

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Η Αναγέννηση στον Οικότονο *Pinus brutia* – *Cedrus brevifolia* μετά από Φαινόμενα Θνησιμότητας των Κέδρων στο Δάσος Πάφου

Γρηγόρης Ασπρομάλλης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Μάιος, 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Η Αναγέννηση στον Οικότονο *Pinus brutia* – *Cedrus brevifolia* μετά από Φαινόμενα Θνησιμότητας των Κέδρων στο Δάσος Πάφου

Γρηγόρης Ασπρομάλλης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών Στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος, 2017

Περίληψη

Οι συνέπειες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, όπως αύξηση της θερμοκρασίας, μείωση βροχοπτώσεων, αύξηση περιόδων ξηρασίας αναμένεται να έχουν ιδιαίτερα αρνητική επίπτωση στις χώρες της Μεσογείου. Τα διάφορα οικοσυστήματα της Νότιο-Ανατολικής Μεσογείου, και ιδιαίτερα της Κύπρου, δέχονται ήδη μεγάλη πίεση από την ένταση της ξηρασίας, που έχει ως αποτέλεσμα την ξήρανση δασικών δέντρων. Μετά από τις ξηράνσεις των δασικών δέντρων, ορισμένα είδη ολοκληρώνουν την αναγέννηση σε ταχύτερο βαθμό από τα είδη που ξηράθηκαν, εξαιτίας του γεγονότος ότι μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα σε συνθήκες ξηρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετατόπιση ειδών καλύτερα προσαρμοσμένων στην ξηρασία σε βιοτόπους με μεγαλύτερα υψόμετρα, εκτοπίζοντας με αυτό τον τρόπο άλλα είδη. Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε η δυναμική της αναγέννησης στον οικότονο *Pinus brutia* – *Cedrus brevifolia* μετά από φαινόμενα θνησιμότητας των κέδρων στο Δάσος Πάφου μέσα από 50 δειγματοληπτικές επιφάνειες με νεκρά κέδρα. Οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για την αναγέννηση της *Cedrus brevifolia* βρέθηκαν σε μεγαλύτερα υψόμετρα, όπου τα ποσοστά υγρασίας στο έδαφος είναι μεγαλύτερα και οι θερμοκρασίες χαμηλότερες. Σε αυτές τις θέσεις η πυκνότητα των συστάδων των κέδρων και η πυκνότητα του υπο-ορόφου είναι μεγαλύτερες χωρίς να εμποδίζουν την αναγέννηση, αν και επηρεάζουν την παραγωγικότητα των δενδρυλλίων κέδρου, ίσως λόγω φωτοσκίασης. Αντίθετα στις περιοχές που υπάρχει μειωμένη υγρασία στο έδαφος η αναγέννηση του *Cedrus brevifolia* δεν ευνοείται, καθώς το ύψος των νεκρών ατόμων και ο αριθμός των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερα. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται αυξημένη στηθιαία διάμετρος και ύψος δενδρυλλίων *Pinus brutia*. Συνεπώς, η *Pinus brutia* φαίνεται να είναι περισσότερο παραγωγική στις πιο ξερικές συνθήκες του δάσους και μάλιστα όσο περισσότερο αυξάνεται το ποσοστό εδαφοκάλυψης της *Cistus creticus*. Η επέκταση της *Pinus brutia* εντός του οικότονου φαίνεται να ξεκίνησε από τους πιο ανοικτούς βιοτόπους και συνεχίζεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Μάλιστα όσο μεγαλώνει το υψόμετρο, ο αριθμός των δενδρυλλίων τραχείας πεύκης αυξάνεται. Αν τις επόμενες δεκαετίες το κλίμα γίνει ακόμη ξηρότερο η τάση αυτή αναμένεται να ενισχυθεί περιορίζοντας ακόμη περισσότερο την εξάπλωση του ενδημικού κέδρου της Κύπρου στην περιοχή Τριπύλου του Δάσους Πάφου καλώντας στην λήψη άμεσων μέτρων διαχείρισης για τον περιορισμό του φαινομένου.

Summary

The consequences of global climate change, such as warming, rainfall decline and droughts, are expected to have a particularly negative impact on the Mediterranean countries. The various ecosystems of the South-Eastern Mediterranean, and especially of Cyprus, are already under great pressure from the increase in drought intensity causing die-off of forest trees. Following the desiccation of forest trees, some species complete their regeneration at a faster rate due to the fact that they can better adapt to drought conditions. This leads to the shift in the distribution of species more drought-adapted to higher altitudes, thus displacing other species. In this thesis, the dynamics of regeneration at the ecotone of *Pinus brutia* - *Cedrus brevifolia* were examined after cedar die-off events in Pafos Forest, through 50 dead cedar sampling plots. The most favorable conditions for the regeneration of *Cedrus brevifolia* within these plots were found at higher altitudes, where the moisture content in the soil is higher and the temperatures are lower. At these locations the density of the cedar stands and the density of the sub-floor vegetation, although greater, do not appear to prevent cedar regeneration, although they affect the productivity of cedar saplings, perhaps due to shading. In contrast, in areas with reduced soil moisture, the regeneration of *Cedrus brevifolia* is not favored, with the height of dead cedars and the number of their seedlings being lower. At these locations there is an increase in diameter and height of *Pinus brutia* seedlings. Consequently, *Pinus brutia* seems to be more productive in the driest locations of the forest, especially as the abundance of *Cistus creticus* increases. The expansion of *Pinus brutia* within the ecotone appears to have started from the most open biotopes and continues at higher altitudes. In fact as altitude increases the number of *P. brutia* seedlings increases. If in the coming decades climate becomes even drier, this trend is expected to strengthen further, restricting the distribution of the endemic cedar of Cyprus in the Tripylos area of Pafos Forest, calling for immediate management measures to mitigate the phenomenon.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» της Σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Με την ολοκλήρωση της διατριβής, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τα άτομα που με βοήθησαν καθ' όλη της διάρκειας συγγραφής της παρούσας διατριβής.

