
Λειτουργικά
Χαρακτηριστικά
Δασικών Ειδών
Κατά Μήκος
Περιβαλλοντικών
Βαθμίδων

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Περιβάλλοντος

Χρυσάνθη Ζ. Μιχελάκη

Πίνακας Περιεχομένων

1. Σκοπός ερευνητικής πρότασης	3
2. Θεωρητική διερεύνηση	3
3. Μεθοδολογία	7
4. Συνάφεια στην κοινωνία	11
5. Χρονοδιάγραμμα	11
6. Καινοτομία	11
7. Δημοσίευση αποτελεσμάτων	12
Βιβλιογραφία	13

1. Σκοπός ερευνητικής πρότασης

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των φυτών σχετίζονται με τη δέσμευση και τον επιμερισμό των πόρων και ελέγχουν διακριτές λειτουργίες όπως η ανάπτυξη, η αναπαραγωγή και η άμυνα των οργανισμών. Ο συνδυασμός οικονομικών θεωριών με μαθηματικά μοντέλα παρέχει μια ισχυρή μηχανιστική βάση προσέγγισης τόσο της εξελικτικής πορείας όσο και της οικολογίας των φυτών. Σκοπός της προτεινόμενης διατριβής είναι ο προσδιορισμός των στρατηγικών επιβίωσης των κυρίαρχων δασικών ειδών του ελλαδικού χώρου και η χρήση τους για την πρόβλεψη των αποκρίσεων της δασικής βλάστησης σε σενάρια κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα η παρούσα διατριβή στοχεύει: 1) Στη δημιουργία και την εφαρμογή ενός ενιαίου πρωτοκόλλου μετρήσεων των λειτουργικών χαρακτηριστικών των κυρίαρχων δασικών ειδών του Ελλαδικού χώρου και στην ανάπτυξη μιας εκτενούς βάσης δεδομένων κατά μήκος κλιματικών και εδαφικών βαθμίδων. 2) Στη περιγραφή της μεταβλητότητας των βασικών λειτουργικών χαρακτηριστικών μεταξύ διακριτών βιοκλιματικών και εδαφικών τύπων. 3) Στον προσδιορισμό των στρατηγικών επιβίωσης των ειδών μέσω της αξιολόγησης των συσχετίσεων των λειτουργικών χαρακτηριστικών. 4) Στην εφαρμογή εμπειρικών μοντέλων βασισμένων στις αναγνωρισμένες στρατηγικές επιβίωσης, για την πρόβλεψη των τύπων της βλάστησης και της απόκρισής τους σε σενάρια κλιματικών αλλαγών.

2. Θεωρητική διερεύνηση

Κάθε φυτό προσλαμβάνει, μεταφέρει και αποθηκεύει ενέργεια, διοξειδίο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και θρεπτικά συστατικά. Τα αποθέματα των πόρων επιμερίζονται μεταξύ των λειτουργιών της συντήρησης, της ανάπτυξης και της αναπαραγωγής σύμφωνα με τα πρότυπα που καθορίζονται από την αλληλεπίδραση του γενοτύπου και του περιβάλλοντος των φυτικών οργανισμών (Bazzaz & Grace, 1997). Τα πρότυπα επιμερισμού της ενέργειας και των πόρων είναι αποτέλεσμα εξελικτικών διαδικασιών και αποτελούν τμήμα της συνολικής προσαρμοστικής στρατηγικής ενός είδους (Grime, 2001). Την τελευταία δεκαετία η θεωρία του επιμερισμού των πόρων από τα φυτά έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της λειτουργικής οικολογίας και της οικοσυστημικής μοντελοποίησης, κυρίως

μέσω της αναγνώρισης του κύκλου ζωής ή των στρατηγικών που ακολουθούν τα είδη. Η ανάλυση εκτενών βάσεων δεδομένων (π.χ. Wright, et al., 2004) έχει βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι φυτικοί οργανισμοί επιλέγουν να επενδύσουν τους πόρους που δεσμεύουν, καθώς και της επίδρασης που έχουν οι συγκεκριμένες επιλογές στην κατανομή και τους τύπους της βλάστησης (Ackerly, 2004; Diaz, et al., 2004).

