



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση της εγκατάστασης και αυξητικής συμπεριφοράς
μεικτής συστάδας ελάτης και μαύρης πεύκης από αναδάσωση
στο όρος Τυμφρηστός



Χαρίκλεια Χ. Κατσαΐτη

Επιβλέπων Καθηγητής:

Παπαδόπουλος Ανδρέας, Καθηγητής ΓΠΑ

ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ
2021

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση της εγκατάστασης και αυξητικής συμπεριφοράς
μεικτής συστάδας ελάτης και μαύρης πεύκης από αναδάσωση
στο όρος Τυμφρηστός

“Investigation of the installation and growth behavior of a mixed cluster of
spruce and black pine from reforestation on Mount Timfristos”

Χαρίκλεια Χ. Κατσαϊτη

Εξεταστική Επιτροπή:

Ανδρέας Παπαδόπουλος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Αναστασία Παντέρα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Γεώργιος Φωτιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Διερεύνηση της εγκατάστασης και αυξητικής συμπεριφοράς μεικτής συστάδας ελάτης και μαύρης πεύκης από αναδάσωση στο όρος Τυμφρηστός

Γενικό Τμήμα

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Στην παρούσα εργασία μελετάται, με δενδροοικολογικές μεθόδους, μια μεικτή συστάδα μαύρης πεύκης – ελάτης στην περιοχή του όρους Τυμφρηστός στα όρια Ευρυτανίας-Φθιώτιδας. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε η αυξητική συμπεριφορά των δυο ειδών μέσα από τη μελέτη του πλάτους των δακτυλίων σε όλη τη διάρκεια της ζωής των δένδρων, καθώς και οι σχέσεις κλίματος – αύξησης των ειδών. Συγκεκριμένα από μια έκταση 1 στρ, που περιείχε πυκνά φυτεμένη μαύρη πεύκη από αναδασώσεις με διάσπαρτα στο εσωτερικό της δένδρα ελάτης που εγκαταστάθηκαν την ίδια περίοδο με την πεύκη με φυσικό αναγέννηση, επιλέχθηκαν 10 δένδρα μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) και 10 δένδρα κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*) από τα οποία ελήφθησαν τρυπανίδια. Μετά από κατάλληλη προετοιμασία των δειγμάτων, μέτρηση των πλατών των δακτυλίων και τη στατιστική επεξεργασία με τη χρήση δενδροχρονολογικών τεχνικών, κατασκευάστηκαν χρονοσειρές των αρχικών δεδομένων και των δεικτών των πλατών των δακτυλίων.

Από τη μελέτη της αύξησης των δυο ειδών, η ελάτη, παρόλο που τα πρώτα 10-14 χρόνια υστερεί σε αύξηση σε σχέση με την μαύρη πεύκη, στη συνέχεια υπερτερεί σημαντικά έως και τώρα. Οι σχέσεις κλίματος-αύξησης δείχνουν μια στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση των πλατών των δακτυλίων με τις βροχοπτώσεις του Ιουλίου για την μαύρη πεύκη καθώς και με τις θερμοκρασίες του Μαρτίου και Απριλίου και μια αρνητική συσχέτιση με τις θερμοκρασίες του Ιουνίου και Αυγούστου. Τα αποτελέσματα της έρευνας που συνδυάζουν τα πρότυπα της αύξησης και τις σχέσεις κλίματος – πλάτους δακτυλίων αποτυπώνουν την αυξητική πορεία της μεικτής συστάδας, υπό την υφιστάμενη διαχείριση, και το ρόλο του κλίματος στη συμπεριφορά των ειδών, στοιχεία χρήσιμα για τη διαχείριση των ορεινών αυτών κωνοφόρων και την προσπάθεια που γίνεται για την προσαρμογή των δασών τους απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

Επιστημονική περιοχή: Δασική Οικολογία

Λέξεις Κλειδιά: δενδροχρονολογία, δενδροκλιματολογία, *Abies cephalonica*, *Pinus nigra*
ετήσιοι δακτύλιοι, Ελλάδα

Investigation of the installation and growth behavior of a mixed cluster of spruce and black pine from reforestation on Mount Timfristos

General Department

ABSTRACT

A mixed stand of black pine and cephalonian fir, in the area of Mountain Timfristos on the borders of Evritania-Fthiotida, is studied in the present study by dendroecological methods. More specifically, the growth behavior of the two species was investigated by studying the tree-ring widths over the lifespan of the trees, as well as the climate-growth relationships of the species. Samplings were conducted in area of 0.1 ha of densely planted black pine derived from reforestation. Presently there are fir trees scattered inside, established at the same time as the pine but from with natural regeneration. In particular, 10 black pine trees (*Pinus nigra*) and 10 cephalonian fir (*Abies cephalonica*) trees were selected from which tree-ring cores were obtained.

In the laboratory, and after the standard preparation of the samples, a series of measurements were conducted including i. the measurement of the tree-ring width's and their statistical processing using dendrochronological techniques, ii. time series of the original data and construction of the tree-ring widths indices. From the study of the growth patterns of the two species, fir growth is presently significantly higher even though in the first 10-14 years lags in relation to the black pine. Climate-growth relationships show a statistically significant positive correlation of the tree-ring growth with July precipitations for black pine as well as March and April temperatures and a negative correlation with June and August temperatures. No statistically significant relationships were found for fir but they seem to be similar to those of the black pine. The results of the research that combine the growth patterns and the climate-growth relationships reflect the growth compartment of the mixed stand, under the existing management, and the role of climate in the behavior of the species, which is useful knowledge for the management of these mountain conifers and the effort being made to adapt their forests to climate change.

Scientific area: Forest ecology

Keywords: dendrochronology, dendroclimatology, *Abies cephalonica*, *Pinus nigra*, tree rings, Greece

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η μεταπτυχιακή φοιτήτρια που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κλπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η συγγραφέας

Χαρίκλεια Χ. Κατσαΐτη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Σ.Ε. του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών (Π.Μ.Σ.), σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του Π.Μ.Σ. «Οικολογία και Διαχείριση Περιβάλλοντος».

Τα μέλη της Επιτροπής είναι:

1. Ανδρέας Παπαδόπουλος, Καθηγητής, Γενικό Τμήμα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Επιβλέπων)
2. Αναστασία Παντέρα, Καθηγήτρια, Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Μέλος)
3. Γεώργιος Φωτιάδης, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Μέλος)

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Γενικό Τμήμα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία, υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Γενικού Τμήματος, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών με τίτλο «Οικολογία και Διαχείριση Περιβάλλοντος» μετά από ανάθεση από τον Καθηγητή κ. Ανδρέα Παπαδόπουλο ύστερα από ενδιαφέρον σχετικά με το αντικείμενο της δενδροχρονολογίας στη συνέχεια παρακολούθησης του ομώνυμου μαθήματος του μεταπτυχιακού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ανδρέα Παπαδόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια του στην ολοκλήρωση της εργασίας. Την καθηγήτρια και Διευθύντρια του Π.Μ.Σ. κα Αναστασία Παντέρα και τον Επίκουρο καθηγητή κ. Γεώργιο Φωτιάδη, μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τους ευχαριστώ για το ενδιαφέρον τους, την εποικοδομητική κριτική τους και τις εύστοχες υποδείξεις τους. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και το σύζυγό μου Ρέλλια Κωνσταντίνο ο οποίος με βοήθησε στη λήψη των δειγμάτων στο πεδίο για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	3
2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	3
2.1.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά.....	3
2.1.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά.....	4
2.1.3 Γεωλογικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά.....	5
2.1.4 Βλαστική - χλωρίδα.....	6
2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	8
2.3 ΛΗΨΗ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	11
2.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ	13
2.5 ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ	14
2.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ	15
2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15
2.8 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ - ΑΥΞΗΣΗΣ	17
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	18
3.1 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΠΛΑΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ.....	18
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΝΔΡΟΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	18
3.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑΣ ΤΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ.....	20
3.4 ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ	23
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	27
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	28
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	34
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 2.1 ΑΠΟΨΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 ΟΜΒΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ.....	4
ΕΙΚΟΝΑ 2.3 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ EMBERGER ΜΕ ΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1973-2019.	5
ΕΙΚΟΝΑ 2.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ (GOOGLE EARTH)	9
ΕΙΚΟΝΑ 2.5 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	10
ΕΙΚΟΝΑ 2.6 ΛΗΨΗ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΟΥ ΑΠΟ ΔΕΝΔΡΟ ΜΑΥΡΗΣ ΠΕΥΚΗΣ	12
ΕΙΚΟΝΑ 2.7 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ	14
ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΠΛΟΥΣΙΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΕΛΑΤΗΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΜΕΙΚΤΗ ΣΥΣΤΑΔΑ ΜΑΥΡΗΣ ΠΕΥΚΗΣ- ΕΛΑΤΗΣ.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 4.4 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΜΕΣΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΛΑΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΖΩΝΤΑΝΑ ΚΑΙ ΝΕΚΡΑ ΔΕΝΔΡΑ.	23
ΕΙΚΟΝΑ 4.5 ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΥΡΗ ΠΕΥΚΗ.	24
ΕΙΚΟΝΑ 4.6 ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΑΤΗ.	25

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΔΕΝΔΡΟΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΤΗΣ ΜΑΥΡΗΣ ΠΕΥΚΗΣ ΚΑΙ ΕΛΑΤΗΣ: Α) ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ: X = ΜΕΣΟ ΠΛΑΤΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ (ΜΜ), STD = ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (ΜΜ), $R1$ =ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ 1ΗΣ ΤΑΞΗΣ, MS = ΜΕΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ, ΚΑΙ Β) ΔΕΙΚΤΩΝ MCR = ΜΕΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ, MCM = ΜΕΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ, EPS = ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΟ ΣΗΜΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ, SNR = ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ.	19
---	----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δενδροχρονολογία (dendrochronology) θεωρείται ως ο επιστημονικός κλάδος που περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων και τεχνικών που επιτρέπουν τη χρονολόγηση και μελέτη των ετησίων δακτυλίων που εμφανίζονται σε δείγματα ξύλου από ζωντανά δένδρα, πρέμνα και ξύλα ιστορικών και αρχαιολογικών ευρημάτων (Παπαδόπουλος 2018). Η δενδροκλιματολογία (dendroclimatology) είναι κλάδος της, που περιέχεται γενικότερα στην δενδροοικολογία (dendroecology), που χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που περιέχονται μέσα στους χρονολογημένους ετησίους δακτυλίους των δένδρων με σκοπό τη μελέτη και ανακατασκευή της μεταβλητότητας του κλίματος στο παρελθόν και το παρόν (Παπαδόπουλος 2018).

Η δενδροχρονολογία και γενικότερα η δενδροοικολογία, (Fritts, 1976, Schweingruber, 1996) εκτός από τη μελέτη του κλίματος αλλά και άλλων παραγόντων του περιβάλλοντος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη της δομής και εξέλιξης μιας συστάδας. Αυτό έχει ιδιαίτερη αξία στη δασοπονία καθώς μας δίνει πληροφορίες για το πως οι παράγοντες του περιβάλλοντος αλλά και η δομή μιας συστάδας επηρεάζουν την εγκατάσταση και ανάπτυξη ενός δασοπονικού είδους, με όση σημασία μπορεί να έχει αυτό λαμβάνοντας την κατάσταση που διαμορφώνει η επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Τα δάση αποτελούν φορείς πολλαπλών πληροφοριών από το παρελθόν που μπορούν να αποκοδικοποιηθούν με τη βοήθεια της δενδροοικολογίας και ειδικότερα μέσα από τη διερεύνηση της σχέσης των ετησίων δακτυλίων των δέντρων με του διάφορους συσταδικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Σε αυτά τα πλαίσια, μεγάλο ενδιαφέρον για μελέτη παρουσιάζουν τα δάση ελάτης και μαύρης πεύκης της χώρας μας που καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος των δασικών οικοσυστημάτων της ορεινής και πολύ ορεινής ζώνης. Η ελάτη με τα δυο μεσογειακά είδη της που συναντούνται στην Ελλάδα, την κεφαλληνιακή (*Abies cephalonica*) και (*Abies borisii-regis*) είναι ένας χαρακτηριστικός εκπρόσωπος της ζώνης αυτής, μάλιστα με ενδημικό για την περιοχή χαρακτήρα. Η μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra*) αποτελεί επίσης έναν χαρακτηριστικό κωνοφόρο δέντρο της ζώνης αυτής στην Ελλάδα, αλλά και με πολύ ευρεία εξάπλωση στις περιοχές της Ανατολικής Ευρώπης, Βορειοδυτικής Αφρικής έως την περιοχή της Μ. Ασίας. Η μαύρη Πεύκη στην Ελλάδα διακρίνεται από πολλούς μεμονωμένους πληθυσμούς να

εντοπίζονται σε διάφορες περιοχές. Τα δάση της προστατεύουν υποβαθμισμένα ορεινά εδάφη της χώρας από τη διάβρωση ενώ ενισχύουν την βιοποικιλότητα των δασικών οικοσυστημάτων στα οποία εντοπίζονται. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο στη χώρας μας χρησιμοποιείται ευρέως για αναδασώσεις και την αποκατάσταση περιοχών που επλήγησαν από πυρκαγιές.