Καταρχήν, οφείλω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Δημήτριο Σαρρή για την επιστημονική καθοδήγηση, τη βοήθεια και τη συμπαράσταση που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα. Οι γνώσεις που μου μετάδωσε καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της διατριβής μου θα με βοηθήσουν στην επαγγελματική μου καριέρα, αλλά και στη ζωή μου γενικότερα.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου τόσο στον συντονιστή, κ. Ιωάννη Βογιατζάκη, όσο και στον ακαδημαϊκό υπεύθυνο του υφιστάμενου μεταπτυχιακού προγράμματος κ. Αντώνη Ζορπά.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στο Διευθυντή του Τμήματος Δασών για τη δυνατότητα που μου παρείχε να χρησιμοποιήσω στοιχεία του Τμήματος Δασών για πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στους υπαλλήλους του Τμήματος Δασών που εργάζονται στον Τομέα Γαιών, Χωρομετρίας και Επέκτασης, και στον Τομέα Διαχείρισης και Μηχανογράφησης για τις πληροφορίες που πήρα σε υλικό και σε χάρτες.

Τέλος προσωπική αναφορά και ευχαριστίες θέλω να μεταφέρω στην οικογένεια μου αφού, χωρίς τη δική τους ηθική στήριξη και συμπαράσταση δεν θα κατόρθωνα να ολοκληρώσω την παρούσα διατριβή και τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

Περιεχόμενα

Περίληψη	ii
Summary	iii
Ευχαριστίες	iv
Κεφάλαιο Πρώτο	1
Εισαγωγή	1
1.1 Κλιματική αλλαγή και δασικά οικοσυστήματα	1
1.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο και τα δάση της	2
1.3 Ερημοποίηση	3
1.4 Το πρόβλημα των δασικών ξηράνσεων στην Μεσόγειο και στην Κύπρο	4
1.5 Στόχοι και σημασία της μελέτης	5
Κεφάλαιο Δεύτερο	6
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
2.1 Κλιματική αλλαγή και η σχέση της με τα δάση	6
2.2 Αιτίες δασικής θνησιμότητας απόρροια της κλιματικής αλλαγής	8
2.3 Περίοδοι ξηρασίας και η διασύνδεσή τους με φαινόμενα θνησιμότητας	9
2.4 Το πρόβλημα της δασικής θνησιμότητας στη Μεσόγειο υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής	11
2.5 Περίοδοι ξηρασίας και φαινόμενα θνησιμότητας στην Κύπρο	14
2.6 Αναγέννηση μετά από θνησιμότητα και καταστροφές	17
2.7 Θνησιμότητα και ανταγωνισμός	19
2.8 Οικότονος	20
Κεφάλαιο Τρίτο	23
Μεθοδολογία	23
3.1 Εισαγωγή	23
3.2 Περιοχή μελέτης	25
3.3 Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας	31
3.3.1 Λήψη στοιχείων από τις δειγματοληπτικές επιφάνειες (ΔΕ)	31

Γενικά Στοιχεία (περιγραφικά στοιχεία της ΔΕ).....	31
3.4 Επιλογή δεικτών παρακολούθησης και μέθοδος καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων	33
3.5 Φωτογραφική τεκμηρίωση	38
3.6 Μέθοδος ανάλυσης αποτελεσμάτων	41
Κεφάλαιο Τέταρτο	42
Αποτελέσματα	42
Κεφάλαιο Πέμπτο	74
Συζήτηση –Συμπεράσματα - Εισηγήσεις.....	74
Συζήτηση	74
Επιδράσεις των Αβιοτικών Παραγόντων.....	74
Επιδράσεις των Βιοτικών Παραγόντων.....	78
Περιορισμοί μελέτης.....	80
Συμπεράσματα.....	81
Εισηγήσεις	82
Παράρτημα Α	83
Έντυπο Συλλογής Στοιχείων Υπαίθρου	83
Βιβλιογραφία	87
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	87
Ελληνική βιβλιογραφία	96

Κεφάλαιο Πρώτο

Εισαγωγή

1.1 Κλιματική αλλαγή και δασικά οικοσυστήματα

Οι κλιματικές αλλαγές είναι ολοένα και πιο εμφανείς σε παγκόσμιο επίπεδο μέσα από την αύξηση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, την αύξηση στις θερμοκρασίες των ωκεανών, την αύξηση στο λιώσιμο των πάγων που έχει και ως συνέπεια την αύξηση της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας. Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται άμεσα ή έμμεσα στις ανθρώπινες δραστηριότητες, και είναι γεγονός που έχει παρατηρηθεί σε διαφορετικές περιόδους, μεταβάλλοντας παγκόσμια την σύνθεση της ατμόσφαιρας.

Η αύξηση της θερμοκρασίας συναντάται σε όλο τον πλανήτη και είναι πιο έντονη στα Βορειότερα στρώματα του πλανήτη, σχεδόν κατά το διπλάσιο του μέσου παγκόσμιου όρου τα τελευταία 100 χρόνια. Από το 1961 και έπειτα παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία στους ωκεανούς αυξήθηκε σε βάθος τουλάχιστον 3000 μέτρων, ενώ οι ωκεανοί έχουν λάβει πάνω από το 80% της συνολικής θερμότητας που έχει προστεθεί στο κλιματικό σύστημα (IPCC, 2007).

Η θερμοκρασία παγκόσμια αναμένεται να αυξηθεί από 1,74 °C έως 4,8 °C μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα τέλη και αρχές του προηγούμενου αιώνα (IPCC, 2007, IPCC, 2013).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως περιβαλλοντική προτεραιότητα την διατήρηση της βιοποικιλότητας. Για να γίνει κατορθωτό να μετρηθούν όλες οι πτυχές της βιοποικιλότητας, έχουν δημιουργηθεί δείκτες βιοποικιλότητας, που λειτουργεί ως μέσο που μπορεί να δείξει την κατάσταση της βιοποικιλότητας στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010).