Κεντρικό ρόλο στις παραπάνω ερευνητικές προσπάθειες διαδραματίζει η μελέτη των λειτουργικών χαρακτηριστικών. Ως λειτουργικό χαρακτηριστικό ορίζεται ένα μορφολογικό, φυσιολογικό ή φαινολογικό γνώρισμα, μετρήσιμο από το επίπεδο του κυττάρου μέχρι και ολόκληρου του ατόμου, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στην εγκατάσταση, την επιβίωση, την ανάπτυξη και την προσαρμοστικότητα ενός φυτικού οργανισμού (Reich, et al., 2003; Ackerly, 2003).

Πρόσφατα μια σειρά εργασιών τοπικής και πλανητικής κλίμακας (Reich, et al., 1997; Westoby, et al., 2002; Diaz, et al., 2004; Moles, et al., 2005), απέδειξε ότι οι εξελικτικοί και βιο-γεωχημικοί περιορισμοί που δρουν στα διάφορα επίπεδα οργάνωσης είναι τόσο ισχυροί, ώστε οι φυτικοί οργανισμοί να οδηγούνται σε συγκεκριμένες επιλογές επιμερισμού των πόρων. Τα φυτικά είδη τοποθετούνται κατά μήκος κοινών αξόνων διακύμανσης των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους, οι συνδυασμοί των οποίων εκφράζουν ένα συνεχές «βιώσιμων» στρατηγικών επιβίωσης. Βασικοί άξονες διακύμανσης έχουν προσδιορισθεί για διακριτά φυτικά όργανα με τους κυριότερους εξ' αυτών να αναγνωρίζονται στο επίπεδο του φύλλου (Wright, et al., 2004), του αναπαραγωγικού υλικού (Moles, et al., 2005) και του κορμού (Falster & Westoby, 2003). Λειτουργικά χαρακτηριστικά σχετιζόμενα με τα τρία παραπάνω φυτικά όργανα θεωρούνται καλοί δείκτες του τρόπου με τον οποίο ένα φυτό, υπό δεδομένες βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες, επιλέγει να επιμερίσει τους πόρους που δεσμεύει, προκειμένου να αυξήσει την αρμοστικότητά του και να εξασφαλίσει τη βιωσιμότητά του (Westoby & Wright, 2006). Η συνδυαστική θεώρηση των παραπάνω κατευθύνσεων οδηγεί στις ονομαζόμενες στρατηγικές επιβίωσης που επιλέγει να ακολουθεί, ή καλύτερα έχει διαμορφώσει σε βάθος εξελικτικού χρόνου, το εκάστοτε είδος.

Οι εναλλακτικές στρατηγικές που επιλέγουν τα φυτά αφορούν: (α) στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων, μετρούμενη σε φωτοσυνθετικές μονάδες, σε συνδυασμό με το χρονικό διάστημα που ο οργανισμός αναμένει για να επωφεληθεί από την επένδυση των πόρων (Kazakou, et al., 2007), (β) στην ικανότητα του οργανισμού να διασπείρει αναπαραγωγικό υλικό για την εγκατάσταση απογόνων (Moles, et al., 2005) και (γ) στην ανταγωνιστική ικανότητα των ατόμων εκφρασμένη μέσω της κατάκτησης μιας ευνοϊκότερης θέσης εντός της συστάδας που εξασφαλίζεται από την ανάπτυξη του κορμού (Falster & Westoby, 2003).