Η μαύρη πεύκη δεν συναντάται σε φυσική εξάπλωση στην περιοχή της Ευρυτανίας παρόλο που αυτή βρίσκεται φυσικά βορειότερα και νοτιότερα της περιοχής. Υπάρχει μόνο σε αναδασώσεις που έγιναν τις προηγούμενες δεκαετίες. Η απουσία της μαύρης πεύκης με φυσική εξάπλωση από την περιοχή της Ευρυτανίας θα μπορούσε να ερμηνευθεί με βάση τις επικρατούσες κλιματεδαφικές συνθήκες και την εφαρμοζόμενη στο παρελθόν διαχείριση των δασών. Γενικώς, το είδος αναπτύσσεται σε ποικιλία γεωλογικών υποστρωμάτων και εδαφών, ακόμα και σε ξηρά και φτωχά εδάφη, άρα το έδαφος δεν φαίνεται να είναι από μόνος του ο περιοριστικός παράγοντας στην εξάπλωση, ούτε βέβαια το κλίμα το οποίο είναι ανάλογο σε άλλες περιοχές με φυσική εξάπλωση του είδους. Το πιθανότερο λοιπόν είναι να επηρεάζεται από τον ανταγωνισμό της ελάτης που εμφανίζεται πολύ δυναμικά στην περιοχή.

Με βάση αυτή την υπόθεση κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η αυξητική συμπεριφορά και οι σχέσεις κλίματος-αύξησης μιας μεικτής συστάδας ελάτης και μαύρης πεύκης που προέκυψε από αναδάσωση μιας γυμνής έκτασης, με τη χρήση δενδροοικολογικών τεχνικών. Σε αυτή την κατεύθυνση σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αποτύπωση των σταθμολογικών παραγόντων και ιδιαίτερα του κλίματος και του τρόπου που επηρεάζει αυτό την εγκατάσταση και αύξηση των δυο ειδών, η ανάλυση των ηλικιών και η διερεύνηση της κατά πλάτος αύξησης των δυο ειδών.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο πρώτο χιλιόμετρο περίπου της επαρχιακής οδού προς Φουρνά Ευρυτανίας από τη διασταύρωση με τον άξονα Λαμίας-Καρπενησίου, στα όρια μεταξύ της Περιφερειακής Ενότητας Ευρυτανίας και Φθιώτιδας. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως ορεινό, καθώς σχεδόν ολόκληρη η περιοχή καταλαμβάνεται από τους ορεινούς όγκους του όρους Τυμφρηστός (Βελούχι) που αποτελεί κατάληξη της Νότιας Πίνδου. Τα υψόμετρα στην περιοχή κυμαίνονται από 2315 (κορυφή του όρους Τυμφρηστού) έως τα 900-1000 από όπου εμφανίζονται συγκροτημένες συστάδες ελάτης στην περιοχή. Η ευρύτερη έκταση περιλαμβάνει περιοχές με έντονες επικλινείς ή απόκρημνες κλίσεις αλλά και ράχες με ομαλότερες κλίσεις που δημιουργούν ένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικό τοπίο (Εικόνα 2.1).

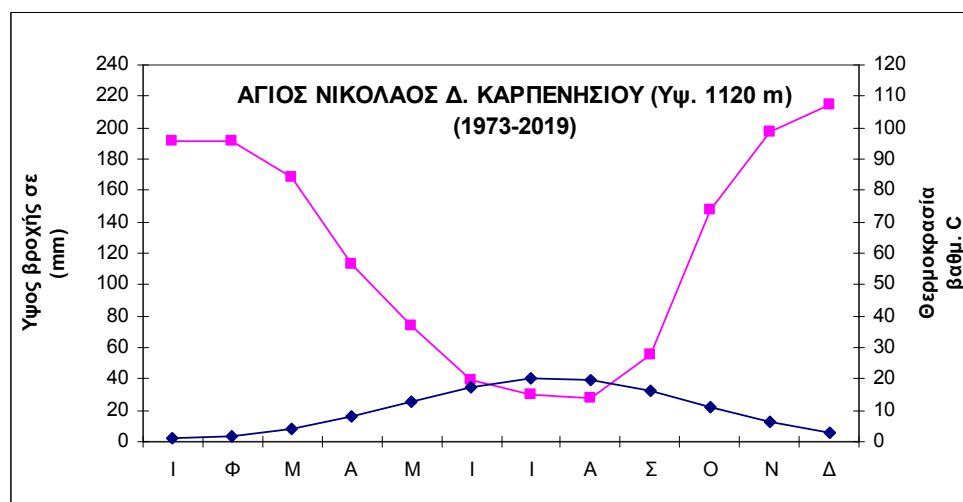


Εικόνα 2.1 Απόψη της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

2.1.2. Κλιματικά χαρακτηριστικά

Η ανάλυση των κλιματικών και βιοκλιματικών παραγόντων της περιοχής έγινε με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αγίου Νικολάου Καρπενησίου (38° 53'20'' Β., 21° 52'07'' Α., υψομ. 1120 m) που ανήκει στο Ινστιτούτο Μεσογειακών και Δασικών Οικοσυστημάτων του ΕΛΓΟ Δήμητρα και είναι διαθέσιμα για την περίοδο 1973-2019.

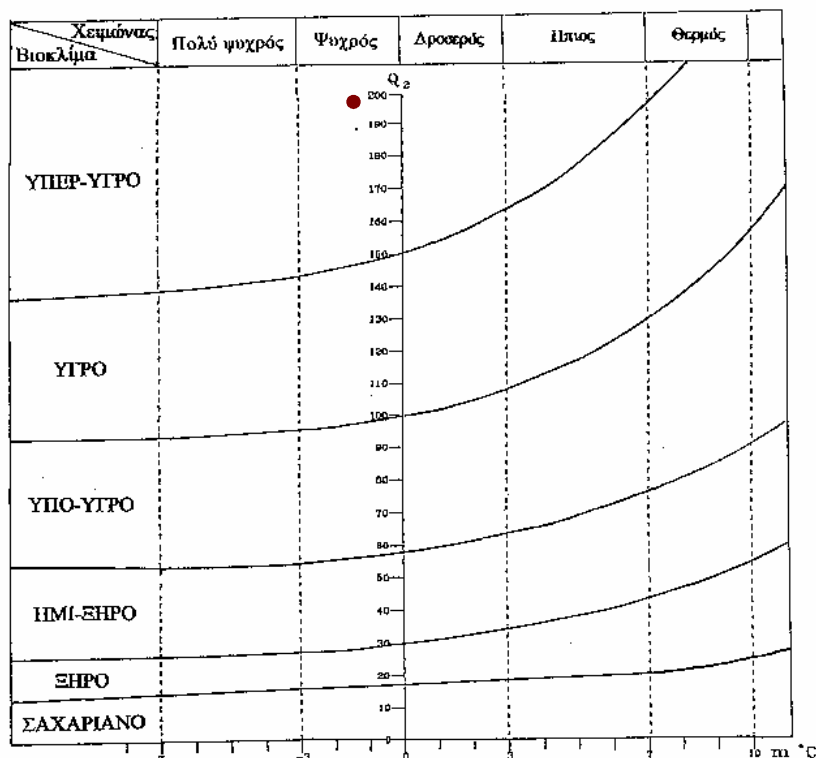
Για την περίοδο αυτή το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 1449 mm, η μέση ετήσια θερμοκρασία 11,3 °C, η μέση μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Μ) 25,5 °C και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχροτέρου μήνα (μ) -1,4 °C. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 71,1 %. Με βάση το ομβροθερμικό διάγραμμα (Εικόνα 2.2.), η ξηρή περίοδος διαρκεί 3 μήνες από τα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου και είναι μικρής έντασης. Η παρουσία της ξηρής περιόδου επιβεβαιώνει τον ορεινό μεσογειακό χαρακτήρα του κλίματος της περιοχής.



Εικόνα 2.2 Ομβροθερμικό διάγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού Αγ. Νικολάου για την περίοδο 1973-2019

Σε ότι αφορά το βιοκλίμα της περιοχής, αυτό με βάση τον υπολογισμό του Q_2 του Emburger και της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας του ψυχροτέρου μ (m) για την περίοδο 1973-2019 και τη χρήση του βιοκλιματικού διαγράμματος του Emburger (Παπαδόπουλος 2015) χαρακτηρίζεται ως υπέρυγρο με χειμώνα ψυχρό (Εικόνα 2.3).

Εξετάζοντας τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά των δυο μελετούμενων ειδών στη μεσογειακή περιοχή, με βάση τον Quezel (1974), φαίνεται ότι η ελάτη ανταποκρίνεται καλύτερα σε ψυχρότερα και υγρότερα βιοκλίματα σε σχέση με τη μαύρη πεύκη, στοιχείο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για την ερμηνεία της απουσίας της μαύρης πεύκης με φυσική εξάπλωση από την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 2.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Emberger με τη θέση του σταθμού Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας για την περίοδο 1973-2019.

2.1.3 Γεωλογικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται στη ζώνη Ωλενού - Πίνδου, όπου επικρατούν κυρίως ο ασβεστόλιθος με ανάδυση στις ψηλότερες θέσεις των ορεινών όγκων και ο φλύσχος ο οποίος συνδέεται με πολλά προβλήματα διάβρωσης και γεωλισθήσεις. Το μητρικό υλικό του εδάφους στο μεγαλύτερο μέρος του προέρχεται κυρίως από την επί τόπου αποσάθρωση των παραπάνω πετρωμάτων. Τα εδάφη της περιοχής προερχόμενα από φλύσχη είναι όξινα με πηλώδη – αργιλλοπηλώδη υφή, ενώ τα εδάφη από σκληρούς

ασβεστολίθους είναι συνήθως όξινα με αργιλλοπηλώδη – αργιλλώδη υφή (Παπαδόπουλος 2005).

2.1.4 Βλαστηση - χλωριδα

Στην περιοχή μελέτης και γενικότερα στην Ευρυτανία εμφανίζονται δύο ενδημικά είδη μεσογειακής ελάτης, η κεφαλληνιακή (*Abies cephalonica*) και η υβριδογενής (*Abies borisii-regis*),) μάλιστα είναι η περιοχή από γίνεται ο διαχωρισμός των δυο αυτών ειδών, με την κεφαλληνιακή ελάτη να εξαπλώνεται κυρίως στη Νότια και Κεντρική Ελλάδα και την υβριδογενή ελάτη, βορειότερα. Η ελάτη στην Ευρυτανία αποτελεί το 17,34 % της συνολικής έκτασης που καλύπτει το είδος στην Ελλάδα (5.433.080 στρ). Είναι ο πρώτος Νομός σε κάλυψη ελάτης στη χώρα μας, ακολουθούν η Φωκίδα με 14,32 %, τα Τρίκαλα με 9,86 % και η Αιτωλ/νία με 8,29 % (Παπαδόπουλος 2015).

Τα δάση της περιοχής συγκροτούνται στο μεγαλύτερο μέρος από συστάδες ελάτης κυρίως σε αμιγή και κατά θέσεις, κοντά σε ρέματα σε μεικτή μορφή, με δρυς (*Quercus* sp.) και άλλα φυλλοβόλα και αείφυλλα πλατύφυλλα. Τα δάση συμπληρώνουν και συστάδες μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) από παλαιότερες αναδασώσεις που έγιναν στην περιοχή. Να σημειώσουμε ότι στην περιοχή της Ευρυτανίας δεν υπάρχουν φυσικά δάση μαύρης πεύκης. Πέρα από τα δάση στους ορεινούς βοσκοτόπους συναντά κανείς χαρακτηρίζονται ξυλώδη είδη όπως τη *Daphne oleoides* τη *Juniperus nana* άλλα και ποώδη είδη όπως η *Festuca* sp, η *Sesleria coeruleans*, η *Stipa pulcherrima*, η *Viola heterophylla* ssp. *graeca*. Στις σχισμές των ασβεστολιθικών βραχωδών πρανών, στα ασβεστολιθικά απόκρημνα βράχια και στις ασβεστόφιλες πλάκες των ορεινών όγκων του Βελουχίου εμφανίζεται ποικιλόμορφη χασμοφυτική βλάστηση με χαρακτηριστικά είδη την *Campanula versicolor*, *Silenion auriculatae*, *Galion degenii*, *Ramondion nathaliae*, *Geranium robertianum* και άλλα είδη (Παπαδόπουλος 2005).

Στη συνέχεια λόγω του ενδιαφέροντος μας για την εγκατάσταση και αυξητική συμπεριφορά της μαύρης πεύκης στην περιοχή μελέτης παραθέτουμε συνοπτικά βασικά στοιχεία από την εξάπλωση και οικολογία του είδους.

Η μαύρη πεύκη εντοπίζεται από την Τριτογενή περίοδο (6,3-6,6 εκ. έτη πριν) όπου ήταν ευρέως διαδεδομένη, σήμερα εμφανίζεται στην περιοχή της Μεσογείου και αποτελεί σημαντικό δασοπονικό είδος σε αρκετές χώρες όπως η Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Σερβία, Κύπρος, Τουρκία, Αλγερία. Συναντάται ακόμη μεμονωμένα στη μεσευρωπαϊκή ζώνη σε περιοχές της Γερμανίας και της Πολωνίας (Miron, 1967).