Τα τελευταία 30 χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ανακηρύξει 25.000 προστατευόμενες περιοχές, γνωστές ως NATURA 2000, σε όλα τα κράτη-μέλη της, κάνοντας μια σοβαρή προσπάθεια προστασίας της βιοποικιλότητας. Οι προστατευόμενες περιοχές αυτές καλύπτουν περίπου 17% της συνολικής έκτασης των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η βιοποικιλότητα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του οικοσυστήματος διότι προσφέρει σημαντικές υπηρεσίες στο οικοσύστημα όπως τους επικονιαστές στις καλλιέργειες και τα δέντρα που καθαρίζουν τον αέρα στην ατμόσφαιρα, ενώ με τα ριζικά τους συστήματα καθαρίζουν τα ύδατα (ΕΟΠ, 2010).

Εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών παρατηρούνται φαινόμενα παρατεταμένης ξηρασίας, έχοντας ως αποτέλεσμα να θέτονται σε κίνδυνο δασικά οικοσυστήματα. Οι οικολογικές διαταραχές επηρεάζουν σημαντικά τους διάφορους τύπους βλάστησης σε ένα οικοσύστημα. Η ξηρασία είναι ένας από τους τύπους διατάραξης που στην δομή του επηρεάζει και μπορεί να αλλάξει την δομή των δασών, ενώ αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο τα επόμενα χρόνια. Φαινόμενα θνησιμότητας δέντρων στα δάση έχουν παρατηρηθεί σε δάση στο Νότιο-Δυτικό μέρος των Ηνωμένων Πολιτειών, στη Νότια Αφρική, στις σαβάνες της Αυστραλίας, στα Μεσογειακού τύπου δασικά οικοσυστήματα στην Ισπανία και τη νοτιοδυτική Αυστραλία και σε εύκρατα δάση στην Παταγονία (Andrew et al., 2016).

1.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο και τα δάση της

Η συνολική έκταση των δασών στη Μεσόγειο αποτελεί το 8,5% της συνολικής έκτασης της Μεσογείου. Τα δάση της παρέχουν ποικιλία προϊόντων όπως το ξύλο, τα μη δασικά προϊόντα από ξύλο, όπως ο φελλός, οι ζωοτροφές και τα αρωματικά φυτά και τα θηράματα, τα οποία είναι σημαντικά για την κοινωνικοοικονομική ή πολιτιστική ανάπτυξη και συμβάλλουν στην ασφάλεια των τροφίμων και τη φτώχεια σε αγροτικές περιοχές.

Τα δάση της Μεσογείου όμως, αντιμετωπίζουν επίσης ένα συνδυασμό απειλών όπως οι κλιματικές αλλαγές, η γεωργική επέκταση, ο τουρισμός, η ανάπτυξη της υπαίθρου και άλλες πρακτικές χρήσης γης που συμβάλλουν στη μείωση των δασικών εκτάσεων. Το μεσογειακό δάσος θα είναι ένα από τα πιο επηρεασμένα δασικά οικοσυστήματα στο εγγύς μέλλον, καθώς οι θερμοκρασίες θα αυξηθούν και η βροχή θα μειωθεί. Επιπλέον, η περιοχή της Μεσογείου βρίσκεται αντιμέτωπη με μια σημαντική αύξηση των μακρύτερων και συχνότερων ξηρασιών και καυσαερίων, με αποτέλεσμα την αύξηση των δασικών πυρκαγιών μεγάλης κλίμακας καθώς και την αύξηση της λειψυδρίας, επηρεάζοντας τόσο τους αγροτικούς όσο και τους

αστικούς πληθυσμούς. Στο πλαίσιο αυτό, η κατανόηση της προσαρμοστικής ικανότητας και της ευπάθειας στα κλιματικά μεταβαλλόμενα δάση της Μεσογείου δεν είναι καλά αναπτυγμένη και απαιτεί πιο εστιασμένες ερευνητικές προσπάθειες (Lucas-Borja, 2013).

Τα δασικά οικοσυστήματα στη Μεσόγειο είναι τα πιο ευάλωτα από τα υπόλοιπα στην Ευρώπη, όσο αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένων την υποβάθμιση των δασών, την αύξηση στις δασικές πυρκαγιές και της απώλειας της βιοποικιλότητας. Τα δάση που διαμορφώνονται υπό το κλίμα που υπάρχει αυτή τη στιγμή, μοιάζουν πολύ με τα δάση που εξαφανίζονται όταν η ανθρώπινη διαταραχή είναι περιορισμένη. Σε συνδυασμό με τις αυξημένες θερμοκρασίες και μειωμένες βροχοπτώσεις, αναμένεται ότι τα δασικά οικοσυστήματα θα επηρεαστούν σε πολύ αρνητικό βαθμό (Henne et al., 2015).

Οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να έχουν έντονο αντίκτυπο στη σύνθεση και την ανάπτυξη των δασικών οικοσυστημάτων όπως με αύξηση ή μείωση στην ετήσια προσαύξηση τους (Lindner, 2000).

Η ελάχιστη θερμοκρασία σε μια περιοχή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον καθορισμό της διάρκειας στην αυξητική περίοδο ενός είδους. Στις βόρειες χώρες με χαμηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, αναμένεται να αυξηθούν και οι ελάχιστες θερμοκρασίες, αυξάνοντας παράλληλα και την πρωτογενή παραγωγή (Lindner et al., 2010).

Στις χώρες της Μεσογείου αναμένεται μειωμένος βαθμός παραγωγής και ρυθμός αύξησης στα οικοσυστήματα., εξαιτίας της μειωμένης υγρασίας στο έδαφος (Lindner, 2000).