Η αναγνώριση των βασικών αξόνων διακύμανσης που εμφανίζουν οι συνδυασμοί των λειτουργικών χαρακτηριστικών παρουσιάζει ιδιαίτερο εξελικτικό ενδιαφέρον και υψηλή οικολογική αξία όσον αφορά στις προβλέψεις απόκρισης της βλάστησης σε συνθήκες πλανητικής αλλαγής (Westoby & Wright, 2006; Lavoret, et al., 2007). Για παράδειγμα, σε επίπεδο φύλλου, είναι γνωστό ότι η φωτοσυνθετική ικανότητα ενός οργανισμού αυξάνεται με την αύξηση της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA [$\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$]) και την αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών (συνήθως αζώτου και φωσφόρου) στο φύλλο (Merino, et al., 1984; Reich, et al., 1997). Παρόλα αυτά, οι Wright et al. (2004), αναλύοντας μια παγκόσμια βάση δεδομένων, παρουσίασαν το φάσμα των οικονομικών του φύλλου (worldwide leaf economic spectrum), το οποίο εκτείνεται από φύλλα με υψηλό δείκτη φυλλικής επιφάνειας και μεγάλες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλλά με μικρή διάρκεια ζωής, σε φύλλα με χαμηλό δείκτη φυλλικής επιφάνειας και μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών, αλλά με μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα δύο άκρα του παραπάνω συνεχούς χαρακτηρίζουν δυο αντίθετες στρατηγικές. Στο ένα άκρο βρίσκονται φυτικά είδη που επιλέγουν να έχουν γρήγορες και υψηλές αποδόσεις στην επένδυση σε φωτοσυνθετικό υλικό, παρουσιάζοντας υψηλούς ρυθμούς ανταλλαγής αερίων (CO_2 και H_2O), τα οποία όμως είναι αναγκασμένα να ανανεώνουν συχνά το φύλλωμά τους. Στο αντίθετο άκρο βρίσκονται είδη με πιο αργούς ρυθμούς ανταλλαγής αερίων, τα οποία επιτυγχάνουν υψηλότερη διάρκεια ζωής ανά φωτοσυνθετική μονάδα, η οποία αποδίδει αντίστοιχα οφέλη ακολουθώντας μία συντηρητική στρατηγική αποδοτικής διατήρησης των θρεπτικών.

Όσον αφορά στη δεύτερη διάσταση, τη σχετιζόμενη με τη στρατηγική αναπαραγωγής των φυτών, μία καλά

καταγεγραμμένη αντιστάθμιση μεταξύ της ευκαιριακής στρατηγικής (r-στρατηγική) και της στρατηγικής της ισορροπίας (K-στρατηγική) φαίνεται να υφίσταται (Moles, et al., 2005; Lavoiret, et al., 2007). Σε αυτό το συνεχές, οι φυτικοί οργανισμοί συνήθως επιδιώκουν την όσο το δυνατόν πιο επιτυχημένη αναπαραγωγή τους, είτε μέσω της παραγωγής πολυάριθμων, μικρού μεγέθους σπερμάτων, που έχουν τη δυνατότητα να διασπείρονται σε μεγάλες αποστάσεις, είτε μέσω της παραγωγής μικρού αριθμού, μεγάλων σε μέγεθος, σπερμάτων, τα οποία έχουν μικρές δυνατότητες διασποράς, αλλά υψηλότερες συγκεντρώσεις απαραίτητων θρεπτικών συστατικών, που θα τα οδηγήσουν στην επιτυχή εγκατάστασή τους και επιβίωσή τους τα πρώτα κρίσιμα έτη μετά τη φύτευσή τους.

Τέλος, όσον αφορά στην οικολογική διάσταση της αρχιτεκτονικής του κορμού, και σε αυτή την περίπτωση δύο ακραίες στρατηγικές φαίνεται να αντικατοπτρίζουν το εύρος επιλογής των φυτικών οργανισμών. Οργανισμοί, οι οποίοι εμφανίζουν μεγαλύτερο ύψος κατά την περίοδο της ωριμότητάς τους, έχουν πρόσβαση σε υψηλότερα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ζωής τους, από τους χαμηλότερου ύψους ανταγωνιστές τους (Falster & Westoby, 2003). Η καθ' ύψος αύξηση όμως συνεπάγεται χαμηλότερη πυκνότητα κορμού, η οποία εξασφαλίζει μεγαλύτερη σταθερότητα ενώ ταυτόχρονα σχετίζεται θετικά με την ικανότητα των ειδών να αποκρίνονται σε φαινόμενα διαταραχής (πχ φωτιά) ή προσβολές παθογόνων οργανισμών. Επομένως, κατά μήκος του συγκεκριμένου άξονα διακύμανσης μία θεμελιώδης αντιστάθμιση μεταξύ της ανταγωνιστικής ικανότητας και της ασφάλειας φαίνεται να καθορίζει τη στρατηγική των φυτικών οργανισμών (Swenson & Enquist, 2007).

