Bravo-Oviedo, A., Calama, R., Castedo-Dorado, F., Crecente-Campo, F., Condes, S., Dieguez-Aranda, U., Gonzalez-Martinez, S. C., Lizarralde, I., Nanos, N., Madrigal, A., Martinez-Millan, F.J., Montero, G., Ordoñez, C., Palahi, M., Pique, M., Rodriguez, F., Rodriguez-Soalleiro, R., Rojo, A., Ruiz-Peinado, R., Sanchez-Gonzalez, M., Trasobares and A., Vazquez-Pique, J., 2011. Growth and yield models in Spain: historical overview, contemporary examples and perspectives. *Forest Systems* 20(2), 315-328 (INIA).
- Gatzojannis, S., 1998. Ertragstafeln für Buchenbestände in Griechenland. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 12:219-224. (Πίνακες παραγωγής συστάδων οξιάς Αρναίας).
- Hasenauer, H., 1994. Ein Einzelbaumwachstumsimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern und Buchen- Fichtenmischbestände. Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung, Wien.
- Kahn, M. and H. Pretzsch (1998): Konzeption und Konstruktion von Wuchs- und Prognosemodellen für Mischbestände in Bayern. Konzeption und Konstruktion des Wuchsmodells *Silva* 2.2. Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, München.
- Kramer, H. & A. Akça 1982. Leidfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. J.D.Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Kindermann, G. and H. Hasenauer (2005): Zusammenstellung der Oberhöhenfunktionen für die wichtigsten Baumarten in Österreich. *Austrian Journal of Forest Science* 122, 163–184.
- Leibundgut, H., 1966. Die Wladpflege. Verlag Paul Aaupt Bern (s. 194).
- Murphy and Sheldon, 1966. An individual-tree basal area growth model for loblolly pine stands. *Can. J. For. Res.* 26:327-331.
- Nagel, J. 2009. Waldwachstumssimulation mit dem Java Software Paket TreeGross. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen.
- Pretzsch, H., 1992. Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. *FFB München/Freising* 115. S. 350.
- Pretzsch, H., Biber, P. and J. Dursky (2002): The single tree-based stand simulator SILVA – construction, application and evaluation. *Forest Ecology and Management* 162, 3–21.
- Prodan, M., 1965. *Holzmesslehre*. J.D.Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Quicke, H.E., Mehdal, R.S., Kush, J.S., 1994. Basal area growth of individual trees Q a model derived from a regional longleaf pine growth study. *For. Sci.* 40(3), 528-542.
- Schröder, J., Soalleiro, R., Alonso, V., 2002. An age-independent basal area increment model for maritime pine trees in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 157, n. 1-3, p. 55-64.
- Speidel, G., 1972. Planung im Forestbetrieb. Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Verlag Paul Parey - Hamburg und Berlin.
- Van Laar, A. and Akça, A., 2007. *Forest Mensuration*, Springer Verlag.
- Zhang, C., Petras, R., Zhao, X., and Gadow, K., 2009. Estimating Beech Growth and Survival A study based on long term experiments in Slovakia (With 3 Figures and 5 Tables). *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 181. Jg., 3/4.

## Έλεγχος χρωστικών ιδιοτήτων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού *Alnus glutinosa* κατά τη βαφή βαμβακερών και μάλλινων υφασμάτων

Τσούκα Νίκη<sup>1</sup>, Νικολαΐδης Νικόλαος<sup>2</sup>, Λάζαρη Διαμάντω<sup>3</sup>, Δημητριάδης Κυριάκος<sup>3</sup>, Θεοδωρόπουλος Κωνσταντίνος<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα ερευνητική εργασία πραγματοποιείται τον έλεγχο των χρωστικών ιδιοτήτων που προσδίδει το υδατικό εκχύλισμα από το φυτό *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (σκλήθρο), κατά τη βαφή δειγμάτων βαμβακερού και μάλλινου υφάσματος. Αρχικά, κατά την πειραματική διαδικασία, το φυτικό υλικό του συγκεκριμένου είδους, υπέστη εκχύλιση και ακολούθησε βαφή βαμβακερού και μάλλινου δείγματος. Στόχος του πειράματος ήταν να διερευνηθεί αν η χρήση υδατικού εκχυλίσματος των νεαρών φύλλων του φυτού έδινε χρωστικές ιδιότητες στα κλωστοϋφαντουργικά υποστρώματα που επιλέχθηκαν και κατά πόσο το χρώμα είχε αντοχή σε διάφορες δοκιμές. Έγινε μέτρηση των ολικών φαινολικών και της αντιοξειδωτικής δράσης του υδατικού εκχυλίσματος. Μετά τη βαφή, ακολούθησαν μετρήσεις της αντοχής του χρώματος σε διάφορες δοκιμές με βάση συγκεκριμένα πρότυπα του ISO-105. Πρώτα έγιναν μετρήσεις του προσροφημένου χρώματος των δειγμάτων. Ακολούθησαν μετρήσεις της αντοχής του χρώματος στην ξηρή και στην υγρή τριβή, στο πλύσιμο, στον όξινο και στον αλκαλικό ιδρώτα, στην ηλιακή ακτινοβολία και κατόπιν έγινε μέτρηση του δείκτη προστασίας από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία (UPF) που παρέχουν τα βαμμένα δείγματα διά της παρεμπόδισης διαπερατότητας της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος, έγιναν συγκρίσεις των μετρήσεων και παρατέθηκαν τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας. Σκοπός του πειράματος ήταν να διερευνηθεί εάν και σε πιο βαθμό χρήση των φυτικών ιστών στη βαφή υφασμάτων, μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων, συμβάλλοντας έτσι στην αειφορική ανάπτυξη και στην προστασία εν γένει του φυσικού περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα φυτά μπορεί να θεωρηθούν ως ένα βαθμό ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι.

**Λέξεις κλειδιά:** *Alnus glutinosa*, βαμβακερό ύφασμα, μάλλινο ύφασμα, UPF, πλύσιμο, υγρή τριβή, ξηρή τριβή, όξινος ιδρώτας, αλκαλικός ιδρώτας, ηλιακή ακτινοβολία, ολικά φαινολικά

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε χρώματα από τα προϊστορικά χρόνια είτε για να εκφραστεί είτε για να διακοσμήσει διάφορα αντικείμενα. Η χρήση των χρωμάτων επηρέαζε τη διάθεση και τις δραστηριότητές του. Αρχικά οι διάφορες χρωστικές ουσίες ήταν φυσικής προέλευσης όπως φυτά, έντομα και ορυκτά. Αργότερα, με την ανάπτυξη της οργανικής χημείας, αντικαταστάθηκαν οι φυσικές χρωστικές με συνθετικές οι οποίες ήταν αρκετά πιο οικονομικές και είχαν καλύτερη απόδοση. Με την πάροδο του χρόνου και την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών για την προστασία του περιβάλλοντος και των αρνητικών επιπτώσεων των χημικών βαφών τόσο στην υγεία του

άνθρώπου όσο και στη βιώσιμη ανάπτυξη, υπάρχει η τάση για επαναχρησιμοποίηση των φυτικών χρωστικών τόσο για τη βαφή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων όσο και τη διατροφή και την κοσμητολογία. Σε αυτή τη βάση έγινε έρευνα των χρωστικών και άλλων ιδιοτήτων που προσδίδει το *A. glutinosa* (σκλήθρο) σε βαμβακερά και μάλλινα δείγματα υφασμάτων. Πρόκειται για είδος το οποίο είναι γνωστό από την εποχή του Ομήρου (Οδύσσεια Ε, 64,239) όπου αναφέρεται με το όνομα Κλήθρη. Ο Θεόφραστος το ονομάζει κλήθραν και το κατατάσσει μεταξύ των αμφίβιων δέντρων «...τα μεν αν εύροι κοινά και ώσπερ αμφίβια καθάπερ μυρικήν ιτέαν κλήθραν» (Φυτών Ιστορία 1,4,3) (Καββάδας 1956).

<sup>1</sup>Εργαστήριο Δασικής Βοτανικής-Γεωβοτανικής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, 54124 Θεσσαλονίκη, e-mail: nikits31@gmail.com, ktheodor@for.auth.gr

<sup>2</sup>Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Πολυμερών και Χρωμάτων, Τμήμα Χημείας, ΑΠΘ, 54124 Θεσσαλονίκη, e-mail: nfnikola@chem.auth.gr

<sup>3</sup>Εργαστήριο Φαρμακογνωσίας, Τμήμα Φαρμακευτικής, ΑΠΘ, 54124 Θεσσαλονίκη, e-mail: dlazari@pharm.auth.gr

**Περιγραφή:** Δέντρο φυλλοβόλο, ευθυτενές, με ύψος που φτάνει τα 30 m και κόμη ωοειδή έως κωνική. Ο φλοιός έχει χρώμα καστανό με επιμήκεις ρωγμές. Τα νεαρά κλαδιά είναι λεία και κολλώδη, όπως και οι οφθαλμοί με μήκος 1 cm και χρώμα καστανοώδες (Καββάδας 1956, Κοράκης 2015). **Φύλλα** με μίσχο, κολλώδη, μήκους 4-13 cm, αντρωοειδή έως σχεδόν κυκλικά ή πλατιά ελλειψοειδή με κορυφή κοίλη, αμβλεία ή στρογγυλεμένη. Η βάση τους είναι πλατιά σφηνοειδής και οι παρυφές τους διπλά πριονωτές. Η πάνω επιφάνεια είναι γυαλιστερή με χρώμα σκούρο πράσινο και η κάτω με ανοιχτό πράσινο και τούφες από τρίχες στις γωνίες των νεύρων. Έχουν 5-8 ζεύγη πλευρικών νεύρων. Ο μίσχος έχει μήκος 1-3 cm και μπορεί να είναι λείος ή ελαφρά τριχωτός. Τα νεαρά φύλλα είναι κολλώδη (Tutin et al. 1993, Κοράκης 2015). **Άνθη** σε ταξιανθίες ίουλους. Τα αρσενικά σε επιμήκεις, κυλινδρικούς ίουλους, οι οποίοι εμφανίζονται στην άκρη των κλαδιών από το προηγούμενο καλοκαίρι. Τα θηλυκά ωοειδείς ή κωνικοί μικροί ίουλοι. Η άνθηση διαρκεί από Φεβρουάριο – Απρίλιο. **Καρπός** κάρσο, σχεδόν πεντάγωνος με τραχύ πτερύγιο, σε ωοειδείς ταξικαρπίες μήκους 1-2,5 cm που ωριμάζουν τον Οκτώβριο. Στην αρχή οι ταξικαρπίες είναι κολλώδεις και πράσινες, ενώ κατά την ωρίμανση έχουν καφέ χρώμα και γίνονται ξυλώδεις (Καββάδας 1956, Κοράκης 2015).

**Γεωγραφική εξάπλωση:** Είδος Ευρο-σιβηρικό που εξαπλώνεται στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης φτάνοντας έως τη Μικρά Ασία και τη Βορειοδυτική Αφρική. Συνηθισμένο είδος στη Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα, καθώς και σε κάποια νησιά όπως Σαμοθράκη, Ικαρία, Νάξος και Εύβοια. Απαντάται από το επίπεδο της θάλασσας έως το υψόμετρο των 1.500 m. Βρίσκεται συνήθως στην άκρες λιμνών, ρυακιών, ποταμών και ρεμάτων. Απαντάται μέσα σε δάση πλατάνου αλλά δημιουργεί και δικά του αμιγή δάση (Κοράκης 2015).

**Χρωστικές χρήσεις:** Από το φλοιό λαμβάνεται βαθυκόκκινη χρωστική, από το φρέσκο πράσινο ξύλο παράγεται ροζ βαφή, ενώ από το φλοιό και τους νεαρούς βλαστούς κίτρινη χρωστική. Όταν η συλλογή των βλαστών γίνει το Μάρτιο μπορεί να ληφθεί χρωστική στο χρώμα της κανέλλας (Plants For A Future (pfaf) 1992).

**Βρώσιμες χρήσεις:** Δεν έχουν αναφερθεί βρώσιμες χρήσεις.

**Φαρμακευτικές χρήσεις:** Ο φλοιός είναι καρθαρτικός, στυπτικός, ερεθιστικός και τονωτικός. Ο φρέσκος φλοιός προκαλεί εμετό, αλλά αποξηραμέ-

νος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φαρμακευτικούς σκοπούς. Αφέψημα φλοιού χρησιμοποιείται κατά των φλεγμονών του στόματος και του λαιμού και εξωτερικά ως αιμοστατικό σε περίπτωση αιμορραγίας. Το υγρό το οποίο παράγεται από το φλοιό που έχει βράσει σε ξύδι, είναι χρήσιμο για την καταπολέμηση των ψειρών και τη θεραπεία της ψώρας. Τα φύλλα είναι επίσης στυπτικά και γαλακτογόνα, χρησιμοποιούνται για να μειώσουν τη θρόμβωση του μαστού στις θηλάζουσες μητέρες. Ως λαϊκό φάρμακο χρησιμοποιείται το αφέψημα από τα φύλλα, για τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού, του ισιοφάγου, του προσώπου, του δωδεκαδακτύλου, της γλώσσας και της μήτρας (Plants For A Future (pfaf) 1992).

**Άλλες χρήσεις:** Είναι φυτό πολύ παραγωγικό και χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομάζας και ξυλάνθρακα. Ο φλοιός έχει χρησιμοποιηθεί κονιοτοποιημένος ως συστατικό οδοντόπαστας, ενώ κομμένος σε λεπτά τεμάχια ως οδοντογλυφίδες. Το ξύλο είναι πολύ ανθεκτικό στο νερό, ελαφρύ, κατεργάζεται εύκολα, χρησιμοποιείται είτε για κατασκευές που απαιτούν αντοχή στο νερό όπως φράγματα και υποστυλώματα κτηρίων που βρίσκονται μέσα σε νερό είτε στην επιπλοποιία και την ξυλογλυπτική. Είναι γνωστό εδώ και αιώνες το παράδειγμα της Βενετίας που ουσιαστικά στηρίζεται πάνω σε *Alnus*. Τα νεαρά φύλλα, λόγω της κολλώδους ουσίας, έχουν χρησιμοποιηθεί στην απομάκρυνση ψύλλων από τα δωμάτια (κολλούν στην επιφάνειά τους). Τα σπέρματα όταν ωριμάζουν είναι καλή πηγή τροφής για διάφορα πουλιά. Είναι τροφή για προνύμφες αρκετών λεπιδοπτέρων (90 είδη συνδέονται με το σκλήθρο) (Plants For A Future (pfaf) 1992). Επιπρόσθετα, είναι από τα λίγα δέντρα που δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο (αζωτοδεσμευτικό) και χρησιμοποιείται ως καλλωπιστικό με αρκετές ποικιλίες (όχι τόσο στην Ελλάδα όσο στην Ευρώπη).

**Κατάσταση διατήρησης:** Οι περιοχές με *A. glutinosa*, όπως και όλα τα παρόχθια δάση, είναι υπό προστασία λόγω της απειλής τους από ανθρώπινες δραστηριότητες. Χαρακτηρίζονται ως οικοτόπος προτεραιότητας και προστατεύονται με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 92/43, κωδικός οικοτόπου 91E0 «Αλλουβιακά δάση με *A. glutinosa* και *F. excelsior*» (Κοράκης 2015).

**Χημική σύσταση:** Σε ανάλυση φύλλων του *A. glutinosa*, βρέθηκε ότι από τα οργανικά οξέα, που περιέχουν, το οξαλικό ανιχνεύτηκε σε μεγαλύτερη ποσότητα (1.403,9 mg/kg), ακολουθούσε το κιτρικό οξύ (620,9 mg/kg), το μανολικό (267,9 mg/kg), το

μαλικό (266,8 mg/kg) και σε μικρότερες ποσότητες το υδροξυκινναμικό οξύ (157,0 mg/kg), το α-υδροξυφαινολικό (104,9 mg/kg), το φουμαρικό και άλλα οξέα (Fedchenkova & Khvorost 2014). Σε ανάλυση φύλλων και ανθέων του *A. glutinosa*, παρατηρήθηκε ότι και τα δύο περιέχουν λουτεολίνη και ισοκερκιτρίνη (Fedchenkova 2015). Σε μελέτη για την ύπαρξη βιοενεργών συστατικών στο φυτό *A. glutinosa*, βρέθηκε ότι υπάρχουν γλουτινικό οξύ, χιρσουτανονόλη, ορεγκονίνη, γκενκβανίνη και ροδοδεντρίνη (Sati et al. 2011). Σε ανάλυση φλοιού και καρπών του *A. glutinosa*, βρέθηκε ότι περιέχουν μεταξύ άλλων δι-αρυλεπτανοειδή, πολυφαινόλες (γαλλοταννίνες, ελλαγιταννίνες), φλαβονοειδή (φλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβονόνες), τριτερπένια, στεροειδή, φαινολικές ενώσεις, ορεγκονίνη και χιρσουτενόνη (Ren et al. 2017).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Υλικά

#### Υφάσματα:

Το βαμβακερό ύφασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 100% πλεκτό λευκό ύφασμα του εμπορίου, ειδικού βάρους 1,85gr/100cm<sup>2</sup> (185gr/m<sup>2</sup>), No 20 Αγγλικό, με διαστάσεις του δείγματος 20X28 cm, βάρους 10 gr. Αφαιρέθηκε η ούγια για να γίνει η λήψη του δείγματος.

Το μάλλινο ύφασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 100% υφαντό ύφασμα του εμπορίου με φυσικό εκρού χρώμα, ειδικού βάρους 1,55 gr/100cm<sup>2</sup> (155 gr/m<sup>2</sup>), με διαστάσεις δείγματος 20X32 cm, βάρους 10 gr. Αφαιρέθηκε η ούγια για να γίνει η λήψη του δείγματος.

#### Χημικά αντιδραστήρια:

Υδατικό διάλυμα **Στυπτηρίας** (Alum) KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>\*12H<sub>2</sub>O (Fluka GmbH Switzerland).

**Αντιδραστήριο φαινόλης** (Folin-Ciocalteu) (Merck Darmstadt, Germany).

Ελεύθερη ρίζα **2,2-διαινολο-1-πικριλνυδραζόλιο** (DPPH) (Merck Darmstadt, Germany).

**Ανιονικό απορρυπαντικό**, χωρίς οπτικό υπερλευκαντικό (Standard Soap Without Optical Brightening Agent, ISO 105:C06 B2S, SDL International Ltd., England).

**Υδροξείδιο του Νατρίου** NaOH (Riedel de Haen, Seelze, Germany).

**Ιστιδίνη** (L-Histidine monohydrochloride monohydrate C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>ClN<sub>3</sub>O<sub>2</sub>\*H<sub>2</sub>O, VWR International Ltd., England).

**Sodium dihydrogen orthophosphate dihydrate** (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O, VWR International Ltd., England).

**Di-sodium hydrogen orthophosphate dihydrate** (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O, VWR International Ltd., England).

**Απιονισμένο νερό** του εμπορίου χρησιμοποιήθηκε για το πλύσιμο και την εκχύλιση των φυτικών τμημάτων, καθώς και για το πλύσιμο, την πρόστυψη και τη βαφή των δειγμάτων του υφάσματος.

**Απεσταγμένο νερό** παραγόμενο από τη μηχανή απόσταξης.

**Σκληρό νερό βρύσης** χρησιμοποιήθηκε για το ξέπλυμα των δειγμάτων μετά τη βαφή.

#### Μάρτυρες:

**Πολύτινος μάρτυρας** (Multifiber Adjacent Fabric, Type “DW”, Warp Stripe Alternative to Reference “DW”, ISO 105-F10, SDL International LTD Shirley Developments LTD England).

**Μπλε μάλλινο μάρτυρας** (Blue Wool Reference Standards No.1-No.8, Conforming to Requirements of BS EN ISO 105 B08, For use in BS EN ISO 105 B-Series and BS 1006 UK-TN, SDC Enterprises Limited, Bradford).

**Πρότυπος λευκός βαμβακερός μάρτυρας** διαστάσεων 5X5 cm (SDCE Cotton Lawn, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προτύπου ISO 105-F09).

**Κλίμακες Γκρι** (Grey scale for Assessing Change in Colour: ISO 105-A02:1993, BS EN 20105-A02:1995, BS 1006-A02:1990, SDC Standard Methods, 5<sup>th</sup> Edition A02. Grey scale for Assessing Staining: ISO 105-A03:1993, BS EN 20105-A03:1995, BS1006-A03:1990, SDC Standard Methods, 5<sup>th</sup> Edition A03).

**Κωδικοί Pantone Textile Color Specifier PAPER** Edition, 15-4305 TC.

#### Μέθοδοι:

Η συλλογή του φυτικού υλικού έγινε από την περιοχή Αγία Παρασκευή του Νομού Κιλκίς (395 m). Το φυτό βρισκόταν στην αρχή του ετήσιου βλαστικού κύκλου του και τα νεαρά φύλλα ήταν κολλώδη. Έγινε συλλογή μόνο των ακραίων νεαρών βλαστών με το φύλλωμά τους. Ακολούθησε πλύσιμο με απιονισμένο νερό και στέγνωμα σε σκιερό περιβάλλον. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην εκχύλιση ήταν τα νεαρά φύλλα. Το προσδιορισθέν φυτικό δείγμα αποξηράνθηκε, απολυμάνθηκε και κατατέθηκε στο Ερμπάριο (TAUF) του Εργαστηρίου Δασικής Βοτανικής-Γεωβοτανικής του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.



Τα εργαστηριακά πειράματα και όλες οι δοκιμές που απαιτήθηκαν, έγιναν στα πλαίσια διδακτορικής διατριβής και πραγματοποιήθηκαν στα Εργαστήρια Κλωστοϋφαντουργίας και Χημείας του Τμήματος Δημιουργικού Σχεδιασμού και Ένδυσης με έδρα το Κιλκίς, του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδας.

Οι δοκιμές αντοχής του χρώματος στην ηλιακή ακτινοβολία έγιναν στο Εργαστήριο Χημείας, Τεχνολογίας Πολυμερών και Χρωμάτων του Τμήματος Χημείας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις για τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στα φυτικά εκχυλίσματα και της αντιοξειδωτικής δράσης τους έναντι των ελευθέρων ριζών, έγιναν στα εργαστήρια του Τομέα Φαρμακογνωσίας-Φαρμακολογίας του Τμήματος Φαρμακευτικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η **Εκχύλιση** του φυτικού ιστού (νεαρά φύλλα), έγινε σε θερμό υδατόλουτρο (Thermostatic bath). Μέσα σε γυάλινες, πυρίμαχες, κωνικές φιάλες τοποθετήθηκε το προς εκχύλιση φυτικό υλικό με απιονισμένο νερό. Παρέμειναν οι φιάλες στο θερμό υδατόλουτρο για μία (1) ώρα στους 95°C και κατόπιν αφαιρέθηκαν. Παρέμεινε το υλικό μέσα στις κωνικές φιάλες για εβδομήντα (70) ώρες και κατόπιν έγινε η στράγγιση. Ακολούθησε η μέτρηση του pH σε θερμοκρασία 25°C με το ηλεκτρονικό πεχάμετρο του εργαστηρίου. Τα εκχυλίσματα αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο στους 5°C μέσα σε γυάλινα αποστειρωμένα βάζα, μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τη βαφή.

Η **Ηλεκτρονική μέτρηση του pH** έγινε με το Microprocessor pHMeter, 535 multical CWTW.

Ο προσδιορισμός των **ολικών φαινολικών** του υδατικού εκχυλίσματος των φύλλων του *A. glutinosa* έγινε με τη μέθοδο του αντιδραστήριου φαινόλης Folin και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο ισοδυναμίας γαλλικού οξέος (mg GAE/l) (Singleton et al. 1999). Για το κάθε δείγμα έγιναν τρεις μετρήσεις ολικών φαινολικών και υπολογίστηκε ο Μέσος Όρος και η απόκλιση η οποία δεν ξεπερνά το 10%.

Η μέτρηση του **αντιοξειδωτικού δυναμικού** (αντιοξειδωτικής δράσης) του υδατικού εκχυλίσματος των φύλλων του *A. glutinosa* έγινε με την αλληλεπίδρασή του με την ουσία 2,2-διαινολο-1-πικριλυδραζύλιο (DPPH) (Kedare & Singh 2011). Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως ποσοστό της ικανότητας δέσμευσης των ελευθέρων ριζών (% Radical Scavenging Capacity) (%RSC) (Chaires Martinez et

al. 2013).

Η ουσία DPPH είναι μια σταθερή ελεύθερη ρίζα αζώτου με χρώμα πορφυρό. Η τεχνική της αλληλεπίδρασης του δείγματος που υπόκειται σε έλεγχο με DPPH, βασίζεται στην εξουδετέρωση της ελεύθερης ρίζας από μόρια που έχουν αντιοξειδωτική δράση και εξασθένηση του πορφυρού χρώματος. Το δείγμα αναμιγνύεται με το DPPH σε μορφή διαλύματος και γίνεται μέτρηση της απορρόφησης στα 517 nm σε σχέση με αντίστοιχο δείγμα χωρίς DPPH, σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Για κάθε δείγμα έγιναν τρεις μετρήσεις με διάρκεια 20 min η κάθε μία και υπολογίστηκε ο Μέσος Όρος και η απόκλιση η οποία δεν ξεπερνά το 10%. Στη συνέχεια έγιναν τρεις μετρήσεις με διάρκεια 60 min η κάθε μία και υπολογίστηκε ο Μέσος Όρος και η απόκλιση η οποία δεν ξεπερνά το 10%.

Το **Πλύσιμο** των υφασμάτων πριν τη βαφή, έγινε για να αφαιρεθούν τυχόν σκόνες, κόλλες ή κηροί που βρίσκονται σε αυτό. Για το πλύσιμο του κάθε δείγματος βαμβακερού και μάλλινου υφάσματος χρησιμοποιήθηκε απιονισμένο νερό και πρότυπο σαπούνι (Ανιονικό απορρυπαντικό). Το πλύσιμο έγινε στους 50-60°C για 15 min και στη συνέχεια έγινε ξέπλυμα με απιονισμένο νερό και στέγνωμα σε σκιερό περιβάλλον.

Η **Πρόστυψη** είναι απαραίτητη για τη βαφή με φυτικές χρωστικές και ως προστύμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδατοδιαλυτά άλατα μετάλλων. Το μέταλλο είναι τουλάχιστον δισθενές και σχηματίζει σύμπλοκα με τη χρωμοφόρο ομάδα της χρωστικής. Η χημική σύνδεση του προστύμματος με τη χρωστική γίνεται με έναν ομοιοπολικό και με έναν ημιπολικό δεσμό και σχηματίζεται μια χηλική ένωση αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη σταθερότητα του χρώματος στην ίνα. Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ως πρόστυμμα διάλυμα κονιοροποιημένης Στυπτηρίας  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  (Alum) σε απιονισμένο νερό.

Η **Βαφή** έγινε σε ανοιχτού τύπου βαφική συσκευή 16 θέσεων για λουτρά 150 ml έως 250 ml. Ως λουτρό βαφής χρησιμοποιήθηκε το υδατικό εκχύλισμα των νεαρών φύλλων του σκλήθρου. Για κάθε δείγμα βαμβακερού ή μάλλινο υφάσματος χρησιμοποιήθηκαν 200 ml υδατικού εκχυλίσματος, το οποίο τοποθετήθηκε στις ειδικές μεταλλικές φύσιγγες της βαφικής συσκευής. Τοποθετήθηκαν τα δείγματα και τα εκχυλίσματα στη βαφική συσκευή και έγινε άνοδος της θερμοκρασίας από τους 20°C με σταθερό ρυθμό 2°/min έως τους 95°C. Παρέμεινε η βαφή σε αυτήν τη θερμοκρασία για 30 min και ακολούθησε πλύσιμο

του υφάσματος με σκληρό νερό βρύσης. Το στέγνωμα έγινε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε εσωτερικό χώρο ώστε να μην υπάρχει επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

### Χρωστικές Ιδιότητες και χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν

Η Μέτρηση του χρώματος έγινε σε φασματοφωτόμετρο ανάκλασης MICROFLASH datacolor international και τα αποτελέσματα αναφέρονται στο χρωματικό μοντέλο CIELab όπου σε ένα τρισσορθογώνιο σύστημα με άξονες, το κάθε χρώμα περιγράφεται από τρεις χρωματικές συντεταγμένες ή χρωματικούς παράγοντες που ονομάζονται  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .

Ο παράγοντας  $L^*$  (**Lightness**) αποθηκεύει την πληροφορία της φωτεινότητας και το εύρος τιμών του κυμαίνεται από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό).

Οι παράγοντες  $a^*$  και  $b^*$  αποθηκεύουν την πληροφορία της απόχρωσης του χρώματος.

Θετικές τιμές του  $a^*$  αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου.

Αρνητικές τιμές του  $a^*$  αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου.

Θετικές τιμές του  $b^*$  αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου.

Αρνητικές τιμές του  $b^*$  αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε.

Η εξίσωση των **Kubelka–Munk** δίνει τη σχέση της εκατοστιαίας ανάκλασης με τη συγκέντρωση  $C$ , του χρώματος στο υπόστρωμα

$$K/S = A \cdot C = (1-R)^2/2R$$

Όπου  $K$ =απορρόφηση (%), εξαρτάται από την ποσότητα του χρώματος.

$S$ =σκέδαση (%), εξαρτώμενη μόνο από το υπόστρωμα.

$A$ =σταθερά, εξαρτώμενη από το χρώμα, το μήκος κύματος και το υπόστρωμα.

$C$ =συγκέντρωση του χρώματος.

$R$ =% ανάκλαση (Reflectance) του αντικειμένου.

Το ανθρώπινο μάτι καθορίζει το χρώμα με βάση τρεις ιδιότητές του: τη χροιά  $h$  (Hue) που περιγράφει γενικά το χρώμα π.χ. κόκκινο, μπλε κλπ, τη φωτεινότητα  $L$  (Lightness), που χαρακτηρίζει ένα χρώμα φωτεινό ή σκοτεινό και τον κορεσμό  $C$  (Chroma) που δίνει την ένταση, την καθαρότητα και τη δύναμή του (Ελευθεριάδης κ.α. 2015).

Η Υποβολή των βαμμένων δειγμάτων σε δοκιμές και η μέτρηση των αντοχών τους, έγινε σύμφωνα με το πρότυπο **ISO 105: 1996** (αντικατέστησε το BS 1006:1990) και τις μετέπειτα τροποποιήσεις του.

Η Αντοχή του χρώματος στην Ξηρή Τριβή έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-X12:2016 (Textiles- Tests for colour fastness – Part X12: Colour fastness to rubbing), με την συσκευή Atlas Crockmeter, SDL International Ltd. Χρησιμοποιήθηκε πρότυπος λευκός βαμβακερός μάρτυρας, ο οποίος συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές που δίνονται στο ISO 105-F09. Η βαθμολόγηση του λεκιάσματος του πρότυπου μάρτυρα έγινε σε θάλαμο παρατήρησης VeriVide Leslie Huble Ltd., με πρότυπο φωτισμό D65. Η βαθμολόγηση του «λεκιάσματος» του πρότυπου μάρτυρα έγινε σύμφωνα με την πρότυπη κλίμακα Λευκού–Γκρι (Grey Scale for Assessing Straining ISO 105-A03:1993).

Αντοχή του χρώματος στην Υγρή Τριβή. Για τον έλεγχο της αντοχής στην υγρή τριβή, ο πρότυπος βαμβακερός μάρτυρας ιδίων προδιαγραφών με την ξηρή τριβή, εμποτίζεται με απιονισμένο νερό ώστε να διπλασιαστεί σε βάρος. Στην συνέχεια ακολουθείται η ίδια διαδικασία με την ξηρή τριβή.