Το είδος αυτό πεύκης ταξινομείται σύμφωνα με τη Flora Europea (Tutin, et al. 1968-1980) σε πέντε υποείδη ως εξής:

- Subsp. *Salzamannii* (Ισπανία, Νοτιοδυτική Γαλλία, βόρεια Αφρική)
- Subsp. *Laricio* (Κορσική, Σικελία, Καλαβρία)
- Subsp. *Nigra* (Αυστρία, βορειοανατολική και κεντρική Ιταλία, πρώην Γιουγκοσλαβία)
- Subsp. *Dalmatica* (νησιά και παράλια βορειοδυτικής Πρώην Γιουγκοσλαβίας)
- Subsp. *Pallasiana* (Ελλάδα, Βουλγαρία, Ρουμανία, Τουρκία, Κύπρος, Κριμαία).

Η μαύρη πεύκη είναι είδος της ορεινής ζώνης, μπορεί όμως σποραδικά να εντοπιστεί και σε παραθαλάσσιες περιοχές όπως η περιοχή της Αδριατικής. Στην Ισπανία, Κορσική και Ιταλία φθάνει σε υψόμετρο 800-1.500μ., στην Γαλλία εντοπίζεται στα 240-800μ., στην Αυστρία και Πρώην Γιουγκοσλαβία στα 300-900μ., ενώ στην Ελλάδα μπορεί να εντοπιστεί σε υψόμετρο έως και 1.800μ (Lee 1968). Από όλα τα υποείδη της μαύρης πεύκης μόνο το *Pinus nigra* subsp. *Pallasiana* παρουσιάζει κλιματική πλαστικότητα κι εμφανίζεται και σε ημίξηρα βιοκλίματα (Barbero, et al., 2000).

Το είδος αναπτύσσεται σε πλήθος εδαφικών και γεωλογικών υποστρωμάτων όπως για παράδειγμα σε ασβεστόλιθο (*Pinus nigra* var. *Pallasiana* στην Κεντρική Ελλάδα), σε δολομίτη (π.χ. *Pinus nigra* var. *Nigra* στην Βόρεια Ιταλία), σε όξινα εδάφη (π.χ. *Pinus nigra* var. *Laricio* στα Πυρηναία στην Γαλλία) ή σε ηφαιστειογενή εδάφη (*Pinus nigra* var. *Laricio* στην Σικελία) (Isajev et al. 2004). Φύεται σε διάφορους βιοκλιματικούς ορόφους από τον υγρό έως και τον ημίξηρο και παρουσιάζει ανθεκτικότητα στα άγονα εδάφη και στην αλατότητα. Η *Pinus nigra* var. *mauretanica* και η *Pinus nigra* var. *laricio* αναπτύσσονται σε περιοχές με υψηλή ετήσια βροχόπτωση περίπου 800-1.000mm, στην Κύπρο το είδος *Pinus nigra* var. *pallasiana* σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση 600-800mm και στην Ανατολία το είδος *Pinus nigra* var. *Pallasiana* εντοπίζεται σε ξηρότερες περιοχές με ετήσια βροχόπτωση 400-600 mm βροχής (Isajev et al. 2004). Είναι είδος απαιτητικό στο φως όμως

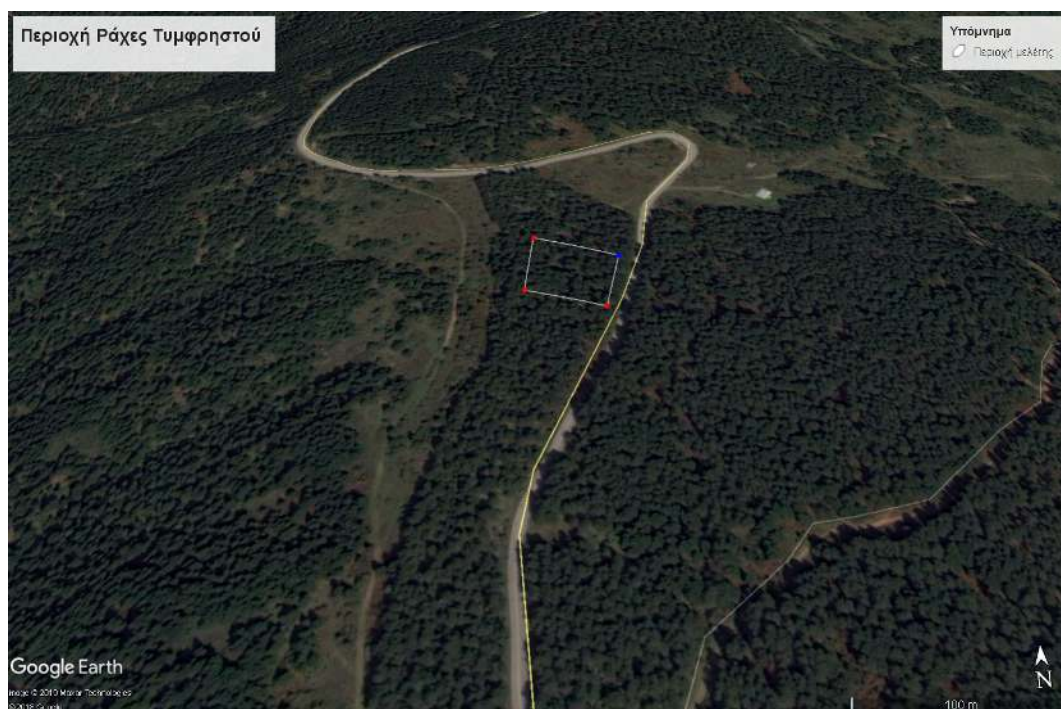
παρουσιάζει ανοχή και στην σκιά (Αθανασιάδης, 1986). Είναι ανθεκτικό στους ανέμους και την ξηρασία με μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά που του δίνουν τη δυνατότητα να αναπτύσσεται σε ξηρά και φτωχά εδάφη (Αθανασιάδης, 1986).

Η μαύρη πεύκη παρουσιάζει αυξημένη γενετική ποικιλότητα, λόγω της μεγάλης γεωγραφικής της εξάπλωσης. Ειδικότερα παρατηρούνται διαφοροποιήσεις του είδους ανάλογα με την περιοχή, αλλά και ενδιάμεσες μορφές μεταξύ των υποειδών. Γενικότερα τα είδη του γένους *Pinus* περιλαμβάνονται μεταξύ αυτών με τη μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα, ανάμεσα σε διαφορετικούς πληθυσμούς αλλά κι εντός του ίδιου πληθυσμού (Scaltsoyiannes et al., 2009) και βέβαια μεταξύ αυτών η μαύρη πεύκη είναι ένα από τα πιο πολυμορφικά κωνοφόρα είδη (Matziris 1994). Έτσι, τόσο οι γενετικοί παράγοντες όσο και το πλήθος των ειδών και κλώνων του, το καθιστούν ένα είδος με μεγάλη παραλλακτικότητα, στοιχείο στο οποίο οφείλεται και η μεγάλη εξάπλωσή της μαύρης πεύκης σε πλήθος κλιματεδαφικών συνθηκών.

2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η επιλογή της τοποθεσίας όπου έγινε η δειγματοληψία (Εικόνα 2.4) πραγματοποιήθηκε με βάση το σχεδιασμό της έρευνας, δηλ την αναζήτηση μιας μεικτής συστάδας μαύρης πεύκης και ελάτης στα όρια Ευρυτανίας και Φθιώτιδας. Γενικότερα η επιλογή της θέσης δειγματοληψίας στην δενδροοικολογία δεν γίνεται με τυχαία ή άλλη συστηματική δειγματοληψία αλλά με επιλογή, ώστε τα δένδρα να επηρεάζονται ομοιόμορφα από τη δεδομένη ομάδα των περιοριστικών παραγόντων ή τον παράγοντα επίδρασης που θέλουμε να μελετήσουμε (Παπαδόπουλος 2018). Σε κάθε περίπτωση, στην επιλογή της θέσης δειγματοληψίας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τη βασική αρχή της δενδροχρονολογίας, που αφορά τους περιοριστικούς παράγοντες, καθώς και αυτή του οικολογικού εύρους (Παπαδόπουλος 2018). Στη βάση αυτή επιλέχθηκε μια θέση που περιείχε μια αδιατάρακτη από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις μεικτή συστάδα μαύρης πεύκης και ελάτης, έκτασης 1 ha περίπου, με υγιή (χωρίς εμφανείς τραυματισμούς ή συμπτώματα ασθενειών) κυρίαρχα δένδρα του ανωρόφου και των δύο ειδών που βρίσκεται στο άνω μέρος της ράχης μιας πλαγιάς, μακριά από ρέματα ή υπόγεια νερά που επηρεάζουν στην αύξηση των δένδρων.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής μελέτης είναι $38^{\circ}53'51''$ βόρειο γεωγραφικό πλάτος, $21^{\circ}52'56''$ ανατολικό γεωγραφικό μήκος και 1239 m υπερθαλάσσιο υψόμετρο. Η περιοχή έρευνας είναι αρμοδιότητας του Δασαρχείου Σπερχειάδας και περιλαμβάνεται στο δημοτικό δάσος του Δημοτικού Διαμερίσματος Τυμφρηστού του Δήμου Μακρακώμης και φέρει το τοπωνύμιο: Πλατάνια-Ανεμος-Παλιοκαζάρμα.



Εικόνα 2.4 Περιοχή μελέτης (Google Earth)

Με βάση τη Διαχειριστική μελέτη του Δημοτικού δάσους Μουντζουράκη Τ.Κ. Τυμφρηστού – Δήμου Μακρακώμης της περιόδου 2020-2029, η περιοχή έρευνας περιλαμβάνεται στη συστάδα 1B του Τμήματος 1 με υποθαλάσσιο ύψος από 1180 έως 1445 m, έκθεση προς τον ορίζοντα Α-ΝΑ και κλίση εδάφους από 10 έως 40%. Το πέτρωμα είναι φλύσχης της Πίνδου και αποτελείται από εναλλαγή ψαμμιτικών και αργιλικών σχιστολίθων. Το έδαφος είναι ορφνό δασικό, διαπηλωθέν, αργιλοαμμώδους υφής, μετρίως βαθύ έως βαθύ, δροσερό και γόνιμο στα χαμηλότερα της συστάδας έως αβαθές στα ανώτερα μέρη και με λίγα διαβρωτικά φαινόμενα στα ΒΑ της συστάδας. Ο χλωροτάπητας είναι κατά θέσεις πλούσιος στις θέσεις με μικρό βαθμό συγκόμωσης και λιγοστός στις πιο κλειστές

θέσεις. Ο ξηροτάπητας είναι αρκετός και μεγάλου πάχους στις αναδασώσεις της μαύρης πεύκης και ο χούμος είναι τύπου moder επιφανειακός ακατέργαστος. Η συγκόμωση της συστάδας κυμαίνεται από 0,6 έως 1,1. Το ξυλαπόθεμα της συστάδας υπολογίζεται σε 372 m³/ha για τη μαύρη πεύκη και σε 198 m³/ha για την ελάτη και η ποιότητα του είναι μέτρια λόγω απουσίας καλλιεργητικών επεμβάσεων.

Εξετάζοντας την παρούσα δομή της συστάδας (Εικόνα 2.5), φαίνεται ότι αυτή προέκυψε από την αναδάσωση με μαύρη πεύκη μιας γυμνής ως μερικώς δασοσκεπούς με ελάτη επιφάνειας, στην οποία ταυτόχρονα διείσδυσε με φυσική αναγέννηση η ελάτη. Η παρουσία μεμονωμένων γηραιών δένδρων ελάτης που υπάρχουν στη συστάδα, ηλικίας που φθάνει σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη και τα 235 έτη, αποτελούν τα μητρικά δένδρα ελάτης από τα οποία προέκυψαν τα υπό μελέτη δένδρα που εγκαταστάθηκαν στη συστάδα που δημιουργήθηκε με την αναδάσωση με μαύρη πεύκη.



Εικόνα 2.5 Φωτογραφία από την περιοχή μελέτης

Η δομή της βλάστησης συγκροτείται από τον όροφο των δένδρων με κάλυψη 80-90%, τον όροφο των θάμνων με κάλυψη 10-20% και την υποβλάστηση με κάλυψη 40-50%. Τη βλάστηση και χλωρίδα της περιοχής μελέτης συγκροτούν εκτός από την κεφαλληνιακή (*Abies cephalonica*) και μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*) (από αναδάσωση) που απαντώνται στον ανώροφο, είδη του υπορόφου και της παρεδαφιαίας βλάστησης όπως: ο κέδρος (*Juniperus oxycedrus*) η αγριοκορομηλιά (*Prunus cerasifera*), η αγριοτριανταφυλλιά (*Rosa sp.*), ο βάτος *Rubus sp.*, η σκάρφη ή ελλέβορος (*Helleborus cyclophyllus*), *Pteridium aquilinum*, *Braxypodiun sylvaticum*, *Sanicula europaea*, *Cruciata glabra*, *Cynosurus echinatus*, *Festuca ovina*, *Bromus sterilis* *Poa sp.* και άλλα αργοστώδη και ποώδη φυτά. Η αναγέννηση της συστάδας είναι ανύπαρκτη για τη μαύρη πεύκη και μέτρια έως πλούσια κατά θέσεις για την ελάτη.