Οι τρεις βασικοί άξονες διακύμανσης των λειτουργικών χαρακτηριστικών των φυτικών οργανισμών εμφανίζονται στα περισσότερα οικοσυστήματα του πλανήτη. Συχνά η συσχέτιση μεταξύ λειτουργικών χαρακτήρων εκφράζεται μέσω του εκθετικού μοντέλου $Y = \alpha X^\beta$ (1), όπου Y και X τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος και α και β σταθερές. Στη λογαριθμική έκφραση της εξίσωσης (1), ο συντελεστής β εκφράζει την κλίση της γραμμικής παλινδρόμησης, και χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση των διαφοροποιήσεων των σχέσεων μεταξύ των λειτουργικών χαρακτηριστικών σε περιβαλλοντικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση

παγκόσμιων βάσεων δεδομένων έχει αναδείξει μη σημαντικές διαφοροποιήσεις του β σε καμπύλες ειδικής φυλλικής επιφάνειας - συγκέντρωσης θρεπτικών μεταξύ διαφορετικών τύπων οικοσυστημάτων (Wright, et al., 2004). Παρόλα αυτά διαφοροποιήσεις στις περιβαλλοντικές παραμέτρους εντός του ίδιου τύπου οικοσυστήματος μπορούν να παράγουν διαφορετικών κλίσεων σχέσεις (Townsend, et al., 2007; Fyllas, et al., 2009). Αντίστοιχης μορφής συσχετίσεις έχουν αναγνωρισθεί σε επίπεδο αναπαραγωγικής μονάδας (Moles, et al., 2005) και σε μικρότερο βαθμό σε επίπεδο αρχιτεκτονικής κορμού (Falster & Westoby, 2003). Η σχετική θέση των φυτικών ειδών κατά μήκος των παραπάνω αξόνων διακύμανσης εκφράζει ουσιαστικά τη στρατηγική επιμερισμού των πόρων με στόχο να εξασφαλίσει την διαίωσή του.

3. Μεθοδολογία

Με τη χρήση δημοσιευμένων κλιματικών χαρτών σε εθνικό επίπεδο (πχ Μαυρομάτης, 1980; Tselepidakis & Theoharatos, 1989) και βάσεων δεδομένων σε διεθνές επίπεδο (πχ Worldclim database¹) θα αναγνωρισθούν οι βασικοί βιοκλιματικοί τύποι που εμφανίζονται στον Ελλαδικό χώρο και θα προσδιορισθεί η κατανομή τους. Στη συνέχεια, για κάθε ένα από αυτούς θα ακολουθήσει βιβλιογραφική αναζήτηση ώστε να καταγραφούν οι πιο συχνά απαντώμενοι τύποι βλάστησης και τα κυρίαρχα δασικά είδη κάθε τύπου. Η κατανομή των βιοκλιματικών τύπων θα συνδυαστεί με την κατανομή των εδαφικών τύπων (Jones, et al., 2005) με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών προκειμένου να προσδιοριστούν οι συνδυασμοί βιοκλιματικών και εδαφικών τύπων που υποστηρίζουν διακριτούς τύπους βλάστησης. Η τελική επιλογή των δειγματοληπτικών επιφανειών θα προκύψει από το συνδυασμό της χρήσης δορυφορικών εικόνων απεικόνισης της βλάστησης (LANDSAT) και επιτόπιων επισκέψεων.