Η Αντοχή του χρώματος στο Πλύσιμο πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο ISO 105-C06:2010, A1, B1 (Colour fastness to domestic and commercial laundering), στους 40°C, σε συσκευή κλειστού τύπου 8 θέσεων (8 POT Rotawash Machine, SDL International Ltd). Χρησιμοποιήθηκε πρότυπο σαπούνι για το σαπνοδιάλυμα (Standard Soap Colour fastness to washing), κατάλληλο για το πρότυπο ISO 105: 1989, χωρίς οπτικό λαμπρυντικό (Without Optical Brightener WOB). Χρησιμοποιήθηκε πολύνος μάρτυρας, δηλαδή ειδικό υφαντό ύφασμα πολλαπλών ινών σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-F10:1989, ο οποίος αποτελείται από ίσου πάχους έξι ενωμένες λωρίδες με την παρακάτω σειρά: Διασετά (Spun Diacetate), Βαμβάκι (Bleached Cotton), Πολυαμίδιο (Spun Polyamide (Nylon 6.6)), Πολυεστέρα (Spun Polyester (Dacron 54)), Πολυακρυλικό (Spun Polyacrylic (Orlon 75)), Μάλλινο (Worsted Wool). Η βαθμολόγηση του «λεκιάσματος» του πολύνου μάρτυρα έγινε σύμφωνα με την πρότυπη κλίμακα Λευκού–Γκρι (Grey Scale for Assessing Straining ISO 105-A03:1993). Η βαθμολόγηση της διαφοράς απόχρωσης μεταξύ πλυμένου και αρχικού δείγματος (Assessment of Change in Colour) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της πρότυπης κλίμακας του Γκρι (Grey Scale for Assessing Change in colour) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-A02:1993) σε θάλαμο παρατήρησης VeriVide Leslie Huble Ltd. με πρότυπο φωτισμό D65.

Μέτρηση του Δείκτη Προστασίας από την Υπε-



**ριώδη Ακτινοβολία - UPF.** Η τιμή UPF (Ultraviolet Protection Factor) ενός υφάσματος δείχνει τη διαπερατότητά του στην ακτινοβολία UV σε κάθε μήκος κύματος και κατ' επέκταση την προστασία που παρέχει. Το πρώτο πρότυπο που δημιουργήθηκε ήταν το 1996, το πρότυπο Αυστραλίας / Νέας Ζηλανδίας AS/NZS 4399 (Sun Protective Clothing–Evaluation and Classification) και περιγράφει τις τυποποιημένες εργαστηριακές διαδικασίες για τη μέτρηση του UPF υφασμάτων και την επισήμανσή τους. Αργότερα δημιουργήθηκε το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13758-1:2001 και EN 13758-2:2003, στο οποίο μόνο τα υφάσματα με τιμή UPF μεγαλύτερη από 40 και UVA κάτω από 5%, μπορούν να φέρουν την επισήμανση ότι παρέχουν προστασία από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Στον Πίνακα I, υπάρχει η αντιστοίχιση της τιμής UPF, με την κατηγορία προστασίας από τη UV ηλιακή ακτινοβολία και το ποσοστό απορρόφησης της από το ύφασμα.

Η **Αντοχή στον Ιδρώτα (Οξινό και Αλκαλικό)** πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ISO 105-E04:2013 (Colour Fastness to Acid and Alkali Perspiration), με τη συσκευή International model M231 Perspirometer, SDL ATLAS Textile Testing Solutions. Για τον **όξινο ιδρώτα** προετοιμάστηκε διάλυμα ιστιδίνης, χρησιμοποιώντας απεσταγμένο νερό, Ιστιδίνη (L-Histidine monohydrochloride monohydrate), NaCl, Sodium dihydrogen orthophosphate dihydrate όπως αναφέρεται το πρότυπο. Χρησιμοποιήθηκε πολύνινο μάρτυρας, δηλαδή ειδικό υφαντό ύφασμα πολλαπλών ινών σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-F10:1989, ο οποίος αποτελείται από ίσου πάχους έξι ενωμένες λωρίδες (όπως έχει αναλυθεί στην αντοχή στο πλύσιμο). Η βαθμολόγηση της χρωματικής αλλαγής του βαμμένου δείγματος, έγινε με βάση την πρότυπη κλίμακα του Γκρι (Grey Scale for Assessing Change in colour) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-A02:1993 σε θάλαμο παρατήρησης Veri Vide Leslie Huble Ltd. με πρότυπο φωτισμό D65, ενώ η βαθμολόγηση του «λε-

κιάσματος» του πολύνινο μάρτυρα, έγινε με βάση την πρότυπη κλίμακα του Λευκού–Γκρι (Grey Scale for Assessing Straining ISO 105-A03:1993). Για τον **αλκαλικό ιδρώτα**, προετοιμάστηκε διάλυμα ιστιδίνης, χρησιμοποιώντας απεσταγμένο νερό, Ιστιδίνη (L-Histidine monohydrochloride monohydrate), NaCl, Di-sodium hydrogen orthophosphate dihydrate. Η βαθμολόγηση της χρωματικής αλλαγής του βαμμένου δείγματος καθώς και το «λέκισμα» του πολύνινο μάρτυρα έγινε όπως και στον όξινο ιδρώτα.

Η **Αντοχή στην Ηλιακή Ακτινοβολία** έγινε σε συσκευή τεχνητής γήρανσης, Q-Sun Lightfastness με λάμπα Xenon σε θερμοκρασία 60°C, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-B02 (Colour Fastness to Artificial Light: Xenon Arc Fading Lamp Test). Χρησιμοποιήθηκαν οκτώ (8) πρότυποι μπλε μάρτυρες (Blue Wool Reference Standard Conforming to Requirements) σύμφωνα με το ISO 105-B08, οι οποίοι έχουν διαφορετική αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία. Για τη βαθμολόγηση χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη κλίμακα του Γκρι (Grey Scale for Assessing Change in colour) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 105-A02:1993 σε θάλαμο παρατήρησης Veri Vide Leslie Huble Ltd., με πρότυπο φωτισμό D65 (φως ημέρας). Έγινε αντιστοίχιση της αλλαγής του χρώματος στο δείγμα, με τη χρωματική αλλαγή που υπέστη ο αντίστοιχος μπλε μάρτυρας.

Το βαμμένο δείγμα, το χρώμα του οποίου είχε εξαιρετική αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία, εκτέθηκε εκ νέου σε λάμπα Xenon στις συνθήκες μήκους κύματος και θερμοκρασίας που έχει το πρότυπο ISO 105-B02, προκειμένου να ελεγχθεί η περαιτέρω αντοχή του. Το χρονικό διάστημα της νέας καταπόνησης ήταν τρεις φορές από 72h εκάστη, συνολικά εννέα (9) εικοσιτετράωρα. Στη συνέχεια το κάθε δείγμα βαθμολογήθηκε στο θάλαμο παρατήρησης με αντιστοίχιση της αλλαγής του χρώματος του δείγματος, με τη χρωματική αλλαγή που υπέστη ο αντίστοιχος μπλε μάρτυρας.

**Πίνακας I.** Κατηγοριοποίηση UPF\*  
**Table I.** Categorization UPF\*

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ UPF	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ % ΠΟΥ ΜΠΛΟΚΑΡΕΤΑΙ
1-14	ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	<93,3
15, 20	ΜΕΤΡΙΑ-ΚΑΛΗ	93,3 - 95,9
25, 30, 35	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ	96,0 – 97,4
40, 45, 50, 50+	ΑΡΙΣΤΗ	97,5 και πάνω

\*Βαθμολόγηση τιμών UPF και Κατηγορίες προστασίας (Urbas et al. 2012)

Η Σύγκριση των χρωματικών κωδικών PANTONE με τα χρώματα των δύο βαμμένων δειγμάτων έγινε με οπτική παρατήρηση και τη χρήση του καταλόγου PANTONE Textile Color Specifier Paper Edition.

Πειραματική διαδικασία: Έγινε υδατική εκχύλιση χρησιμοποιώντας φυτικό υλικό (Εικόνα 1 & 2), σε αναλογία 30% νεαρών φύλλων σε σχέση με το αποιονισμένο νερό. Η εκχύλιση και η συντήρηση των υδατικών εκχυλισμάτων πραγματοποιήθηκε όπως έχει αναφερθεί στη μεθοδολογία. Στην συνέχεια παρέμεινε το εκχύλισμα σε ψυγείο σε θερμοκρασία 5°C μέχρι να γίνει η βαφή των βαμβακερών και μάλλινων δειγμάτων.



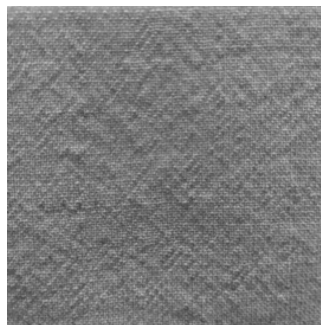
**Εικόνες 1 & 2.** Φύλλα και εκχύλισμα από *A. glutinosa*  
**Pictures 1 & 2.** Leaves and extract of *A. glutinosa*

Βαφή του βαμβακερού δείγματος: Αρχικά έγινε η πρόστυση και ακολούθησε η βαφή του βαμβακερού δείγματος σύμφωνα με τη μεθοδολογία. Το αρχικό χρώμα του υφάσματος όταν βγήκε από το λουτρό βαφής ήταν σκούρο μουσταρδί, το νερό που έφευγε κατά το ξέπλυμα είχε χρώμα σκούρο κίτρινο και τελικά το ύφασμα έμεινε ξεθωριασμένο κίτρινο. Το στέγνωμα του υφάσματος έγινε σε σκιερό εσωτερικό χώρο (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3.** Βαμβακερό δείγμα βαμμένο με *A. glutinosa*  
**Picture 3.** Cotton sample dyed with *A. glutinosa*

Βαφή του μάλλινου δείγματος: Αρχικά έγινε η πρόστυση και ακολούθησε η βαφή του μάλλινου δείγματος σύμφωνα με τη μεθοδολογία. Το αρχικό χρώμα του υφάσματος μόλις βγήκε από το λουτρό βαφής ήταν σκούρο κίτρινο, το νερό που έφευγε κατά το ξέπλυμα είχε χρώμα κίτρινο και τελικά το ύφασμα απέκτησε χρώμα σκούρο κίτρινο (Εικόνα 4).



**Εικόνα 4.** Μάλλινο δείγμα βαμμένο με *A. glutinosa*  
**Picture 4.** Woolen sample dyed with *A. glutinosa*

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως προκύπτει από τη μέτρηση του pH (Πίνακας II) πριν τη βαφή των δειγμάτων, το υδατικό εκχύλισμα ήταν όξινο, ενώ μετά τη βαφή είχε τιμές ελαφρά πιο χαμηλές. Πιο χαμηλή τιμή μετρήθηκε μετά τη βαφή του βαμβακερού δείγματος σε σχέση με το μάλλινο με μικρή διαφορά μεταξύ τους.

**Πίνακας II.** pH των Εκχυλισμάτων

**Table II.** pH of the Extracts

	Βαμβακερό Δείγμα	Μάλλινο Δείγμα
pH πριν την βαφή	5,59	5,59
pH μετά την βαφή	4,05	4,37

Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας του υδατικού εκχυλίσματος των φύλλων του *A. glutinosa* σε ολικά φαινολικά, υπολογίστηκε ο μέσος όρος από τις τρεις μετρήσεις εκφρασμένος σε mg ανά λίτρο GAE (Πίνακας III). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είχαν μέσο όρο 357,55 mg GAE/l, τιμή εξαιρετικά υψηλή η οποία αντιπροσωπεύει την υψηλή περιεκτικότητα του εκχυλίσματος σε ολικά φαινολικά. Με την υδατική εκχύλιση τα φαινολικά (τα οποία μεταξύ άλλων παρέχουν στα φυτά προστασία από την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία) μεταφέρθηκαν από τα φύλλα του *A. glutinosa* στο εκχύλισμα και στη συνέχεια μέσω της βαφής στα βαμμένα δείγματα.

**Πίνακας III.** Ολικά φαινολικά του Εκχυλίσματος  
**Table III.** Total phenolics of the Extract

Ολικά Φαινολικά υδατικού εκχυλίσματος (mg GAE/l)	357,55
--	--------

Μετά την αλληλεπίδραση του υδατικού εκχυλίσματος του *A. glutinosa* με την ουσία DPPH για δύο διαφορετικά χρονικά διαστήματα (20min και 60min), παρατηρήθηκε υψηλή αντιοξειδωτική δράση (Πίνακας IV). Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων (% RSC) στα 20min, ήταν 88,47 (τιμή αρκετά υψηλή) και με την πάροδο του χρόνου, στα 60min μειώθηκε ελαφρά η τιμή του μέσου όρου σε 87,72. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν την υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα του υδατικού εκχυλίσματος του *A. glutinosa*, η οποία μειώνεται ελαφρά με την πάροδο του χρόνου.

**Πίνακας IV.** Αντιοξειδωτική δράση του Εκχυλίσματος  
**Table IV.** Antioxidant action of the Extract

Αντιοξειδωτική δράση στα 20min (%RSC)	88,47
Αντιοξειδωτική δράση στα 60min (%RSC)	87,72

Όσον αφορά τη μέτρηση χρώματος και με βάση τα στοιχεία του Πίνακα V έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Η τιμή K/S είναι αρκετά υψηλή στο βαμβακερό δείγμα και αποτυπώνει την πολύ καλή προσρόφηση χρώματος από το βαμβακερό ύφασμα. Η απορρόφηση του χρώματος από το μάλλινο ύφασμα είναι εξαιρετική καθώς η τιμή K/S φτάνει τις τιμές συνθετικών χρωμάτων. Ο χρωματικός παράγοντας b αντιπρο-

σωπεί το κίτρινο χρώμα. Η μέτρηση του χρώματος στο βαμβακερό ύφασμα, δηλαδή η πολύ υψηλή θετική τιμή του χρωματικού παράγοντα b, συμφωνεί με το κίτρινο χρώμα του οπτικού αποτελέσματος στο δείγμα. Ο χρωματικός παράγοντας a αντιπροσωπεί το κόκκινο χρώμα και η θετική τιμή του δίνει την πληροφορία ότι υπάρχουν και κόκκινες χρωστικές στο βαμβακερό δείγμα. Η οπτική παρατήρηση και το κίτρινο χρώμα στο μάλλινο δείγμα, συμφωνούν με τη μέτρηση του χρώματος και την πολύ υψηλή τιμή του χρωματικού παράγοντα b που αποτυπώνει τις κίτρινες αποχρώσεις. Η θετική τιμή του χρωματικού παράγοντα a δίνει την πληροφορία ότι υπάρχουν και κόκκινες χρωστικές στο δείγμα. Η τιμή της φωτεινότητας (L) του βαμβακερού δείγματος είναι 75,9 δηλαδή αρκετά υψηλή και συμφωνεί με το αποτέλεσμα της οπτικής παρατήρησης και το φωτεινό χρώμα που απέκτησε. Το χρώμα του μάλλινου δείγματος επίσης είναι φωτεινό όπως αποτυπώνεται από την τιμή φωτεινότητας (L) η οποία βρίσκεται κοντά στο 70 και συμφωνεί με το οπτικό αποτέλεσμα. Η ελάχιστη εκατοστιαία ανάκλαση (R%) στην οποία πραγματοποιήθηκε η μέγιστη απορρόφηση του χρώματος, για τα δύο δείγματα ήταν σε μήκος κύματος 400 nm. Η τιμή της χροιάς (h) του βαμβακερού δείγματος είναι 76,13 και βρίσκεται στη χρωματική περιοχή του κίτρινου. Η τιμή της χροιάς (h) του μάλλινου δείγματος είναι 73,67 και βρίσκεται επίσης στην χρωματική περιοχή του κίτρινου. Η χροιά συμφωνεί με το οπτικό αποτέλεσμα των δύο δειγμάτων.

Σύμφωνα με τους Κωδικούς Pantone (Πίνακας VI, Εικόνα 5) και την οπτική παρατήρηση, τα χρώματα στα βαμμένα δείγματα είναι στην ίδια χρωματική περιοχή.

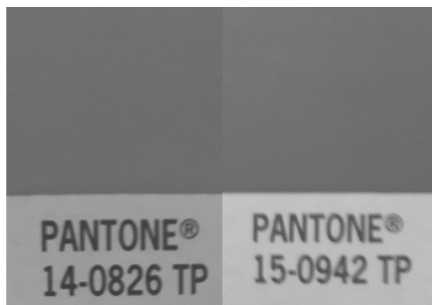
**Πίνακας V.** Μέτρηση χρώματος  
**Table V.** Colour measurement

	a	b	L	h	C	R%	Μήκος Κύματος	Rmin	K/S
Βαμβακερός Άβαφος Μάρτυρας	-0,05	0,62	88,72	94,75	0,62	69,71	400nm	0,69	0,06
Βαμβακερό Βαμμένο Δείγμα	7,79	31,52	75,90	76,13	32,47	12,53	400nm	0,12	3,05
Μάλλινος Άβαφος Μάρτυρας	3,36	14,55	79,59	76,99	14,94	27,06	400nm	0,27	0,98
Μάλλινο Βαμμένο Δείγμα	11,01	37,59	69,72	73,67	39,17	3,70	400nm	0,03	12,53

## Πίνακας VI. Κωδικοί Pantone

Table VI. Pantone Codes

	Κωδικοί Pantone
Βαμβακερό Δείγμα	14-0826
Μάλλινο Δείγμα	15-0942



Εικόνα 5. Κωδικοί Pantone βαμβακερού και μάλλινου δείγματος βαμμένων με εκχυλίσματα από *A. glutinosa*  
Picture 5. Pantone codes of cotton and woolen sample dyed with extracts of *A. glutinosa*

Η τιμή του δείκτη προστασίας από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία (UPF) (Πίνακας VII) του βαμβακερού δείγματος είναι 104,18 και ανήκει στην κατηγορία του άριστου σύμφωνα με το πρότυπο Αυστραλίας/Νέας Ζηλανδίας, το οποίο σημαίνει ότι παρέχει άριστη προστασία από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, μπλοκάροντας πάνω από το 97,5% της UV ακτινοβολίας. Επίσης, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο ανήκει στα υφάσματα που μπορούν να φέρουν την επισήμανση ότι προστατεύουν από την UV ηλιακή ακτινοβολία γιατί η τιμή UPF είναι μεγαλύτερη του 40 και η τιμή UV-A είναι μικρότερη του 2%. Το μάλλινο βαμμένο δείγμα είχε επίσης άριστη τιμή UPF 139,00 μπλοκάροντας πάνω από το 97,5% της UV ακτινοβολίας σύμφωνα με το πρότυπο Αυστραλίας/Νέας Ζηλανδίας. Επίσης, για το Ευρωπαϊκό πρότυπο, ανήκει στα υφάσματα που μπορούν να φέρουν την επισήμανση ότι προστατεύουν από την UV ηλιακή ακτινοβολία γιατί η τιμή UPF είναι μεγαλύτερη του 40 και η τιμή UV-A είναι μικρότερη του 2%.

## Πίνακας VII. Μέτρηση UPF

Table VII. Measurement UPF

	UV-A	UV-B	UPF
Βαμβακερός Άβαφος Μάρτυρας	70,99	40,93	2,19
Βαμβακερό Βαμμένο Δείγμα	1,57	1,65	104,18
Μάλλινος Άβαφος Μάρτυρας	47,93	9,76	6,31
Μάλλινο Βαμμένο Δείγμα	1,55	0,73	139,00

Από τα αποτελέσματα της οπτικής παρατήρησης, για το βαμβακερό δείγμα προκύπτει ότι η αντοχή του χρώματος στην Ξηρή Τριβή είναι πολύ καλή, ενώ στην Υγρή είναι μέτρια (Πίνακας VIII). Για το μάλλινο δείγμα η αντοχή του χρώματος τόσο στην Ξηρή όσο και στην Υγρή Τριβή ήταν εξαιρετική λεκιάζοντας ελάχιστα το λευκό μάρτυρα (Πίνακας VIII).

## Πίνακας VIII. Αντοχή του χρώματος στην Τριβή

Table VIII. Colour fastness to rubbing

	Ξηρή Τριβή	Υγρή Τριβή
Βαμβακερό δείγμα	4	3
Μάλλινο δείγμα	4-5	4-5

Κατά τον οπτικό έλεγχο, που πραγματοποιήθηκε μετά τη δοκιμή αντοχής του χρώματος στο Πλύσιμο (Πίνακας IX), προκύπτει άριστη συμπεριφορά του βαμμένου βαμβακερού δείγματος ως προς το λέκκισμα του πολύνιου μάρτυρα. Το χρώμα του βαμβακερού δείγματος δεν είχε αντοχή στη δοκιμή του πλυσίματος και υπέστη μέτρια χρωματική αλλαγή. Κατά το Πλύσιμο η συμπεριφορά του χρώματος του μάλλινου βαμμένου δείγματος ως προς το λέκκισμα των διαφόρων ινών του πολύνιου μάρτυρα είναι άριστη, με εξαίρεση την ελάχιστη χρωματική αλλαγή στο βαμβάκι. Η αντοχή του χρώματος του μάλλινου βαμμένου δείγματος στη δοκιμή του πλυσίματος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μέτρια έως χαμηλή (Πίνακας IX).

**Πίνακας IX.** Αντοχή του χρώματος στο Πλύσιμο στους 40°C**Table IX.** Measurement colour fastness to Washing at 40°C

	ΔΙΑΣΕΤΑ Spun Diacetate	BAMBAKI Bleached Cotton	ΠΟΛΥΑΜΙΔΗ Spun Polyamide	ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ Spun Polyester	ΠΟΛΥΑΚΡΥΛΙΚΟ Spun Polyacrylic	ΜΑΛΛΙΝΟ Wostred Wool	ΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
<b>Βαμβακερό Δείγμα</b>	5	5	5	5	5	5	3-4
<b>Μάλλινο Δείγμα</b>	5	4-5	5	5	5	5	2-3

Από τα αποτελέσματα του οπτικού ελέγχου μετά τη δοκιμή αντοχής του χρώματος του βαμβακερού δείγματος στον Όξινο Ιδρώτα (Πίνακας X) προέκυψε ότι η συμπεριφορά του χρώματος στις ίνες του πολυίνου μάρτυρα ήταν άριστη εκτός από το πολύ ελαφρύ λέκιασμα της πολυαμίδης. Το βαμβακερό βαμμένο δείγμα ξέβαψε σε μεγάλο βαθμό από το διάλυμα του

Όξινου Ιδρώτα. Η συμπεριφορά του χρώματος του μάλλινου δείγματος στην ίδια δοκιμή, ήταν άριστη πάνω στις ίνες του πολυίνου μάρτυρα, εκτός από το βαμβακερό και την πολυαμίδα τα οποία λέκιασαν ελαφρά. Το μάλλινο βαμμένο δείγμα ξέβαψε ελάχιστα από τον Όξινο Ιδρώτα (Πίνακας X).

**Πίνακας X.** Αντοχή του χρώματος στον Όξινο Ιδρώτα**Table X.** Colour Fastness to Acid Perspiration

	ΔΙΑΣΕΤΑ Spun Diacetate	BAMBAKI Bleached Cotton	ΠΟΛΥΑΜΙΔΗ Spun Polyamide	ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ Spun Polyester	ΠΟΛΥΑΚΡΥΛΙΚΟ Spun Polyacrylic	ΜΑΛΛΙΝΟ Wostred Wool	ΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
<b>Βαμβακερό Δείγμα</b>	5	5	4-5	5	5	5	2-3
<b>Μάλλινο Δείγμα</b>	5	4-5	4-5	5	5	5	4-5

Από τα αποτελέσματα της δοκιμής αντοχής του χρώματος του βαμβακερού δείγματος στον Αλκαλικό Ιδρώτα (Πίνακας XI) προκύπτει ότι δεν λέκιασε καθόλου ο πολυίνος μάρτυρας. Το βαμβακερό βαμμένο δείγμα ξέβαψε ελαφρά στη συγκεκριμένη δοκιμή. Η αντοχή του χρώματος του μάλλινου δείγματος στον

Αλκαλικό Ιδρώτα ήταν εξαιρετική ως προς το λέκιασμα του διασετά, του πολυεστέρα, του πολυακρυλικού και του μάλλινου, ενώ του βαμβακερού και της πολυαμίδης ήταν πολύ καλή. Η αντοχή του χρώματος του μάλλινου βαμμένου δείγματος στον Αλκαλικό Ιδρώτα ήταν πολύ καλή (Πίνακας XI).

**Πίνακας XI.** Αντοχή του χρώματος στον Αλκαλικό Ιδρώτα**Table XI.** Colour Fastness to Alkali Perspiration

	ΔΙΑΣΕΤΑ Spun Diacetate	BAMBAKI Bleached Cotton	ΠΟΛΥΑΜΙΔΗ Spun Polyamide	ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ Spun Polyester	ΠΟΛΥΑΚΡΥΛΙΚΟ Spun Polyacrylic	ΜΑΛΛΙΝΟ Wostred Wool	ΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
<b>Βαμβακερό Δείγμα</b>	5	5	5	5	5	5	4
<b>Μάλλινο Δείγμα</b>	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5	4

Η αντοχή του χρώματος του βαμβακερού βαμμένου δείγματος στην Ηλιακή Ακτινοβολία (Πίνακας XII) ήταν πολύ καλή και βαθμολογήθηκε όπως ο πέμπτος (5<sup>ος</sup>) μπλε μάλλινος μάρτυρας. Η αντοχή του χρώματος του μάλλινου βαμμένου δείγματος στην Ηλιακή Ακτινοβολία (Πίνακας XII) ήταν άριστη και βαθμολογήθηκε μεταξύ του έβδομου και όγδοου (7<sup>οο</sup>-8<sup>οο</sup>) μπλε μάλλινου μάρτυρα. Υπήρχε ιδιαιτερότητα με την έκθεση του μάλλινου δείγματος στην Ηλιακή Ακτινοβολία όπου το χρώμα έγινε πιο σκούρο από το αρχικό. Η άριστη αντοχή που είχε το



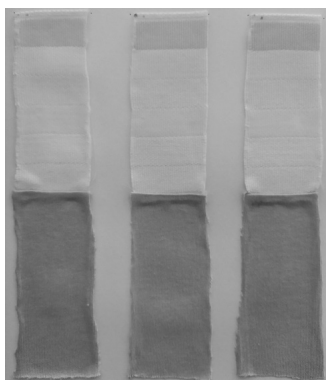
χρώμα στις συνθήκες του προτύπου οδήγησαν σε περαιτέρω έρευνα και ακολούθησαν τρεις επαναληπτικές εκθέσεις στην Ηλιακή Ακτινοβολία από 72 ώρες κάθε μία (σύνολο εννέα εικοσιτετράωρα) και στη συνέχεια βαθμολογήθηκε η αντοχή του χρώματος. Τα αποτελέσματα ήταν άριστα, το χρώμα του μάλλινου δείγματος βαθμολογήθηκε πάλι μεταξύ του έβδομου και όγδοου (7<sup>ου</sup>-8<sup>ου</sup>) μπλε μάλλινου μάρτυρα. Τα αποτελέσματα της αντοχής του χρώματος του μάλλινου δείγματος που βάφτηκε με το εκχύλισμα *A. glutinosa* στην Ηλιακή Ακτινοβολία ήταν καλύτερα από αποτελέσματα συνθετικών χρωμάτων υψηλής αντοχής.

**Πίνακας XII.** Αντοχή του χρώματος στο τεχνητό φως (Ηλιακή Ακτινοβολία)

**Table XII.** Colour Fastness to Artificial Light (Solar radiation)

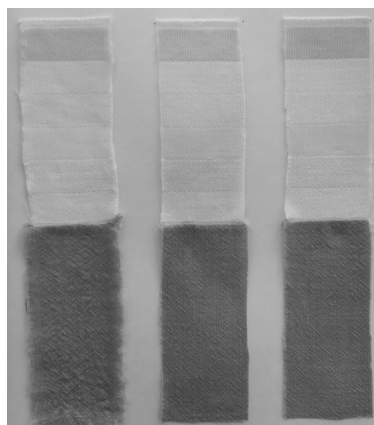
	Οπτική Διαφορά Χρώματος
<b>Βαμβακερός Άβαφος Μάρτυρας μετά από 48h</b>	8
<b>Βαμβακερό Βαμμένο Δείγμα μετά από 48h</b>	5
<b>Μάλλινος Άβαφος Μάρτυρας μετά από 48h</b>	8
<b>Μάλλινο Βαμμένο δείγμα μετά από 48h</b>	7-8
<b>Μάλλινο Βαμμένο δείγμα μετά από (3X72h)</b>	7-8

Αποτυπώνονται οπτικά οι δοκιμές αντοχής του χρώματος στο Πλύσιμο, στον Όξινο Ιδρώτα και στον Αλκαλικό Ιδρώτα στις Εικόνες 6 και 7.



**Εικόνα 6.** Δοκιμή στο Πλύσιμο, στον Όξινο Ιδρώτα, στον Αλκαλικό Ιδρώτα - Βαμβακερό Δείγμα

**Picture 6.** Colour Fastness to Washing, Acid Perspiration, Alkaline Perspiration - cotton sample



**Εικόνα 7.** Δοκιμή στο Πλύσιμο, στον Όξινο Ιδρώτα, στον Αλκαλικό Ιδρώτα - Μάλλινο δείγμα

**Picture 7.** Colour Fastness to Washing, Acid Perspiration, Alkaline Perspiration - woolen sample

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί, το pH του υδατικού εκχυλίσματος πριν τη βαφή των δειγμάτων ήταν όξινο, ενώ μετά τη βαφή είχε τιμές ελαφρά πιο χαμηλές. Η μείωση του pH οφείλεται στην απελευθέρωση θειικού οξέος από την υδρόλυση του προστύμματος Alum που υπήρχε στο λουτρό βαφής (από την πρόστυψη των δειγμάτων πριν τη διαδικασία της βαφής).

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χρώματος στα δύο δείγματα και στους αντίστοιχους άβαφους μάρτυρες, προκύπτει αύξηση της τιμής του K/S που αποτυπώνει την προσρόφηση του χρώματος από τα υποστρώματα. Οι μετρήσεις συμφωνούν με το οπτικό αποτέλεσμα και το χρώμα που απέκτησαν τα δείγματα. Στο βαμβακερό δείγμα η τιμή K/S ήταν χαμηλότερη από αυτήν που υπολογίστηκε στο μάλλινο, αλλά ήταν υψηλή για φυτική χρωστική. Η τιμή K/S του μάλλινου δείγματος ήταν αρκετά υψηλή και έφτασε τιμές των συνθετικών χρωστικών. Η διαφορά στην προσρόφηση του χρώματος οφείλεται στους διαφορετικούς δεσμούς με τους οποίους συνδέεται η χρωστική με τις ίνες του βαμβακιού (κυτταρίνη) και του μαλλιού (πρωτεΐνη).