1.3 Ερημοποίηση

Ερημοποίηση είναι η υποβάθμιση του ξηρού εδάφους που προκαλείται τόσο από την κλιματική μεταβλητότητα όσο και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανάλογα με τη φύση των συμβάντων όπως με φυσικούς άνεμους από σκόνη ή ζημιές από πλημμύρες που προκλήθηκαν από ανθρώπινες δραστηριότητες με αφαίρεση μεγάλης έκτασης βλάστησης.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην ερημοποίηση των οικοτόπων είναι:

- αποδάσωση (κοπή και καύση)

- απογύμνωση βλάστησης
- αποστράγγιση ρυακιών, ποταμών και λιμνών
- υπερβολική άντληση υπογείων υδάτων
- κακοδιαχείριση ή ανεξέλεγκτη χρήση των υδάτινων πόρων
- κακή διαχείριση των υδάτινων οικοσυστημάτων
- εξόρυξη, ιδίως με απογύμνωση
- υπερβόσκηση
- ανεπαρκής άρδευση

Εξαιτίας των ανθρώπινων αυτών επιδράσεων που οδηγούν στο φαινόμενο της ερημοποίησης αυξάνονται οι εκπομπές CO₂, αυξάνονται τόσο οι θερμοκρασίες όσο και τα ποσοστά εξάτμισης, ενώ μειώνονται τα ποσοστά υγρασίας και η δυνατότητα κατακράτησης της στην επιφάνεια της γης. Επιπρόσθετα, μειώνεται η ποικιλομορφία των ειδών και η μετακίνηση οικοσυστημάτων γίνεται εξαιτίας της λιγότερης γονιμότητας του εδάφους (Lewis, 2016).

1.4 Το πρόβλημα των δασικών ξηράνσεων στην Μεσόγειο και στην Κύπρο

Η ξηρασία αποτελεί ένα από τα ακραία κλιματικά φαινόμενα και στην περιοχή που επικρατεί υπάρχουν αυξομειώσεις στην ποσότητα της βροχόπτωσης σε διάφορες χρονικές περιόδους. Όταν επικρατεί περίοδος ξηρασίας σε μια περιοχή, σε άλλη επικρατούν άλλα ακραία φαινόμενα όπως πλημμύρες. Η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που εμφανίζεται μόνιμα και είναι διαφορετικό από ένα ξηρό κλίμα σε μια περιοχή, αφού περιοχές με ξηρό κλίμα δέχονται έστω μικρή ποσότητα βροχόπτωσης, σε αντίθεση με το φαινόμενο ξηρασίας που είναι σε πιο μόνιμη βάση. Επιπρόσθετα, η ξηρασία μπορεί να επιφέρει σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο (Μπαλούτσος, και άλλοι, 2010).

Στις Μεσογειακές χώρες αναμένεται να μειωθεί η παραγωγικότητα λόγω της έντονα

αυξημένης ξηρασίας και της αύξησης του κινδύνου έκρηξης πυρκαγιάς (Linder et al., 2010). Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή επηρεάζει ήδη τη σύνθεση, τη δομή και τη διανομή των δασικών οικοσυστημάτων αρνητικά (Hernández et al., 2014).

Οι παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, με την συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, θα επιδεινώσουν περαιτέρω τον κίνδυνο έκρηξης πυρκαγιάς και μπορεί να οδηγήσουν σε μετατόπιση ειδών σε μεγαλύτερα υψόμετρα, εκτοπίζοντας άλλα και να κυριαρχήσουν αυτά που αντέχουν στη ξηρασία (Moser et al., 2010)

1.5 Στόχοι και σημασία της μελέτης

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στις Μεσογειακές χώρες να οδηγήσει σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας. Ως αποτέλεσμα αναμένεται να παρατηρηθούν φαινόμενα μετανάστευσης ορισμένων φυτικών ειδών εξαιτίας του ότι δεν μπορούν να προσαρμοστούν στις νέες ξηρότερες κλιματικές συνθήκες που θα υπάρχουν στην περιοχή που ευδοκίμουν κατά τον 20 αιώνα. Συνεπώς η εξάπλωσή τους τον 21^ο αιώνα θα μετατοπιστεί σε μεγαλύτερο υψόμετρο και γεωγραφικό πλάτος ακολουθώντας την τάση μετακίνησης των κλιματικών ζωνών.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να εξετάσει στον οικότονο που δημιουργείται στη ζώνη επαφής των *Cedrus brevifolia* (κυπριακό κέδρο) και *Pinus brutia* (Τραχεία πεύκη), στην περιοχή Τριπύλου του Δάσους της Πάφου πως επηρεάζεται η αναγέννηση του *Cedrus brevifolia* μετά από φαινόμενα θνησιμότητας από τους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες που επικρατούν στην περιοχή, και αν υπάρχει επέκταση του πιο ξηροανθεκτικού *Pinus brutia* στις ζώνες όπου εμφανίστηκε θνησιμότητα του *Cedrus brevifolia*.

Κεφάλαιο Δεύτερο

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Κλιματική αλλαγή και η σχέση της με τα δάση

Η βιομηχανική επανάσταση του δέκατου ένατου αιώνα έχει αυξήσει σημαντικά το βιοτικό επίπεδο σε πολλές χώρες, αλλά ταυτόχρονα έχει ρυπανθεί η γη σε πρωτοφανή βαθμό. Η ρύπανση αυτή αλλάζει το πρόσωπο της γης και το κλίμα της σε απρόβλεπτο ρυθμό. Αν δεν ελεγχθεί η αλλαγή στο κλίμα ολόκληρος ο πολιτισμός κινδυνεύει. Όλο και περισσότερη ενέργεια απαιτείται για τις βιομηχανίες, και τα μέσα επικοινωνίας και μεταφοράς. Με τον ρυθμό χρήσης των φυσικών πηγών ενέργειας θα έχει ως αποτέλεσμα να εξαντληθούν, προκαλώντας ανεπανόρθωτες κλιματικές αλλαγές. Επομένως, είναι απαραίτητο να βρεθούν ασφαλέστεροι μέθοδοι παραγωγής ενέργειας και να μειωθούν ή να εξαλειφθούν οι πηγές ρύπανσης (Hodgson, 2010).