Παράλληλα θα πραγματοποιηθεί εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση των πρωτοκόλλων μέτρησης των λειτουργικών χαρακτηριστικών, όπως αυτά έχουν καταγραφεί σε διεθνείς βάσεις δεδομένων (π.χ. GlobeNet, Leda²). Ενώ ταυτόχρονα θα

¹ www.worldclim.org

² <http://www.leda-traitbase.org/LEDAportal/>

καταγράφονται οι τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών ενδιαφέροντος, των κυρίαρχων ειδών κάθε βιοκλιματικού τύπου, όπως έχουν προκύψει από προηγούμενες μελέτες, προκειμένου να υπάρχει μια αρχική βάση σύγκρισης. Από μια προκαταρκτική βιβλιογραφική επισκόπηση έχουν επιλεγθεί τα ακόλουθα λειτουργικά χαρακτηριστικά για να μελετηθούν, τόσο λόγω σπουδαιότητας όσο και για πρακτικούς λόγους (Cornelissen, et al., 2003):

1) Χαρακτηριστικά ολόκληρου του φυτού

- a) Ύψος φυτού. Θα μετρηθεί, για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης, σε 10 με 25 άτομα, με τηλεσκοπική ράβδο.
- b) Παρουσία αγκαθιών (spinescence). Πρόκειται για ένα αμυντικό χαρακτηριστικό ενάντια σε φυτοφάγους οργανισμούς που επιπλέον βοηθάει στη διαχείριση του νερού. Θα μετρηθεί, για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης, σε 5 με 10 άτομα.
- c) Ευφλεκτότητα. Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό με μεγάλη οικολογική σημασία σε μεσογειακά οικοσυστήματα αφού προσδιορίζει πόσο εύκολα ένα φυτό αναφλέγεται. Η ευφλεκτότητα του φυτού καθορίζεται από την αρχιτεκτονική του ατόμου και από την σύσταση του φυτικού ιστού (πχ παρουσία νεκρής βιομάζας, αιθέριων ελαίων ή ρετσίνης). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα μετρηθούν σε 5 με 10 άτομα για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης.

2) Χαρακτηριστικά φύλλου

- a) Ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA). Πρόκειται για το λόγο της επιφάνειας της μια πλευράς ενός φρέσκου φύλλου προς το ξηρό βάρος του ίδιου φύλλου εκφρασμένο σε m^2kg^{-1} . Χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε αυξημένες επενδύσεις πόρων στην άμυνα του φύλλου και μεγάλη διάρκεια ζωής. 20 φύλλα από 10 διαφορετικά άτομα, για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης, θα συλλεχθούν. Στο εργαστήριο η επιφάνεια κάθε φύλλου θα μετρηθεί ακλουθώντας συγκεκριμένα πρωτόκολλα και στη συνέχεια τα φύλλα θα αποξηραθούν για να καταγραφεί το ξηρό βάρος τους.
- b) Μέγεθος φύλλου. Θα μετρηθεί στα παραπάνω φύλλα πριν την αποξήρανση.