Το *A. glutinosa* περιέχει επτανοειδή, πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, τερπένια και στεροειδή τα οποία διαθέτουν υδροξυλικές και καρβοξυλικές ομάδες που ιονίζονται και δημιουργούν αρνητικό φορτίο στο υδατικό εκχύλισμα του σκλήθρου. Κατά τη διαδικασία της βαφής, η μάλλινη ίνα, η οποία είναι θετικά φορτισμένη λόγω της πρωτονίωσης των αμινομάδων που έχει, προσροφά με μεγάλη ευκολία το αρνητικά



φορτισμένο εκχύλισμα βαφής του *A. glutinosa*. Αντίθετα, η βαμβακερή ίνα είναι αρνητικά φορτισμένη λόγω του ιονισμού των υδροξυλίων της κυτταρίνης μέσα στο υδατικό περιβάλλον της βαφής και προκαλεί άπωση των αρνητικά φορτισμένων χρωμοφόρων ομάδων του σκλήθρου. Συνεπώς υπάρχει αρκετά μικρότερη προσρόφηση της χρωστικής από τη βαμβακερή ίνα σε σχέση με την εντυπωσιακά μεγαλύτερη (τετραπλάσια) της μάλλινης ίνας.

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χρώματος, θα ήταν ενδιαφέρον σε επόμενη μελέτη να γίνει βαφή βαμβακερού δείγματος με χρήση άλατος (χλωριούχου ήθεικού νατρίου) με σκοπό την εξουδετέρωση του ανιονικού φορτίου της βαμβακερής ίνας και την ελάττωση των απωθητικών δυνάμεων του υποστρώματος.

Η συμπεριφορά του υδατικού εκχυλίσματος του *A. glutinosa* κατά τη βαφική διαδικασία είναι παρόμοια με τη συμπεριφορά των απ'ευθείας συνθετικών χρωμάτων στο βαμβάκι (direct dyes) όπου η παρουσία άλατος είναι απαραίτητη για την αύξηση της προσρόφησης του χρώματος.

Η φωτεινότητα (L) έχει υψηλή τιμή στα δύο δείγματα όπως ήταν αναμενόμενο γιατί έχουν ανοιχτόχρωμη απόχρωση. Υψηλότερη τιμή φωτεινότητας είχε το βαμβακερό δείγμα το οποίο δεν προσρόφησε αρκετό χρώμα (χαμηλότερη τιμή K/S) σε σχέση με το μάλλινο. Η ελάχιστη τιμή της εκατοστιαίας αντανάκλασης (R%) ήταν στο ίδιο μήκος κύματος στα 400 nm. Ο χρωματικός παράγοντας b έχει πολύ υψηλές τιμές και στα δύο δείγματα και συμφωνεί απόλυτα με το οπτικό αποτέλεσμα και το κίτρινο χρώμα των δειγμάτων. Η χροιά (h) τόσο του βαμβακερού όσο και του μάλλινου δείγματος ήταν στη χρωματική περιοχή του κίτρινου (μεταξύ 70°-90°) και συμφωνεί με το οπτικό αποτέλεσμα.

Σε έρευνα (Guinot et al. 2006) μελετήθηκε βαφή βαμβακερών και μάλλινων δειγμάτων με φύλλα του *A. glutinosa* εφαρμόζοντας διαφορετική μεθοδολογία εκχύλισης και βαφής. Τα αποτελέσματα ως προς τη χροιά (h) συμφωνούν με την παρούσα έρευνα και για τα δύο δείγματα. Η τιμή της φωτεινότητας (L) του βαμβακερού δείγματος συμφωνεί με την παρούσα έρευνα και είναι αρκετά υψηλή. Στο μάλλινο δείγμα η φωτεινότητα είχε διαφορά μεταξύ των δύο μελετών. Στις μετρήσεις της παραπάνω έρευνας βρέθηκε μικρότερη από 60, ενώ στην παρούσα έφτανε κοντά στο 70. Η διαφορά πιθανόν να οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογία εκχύλισης και βαφής ή πιθανώς στη διαφορετική οπτική εμφάνιση των μάλλινων υφασμά-

των των δύο ερευνών. Στην ίδια έρευνα (Guinot et al. 2006) μετρήθηκε η χροιά (h) των δύο δειγμάτων και τα αποτελέσματα συμφωνούν απόλυτα με την παρούσα έρευνα.

Για την τιμή του δείκτη προστασίας από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία (UPF) υφασμάτων τα οποία είναι βαμμένα με εκχύλισμα *A. glutinosa*, δεν υπάρχουν μετρήσεις από άλλες μελέτες ώστε να γίνει σύγκριση. Στην παρούσα έρευνα η τιμή UPF των δύο βαμμένων δειγμάτων, αυξάνεται κατά πολύ μετά τη βαφή τους με *A. glutinosa* σε σχέση με τον αντίστοιχο άβαφο μάρτυρα. Είναι αξιο παρατήρησης ότι ενώ η απόχρωση των υφασμάτων είναι ανοιχτόχρωμη η τιμή UPF είναι άριστη σύμφωνα με το Πρότυπο Αυστραλίας/Νέας Ζηλανδίας AS/NZS 4399:1996 και το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13758. Σύμφωνα με ανακοίνωση του Αυστραλιανού Υπουργείου Προστασίας για την Υπεριώδη Ακτινοβολία (<https://www.arpansa.gov.au/>), τα ανοιχτά χρώματα συνήθως έχουν χαμηλή τιμή UPF και δεν προστατεύουν αρκετά από τη UV ηλιακή ακτινοβολία. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δίνουν αντίθετα αποτελέσματα. Τα φυτά ενεργοποιούν διάφορους μηχανισμούς ώστε να προστατευτούν από βλάβες που προκαλεί η UV-B ηλιακή ακτινοβολία. Συνθέτουν προστατευτικές χρωστικές κυρίως υδατοδιαλυτά φλαβονοειδή, όπως φλαβόνες, φλαβονόλες και ισοφλαβονοειδή. Συσσωρεύουν ανθοκυανίνες οι οποίες εστεροποιημένες σε κινναμωμικό οξύ επίσης παρέχουν προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία (Li et al. 1993). Από τις μετρήσεις προέκυψε ότι το υδατικό εκχύλισμα του *A. glutinosa* περιέχει πολύ υψηλή συγκέντρωση ολικών φαινολικών (357,55 mg GAE/l). Πιθανόν η υψηλή συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στα φύλλα του *A. glutinosa* και προστατεύουν το ίδιο το φυτό από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, μεταφέρθηκαν μέσω της βαφής στα δύο βαμμένα δείγματα και τους έδωσαν τις υψηλές τιμές UPF και την ικανότητα να παρέχουν άριστη προστασία από την UV ηλιακή ακτινοβολία.

Η αντοχή του χρώματος στη δοκιμή της Ξηρής Τριβής ήταν εξαιρετική στα δύο δείγματα. Στην Υγρή Τριβή η αντοχή του χρώματος του μάλλινου δείγματος επίσης ήταν εξαιρετική ενώ του βαμβακερού ήταν μέτρια. Ο λόγος του λεκιάσματος του μάρτυρα από το βαμβακερό δείγμα κατά τη δοκιμή της υγρής τριβής, είναι η χαλαρή σύνδεση της χρωστικής στην επιφάνεια του βαμβακερού δείγματος. Αιτία της χαλαρής σύνδεσης είναι η άπωση μεταξύ των ανιονικά φορτισμένων μορίων της χρωστικής και του αρνητικά

φορτισμένου βαμβακερού υποστρώματος που κάνει τα μόρια της χρωστικής εύκολα αποσπώμενα με την επαναλαμβανόμενη τριβή της κεφαλής της συσκευής.

Κατά τη δοκιμή αντοχής του χρώματος στο πλύσιμο, τα δύο βαμμένα δείγματα είχαν άριστα αποτελέσματα, δεν υπήρξε μεταφορά χρώματος (λέκιασμα) στον πολύινο μάρτυρα. Το χρώμα στα βαμμένα δείγματα είχε μέτρια αντοχή. Το βαμβακερό δείγμα υπέστη μέτριο ξέβαμμα, ενώ το μάλλινο επηρεάστηκε περισσότερο γιατί είχε προσροφήσει μεγαλύτερη ποσότητα χρωστικής.

Κατά τη δοκιμή αντοχής του χρώματος στον Ώξινο Ιδρώτα και τα δύο δείγματα είχαν από άριστη έως εξαιρετική συμπεριφορά ως προς το λέκιασμα του πολύνιου μάρτυρα. Μεταξύ των βαμμένων δειγμάτων υπήρχε διαφορά στην αντοχή του χρώματός τους. Το χρώμα στο μάλλινο δείγμα ξέβαψε ελαφρά, ενώ το βαμβακερό δείγμα επηρεάστηκε αρκετά και αυτό μπορεί να εξηγηθεί όπως και ανωτέρω λόγω της άπωσης μεταξύ των χρωμοφόρων ομάδων και της βαμβακερής ίνας και της ευκολότερης μεταφοράς του χρώματος από το βαμβακερό υπόστρωμα στο υδατικό περιβάλλον.

Στον Αλκαλικό Ιδρώτα, όπως και στον Ώξινο, η συμπεριφορά του χρώματος των δύο βαμμένων δειγμάτων ως προς το λέκιασμα του πολύνιου μάρτυρα ήταν από άριστη έως εξαιρετική. Το χρώμα των δύο βαμμένων δειγμάτων επηρεάστηκε ελάχιστα από τον Αλκαλικό Ιδρώτα.

Η αντοχή του χρώματος στην Ηλιακή Ακτινοβολία ήταν πολύ καλή στο βαμβακερό δείγμα και βαθμολογήθηκε όπως ο 5<sup>ος</sup> μπλε μάλλινο μάρτυρας, ενώ στο μάλλινο δείγμα ήταν άριστη και βαθμολογήθηκε μεταξύ του 7<sup>ου</sup>-8<sup>ου</sup> μπλε μάλλινο μάρτυρα. Με τη συνέχιση της έκθεσης του μάλλινο δείγματος στην ηλιακή ακτινοβολία για εννέα (9) εικοσιτετράωρα, η αντοχή του χρώματος εξακολουθούσε να είναι άριστη και βαθμολογήθηκε μεταξύ 7<sup>ου</sup>-8<sup>ου</sup> μπλε μάλλινο μάρτυρα. Το εκχύλισμα από τα φύλλα του *A. glutinosa* αν και είναι φυτική χρωστική, είχε εξαιρετική αντοχή στην Ηλιακή Ακτινοβολία. Το χρώμα του βαμβακερού και του μάλλινο δείγματος μετά την έκθεση στην Ηλιακή Ακτινοβολία έγιναν πιο σκούρα από τα αρχικά.

Στην έρευνα των Guinot et al. (2006) μετρήθηκε η αντοχή του χρώματος στην Ηλιακή Ακτινοβολία και τα αποτελέσματα ταυτίζονται με την παρούσα έρευνα για το βαμβακερό δείγμα όπου βαθμολογήθηκε όπως ο πέμπτος (5<sup>ος</sup>) μπλε μάλλινο μάρτυρας. Για το μάλλινο δείγμα αναφέρεται στην παραπάνω έρευνα

ότι ανήκει στα δείγματα που έγιναν πιο σκούρα μετά την έκθεση στην Ηλιακή Ακτινοβολία και αυτό συμφωνεί με την παρούσα έρευνα. Σημειώνεται ότι στην παρούσα έρευνα και τα δύο δείγματα (βαμβακερό και μάλλινο) έγιναν πιο σκούρα από τα αρχικά, ενώ στη συγκρινόμενη, μόνο τα μάλλινα είχαν αυτήν τη συμπεριφορά.

Σε έρευνα των Fedchenkova & Khvorost (2014) βρέθηκε ότι τα φύλλα του *A. glutinosa* περιέχουν σε μεγάλη ποσότητα οξαλικό οξύ (Αιθανοδικό οξύ) το οποίο είναι ένα ισχυρό καρβοξυλικό οξύ. Το οξαλικό οξύ σχηματίζει σύμπλοκα με ιόντα βαρέων μετάλλων και χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητική ουσία στις βαφές (Colmenero 2019). Η ύπαρξη του οξαλικού οξέος στο εκχύλισμα πιθανόν να δημιουργεί τη μεγάλη σταθερότητα της βαφής ίσως λόγω της ενίσχυσης της σύνδεσης μεταξύ του προστύμματος Alum και των χρωμοφόρων ομάδων.

Το ξεθώριασμα της βαμμένης βαμβακερής ίνας (κυτταρίνη) μετά από έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, οφείλεται σε φωτοοξειδωση των φλαβονοειδών που περιέχει η βαφή. Η ύπαρξη στο εκχύλισμα υδροξυκιναμικού οξέος (Li et al. 1993), το οποίο είναι γνωστό για τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες, πιθανόν να εξηγεί την αρκετά καλή αντοχή του χρώματος του βαμβακερού δείγματος. Η δημιουργία συμπλόκου φλαβονοειδών με το υδροξυκιναμικό οξύ το οποίο είναι σταθερό στο φως εξηγεί την παραπάνω συμπεριφορά. Το ξεθώριασμα της μάλλινης ίνας (πρωτεΐνη) οφείλεται σε μηχανισμό αναγωγής και αυτό ίσως εξηγεί την προστασία των πολυφαινολών από την οξειδωση και την υψηλή αντοχή του χρώματος στην ηλιακή ακτινοβολία.

Το εκχύλισμα των φύλλων του *A. glutinosa* (το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως χρωστική στην παρούσα έρευνα), σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του Εργαστηρίου Φαρμακογνωσίας του ΑΠΘ, έχει υψηλή αντιοξειδωτική δράση (Μέσος όρος % RSC 88,45 στα 20 min και 87,72 στα 60 min). Συνεπώς, η υψηλή αντοχή του χρώματος των βαμμένων δειγμάτων στην ηλιακή ακτινοβολία οφείλεται στην υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος που εμπόδισε τη φωτοοξειδωση.

Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνα (Ren et al. 2017) το *A. glutinosa* περιέχει πέντε παράγωγα του στυλβενίου που είναι η κύρια βάση των συνθετικών υπερλευκαντικών όπου η αλληλουχία των απλών και διπλών καρβονυλικών δεσμών που διαθέτουν απορροφούν υψηλής ενέργειας υπεριώδη ακτινοβολία. Η ιδιότητα αυτή των παραγώγων του στυλβενίου παρέχει

προστασία στις χρωμοφόρες ομάδες του *A. glutinosa* από την καταστροφική αποδόμηση του χρώματος.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την οπτική παρατήρηση των χρωμάτων στα δύο δείγματα που βάφηκαν με το υδατικό εκχύλισμα των φύλλων του *A. glutinosa* διαπιστώθηκε ότι τα χρώματά τους ήταν στην ίδια χρωματική περιοχή του κίτρινου. Η χρωστική ισχύς του χρώματος, όπως αποτυπώνεται με την τιμή K/S, είναι πολύ καλή στο μάλλινο δείγμα και φτάνει τιμές συνθετικών χρωμάτων. Η απορρόφηση του χρώματος από το βαμβακερό δείγμα είναι αρκετά καλή με δεδομένο ότι η βαμβακερή ίνα δεν προσροφά αρκετή βαφή.

Σύμφωνα με τους κωδικούς Pantone και την οπτική σύγκριση, τα χρώματα είναι σε κοντινές αποχρώσεις.

Στις δοκιμές της Ξηρής και Υγρής Τριβής η αντοχή του χρώματος μπορεί να θεωρηθεί πολύ καλή ως προς το λέκκισμα του βαμβακερού μάρτυρα.

Η προστασία από την UV ηλιακή ακτινοβολία που παρέχουν τα δύο βαμμένα δείγματα είναι άριστη σύμφωνα με τα δύο πρότυπα Αυστραλίας/Νέας Ζηλανδίας AS/NZS 4399:1996 και το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13758.

Κατά τη δοκιμή αντοχής του χρώματος στο πλύσιμο, η συμπεριφορά και των δύο δειγμάτων ήταν άριστη ως προς το λέκκισμα του πολύνιου μάρτυρα. Η αντοχή του χρώματος των ίδιων δειγμάτων ήταν μέτρια ως προς το ξέβαμμα.

Στις δοκιμές αντοχής του χρώματος στον Όξινο και στον Αλκαλικό Ιδρώτα, ήταν άριστη η συμπεριφορά και των δύο βαμμένων δειγμάτων ως προς το λέκκισμα του πολύνιου μάρτυρα. Το χρώμα των ίδιων δειγμάτων είχε πολύ καλή αντοχή στις παραπάνω δοκιμές, εκτός από το βαμβακερό δείγμα το οποίο ξέβαψε αρκετά από τον Όξινο Ιδρώτα.

Τα αποτελέσματα της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία ήταν εξαιρετικά για το μάλλινο δείγμα το οποίο δεν ξέβαψε ακόμη και μετά την παρατεταμένη

έκθεσή του για εννέα εικοσιτετράωρα. Η εξαιρετική αντοχή του μάλλινου δείγματος στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να συγκριθεί μόνο με συνθετικά χρώματα υψηλής αντοχής. Το χρώμα στο βαμβακερό δείγμα είχε πολύ καλή αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων της βαφής με το υδατικό εκχύλισμα των φύλλων του *A. glutinosa* προέκυψε ότι το βαμβακερό και το μάλλινο δείγμα απέκτησαν κίτρινο χρώμα με πολύ καλή χρωστική ισχύ. Η αντοχή του χρώματος στις δοκιμές του πλυσίματος, του όξινου και του αλκαλικού ιδρώτα, της ξηρής και υγρής τριβής μπορεί να χαρακτηριστεί από εξαιρετική έως άριστη. Η αντοχή του χρώματος στην ηλιακή ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή και θα πρέπει να γίνει περαιτέρω μελέτη σε αυτήν την κατεύθυνση. Η προστασία από τη UV ηλιακή ακτινοβολία που παρέχουν τα δύο δείγματα είναι άριστη και αυτό επίσης είναι άξιο προσοχής και επιπλέον έρευνας.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα καθιστούν το *A. glutinosa* ένα θαυμάσιο φυσικό προϊόν το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην κοσμητολογία για παραγωγή καλλυντικών που παρέχουν προστασία από την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία (UVA, UVB) αντικαθιστώντας συνθετικά (και πολλές φορές τοξικά) αντιηλιακά (sun blockers).

Τα συμπεράσματα του πειράματος είναι αφενός ότι μπορεί να γίνει χρήση του *A. glutinosa* για τη βαφή μάλλινων και βαμβακερών υφασμάτων δίνοντάς τους πολύ καλά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερες αντοχές του χρώματός τους εφάμιλλες συνθετικών χρωμάτων και αφετέρου ότι με αυτήν την τεχνική να επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση φυσικών πόρων. Για τους λόγους αυτούς το πείραμα καταδεικνύει ότι το συγκεκριμένο φυτικό είδος θα μπορούσε να αποτελέσει μια νέα εναλλακτική καλλιέργεια με σκοπό την παραγωγή χρωστικών συστατικών, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη.

# Test of dye properties of aqueous extract of *Alnus glutinosa* plant during the dyeing of cotton and woolen fabrics

Tsouka Niki<sup>1</sup>, Nikolaidis Nikolaos<sup>2</sup>, Lazari Diamanto<sup>3</sup>, Dimitriadis Kyriakos<sup>3</sup>,  
Theodoropoulos Konstantinos<sup>1</sup>

## ABSTRACT

This research paper deals with the control of the coloring properties of the aqueous extract of the plant *A. glutinosa* L. Gaertn. (alder), when dyeing samples of cotton and woolen cloth. Initially, during the experimental process, the plant material of this species was extracted and followed by dyeing of cotton and wool samples. The aim of the experiment was to investigate whether the use of aqueous extract of the young leaves of the plant gave pigment properties to the selected textile substrates and whether the color was resistant to various stresses. Total phenolics and antioxidant activity of the aqueous extract were measured. After painting, measurements of color fastness were followed in various tests based on specific ISO-105 standards. Measurements of the adsorbed color of the samples were made first. This was followed by measurements of the paint's resistance to dry and wet rubbing, washing, acidic and alkaline sweat, sunlight, and then measurement of the sun protection (UPF) provided by the stained samples by preventing ultraviolet permeability or ultraviolet permeability. Finally, comparisons of the measurements were made and the final conclusions of the research were presented. The purpose of the experiment was to investigate whether and to a greater extent the use of plant tissues in the dyeing of fabrics, can contribute to the saving of natural resources, thus contributing to the sustainable development and protection of the natural environment in general, given that plants can be considered a degree of renewable natural resources.

**Keywords:** *Alnus glutinosa*, cotton fabric, woolen fabric, UPF, washing, wet rubbing, dry rubbing, acid perspiration, alkaline perspiration, light, total phenolics

---

<sup>1</sup>Laboratory of Forest Botany-Geobotany, School of Forestry and Natural Environment, AUTH, 54124 Thessaloniki, e-mail: [nikits31@gmail.com](mailto:nikits31@gmail.com), [ktheodor@for.auth.gr](mailto:ktheodor@for.auth.gr)

<sup>2</sup>Laboratory of Chemistry and Technology of Polymers and Colors, Chemistry School, AUTH, 54124 Thessaloniki, e-mail: [nfnikola@chem.auth.gr](mailto:nfnikola@chem.auth.gr)

<sup>3</sup>Laboratory of Pharmacognosy, School of Pharmacy, AUTH, 54124 Thessaloniki, e-mail: [dlazari@pharm.auth.gr](mailto:dlazari@pharm.auth.gr)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Chaires Martinez L., Perez Vargas M., Cantor del Angel A., Cruz Bermudez F., Jimenez Avalos H. 2013. Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Germinated, Popped, and Cooked Huauzontle (*Chenopodium berlandieri* spp. *nuttalliae*) Seeds. *Cereal Chemistry* 90(3):263-268.
- Colmenero F. 2019. Mechanical properties of anhydrous oxalic acid and oxalic acid dihydrate. *Physical Chemistry Chemical Physics* 5(21):2673-2690.
- Ελευθεριάδης Ι., Νικολαΐδης Ν., Τσατσαρώνη Ε. 2015. «Χημεία και Τεχνολογία του Χρώματος», Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr), Αθήνα.
- Fedchenkova Y.A., Khvorost O.P. 2014. The research of organic acids in Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) buds and leaves. *News of Pharmacy* 3(79): 51-53.
- Fedchenkova Y.A. 2015. The comparative analysis of flavonoids buds and leaves *Alnus glutinosa*. *News of Pharmacy* 15(1): 35-37.
- Guinot P., Roge' A., Gargadennec A., Garcia M., Dupont D., Lecoeur E., Candeliera L., Andary C. 2006. Dyeing plants screening: an approach to combine past heritage and present development. *Coloration technology* 122(2):93-101.
- Καββάδας Σ.Δ. 1956. «Εικονογραφημένον Βοτανικόν Φυτολογικόν Λεξικόν», Εκδόσεις Πελεκάνος, Ξέου Γ.Π, Αθήνα.
- Kedare S., Singh R.P. 2011. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science Technology* 48(4): 412-422.
- Κοράκης Γ. 2015. «Λασική Βοτανική Αυτοφνή δέντρα και θάμνοι της Ελλάδας», Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr), Αθήνα.
- Li J., Ou-Lee T.-M., Raba R., Amundson R.G., Last R.T. 1993. *Arabidopsis* flavonoid mutants are hypersensitive to UV-B irradiation. *The Plant Cell* 5(2):171-179.
- Ren X., He T., Chang Y., Zhao Y., Chen X., Bai S., Wang L., Shen M. and She G. 2017. The Genus *Alnus*, A Comprehensive Outline of Its Chemical Constituents and Biological Activities. *Molecules* 22, 1383; doi:10.3390/molecules22081383.
- Sati S., Sati N., Sati O. 2011. Bioactive constituents and medicinal importance of genus *Alnus*. *Pharmacognosy reviews* 5(10): 174-183.
- Singleton V., Orthofer R., Lamuela-Raventos R. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178.
- Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A. 1993. «Flora Europaea», Vol.1 Psilotaceae to Platanaceae. Ed. 2. – Cambridge University Press, London. p. 581.
- Urbas R., Sluga F., Miljkovic J. 2012. Comparison of in vitro and in vivo ultraviolet protective properties of PET textile samples. *Acta dermatovenerologica Alpina, Panonica, et Adriatica* 21(1): 11-14.

### Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

- [http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/cdm\\_dataportal/taxon/468adf22-2674-4863-a1a5-6277a2d326ce](http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/cdm_dataportal/taxon/468adf22-2674-4863-a1a5-6277a2d326ce) τελευταία επίσκεψη 23/12/2020
- <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Alnus+glutinosa> τελευταία επίσκεψη 28/3/2020
- <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/radiation-sources/more-radiation-sources/sun-protection-clothing> τελευταία επίσκεψη 18/10/2021



## Διερεύνηση της φυτοποικιλότητας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαρκαδιάς-Φράγμα Πλατανόβρυσης”, Δυτική Ροδόπη

Ε. Μεγαλονίδου<sup>1</sup>, Γ. Μπουρνάνου<sup>1</sup>, Χ. Χαραλαμπίδου<sup>1</sup>, Κ. Θεοδωρόπουλος<sup>1</sup>, Ε. Ελευθεριάδου<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την καταγραφή της χλωρίδας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαρκαδιάς - Φράγμα Πλατανόβρυσης” που εκτείνεται παράλληλα προς το Διαβολόρεμα και βρίσκεται εντός των ορίων του Εθνικού Πάρκου Οροσειράς της Ροδόπης. Πραγματοποιήθηκαν πέντε επισκέψεις στην περιοχή, κατά τις οποίες συλλέχθηκαν 427 ξυλώδη και ποώδη φυτικά δείγματα. Τα συλλεχθέντα φυτικά δείγματα αντιστοιχούν σε 238 taxa (237 είδη + 53 υποείδη), 171 γένη και 66 οικογένειες. Πολυπληθέστερες οικογένειες ήταν οι Asteraceae (24 taxa), Fabaceae (21 taxa), Poaceae (20 taxa), Lamiaceae (15 taxa) και Caryophyllaceae (15 taxa). Από την ανάλυση του Βιοφάσματος προέκυψε ότι η επικρατέστερη βιοτική μορφή είναι αυτή των Ημικρυπτόφυτων (119 taxa και ποσοστό 50%), γεγονός που υποδηλώνει ότι το βιοφάσμα της περιοχής έρευνας μοιάζει αρκετά με το βιοφάσμα της εύκρατης ζώνης. Επίσης, από τη χωρολογική ανάλυση, βρέθηκε ότι η χωρολογική ομάδα που επικρατεί στην περιοχή έρευνας είναι αυτή των Ευρέως Εξαπλωμένων taxa (127 taxa και ποσοστό 54,36%), ενώ η βαλκανική ομάδα έχει χαμηλή αντιπροσώπευση (43 taxa και ποσοστό 18,07%). Σημαντική είναι η παρουσία ειδών περιορισμένης γεωγραφικής εξάπλωσης (range-restricted), όπως τα *Anthemis orbelica*, *Dianthus pinifolius* subsp. *lilacinus*, *Drymocallis regis-borisii* subsp. *regis-borisii*, *Festuca macedonica*, *Galium hellenicum*, *Haberlea rhodopensis*, *Noccaea lutescens*, *Verbascum humile* και *Verbascum roripifolium*. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως τα είδη *Lathraea rhodopea* και *Haberlea rhodopensis* χαρακτηρίζονται ως Τρωτά (VU) σύμφωνα με τον Κόκκινο κατάλογο της IUCN, ενώ η *Haberlea rhodopensis* συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο προστατευόμενων ειδών του Προεδρικού Διατάγματος 67/1981.

**Λέξεις κλειδιά:** Φυτοποικιλότητα, Χλωρίδα, Βιοφάσμα, Χωρολογική ανάλυση

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υψηλή βιοποικιλότητα και ο ενδημισμός στο χώρο της Μεσογείου οφείλονται στη γεωγραφική της θέση, στη γεωλογική της ιστορία και στη γεωμορφολογία της, καθώς και στην ποικιλομορφία του κλίματός της (Guccione 2000).

Η Ελλάδα βρίσκεται στο νοτιότερο άκρο της βαλκανικής χερσονήσου και αποτελεί τη νοτιοανατολική απόληξη της Ευρωπαϊκής ηπείρου προς τη Μεσόγειο θάλασσα. Στο σημείο αυτό προσεγγίζουν τρεις ήπειροι, η Ευρώπη, η Ασία και η Αφρική. Έτσι ως χώρα σταυροδρόμι, καθίσταται μία από τις πλουσιότερες χώρες σε είδη χλωρίδας αναλογικά με την έκτασή της. Εδώ απαντώνται 6.811 φυτικά taxa (5.927 είδη και 2.008 υποείδη) που ανήκουν σε 1089 γένη και 184 οικογένειες (Dimopoulos κ.ά. 2022).

Επισημαίνεται ότι στο μεγαλύτερο μέρος του ελλαδικού χώρου απαντώνται 2.000-3.000 φυτικά taxa ανά 10.000 km<sup>2</sup>. Περίπου 740 από τα παραπάνω είδη είναι ελληνικά ενδημικά. Η Ελλάδα έχει πολύ υψηλό βαθμό ενδημισμού σε σχέση με άλλες περιοχές της Ευρώπης και της παραμεσόγειας περιοχής. Αναφορικά με την ορεινή χλωρίδα της, το 47% των ειδών είναι ενδημικά στη βαλκανική χερσονήσο ή σε μικρότερη περιοχή (Strid 1987). Για τη συνολική χλωρίδα της Ελλάδας αναφέρεται ότι το 22,1% των ειδών της είναι ενδημικά, ενώ για το σύνολο των taxa (είδη και υποείδη) τα ενδημικά taxa ανέρχονται στο 22,8% (Dimopoulos κ.ά. 2013, 2016). Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η ανάδειξη της φυτοποικιλότητας της περιοχής μέσω της καταγραφής της χλωρίδας της.

1. Εργαστήριο Δασικής Βοτανικής - Γεωβοτανικής, Τμήμα Δασολογίας και Φυτικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη, eelefthe@for.auth.gr

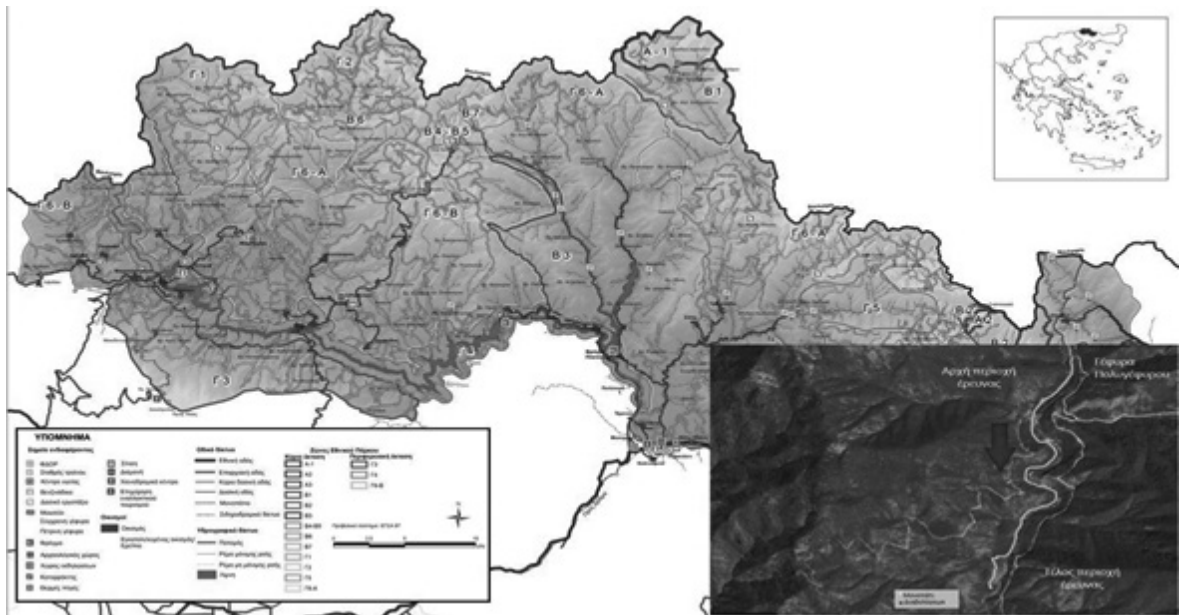
## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται μέσα στο Εθνικό Πάρκο της Οροσειράς της Ροδόπης (Ε.Π.Ο.Ρ.). Η οροσειρά της Ροδόπης είναι η δεύτερη μεγαλύτερη οροσειρά της Ελλάδας. Σε αυτήν απαντώνται σχεδόν όλες οι ζώνες βλάστησης της Ελλάδας καθώς και ένα σημαντικό ποσοστό των ειδών της χλωρίδας της Ευρώπης. Η περιοχή έρευνας (Σχήμα 1) είναι ένα μικρό μονοπάτι, που απέχει μόλις 14,42 km από το Παρανέστι Δράμας και κατευθύνεται παράλληλα με το ρέμα Διαβολόρεμα. Επιπλέον, το μονοπάτι αποτελεί μέρος της διαδρομής του διεθνούς αγώνα Παρθένου Δάσους Παρανεστίου, Virgin Forest Trail. Πιο συγκεκριμένα, το μονοπάτι έχει έκθεση νότια, ξεκινά από το σημείο με συντεταγμένες 41°23'47,57"Ν και 24°28'44,67"Ε και υψόμετρο 300 m και έχει μήκος 3 km. Το υψομετρικό εύρος της περιοχής είναι πολύ μικρό, από 260 m έως 310 m.