Η 21η διάσκεψη του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή που έγινε το 2015, αποτέλεσε σημαντικό μέρος των διεθνών προσπαθειών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Τις τελευταίες δεκαετίες, η διεθνής κοινότητα συνεργάζεται για να κατανοήσει καλύτερα την έκταση της κλιματικής αλλαγής και ποιες ενέργειες απαιτούνται για την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής (Li, 2016).

Είναι πλέον αναπόφευκτο ότι οι παγκόσμιες κλιματικές συνθήκες θα συνεχίσουν να αλλάζουν ως συνέπεια τόσο των προηγούμενων όσο και των μελλοντικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Pryor, 2013). Οι συνεχιζόμενες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου πάνω από τις τρέχουσες τιμές θα προκαλέσουν περαιτέρω υπερθέρμανση στον πλανήτη προκαλώντας πολλές αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα, οι οποίες πιθανότατα θα ήταν μεγαλύτερες από αυτές που παρατηρήθηκαν κατά τον 20ό αιώνα (Solomon et al., 2007).

Στοιχεία από διάφορες περιοχές του πλανήτη και τους περισσότερους ωκεανούς δείχνουν ότι πολλά φυσικά οικοσυστήματα επηρεάζονται από τις κλιματικές αλλαγές, ιδιαίτερα από την αύξηση της θερμοκρασίας (Parry et al. 2007).

Η θερμοκρασία παγκόσμια έχει αυξηθεί τα τελευταία 50 χρόνια, κυρίως λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η παγκόσμια θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά 1,4 έως 5,8 °C, με αρνητικές συνέπειες όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και αλλαγές όσο αφορά την ποσότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων. Επιπρόσθετα μπορεί να εκδηλώνονται ακραία φαινόμενα όπως πλημμύρες, ξηρασία, καύσινα, τυφώνες, κυκλώνες και τσουνάμι (Singh, 2011). Σημαντικό ακόμα είναι ότι τα δασικά τοπία επηρεάζονται αρνητικά από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής (Pinto et al., 2014).

Οι κλιματικές συνθήκες στη γη μεταβάλλονται συνεχώς υπό την επήρεια μιας σειράς φυσικών δυνάμεων. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, παρατηρήθηκαν σημαντικές και ταχείες αλλαγές στα κλιματικά πρότυπα παγκοσμίως που καθοδηγούνται από την υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες εκπέμπουν αέρια που παγιδεύουν θερμότητα, γνωστά ως αέρια του θερμοκηπίου. Η υπερθέρμανση του πλανήτη συνδέεται με την αυξημένη μεταβλητότητα του κλίματος και κατά συνέπεια με την αυξημένη συχνότητα ακραίων γεγονότων, όπως είναι τα κύματα καύσινα, οι σοβαρές ξηρασίες και οι έντονες καταιγίδες, και συνδέεται επίσης με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Οι κλιματικές αλλαγές και η αυξημένη μεταβλητότητα του κλίματος αναμένεται να έχουν ευρύτατες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για τη διαχείριση των δασών, η προσαρμογή και η άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής απαιτεί σημαντικές προσαρμογές στις πρακτικές διαχείρισης (FAO, 2013).

Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής παρατηρούνται ξηράνσεις σε δέντρα και η εγκατάσταση φυτών με ξηρανθεκτικές ικανότητες κρίνεται αναγκαία (Zhang and Zhao, 2017a).

Εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών και της δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου, η μέση ετήσια θερμοκρασία παγκόσμια προβλέπεται να αυξηθεί από 3° έως 4°C, ενώ στις Μεσογειακές χώρες κατά την περίοδο 2071-2100, η μέση ετήσια βροχόπτωση θα μειωθεί μέχρι και 20% από ότι ήταν την περίοδο 1961-1990, και σε κάποιες περιπτώσεις η μείωση θα φτάνει το 30%. Η μείωση αυτή στην ετήσια βροχόπτωση, αλλά και στη μείωση των συνεχόμενων ημερών χωρίς βροχόπτωση, αναμένεται να επηρεάσει και άλλες χώρες στη Νότια αλλά και Κεντρική Ευρώπη αυξάνοντας σημαντικά τον κίνδυνο ξηρασίας (Tebaldi et al, 2006).

Τα δασικά οικοσυστήματα επηρεάζονται σημαντικά από τις κλιματικές αλλαγές, καθιστώντας τα περισσότερο ευαίσθητα σε παράσιτα αλλά και δασικές πυρκαγιές. Επιπρόσθετα υπάρχει και

μεταβολή με ταχύτερους ρυθμούς στις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία και ποσότητα βροχόπτωσης, από ότι τα οικοσυστήματα μπορούν να προσαρμοστούν και να ανταπεξέλθουν (Lac et al., 2014).

Οι κλιματικές αλλαγές που συμβαίνουν σε όλο τον κόσμο αποτελούν μεγάλη απειλή για τη βιοποικιλότητα πολλών οργανισμών που επηρεάζουν τη γεωργία και την υγεία των ανθρώπων (Saadat et al, 2016). Η αλλαγή του κλίματος αναμένεται να οδηγήσει σε αυξημένη θνησιμότητα των δένδρων μέσω ξηρασίας, θερμικού στρες και επιθέσεις από έντομα, με πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα (Anderegg et al, 2015).

Η απώλεια της βιοποικιλότητας αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα σχεδόν σε όλα τα οικοσυστήματα στον πλανήτη. Η απώλεια αυτή επιταχύνεται από τις κλιματικές αλλαγές, καθώς και από άλλα αίτια όπως γεωργικές δραστηριότητες και υποβάθμιση του εδάφους η οποία προκαλείται από τις αλλαγές στη χρήση γης (Chiabai, 2015).