Στην υπό έρευνα θέση η συστάδα είναι μεικτή με αναλογία μίξης 80 % μαύρη πεύκη, και 20% ελάτη, με διαχειριστική μορφή ομήλικη για τη μαύρη πεύκη και υποκηπευτή ακανόνιστη για την ελάτη που βρίσκεται στο στάδιο εξέλιξης των λεπτών προς χονδρών κορμών και για τα δυο είδη. Η στηθιαία διάμετρος στη μαύρη πεύκη κυμαίνεται από 18-47 cm και στην ελάτη από 12-62 cm, αν λάβουμε υπόψη και τα μεγάλης ηλικίας δένδρα ελάτης. Το ύψος των δένδρων και για τα δυο είδη είναι ανάλογο και κυμαίνεται από 16,5-18,5 m. Στη συστάδα διακρίνονται λίγα άτομα μαύρης πεύκης που παρουσιάζουν σπασμένες κορυφές λόγω παλαιότερων χιονοθλασιών, καθώς και 3 γηραιά μητρικά δένδρα ελάτη με στηθιαία διάμετρο 0,80-0,88 m. Να σημειώσουμε ότι στα γηραιά αυτά δένδρα ελάτης όπως και στα δένδρα μαύρης πεύκης με χιονοθλασίες και δεν έγινε λήψη δειγμάτων (τρυπανιδίων).

2.3 ΛΗΨΗ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στην περιοχή έρευνας επιλέχθηκαν 10 υγιή κυρίαρχα δένδρα μαύρης πεύκης και 10 ελάτης από τα οποία ελήφθησαν 2 δείγματα (τρυπανίδια) ανά δένδρο στο στηθιαίο ύψος, το πρώτο στα ανάντη, το δεύτερο στα κατόντη και συνολικά 20 τρυπανίδια για κάθε είδος. Η λήψη των τρυπανιδίων έγινε με τη βοήθεια τρυπάνης τύπου Pressler διαμέτρου 5,15 mm τριπλού σπειρώματος

Εικόνα 2.6). Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 14 Σεπτεμβρίου 2019. Παράλληλα με τη λήψη των τρυπανιδιών ελήφθησαν δενδρομετρικά στοιχεία από τα επιλεγθέντα δένδρα, όπως η στηθιαία διάμετρος το ύψος, το ύψος έναρξης της κόμης και η κατάσταση υγείας των δένδρων. Εγινε ακόμη μια ολική παχυμέτρηση των δένδρων στο στηθιαίο ύψος ανά είδος σε όλη την επιλεγείσα επιφάνεια.



Εικόνα 2.6 Λήψη τρυπανιδίου από δένδρο μαύρης πεύκης

Κατά τη λήψη των δειγμάτων ακολουθήθηκε η προβλεπόμενη από το πρωτόκολλο δενδροχρονολογική εργασία (Fritts, 1976, Schweingruber, 1996). Το πρώτο δείγμα στο δένδρο ελήφθη στα ανάντη της κλίσης και το δεύτερο αντιδιαμετρικά στα κατόντη. Τα τρυπανίδια ονομάζονται με κωδικό 1.1 το πρώτο τρυπανίδιο 1.2. το δεύτερο τρυπανίδιο από το ίδιο δένδρο κ.ο.κ. Κατά τη λήψη των δειγμάτων θα πρέπει να αποφεύγονται περιοχές του κορμού όπου οι δακτύλιοι πιθανώς να είναι κατεστραμμένοι. Τέτοιες περιοχές εντοπίζονται κοντά στα κλαδιά ή στις ψηλές και χαμηλές πλευρές του κορμού, ή σε θέσεις όπου υπάρχουν παγοραγάδες ή άλλοι τραυματισμοί του κορμού. Συχνά κατά την λήψη του τρυπανιδίου εντοπίζονται θέσεις στον κορμό με σάπιο ξύλο. Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό

μέσω της παρακολούθησης της συμπεριφοράς της δενδροτρυπάνης. Στην περίπτωση που εντοπιστούν σάπια σημεία, το τρυπάνι περιστρέφεται αρκετά εύκολα ενώ στην περιπτώσεις ξύλου ανώμαλης δομής το τρυπάνι περιστρέφεται με δυσκολία. Στην περίπτωση που εντοπιστεί κάποιο από τα δύο προβλήματα τότε θα πρέπει να αποτραβηχτεί εγκαίρως το τρυπάνι διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του και στη συνέχεια να αναζητηθεί άλλη θέση στον κορμό για λήψη δείγματος.

2.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΡΥΠΑΝΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

Τα τρυπανίδια μετά τη λήψη τους αφέθηκαν στο εργαστήριο για φυσική ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου, για 5 ημέρες, ώστε να αποκτήσουν σταθερές διαστάσεις. Μετά την ξήρανση τα τρυπανίδια κολλήθηκαν με ξυλόκολλα σε ξύλινα πηγάκια με αυλακωειδή οδηγό ανάλογης διαμέτρου με την τρυπάνη, ώστε να γίνουν σταθερά δείγματα (

Εικόνα 2.7). Κατά την τοποθέτηση των τρυπανιδίων δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε το τρυπανίδιο να τοποθετηθεί με τις ίνες του ξύλου κάθετα στον πήχη. Αυτό για να έχουμε στην πάνω επιφάνεια την εγκάρσια τομή του ξύλου όπου διακρίνονται με μεγαλύτερη ευκολία οι δακτύλιοι. Σε περίπτωση συστροφής του τρυπανιδίου κόβουμε με λεπτό εργαλείο το τρυπανίδο και επανατοποθετούμε το στρεβλό τμήμα με τις ίνες κάθετα στον πήχη.



Εικόνα 2.7 Προετοιμασία τρυπανιδίων

Αφού κολληθούν τα δείγματα σε πήχεις τα τρυπανίδια λειαίνονται με τη χρήση τριβείου χρησιμοποιώντας στην αρχή πιο χονδρόκοκα υαλόχαρτα (No 50 έως 100) και στη συνέχεια πιο λεπτόκοκα (No 200, έως 500), ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή επιφάνεια για τη διάκριση των δακτυλίων.

2.5 ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

Η διασταυρούμενη χρονολόγηση (cross-dating) είναι μια τεχνική με την οποία σε κάθε δακτύλιο δίνεται το ακριβές έτος σχηματισμού του, που επιτυγχάνεται με την αντιστοίχιση των πλατών των δακτυλίων ή άλλων χαρακτηριστικών τους, μεταξύ δειγμάτων ξύλου του ίδιου δένδρου, μεταξύ δένδρων της ίδιας περιοχής και δένδρων διαφορετικών περιοχών (Παπαδόπουλο 2018). Η διασταυρούμενη χρονολόγηση επιτυγχάνεται επειδή ανάλογες περιβαλλοντικές συνθήκες προκαλούν ανάλογες διακυμάνσεις στα πλάτη. Η πολύ σημαντική αυτή εργασία έγινε, ξεχωριστά για τη μαύρη πεύκη και την ελάτη, αρχικά οπτικά με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου και μετά τις μετρήσεις των πλατών των δακτυλίων, στατιστικά, όπως περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Κατά τη διάρκεια της διασταυρούμενης χρονολόγησης γίνεται και η καταγραφή των χαρακτηριστικών δακτυλίων που εμφανίζονται στα δείγματα: στενοί δακτύλιοι, πλατύς δακτύλιοι, δακτύλιοι με πλατύ όψιμο ξύλο, μεταχρωματισμούς ή άλλα χαρακτηριστικά.

Η εργασία αυτή επαναλήφθηκε ενιαία για το σύνολο των τρυπανιδίων και των δυο ειδών και ταυτόχρονα συγκρίνονται οι δακτύλιοι των ιδίων ετών όλων των δειγμάτων προκειμένου να εντοπισθούν στη συνέχεια από το έντυπο καταγραφής οι χαρακτηριστικοί δακτύλιοι. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε προκειμένου να διορθωθούν πιθανά λάθη της διασταυρούμενης χρονολόγησης των δακτυλίων, με σκοπό τελικά σε κάθε δακτύλιο να αντιστοιχεί το ακριβές έτος σχηματισμού του.

2.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Στη συνέχεια της διασταυρούμενης χρονολόγησης όλων των τρυπανιδίων έγινε η μέτρηση των πλατών των δακτυλίων, με τη χρήση του προγράμματος WinDendro (Regan 2007). Η μέτρηση γίνεται σε εκατοστά του χιλιοστού και τα δεδομένα και το πλάτος των δακτυλίων εξάγονται σε μορφή Tucson, όπως έχει καθιερωθεί διεθνώς στην δενδροχρονολογία.

Μετά τις μέτρηση των πλατών των δακτυλίων για κάθε τρυπανίδιο προέκυψαν τόσες χρονοσειρές, όσα και τα τρυπανίδια, συνολικά 20 χρονοσειρές για κάθε είδος. Οι χρονοσειρές αυτές ονομάζονται στοιχειώδεις χρονοσειρές (Παπαδόπουλος 2018). Από το μέσο όρο των δυο στοιχειωδών χρονοσειρών κάθε δένδρου κατασκευάστηκαν οι ατομικές χρονοσειρές των δένδρων (Παπαδόπουλος 2018). Από αυτές κατασκευάζονται οι καμπύλες του πλάτους των ετησίων δακτυλίων για κάθε δένδρο αντίστοιχα για τη μαύρη πεύκη και την ελάτη, προκειμένου να διερευνηθούν οι τάσεις αύξησης. Τέλος, από το μέσο όρο του συνόλου των στοιχειωδών χρονοσειρών, αντίστοιχα για τα δυο είδη, κατασκευάζονται οι μέσες ή κυρίαρχες χρονοσειρές της περιοχής (site chronology) για κάθε είδος. Η μέση αυτή χρονοσειρά χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση της αυξητικής πορείας των δυο ειδών που συγκροτούν τη μελετούμενη συστάδα.

2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η στατιστική επεξεργασία των χρονοσειρών των δακτυλίων έγινε με τη βοήθεια των προγραμμάτων από τη βιβλιοθήκη «DPL-Dendro-Program-Library» του Πανεπιστημίου της Αριζόνας που είναι ελεύθερα διαθέσιμα, καθώς και του προγράμματος «Programs in Paleoclimatology: Prediction of the Hiatus and Analysis of the Linkages between the Observations and the Series (PPPHALOS)» (Giuot 1990) που είναι διαθέσιμο στο εργαστήριο του Τμήματος. Από αυτά τα πακέτα προγραμμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω προγράμματα:

- COFECHA, του πακέτου DPL-Dendro-Program-Library (Holmes 1983). Αυτό προσφέρει πληθώρα λειτουργιών για την εφαρμογή της διασταυρούμενης χρονολόγησης (cross dating) όπως επίσης και ένα μεγάλο εύρος στατιστικών αναλύσεων, που αφορούν τη δημιουργία παλινδρόμησης και συσχετίσεων. Το COFECHA, χρησιμοποιεί, τεχνικές συσχέτισης με τμήματα των χρονοσειρών με σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας της διασταυρούμενης χρονολόγησης (cross dating) στις μετρήσεις των χρονοσειρών (Grissino-Mayer, 2001). Στα αποτελέσματα ελέγχεται η ποιότητα της διασταυρούμενης χρονολόγησης με βάση τα προβλήματα που εντοπίζονται στα διάφορα τμήματα των χρονοσειρών που εξετάζονται (flags) και το συντελεστή συσχέτισης της κάθε χρονοσειράς με τη μέση χρονοσειρά.

- ARSTAN, του πακέτου DPL-Dendro-Program-Library. Αυτό χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των δενδροχρονολογικών στατιστικών παραμέτρων, καθώς και για την κατασκευή των δεικτών των δακτυλίων μέσα από μια διαδικασία φιλτραρίσματος των δεδομένων με προσαρμογή των καμπυλών και αυτοσυσχέτιση των δεδομένων με βάση διάφορα μοντέλα που μπορούν να επιλεγούν στο πρόγραμμα. Από το πρόγραμμα μπορούν να προκύψουν δείκτες με βάση την καμπύλη προσαρμογής των δεδομένων, καθώς και δείκτες υπό μορφή υπολειμματικών δεδομένων (residuals) μετά από μια διαδικασία αυτοσυσχέτισης.

- GALCPC από το πακέτο PPPHALOS για την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες των χρονοσειρών των δακτυλίων.

- CALROB από το πακέτο PPPHALOS για τον υπολογισμό των σχέσεων του κλίματος με το πλάτος των δακτυλίων.

- διάφορα προγράμματα από το πακέτο PPPHALOS για την επεξεργασία και το μετασχηματισμό των δεδομένων των χρονοσειρών των δακτυλίων.