παρεμβολές μαρμάρου και μάρμαρο ή κρυσταλλικό ασβέστη) (ΙΓΜΕ 1983).

Στην περιοχή των κοντινότερων Μετεωρολογικών Σταθμών (Σιδηρόνερου, υπερθ. ύψος 600 m και Σκαλωτής, υπερθ. ύψος 1010 m) επικρατεί χερσαίο μεσογειακό κλίμα, με ήπιους χειμώνες και μικρής διάρκειας, ξηρά και θερμά καλοκαίρια, που ανήκει στον κλιματικό τύπο Csb της κατάταξης κατά Köppen (Ελευθεριάδου 1992). Το βιοκλίμα της περιοχής ανήκει στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με δριμύ χειμώνα και έχει υπο-μεσογειακό χαρακτήρα (Μαυρομμάτης 1980). Στη βλάστηση της περιοχής κυριαρχούν πρεμνοφυείς συστάδες δρυός κυρίως της *Quercus pubescens*. Επιπλέον, στην αρχή του μονοπατιού παρατηρούνται και θαμνώνες ανατολικού γαύρου (*Carpinus orientalis*). Παράλληλα με το ρέμα και καθ' όλο το μήκος του μονοπατιού εμφανίζεται αζωνική βλάστηση με κύρια είδη την *Alnus glutinosa* και την *Salix alba*.



**Σχήμα 1.** Εθνικό Πάρκο της Οροσειράς της Ροδόπης. Με έντονο κόκκινο υποδεικνύεται η περιοχή έρευνας. Στην κάτω μικρή δεξιά γίνεται η απεικόνιση της αρχής και πορείας του μονοπατιού.

**Figure 1.** Rhodopi Mountain-Range National Park. With intense red color is shown the research area. The image in front of the map, shows the beginning and the direction of the path.

Γεωλογικά, η περιοχή έρευνας αποτελεί τμήμα του ορεινού όγκου της Ροδόπης (Μουντράκης 1985). Το υπόστρωμα της μάζας της Ροδόπης αποτελείται από όξινα πυριγενή και όξινα έως ενδιάμεσα ηφαιστειακά πετρώματα, ενώ ένα μικρό μέρος έχει μεταμορφωμένα πετρώματα (αμφιβολίτες, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι με

### 2.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την καταγραφή της χλωρίδας της περιοχής διενεργήθηκαν συνολικά πέντε επισκέψεις σε διαφορετικές χρονικές περιόδους ώστε να καλυφθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η βλαστητική περίοδος. Συλλέχθηκαν 427 φυτικά δείγματα. Για τον προσδιορισμό τους χρησιμο-

ποιήθηκαν κυρίως τα συγγράμματα Flora Hellenica (Strid & Tan 1997, 2002) και Flora Europaea (Tutin κ.ά. 1968, 1972, 1976, 1980, 1993) και επικουρικά τα Flowers of Greece (Lafranchis και Sfikas 2009), Flora Reipublicae Popularis Bulgarica (Jordanov κ.ά. 1963-1995), Ατλας των ελληνικών ορχεοειδών Τόμος Ι και ΙΙ (Τσιφτσής και Αντωνόπουλος 2017, Αντωνόπουλος και Τσιφτσής 2017), Die Gattung *Festuca* in Griechenland (Markgraf-Dannenberg 1976) κ.ά.. Η ονοματολογία των ταχα ακολουθεί τους Dimopoulos κ.ά. (2013, 2016, 2022). Η ένταξή τους σε βιομορφές βασίζεται στο σύστημα του Raunkiaer (1934), όπως παρουσιάζεται από τους Dimopoulos κ.ά. (2013). Τέλος, για τη χωρολογική τους προέλευση και την κατάσταση τους (αυτοφυή, ξενικά, περιορισμένης εξάπλωσης), χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση που προτείνουν οι Dimopoulos κ.ά. (2013).

Τα συλλεχθέντα ταχα κατατέθηκαν στο ερμπάριο (TAUF) του Εργαστηρίου Δασικής Βοτανικής – Γεωβοτανικής του Τμήματος Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.

Στο φυτοκατάλογο παρατίθενται τα είδη αλφαβητικά κατά οικογένεια, γένος, είδος και υποείδος (όπου υπάρχει) μέσα στις μεγάλες ομάδες των Πτεριδόφυτων, Γυμνόσπερμων, Αγγειόσπερμων. Στη συνέχεια για κάθε ταχον δίνονται κατά σειρά τα: βιομορφή, χωρολογία και κατάσταση (status). Ακολουθούν η/οι θέση/εις συλλογής του/ων συλλεχθέντος/ων δείγματος/ων (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος), και για την κάθε θέση συλλογής ακολουθούν το υψόμετρο, η ημερομηνία συλλογής και ο αριθμός του δείγματος.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. ΧΛΩΡΙΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ

##### PTERIDOPHYTES

###### Aspleniaceae

*Asplenium adiantum-nigrum* L. - H/Pt/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 56 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793" E, 278 m, 29/5/2019, 38 ΜΠΟΥ

*Asplenium ceterach* L. - H/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 95 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820" N, 24°28'39,793" E, 278 m, 7/4/2019, 6 ΜΠΟΥ

*Asplenium trichomanes* L. - H/Co/N,N - 41°23'20,820" N, 24°28'39,793"E, 278 m, 7/4/2019, 4 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 113 ΜΠΟΥ

##### Pteridaceae

*Paragymnopteris marantae* (L.) K.H. Shing - H/ST/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 74 ΕΥΦΡΟ

##### GYMNOSPERMS

###### Cupressaceae

*Juniperus communis* L. subsp. *communis* - P/Ct/N,N - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 143 ΜΠΟΥ

*Juniperus oxycedrus* subsp. *deltoides* (R.P. Adams) N.G. Passal - P/EM/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 59 ΕΥΦΡΟ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 80 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 23/6/2019, 230 ΜΠΟΥ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 12/10/2019, 180 ΕΥΦΡΟ, 188 ΕΥΦΡΟ.

###### Pinaceae

*Abies alba* Mill. - P/Eu/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 57 ΕΥΦΡΟ

*Pinus nigra* J.F. Arnold - P/Me/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 47 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 34 ΜΠΟΥ

##### ANGIOSPERMS

###### Alliaceae

*Allium flavum* subsp. *tauricum* (Rchb.) K. Richt. - G/ME/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 23/6/2019, 176 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 170 ΕΥΦΡΟ

###### Amaranthaceae

*Amaranthus hybridus* L. - T/[N-Am]/A,E - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 23/6/2019, 168 ΜΠΟΥ

###### Anacardiaceae

*Pistacia terebinthus* L. - P/Me/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 42 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 26 ΕΥΦΡΟ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 16 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 144 ΜΠΟΥ

###### Apiaceae

*Daucus carota* L. subsp. *carota* - H/Pt/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 1 ΜΠΟΥ, 87 ΜΠΟΥ, 221 ΜΠΟΥ

*Ferulago campestris* (Besser) Grecescu - H/ES/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 90 ΜΠΟΥ

*Oenanthe pimpinelloides* L. subsp. *pimpinelloides* - H/EA/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m,

23/6/2019, 192 ΜΠΟΥ

***Orlaya daucooides*** (L.) Greuter - T/MS/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 69 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 81 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 102 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 52 ΕΥΦΡΟ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 110 ΕΥΦΡΟ

***Orlaya grandiflora*** (L.) Hoffm. - T/EA/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 214 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 162 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 139 ΕΥΦΡΟ

***Physospermum cornubiense*** (L.) DC. - H/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 51 ΕΥΦΡΟ, 53 ΕΥΦΡΟ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 149 ΕΥΦΡΟ

***Sanicula europaea*** L. - H/ES/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 137 ΕΥΦΡΟ

***Seseli rigidum*** Waldst. & Kit. - H/BC/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 12/10/2019, 179 ΕΥΦΡΟ

#### Araliaceae

***Hedera helix*** L. subsp. *helix* - P/ME/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 20 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 148 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 32 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 32 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 78 ΕΥΦΡΟ

#### Aristolochiaceae

***Aristolochia clematitis*** L. - G/ME/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 165 ΜΠΟΥ

#### Asclepiadaceae

***Vincetoxicum hirundinaria*** subsp. *nivale* (Boiss. & Heldr.) Markgr. - H/BA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 56 ΜΠΟΥ - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 103 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 58 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 83 ΕΥΦΡΟ

#### Asparagaceae

***Asparagus acutifolius*** L. - C/Me/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 106 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/2019, 254 ΜΠΟΥ - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 160 ΜΠΟΥ

#### Asteraceae

***Achillea millefolium*** L. - H/ES/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 222 ΜΠΟΥ

***Anthemis orbelica*** Pančić - T/Bk/N,R - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 132 ΜΠΟΥ

***Anthemis tinctoria*** subsp. *parnassica* (Boiss. & Heldr.) Nyman - H/Bk/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 208 ΜΠΟΥ

***Carduus candicans*** Waldst. & Kit. - H/Bk/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 29/5/2019, 76 ΜΠΟΥ

***Centaurea grisebachii*** (Nyman) Heldr. - H/Bk/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 12/10/2019, 240 ΜΠΟΥ

***Cichorium intybus*** L. - H/EA/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 23/6/2019, 163 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/2019, 246 ΜΠΟΥ

***Crepis foetida*** subsp. *rhoeadifolia* (M. Bieb.) Čelak. - H,T/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 173 ΜΠΟΥ

***Crupina vulgaris*** Cass. - T/EA/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 29/5/2019, 123 ΜΠΟΥ, 128 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 91 ΕΥΦΡΟ, 114 ΕΥΦΡΟ

***Erigeron annuus*** (L.) Desf. - T/[neotrop]/A,E - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 183 ΜΠΟΥ

***Erigeron canadensis*** L. - H,T/[N-Am]/A,E - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/2019, 243 ΜΠΟΥ

***Galinsoga parviflora*** Cav. - T/[S-Am]/A,E - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 12/10/2019, 236 ΜΠΟΥ

***Lactuca muralis*** (L.) Gaertn. - H/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 115 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 7 ΕΥΦΡΟ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 146 ΕΥΦΡΟ

***Leontodon biscutellifolius*** DC. - H/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 147 ΕΥΦΡΟ

***Leontodon hispidus*** L. subsp. *hispidus* - H/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 72 ΜΠΟΥ, 120 ΜΠΟΥ, 131 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 50 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 77 ΕΥΦΡΟ

***Petasites hybridus*** (L.) G. Gaerth. & al. - H/EA/N,N -



- 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 7/4/2019, 10 ΜΠΟΥ
- Pilosella bauhini*** subsp. ***magyarica*** (Peter) S. Braut. - H/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 43 ΜΠΟΥ, 135 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 45β, ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 93 ΕΥΦΡΟ
- Pilosella leucopsilon*** (Arv.-Touv.) Götttschl. - H/EA/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 190 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 144 ΕΥΦΡΟ
- Pilosella onegensis*** Norrl. - H/ES/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 49 ΕΥΦΡΟ
- Pilosella pavichii*** (Heuff.) Arv.-Touv. - H/BA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'28,465"E, 269 m, 23/6/2019, 124 ΕΥΦΡΟ
- Senecio rupestris*** Waldst. & Kit. - H/ME/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 100 ΜΠΟΥ
- Senecio vernalis*** Waldst. & Kit. - T/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 168 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 45α ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 90 ΕΥΦΡΟ
- Solidago virgaurea*** L. - H/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 12/10/2019, 247 ΜΠΟΥ
- Tanacetum corymbosum*** (L.) Sch. Bip. subsp. ***corymbosum*** - H/Me/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 172 ΜΠΟΥ
- Xanthium orientale*** subsp. ***italicum*** (Moretti) Greuter - T/[SE]/A,E - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/2019, 241 ΜΠΟΥ
- Betulaceae**
- Alnus glutinosa*** (L.) Gaertn. - P/ES/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 27 ΕΥΦΡΟ & 12/10/2019, 183 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 157 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/19, 251 ΜΠΟΥ
- Carpinus orientalis*** Mill. - P/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 39 ΕΥΦΡΟ & 23/6/2019, 82 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 139 ΜΠΟΥ & 23/6/2019, 231 ΜΠΟΥ
- Corylus avellana*** L. - P/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 29 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 154 ΜΠΟΥ
- Boraginaceae**
- Anchusa officinalis*** L. subsp. ***officinalis*** - H/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 224 ΜΠΟΥ
- Echium vulgare*** subsp. ***pustulatum*** (Sm.) Em. Schmid & Gams - H/Me/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 202 ΜΠΟΥ
- Myosotis incrassata*** Guss. - T/ME/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 20 ΜΠΟΥ
- Myosotis sylvatica*** subsp. ***subarvensis*** Grau - T,H/Me/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 91 ΜΠΟΥ, 95 ΜΠΟΥ - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 29/5/2019, 74 ΜΠΟΥ
- Myosotis cadmea*** Boiss. - T/BA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 102 ΕΥΦΡΟ
- Onosma heterophylla*** Griseb. - H/BA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 65 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 64 ΕΥΦΡΟ
- Symphytum ottomanum*** Friv. - H/BA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 82 ΜΠΟΥ, 118 ΜΠΟΥ
- Brassicaceae**
- Alyssum murale*** Waldst. & Kit. - H/ME/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 126 ΕΥΦΡΟ, 154 ΕΥΦΡΟ
- Arabis auriculata*** Lam. - T/ME/N,N - 41°23'11,823"N, 24°28'34,117"E, 292 m, 29/5/2019, 73 ΜΠΟΥ
- Berteroa incana*** (L.) DC. - T,H/ES/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 12/10/2019, 255 ΜΠΟΥ
- Capsella bursa-pastoris*** (L.) Medik. - T,H/Co/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 18 ΜΠΟΥ
- Cardamine graeca*** L. - T/Me/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 19 ΜΠΟΥ
- Erysimum diffusum*** Ehrh. - H/Eu/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 101 ΜΠΟΥ
- Noccaea lutescens*** F.K. Mey. - H/Bk/N,R - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 17 ΜΠΟΥ
- Rorippa thracica*** (Griseb.) Fritsch. - H/BA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 87 ΕΥΦΡΟ - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 105 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820" N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 121 ΜΠΟΥ
- Cactaceae**
- Opuntia humifusa*** (Raf.) Raf. - H/[N-Am]/A,E - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 109 ΜΠΟΥ (Φωτογραφικό δείγμα)



## Campanulaceae

*Asyneuma limonifolium* (L.) Janch. - H/Me/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 158 ΕΥΦΡΟ

*Campanula lingulata* Waldst. & Kit. - H/BA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 63 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 61 ΕΥΦΡΟ

*Campanula persicifolia* L. - H/ES/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 69 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 2 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 92 ΜΠΟΥ

*Campanula rapunculus* L. - H/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 9 ΕΥΦΡΟ, 25 ΕΥΦΡΟ & 23/6/2019, 76 ΕΥΦΡΟ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 97 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 46 ΜΠΟΥ, 136 ΜΠΟΥ

*Jasione heldreichii* Boiss. & Orph. - H/BA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 167 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 12/10/2019, 252 ΜΠΟΥ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 184 ΜΠΟΥ

## Caryophyllaceae

*Cerastium fontanum* subsp. *vulgare* (Hartman) Greuter & Burdet - T/Eu/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 104 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 162β ΜΠΟΥ

*Cerastium glutinosum* Fr. - T/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 54 ΜΠΟΥ

*Dianthus cruentus* Griseb. - H/BA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 13 ΕΥΦΡΟ, 37 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 4 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 47 ΜΠΟΥ, 49 ΜΠΟΥ

*Dianthus pinifolius* subsp. *lilacinus* (Boiss. & Heldr.) Wettst. - H/Bk/N,R - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 157 ΕΥΦΡΟ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 177 ΜΠΟΥ, 204 ΜΠΟΥ, 180 ΜΠΟΥ

*Dianthus pinifolius* subsp. *serbicus* Wettst. - H/Bk/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 163 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 159 ΕΥΦΡΟ

*Gypsophila muralis* L. - H/ES/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 189 ΜΠΟΥ

*Lychnis coronaria* (L.) Desr. - H/MS/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 155 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 48 ΜΠΟΥ

*Petrohragia saxifraga* (L.) Link. - H/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 213 ΜΠΟΥ, 217 ΜΠΟΥ

*Scleranthus perennis* subsp. *dichotomus* (Shur) Nyman - H/BA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 65 ΕΥΦΡΟ - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 29/5/2019, 94 ΜΠΟΥ

*Silene graeca* Boiss. & Spruner - T/Bk/N,Ru - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 195 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 12/10/2019, 256 ΜΠΟΥ

*Silene italica* (L.) Pers. - H/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 113 ΕΥΦΡΟ

*Silene otites* (L.) Wibel - H/Eu/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 219 ΜΠΟΥ

*Silene subconica* Friv. - T/Me/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 211 ΜΠΟΥ

*Stellaria media* (L.) Vill. - T,H/Co/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 66 ΜΠΟΥ

*Viscaria atropurpurea* Griseb. - H/Bk/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 45 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 1 ΕΥΦΡΟ

## Chenopodiaceae

*Chenopodium album* L. - T/Co/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 12/10/2019, 248 ΜΠΟΥ

## Cistaceae

*Cistus creticus* L. subsp. *creticus* - C/Me/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 46 ΕΥΦΡΟ & - 23/6/2019, 118 ΕΥΦΡΟ

*Cistus salviifolius* L. - C/Me/N,N - 41°23'11,823"N, 24°28'34,117"E, 292 m, 29/5/2019, 146 ΜΠΟΥ

*Helianthemum nummularium* subsp. *tomentosum* (Scop.) Schinz. & Thell. - C/Me/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 64 ΜΠΟΥ

*Tuberaria guttata* (L.) Fourr. - T/MA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 173 ΕΥΦΡΟ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 186 ΜΠΟΥ

## Convolvulaceae

*Convolvulus cantabrica* L. - C/MS/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 92 ΕΥΦΡΟ, 109 ΕΥΦΡΟ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 29/5/2019, 129 ΜΠΟΥ

*Convolvulus oleifolius* Desr. - C/Me/N,N -

- 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 171 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 172 ΕΥΦΡΟ
- Calystegia silvatica** (Kit.) Griseb. - H/MS/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 23 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 33 ΜΠΟΥ
- Cornaceae**
- Cornus mas** L. - P/EA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 141 ΜΠΟΥ, 150 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 31 ΕΥΦΡΟ
- Cornus sanguinea** L. - P/ES/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 147 ΜΠΟΥ, 149 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 30 ΕΥΦΡΟ
- Crassulaceae**
- Hylotelephium telephium** (L.) H. Ohba - H/ES/N,N - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 23/6/2019, 185 ΜΠΟΥ
- Sedum album** L. - C/EA/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 116 ΕΥΦΡΟ
- Sedum hispanicum** L. - H,C/EA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 72 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 78 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 62 ΕΥΦΡΟ
- Sempervivum heuffelii** Schott - C/Bk/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 84 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 79 ΜΠΟΥ
- Dioscoreaceae**
- Dioscorea communis** (L.) Caddick. & Wilkin - H/ME/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m - 29/5/2019, 21 ΕΥΦΡΟ
- Dipsacaceae**
- Knautia ambigua** Boiss. & Orph. - H/Bk/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 29/5/2019, 75 ΜΠΟΥ, 83 ΜΠΟΥ
- Knautia longifolia** (Waldst. & Kit.) W.D.J. Koch - H/BC/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 24 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 160 ΕΥΦΡΟ
- Euphorbiaceae**
- Euphorbia amygdaloides** L. subsp. *amygdaloides* - H,C/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 134 ΕΥΦΡΟ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 14 ΕΥΦΡΟ
- Euphorbia cyparissias** L. - H/Eu/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 15 ΕΥΦΡΟ - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 11 ΜΠΟΥ
- Euphorbia myrsinites** L. - H,C/ME/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 7 ΜΠΟΥ - 23/6/2019, 235 ΜΠΟΥ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 71 ΕΥΦΡΟ
- Euphorbia seguieriana** subsp. *niciciana* (Novák) Rech. f. - H/BA/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 8 ΕΥΦΡΟ
- Mercurialis perennis** L. - G/EA/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 3 ΜΠΟΥ
- Fabaceae**
- Astragalus glycyphyllos** L. - H/ES/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 98 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 229 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 123 ΕΥΦΡΟ
- Chamaecytisus austriacus** (L.) Link subsp. *austriacus* - P/BC/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 60 ΕΥΦΡΟ
- Dorycnium graecum** (L.) Ser. - H,C/ME/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 166 ΕΥΦΡΟ
- Genista carinalis** Griseb. - C/BA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 153 ΜΠΟΥ
- Genista januensis** subsp. *lydia* (Boiss.) Kit Tan & Ziel. - C/BA/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 9 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 38 ΕΥΦΡΟ
- Hippocrepis emerus** (L.) Lassen - P/Eu/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 156 ΜΠΟΥ
- Lotus corniculatus** L. - H/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 209 ΜΠΟΥ
- Melilotus albus** Medik. - T,H/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 164 ΕΥΦΡΟ
- Medicago sativa** subsp. *falcata* (L.) Arcang. - H/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 148 ΕΥΦΡΟ
- Chamaecytisus hirsutus** (L.) Link - C/Eu/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 8 ΜΠΟΥ
- Securigera varia** (L.) Lassen - H/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 166 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 99 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 145 ΕΥΦΡΟ, 165 ΕΥΦΡΟ
- Trifolium alpestre** L. - G/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 132 ΕΥΦΡΟ

- Trifolium angustifolium* L. - T/MS/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 193 ΜΠΟΥ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 179 ΜΠΟΥ
- Trifolium arvense* L. - T/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 203 ΜΠΟΥ
- Trifolium campestre* Schreb. - T/MS/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 212α ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 103 ΕΥΦΡΟ, 125 ΕΥΦΡΟ
- Trifolium pratense* L. - H/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 52 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 63 ΕΥΦΡΟ
- Trifolium purpureum* Loisel. - T/Me/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 196 ΜΠΟΥ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 131 ΕΥΦΡΟ
- Trifolium repens* L. subsp. *repens* - H/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 81 ΜΠΟΥ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 218 ΜΠΟΥ
- Trifolium vesiculosum* Savi - T/ME/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 223 ΜΠΟΥ
- Vicia angustifolia* L. - T/Pt/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 159 ΜΠΟΥ
- Vicia villosa* subsp. *varia* (Host) Corb. - T/ME/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 96 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 66 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 137 ΜΠΟΥ
- Fagaceae**
- Fagus sylvatica* L. subsp. *sylvatica* - P/Eu/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 19 ΕΥΦΡΟ
- Quercus pubescens* Willd. - P/ME/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 44 ΕΥΦΡΟ - 12/10/2019, 178 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 151 ΜΠΟΥ
- Gentianaceae**
- Centaurium tenuiflorum* (Hoffmanns. & Link) Fritsch subsp. *tenuiflorum* - T/ME/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 161 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 161 ΜΠΟΥ, 178 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 60 ΜΠΟΥ
- Geraniaceae**
- Geranium lucidum* L. - T/EA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 33 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 122 ΜΠΟΥ
- Geranium macrorrhizum* L. - G/ME/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 67 ΜΠΟΥ
- Geranium purpureum* Vill. - T/Me/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 55 ΕΥΦΡΟ
- Geranium sanguineum* L. - G/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 130 ΜΠΟΥ
- Gesneriaceae**
- Haberlea rhodopensis* Friv. - H/Bk/N,R - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 7/4/2019, 26 ΜΠΟΥ
- Hyacinthaceae**
- Muscari comosum* (L.) Mill. - G/ME/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 12 ΕΥΦΡΟ
- Muscari neglectum* Ten. - G/EA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 28 ΜΠΟΥ
- Ornithogalum pyrenaicum* subsp. *sphaerocarpum* (A. Kern.) Hegi - G/EA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 51 ΜΠΟΥ
- Hypericaceae**
- Hypericum cerastioides* (Spach) N. Robson - H/BA/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 12 ΜΠΟΥ
- Hypericum montbretii* Spach - H/EA/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 70 ΕΥΦΡΟ, 89 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 44 ΜΠΟΥ, 88 ΜΠΟΥ
- Hypericum olympicum* L. - T/BA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 171 ΕΥΦΡΟ
- Hypericum perforatum* L. - H/Pt/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 127 ΕΥΦΡΟ
- Iridaceae**
- Crocus pulchellus* Herb. - G/BA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 12/10/2019, 181 ΕΥΦΡΟ - 41°23'11,823"N, 24°28'34,117"E, 292 m, 12/10/2019, 238 ΜΠΟΥ
- Iris reichenbachii* Heuffel - G/Bk/N,N - 41°23'11,823"N, 24°28'34,117"E, 292 m, 7/4/2019, 29 ΜΠΟΥ
- Juglandaceae**
- Juglans regia* L. - P/ME/N,N - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 106 ΜΠΟΥ
- Juncaceae**

- Juncus bufonius* L. - T/Co/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 80 ΜΠΟΥ
- Luzula luzulina* (Vill.) Dalla Torre & Sarnth. - H/Eu/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 108 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 41 ΜΠΟΥ
- Luzula multiflora* (Ehrh.) Lej. subsp. *multiflora* - H/Ct/N,N - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 96 ΜΠΟΥ
- Lamiaceae**
- Ajuga genevensis* L. - G/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 84 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 62 ΜΠΟΥ
- Calamintha nepeta* subsp. *glandulosa* (Req.) P.W. Ball - H/ME/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 23/6/2019, 233 ΜΠΟΥ & 12/10/2019, 250 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 12/10/2019, 187 ΕΥΦΡΟ
- Calamintha menthifolia* Host. - H/ME/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 12/10/2019, 237 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 12/10/2019, 182 ΕΥΦΡΟ
- Clinopodium vulgare* L. - H/ES/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 23/6/2019, 136 ΕΥΦΡΟ
- Lamium garganicum* subsp. *laevigatum* Arcang. - H/Me/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 22 ΜΠΟΥ
- Lamium maculatum* L. - H/EA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 34 ΕΥΦΡΟ
- Lamium purpureum* L. - T/EA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 21 ΜΠΟΥ
- Mentha longifolia* (L.) Huds. - H/Pt/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 197 ΜΠΟΥ
- Prunella laciniata* (L.) L. - H/Me/N,N - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 182 ΜΠΟΥ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 152 ΕΥΦΡΟ
- Prunella vulgaris* L. - H/EA/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 85 ΜΠΟΥ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 140 ΕΥΦΡΟ
- Stachys cretica* subsp. *cassia* (Boiss.) Rech. f. - H/BA/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 215 ΜΠΟΥ
- Stachys angustifolia* Bieb. - H/Eu/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 135 ΕΥΦΡΟ
- Teucrium chamaedrys* L. - C/Me/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 188 ΜΠΟΥ, 206 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 151 ΕΥΦΡΟ, 174 ΕΥΦΡΟ
- Thymus atticus** Čelak. - C/BA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 169 ΕΥΦΡΟ
- Thymus longicaulis** C. Presl. - C/Me/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 73 ΕΥΦΡΟ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 7/4/2019, 23 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 42 ΜΠΟΥ
- Malvaceae**
- Malva sylvestris* L. - T,H/EA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 59 ΜΠΟΥ - 41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 23/6/2019, 181 ΜΠΟΥ
- Moraceae**
- Ficus carica* L. - P/MS/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 40 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 36 ΜΠΟΥ
- Morus alba* L. - P/[E-As]/A,E - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 140 ΜΠΟΥ
- Oleaceae**
- Fraxinus ornus* L. - P/ME/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 29/5/2019, 43 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 116 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 119 ΕΥΦΡΟ
- Orchidaceae**
- Ophrys sphegodes* subsp. *mammosa* (Desf.) E. Nelson - G/ME/N,N - 41°23'8,120"N, 24°28'37,161"E, 260 m, 7/4/2019, 30 ΜΠΟΥ
- Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. subsp. *chlorantha* - G/ES/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 29/5/2019, 54 ΕΥΦΡΟ
- Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. - G/EA/N,N - 41°23'8,120"N, 24°28'37,161"E, 260 m, 3/10/2020, 257 ΜΠΟΥ (Φωτογραφικό δείγμα)
- Orobanchaceae**
- Lathraea rhodopea* Dingler - H/EA/N,N - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 2 ΜΠΟΥ
- Papaveraceae**
- Papaver rhoeas* L. - T/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 164 ΜΠΟΥ
- Plantaginaceae**
- Plantago lanceolata* L. - H/Co/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 58 ΜΠΟΥ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 216 ΜΠΟΥ
- Plumbaginaceae**