2.2 Αιτίες δασικής θνησιμότητας απόρροια της κλιματικής αλλαγής

Η θνησιμότητα δέντρων στα δάση συνδέεται άμεσα με τα φαινόμενα ξηρασίας σε μια περιοχή, και σε κάποιες άλλες περιπτώσεις σε βιοτικούς παράγοντες όπως έντομα και παθογόνα (Das et al, 2016).

Σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο, η θνησιμότητα των δένδρων συσχετίζεται με την πρωτογενή παραγωγικότητα των δασών. Ο ανταγωνισμός τόσο κατά μήκος των εδαφικών κλίσεων, όσο και μεταξύ των ειδών επηρεάζει και μπορεί να αυξήσει την θνησιμότητα (Stephenson et al, 2011).

Η θνησιμότητα των δένδρων λόγω ξηρασίας, μεταβάλλει ταχέως τη σύνθεση, τη δομή και τη λειτουργία των δασικών οικοσυστημάτων, και αναμένεται να αυξηθεί ολόένα και περισσότερο καθώς εντατικοποιούνται οι κλιματικές αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Η αύξηση της συχνότητας ξηρασίας ο τύπος της κλιματικής αλλαγής μπορεί να προκαλέσει αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας των δένδρων αλλά και της συχνότητας εμφάνισης τους. Επιπρόσθετα, το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει διαταράξεις μεταξύ των ειδών καθώς μερικά είδη φυτών μπορεί να μετατοπιστούν (Wang et al, 2012).

Τεράστια αποδυνάμωση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ξήρανση των δέντρων, των κωνοφόρων δασών προκαλείται από ασθένειες, τη σήψη των ριζών, η οποία προκαλείται λόγω της μειωμένης βιολογικής βιωσιμότητας των κωνοφόρων δέντρων. Η αποδυνάμωση αυτή προέρχεται από ένα συνδυασμό διαφόρων κλιματικών αλλαγών και ορισμένων εδαφικών συνθηκών που είναι ευνοϊκές για τους παθογόνους οργανισμούς (Pavlon, 2015).

Για της διερεύνηση των δασικών οικοσυστημάτων υπό την απειλή των κλιματικών αλλαγών, απαιτείται ανάπτυξη ενός άμεσου και αποτελεσματικού συστήματος ανίχνευσης των επιπτώσεων των παραγόντων πίεσης που δέχονται τα δέντρα, όπως οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, οι συνθήκες ξηρασίας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Στα τρέχοντα Ευρωπαϊκά προγράμματα παρακολούθησης, η κατάσταση υγείας των δένδρων αξιολογείται οπτικά, όπως ότι η ενισχυμένη αποφύλλωση της κόμης των δέντρων συνεπάγεται διαταραχές και μειωμένη ανάπτυξη των δένδρων (Bussotti et al, 2017).

Πρόσφατες μελέτες στις Η.Π.Α. έδειξαν ότι η αύξηση της ξηρασίας ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να επιδεινώσει τη θνησιμότητα των δένδρων. Οι ασυνήθιστα θερμές και ξηρές συνθήκες σχετίζονται με τα υψηλά ποσοστά θνησιμότητας των δένδρων και μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη θνησιμότητα των δένδρων κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Η θνησιμότητα των δένδρων σχετίζεται με την πυκνότητα, και μπορεί να βελτιωθεί εν μέρει με τη μείωση πυκνότητας των συστάδων. Με αυτή τη στρατηγική διαχείρισης των δασών μπορεί να οδηγήσει σε πρακτικές διαχείρισης χρησιμοποιώντας δασικά είδη ή και γονότυπους που θα μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στις νέα δεδομένα κλιματικών αλλαγών (Bradford and Bell, 2017).

2.3 Περίοδοι ξηρασίας και η διασύνδεσή τους με φαινόμενα θνησιμότητας

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έχουν τροποποιήσει σημαντικά το παγκόσμιο κλίμα και θα συνεχίσουν να το κάνουν στο μέλλον. Η αύξηση της συχνότητας, της διάρκειας ή της σοβαρότητας της ξηρασίας και του θερμικού στρες που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να μεταβάλει θεμελιωδώς τη σύνθεση, τη δομή και τη βιογεωγραφία των δασών σε πολλές περιοχές. Ιδιαίτερα ανησυχητικές είναι οι πιθανές αυξήσεις της θνησιμότητας των δένδρων που συνδέονται με το φυσιολογικό στρες που προκαλείται από το κλίμα και τις αλληλεπιδράσεις με άλλες διαδικασίες που προκαλούνται από το κλίμα, όπως προσβολές από

έντομα και πυρκαγιές. Παγκόσμια, τα πρόσφατα φαινόμενα θνησιμότητας των δένδρων, αποδίδονται στην ξηρασία και το και στην αύξηση της θερμοκρασίας. Τα δάση μπορεί να γίνουν όλο και πιο ευάλωτα σε υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας των δένδρων και να υπάρξουν μεγάλα ποσοστά θνησιμότητας, ακόμα και σε περιοχές που δεν υπάρχει περιορισμένη ποσότητα βροχόπτωσης ή υγρασίας (Allen et al, 2010).

Υπάρχουν έξι «αλήθειες» σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές, τη ξηρασία και τη θνησιμότητα και είναι οι εξής:

- Οι ξηρασίες συμβαίνουν παντού
- Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί θερμότερες περιόδους ξηρασίας
- Η ζήτηση για υγρασία δεν αυξάνεται μη γραμμικά με τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας
- Τα φαινόμενα θνησιμότητας συμβαίνουν νωρίτερα σε περιόδους εντονότερης ξηρασίας
- Οι μικρότερης διάρκειας ξηρασίες συμβαίνουν συχνότερα από τις ξηρασίες που έχουν μεγαλύτερη διάρκεια
- Τα φαινόμενα θνησιμότητας συμβαίνουν σε ταχύτερο βαθμό από τα περιθώρια που μπορούν τα δάση να ανακάμψουν από φαινόμενα ξηρασίας και θνησιμότητας (Allen et al. 2015).