- c) Περιεκτικότητα ξηρής μάζας φύλλου (LDMC). Πρόκειται για το λόγο του ξηρού βάρους του φύλλου (mg) προς το βάρος του πριν την αποξηράνση. Θα μετρηθεί στα παραπάνω φύλλα.
- d) Περιεκτικότητα αζώτου (LNC) και φωσφόρου (LPC). Τα παραπάνω φύλλα μετά την αποξηράνση θα αλεστούν και θα αποξηρανθούν εκ νέου. Η περιεκτικότητα σε άζωτο θα μετρηθεί με αναλυτή N-S. Η περιεκτικότητα σε φώσφορο θα μετρηθεί με φασματομετρικές μεθόδους.
- e) Φωτοσυνθετικός τύπος. Τα χερσαία φυτά παρουσιάζουν 3 κύριους φωτοσυνθετικούς τύπους: C_3 , C_4 και CAM. Ο φωτοσυνθετικός τύπος καθορίζει τη βέλτιστη θερμοκρασία φωτοσύνθεσης καθώς και την απόκριση του φυτού στα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας. 3 φύλλα θα συλλεχθούν από 3 διαφορετικά άτομα, για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης. Τα φύλλα θα αποξηρανθούν άμεσα και θα αλεστούν. Η αναλογία ισοτόπων του άνθρακα ($\delta^{13}C_{leaf}$) θα μετρηθεί με τη χρήση σπεκτρομέτρου μάζας στα εργαστήρια του *Global Change Research Group, School of Geography, University of Leeds*.
- 3) Χαρακτηριστικά κορμού. Δείγματα κορμού θα ληφθούν με την βοήθεια τρυπανιδίων, από 5 με 10 άτομα για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης, προκειμένου να υπολογισθούν τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω.
- a) Ειδική πυκνότητα ξύλου. Πρόκειται για το λόγο της ξηρής μάζας ενός δείγματος του κορμού του φυτού προς τον όγκο του ίδιου δείγματος πριν την αποξηράνση, εκφρασμένος σε $mg\ mm^{-3}$. Ένας πυκνός κορμός προσφέρει στο φυτό την απαραίτητη δομική δύναμη για να υποστηρίξει το βάρος του, να αμυνθεί ενάντια σε παθογόνα και φυτοφάγους οργανισμούς, ενώ παράλληλα αποθηκεύει άνθρακα.
- b) Περιεκτικότητα ξηρής μάζας ξύλου και χρόνος αποξηράνσης. Πρόκειται για το λόγο της ξηρής μάζας ενός δείγματος του κορμού του φυτού προς την μάζα του ίδιου δείγματος πριν την αποξηράνση, εκφρασμένος σε $mg\ g^{-1}$. Ο χρόνος αποξηράνσης υπολογίζεται σε μέρες. Η περιεκτικότητα ξηρής μάζας ξύλου θεωρείται σημαντικός δείκτης της ευφλεκτότητας του φυτού.

c) Πάχος φλοιού. Το πάχος (σε mm) του εξωτερικού φλοιού που περιλαμβάνει το δεσμικό κάμβιο και βρίσκεται πριν το δευτερογενές ξύλωμα είναι υπεύθυνο για την προστασία του φυτού από επιθέσεις παθογόνων, φυτοφάγων, ξηρασία, φωτιά και παγετό.

4) Αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά

a) Μέθοδος διασποράς αναπαραγωγικού υλικού. Θα γίνει βιβλιογραφική αναζήτηση για την μέθοδο διασποράς που ακολουθεί το κάθε είδος που θα μελετηθεί στο πεδίο.

b) Μέγεθος και σχήμα μονάδας διασποράς αναπαραγωγικού υλικού. 5 μονάδες διασποράς θα συλλεχθούν για κάθε είδος σε κάθε περιοχή μελέτης. Αφού μετρηθεί το μήκος, το πλάτος και το πάχος της κάθε μονάδας διασποράς θα αποξηρανθούν για να μετρηθεί και το ξηρό βάρος τους.

c) Μάζα σπέρματος. Από τις παραπάνω μονάδες διασποράς θα ξεκαθαριστούν τα αποξηραμένα σπέρματα και θα ζυγιστούν.

Τα προαναφερθέντα λειτουργικά χαρακτηριστικά θα μετρηθούν σε υγιή, ενήλικα άτομα, εγκατεστημένα σε ηλιόλουστα σημεία, κατά προτίμηση τελείως ασκίαστα και όταν αυτό δεν είναι εφικτό, σε άτομα με τη μικρότερη σκίαση. Άτομα με εμφανή σημάδια βόσκησης ή προσβολής από παθογόνα θα αποκλείονται. Η επιλογή των ατόμων θα γίνει ως εξής: κάθε x μέτρα (όπου το x θα εξαρτηθεί από τη χωρική κλίμακα της υπό μελέτης περιοχής) ένα άτομο θα επιλέγεται πάνω σε ένα προκαθορισμένο άξονα που θα οριστεί με χρήση διατομών. Στην περίπτωση που κανένα άτομο δεν πέφτει ακριβώς πάνω στον άξονα, τότε θα επιλέγεται το κοντινότερο στο σημείο.

Τα παραπάνω λειτουργικά χαρακτηριστικά θα οργανωθούν σε μια βάση δεδομένων η οποία θα σχεδιασθεί και υλοποιηθεί σε περιβάλλον MS-ACCESS.