- Armeria rumelica* Boiss. - H/Bk/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 205 ΜΠΟΥ
- Poaceae**
- Agrostis capillaris* L. - H/ES/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 141 ΕΥΦΡΟ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 3 ΕΥΦΡΟ
- Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng - H/ST/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 167 ΜΠΟΥ
- Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv. subsp. *sylvaticum* - H/Pt/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 129 ΕΥΦΡΟ, 130 ΕΥΦΡΟ
- Briza maxima* L. - T/ST/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 41 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 68α ΜΠΟΥ
- Bromus hordeaceus* L. subsp. *hordeaceus* - T/Co/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 70 ΜΠΟΥ, 89 ΜΠΟΥ
- Bromus squarrosus* L. - T/Pt/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 170 ΜΠΟΥ, 198 ΜΠΟΥ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 68β ΜΠΟΥ
- Bromus sterilis* L. - T/MS/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 138α ΜΠΟΥ
- Chrysopogon gryllus* (L.) Trin. - H/EA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 101 ΕΥΦΡΟ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 98 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 126 ΜΠΟΥ, 138β ΜΠΟΥ
- Cynosurus echinatus* L. - T/Me/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 138 ΕΥΦΡΟ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 11 ΕΥΦΡΟ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 100 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 199 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 112 ΜΠΟΥ
- Dactylis glomerata* subsp. *hispanica* (Roth.) Nyman - H/Me/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 35 ΕΥΦΡΟ & 23/6/2019, 122 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 110 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 23/6/2019, 194 ΜΠΟΥ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 97 ΜΠΟΥ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 125 ΜΠΟΥ
- Festuca polita* (Halácsy) Tzvelev - H/EM/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 36 ΕΥΦΡΟ & - 23/6/2019, 88 ΕΥΦΡΟ, 94 ΕΥΦΡΟ
- Festuca macedonica* J. Vetter - H/Bk/N,R - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 99 ΕΥΦΡΟ
- Hordeum murinum* L. subsp. *murinum* - T/MS/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 134 ΜΠΟΥ
- Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult. - H/Bo/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 87 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 220 ΜΠΟΥ
- Koeleria nitidula* Velen. - G/EA/N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 156 ΕΥΦΡΟ
- Lolium perenne* L. - H/ES/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 133 ΜΠΟΥ
- Phleum phleoides* (L.) H. Karst. - H/ES/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 175 ΜΠΟΥ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 128 ΕΥΦΡΟ
- Poa nemoralis* L. - G/Ct/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 111 ΕΥΦΡΟ - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 107 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 117 ΜΠΟΥ
- Poa pratensis* L. - G/Ct/N,N - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019, 5 ΕΥΦΡΟ
- Setaria viridis* (L.) P. Beauv. - T/Co/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 201 ΜΠΟΥ - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 12/10/2019, 253 ΜΠΟΥ
- Polygalaceae**
- Polygala major* Jacq. - H/ES/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 55 ΜΠΟΥ
- Polygonaceae**
- Rumex acetosella* L. - H/Co/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 200 ΜΠΟΥ
- Primulaceae**
- Cyclamen hederifolium* Aiton - G/Me/N,N - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 12/10/2019, 175 ΕΥΦΡΟ, 177 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 12/10/2019, 239 ΜΠΟΥ
- Lysimachia punctata* L. - H/Eu/N,N - 41°23'20,909"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 57 ΜΠΟΥ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 174 ΜΠΟΥ - 41°22'53,752"N, 24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 112 ΕΥΦΡΟ - 41°22'51,121"N,



24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 150β ΕΥΦΡΟ  
*Primula veris* L. subsp. *veris* - H/Eu/N,N -  
41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 7/4/2019,  
14 ΜΠΟΥ

*Primula vulgaris* Huds. subsp. *vulgaris* - H/EA/N,N -  
41°23'15,703"N, 24°28'31,338"E, 306 m, 7/4/2019,  
15 ΜΠΟΥ

#### Ranunculaceae

*Anemone pavonina* Lam. - G/Me/N,N - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 27 ΜΠΟΥ

*Clematis vitalba* L. - P/EA/N,N - 41°22'53,752"N,  
24°28'22,172"E, 269 m, 29/5/2019, 18 ΕΥ-  
ΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278  
m, 29/5/2019, 142 ΜΠΟΥ - 41°23'34,057"N,  
24°28'34,177"E, 297 m, 23/6/2019, 226 ΜΠΟΥ

*Clematis viticella* L. - P/EA/N,N - 41°23'20,820"N,  
24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 86 ΜΠΟΥ

*Ranunculus polyanthemos* L. subsp. *polyanthemos*  
- H/EA/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E,  
265 m, 29/5/2019, 17 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 108 ΜΠΟΥ

*Ranunculus sartorianus* Boiss. & Heldr. - G/BA/  
N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m,  
29/5/2019, 10 ΕΥΦΡΟ

#### Rhamnaceae

*Paliurus spina-christi* Mill. - P/EA/N,N -  
41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 29/5/2019,  
48 ΕΥΦΡΟ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E,  
307 m, 23/6/2019, 234 ΜΠΟΥ - 41°23'13,651"N,  
24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 145 ΜΠΟΥ -  
41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m,  
12/10/2019, 249 ΜΠΟΥ

#### Rosaceae

*Dryocallis regis-borisii* (Stoj.) Sojak subsp.  
*regis-borisii* - H/Bk/N,R - 41°23'13,651"N,  
24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 50 ΜΠΟΥ

*Fragaria vesca* L. - H/EA/N,N - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 16α ΜΠΟΥ

*Malus sylvestris* (L.) Mill. subsp. *sylvestris* - P/  
Eu/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m,  
29/5/2019, 22 ΕΥΦΡΟ

*Potentilla argentea* L. - H/ES/N,N - 41°23'20,820"N,  
24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 61 ΜΠΟΥ

*Potentilla inclinata* Vill. - H/EA/N,N - 41°22'51,121"N,  
24°28'22,356"E, 296 m, 23/6/2019, 67 ΕΥΦΡΟ,  
68 ΕΥΦΡΟ, 143 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N,  
24°28'39,793"E, 278 m, 29/5/2019, 119 ΜΠΟΥ

*Potentilla micrantha* DC. - H/EA/N,N - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 16β ΜΠΟΥ

*Prunus spinosa* L. - P/EA/N,N - 41°22'53,752"N,

24°28'22,172"E, 269 m, 23/6/2019, 115 ΕΥ-  
ΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304  
m, 29/5/2019, 155 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 23/6/2019, 232 ΜΠΟΥ  
- 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m,  
23/6/2019, 225 ΜΠΟΥ

*Pyrus spinosa* Forssk. - P/Me/N,N - 41°23'20,909"N,  
24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 158 ΜΠΟΥ

*Rosa canina* L. - P/Pt/N,N - 41°22'48,382"N,  
24°28'21,746"E, 286 m, 12/10/2019, 176 ΕΥ-  
ΦΡΟ - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304  
m, 29/5/2019, 152 ΜΠΟΥ - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 12/10/2019, 242 ΜΠΟΥ

*Rubus canescens* DC. - P/EA/N,N - 41°23'34,057"N,  
24°28'34,177"E, 297 m, 29/5/2019, 40 ΜΠΟΥ

*Sanguisorba minor* Scop. subsp. *minor* - H/EA/  
N,N - 41°22'51,121"N, 24°28'22,356"E, 296  
m, 23/6/2019, 85 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,909"N,  
24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 127 ΜΠΟΥ  
- 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m,  
23/6/2019, 75 ΕΥΦΡΟ

#### Rubiaceae

*Galium hellenicum* Krendl - H/Bk/N,R -  
41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019,  
6β ΕΥΦΡΟ - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265  
m, 23/6/2019, 133 ΕΥΦΡΟ - 41°23'26,127"N,  
24°28'34,105"E, 304 m, 29/5/2019, 107 ΜΠΟΥ

*Galium spurium* L. - T/Ct/N,N - 41°22'58,808"N,  
24°28'28,465"E, 265 m, 29/5/2019, 6α ΕΥΦΡΟ

#### Ruscaceae

*Ruscus aculeatus* L. - G,C/ME/N,N - 41°23'32,036"N,  
24°28'33,220"E, 293 m, 7/4/2019, 1 ΜΠΟΥ  
- 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E, 265 m,  
23/6/2019, 120 ΕΥΦΡΟ

#### Salicaceae

*Salix elaeagnos* Scop. - P/ME/N,N - 41°23'8,120"N,  
24°28'37,161"E, 260 m, 29/5/2019, 28 ΕΥ-  
ΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m,  
29/5/2019, 39 ΜΠΟΥ

#### Santalaceae

*Thesium linophyllum* L. subsp. *linophyllum* - H/  
Eu/N,N - 41°22'58,808"N, 24°28'28,465"E,  
265 m, 23/6/2019, 86 ΕΥΦΡΟ - 41°23'4,589"N,  
24°28'30,715"E, 263 m, 12/10/2019, 184 ΕΥΦΡΟ

#### Scrophulariaceae

*Verbascum humile* Janka subsp. *humile* - H/Bk/N,R  
- 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m,  
29/5/2019, 53 ΜΠΟΥ

*Verbascum roripifolium* (Halácsy) I.K. Ferguson - H/  
Bk/N,R - 41°23'32,036"N, 24°28'33,220"E, 293 m,

23/6/2019, 169 ΜΠΟΥ

#### **Solanaceae**

*Solanum decipiens* Opiz - T/EA/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 23/6/2019, 207 ΜΠΟΥ

#### **Tiliaceae**

*Tilia tomentosa* Moench - P/EA/N,N - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 29/5/2019, 35 ΜΠΟΥ - 41°23'13,651"N, 24°28'32,884"E, 307 m, 23/6/2019, 228 ΜΠΟΥ

#### **Ulmaceae**

*Celtis australis* L. - P/ME/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 29/5/2019, 37 ΜΠΟΥ

*Ulmus minor* Mill. subsp. *minor* - P/EA/N,N - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 117 ΕΥΦΡΟ

#### **Urticaceae**

*Urtica urens* L. - T/Co/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 29/5/2019, 124 ΜΠΟΥ

#### **Veronicaceae**

*Digitalis lanata* Ehrh. - H/BA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 23/6/2019, 191 ΜΠΟΥ - 41°22'48,382"N, 24°28'21,746"E, 286 m, 23/6/2019, 79 ΕΥΦΡΟ

*Veronica chamaedrys* L. subsp. *chamaedrys* - H/ES/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 7/4/2019, 31 ΜΠΟΥ - 41°23'4,589"N, 24°28'30,715"E, 263 m, 23/6/2019, 142 ΕΥΦΡΟ - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 29/5/2019, 71 ΜΠΟΥ

*Veronica persica* Poir. - T/[W-As]/A,E - 41°23'20,820"N, 24°28'39,736"E, 284 m, 23/6/2019, 212β ΜΠΟΥ

#### **Violaceae**

*Viola macedonica* Boiss. & Heldr. subsp. *macedonica* - T,H/Bk/N,N - 41°23'20,820"N, 24°28'39,793"E, 278 m, 23/6/2019, 162α ΜΠΟΥ

*Viola riviniana* Rchb. - H/Eu/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 25 ΜΠΟΥ

*Viola reichenbachiana* Boreau - H/EA/N,N - 41°23'26,127"N, 24°28'34,105"E, 304 m, 7/4/2019, 24 ΜΠΟΥ

#### **Vitaceae**

*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (C.C. Gmel.) Hegi - P/EA/N,N - 41°23'34,057"N, 24°28'34,177"E, 297 m, 23/6/2019, 227 ΜΠΟΥ

### **3.2.ΧΛΩΡΙΔΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Η χλωρίδα της περιοχής έρευνας αποτελείται από 238 taxa (237 είδη και 53 υποείδη) (Πίνακας Ι), τα οποία ανήκουν σε 171 γένη και 66 οικογένειες. Τα Πτεριδόφυτα και τα Γυμνόσπερμα έχουν χαμηλή συμμετοχή στη χλωρίδα της περιοχής με 4 taxa για την κάθε ομάδα, ενώ τα υπόλοιπα taxa (230) ανήκουν στα Αγγειόσπερμα. Οι πολυπληθέστερες οικογένειες είναι οι: Asteraceae (24 taxa), Fabaceae (21 taxa), Poaceae (20 taxa), Lamiaceae (15 taxa), Caryophyllaceae (15 taxa). Οι οικογένειες αυτές συγκαταλέγονται μεταξύ των πολυπληθέστερων οικογενειών της ελληνικής χλωρίδας (Dimopoulos κ.ά. 2013, 2016). Αξίζει να αναφερθεί ότι οι 20 πολυπληθέστερες οικογένειες αριθμούν 174 taxa και αποτελούν το 73,1% της χλωρίδας της περιοχής. Αντίστοιχο ποσοστό δίνεται και για τις πολυπληθέστερες οικογένειες της ελληνικής χλωρίδας (Dimopoulos κ.ά. 2013, 2016). Τέλος, 26 οικογένειες εκπροσωπούνται με ένα μόνο taxon στη χλωρίδα της περιοχής. Τα πολυπληθέστερα γένη είναι τα: *Trifolium* (8 taxa), *Euphorbia*, *Geranium*, *Hypericum*, *Silene* και *Pilosella* (4 taxa έκαστο) και τα *Asplenium*, *Bromus*, *Campanula*, *Dianthus*, *Myosotis*, *Lamium*, *Potentilla* και *Viola* (3 taxa έκαστο).

**Πίνακας I:** Αναλυτικά στοιχεία της χλωρίδας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαρκαδιάς - Φράγμα Πλατανόβρυσης”

**Table I:** Floristic data along the “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s Dam” path

Συστηματική Μονάδα	Οικογένειες (fam.)	Γένη (gen.)	Είδη (sp.)	Υποείδη (subsp.)	Taxa (sp.+subsp.)	Ποσοστό (%)
Αγγειόσπερμα	62	166	229	51	230	96,64
Γυμνόσπερμα	2	3	4	2	4	1,68
Πτεριδόφυτα	2	2	4	0	4	1,68
Σύνολο	66	171	237	53	238	100,00

### 3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΜΟΡΦΩΝ

Από την ανάλυση του βιοφάσματος (Πίνακας II) προέκυψε ότι η βιοτική μορφή που κυριαρχεί είναι τα ημικρυπτόφυτα με 119 taxa και ποσοστό 50%. Ακολουθούν τα θερόφυτα με 51 taxa και ποσοστό 21,43%, τα φανερόφυτα με 32 taxa (13,45%), τα γεώφυτα με 22 taxa (9,24%) και τα χαμαίφυτα με 14 taxa (5,88%).

### 3.4. ΧΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Από το χωρολογικό φάσμα (Πίνακας III) προκύπτει ότι επικρατέστερη χωρολογική ομάδα είναι τα Ευρέως Εξαπλωμένα taxa (127 taxa και ποσοστό 54,36%), με κυρίαρχη χωρολογική κατηγορία τα Ευρωπαϊκά-ΝΔ Ασιατικά (61 taxa και ποσοστό 26,63%). Ακολουθούν τα Μεσογειακά taxa (60 taxa και ποσοστό 25,21%), με

**Πίνακας II:** Βιοφάσμα της χλωρίδας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαρκαδιάς - Φράγμα Πλατανόβρυσης”  
**Table II:** Life-form spectrum of the flora along the “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s Dam” path

Σύμβολο	Βιομορφή	Αριθμός taxa	Ποσοστό (%)
P	Φανερόφυτα - Phanerophytes	32	13,45
C	Χαμαίφυτα - Chamaephytes	14	5,88
H	Ημικρυπτόφυτα - Hemicryptophytes	119	50,00
G	Γεώφυτα/Κρυπτόφυτα - Geophytes	22	9,24
T	Θερόφυτα - Therophytes	51	21,43
	ΣΥΝΟΛΟ	<b>238</b>	<b>100,00</b>

Από τη σύγκριση του βιοφάσματος της περιοχής έρευνας με αντίστοιχα διάφορων ζωνών βλάστησης (Raunkiaer 1934) φαίνεται ότι το βιοφάσμα της περιοχής έρευνας μοιάζει αρκετά με το βιοφάσμα της εύκρατης ζώνης, όπου υπερέχουν τα ημικρυπτόφυτα, ωστόσο παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό για τα θερόφυτα, γεγονός που υποδεικνύει ότι η χλωρίδα της περιοχής έρευνας είναι επηρεασμένη από το μεσογειακό κλίμα. Επίσης, σύγκριση του βιοφάσματος της περιοχής έρευνας με το αντίστοιχο της Ελατιάς Δράμας στη Δυτική Ροδόπη (Ελευθεριάδου 1992) έδειξε ότι αυτά μοιάζουν αρκετά, ωστόσο υπάρχει μια διαφοροποίηση στα ποσοστά των ημικρυπτοφύτων (μεγαλύτερο στην Ελατιά) και των θεροφύτων (μικρότερο στην Ελατιά). Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την διαφορά υψομέτρου στις δύο περιοχές.

κυρίαρχη κατηγορία τα Μεσογειακά-Ευρωπαϊκά (25 taxa και ποσοστό 10,51%).

Η βαλκανική ομάδα έχει χαμηλή αντιπροσώπευση (43 taxa και ποσοστό 18,07%) και με επικρατέστερη τη χωρολογική κατηγορία των Βαλκανικών (20 taxa και ποσοστό 8,2%) και των Βαλκανικών-Ανατολικών (20 taxa και ποσοστό 8,2%). Από τα βαλκανικά taxa της περιοχής έρευνας μερικά, παρόλο που δεν ανήκουν στα ελληνικά ενδημικά είδη, ωστόσο, θεωρούνται ότι είναι περιορισμένης γεωγραφικής εξάπλωσης (range-restricted). Μεταξύ αυτών αναφέρονται τα *Anthemis orbelica*, *Dianthus pinifolius* subsp. *lilacinus*, *Drymocallis regis-borisii* subsp. *regis-borisii*, *Festuca macedonica*, *Galium hellenicum*, *Haberlea rhodopensis*, *Noccaea lutescens*, *Verbascum humile* και *Verbascum roripifolium*.

**Πίνακας III:** Χωρολογικό φάσμα της χλωρίδας κατά μήκος του μονοπατιού “Γέφυρα Ζαρκαδιάς - Φράγμα Πλατανόβρυσης”

**Table III:** The chorological spectrum of the flora along the “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s Dam” path

ΑΑ	Χωρολογικές Ομάδες/Κατηγορίες	ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ		ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ	
		Αριθμός taxa	Ποσοστό (%)	Αριθμός taxa	Ποσοστό (%)
<b>1.</b>	<b>Ευρέως Εξαπλωμένα taxa</b>			<b>127</b>	<b>54,36</b>
	Ευρωπαϊκά (Eu)	15	6,30		
	Ευρωπαϊκά - ΝΔ Ασιατικά (EA)	61	26,63		
	Βόρεια (Bo)	1	0,42		
	Ευρω- Σιβηρικά (ES)	19	7,99		
	Παλαιο - Εύκρατα (Pt)	13	5,46		
	Περί - εύκρατα (Ct)	5	2,10		
	Υποτροπικά - Τροπικά (ST)	3	1,26		
	Κοσμοπολίτικα (Co)	10	4,20		
<b>2.</b>	<b>Μεσογειακά taxa</b>			<b>60</b>	<b>25,21</b>
	Ανατολικο - Μεσογειακά (EM)	2	0,84		
	Μεσογειακά (Me)	23	9,66		
	Μεσογειακά- Ευρωπαϊκά (ME)	25	10,51		
	Μεσογειακά- Ατλαντικά (MA)	1	0,42		
	Μεσογειακά-ΝΔ Ασιατικά (MS)	9	3,78		
<b>3.</b>	<b>Βαλκανικά taxa</b>			<b>43</b>	<b>18,07</b>
	Βαλκανικά (Bk)	20	8,40		
	Βαλκανικά - Κεντροευρωπαϊκά (BC)	3	1,26		
	Βαλκανικά - Ανατολικά (BA)	20	8,40		
<b>4.</b>	<b>Ξενικά taxa</b>			<b>8</b>	<b>3,36</b>
	[N-Am]	3	1,26		
	[S-Am]	1	0,42		
	[neotrop]	1	0,42		
	[E-As]	1	0,42		
	[W-As]	1	0,42		
	[SE]	1	0,42		
	<b>Σύνολο</b>			<b>238</b>	<b>100</b>

Τέλος, παρατηρείται η παρουσία 8 ξενικών taxa (ποσοστό 3,36%), τα οποία έχουν εγκλιματιστεί: *Amaranthus hybridus*, *Erigeron canadensis* και *Opuntia humifusa* με κύριο εύρος εξάπλωσης τη Βόρεια Αμερική, *Erigeron annuus* που εξαπλώνεται στην Κεντρική Αμερική, *Galinsoga parviflora* με κύριο εύρος εξάπλωσης τη Νότια Αμερική, *Morus alba* με εξάπλωση στην Ανατολική Ασία, *Xanthium orientale* subsp. *italicum*

με εξάπλωση στη Νότια Ευρώπη και *Veronica persica* με εύρος εξάπλωσης την Ανατολική Ασία.

### 3.5. ΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ

Στην περιοχή έρευνας βρέθηκαν 2 είδη τα οποία θεωρούνται απειλούμενα και έχουν χαρακτηριστεί ως Τρωτά (VU) (Φοίτος κ.ά. 2009). Αυτά είναι η *Lathraea rhodopea* και η *Haberlea rhodopensis*. Η *Haberlea*

*rhodopensis* έχει συμπεριληφθεί και στον κατάλογο των προστατευόμενων ειδών, σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 67/1981 (ΠΔ 67/1981). Η εξάπλωσή της περιορίζεται στη ΒΑ Ελλάδα και Κ. και ΝΚ. Βουλγαρία και αν και προς το παρόν δεν απειλείται άμεσα, η εμφάνισή της σε εξειδικευμένους βιοτόπους, που

καταλαμβάνουν πολύ μικρή έκταση, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση του πληθυσμού της. Η *Lathraea rhodopea*, που παρασιτεί στις ρίζες άλλων ειδών, αν και δεν είναι είδος περιορισμένης εξάπλωσης, ωστόσο εμφανίζεται σε μικρούς πληθυσμούς, με αποτέλεσμα να απειλείται με εξαφάνιση.

## Phytodiversity investigation along the “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s Dam” path, Western Rhodopes

E. Megalonidou<sup>1</sup>, G. Bourdanou<sup>1</sup>, C. Charalampidou<sup>1</sup>, K. Theodoropoulos<sup>1</sup>, E. Eleftheriadou<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The “Zarkadia’s Bridge - Platanovrisi’s dam” path runs parallel to Diavolorema and is located within the boundaries of one of the most important National Parks of Greece, the Rhodopi Mountain Range National Park. As part of the fieldwork, five visits were made to the research area, and 427 woody and herbaceous plant samples were collected. The vascular flora of the area consists of 238 taxa (237 species and 53 subspecies), belonging to 171 genera and 66 families. The most taxa-rich families were Asteraceae (24 taxa), Fabaceae (21 taxa), Poaceae (20 taxa), Lamiaceae (15 taxa) and Caryophyllaceae (15 taxa). The Life-form spectrum shows that Hemicryptophytes dominate (114 taxa). The most abundant chorological group is Widespread Taxa (127 taxa, 54,36%), whereas the Balkan group is much lower (43 taxa, 18,07%). The area hosts some range-restricted taxa, such as *Anthemis orbelica*, *Dianthus pinifolius* subsp. *lilacinus*, *Drymocallis regis-borisii* subsp. *regis-borisii*, *Festuca macedonica*, *Galium hellenicum*, *Haberlea rhodopensis*, *Noccaea lutescens*, *Verbascum humile* και *Verbascum roripifolium*. Furthermore, it is worth mentioning the presence of *Lathraea rhodopea* and *Haberlea rhodopensis*, which are classified as Vulnerable (VU) according to the IUCN Red List, while *Haberlea rhodopensis* is also included in the list of protected species according to the Presidential Decree 67/1981.

**Keywords:** Phytodiversity, Flora, Life-form spectrum, chorological analysis

---

1. Laboratory of Forest Botany-Geobotany, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, 54124, Greece, eelefthe@for.auth.gr



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντωνόπουλος Ζ. & Τσιφτσής Σ. 2017. ΑΤΛΑΣ των ελληνικών ορχεοειδών, τόμος ΙΙ. Mediterraneo Editions, Ρέθυμνο, Κρήτη, Ελλάδα.
- Dimopoulos P., Raus T., Bergmeier E., Constantinidis T., Iatrou G., Kokkini S., Strid A. & Tzanoudakis D. 2013. Vascular Plants of Greece: An annotated checklist. *Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem; Hellenic Botanical Society*. [Englera 31]. Berlin.
- Dimopoulos P., Raus T., Bergmeier E., Constantinidis T., Iatrou G., Kokkini S., Strid A. & Tzanoudakis D. 2016. Vascular Plants of Greece: An annotated checklist. *Supplemen. Willdenowia* 46(3): 301-347.
- Dimopoulos P., Raus Th. & Strid A. (ed.) 2022: Flora of Greece web. Vascular plants of Greece: an annotated checklist. Version IV, July 2022. – Published at <http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/> [accessed 29 Aug 2022].
- Ελευθεριάδου Ε. 1992. Η γλωρίδα ψυχρόβιων πλατύφυλλων – κωνοφόρων και υψηλής εξωδασικής περιοχής Ελατίας Δράμας. Διδακτορική Διατριβή. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Guccione M. 2000. The Mediterranean biogeographic region, Mediterranean Region / Draft 2a ANPA, Italy.
- Ι.Γ.Μ.Ε. 1983. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, 1:500000. Αθήνα.
- Jordanov D. (ed.). 1963–1995. Flora Reipublicae Popularis Bulgaricae, vol. 1-10. In *Aedibus Acad. Sci. Bulgaricae*, Sofia.
- Lafranchis T. & Sfikas G. 2009. *Flowers of Greece*, vol. 1-2. Diantheo, France.
- Markgraf-Dannenbergh I. 1976. Die Gattung *Festuca* in Griechenland. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes ETH, Stiftung Rübel (Zürich)* 58: 92–182
- Μαυρομάτης, Γ. 1980. Το Βιοκλίμα της Ελλάδος, Σχέσεις Κλίματος και Φυσικής Βλαστήσεως, Βιοκλιματικοί Χάρτες. Ίδρυμα Δασικών Ερευνών Αθηνών, ΔΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ, Τόμος 1, Αθήνα
- Μουντράκης Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- Π.Δ.67/1981. Περί προστασίας της αυτοφυούς γλωρίδας και της άγριας πανίδας και καθορισμού διαδικασίας συντονισμού και ελέγχου της έρευνας αυτών. - Φ.Ε.Κ. 23/Α/30-01-1981.
- Raunkiaer C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. – Clarendon Press, Oxford.
- Strid A. & Tan K. (eds). 1997. *Flora Hellenica*, vol.1: Gymnospermae to Caryophyllaceae. Koelz Scientific Book, Germany.
- Strid A. & Tan K. 2002. *Flora Hellenica*, vol.2: Nymphaeaceae to Platanaceae. A.R.G. Gantner Verlag, K.G. Ruggell, Germany.
- Τσιφτσής Σ. & Αντωνόπουλος Ζ. 2017. ΑΤΛΑΣ των ελληνικών ορχεοειδών τόμος Ι. Mediterraneo Editions, Ρέθυμνο, Κρήτη, Ελλάδα.
- Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. & Webb D.A. (eds). 1968, 1972, 1976, 1980. *Flora Europaea*, vol. 2,3,4,5. Cambridge University Press, London.
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmonson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. & Webb D.A. (eds). 1991. *Flora Europaea*, vol. 1. (ed. 2). Cambridge University Press, London, 629 pp.
- Φοίτος Δ., Κωνσταντινίδης Θ., Καμάρη Κ. 2009. Βιβλίο ερυθρών Δεδομένων των Σπάνιων και Απειλούμενων φυτών της Ελλάδας. Ελληνική Βοτανική Εταιρεία.

## Χρήση μεθοδολογίας Γραμμικού Προγραμματισμού (ΓΠ) για την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στη λεκάνη απορροής του π. Σπερχειού

Dr. Φυτίλης Κωνσταντίνος, MSc, PhD<sup>1,2</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κατανομή και διαχείριση των καλλιεργειών (crops distribution and management) αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στον πρωτογενή τομέα, κάτι που μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της παραγωγής με αποτέλεσμα την αύξηση του κέρδους. Τα τελευταία χρόνια η χρήση μεθοδολογιών για την οργάνωση της αγροτικής παραγωγής έχει συμβάλει αποτελεσματικά στη διαχείριση των καλλιεργειών. Ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) ή αλλιώς γραμμική βελτιστοποίηση, είναι μέθοδος για την επίτευξη του καλύτερου αποτελέσματος (πχ. μεγιστοποίηση κέρδους) σε ένα μαθηματικό υπόδειγμα, του οποίου οι προϋποθέσεις (περιορισμοί) είναι ένα σύνολο γραμμικών σχέσεων των μεταβλητών του. Στη παρούσα μελέτη γίνεται χρήση του γραμμικού προγραμματισμού για μεγιστοποίηση της απόδοσης των καλλιεργειών σε μία αγροτική περιοχή προς βελτιστοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται το εργαλείο solver του excel που επιλύει γραμμικά προβλήματα, ώστε να πραγματοποιηθεί κατανομή των καλλιεργειών στην υπολεκάνη GR1801 στη ΛΑΠ π. Σπερχειού κάτω από περιβαλλοντικούς περιορισμούς, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της παραγωγής.

Γίνεται πλήρης περιγραφή της περιοχής μελέτης με προσδιορισμό των καλλιεργειών που απαντώνται. Τεκμηριώνονται πλήρως οι περιορισμοί που λαμβάνονται υπόψη και τα δεδομένα αξιολογούνται και διασταυρώνονται από αξιόπιστες πηγές (πχ. ΕΛΓΑ, ΟΠΕΚΕΠΕ, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, Corine Land Cover 2018 κτλ.). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του γραμμικού προγραμματισμού στην περιοχή μελέτης δείχνουν ότι οι περιορισμοί είναι αυτοί, που καθορίζουν τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας.

**Λέξεις κλειδιά:** Γραμμικός προγραμματισμός, διαχείριση καλλιεργειών, solver, excel, περιορισμοί

**Επεξήγηση συντομεύσεων:** ΛΑΠ = Λεκάνη Απορροής

Corine Land Cover (CLC) = Χρήσεις Γης

Geographical Information System (G.I.S.) = Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκμετάλλευση των γεωργικών δραστηριοτήτων στοχεύει στην επίτευξη ενός ικανοποιητικού αποτελέσματος, βασισμένη στον ορθολογικό συνδυασμό των βασικών συντελεστών της παραγωγής: του κεφαλαίου, της εργασίας και του εδάφους. Η κύρια έννοια αυτού του αποτελέσματος, αποτυπώνεται στο να παραχθούν προϊόντα υψηλής ποιότητας, με όσο το δυνατό πιο ευνοϊκό κόστος για τον καταναλωτή. Ο παραγωγός από τη μεριά του, αποσκοπεί σε καθαρή υψηλή πρόσοδο. Συνεπώς, βασικοί σκοποί της δια-

χείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, αποτελούν οι ανωτέρω επιδιώξεις (Olson 1985).

Παρόλα αυτά, πολλοί αγρότες λόγω έλλειψης γνώσεων οδηγούνται σε λανθασμένες γεωργικές πρακτικές. Είναι γεγονός ότι τις περισσότερες φορές, επιλέγουν καλλιεργητικές πρακτικές στοχεύοντας στο να αυξήσουν τα κέρδη τους, χωρίς να τους διακατέχει η περιβαλλοντική συνείδηση (Zalidis et al. 2002).

Η ελλιπής πληροφόρηση και γνώση που παρατηρείται στο μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των αγροτών, προκύπτει από την λανθασμένη ενημέρωση

<sup>1</sup>Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ.

<sup>2</sup>Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, 46,7 χλμ. Λεωφόρος Αθηνών Σουνίου, Τ.Θ. 712, Τ.Κ. 19013, Ανάβυσσος Αττική Ελλάδα

ORCID: 0000-0003-2833-7345

Email: fytilis@hcmr.gr

των αρμόδιων φορέων σχετικά με τον πρωτογενή τομέα. Συνεπώς, ένα βασικό στοιχείο για την εξάπλωση των καινοτομιών και των επιστημονικών ερευνών, είναι η εκπαίδευση και η σωστή ενημέρωση των αγροτών και γενικότερα όλου του πληθυσμού που ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα (Coolahan et al. 2012).