2.8 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ - ΑΥΞΗΣΗΣ

Για τον υπολογισμό των σχέσεων απόκρισης χρησιμοποιήθηκαν, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα μηνιαία κλιματολογικά δεδομένα της περιόδου 1973-2018 του μετεωρολογικού σταθμού Αγίου Νικολάου του Δ. Καρπενησίου. Οι κλιματικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι οι μηνιαίες βροχοπτώσεις και οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες. Οι κλιματικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται αναφέρονται στο υδρολογικό έτος που ορίζεται από τον Οκτώβριο του προηγούμενου έτους μέχρι και το Σεπτέμβριο του επόμενου έτους, περίοδος που κατά κανόνα ισχύει για δενδροκλιματολογικές εφαρμογές στη λεκάνη της μεσογείου (Παπαδόπουλος, 1999)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΠΛΑΤΩΝ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

Από τη χρονολόγηση με τη διαδικασία της διασταυρούμενης χρονολόγησης των δακτυλίων των δειγμάτων και την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (PCA) των χρονοσειρών των πλατών των δακτυλίων για τη μαύρη πεύκη και την ελάτη (Παράρτημα 1), διακρίνονται οι παρακάτω χαρακτηριστικοί δακτύλιοι των χρονοσειρών, κατά σειρά σπουδαιότητας για την κοινή περίοδο των 35 ετών (1984-2018):

Μαύρη πεύκη

- στενοί δακτύλιοι: 2013, 2011, 2015, 2016, 2000, 2014
- πλατύς δακτύλιος: 1984, 1986, 1985, 1989, 1988

Ελάτη

- στενοί δακτύλιοι: 2014, 2000, 1993, 1996, 1995, 2008
- πλατύς δακτύλιος: 1984, 1989, 1986, 1990, 1987

Από τον στατιστικό έλεγχο της διασταυρούμενης χρονολόγησης των δειγμάτων με το πρόγραμμα COFECHA V6.06P (Holmes 1983, Grissino-Mayer 2001), διαπιστώθηκε ότι το σύνολο των 20 χρονοσειρών της μαύρης πεύκης οι 15 από τις 20 χρονοσειρές της ελάτης, δεν παρουσίαζαν πιθανά σφάλματα (flags) και ο συντελεστής συσχέτισης της κάθε χρονοσειράς (Corr. with master) με τη αντίστοιχη μέση χρονοσειρά δακτυλίων της κάθε ομάδας δένδρων ήταν στατιστικά σημαντικός. Οι χρονοσειρές αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για το σύνολο των αναλύσεων, ενώ 5 χρονοσειρές της ελάτης μη αποδεκτές με τα παραπάνω κριτήρια απορρίφθηκαν.

3.2 ΑΝΆΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΪΑ ΔΕΝΔΡΟΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Οι κλασικά χρησιμοποιούμενες δενδροχρονολογικές στατιστικές παράμετροι για τη μαύρη πεύκη και την ελάτη φαίνονται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Δενδροχρονολογικά στατιστικά των χρονοσειρών της μαύρης πεύκης και ελάτης: α) αρχικών δεδομένων πλατών δακτυλίων: X = Μέσο πλάτος δακτυλίου (mm), Std = τυπική απόκλιση (mm), R_1 =Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης, MS = Μέση ευαισθησία, και β) δεικτών MCR = Μέση συσχέτιση μεταξύ όλων των τρυπανιδιών, MCM = Μέση συσχέτιση με τη μέση χρονοσειρά, EPS = εκφρασμένο σήμα πληθυσμού, SNR = λόγος του σήματος προς τον θόρυβο.

Κατηγορίες δένδρων	Περίοδος ετών	Έτη	Αρχικά δεδομένα				Δείκτες			
			X	Std	R_1	MS	MCR	MCM	EPS	SNR
Μαύρη πεύκη	1966-2018	53	3,09	2,50	0,93	0,24	0,41	0,66	0,93	13,26
Ελάτη	1967-2018	52	3,88	1,80	0,77	0,22	0,25	0,54	0,85	4,25

Η περίοδος που καλύπτουν οι μέσες χρονοσειρές της μαύρης πεύκης και της ελάτης ανέρχονται σε 53 (1966-2018) και 52 (1967-2018) έτη αντίστοιχα. Με βάση τα αρχικά δεδομένα, το μέσο πλάτος δακτυλίων (X) της μαύρης πεύκης είναι 3,09 mm και της ελάτης 3,88 mm. Η τυπική απόκλιση (Std) είναι σημαντική (2,5 mm για τη μαύρη πεύκη και 1,8 mm για την ελάτη). Η μέση ευαισθησία (MS) είναι περίπου ίδια (0,24) για τη μαύρη πεύκη και (0,22) για την ελάτη, που χαρακτηρίζεται σχετικά μέτρια σε σχέση με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Paradopoulos 2016). Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης (R_1) είναι 0,93 για τη μαύρη πεύκη πολύ υψηλός και μικρότερος (0,77) για την ελάτη. Με βάση τα δεδομένα από τα οποία έχει αφαιρεθεί η τάση (δείκτες), η μέση συσχέτιση μεταξύ όλων των χρονοσειρών (τρυπανιδιών) (MCR) είναι 0,41 για τη μαύρη πεύκη και 0,25 για την ελάτη, η μέση συσχέτιση των χρονοσειρών με την μέση χρονοσειρά (MCM) είναι 0,66 για τη μαύρη πεύκη και 0,54 για την ελάτη, το εκφρασμένο από τον πληθυσμό σήμα (EPS) είναι 0,93 για τη μαύρη πεύκη και 0,85 για την ελάτη και η αναλογία του σήματος προς τον θόρυβο (SNR) είναι 13,26 για τη μαύρη πεύκη και 4,25 για την ελάτη.

Τα δενδροχρονολογικά στατιστικά δείχνουν ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των χρονοσειρών της μαύρης πεύκης και της ελάτης. Σε ότι αφορά τους δύο

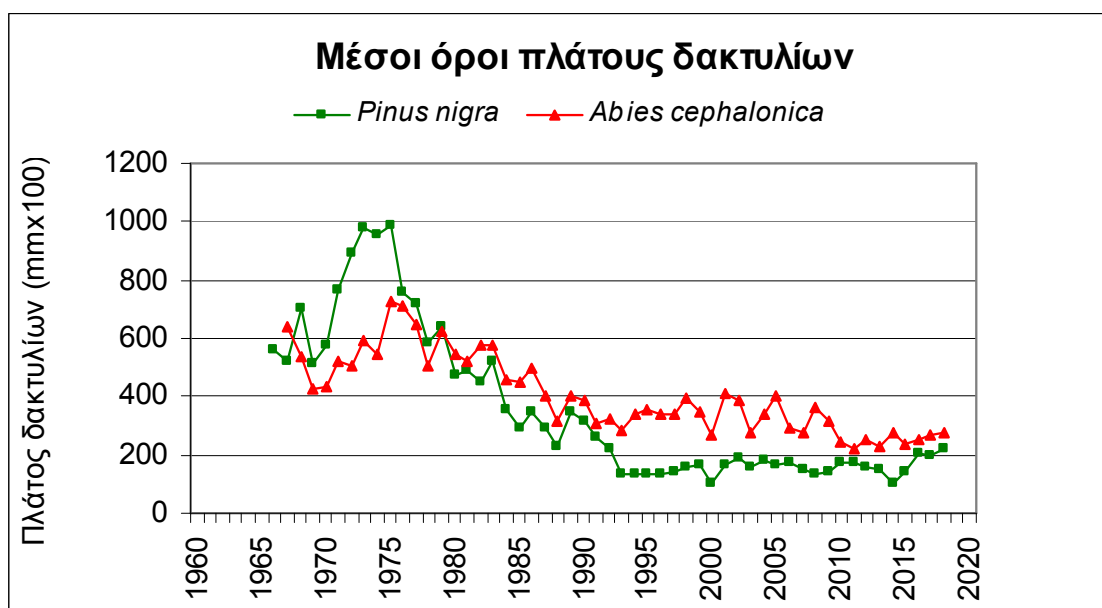
συντελεστές συσχέτισης, δηλαδή, μεταξύ όλων των χρονοσειρών (MCR) της κάθε ομάδας δένδρων και με τη μέση χρονοσειρά (MCM), οι τιμές δείχνουν μια σημαντική συσχέτιση και ομοιογένεια στη μαύρη πεύκη ενώ στην ελάτη αυτή είναι πολύ μικρή σε ότι αφορά την (MCR) και σημαντική σε ότι αφορά την (MCM). Το εκφρασμένο από τον πληθυσμό σήμα (EPS) φθάνει ή ξεπερνά το όριο του 0,85 και στα δυο είδη. Η τιμή αυτή σύμφωνα με τους Wingley et al. (1984) θεωρείται ως μια κατώτερη οριακή τιμή ενός αποδεκτού σήματος των χρονοσειρών που δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε δενδροκλιματολογικές και δενδροοικολογικές μελέτες. Τέλος, η αναλογία του σήματος προς τον θόρυβο (SNR) που είναι μεγαλύτερη στη μαύρη πεύκη από ότι στην ελάτη, δείχνει ότι ένα μεγάλο μέρος της μεταβλητότητας των δακτυλίων στην ελάτη εκτός από τους κλιματικούς παράγοντες ερμηνεύεται από άλλους παράγοντες της συστάδας.

3.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑΣ ΤΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ

Από την οπτική παρατήρηση και το συγχρονισμό των καμπυλών της κατά πλάτος αύξησης των δένδρων για κάθε είδος (Παράρτημα 2), διακρίνουμε τις ατομικές αυξητικές τάσεις των δένδρων που αντανακλούν την κοινωνική τους θέση και την πορεία αύξησης τους μέσα στη συστάδα. Η αυξητική αυτή συμπεριφορά των δένδρων είναι ανάλογη μεταξύ των δένδρων του ιδίου είδους αλλά και μεταξύ των δυο ειδών. Αυτό και λόγω της ανάλογης ηλικίας των δένδρων των δυο ειδών που ανέρχεται στα 53 έτη για τη μαύρη πεύκη και στα 52 έτη για την ελάτη με μέτρηση στο σθηθιαίο ύψος, ή αν συνυπολογισθούν και τα έτη που απαιτούνται για να φθάσει το δένδρο στο σθηθιαίο ύψος (1,30 m), τα 60 περίπου έτη. Σε όλα σχεδόν τα δένδρα υπάρχει μια αρχική περίοδος 20-25 ετών περίπου όπου η αύξηση είναι σημαντική, όμως με προοδευτική μείωση και στη συνέχεια για μια αντίστοιχη περίοδο ετών υπάρχει μια μικρότερη αύξηση η οποία βαίνει ως επί το πλείστον σταθεροποιημένη σε ένα επίπεδο.

Από τη σύγκριση των καμπυλών του μέσου όρου των πλατών των δακτυλίων της μαύρης πεύκης με την ελάτη (Εικόνα 3.1) φαίνεται μια συγχρονισμένη τάση μεταβολής του πλάτους, που είναι αναμενόμενη, καθώς τα δένδρα των δυο ειδών αναπτύσσονται στην ίδια θέση και κάτω από τις ίδιες συσταδικές συνθήκες. Υπάρχουν όμως διαφορές σε ότι αφορά το ρυθμό αύξησης. Το πλάτος των δακτυλίων της μαύρης πεύκης τα πρώτα

δεκατέσσερα έτη, δηλ έως το 1979, παρουσιάζει μια υψηλότερη τιμή σε σχέση με την ελάτη. Στη συνέχεια και μέχρι την τελευταία χρονιά (2018) το πλάτος των δακτυλίων της μαύρης πεύκης υπολείπεται σημαντικά και σταθερά αυτού της ελάτης. Με δεδομένο ότι πρόκειται για μια πυκνή αναδάσωση μαύρης πεύκης στο εσωτερικό της οποίας εγκαταστάθηκε αμέσως η ελάτη με φυσική αναγέννηση, όπως φαίνεται από τις ηλικίες των δένδρων, η μαύρη πεύκη πλεονεκτούσε αρχικά ως φωτόφυτο είδος σε σχέση με την ελάτη. Η ελάτη με την παρουσία της μαύρης πεύκης, βρήκε τα πρώτα χρόνια ένα πιο πρόσφορο περιβάλλον για την εγκατάσταση και αύξηση της, βέβαια με χαμηλότερο ετήσιο ρυθμό από ότι η μαύρη πεύκη. Σύμφωνα με την Arianoutsou et al. (2010) η φυσική αναγέννηση της ελάτης σε ανοικτό περιβάλλον είναι δύσκολη, γι' αυτό σε αυτές τις περιπτώσεις η παρουσία ενός προστατευτικού υπορόφου (Ντάφης, 1975), όπως στην προκειμένη περίπτωση η αναδάσωση της μαύρης πεύκης, είναι απαραίτητος για την εγκατάσταση της φυσικής αναγέννησης της ελάτης.



Εικόνα 3.1. Μέσες χρονοσειρές των πλατών των δακτυλίων για τη μαύρη πεύκη και την ελάτη.

Γενικότερα και για τα δυο είδη, λόγω του έντονου ανταγωνισμού των δένδρων η κατά πλάτος αύξηση μετά την αρχική αύξηση των πρώτων 10-15 ετών, σύντομα μειώνεται σημαντικά. Η ελάτη, μετά την πρώτη δεκαπενταετία αφού ανακτά προφανώς τον αυξητικό

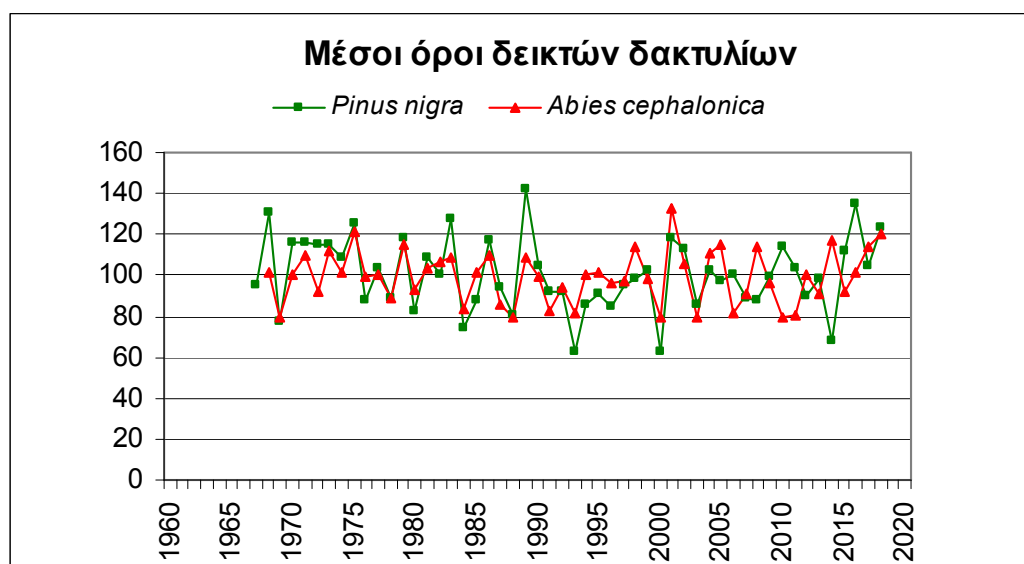
της χώρας και λόγω καλύτερης πιθανώς προσαρμογής, υπερτερεί σταθερά σε αύξηση της μαύρης πεύκης. Εδώ βασικό ρόλο παίζει η δομή της συστάδας και η απουσία καλλιεργητικών επεμβάσεων σε αυτήν, στοιχείο που εξηγεί την σταθερά πτωτική πορεία της αύξησης και στα δυο είδη.