Η διερεύνηση της συσχέτισης των λειτουργικών χαρακτηριστικών και η διαφοροποίησή τους μεταξύ των συνδυασμών βιοκλιματικών και εδαφικών τύπων (BKTxET) θα πραγματοποιηθεί με στατιστική ανάλυση στο λογισμικό R.

4. Συνάφεια στην κοινωνία

Τα αποτελέσματα της προτεινόμενης ερευνάς θα συνεισφέρουν στην ορθολογική διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων των περιοχών μελέτης, τόσο υπό της σημερινές κλιματικές συνθήκες, όσο και υπό σενάρια πλανητικής αλλαγής, καθώς και στην αναγνώριση της ανάγκης διατήρησης των δασικών οικοσυστημάτων ως κρίσιμων πόρων της χώρας.

5. Χρονοδιάγραμμα

Δραστηριότητα	2011	2012	2013
Πρωτόκολλο μέτρησης	■		
Βάση δεδομένων	■		
Χάρτης περιοχών μελέτης	■		
Μετρήσεις πεδίου		■	■
Εργαστηριακές μετρήσεις		■	■
Στατιστικές αναλύσεις		■	■
Ανάλυση & ερμηνεία δεδομένων			■
Συγγραφή		■	■

6. Καινοτομία

Η καινοτομία της συγκεκριμένης θεώρησης βασίζεται σε τρεις βασικούς άξονες: α) στο ότι συνδυάζει (αντί να διαχωρίζει) την εξελικτική πορεία των φυτικών οργανισμών με την οικολογία τους, β) στο ότι ποσοτικοποιεί, διαμέσου λειτουργικών χαρακτηριστικών-δεικτών, βασικές λειτουργίες των φυτικών οργανισμών (αναπαραγωγή, εγκατάσταση, επιβίωση, αύξηση και άμυνα) και γ) στο ότι αποκαλύπτει κοινές διαστάσεις διακύμανσης των φυτικών λειτουργικών χαρακτηριστικών καθορίζοντας τις στρατηγικές επιβιώσής τους. Η παραπάνω θεώρηση βρίσκει εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, από την εξελικτική βιολογία φυτών, έως την οικολογία οικοσυστημάτων (πχ απόκριση των οικοσυστημάτων στην πλανητική αλλαγή).

Έως σήμερα, σε εθνικό επίπεδο, οι προσπάθειες μέτρησης των λειτουργικών χαρακτηριστικών των δασικών ειδών είναι περιορισμένες και δε βασίζονται σε ένα ενιαίο πρωτόκολλο μετρήσεων. Η οργάνωση των δεδομένων των λειτουργικών χαρακτηριστικών σε μία βάση δεδομένων και η ανάλυσή της μπορεί να οδηγήσει στην αναγνώριση ενός μηχανιστικού

πλαίσιου πρόγνωσης της δυναμικής των δασικών οικοσυστημάτων του ελλαδικού χώρου. Η εφαρμογή του ενιαίου πρωτοκόλλου μετρήσεων των λειτουργικών χαρακτηριστικών θα επιτρέψει την συγκριτική θεώρηση διακριτών τύπων δασών, υπό ένα κοινό εξελικτικό-οικολογικό πλαίσιο. Ταυτόχρονα η δημιουργία της συγκεκριμένης βάσης δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραμετροποίηση μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης της δυναμικής των δασών υπό σενάρια πλανητικής αλλαγής, το οποίο αποτελεί ένα κρίσιμο σύγχρονο ερευνητικό ερώτημα.

7. Δημοσίευση αποτελεσμάτων

Μετά τις εργασίες πεδίου, τις εργαστηριακές αναλύσεις και τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων θα συγγραφεί το τελικό κείμενο της διδακτορικής διατριβής. Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της προτεινόμενης διατριβής αναμένεται να πραγματοποιηθούν και δύο τουλάχιστον δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά ή συνέδρια με κριτές. Ταυτόχρονα θα επιδιωχθεί η ενσωμάτωση της πληροφορίας που θα προκύψει από την προτεινόμενη έρευνα σε διεθνής βάσεις δεδομένων καθώς και η δημιουργία δικτυακού χώρου όπου θα παρουσιάζονται τα βασικά αποτελέσματα της ερευνάς και η πληροφορία που θα είναι διαθέσιμη στη βάση δεδομένων.