Κάθε παραγωγός οφείλει να παίρνει ορθές αποφάσεις για τα προϊόντα που θα παράγει μέσω της καλλιέργειας ή των καλλιεργειών που διαθέτει, για τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί, για τις τελικές ποσότητες που θα παράγει, καθώς και για τη χρονική περίοδο που θα βγάλει τα προϊόντα. Για να πάρει τις συγκεκριμένες αποφάσεις πρέπει να λάβει υπόψη τόσο τους φυσικούς όσο και τους οικονομικούς περιορισμούς της εκμετάλλευσής του καθώς και την σχετική αβεβαιότητα για την περίοδο που έχει μπροστά του ώστε να υλοποιήσει την απόφασή του. Η αβεβαιότητα επηρεάζεται από τις προβλέψεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών, από το κόστος, τις τιμές του κάθε παραγόμενου προϊόντος, καθώς και τις απαιτήσεις που έχουν οι κλάδοι συντελεστές παραγωγής σε σχέση με τις διαθέσιμες ποσότητες αυτών. Είθισται οι παραγωγοί να στηρίζονται στις εμπειρίες τους, στις συγκρίσεις με τις γειτονικές καλλιέργειες και στη διαίσθησή τους ώστε να λαμβάνουν συγκεκριμένες αποφάσεις (Φυτιλής 2022).

Για να επιτευχθεί ο βασικός στόχος των αγροτών/παραγωγών (αύξηση της οικονομικής απόδοσης των καλλιεργειών) έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς πολλοί μέθοδοι οργάνωσης της αγροτικής παραγωγής. Η πιο σημαντική μέθοδος με τα θεαματικότερα αποτελέσματα είναι ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming) (Fytillis και Semos 2022).

Η μεθοδολογία του γραμμικού προγραμματισμού (ΓΠ) / linear programming (LP) αποτελεί το πιο δημοφιλές μοντέλο στην επιχειρησιακή έρευνα, αλλά και τη διοικητική επιστήμη. Η επιτυχία που παρουσιάζει σε προβλήματα λήψης αποφάσεων τόσο στις δημόσιες, όσο και στις ιδιωτικές επιχειρήσεις καθώς και στους οργανισμούς οφείλεται στα επιτεύγματα της έρευνας οικονομολόγων και μαθηματικών καθώς και στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και της πληροφορικής. Έχει επικρατήσει σήμερα η αντίληψη ότι οι περισσότερες εφαρμογές μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας σε προβλήματα διοίκησης επιλύονται με το γραμμικό προγραμματισμό (Jensen 1983, Fytillis 2022a).

Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται για την απόδοση της βέλτιστης ή ελάχιστης λύσης σε ένα πρόβλημα υπό περιορισμούς. Ασχολείται με τη σχεδίαση των δραστηριοτήτων ενός συστήματος,

ώστε να προκύψει το άριστο αποτέλεσμα, δηλαδή εκείνο το οποίο μεταξύ όλων των δυνατών εναλλακτικών λύσεων πραγματώνει τον προκαθορισμένο σκοπό με τον βέλτιστο τρόπο (Gass 2003, Filippi et al. 2017). Ο γραμμικός προγραμματισμός εφαρμόζει λύσεις και στην θεωρητική πληροφορική. Χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση συνδυαστικών προβλημάτων τα οποία εκ πρώτης όψεως φαίνεται να μην έχουν σχέση με το γραμμικό προγραμματισμό (Cococcioni 2018). Η πρώτη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος καθώς και μία διαδικασία λύσης του, ο αλγόριθμος Simplex, οφείλεται στον Dantzig το 1947 (Dantzig 2006).

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες εφαρμογές του γραμμικού προγραμματισμού για την οργάνωση του πρωτογενή τομέα και κυρίως της αγροτικής παραγωγής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η μεθοδολογία του γραμμικού προγραμματισμού χρησιμοποιείται και σε άλλες περιπτώσεις όπως η διαχείριση υδατικών πόρων (Bartolini et al. 2007).

Το 2007 οι Bartolini, F. et al., δημοσίευσαν τη μελέτη τους που είχε ως στόχο την αξιολόγηση των επιπτώσεων των σεναρίων πολιτικής για τη γεωργία και το νερό στη βιωσιμότητα επιλεγμένων συστημάτων αρδευόμενης γεωργίας στην Ιταλία, στο πλαίσιο της επικείμενης εφαρμογής της οδηγίας Πλαίσιο για τα Υδάτα (2000/60/ΕΚ). Η οδηγία μεταξύ άλλων (πχ ποιότητα, χημική κατάσταση κτλ.) δίνει οδηγίες για τη χρήση νερού για όλη την Ευρώπη. Αναπτύχθηκαν πέντε βασικά σεναρία που αντικατοπτρίζουν πτυχές της γεωργικής πολιτικής, των αγορών και των τεχνολογιών: Agenda 2000, παγκόσμια αγορά, παγκόσμια βιωσιμότητα, επαρχιακή γεωργία και τοπική κοινότητα. Αυτά συνδυάστηκαν με δύο επίπεδα τιμών νερού, που αντιπροσωπεύουν σεναρία για την πολιτική νερού. Τα αποτελέσματα των σεναρίων στα αρδευόμενα συστήματα προσομοιώθηκαν, χρησιμοποιώντας μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού πολλαπλών χαρακτηριστικών που αντιπροσωπεύουν τις αντιδράσεις των αγροκτημάτων σε εξωτερικές μεταβλητές που ορίζονται από κάθε σενάριο. Η παραγωγή των μοντέλων αποτελείται από οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς δείκτες που στοχεύουν στην ποσοτικοποίηση του αντίκτυπου των σεναρίων σε διάφορες πτυχές της αειφορίας που σχετίζονται με τα συστήματα αρδευόμενης γεωργίας. Εξετάστηκαν πέντε ιταλικά συστήματα αρδευόμενης γεωργίας: δημητριακά, ρύζι, φρούτα, λαχανικά και εσπεριδοειδή. Τα αποτελέσματα δείχνουν την ποικιλομορφία των αρδευόμενων συστημάτων και τις διαφορετικές επιπτώσεις, που μπορεί να έχει η πολιτική τιμολόγησης

του νερού ανάλογα με την αγροτική πολιτική, την αγορά και τα τεχνολογικά σενάρια. Η τιμολόγηση του νερού θα έχει στις περισσότερες περιπτώσεις, μικρότερο αντίκτυπο από τις γεωργικές αγορές και τα σενάρια πολιτικής, αν και φαίνεται να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τη ρύθμιση του νερού στα λιγότερο εντατικά αρδευόμενα συστήματα που εξετάζονται (Bartolini et al. 2007).

Το 2015 οι Otoo, J. et al., χρησιμοποίησαν το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για την κατανομή 10 καλλιέργειών σε μια αγροτική περιοχή της ανατολικής Γκάνας όπου η βέλτιστη λύση δίνει τη μέγιστη απόδοση κάτω από περιορισμούς. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο δεν πρότεινε την παραγωγή μιας μόνο καλλιέργειας αλλά σχεδόν όλες τις καλλιέργειες (και συγκαλλιέργεια). Επίσης υπήρξε σημαντική εξοικονόμηση διαθέσιμου κεφαλαίου και εργασίας. Παράλληλα λόγω της αύξησης της απόδοσης υπήρξαν περισσότερα κέρδη. Το μοντέλο LP εξοικονόμησε 0,2% και 0,6% των διαθέσιμων απαιτήσεων κεφαλαίου και εργασίας αντίστοιχα, ενώ τα κέρδη αυξήθηκαν κατά 16,25% (Otoo et al. 2015).

Το 2021 οι Alotaibi και Nadeem παρουσίασαν την έρευνά τους σχετικά με τον γραμμικό προγραμματισμό και την συμβολή του στον αγροτικό τομέα. Οι ποσοτικές μέθοδοι βοηθούν τους αγρότες να σχεδιάζουν και να λαμβάνουν αποφάσεις. Αυτές οι μέθοδοι αναγνωρίζουν τη σημασία της εξοικονόμησης των διαθέσιμων πόρων μεταξύ των οποίων είναι η παροχή νερού, η εργασία και τα λιπάσματα και παρέχουν την δυνατότητα μεγιστοποίησης του κέρδους. Η σημασία του γραμμικού προγραμματισμού έγκειται στην παροχή λύσης στα υπάρχοντα προβλήματα μέσω της αξιολόγησης των διαθέσιμων πόρων και της παροχής σχετικών λύσεων. Η μελέτη τους παρουσιάζει διάφορες εφαρμογές ΓΠ, συμπεριλαμβανομένου των ζωοτροφών, του σχεδίου καλλιέργειας και του σχεδίου αμειψισποράς, του νερού άρδευσης και του μετασχηματισμού προϊόντος, που έχουν τον κύριο ρόλο να ενισχύσουν διάφορες πτυχές του αγροτικού τομέα (Alotaibi και Nadeem 2021).

**Κύριος στόχος** της παρούσας μελέτης, είναι η διερεύνηση της κατανομής των καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη αγροτική περιοχή, η μεθοδολογία καταμερισμού των καλλιεργειών, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν (κέρδη, αποδόσεις, επιβάρυνση με ρυπαντικά φορτία του περιβάλλοντος κτλ.). Συγκεκριμένα, γίνεται μελέτη και καταγραφή των παραδοσιακών και νέων καλλιεργειών σύμφωνα με την αποδοτικότητά τους και τις απαιτήσεις τους, ώστε να διαμορφωθεί ένα πλαίσιο αγροτικής πολιτικής στην

κατανομή των καλλιεργειών και η συγκεκριμένη αγροτική περιοχή να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση. Στη συνέχεια θα εφαρμοστεί η μεθοδολογία του γραμμικού προγραμματισμού στην υπολεκάνη GR (λεκάνη απορροής Σπερχείου ποταμού) λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους περιορισμούς (λίπανση, άρδευση, ώρες εργασίας και χρήσεις γης). Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα συγκριθούν με αυτά της υφιστάμενης κατάστασης. Αυτό θα οδηγήσει στη λήψη σημαντικών αποφάσεων σε περίπτωση αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και την αύξηση του εισοδήματος των αγροτών. Παράλληλα, η συγκεκριμένη μεθοδολογία αποτελεί ένα ακόμη εφόδιο στη διαχείριση και κατανομή των καλλιεργειών καθώς το πρόβλημα οργάνωσης της αγροτικής παραγωγής έχει αναπτυχθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια (Φυτιλής 2022).

## ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

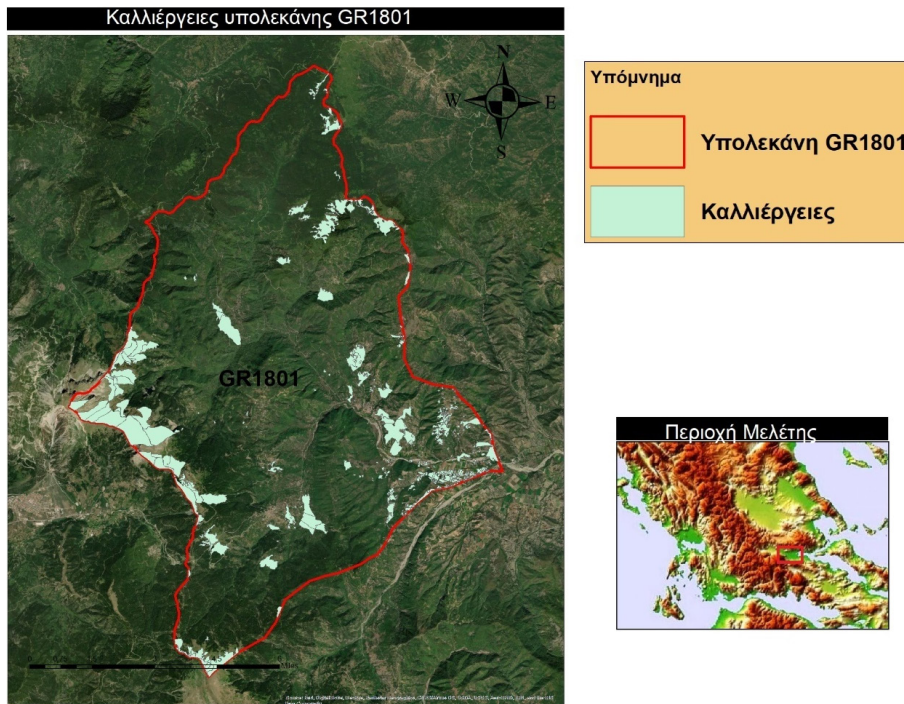
Η υπολεκάνη με κωδικό GR1801 ανήκει στη λεκάνη απορροής του Σπερχείου ποταμού (Gr07) στην κεντρική Στερεά Ελλάδα και έχει συνολική έκταση 186,691 km<sup>2</sup> από τα οποία καλλιεργούνται τα 16,855 km<sup>2</sup> ή 16,855 \* 10<sup>3</sup> στρέμματα. Το μεγαλύτερο μέρος από τα 16,855 km<sup>2</sup> είναι βοσκοτόπια καθώς καλύπτουν άνω του 90% της περιοχής (χάρτης 1). Το υπόλοιπο μέρος καλύπτεται από δασική κυρίως περιοχή όπως αποδεικνύει και ο χάρτης 2 από τις χρήσεις γης. Στον πίνακα I καταγράφονται οι κωδικοί από το CLC (χρήσεις γη). Στο σύνολό τους απαντώνται 18 καλλιέργειες.

### Πίνακας I: Κωδικοί CLC για GR1801

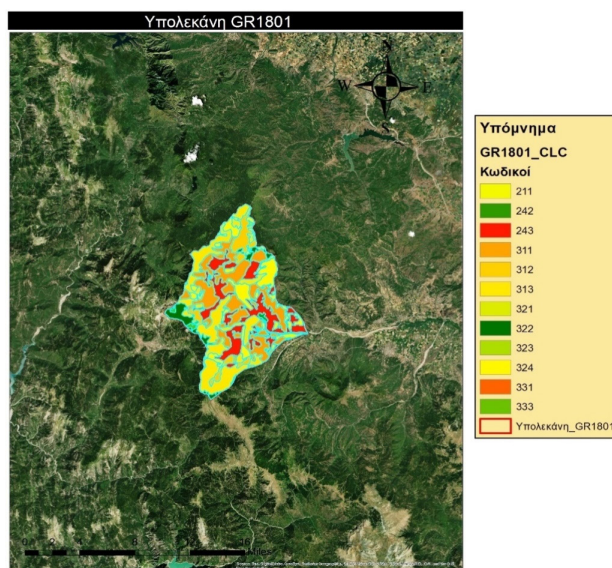
**Table I:** Codes for CLC in GR1801 subbasin

Κωδικοί CLC_GR1801	Έκταση km <sup>2</sup>
211	2,167839221
242	0,585694783
243	35,81798344
311	51,89148056
312	13,85188946
313	48,72944235
321	0,235404783
322	8,161653789
323	0,086546444
324	23,29142571
331	0,897628885
333	0,974876526





**Χάρτης 1:** Καλλιέργειες στην υπολεκάνη GR 1801  
**Map 1:** Crops in GR1801 subbasin



**Χάρτης 2:** Χρήσεις γης στην υπολεκάνη GR1802  
**Map 2:** Land uses in GR1802 subbasin



Στον πίνακα II παρουσιάζεται η υπάρχουσα κατάσταση των καλλιεργειών ενώ στον πίνακα III οι απαιτήσεις σε άρδευση, λίπανση, ώρες εργασίας και οι χρήσεις γης (υπάρχουσα κατάσταση). Εκτιμήθηκε ότι η συνολική απόδοση των καλλιεργειών ανέρχεται σε 862,400 τόνους. Το παράρτημα 1 αναφέρει τα δεδομένα και τους υπολογισμούς σχετικά με τους περιορισμούς που λήφθηκαν υπόψη.

**Πίνακας II:** Υπάρχουσες καλλιέργειες στη υπολεκάνη GR1801

**Table II:** Crops in GR1801 subbasin

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	15.118,60836
ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	806,6871688
ΛΟΙΠΑ ΣΙΤΗΡΑ	381,2873772
ΑΓΡΑΝΑΠΛΑΥΣΗ	304,4173908
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ-ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	57,06543668
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ-ΔΑΣΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ	54,56713791
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ	51,73331332
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ, ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ-ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	17,98687191
ΣΤΑΒΛΟΣ	15,22175559
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ, ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	10,20397446
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ	7,942749092
ΣΙΤΑΡΙ	7,726556562
ΟΣΠΡΙΟΕΙΔΗ	6,663954698
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ	5,652251393
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	4,819262286
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	2,557486597
ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΕΛΑΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	1,660101824
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΧΡΗΣΗ	0,73486418

**Πίνακας III:** Υπάρχουσα κατάσταση περιορισμών στην υπολεκάνη GR1801

**Table III :** Constraints for crops in GR1801 subbasin

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΤΙΜΕΣ
ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (ΜΟΝΑΔΕΣΝ,Ρ,Κ)	48.799,04394
ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (m <sup>3</sup> )	1.124.043,447
ΩΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11.871,27201
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	16.855,53602

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στη υπολεκάνη του π. Σπερχειού GR1801 απαιτώνται στο σύνολό τους 18 καλλιέργειες. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από τον ΟΠΕΚΕΠΕ καθώς και από το corine land cover και το διαχειριστικό σχέδιο την Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07). Πιο συγκεκριμένα, ο ΟΠΕΚΕΠΕ παραχώρησε δεδομένα των καλλιεργειών για τα έτη 2009 ως 2020 σε μορφή shapefile για επεξεργασία μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) σύμφωνα με τη δήλωση καλλιέργειας στη συγκεκριμένη περιοχή (Fytilis 2022b και Φυτίλης 2014 και Fytilis, Voudouris 2019). Τα δεδομένα αυτά, επεξεργάστηκαν και χρησιμοποιήθηκε ένας μέσος όρος για τα 11 αυτά έτη. Στη συνέχεια έγινε σύγκριση του αποτελέσματος με τα δεδομένα από το Διαχειριστικό Σχέδιο, με τα δεδομένα της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) επί του Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας 2014 – 2020 και με τα δεδομένα από το πρόγραμμα corine land cover (CLC- με τη χρήση GIS). Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα (ως περιορισμοί) για τη λίπανση (Δ/νση Αγροτικής Ανάπτυξης Φθιώτιδας 14603/20-10-2005 απόφασης του Νομάρχη Φθιώτιδας 31η Οκτωβρίου 2005), άρδευση (ΦΕΚ 428/1989), ώρες απαιτούμενης εργασίας (ΦΕΚ 2386/Β/3-8-2016) και αποδόσεις (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διεύθυνση Αγροτικής Πολιτικής και Τεκμηρίωσης, Τμήμα Αγροτικής Στατιστικής, Ταβουλάρης, 2012) για την κάθε καλλιέργεια (Παράρτημα: Δεδομένα καλλιεργειών για την υπολεκάνη GR1801). Επίσης, εκτιμήθηκαν οι συνολικές ανάγκες για τις καλλιέργειες σε άρδευση, λίπανση, ώρες εργασίας και υπολογίστηκε η συνολική απόδοση των καλλιεργειών.

Στη συνέχεια αναφέρεται η μεθοδολογία του

γραμμικού προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Excel και συγκεκριμένα το εργαλείο solver λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει στη λύση γραμμικών προβλημάτων κάτω από περιορισμούς (Fytilis 2022a, Fytilis et al. 2022, Φυτιλής 2022).

Αρχικά πρέπει να διατυπωθεί η αντικειμενική συνάρτηση που θα μας δώσει τη βέλτιστη λύση (μέγιστη απόδοση) και στη συνέχεια να δηλωθούν οι περιορισμοί που θα ληφθούν υπόψη.

Οπότε:

**Αντικειμενική Συνάρτηση = Z**

$$Z = \sum_{i=1}^n XiCiYi, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

**Όπου:**

Z: Η αντικειμενική συνάρτηση που θα μας δώσει τη βέλτιστη λύση (μέγιστη απόδοση)

$X_i$ : Η τιμή σε στρέμματα που λαμβάνει κάθε καλλιέργεια έπειτα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας μέσω του solver

$C_i$ : Οι καθαρές αποδόσεις κάθε καλλιέργειας

n: Ο αριθμός των καλλιεργειών

### Περιορισμοί

#### Λίπανση Καλλιεργειών

$$\sum_{i=1}^n FCiXi \leq TFC$$

**Όπου:**

$FC_i$ : Η διαθέσιμη λίπανση για κάθε καλλιέργεια ( μονάδες N, P, K)

TFC: Συνολική διαθέσιμη λίπανση για όλες τις καλλιέργειες στην περιοχή μελέτης (μονάδες N, P, K)

#### Χρήσεις Γης

$$\sum_{i=1}^n Xi \leq TA$$

**Όπου:**

TA: Η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση στην περιοχή μελέτης (στρέμματα)

#### Άρδευση

$$\sum_{i=1}^n ICiXi \leq ITC$$

**Όπου:**

$IC_i$ : Άρδευση για κάθε καλλιέργεια ( $m^3$ /στρέμμα)

ITC : Συνολική διαθέσιμη άρδευση στην περιοχή μελέτης ( $m^3$ /στρέμμα)

### Ώρες Εργασίας

$$\sum_{i=1}^n WHiXi \leq TWH$$

**Όπου:**

WH $_i$ : Ώρες εργασίας για κάθε καλλιέργεια

TWH: Διαθέσιμες ώρες εργασίας για τις καλλιέργειες στην περιοχή μελέτη

### Μη Αρνητικότητα

$$Xi \geq 0 \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

**Όπου:**

$X_i$ : Η κάθε καλλιέργεια καθώς δεν μπορεί να λάβει αρνητικές τιμές

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι το μοντέλο για τρεις εκμεταλλεύσεις έλαβε τον περιορισμό της ισότητας (=). Αυτό έγινε για τις εξής: Βοσκότοποι, Αγρανάπαυση και Στάβλος. Ο λόγος που κρίθηκε αναγκαίο να ληφθεί η ποιο πάνω απόφαση είναι διότι οι τρεις αυτές εκμεταλλεύσεις ΔΕΝ μπορούν να μεταβάλλονται. Ποιο συγκεκριμένα δεν μπορεί να αλλαχθούν καθώς σύμφωνα με τα δεδομένα κάθε χρόνο στη συγκεκριμένη περιοχή οι τρεις αυτές είναι σταθερές (ή μεταβάλλονται ελάχιστα) (Φυτιλής 2022).

### Περιορισμός Ισότητας

$$X_B, X_A, X_\Sigma = X_{YK}$$

**Όπου:**

$X_B$ : Εκμεταλλεύσεις Βοσκοτόπων

$X_A$ : Εκμεταλλεύσεις Αγρανάπαυσης

$X_\Sigma$ : Εκμεταλλεύσεις Στάβλων

$X_{YK}$ : Υπάρχουσα Κατάσταση

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην υπολεκάνη GR1801 σύμφωνα με την υπάρχουσα κατάσταση αξιοποιούνται 18 καλλιέργειες ενώ η βέλτιστη λύση για την επίτευξη του στόχου προτείνει μόλις 5 (Πίνακας IV). Όσο αφορά τους περιορισμούς υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση στη λίπανση (52,90 %) και στην άρδευση (5,40 %) (Πίνακας V). Από την άλλη, χρησιμοποιείται όλη η διαθέσιμη έκταση για καλλιέργεια και όλες οι ώρες εργασίας (Γράφημα 1). Το μοντέλο, με τη βέλτιστη λύση που προτείνει, αυξάνει τις αποδόσεις των προτεινόμενων καλλιεργειών κατά 254,11% (Πίνακας VI – Γράφημα 2).

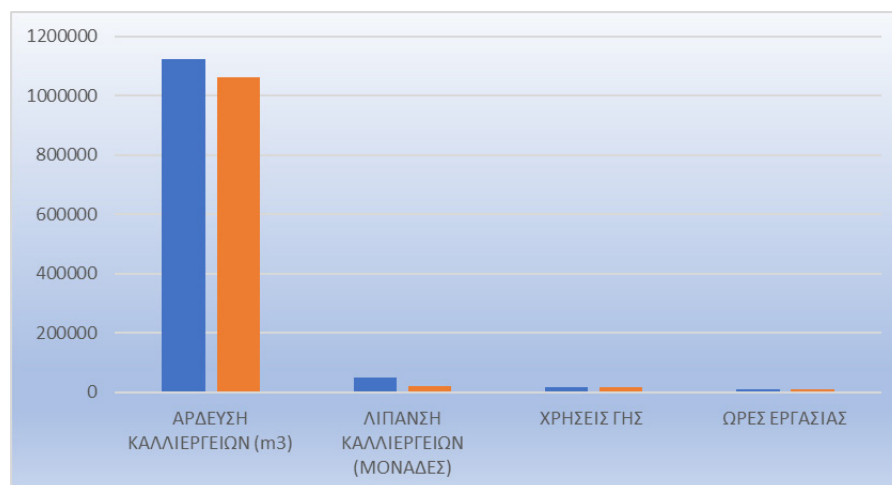
**Πίνακας IV:** Σύγκριση καλλιεργειών έπειτα από εφαρμογή του μοντέλου στην υπολεκάνη GR1801  
**Table IV:** Comparison of crops in existing plan and optimal solution

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ (ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ)
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	15.118,608	15.118,608
ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	806,687	0,000
ΛΟΙΠΑ ΣΙΤΗΡΑ	381,287	0,000
ΑΓΡΑΝΑΠΑΥΣΗ	304,417	304,417
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	57,065	0,000
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΑΣΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ	54,567	0,000
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ	51,733	0,000
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ, ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	17,987	0,000
ΣΤΑΒΛΟΣ	15,222	15,222
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ, ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	10,204	0,000
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ	7,943	1.015,359
ΣΙΤΑΡΙ	7,727	401,930
ΟΣΠΡΙΟΕΙΔΗ	6,664	0,000
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ	5,652	0,000
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	4,819	0,000
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	2,557	0,000
ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΕΛΑΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	1,660	0,000
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΧΡΗΣΗ	0,735	0,000

**Πίνακας V:** Σύγκριση περιορισμών στην υπολεκάνη GR1801  
**Table V:** Comparison of constraints in existing plan and optimal solution

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ
ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (ΜΟΝΑΔΕΣ Ν,Ρ,Κ)	48.799,044	23.015,334	52,90%
ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (m <sup>3</sup> )	1.124.043,447	1.064.088,683	5,40%
ΩΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11.871,272	11.871,272	0,00%
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	16.855,536	16.855,536	0,00%

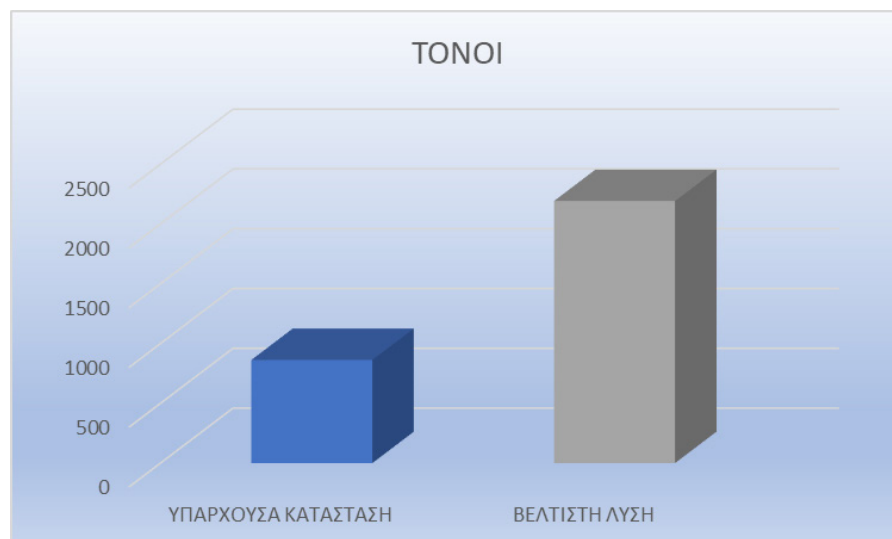
**Γράφημα 1:** Γραφική σύγκριση περιορισμών στην υπολεκάνη GR1801  
**Figure 1:** Graphical comparison of constraints in the GR1801 subbasin



**Πίνακας VI:** Σύγκριση αποδόσεων καλλιιεργειών στην υπολεκάνη GR1801  
**Table VI:** Comparison of crop yields in the GR1801 subbasin

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΩΝ	ΤΟΝΟΙ
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	862,400,986
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ	2,191,490

**Γράφημα 2:** Γραφική σύγκριση αποδόσεων καλλιιεργειών στην υπολεκάνη GR1801  
**Figure 2:** Graphical comparison of crop yields in the GR1801 subbasin



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κατανομή και διαχείριση των καλλιεργειών αποτελεί ένα σημαντικό «αγκάθι» για τον κάθε παραγωγό/αγρότη. Το να παρθεί η σωστή απόφαση σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή για την καλλιέργεια που θα εκμεταλλευθεί μπορεί να επηρεάσει άμεσα το κέρδος του που θα προκύψει αλλά ταυτόχρονα να προκύψουν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω της αλόγιστης χρήσης ύδατος για άρδευση, λίπανση κτλ.

Ο γραμμικός προγραμματισμός αποτελεί μια αξιόπιστη μέθοδο ελαχιστοποίησης ή μεγιστοποίησης κέρδους κάτω από περιορισμούς (Bouloukat και Fogoud, 2016). Οι μέθοδοι γραμμικού προγραμματισμού μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή δίνοντας σημαντικά αποτελέσματα και άμεσες λύσεις (Sultan, 2014). Παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προβλήματα «κατανομής της πίτας» (πχ. διαχείριση και κατανομή κεφαλαίου σε μια επιχείρηση) κάτω από περιορισμούς ώστε να μεγιστοποιήσει το κέρδος ή να ελαχιστοποιήσει το κόστος (Koné et al. 2013).

Στην υπολεκάνη απορροής του π. Σπερχειού με κωδικό GR1801 αξιοποιούνται 18 εκμεταλλεύσεις ενώ η βέλτιστη λύση για την επίτευξη του στόχου μετά την εφαρμογή του μοντέλου ΓΠ προτείνει μόλις 5 (βοσκότοποι, αγρανάπαυση, στάβλος, αραβόσιτος ενσίρωσης, σιτάρι). Λόγω των περιορισμών που έχουν ληφθεί υπόψη καθώς και της απόδοσης / στρέμματος των καλλιεργειών η βέλτιστη λύση αυξάνει την εκμετάλλευση των σιτηρών και κυρίως του αραβόσιτου ενσίρωσης.

Όπως γίνεται αντιληπτό η διαδικασία απόφασης για την επιλογή καλλιεργειών σε μια αγροτική έκταση με τη μεθοδολογία γραμμικού προγραμματισμού μέσω της χρήσης του εργαλείου solver περιπλέκεται καθώς η βέλτιστη λύση μηδενίζει ορισμένες καλλιέργειες. Για να αποφευχθεί αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο περιορισμός της προσωπικής προτίμησης (Μαρτίκα-Βακρτζή 2008). Δηλαδή, κάθε γεωργός / παραγωγός που επιθυμεί να λάβει τη μέγιστη απόδοση από την αγροτική του έκταση μέσω της εκμετάλλευσής της μπορεί να χρησιμοποιήσει την προσωπική του επιθυμία σχετικά με τα είδη που θα καλλιεργηθούν. Ποιο συγκεκριμένα λαμβάνοντας όλους τους περιορισμούς που επιθυμεί, μπορεί να ποσοτικοποιήσει (ως περιορισμό) τις καλλιέργειές του. Δηλαδή να ληφθεί ο περιορισμός της ελάχιστης ποσότητας καλλιέργειας (σε στρέμματα) στην αγροτική περιοχή που επιθυμεί. Έτσι το εργαλείο solver, στα

αποτελέσματά του δεν θα μηδενίσει καμία καλλιέργεια. Αντίθετα, θα προκύψει ο βέλτιστος συνδυασμός που θα μεγιστοποιεί την απόδοση των καλλιεργειών λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς (και αυτόν της προσωπικής προτίμησης).