Η κατάσταση των υδάτινων πόρων εξαρτάται από ανθρώπινες και φυσικές δραστηριότητες και διαδικασίες. Τα φαινόμενα ξηρασίας προκαλούνται με συνδυασμό από διάφορες κλιματικές αλλαγές και ανωμαλίες, ανθρώπινες δραστηριότητες και αλλαγές στην χρήση γης (Van Loon et al, 2016).

Η ικανότητα ανθεκτικότητας των δασών στη ξηρασία εξαρτάται από τη δομή της αντοχής των δασών. Ένα δάσος με υψηλή ανθεκτικότητα στη ξηρασία μπορεί να ανταπεξέλθει έναντι στην κλιματική αλλαγή. Οι εξαιρετικά ξηρές συνθήκες επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη των δένδρων κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, μειώνοντας την επιβίωση τους, και μετά την ξηρασία την τελευταία δεκαετία. Είναι αμφίβολο κατά πόσο η λειτουργία και η δομή των δασών θα ανακάμψουν από τις επιπτώσεις της ξηρασίας, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν υπό τις συνθήκες υπερθέρμανσης του πλανήτη (Madrigal-González et al, 2017).

Οι κλιματολογικές συνθήκες έχουν τον κύριο λόγο, όσο αφορά την ανθεκτικότητα της ανάπτυξης μεταξύ των δασών. Τα δάση που βρίσκονται στις πιο ξηρές περιοχές είναι πιο ευάλωτα σε μελλοντικές ξηρασίες. Η μείωση της αύξησης λόγω ξηρασίας, είναι ένα φαινόμενο

που εμφανίζεται ευρέως στα δάση που αναπτύσσονται σε περιοχές που υπόκεινται σε ελλείψεις νερού, όπως στις Μεσογειακές χώρες. Η αντίδραση των δέντρων στην ξηρασία εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Εάν οι ξηρασίες γίνουν πιο σοβαρές και συχνές, όπως προβλέπεται στην περιοχή της Μεσογείου όπου προβλέπεται αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, τα δέντρα στις ξηρότερες περιοχές θα γίνουν περισσότερο ευαίσθητα στη ξηρασία (Gazol et al, 2017a). Στα ημίξηρα εδάφη της Μεσογείου, η διαθεσιμότητα υδάτων είναι πολύ περιοριστικός παράγοντας, επηρεάζοντας αρνητικά και υποβαθμίζοντας την οργανική ύλη (Franco-Andreu et al, 2017).

Οι κλιματικές αλλαγές, η αλλαγή της ατμοσφαιρικής σύνθεσης, η εγκατάλειψη της γης σε ορισμένες περιοχές και η εντατικοποίηση της χρήσης γης σε άλλες, οι δασικές πυρκαγιές και οι βιολογικές επιδρομές απειλούν δάση και βοσκοτόπια σε όλο τον κόσμο. Η ξηρασία και αλλαγές στη χρήση γης, μεταξύ άλλων, μεταβάλλουν τους υδάτινους πόρους και οδηγούν σε υποβάθμιση της γης, μειώνεται η αναγέννηση της βλάστησης και επεκτείνονται οι δασικές ασθένειες. Οι προαναφερθέντες παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του κινδύνου έκρηξης δασικών πυρκαγιών και βιολογικών εισβολών (Doblas-Miranda et al, 2017).

Η ξηρασία προκαλεί θνησιμότητα στα δάση τα τελευταία χρόνια. Δεδομένης της συχνότητας των φαινομένων ξηρασίας που αναμένονται να αυξηθούν στο μέλλον, η αντίδραση των φυτών στη σοβαρή ξηρασία επηρεάζει τις λειτουργικές, φυσιολογικές, δομικές και δημογραφικές ιδιότητες των δασικών οικοσυστημάτων (Assal et al, 2016).

Η θνησιμότητα δέντρων που προκαλείται από τη ξηρασία, και η επακόλουθη αντικατάσταση κάποιων ειδών από άλλα, μπορεί να τροποποιήσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τελικά να επηρεάσει και την αποσύνθεση ξηρής ύλης στο δάσος. Η θνησιμότητα μπορεί να έχει μεγάλες επιπτώσεις στη λειτουργία των δασών, ιδιαίτερα εάν η επιδείνωση της ξηρασίας ενταθεί τις επόμενες δεκαετίες (Barba et al, 2016).

Τα φαινόμενα θνησιμότητας που σχετίζονται με την ξηρασία και τη θερμότητα σημειώθηκαν πρόσφατα σε ολόκληρο τον πλανήτη, έχουν προκαλέσει ανησυχία ότι οι συνακόλουθες αλλαγές στο μικροκλίμα μπορεί να έχει ως επακόλουθο την εύκολη έναρξη δασικών πυρκαγιών (Ruthrof et al, 2016).

2.4 Το πρόβλημα της δασικής θνησιμότητας στη Μεσόγειο υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής

Η περιοχή της Μεσογείου παρουσιάζει συγκεκριμένα κλιματολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά που καθορίζονται από τη γεωγραφική θέση και τη μορφολογία του εδάφους. Η ποικιλία και η ποικιλομορφία αποτελούν τα κύρια χαρακτηριστικά, τα οποία αντικατοπτρίζονται πλήρως από την υψηλή βιοποικιλότητα, από έναν μεγάλο αριθμό ενδημικών και από τις πολλαπλές λειτουργίες που προσφέρουν τα δάση. Σήμερα, η δασική κάλυψη είναι το αποτέλεσμα ισχυρών αλληλεπιδράσεων μεταξύ αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνέβαλαν στη μετατροπή και διαμόρφωση των δασικών τοπίων, οι οποίες οδηγούν σε υποβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων. Στις Μεσογειακές περιοχές παρατηρούνται ποικίλα χαρακτηριστικά δασών όσον αφορά την κάλυψη, τις τάσεις και την ιδιοκτησία. Περίπου το 73% των Μεσογειακών δασών συγκεντρώνεται στις βόρειες υπο-περιφέρειες, οι οποίες περιέχουν επίσης σχεδόν το 79% του συνολικού όγκου ξυλείας και το 75% της συνολικής βιομάζας. Εκτός των βόρειων υποπεριφερειών, καμία χώρα δεν έχει ποσοστό κάλυψης των δασών άνω του 20%. Επιπλέον, ενώ στη βόρεια περιοχή της Μεσογείου τα δάση συνήθως επεκτείνονται, στις νοτιότερες περιοχές τα οικοσυστήματα παραμένουν πολύ εύθραυστα και ευάλωτα (Lucas-Borja, 2013).