Η υπεροχή σε αύξηση της ελάτης έναντι της μαύρης πεύκης στην περιοχή δείχνει σε κάποιο βαθμό γιατί στα δασικά οικοσυστήματα της ζώνης της οξυάς-ελάτης όπου οι κλιματεδαφικές συνθήκες είναι καλές η ελάτη είναι πολύ ανταγωνιστική σε σχέση με άλλα κωνοφόρα και γενικότερα φωτόφυτά είδη. Η δυναμική της ελάτης στην περιοχή φαίνεται και από την πλούσια φυσική αναγέννηση που εμφανίζεται κατά θέσεις στη συστάδα σε αντίθεση με την μαύρη πεύκη που είναι ανύπαρκτη με εξαίρεση τα κράσπεδα της συστάδας (Εικόνα 3.2). Στη ζώνη αυτή η μαύρη πεύκη εμφανίζεται κυρίως σε ξηρότερα και λιγότερα βαθιά εδάφη όπου μπορεί να ανταγωνισθεί την ελάτη.



Εικόνα 3.2. Πλούσια αναγέννηση ελάτης κάτω από μεικτή συστάδα μαύρης πεύκης-ελάτης.

Από τη σύγκριση των καμπυλών των δεικτών της μαύρης πεύκης και της ελάτης (Εικόνα 3.3.), στις οποίες η αύξηση δεν επηρεάζεται από την ηλικία, δεν φαίνεται κάποια διαφοροποίηση στο συγχρονισμό των δακτυλίων. Υπάρχει όμως μια μικρή διαφοροποίηση στη διακύμανση της ετήσιας μεταβλητότητας του πλάτους των δακτυλίων, τουλάχιστον για κάποια έτη. Αυτή είναι μεγαλύτερη στη μαύρη πεύκη από ότι στην ελάτη, κάτι που εξηγείται βέβαια και από τις μεγαλύτερες τιμές μέσης ευαισθησίας που παρουσιάζουν οι χρονοσειρές των πλατών των δακτυλίων της μαύρης πεύκης σε σχέση με την ελάτη. Σε ότι αφορά το μέσο πλάτος των δεικτών και για τις δυο ομάδες δένδρων κυμαίνεται γύρω από τη μονάδα όπως συνηθίζεται για αυτή τη μορφή δεδομένων.

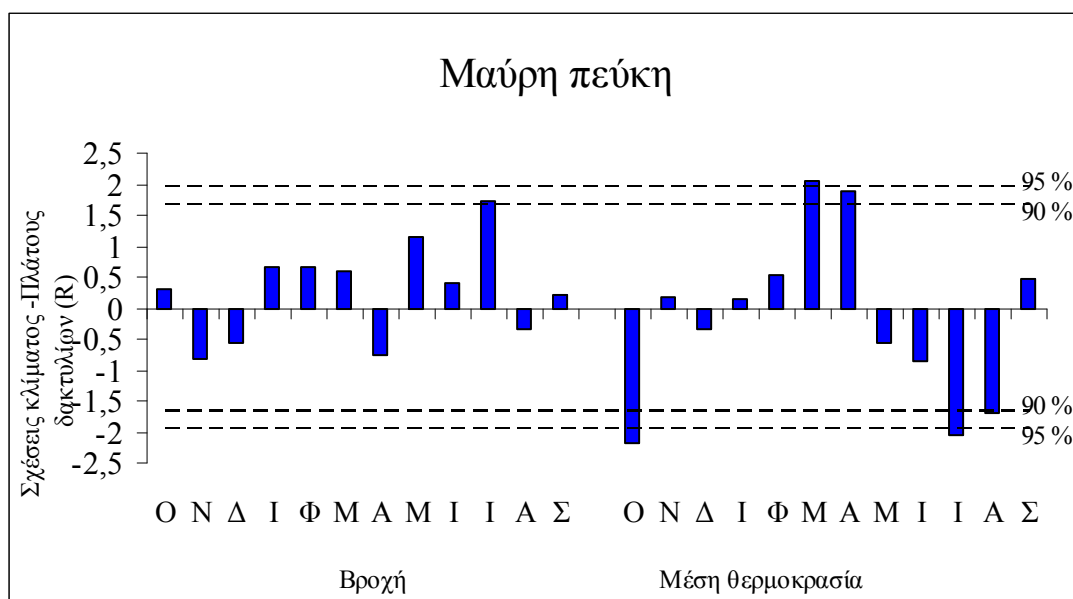


Εικόνα 3.3. Καμπύλες μέσων χρονοσειρών δεικτών πλατών δακτυλίων για τα ζωντανά και νεκρά δένδρα.

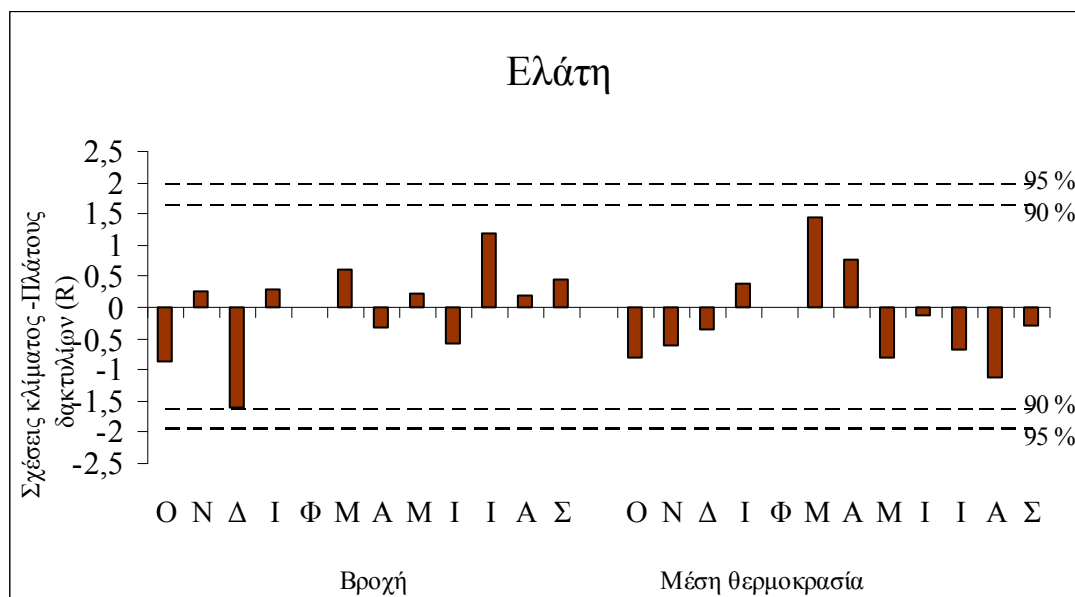
3.4 ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΥΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ

Από την ανάλυση του προφίλ των σχέσεων απόκρισης φαίνεται ότι υπάρχει μια σημαντικότητα για τη μαύρη πεύκη για κάποιους μήνες, αντίθετα για την ελάτη δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικά σχέσεις. Συγκεκριμένα για τη μαύρη πεύκη, θετικές συσχετίσεις υπάρχουν μεταξύ του πλάτους των δακτυλίων και της βροχής του Ιουλίου σε επίπεδο σημαντικότητας 95 % και με τη μέση θερμοκρασία του Απριλίου και του Μαρτίου σε επίπεδο σημαντικότητας 95 % και 90% αντίστοιχα, και αρνητικές συσχετίσεις με τις

θερμοκρασίας του Οκτωβρίου που προηγείται της έναρξης της βλαστητικής και του Ιουλίου και Αυγούστου σε επίπεδα σημαντικότητας 90-95 % (Εικόνα 3.4.). Για την ελάτη (Εικόνα 3.5. 5) δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικά συσχετίσεις ούτε με τις βροχοπτώσεις ούτε με τις μέσες θερμοκρασίες, εντούτοις όμως φαίνεται μια ανάλογη τάση με αυτή που παρατηρείται στη μαύρη πεύκη με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αλλά και άλλων πρόσφατων ερευνών (Σωτηρίου 2020).



Εικόνα 3.4. Προφίλ της σχέσης απόκρισης του πλάτους των δακτυλίων με τις μηνιαίες βροχοπτώσεις και μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη μαύρη πεύκη.



Εικόνα 3.5. Προφίλ της σχέσης απόκρισης του πλάτους των δακτυλίων με τις μηνιαίες βροχοπτώσεις και μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για την ελάτη.

Η μειωμένη απόκριση της ελάτης σε σχέση με τη μαύρη πεύκη εξηγείται βέβαια και από τα στατιστικά των χρονοσειρών της ελάτης που παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερες τιμές του EPS και SNR. Η θετική επίδραση των βροχοπτώσεων του Ιουλίου στην κατά πλάτος αύξηση της μαύρης πεύκης μπορεί να ερμηνευθεί από τη ζήτηση νερού για τις αυξητικές διεργασίες την περίοδο αυτή, όπου λόγω και της μείωσης των βροχοπτώσεων εξαιτίας της θερινής ξηρασίας ο παράγοντας νερό γίνεται περιοριστικός. Ανάλογες θετικές συσχετίσεις του πλάτους των ετησίων δακτυλίων και των θερινών βροχοπτώσεων έχουν υπολογισθεί για την ελάτη και σε άλλες έρευνες για την περιοχή, αλλά και για άλλες περιοχές της Ευρώπης (Παπαδόπουλος και συν. 2011, Σωτηρίου, 2020). Οι αρνητικές συσχετίσεις του πλάτους των δακτυλίων της μαύρης πεύκης με τις θερμοκρασίες του Ιουλίου και Αυγούστου μπορεί να ερμηνευθεί, σύμφωνα με τον Παπαδόπουλο (1999), από την επίδραση του παράγοντα αυτού στις φυσιολογικές λειτουργίες των δένδρων (αναπνοή, διαπνοή), αλλά και στην επίδραση του στις υδρολογικές διαδικασίες (εξάτμιση, υγρασία εδάφους και αέρα). Για το μήνα Ιούλιο, ο συνδυασμός των αρνητικών σχέσεων απόκρισης των θερμοκρασιών με τις θετικές σχέσεις απόκρισης των βροχοπτώσεων μπορεί να ερμηνευθεί από ένα φαινόμενο υδατικού stress που οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας και στην ταυτόχρονη μείωση της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του μήνα

αυτού (Παπαδόπουλος 1999). Αντίθετα, οι θετικές συσχετίσεις του πλάτους των δακτυλίων με τις μέσες θερμοκρασίες του Μαρτίου και Απριλίου μπορεί να ερμηνευθούν από την προετοιμασία για ενεργοποίηση της αυξητικής δραστηριότητας νωρίτερα, κυρίως των ορμονικών διεργασιών που απαιτούνται και για τις οποίες η υψηλές θερμοκρασίες και οι βροχοπτώσεις είναι προϋπόθεση για την ενεργοποίηση του καμβίου και την έναρξη της διαδικασίας της δευτερογενούς αύξησης. Τέλος οι αρνητικές συσχετίσεις που παρουσιάζουν οι δακτύλιοι της μαύρης πεύκης με τη μέση θερμοκρασία του Οκτωβρίου του προηγούμενου της αύξησης έτους μπορεί να ερμηνευθεί γενικά από την επίδραση που έχει στο υδατικό ισοζύγιο του εδάφους που επηρεάζει έμμεσα την ένταση της αυξητικής δραστηριότητας με την έναρξη της βλαστητικής περιόδου.