Ο περιορισμός της προσωπικής προτίμησης μπορεί να εφαρμοστεί σε καλλιέργειες μικρής έκτασης καθώς ο γεωργός/παραγωγός είναι αυτός που καθορίζει την επιθυμία των καλλιεργειών του. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλη έκταση (πχ. η ΛΑΠ π. Σπερχειού που έχει έκταση 1,589 km<sup>2</sup> με καλλιεργήσιμα περίπου τα 406 km<sup>2</sup>) δυστυχώς δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη ο περιορισμός της προσωπικής προτίμησης καθώς εμπλέκονται στη συγκεκριμένη αγροτική περιοχή εκατοντάδες αγρότες/παραγωγοί (το ίδιο ισχύει και στην υπολεκάνη GR1801). Υπάρχει η δυνατότητα της λήψης του *ιστορικού περιορισμού—historical constraint* (Fytilis et al. 2022, Φυτίλης 2022, Fytilis K, Karaouzas I, 2023). Σε περίπτωση που υπάρχουν δεδομένα για μια αγροτική περιοχή 20, 30 χρόνων (ποσότητα κάθε καλλιέργειας σε στρέμματα), ή και περισσότερα, συγκρίνοντας τα μπορούμε να λάβουμε υπόψη τον ιστορικό περιορισμό. Ποιο συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τα δεδομένα των καλλιεργειών, εκτός από τους περιορισμούς που ο εκάστοτε ενδιφερόμενος λαμβάνει, μπορεί να χρησιμοποιήσει ως σημείο αναφοράς την ελάχιστη ποσότητα (σε στρέμματα) των καλλιεργειών. Δηλαδή, να ληφθεί υπόψη η ελάχιστη τιμή που έχει λάβει κάθε καλλιέργεια στην περιοχή μελέτης. Έτσι, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, θα είναι ίσα η μεγαλύτερα (σε στρέμματα) από την ελάχιστη τιμή των καλλιεργειών. Αν για παράδειγμα στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης (υπολεκάνη GR1801) λαμβάνονταν υπόψη ο ιστορικός περιορισμός, τότε οι 18 καλλιέργειες που εκμεταλλεύονται στην υπάρχουσα κατάσταση θα προτεινόταν και στη βέλτιστη λύση. Είναι βέβαιο, ότι οι τιμές των περιορισμών που θα προκύπταν έπειτα από την εφαρμογή του μοντέλου, καθώς και η συνολική απόδοση θα ήταν τελείως διαφορετικές.

Όπως γίνεται αντιληπτό, ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης, με τη μεθοδολογία του γραμμικού περιορισμού επηρεάζεται εκτός από τα δεδομένα και από τους περιορισμούς. Είναι οι κινητήριοι μοχλοί που καθορίζουν την τελική απόφαση (Luebbe και Finch 1992). Όποιος χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη μεθοδολογία για προσωπικούς ή ερευνητικούς λόγους οφείλει να επιλέξει ορθά τους περιορισμούς. Οι περιορισμοί είναι καθαρά υποκειμενικοί και μπορούν να καθορίσουν το τελικό αποτέλεσμα



(Paulraj και Sumathi 2010).

Επίσης, θα μπορούσε να προταθεί η συγκεκριμένη μεθοδολογία να συμπεριληφθεί στα διαχειριστικά σχέδια καθώς μπορεί να εξυπηρετήσει πολλούς σκοπούς ( διαχείριση καλλιεργειών, διαχείριση υδάτων, διαχείριση συντελεστών παραγωγής κτλ.). Η συγκεκριμένη μελέτη, είναι ένα βήμα για τη διαχείριση των καλλιεργειών και γενικά της αγροτικής παραγωγής που μπορεί να εξελιχθεί με θεαματικά αποτελέσματα. Αξιοποιώντας τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορεί να μεταφερθεί και σε άλλες Λεκάνες Απορροής δίνοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των καλλιεργειών και με-

γιστοποίηση της απόδοσής τους.

Καταλήγοντας, η εύκολη διαχείριση των καλλιεργειών μπορεί να επιτευχθεί με τη μεθοδολογία του γραμμικού προγραμματισμού μέσω της χρήσης του εργαλείου solver καθώς θα μπορούσε να καταλήξει ως εφαρμογή για ηλεκτρονικές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, tablet κτλ.). Έτσι, ο αγρότης / παραγωγός θα μπορεί να έχει άμεσα αποτελέσματα και να διαχειρίζεται τις καλλιέργειές του με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Το solver, είναι ένα οικονομικό εργαλείο, εύκολο στη χρήση, καθώς σχεδόν όλοι οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει κάποιο από τα προγράμματα του Microsoft Office.

## **Use of Linear Programming (LP) method for crop restructuring in the Sperchios river basin**

**Dr. Fytilis Konstantinos, MSc, PhD<sup>1,2</sup>**

### **ABSTRACT**

In agriculture, the production structure of farms can be highly diversified to reduce the risk and uncertainty related to unsealing the products. Different methods which take into account the income and expenditure of crops per acre are used to determine the optimal structure of crops. As a result, each crop's area is identified to combine them to derive maximum profit level. In this study, the linear programming method is used to optimise profit, investigating whether the profit increased after applying the econometric model.

This study investigates the economic activity of the GR1801 subbasin in the Sperchios river basin and optimises its profit using a linear programming method. The research question is whether the returns of the economic activity are higher after applying the econometric model.

Excel's solver tool was used to overcome the research question as it solves linear problems. The limitations that have been taken into account have helped to make the crops' distribution environmentally conscious.

Cross-data was used to give the best possible results. As a result, the study area has been fully developed with its crops as well as the other sectors of the economy.

**Key Words:** Linear programming, crop management, constraints, excel software

### **KOINH ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα δεδομένα που υποστηρίζουν αυτήν τη μελέτη δεν μπορούν να κοινοποιηθούν δημόσια λόγω ηθικής ή ιδιωτικότητας και παρέχονται έπειτα από σχετικό έτοιμα του ενδιαφερόμενου στον συγγραφέα.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ θερμά τον ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων) για τα δεδομένα που μου διέθεσε σχετικά με τις καλλιέργειες στη λεκάνη απορροής του π. Σπερχειού.

---

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Forestry and Natural Environment, School of Agriculture, A.U.T.H.

<sup>2</sup>Institute of Marine Biological Recourses and Inland Waters, Hellenic Centre for Marine Research, 46.7 km Athens-Sounio Av., Anavyssos 19013, Attica, Greece

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	Έκταση (στρέμματα)	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΩΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ/Σ ΤΡΕΜΜ	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΡΔΕΥΣΗ (m <sup>3</sup> /στρέμμ α)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ
		ΑΠΟΔΟΣΗ	ΑΠΟΔΟΣΗ		ΑΡΔΕΥΣΗ		ΛΙΠΑΝΣΗ/ΣΤ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩ	
		ΤΟΝΟΙ/ΣΤΡΕΜ ΜΑ	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (ΤΟΝΟΙ)		ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ (n)		ΡΕΙΜΜΑ	Ν (ΜΟΝΑΔΕΣ N,P,K)	
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	15.118,608	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	806,687	0,300	242,006	2,000	1.613,374	821,000	662.290,166	35,000	28.234,051
ΛΟΙΠΑ ΣΙΤΗΡΑ	381,287	0,400	152,515	2,000	762,575	821,000	313.036,937	32,000	12.201,196
ΑΓΡΑΝΑΠΑΥΣΗ	304,417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	57,065	2,500	142,664	40,000	2.282,617	602,000	34.353,393	13,000	741,851
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΑΣΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ	54,567	3,000	163,701	20,000	1.091,343	602,000	32.849,417	85,000	4.638,207
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ	51,733	0,600	31,040	47,000	2.431,466	711,000	36.782,386	28,000	1.448,533
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ, ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ- ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ	17,987	2,500	44,967	45,000	809,409	602,000	10.828,097	13,000	233,829
ΣΤΑΒΛΟΣ	15,222		0,000		0,000		0,000		0,000
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ, ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	10,204	3,000	30,612	140,000	1.428,556	750,000	7.652,981	42,000	428,567
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ	7,943	2,000	15,885	10,900	86,576	723,000	5.742,608	10,000	79,427
ΣΙΤΑΡΙ	7,727	0,400	3,091	2,000	15,453	821,000	6.343,503	32,000	247,250
ΟΣΠΡΙΟΕΙΔΗ	6,664	0,400	2,666	20,000	133,279	711,000	4.738,072	6,000	39,984
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ	5,652	2,000	11,305	37,000	209,133	602,000	3.402,655	28,000	158,263
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	4,819	3,000	14,458	140,000	674,697	602,000	2.901,196	47,500	228,915
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	2,557	0,120	0,307	70,000	179,024	657,000	1.680,269	19,000	48,592
ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΕΛΑΙΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	1,660	3,000	4,980	55,000	91,306	602,000	999,381	30,000	49,803
ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΧΡΗΣΗ	0,735	3,000	2,205	85,000	62,463	602,000	442,388	28,000	20,576
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>16.855,536</b>		<b>862,401</b>		<b>11.871,272</b>		<b>1.124.043,447</b>		<b>48.799,044</b>

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alotaibi, A., & Nadeem, F. (2021). A Review of Applications of Linear Programming to Optimize Agricultural Solutions. *International Journal of Information Engineering & Electronic Business*, 13(2).
- Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M., & Viaggi, D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural systems*, 93(1-3), 90-114.
- Boloukat, M. H. S., & Foroud, A. A. (2016). Stochastic-based resource expansion planning for a grid-connected microgrid using interval linear programming. *Energy*, 113, 776-787.
- Cococcioni, M., Pappalardo, M., & Sergeyev, Y. D. (2018). Lexicographic multi-objective linear programming using grossone methodology: Theory and algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 318, 298-311.
- Coolahan, J., & Hussey, C. (2012). The Forum on Patronage and Pluralism in the Primary Sector. Forum on Patronage and Pluralism in the Primary Sector Advisory Group.
- Dantzig, G. B., & Thapa, M. N. (2006). *Linear programming 2: theory and extensions*. Springer Science & Business Media.
- Filippi, C., Mansini, R., & Stevanato, E. (2017). Mixed integer linear programming models for optimal crop selection. *Computers & Operations Research*, 81, 26-39.
- Fytilis, K., 2022a. "Linear programming in agriculture using the solver tool of excel." *Int J Sci Technol Res* 4: 73-76. DOI: 10.6084/m9.figshare.20456631. DOI: 10.6084/m9.figshare.20456631
- Fytilis, K., 2022b. USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (G.I.S.) IN WATER MANAGEMENT. *International Journal of Current Advanced Research* 11(02 (A)):196-198. DOI: 10.24327/ijcar.2022.
- Fytilis Konstantinos, Karaouzas Ioannis . Crop management and distribution by linear programming method using the Excel software for planning the agricultural production, 15 November 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3604540/v1>].
- Fytilis, K., Kontogeorgos, A., Michailidis, A., & Semos, A. (2022). Crop structure optimisation for maximising yield within environmental constraints in a rural area. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 8(2), 200-217. DOI: 10.1504/IJSAMI.2022.10047564
- Fytilis, K., Semos, A., 2022. 'Crop management by linear programming. A literature review', *International Journal of Innovation Scientific Research and Review (IJSRR)*, Vol. 4, No. 2, pp.2364–2366. DOI: 10.6084/m9.figshare.20466030. DOI: 10.6084/m9.figshare.20466030
- Fytilis, K., Voudouris, K., 2019. Creation of an Electronic Database of water drillings using G.I.S software. Pilot application at the Nestos river basin. Announcement in conference proceedings: 3rd Conference on Geographic Information Systems in Agriculture and the Environment (December 11 to 13, 2019). Conference proceedings pp. 114-115. DOI: 10.13140/RG.2.2.20257.68961
- Gass, S. I. (2003). *Linear programming: methods and applications*. Courier Corporation.
- Jensen, M. C. (1983). *Organization theory and methodology*. Accounting Review, 319-339.
- Koné, O., Artigues, C., Lopez, P., & Mongeau, M. (2013). Comparison of mixed integer linear programming models for the resource-constrained project scheduling problem with consumption and production of resources. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(1), 25-47.
- Luebbe, R., & Finch, B. (1992). Theory of constraints and linear programming: a comparison. *International Journal of Production Research*, 30(6), 1471-1478.
- Olson, M. (1985). The exploitation and subsidization of agriculture in developing and developed countries (No. 991-2016-77518, pp. 49-59).
- Otoo, J., Ofori, J. K., & Amoah, F. (2015). Optimal selection of crops: A case study of small scale farms in Fanteakwa district, Ghana. *Int J Sci Technol Res*, 4, 142-146.
- Paulraj, S., & Sumathi, P. (2010). A comparative study of redundant constraints identification methods in linear programming problems. *Mathematical Problems in Engineering*, 2010.
- Sultan, A. (2014). *Linear programming: An introduction with applications*. Elsevier.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 137-146.
- Δ/νση Αγροτικής Ανάπτυξης Φθιώτιδας 14603/20-

10-2005 απόφασης του Νομάρχη Φθιώτιδας 31η Οκτωβρίου 2005. Βασικές αρχές Ορθολογισμένης Λίπανσης.

Κ.Υ.Α. με αρ. Φ.16/6631/1989 (ΦΕΚ 428/Β/2-6-1989) «Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση»

Μαρτίκα–Βακιρτζή, Μ. (2008). Το Management στον Αγροτικό Τομέα. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) επί του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 2014 – 2020, 2014.

Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07), 2013.

ΦΕΚ 2386/Β/3-8-2016 Τροποποίηση της αριθμ. 169653/3.6.2011 απόφασης του Υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων «Προσδιορισμός της ετήσιας απασχόλησης στην αγροτική εκμετάλλευση»(Β' 1181/9.6.2011).

Φυτιλής, Κ. (2022). Βελτιστοποίηση της κατανομής των καλλιεργειών κάτω από περιβαλλοντικούς περιορισμούς στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωπονίας. Τομέας Αγροτικής Οικονομίας). DOI: 10.12681/eadd/52534

Φυτιλής, Κ. Σ. (2014). Δημιουργία Ηλεκτρονικής Βάσης Δεδομένων (ΗΒΔ) καταγραφής γεωτρήσεων ύδρευσης: Πιλοτική εφαρμογή στη ΛΑΠ Νέστου (No. GRI-2015-14044). Aristotle University of Thessaloniki. DOI: 10.26262/heal.auth.ir.136104.

Φυτιλής, Κ., Βουδούρης, Κ. (2019). Δημιουργία Ηλεκτρονικής Βάσης Δεδομένων (ΗΒΔ) για την καταγραφή γεωτρήσεων ύδρευσης με τη χρήση GIS. Εφαρμογή στη ΛΑΠ π. Νέστου. Ανακοίνωση σε Συνέδριο: Conference: 3ο Συνέδριο Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων & Χωρικής Ανάλυσης στη Γεωργία και στο Περιβάλλον. DOI: 10.13140/RG.2.2.20257.68961

## Το πρόβλημα της διαχείρισης των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα: μια εμπειρική διερεύνηση

Παπαβασίλη Θεοδώρα<sup>1</sup>, Μανρομμάτη Αθανασία<sup>1</sup>, Χατζηθεοδωρίδης Φώτιος<sup>2</sup>, Σωσσίδου Ν.Ευαγγελία<sup>3</sup>  
και Κοντογεώργος Αχιλλέας<sup>4</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολύ λίγες είναι οι μελέτες που έχουν προσπαθήσει να διερευνήσουν το θέμα των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα. Η συγκεκριμένη έρευνα διεξήχθη με σκοπό να διερευνήσει τις αντιλήψεις των εμπλεκόμενων φορέων και πολιτών σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση με τους αδέσποτους σκύλους στην Ελλάδα (π.χ. αν γνωρίζουν ποιος είναι ο αρμόδιος φορέας διαχείρισης αυτών και των λόγων ύπαρξής τους), τη συμβολή των υιοθεσιών, της ευθανασίας αλλά των καταφυγίων/κυνοκομείων στον έλεγχο του πληθυσμού των αδέσποτων σκύλων, την κακοποίηση των ζώων συντροφιάς και τέλος, να κεντρίσει το ενδιαφέρον των πολιτών στο συγκεκριμένο θέμα ώστε να προτείνουν λύσεις ελέγχου ή/και περιορισμού του πληθυσμού αυτών. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με διαδικτυακή έρευνα, βάσει ερωτηματολογίου, που πραγματοποιήθηκε την άνοιξη του 2021 και ελήφθησαν 643 απαντήσεις. Η πλειοψηφία των φορέων και των πολιτών εκτιμά ότι οι Έλληνες δεν είναι εκπαιδευμένοι στη ζωοφιλία, ότι το νομικό πλαίσιο (ν. 4039/2012, μέχρι την περίοδο που διεξήχθη η έρευνα), δεν θεωρείται επαρκές ως προς τη κάλυψη των προβλημάτων που δημιουργούνται, ότι η ευθανασία και τα καταφύγια δεν αποτελούν τη λύση στον έλεγχο αυτών και τέλος, ότι η εκπαίδευση των πολιτών σχετικά με την «υπεύθυνη ιδιοκτησία σκύλου» και ότι η παροχή κινήτρων στους πολίτες θα συμβάλλουν σημαντικά στον έλεγχο των αδέσποτων σκύλων, είναι μερικά από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας.

**Λέξεις κλειδιά:** αδέσποτοι σκύλοι, πληθυσμός αδέσποτων σκύλων, διαχείριση αδέσποτων σκύλων

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκατομμύρια σκύλοι εγκαταλείπονται κάθε χρόνο (Hourt et al., 2007) αποτελώντας παγκόσμιο πρόβλημα, ιδιαίτερα αισθητό στις αναπτυσσόμενες χώρες (Dalla et al., 2010, Taylor et al., 2017) και η διαχείρισή τους αποτελεί πρόκληση για τις τοπικές κοινωνίες, καθώς σχετίζεται όχι μόνο με την ευζωία των ίδιων των ζώων αλλά και με τη συνύπαρξη αυτών με τον άνθρωπο (Broom, 2017).

Οι αδέσποτοι σκύλοι, περιφέρονται χωρίς επίβλεψη, προκαλώντας προβλήματα (π.χ. τροχαία ατυχήματα, επιθέσεις σε άλλα ζώα ή/και ανθρώπους), ενώ παράλληλα η αναπαραγωγή τους είναι ανεξέλεγκτη (Garde et al., 2013, Barnard et al., 2015, Taylor et al., 2017) και αρκετές χώρες αντιμετωπίζουν κοινωνικο-οικονομικές, περιβαλλοντικές, πολιτικές και θρησκευτικές επιπτώσεις όχι μόνο στην υγεία των ζώων αλλά

και των ανθρώπων (Taylor et al., 2017).

Ωστόσο, η διαχείριση των αδέσποτων σκύλων δεν καθορίζεται με ενιαία, ευρωπαϊκή νομοθεσία (Alison, 2020) και παραμένει στην αρμοδιότητα κάθε κράτους/μέλους (ESDAW-EU, 2014-2019), με τους ευρωπαίους πολίτες να ανησυχούν για την καλή μεταχείριση των ζώων εντός και εκτός της ΕΕ (Broom, 2017), ενώ η παράνομη διακίνηση και εισαγωγή σκύλων και γατών από τρίτες χώρες θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την υγεία ανθρώπων και ζώων (European Enforcement Network of Animal Welfare Lawyers and Commissioners, 2013). Λεπτομερείς συστάσεις διαχείρισης αυτών των πληθυσμών δίνονται μέσω κατευθυντήριων γραμμών του Παγκόσμιου Οργανισμού για την Υγεία των Ζώων παρέχοντας σαφείς οδηγίες για την εφαρμογή ενός ρυθμιστικού πλαισίου (OIE, 2009). Επίσης, η διαχείρισή τους δεν μπορεί να ακολουθεί

<sup>1</sup>Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκηση Επιχειρήσεων Αγροτικών Προϊόντων και Τροφίμων, Σεφέρη 2, 30100, Αγρίνιο, Ελλάδα; [thrapanasili@upatras.gr](mailto:thrapanasili@upatras.gr); [amavrom@upatras.gr](mailto:amavrom@upatras.gr); τηλ.: +30 6945390027

<sup>2</sup>Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Περιφερειακής και Διασυνοριακής Ανάπτυξης, 50100, Κοζάνη, Ελλάδα; [fxtheodoridis@uowm.gr](mailto:fxtheodoridis@uowm.gr)

<sup>3</sup>Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ» Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών, 57001, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα; [sossidou@vri.gr](mailto:sossidou@vri.gr)

<sup>4</sup>Διεθνές Ελληνικό Πανεπιστήμιο, Department of Agriculture, 1<sup>4</sup> χλμ Θεσσαλονίκη, Νέα Μουδανιά 57001, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα; [akontoge@lhu.gr](mailto:akontoge@lhu.gr)



την εφαρμογή «ενός πετυχημένου μοντέλου», αφού οι διαφορές ανάμεσα στις χώρες αλλά και εντός της ίδιας χώρας, απαιτούν προσαρμοσμένη προσέγγιση βάσει της τοπικής κατάστασης (Barnard et al., 2015). Πολλές χώρες επένδυσαν σε προγράμματα διαχείρισης αδέσποτων σκύλων, χωρίς ωστόσο θετικά αποτελέσματα, αφού η προσέγγιση ήταν γενική ή άσχετη με τα κατά τόπους προβλήματα ή επειδή η εκτέλεση ήταν ασυντόνιστη (Barnard et al., 2015).

Στην Ελλάδα, σήμερα, η διαχείριση των πληθυσμών των αδέσποτων σκύλων ρυθμίζεται με τον ν. 4830/2021 (μέχρι την δημοσίευση της παρούσης δεν έχει τεθεί σε εφαρμογή λόγω απουσίας έκδοσης ρυθμιστικών διατάξεων) και οι απαντήσεις των ερωτηθέντων αποτυπώνουν τις αντιλήψεις τους βάσει του προηγούμενου ν.4039/2012. Σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥπΑΑΤ), ο αριθμός των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα (ως 13/1/2021) ανέρχεται σε 88.292, με τους περισσότερους να εντοπίζονται στις περιφέρειες Αττικής και Κεντρικής Μακεδονίας (22.711 και 20.986 αντίστοιχα), ενώ στις περιφερειακές ενότητες Σύρου, Ιθάκης, Ικαρίας, Ανδρου και Κέας-Κύθνου δεν έχουν δηλωθεί αδέσποτοι σκύλοι (προσωπική επικοινωνία με τμήμα παρακολούθησης της διαχείρισης ζώων συντροφιάς από τους Δήμους, ΥπΑΑΤ, 14/5/2021). Ωστόσο, κατά την Bedford (2021), ο αριθμός των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα ανέρχεται σε 660.000.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Σχεδιασμός και διανομή ερωτηματολογίου

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε την άνοιξη του 2021 και λόγω της δυσκολίας της άμεσης επικοινωνίας, σχεδιάστηκε ένα διαδικτυακό ερωτηματολόγιο (Google Forms) το οποίο απευθύνθηκε σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς και σε πολίτες.

Το πιλοτικό ερωτηματολόγιο καταρτίστηκε από τους ερευνητές και δοκιμάστηκε συντακτικά, εννοιολογικά, ως προς την εγκυρότητα αλλά και το χρόνο συμπλήρωσής του από άτομα με ποικίλους ρόλους (ειδικούς του Ινστιτούτου Κτηνιατρικών Ερευνών/Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ» και της περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, αρμόδιους υπαλλήλους του Δήμου Αγρινίου καθώς και ενεργούς πολίτες). Μετά τις εισηγήσεις τους, το ερωτηματολόγιο τροποποιήθηκε και ήταν έτοιμο για αποστολή. Χωρίστηκε σε 11 ενότητες, που κρίθηκαν ότι συνεισφέρουν στην προσπάθεια κατανόησης του προβλήματος των αδέσποτων σκύλων και χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Likert 5 σημείων, ορίζοντας την εξής αντιστοιχία:

Διαφωνώ απόλυτα: τιμές Μέσης Τιμής (ΜΤ) μεταξύ 1 και 1,49 / Διαφωνώ: τιμές ΜΤ μεταξύ 1,50 και 2,49 / Ούτε διαφωνώ/Ούτε συμφωνώ: τιμές ΜΤ μεταξύ 2,50 και 3,49 / Συμφωνώ: τιμές ΜΤ μεταξύ 3,50 και 4,49 / Συμφωνώ απόλυτα: τιμές ΜΤ μεταξύ 4,50 και 5. Τέλος, η Τυπική Απόκλιση (ΤΑ), η χρήση ποσοστών αποτελεί τρόπο περιγραφής των απόψεων των ερωτηθέντων και των αποτελεσμάτων.

Η 1η ενότητα του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην περιφέρεια κατοικίας των συμμετεχόντων, διασφαλίζοντας την πανελλήνια κάλυψη. Ακολουθούν οι ενότητες: δημογραφικά στοιχεία της έρευνας (2), γενικές ερωτήσεις (3), ισχύον νομικό πλαίσιο (ν.4039/2012) (4), διαχείριση αδέσποτων σκύλων (5), εγκατάλειψη κατοικίδιων σκύλων (6), συμβολή των καταφυγίων/κυνοκομείων (7), υιοθεσία των αδέσποτων σκύλων (8), ευθανασία αυτών (9), κακοποίηση των σκύλων (10) και τέλος μια ενότητα (11) με ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, ώστε να καταγραφούν οι απόψεις και οι προτάσεις των συμμετεχόντων ως προς τη διαχείριση των αδέσποτων σκύλων.

Πληθυσμός μελέτης της παρούσας έρευνας ορίστηκαν τα ενήλικα μέλη του γενικού πληθυσμού της Ελλάδας και χωρίστηκαν σε οκτώ πληθυσμιακές ομάδες βάσει της σχέσης τους (επαγγελματικής ή όχι) με τους αδέσποτους σκύλους. Συνεπώς, το ερωτηματολόγιο κατευθύνθηκε σε: αρμόδιους αντιδημάρχους/ειδικούς συνεργάτες δήμων - αρμόδιους δημοτικούς υπάλληλους - αστυνομικούς - δημοτικούς αστυνομικούς - εκπαιδευτές σκύλων - κτηνιάτρους/βοηθούς κτηνιάτρου - μέλη φιλοζωικών οργανώσεων - πολίτες. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κρατικός πιστοποιητικός φορέας εκπαιδευτών σκύλου (προσωπική επικοινωνία με αρμόδιο τμήμα ΥπΑΑΤ), ο εντοπισμός των εκπαιδευτών σκύλων έγινε καταρχήν μέσω διαδικτύου (εντοπίστηκαν δύο, οι οποίοι μας ενημέρωσαν πως η εκπαίδευση σκύλου συνήθως αποτελεί παράλληλη δραστηριότητα κάποιου). Επίσης, δεν υφίσταται στο ΥπΑΑΤ μητρώο ελληνικών φιλοζωικών οργανώσεων/σωματείων (προσωπική επικοινωνία με αρμόδιο τμήμα ΥπΑΑΤ), με αποτέλεσμα η αναζήτηση αυτών να πραγματοποιηθεί μέσω διαδικτύου και βάσει της γεωγραφικής διαίρεσης της χώρας σε περιφέρειες. Αρκετοί, κατά την πρώτη επικοινωνία, συνιστούσαν και άλλους, που πιθανόν θα ενδιαφέρονταν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο, παραχωρώντας τα στοιχεία επικοινωνίας τους στους ερευνητές για άμεση επικοινωνία (δειγματοληψία χιονοστιβάδας/snowball sampling) (Bogner et al., 2009). Τέλος, το ερωτηματολόγιο απευθύνθηκε στην Γενική Αστυνομο-

μική Διεύθυνση Αττικής (ΓΑΔΑ) (με την παράκληση να προωθηθεί στα κατά τόπους αστυνομικά τμήματα) και στον Πανελλήνιο Κτηνιατρικό Σύλλογο (με την παράκληση να προωθηθεί στα μέλη του).

Μια πρώτη επιστολή υπενθύμισης (email) στάλθηκε (στοχευμένα στα υποσύνολα που δεν απάντησαν) 3-4 εβδομάδες μετά την αρχική αποστολή και μια δεύτερη επιστολή (email) 3-4 εβδομάδες μετά την πρώτη υπενθύμιση. Μετά τη συμπλήρωση 12 εβδομάδων από την πρώτη αποστολή του ερωτηματολογίου, έκλεισε ο χρόνος αναμονής απαντήσεων.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Δημογραφικά στοιχεία

Ελήφθησαν εξακόσιες σαράντα τρεις (643) μοναδικές απαντήσεις και η κατανομή του δείγματος φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα Ι.

**Πίνακας Ι:** Κατανομή του δείγματος

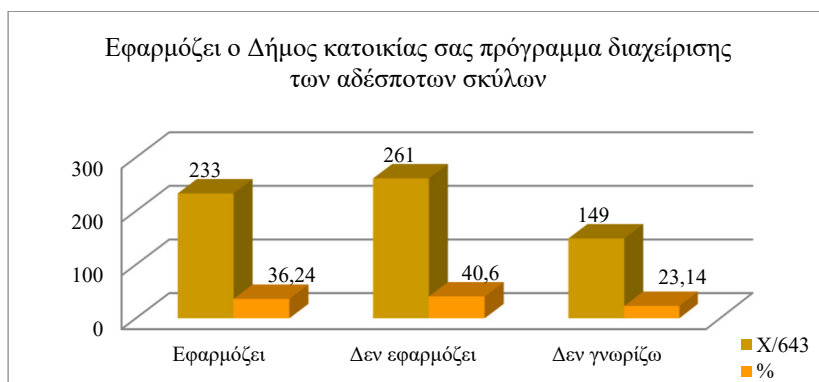
**Table I:** Classification of the sample

Σύνολο		Άνδρες		Γυναίκες		Ιδιοκτήτες σκύλου		Μη ιδιοκτήτες σκύλου						
643		222/34,5%		421/65,5%		381/59,25%		262/40,75%						
Το δείγμα με βάση την σχέση του με τους αδέσποτους σκύλους (% επί των συμμετεχόντων)														
Αντιδήμαρχοι/ ειδ. συνεργάτες		Αστυνομικοί		Δημοτικοί Αστυνομικοί		Δημοτικοί Υπάλληλοι		Εκπαιδευτές σκύλων		Κτηνίατροι/ β. κτηνιάτρου		Μέλη Φιλοζωικών Οργανώσεων		Πολίτες
53/8,24%		49/7,62%		41/6,38%		81/12,6%		22/3,42%		49/7,62%		81/12,6%		267/41,52%
Το δείγμα με βάση την περιφέρεια κατοικίας του (% επί των συμμετεχόντων)														
Ανατ. Μακεδ/ας	Αττικής	Βορείου Αιγαίου	Δυτικής Ελλάδας	Δυτικής Μακεδ/ας	Ηπείρου	Θεσσαλίας	Ιονίων Νήσων	Κεντ. Μακεδ/ας	Κρήτης	Νοτίου Αιγαίου	Πελοπον- νήσου	Στερεάς Ελλάδας		
29/ 4,51%	131/ 20,37%	23/ 3,58%	139/ 21,62%	21/ 3,27%	21/ 3,27%	26/ 4,04%	24/ 3,73%	76/ 11,82%	30/ 4,66%	22/ 3,42%	73/ 11,35%	28/ 4,35%		



**Γράφημα Ι:** Αποτύπωση μαρτυρίας δείγματος σχετικά με την ύπαρξη αδέσποτων σκύλων βάσει γεωγραφικής διαίρεσης της Ελλάδας

**Figure I:** Existence of stray dogs in the different geographical divisions of Greece according to the respondents



**Γράφημα II:** Εντύπωση του δείγματος ως προς την εφαρμογή προγραμμάτων διαχείρισης αδέσποτων σκύλων από τους οικείους δήμους

**Figure II:** Impression of the sample regarding the implementation of stray dog management programs by the competent municipalities

ενώ το 23,14% δεν γνωρίζει για την εφαρμογή ή όχι αντίστοιχων προγραμμάτων (Γράφημα II).