Βιβλιογραφία

- Ackerly, D. D. (2003). Community assembly, niche conservatism and adaptive evolution in changing environments. *International Journal of Plant Sciences* , 164, 165-184.
- Ackerly, D. D. (2004). Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. *Ecological Monographs* (74), 165-184.
- Bazzaz, F. A., & Grace, J. (1997). *Plant resource allocation*. London: Academic Press.
- Cornelissen, J. H., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., et al. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* , 51, 335-380.
- Diaz, S., Hodgson, J. G., Tompson, K., Cabido, M., Cornelissen, J. H., Jalili, A., et al. (2004). The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science* , 15 (3), 295-304.
- Falster, D. S., & Westoby, M. (2003). Plant height and evolutionary games. *Trends in Ecology & Evolution* , 18, 337-343.
- Fyllas, N. M., Pati, S., Baker, T. R., Bielefeld Nartodo, G., Martinelli, L. A., Quesadal, C. A., et al. (2009). Basin-wide variation in foliar properties of Amazon trees: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences* , 6, 2677-2708.

- Grime, J. P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Jones, A., Montanarella, L., & Jones, R. (2005). *Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network*. Luxembourg: European Commission.
- Kazakou, E., Garnier, E., Navas, M. L., Roumet, C., Collin, C., & Laurent, G. (2007). Components of nutrient residence time and the leaf economics spectrum in species from Mediterranean old-fields differing in successional status. *Functional Ecology* , 21, 235-245.
- Lavoret, S., Diaz, S., Cornelissen, J. H., Garnier, E., Harrison, S. P., McIntyre, S., et al. (2007). Plant functional types: Are we getting any closer to the Holy Grail. *Terrestrial ecosystems in a changing world* , 149-160.
- Merino, J., Field, C., & Mooney, H. A. (1984). Construction and maintenance costs of Mediterranean climate evergreen deciduous leaves. *Biochemical pathway analysis* , 5, 211-229.
- Moles, A. T., Ackerly, D. D., Webb, C. O., Tweddle, J. C., Dickie, J. B., & Westoby, M. (2005). A brief history of seed size. *American Association for the Advancement of Science* , 307, 576-580.
- Reich, P. B., Walters, M. B., & Ellsworth, D. S. (1997). From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* , 94, 13730-13734.
- Reich, P. B., Wright, I. J., Cavender-Bares, J., Craine, J. M., Oleksyn, J., Westoby, M., et al. (2003). The evolution of plant functional variation: traits, spectra and strategies. *International Journal of Plant Sciences* , 164, 143-164.
- Swenson, N. G., & Enquist, B. J. (2007). Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: Wood density and its community-wide variation across latitude and elevation. *American Journal of Botany* , 94 (3), 451-459.

Townsend, A. R., Cleveland, C. C., Asner, G. P., & Bustamante, M. M. (2007). Controls over foliar N:P ratios in tropical rain forests. *Ecology* , 88, 107-118.

Tselepidakis, I. G., & Theoharatos, G. A. (1989). A bioclimatic classification of the Greek area. *Theoretical and Applied Climatology* , 40, 147-153.

Westoby, M., & Wright, I. J. (2006). Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in Ecology & Evolution* , 21, 261-268.

Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A., & Wright, I. J. (2002). Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* , 33, 125-159.

Wright, I. J., Reich, P. B., Westoby, M., Ackerly, D. D., Baruch, Z., Bongers, F., et al. (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* (428), 821-827.

Μαυρομάτης, Γ. (1980). *Το βιοκλίμα της Ελλάδος: Σχέσεις κλίματος και φυτικής βλάστησης, βιοκλιματικοί χάρτες*. Αθήναι: Ι.Δ.Ε.Α.