Από τις σχέσεις αυτές φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια η αύξηση των θερμοκρασιών και η μείωση των βροχοπτώσεων την εαρινή περίοδο, που εμφανίζονται όλο και περισσότερο στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο (IPCC 2007, Τράπεζα της Ελλάδος 2011), θα επηρεάσουν αρνητικά την αύξηση της μαύρης πεύκης, αλλά και της ελάτης. Όμως με δεδομένο ότι η μείωση της αύξησης της μαύρης πεύκης είναι πιο σημαντική από αυτή της ελάτης στους καλούς σταθμούς, όπως φαίνεται τουλάχιστο για την περιοχή έρευνας, αναμένεται ότι η μαύρη πεύκη θα παρουσιάζει μεγαλύτερα προβλήματα λόγω της συνεχούς εξασθένησης των δένδρων εξαιτίας της αδύναμης ανάπτυξης, αλλά και άλλων εξωτερικών παραγόντων (χιονοθλασίες, ασθένειες κλπ). Η επιδείνωση αυτή θα αυξηθεί και από τον ανταγωνισμό της ελάτης στις καλές ποιότητες τόπου, όπως είναι οι μελετούμενες αναδασώσεις. Αντίθετα σε κακές ποιότητες τόπου, η αύξηση της μαύρης πεύκης πιθανώς να υπερτερεί έναντι της ελάτης στις μεικτές συστάδες, όμως αυτό δεν έχει διερευνηθεί στα πλαίσια αυτής της έρευνας. Είναι επομένως σημαντικό για τη συνέχιση της έρευνας να διερευνηθεί η αυξητική συμπεριφορά της μαύρης πεύκης και της ελάτης σε μεικτές συστάδες που προέκυψαν φυσικά ή με αναδασώσεις προκειμένου να διαπιστωθεί η αυξητική συμπεριφορά των ειδών, στοιχείο που έχει ιδιαίτερη αξία στη διαχείριση των ορεινών κωνοφόρων και την προσπάθεια που γίνεται για την προσαρμογή των δασών απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε μια μεικτή ομήλικη συστάδα μαύρης πεύκης – ελάτης, η κατά πλάτος αύξηση της μαύρης πεύκης, με εξαίρεση τα πρώτα 10-14 έτη από την αναδάσωση είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή της ελάτης. Αυτό δείχνει, σε ότι αφορά την ανάπτυξη, την αδυναμία της μαύρης πεύκης να ανταγωνισθεί την ελάτη, τουλάχιστον στις καλές ποιότητες τόπου και εξηγεί κατά ένα μέρος την απουσία της, με φυσική εξάπλωση στην Ευρυτανία. Επίσης φαίνεται καθαρά η αρνητική επίδραση της απουσίας των καλλιεργητικών επεμβάσεων στην αύξηση και εξέλιξη της συστάδας. Η αύξηση της μαύρης πεύκης επηρεάζεται θετικά από τις βροχοπτώσεις της θερινής περιόδου και ειδικότερα του Ιουλίου, θετικά επίσης από τις θερμοκρασίες της άνοιξης και αρνητικά από τις θερμοκρασίες του καλοκαιριού. Προκειμένου να διαφυλάξουμε τα πολύ σημαντικά αυτά ορεινά οικοσυστήματα μαύρης πεύκης και ελάτης της χώρας μας, όλα αυτά τα στοιχεία που αφορούν την αυξητική συμπεριφορά των δυο ειδών, τις σχέσεις ανταγωνισμού μεταξύ τους, τις σχέσεις κλίματος αύξησης, τις καλλιεργητικές και γενικότερα δασοκομικές επεμβάσεις αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για την ορθολογική και προσαρμοσμένη στην κλιματική αλλαγή διαχείριση των δασών αυτών.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aθανασιάδης Ν., 1986. Δασική Βοτανική Μέρος Ι. Δέντρα και Θάμνοι των Δασών της Ελλάδος. Θεσσαλονίκη. Εκδ. Γιαχούδη-Γιαπούλη.
- Arianoutsou, M., Christopoulou, A., Kazanis, D., Tountas, Th., Ganou, E., Bazos, I., Kokkoris, Y., 2010. Effects of fire on high altitude coniferous forests of Greece. In: Viegas D.X. (Eds.), VI International Conference on forest fire research. ADAI/CEIF, University of Coimbra, Portugal (electronic edition).
- Barbéro M., R. Loisel, P. Quézel, D.M. Richardson and F. Romane. 2000. Pines of the Mediterranean basin. p. 153-170. In Ecology and Biogeography of Pinus, Richardson D.M. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Fritts, H.C., 1976. Tree-rings and climate. Academic Press, London, 567 pp.
- Guiot, J., 1990. Methods and programs of statistics for paleoclimatology and paleoecology. Quantification des changements climatiques: Méthodes et programmes, Monographie N° 1. INSU, PNEDC, 253 pp.
- Grissino-Mayer, H.D., 2001. Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program COFECHA. Tree-Ring Research 57(2), 205–221.
- Holmes, R.I., 1983. Computer-assisted quality control in tree ring dating and measurement. Tree-Ring Bull. 43, 69-78.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: the physical science basis. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA, 996 pp.
- Isajev V., B. Fady, H. Semerci and V. Andonovski. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European Black pine (*Pinus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.
- Lee C. H. 1968. Geographic variation in European Black pine. *Silvae Genetica* 17: 165-172.
- Matziris D. 1994. Genetic variation in the phenology of flowering in Black pine. *Silvae Genetica*, 43, 321-328

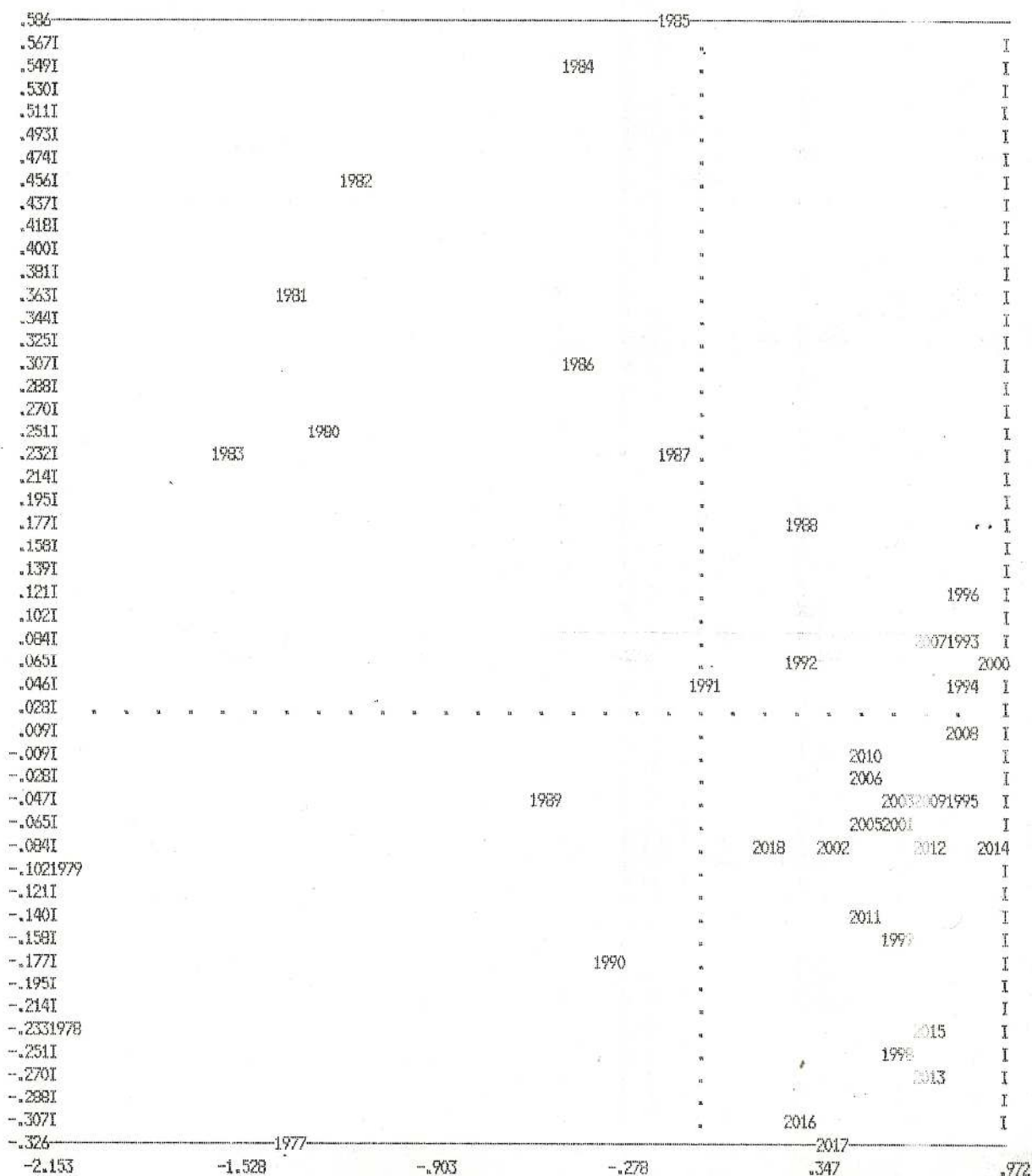
- Miron G.T., (1967). The Genus Pinus. Ronald Press, New York
- Ντάφης Σ., 1975. Δασοκομία. Μέρος δεύτερον., Α.Π.Θ. 389 σελ.
- Παπαδόπουλος Α, 1999. Σχέσεις κλίματος – πλάτους ετησίων δακτυλίων της χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis* Mill.) στην Ελλάδα. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 10, Σειρά II-Τεύχος 2, 191-200.
- Παπαδόπουλος Α. 2005. Το φυσικό περιβάλλον της Ευρυτανίας. 2^ο Παγκόσμιο Συνέδριο Ευρυτάνων με θέμα «Πολιτισμός – Τουρισμός, Βασικοί πυλώνες ανάπτυξης της Ευρυτανίας». Καρπενήσι, 15-17 Ιουνίου 2005.
- Παπαδόπουλος Α., Ραυτογιάννης Ι., Παντέρα Α., 2011. Διερεύνηση της αυξητικής συμπεριφοράς και των σχέσεων κλίματος-αύξησης στη νέκρωση των ελατοδασών. Πρακτικά 15^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Καρδίτσα 2011. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, 360-367.
- Παπαδόπουλος Α., 2015. Μετεωρολογία – Βιοκλιματολογία. Διδακτικές Σημειώσεις. Τμήμα Δασοπονίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας, 152 σελ.
- Paradopoulos A., 2016. Tree-ring patterns and climate response of Mediterranean fir populations in Central Greece. *Dendrochronologia* 40, 17-25.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2016.05.005>
- Παπαδόπουλος Α. 2018. Δενδροχρονολογία (σημειώσεις). Μεταπτυχιακό πρόγραμμα: Οικολογία και Διαχείριση Περιβάλλοντος. Γενικό Τμήμα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 34 σελ.
- Quezel P., 1974. Les forets du pourtour mediterraneen. In: Forets et maquis mediterraneens ecologie, conservation et aménagement. Notes techniques MAB 2, 9-33.
- Régant Inc 2007. *Windendro 2008a. For Tree-Ring Analysis*. Régant Instruments Inc, Québec Canada, 132p.
- Scaltsoyiannes A., Tsaktsira M., Pasagiannis G., Tsoulpha P., Zhelev P., Iliev I., and Rohr R. 2009. Allozyme variation of European Black (*Pinus nigra* Arn.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations and implications on their evolution: A comparative study. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 11:95-106.

- Schweingruber F. H., 1996. Tree Rings and Environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Insitute for Forest, Snow and Landscape Research. Haupt. pp. 609
- Σωτηρίου Χ., 2020. Διερεύνηση της νέκρωσης δένδρων ελάτης στην περιοχή Γοριανάδων – Καρπενησίου, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γενικό Τμήμα – Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 53 σελ.
- Τράπεζα της Ελλάδος, 2011. Περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα, 470 σελ.
- Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. & Webb D.A. (ed.), 1968-1980. Flora Europaea. Vol. II, V., Cambridge.
- Wigley, T.M.L., Briffa, K.R., Jones, P.D., 1984. On the average value of correlated time-series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. J. Clim Appl Meteorol 23, 201–213.