Επίσης, το δείγμα ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί με την άποψη ότι αντιμετωπίζει προβλήματα στην καθημερινότητά του από την έως τώρα διαχείριση αυτών (ΜΤ: 3,49/ΤΑ:1,180), ενώ διαφωνεί ότι ο οικείος δήμος διαθέτει εκπαιδευμένο προσωπικό (ΜΤ:2,44/ΤΑ:1,195) και κατάλληλο εξοπλισμό (ΜΤ:2,41/ΤΑ:1,166). Τέλος, ως προς τις στείρωσεις των αδέσποτων σκύλων, συμφωνεί απόλυτα ότι αποτελούν το βασικότερο στάδιο ενός προγράμματος διαχείρισής τους (ΜΤ:4,65/ΤΑ:0,730) ακολουθούμενες από τις υιοθεσίες αυτών (ΜΤ:4,60/ΤΑ:0,761) και συμφωνεί (ΜΤ: 4,38/ΤΑ:0,937) ώστε να παραμείνει η διαχείρισή

τους σε τοπικό επίπεδο (από τους δήμους).

Ωστόσο, παρά την ύπαρξη αδέσποτων σκύλων σε όλη την Ελλάδα, οι ερωτηθέντες αξιολογούν τους Έλληνες ως μη εκπαιδευμένους στη ζωοφιλία (ΜΤ:2,29/ΤΑ:0,842) και εκτιμάται ότι η παρουσία αδέσποτων σκύλων αποτελεί πρόβλημα «Εκπαίδευσης των πολιτών» (ΜΤ:4,09/ΤΑ1,133), «Ηθικό» (ΜΤ:4,09/ΤΑ1,128) και «Πολιτικό» (ΜΤ:3,98/ΤΑ:1,138). Επίσης, η «Εγκατάλειψη των κατοικίδιων σκύλων» (ΜΤ:4,62/ΤΑ:1,108) και η «ανεξέλεγκτη αναπαραγωγή των ήδη αδέσποτων σκύλων» (ΜΤ:4,18/ΤΑ:1,108) αξιολογούνται ως οι βασικές αιτίες ύπαρξης αυτών (Πίνακας II).

**Πίνακας II:** Μέση Τιμή και Τυπική Απόκλιση απαντήσεων του δείγματος σε γενικές ερωτήσεις

**Table II:** Mean and Standard Deviation of the sample's opinions about general questions

	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Οι Έλληνες είναι εκπαιδευμένοι στην ζωοφιλία	2,29	0,842
Οι αδέσποτοι σκύλοι θεωρούνται ανεπιθύμητοι	3,28	1,253
Η ύπαρξη αδέσποτων σκύλων σε δρόμους σε πόλεις και χωριά αποτελεί:		
Πρόβλημα Εκπαίδευσης των πολιτών	4,09	1,133
Πρόβλημα Ηθικό	4,09	1,128
Πρόβλημα Πολιτικό	3,98	1,138
Πρόβλημα Περιβαλλοντικό	3,11	1,345
Πρόβλημα Υγείας	2,94	1,377
Θεωρείτε ως αιτία της ύπαρξης των αδέσποτων σκύλων στους δρόμους:		
Τη μη υποχρεωτική στείρωση των κατοικίδιων σκύλων (εκτός των αδειοδοτημένων εκτροφών)	3,89	1,279
Την εγκατάλειψη των κατοικίδιων σκύλων	4,62	0,796
Την ανεξέλεγκτη αναπαραγωγή των αδέσποτων σκύλων	4,18	1,108

Ως κύριος λόγος εγκατάλειψης του κατοικίδιου σκύλου, αναφέρεται η «έλλειψη χρόνου/ενδιαφέροντος του ιδιοκτήτη» (MT:3,98/TA:1,046) και με την άποψη αυτή φαίνεται να συμφωνούν τόσο οι ιδιοκτήτες (MT:3,92) όσο και οι μη ιδιοκτήτες σκύλου (MT:4,08). Ακολουθεί η «Αρρώστια ή ο τραυματισμός του σκύλου» (MT:3,64/ TA:1,181), ενώ το δείγμα ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί με επιλογές όπως: «μετακόμιση σε άλλη πόλη/σπίτι», «συμπεριφορά του σκύλου» και «οικονομικοί λόγοι» MT:3,34/3,28/2,89 αντίστοιχα). Τέλος, το δείγμα συμφωνεί με την άποψη ότι «οι άρρωστοι ή οι τραυματισμένοι σκύλοι εγκαταλείπονται πιο εύκολα» (MT:4,19/TA: 0,941) και εκτιμά πως η εγκατάλειψη δίνει στο ζώο «δεύτερη ευκαιρία ζωής» (MT: 3,76/TA:1,405).

Ωστόσο, το δείγμα ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί (MT:2,76/TA:1,152) ότι το ισχύον νομικό πλαίσιο (ν.4039/2012) διασφαλίζει την ευζωία των αδέσποτων σκύλων, διαφωνεί ότι καλύπτει τα προβλήματα που προκύπτουν από αυτούς τους σκύλους (MT:2,41/TA:1,087) και συμφωνεί (MT:4,07/TA:1,134) ότι η νομοθεσία θα πρέπει να προστατεύει τα ζώα αυτά περισσότερο (το νέο νομοθετικό πλαίσιο, 4830/2022, μέχρι την δημοσίευση της παρούσης, δεν έχει τεθεί σε εφαρμογή λόγω απουσίας έκδοσης ρυθμιστικών διατάξεων). Επίσης, το δείγμα ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί ότι η νομοθεσία τηρείται από τους ιδιοκτήτες σκύλου (MT:2,50/ TA:0,943), ενώ εκτιμά πως η μη τήρηση της νομοθεσίας, καταπατά τα δικαιώματα των πολιτών που

δεν έχουν σκύλο (MT:3,74/TA:1,107) (Πίνακας III).

Το 40,4% του δείγματος εκτιμά ότι γνωρίζει για την ύπαρξη καταφυγίων/ κυνοκομείων (αδειοδοτημένα ή μη) στην περιοχή κατοικίας τους (το 36,4% δηλώνει πως δεν υπάρχουν), ενώ το δείγμα ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί τόσο με την άποψη ότι οι αδέσποτοι σκύλοι σε αυτά έχουν ευζωία (MT:2,72/TA:1,162) όσο και με την επιβολή τέλους στους πολίτες για την κάλυψη των λειτουργικών τους εξόδων (MT:3,27/TA:1,388). Επιπλέον, το δείγμα εμφανίζεται ουδέτερο και ως προς τη συμβολή των ιδιωτικών καταφυγίων/κυνοκομείων στην μείωση των αδέσποτων σκύλων (MT:3,49/TA:1,241) και διαφωνεί (MT:1,66/TA:1,190) ότι αυτά αποτελούν τη λύση στο πρόβλημα των αδέσποτων σκύλων. Τέλος, οι συμμετέχοντες είναι ουδέτεροι ως προς τον χρόνο παραμονής των αδέσποτων σκύλων στα καταφύγια/ κυνοκομεία (MT μέχρι την ηλικία των 6 μηνών:2,74/TA:1,321, MT ως την ηλικία του 1 έτους:2,51/TA:1,192 και MT ως το φυσικό του θάνατο:2,32/TA:1,407) ενώ διαφωνεί με την παραμονή τους σε αυτά για συγκεκριμένο χρόνο και μετά να υποβάλλονται σε ευθανασία (MT:1,66/TA:1,190).

Ως προς τις υιοθεσίες των αδέσποτων σκύλων, το δείγμα συμφωνεί ότι θα συμβάλουν στη μείωση του πληθυσμού των αδέσποτων σκύλων (MT:4,45/TA:0,848) και αξιολογεί πως στην ίδια κατεύθυνση είναι και η παροχή κινήτρων στους πολίτες για αύξηση των υιοθεσιών των αδέσποτων σκύλων (MT:4,44/TA:0,890) (έναντι αγοράς σκύλου) (Πίνακας IV).

**Πίνακας III:** Μέση τιμή και Τυπική Απόκλιση των απόψεων σχετικά με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο (ν. 4039/2012)

**Table III:** Mean and Standard Deviation of the sample's opinions about the current legal framework (n. 4039/2012)

	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Διασφαλίζεται η ευζωία των αδέσποτων σκύλων με την υπάρχουσα νομοθεσία;	2,76	1,152
Καλύπτονται τα προβλήματα που προκύπτουν από την ύπαρξη αδέσποτων σκύλων με την υπάρχουσα νομοθεσία;	2,41	1,087
Η ισχύουσα νομοθεσία για τους κατοικίδιους σκύλους τηρείται από τους πολίτες ιδιοκτήτες σκύλων;	2,50	0,943
Η μη τήρηση της νομοθεσίας για τους κατοικίδιους σκύλους καταπατά τα δικαιώματα των συμπολιτών τους που δεν έχουν σκύλο;	3,74	1,107
Οι χρηματικές ποινές (πρόστιμα) που ορίζει η νομοθεσία είναι αποτρεπτικές για την μη τήρηση αυτής από τους πολίτες;	3,06	1,153
Η νομοθεσία πρέπει να προστατεύει περισσότερο τους αδέσποτους σκύλους	4,07	1,134
Η νομοθεσία πρέπει να προστατεύει περισσότερο τους πολίτες	3,25	1,283

**Πίνακας IV:** Μέση τιμή και Τυπική Απόκλιση των απόψεων του δείγματος σχετικά με τις υιοθεσίες των αδέσποτων σκύλων

**Table IV:** Mean and Standard Deviation of the sample's opinions about stray dog adoptions

	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Η υιοθεσία ενός αδέσποτου σκύλου θα μειώσει τον πληθυσμό τους;	4,45	0,848
Πρέπει να δίνονται κίνητρα στους πολίτες ώστε να προτιμούν την υιοθεσία αδέσποτου σκύλου έναντι της αγοράς σκύλου;	4,44	0,890

Ωστόσο, το δείγμα διαφωνεί (ΜΤ:1,82/ΤΑ:1,224), τόσο με τη διευκόλυνση της διαδικασίας της ευθανασίας των αδέσποτων ζώων, ως πρακτική ελέγχου αυτών, καθώς εκτιμά πως η ευθανασία δεν συμβάλλει στην μείωση του πληθυσμού τους (ΜΤ:1,95/ΤΑ:1,315), όσο και με την ευθανασία όλων των αδέσποτων σκύλων, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και στην συνέχεια επανέλεγχό αυτής της πρακτικής, (ΜΤ:1,65/ΤΑ:1,123), ενώ ούτε διαφωνεί/ούτε συμφωνεί με την ευθανασία μόνο των επικίνδυνων αδέσποτων σκύλων (ΜΤ:2,91/ΤΑ:1,484).

Τέλος, το 61,27% των συμμετεχόντων φαίνεται να γνωρίζει ότι αδέσποτοι σκύλοι στον δήμο κατοικίας τους έχουν υποστεί κακοποίηση (Γράφημα III) και το 20,4% γνωρίζει κάποιον (γνωστό/φίλο/συγγενή) που έχει κακοποιήσει αδέσποτο σκύλο, ενώ το 67,34% εκτιμά ότι δεν έχουν γίνει μαζικές εξολοθρεύσεις (δηλητηριάσεις) αυτών.

Επίσης, το δείγμα συμφωνεί (ΜΤ:4,33/ΤΑ:0,948) με την ύπαρξη συσχετισμών μεταξύ της κακοποίησης ζώων και της ενδοοικογενειακής ή άλλων μορφών βίας.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μέσω αυτής της μελέτης γίνεται προσπάθεια, αφενός να διερευνηθεί η υφιστάμενη κατάσταση των αδέσποτων σκύλων στην Ελλάδα και να αποτυπωθούν οι αντιλήψεις των εμπλεκόμενων φορέων, καθώς και απλών πολιτών, σε θέματα που αφορούν στη διαχείριση αυτών (π.χ. κατανόηση των λόγων ύπαρξής τους, επαρκές ή όχι νομικό πλαίσιο, συμβολή των καταφυγίων/κυνοκομείων, των υιοθεσιών και των ευθανασιών) και αφετέρου να συμπληρώσει προηγούμενες, αντίστοιχες, έρευνες (Voslarova and Passantino 2012, Siettou et al. 2013).

Οι σκύλοι σχετίζονται στενά με την ανθρώπινη δραστηριότητα, με αποτέλεσμα ο έλεγχός τους να συνδέεται με αλλαγές στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Ανάλογες μελέτες κατά το παρελθόν, ανέδειξαν τους ιδιοκτήτες σκύλων ως υπεύθυνους για την αύξηση των πληθυσμών των αδέσποτων σκύλων, αφού εγκαταλείπουν τους σκύλους τους (Slate et al. 2008, Fatjó et al., 2015), συνήθως όχι στερημένους (Vučinić et al. 2011, Hild et al. 2019). Με τη άποψη αυτή συμφωνούν



**Γράφημα III:** Άποψη του δείγματος για την ύπαρξη περιστατικών κακοποίησης αδέσποτων σκύλων στο Δήμο κατοικίας τους

**Figure III:** Sample's opinions about the existence of incidents of abuse of stray dogs in their Municipality



και οι συμμετέχοντες στη συγκεκριμένη έρευνα, οι οποίοι θεωρούν τους Έλληνες όχι εκπαιδευμένους στη ζωοφιλία και αξιολογούν την εγκατάλειψη των κατοικίδιων (κυρίως λόγω έλλειψης χρόνου/ενδιαφέροντος ή λόγω αρρώστιας ή τραυματισμού του σκύλου) ως βασική αιτία ύπαρξης αδέσποτων σκύλων. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα της έρευνας των Amaku et al. (2010), βάσει των οποίων, από τον ρυθμό εγκατάλειψης των κατοικίδιων σκύλων, εξαρτάται η επιτυχία ή όχι των στείρωσεων, ως πρακτική μείωσης των αδέσποτων σκύλων. Τέλος, κατά τους Fatjó et al. (2015), η ηλεκτρονική σήμανση και ταυτοποίηση των κατοικίδιων σκύλων, αναμένεται να μειώσει την εγκατάλειψή τους και να αυξήσει κατά 3 φορές την πιθανότητα επιστροφής του σκύλου στον ιδιοκτήτη του.

Εφόσον δεν υπάρχει ανάλογη ενιαία, ευρωπαϊκή νομοθεσία, η διαχείριση των αδέσποτων σκύλων είναι αρμοδιότητα κάθε κράτους/μέλους της Ε.Ε. (Alison, St., 2020), με τους συμμετέχοντες να συμφωνούν πως η ισχύουσα ελληνική νομοθεσία δεν καλύπτει τα προβλήματα που προκύπτουν από τους αδέσποτους σκύλους, δεν τηρείται από τους ιδιοκτήτες σκύλων (δημιουργώντας προβλήματα στους μη ιδιοκτήτες), ενώ επιθυμούν η νομοθεσία να προστατεύει περισσότερο τους αδέσποτους σκύλους.

Ως υπεύθυνο φορέα διαχείρισης το δείγμα ορίζει το δήμο, εντός των διοικητικών ορίων του οποίου βρίσκονται οι αδέσποτοι σκύλοι (συμφωνώντας με την ισχύουσα νομοθεσία). Ωστόσο, το 40,6% των συμμετεχόντων εκτιμούν πως ο δήμος κατοικίας του δεν εφαρμόζει πρόγραμμα διαχείρισης αυτών (εντοπίζοντας την αδυναμία εφαρμογής ανάλογων προγραμμάτων κυρίως σε έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού και κατάλληλου εξοπλισμού). Παρόλα αυτά, άξιο παρατήρησης είναι το ποσοστό των συμμετεχόντων (23,14%) που δεν γνωρίζει αν ο οικείος δήμος εφαρμόζει ή όχι προγράμματα και πρέπει να διευκρινιστεί αν αυτό οφείλεται σε αδιαφορία των πολιτών ή σε αδυναμία πληροφόρησής τους από τον οικείο δήμο. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνεται και από το ΦΕΚ 5732/28-12-2020 (με το οποίο καθορίζονται οι Δήμοι και οι Σύνδεσμοι Δήμων που χρηματοδοτούνται για τις ενέργειες διαχείρισης των αδέσποτων σκύλων, αλλά και το ύψος χρηματοδότησης για το έτος 2020), καθώς μόνο 140 δήμοι (42,17%), από τους συνολικά 332, χρηματοδοτούνται για την εφαρμογή προγράμματος διαχείρισης αυτών των σκύλων.

Επίσης, οι ερωτηθέντες θεωρούν πως οι στείρωσεις των αδέσποτων σκύλων και οι υιοθεσίες αυτών από τους πολίτες, αποτελούν σημαντικά στοιχεία

επιτυχίας ενός προγράμματος ελέγχου αυτών. Στην κατεύθυνση αυτή, ήδη από το 1990, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θεωρεί τον συνδυασμό στείρωσης (τουλάχιστον 70% των σκύλων)/ηλεκτρονική σήμανση (ταυτοποίηση ζώου με ιδιοκτήτη) και εκπαίδευση πολιτών (υπεύθυνη ιδιοκτησία σκύλου), ως την πιο αποτελεσματική μέθοδο ελέγχου του πληθυσμού των αδέσποτων σκύλων (Bögel et al., 1990).

Ως προς τα καταφύγια/κυνοκομεία, οι ερωτηθέντες έχουν ουδέτερη στάση ως προς τη συμβολή τους στον έλεγχο των αδέσποτων σκύλων, σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες, κατά τις οποίες η παραμονή των σκύλων στα καταφύγια μειώνει το πρόβλημα για συγκεκριμένο χρόνο (Sternheim, 2012), ενώ όταν ο πληθυσμός τους υπερβαίνει τη χωρητικότητα αυτών (Dias et al., 2015) τα ζώα δεν ζουν πλέον υπό συνθήκες ευζωίας (International Companion Animal Management Coalition Humane Dog Population Management Guidance, 2019).

Μια άλλη, πιο παραδοσιακή προσέγγιση διαχείρισης του πληθυσμού των αδέσποτων σκύλων αποτελεί ο συνδυασμός «περισυλλογή-καταφύγιο-υιοθεσία/ευθανασία» (RAWC, 2014), με το Ηνωμένο Βασίλειο να υποβάλλει σε ευθανασία περίπου το 10% των αδέσποτων σκύλων (Stavisky et al., 2012). Ωστόσο, ως προς την ευθανασία, σαν πρακτική ελέγχου των πληθυσμού των αδέσποτων σκύλων, τα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας συμφωνούν με τους Dalla et al. (2010), κατά τους οποίους, «οι λιγότερο δαπανηρές μέθοδοι ελέγχου των αδέσποτων σκύλων, όπως η ευθανασία, η χρήση δηλητηριασμένων δολωμάτων και οι πυροβολισμοί έχουν μικρή ή καθόλου επίδραση στην μείωση του πληθυσμού».

Τέλος, η κακοποίηση των ζώων είναι μια μη κοινωνικά αποδεκτή συμπεριφορά που προκαλεί σκόπιμα περιττό πόνο, ταλαιπωρία, αγωνία ή ακόμη και το θάνατο ενός ζώου (Ascione FR., 1993), με τους συμμετέχοντες να εκτιμούν ότι η κακοποίηση υφίσταται στους αδέσποτους σκύλους του δήμου κατοικίας του, χωρίς ωστόσο να έχουν πραγματοποιηθεί μαζικές εξολοθρεύσεις αυτών, ενώ συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες για την ύπαρξη συσχετισμού μεταξύ της κακοποίησης ζώων και της ενδοοικογενειακής ή άλλων μορφών βίας (Flynn CP., 2000).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αδέσποτοι σκύλοι θεωρούνται ανεπιθύμητοι, παρόλο που θεωρούνται ως μια πραγματικότητα που δεν μπορούμε να αγνοήσουμε. Η ευθανασία ή η παραμονή αυτών στα καταφύγια/κυνοκομεία δεν μπορεί να

θεωρηθεί λύση στο πρόβλημα. Αντίθετα, η εκπαίδευση των πολιτών στη ζωοφιλία και κυρίως στην «υπεύθυνη ιδιοκτησία σκύλου» (ώστε να μειωθεί η εγκατάλειψη του κατοικίδιου σκύλου), η αύξηση των υιοθεσιών των αδέσποτων σκύλων (έναντι αγοράς), ο έλεγχος του ρυθμού αναπαραγωγής (στεριώσεις) των αδέσποτων σκύλων και ένα σύγχρονο νομοθετικό πλαίσιο, που να φροντίζει για την ευζωία των αδέσποτων σκύλων, θα είχαν ευνοϊκά αποτελέσματα στη διαχείριση των πληθυσμών αυτών των ζώων. Επίσης, η παροχή κινήτρων στους πολίτες για υιοθεσίες αδέσποτων σκύλων, η διάθεση πόρων (συνεχής χρηματοδότηση, εκπαιδευμένο προσωπικό, κατάλληλος εξοπλισμός) από τους υπεύθυνους φορείς, ώστε να μπορούν να εφαρμόζουν

προγράμματα ελέγχου αυτών των σκύλων, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες επιτυχίας των προγραμμάτων διαχείρισης των αδέσποτων σκύλων.

### Περιορισμοί της έρευνας

Τα δεδομένα που ελήφθησαν ενδεχομένως να εμπεριέχουν ποσοστό υποκειμενικότητας καθώς ήταν δύσκολο να ελεγχθούν, ενώ δεν ήταν δυνατή η ανάλογη αντιπροσώπευση κάθε εμπλεκόμενου φορέα στο δείγμα, αφού δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία για ορισμένους (π.χ. μητρώο εκπαιδευτών σκύλων/φιλοζωικών οργανώσεων και σωματείων ή η μη σύσταση της Δημοτικής Αστυνομίας σε όλους τους Δήμους).

## The problem of stray dog's management in Greece: an empirical investigation

T. Papavasili<sup>1</sup>, A. Mavrommati<sup>1</sup>, F. Chatzitheodoridis<sup>2</sup>, E.N. Sossidou<sup>3</sup>, A.Kontogeorgos<sup>4</sup>.

### ABSTRACT

The present study was conducted based on Law 4039/2012 with the aim of investigating the perception of stakeholders and citizens on the management of the stray dogs in Greece (reasons for their existence, sufficiency or not of the legal framework), the contribution of shelters/kennels, adoptions and euthanasia of stray dogs to the control their population, the abuse of companion animals and finally, to arouse citizens' interest in the specific issue so that they propose solutions to control and/or limit their population). Data were collected through a questionnaire-based online survey, which took place in spring 2021 and 643 responses were received. The assessment that the Greeks are not educated in animal welfare, the current legal framework is not considered sufficient in terms of covering the problems that arise, while euthanasia and shelters are not the solution to controlling them, they are some of the results of this research.

**Keywords:** stray dogs, population of stray dogs, management of stray dogs

<sup>1</sup>University of Patras, Department of Agricultural and Food Business Management,; G. Seferi 2, 30100, Agrinio Greece thpapavasili@upatras.gr, d.papavasili@yahoo.gr, t. +306945390027 amavrom@upatras.gr

<sup>2</sup>University of Western Macedonia, Department of Regional and Cross Border Development, 50100, Kozani, Greece, fxtheodoridis@uomn.gr

<sup>3</sup>Hellenic Agricultural Organization «DIMITRA» Veterinary Research Institute, 57001, Thessaloniki, Greece sossidou@vri.gr

<sup>4</sup>International Hellenic University, Department of Agriculture, 14th km Thessaloniki, Nea Moudania 57001, Thessaloniki, Greece akontoge@lhu.gr

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alison, S., 2020. The EU and Stray Dogs Available at: <https://paws2rescue.com/the-eu-and-stray-dogs/> (08 January 2022, date of last accessed).
- Amaku, M., R. Augusto Dias & F. Ferreira, 2010. Dynamics and Control of Stray Dog Populations. *Mathematical Population Studies: An International Journal of Mathematical Demography*, 17 (2), 69-78.
- Ascione FR., 1993. Children who are Cruel to Animals: A Review of Research and Implications for Developmental Psychopathology, *Anthrozoös*, 6(4), 226-247.
- Baquero, F., V.F. Lanza, R. Canton & T.M. Coque, 2015. Public health evolutionary biology of antimicrobial resistance: priorities for intervention. *Evol Appl*, 8 (3), 223–239.
- Barnard, S., M. Chincarini, L. Di Tommaso, F. Di Giulio, S. Messori & N. Ferri, 2015. Free-roaming dog control Activities in one Italian province (2000-2013): Is the implemented approach effective? *Mac Vet Rev*, 38 (2), 1-10.
- Bedford Emma, 2021, Number of dogs in the European Union in 2020, by country, Available at: <https://www.statista.com/statistics/414956/dog-population-european-union-eu-by-country/> (22 January 2020, date of last accessed).
- Bögel, K.; Frucht, K.; Drysdale, G.; Remfry, J., 1990. *World Health Organization Guidelines for Dog Population Management*; WHO: Geneva, Switzerland.
- Bogner, A., Beate, L., Wolfgang, M. 2009, 'Introduction: Expert Interviews – An Introduction to a New Methodological Debate' p. 1–13 in *Interviewing Experts*, edited by Bogner, A., Beate, L., Wolfgang, M. UK: Palgrave Macmillan.
- Broom, M.D., 2017. *Animal Welfare in the European Union* Available at: [https://ec.europa.eu/food/animals/animal-welfare\\_el/](https://ec.europa.eu/food/animals/animal-welfare_el/) (02 January 2022, date of last accessed).
- Dalla Villa, P., S. Kahn, L. Stuardo, L. Iannetti, A. Di Nardo & J. Serpell, 2010. Free-roaming dog control among OIE-member countries. *Prev Vet Med*. 97(1), 58-63.
- Dias, R.A., O.S. Baquero, A.G. Guilloux, C.F. Moretti, T. De Lucca, R.C. Rodrigues, C.L. Castagna, D. Presotto, Y.C. Kronitzky, J.H. Grisi-Filho, F. Ferreira & M. Amaku, 2015. Dog and cat management through sterilization: implications for population dynamics and veterinary public policies. *Prev Vet Med*. 122 (1-2), 154-63
- ESDAW-EU (European Society of Dog and Animal Welfare) 2014-2019. *The Stray Dogs in Europe*. Available at: <http://www.esdaw-eu.eu/the-stray-dogs-in-europe.html#> (02 April 2022, date of last accessed)
- European Enforcement Network of Animal Welfare Lawyers and Commissioners, 2013, Available at: <http://www.lawyersforanimalprotection.eu/2013/10/26/28-10-2013-eu-commission-conference-the-welfare-of-dogs-and-cats-in-the-eu/> (8 October 2021, date of last accessed).
- Fatjó, J., Bowen, J., García, E., Calvo, P., Rueda, S., Amblás, S., Lanza, F. J., *Epidemiology of Dog and Cat Abandonment in Spain (2008–2013) - Animals (Basel)* 2015, 5(2): 426–441
- Flynn CP., 2000. Woman's best friend: pet abuse and the role of companion animals in the lives of battered women. *Violence against Women*, 6: 162-177.
- Garde, E., Acosta-Jamett, G., Bronsvort, B.M, 2013. *Review of the Risks of Some Canine Zoonoses from Free-Roaming Dogs in the Post-Disaster Setting of Latin America Animals* 3: 855–865
- Hild, S & L. Schweitzer, 2019. *Animal Welfare: from Science to Law*. La Fondation Droit Animal, Ethique et Sciences, v1. [www.fondation-droit-animal.org](http://www.fondation-droit-animal.org) (29 March 2022, date last accessed)
- Haupt, K.A., Goodwin, D., Uchida, Y., Baranyiová, E., Fatjó, J., Kakumah Y. 2007. *Proceedings of a workshop to identify dog welfare issues in the US, Japan, Czech Republic, Spain and the UK*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106:221–233.
- ICAM, International Companion Animal Management Coalition, 2019. *Humane Dog Population Management Guidance*, Available at: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewizxJPwm\\_v4AhVMg\\_0HHR9HCNwQFnoECAGQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.icam-coalition.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F09%2F2019-ICAM-DPM-guidance-Interactive-updated-15-Oct-2019.pdf&usq=A0vVaw3vuLNmyx6SoQ9iEyw4Edmb](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewizxJPwm_v4AhVMg_0HHR9HCNwQFnoECAGQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.icam-coalition.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F09%2F2019-ICAM-DPM-guidance-Interactive-updated-15-Oct-2019.pdf&usq=A0vVaw3vuLNmyx6SoQ9iEyw4Edmb) (29 March 2022 date of last accessed).
- OIE (World Organization for Animal Health), 2009. *Stray dog population control*, Chapter 7.7. OIE, *Animal Health Code*. Available at: [https://www.oie.int/fileadmin/~/Home/eng/International\\_Standard\\_Setting/docs/pdf/A\\_TAHSC\\_Sept\\_2009\\_Part\\_A\\_b\\_.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/~/Home/eng/International_Standard_Setting/docs/pdf/A_TAHSC_Sept_2009_Part_A_b_.pdf) (29 December 2021, date last accessed).
- RAWC (Regional Animal Welfare Centre), 2014. *Com-*

- panion animal management – Stray dog control. Available at: <http://rawc.eu/?p=33> (13 December 2021, date of last accessed).
- Sietou, Ch, I. Fraser & R. Fraser, 2013. A Choice Experiment Analysis of the Management of the Stray Dog Population in the UK 2013. Paper presented at the 87th Annual Conference of the Agricultural Economics Society, University of Warwick, United Kingdom.
- Slate, R.M., A. Di Nardo, O. Pediconi, P. Dalla Villa, L. Candeloro, B. Alessandrini & S. Del Papa, 2008. Cat and dog ownership and management patterns in central Italy', *Prev Vet Med*, 85 (3-4), 267-294.
- Stavisky, J, L.M. Brennan, M. Downes & R. Dean, 2012. Demographics and economic burden of un-owned cats and dogs in the UK: results of a 2010 census. *BMC Veterinary Research*, 8 (163), 1-14.
- Sternheim, I, 2012. How Holland became free of Stray dogs', *Dog research, animal foundation platform.nl*. Available at: [https://www.stray-afp.org/nl/wp-content/uploads/sites/2/2015/11/DR\\_Dutch\\_Straydogs1.pdf](https://www.stray-afp.org/nl/wp-content/uploads/sites/2/2015/11/DR_Dutch_Straydogs1.pdf) (03 December 2021, date of last accessed).
- Taylor, H.L., M.R. Wallace, D. Balaram, M.J. Lindenmayer, C.D. Eckery, W.B. Mutoonono, E. Parravani & H.L. Nel, 2017. The Role of Dog Population Management in Rabies Elimination - A Review of Current Approaches and Future Opportunities. *Frontiers in Veterinary Science*, 4 (109), 1-12.
- Voslarova, E & A. Passantino, 2012. Stray dog and cat laws and enforcement in Czech Republic and in Italy', *Ann Ist Super Sanita*, 48(1), 97-104.
- Vučinić, M., V. Đorđević, K. Radisavljević, N. Atanasijević & J. Nedeljković-Trailović, 2011. Feeding behavior of stray dogs in a municipal shelter. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 61, 99-105.