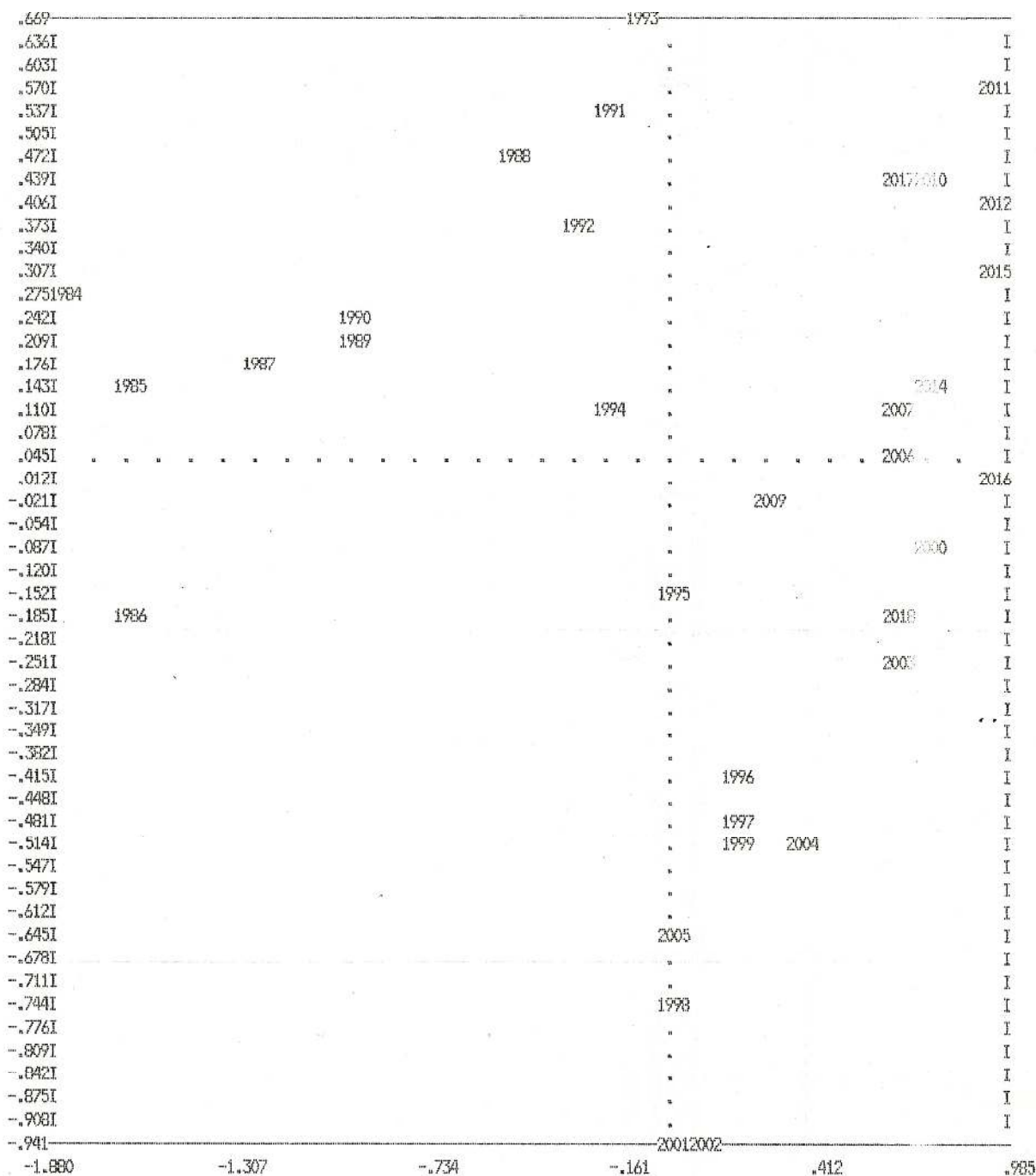
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες των χρονοσειρών της μαύρης πεύκης και ελάτης

Διάγραμμα αξόνων 1 και 2 της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες των χρονοσειρών της
μαύρης πεύκης

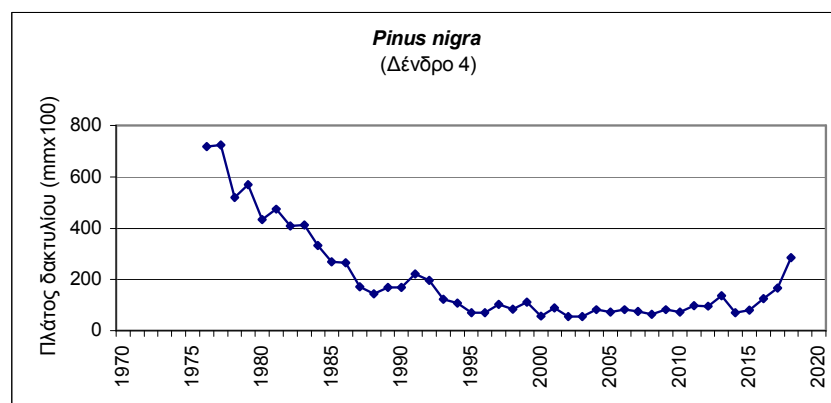
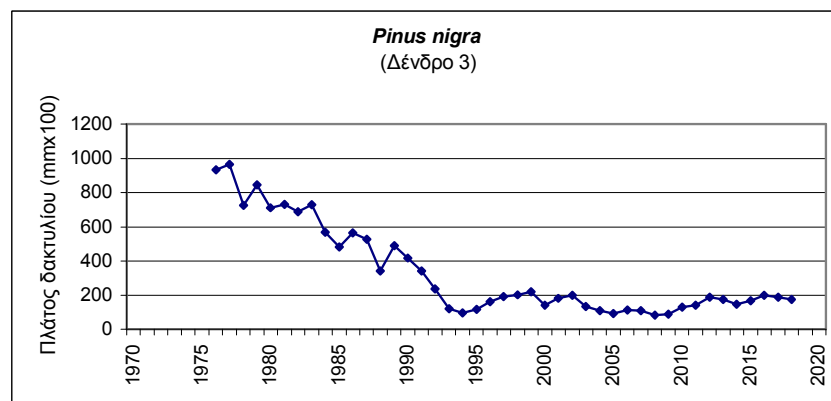
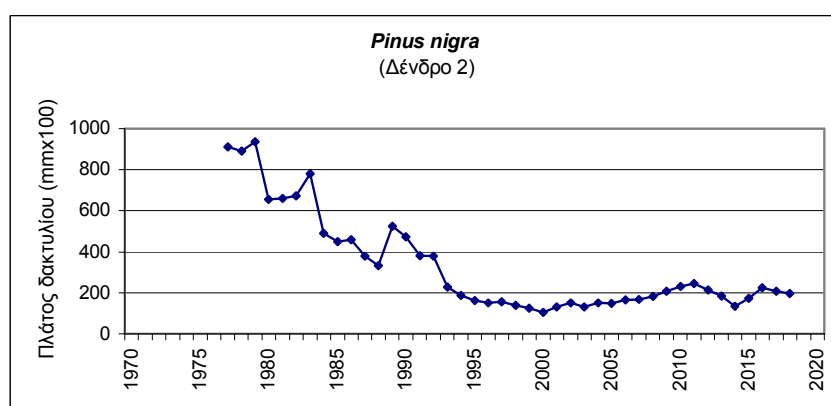
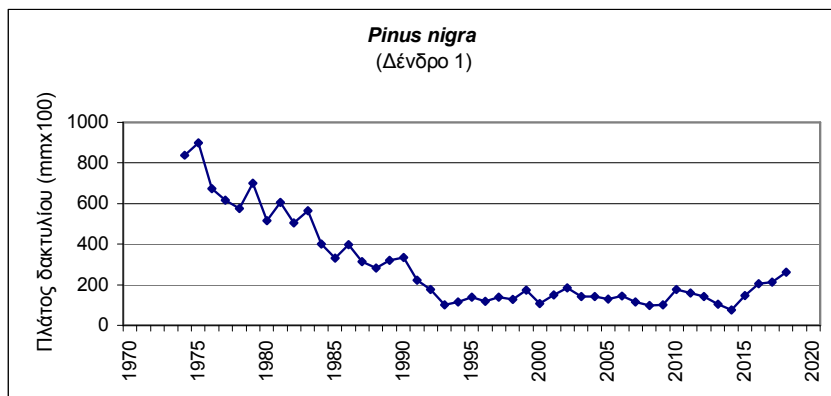


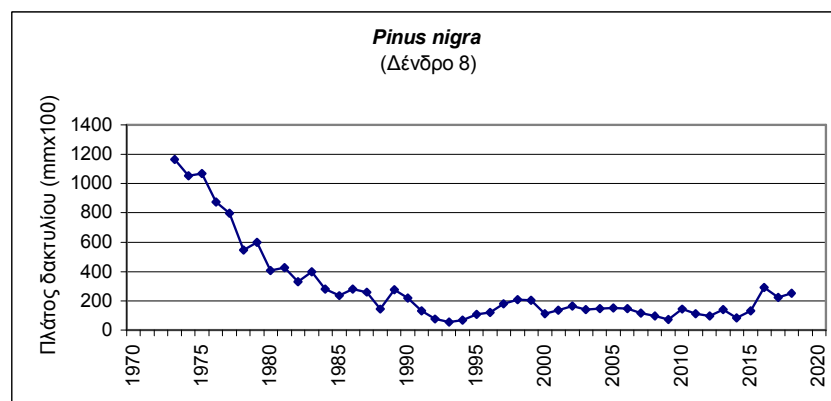
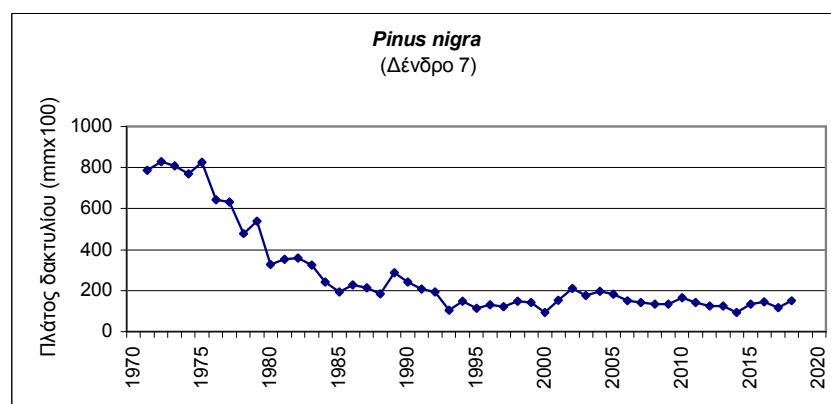
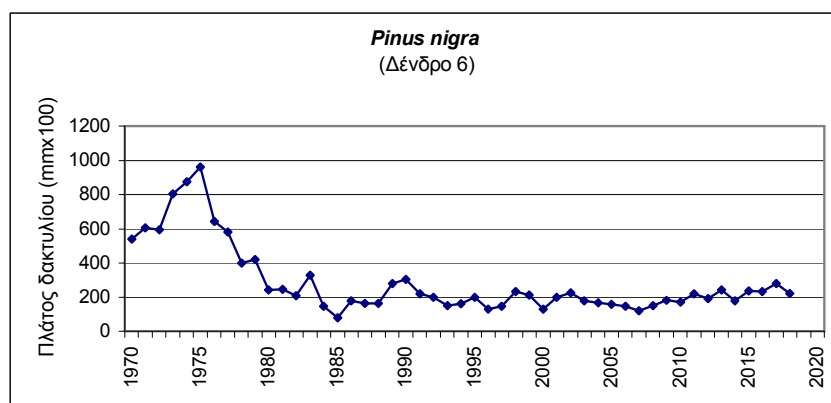
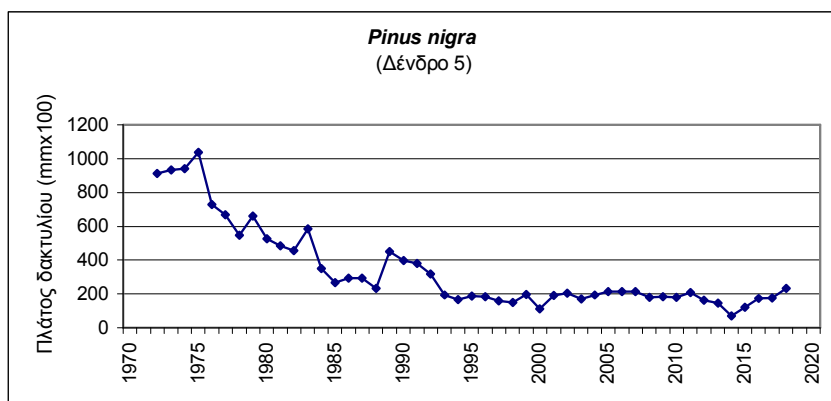
Διάγραμμα αξόνων 1 και 2 της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες των χρονοσειρών της
ελάτης

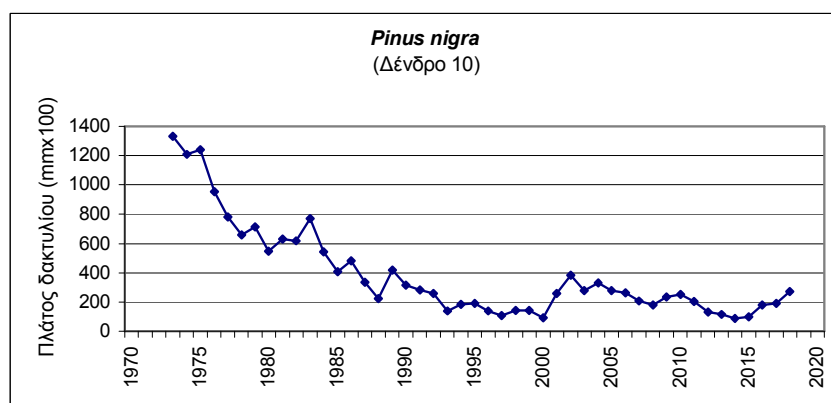
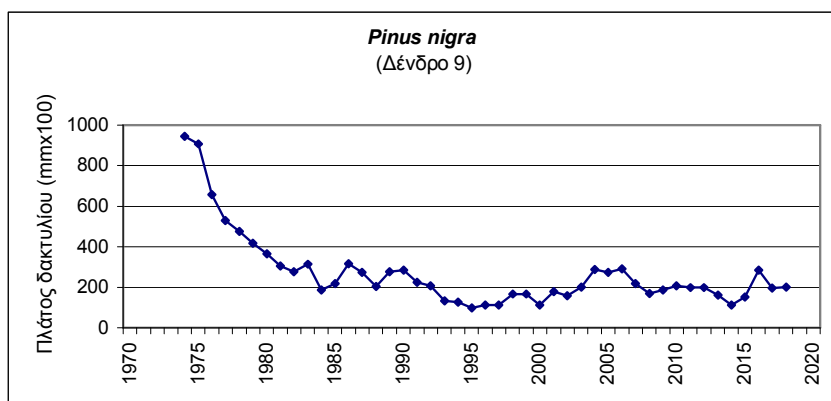


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**Καμπύλες πλατών ετησίων δακτυλίων ανά δένδρο**

Ζωντανά δένδρα







Νεκρά δένδρα