Ο βαθμός θνησιμότητας των δένδρων συσχετίζεται σημαντικά με τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Η θνησιμότητα των δένδρων, μετά από πρόσφατες έρευνες, είναι χαμηλότερη στα τροπικά δάση με μέση ετήσια βροχόπτωση >2000 mm, ενώ σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση <1000 mm τα ποσοστά θνησιμότητας είναι αυξημένα. Τα ποσοστά θνησιμότητας ποικίλλουν μεταξύ των ειδών. Ο παγκόσμιος ετήσιος ρυθμός θνησιμότητας ήταν πολύ υψηλότερος για τα γυμνόσπερμα (7,1%), για τα αγγειόσπερμα (4,8%), τα αειθαλή (6,2%) και των φυλλοβόλα (6,1%). Η ηλικία της συστάδας και η πυκνότητα ξύλου επηρέασαν το ποσοστό θνησιμότητας. Τα νεαρά δενδρύλλια είχαν υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας (4,6%), από τα ώριμα δέντρα (3,2%), και τα ποσοστά θνησιμότητας μειώθηκαν σημαντικά με την αύξηση της πυκνότητας του ξύλου για όλα τα είδη. Έτσι η θνησιμότητα των δένδρων σε όλο τον κόσμο ποικίλλει ανάλογα με τους κλιματικούς και δασικούς παράγοντες (Zhang et al., 2017b).

Στη Νοτιοδυτική Ισπανία έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα θνησιμότητας σε δέντρα *Quercus ilex*, μετά την αύξηση στη θερμοκρασία και την ξηρασία. Ερευνήθηκε η σχέση της πορείας αύξησης των δέντρων σε σχέση με το βαθμό θνησιμότητας. Στις χρονιές πριν από το 2005 οι παράγοντες βροχόπτωσης και θερμοκρασίας επηρέαζαν την αύξηση των δέντρων θετικά, ενώ από το 2005 και έπειτα υπήρχαν ξηράνσεις δέντρων που δεν θεωρούνταν υπερώριμα. Από τη

χρονιά αυτή και έπειτα αυξήθηκαν οι ξηράνσεις εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, καθιστώντας τα δέντρα πιο ευαίσθητα στις δασικές διαχειρίσεις και παθογόνα (Natalini et al., 2016).

Τα μεσογειακά πευκοδάση απειλούνται από την αυξανόμενη ξηρασία, η οποία σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και την αλλαγή στις κλιματικές συνθήκες. Σε πρόσφατη μελέτη εξετάστηκε η θνησιμότητα δυο ειδών, του *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* και του *Pinus sylvestris*. Το *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* επηρεάζεται πολύ αρνητικά από παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, ενώ το *Pinus sylvestris* επηρεάζεται και από βραχυχρόνια ξηρασία. Ο μεγάλος κύκλος ζωής των δέντρων τα καθιστά ευαίσθητα στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, ιδιαίτερα όταν παρατηρούνται απότομες αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες και όταν τα δέντρα αναπτύσσονται κοντά στα κατώτατα όρια κλιματικής ανοχής. Σε μια σύγκριση 50 ετών ανάμεσα σε *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* και *Pinus sylvestris*, φάνηκε ότι το *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* ευνοήθηκε περισσότερο σε ψυχρές και πιο υγρές συνθήκες, σε αντίθεση με το *Pinus sylvestris* που με αυξημένη θερμοκρασία δείχνει μεγαλύτερη ανάπτυξη. Η αύξηση της θερμοκρασίας και της ξηρασίας μπορεί να δράσει διαφορετικά σε παρόμοια είδη δένδρων στις σημαντικές αλλαγές που προκαλούνται από το κλίμα στα δάση της Μεσογείου (Herguido et al., 2016).

Στην Ευρώπη έχει αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός των δέντρων που επηρεάζονται από μύκητες και προκαλεί θνησιμότητα στα δέντρα τα οποία προσβάλλονται. Οι μύκητες επηρεάζουν τις βελόνες, φθείροντας τες και προκαλούν αποφύλλωση, καθιστώντας τα δέντρα ευαίσθητα και σε άλλες ασθένειες και παράσιτα που μπορεί να προκαλέσουν θνησιμότητα (Raitelaityte et al., 2016).

Ο βαθμός θνησιμότητας είναι ένας δείκτης της δυναμικής των δασικών συστάδων. Στην Εσθονία εκτιμήθηκαν οι παράγοντες που οδηγούν στη θνησιμότητα του είδους *Betula pendula*. Εφαρμόστηκαν δασοκομικές πρακτικές με την εφαρμογή αραιώσεων, έχοντας ως αποτέλεσμα μικρότερο βαθμό θνησιμότητας μετά την εφαρμογή των αραιώσεων σε μικτές συστάδες. Οι δασοκομικές αυτές εργασίες αυξάνουν την προσαρμοστική ικανότητα των δασών στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες (Maleki and Kiviste, 2016).

Όμως, σε έρευνα μεταξύ δυο διαφορετικών τεχνικών δασών του *Pinus halepensis* με χαμηλό υψόμετρο <300 μέτρα, εκτιμήθηκε ότι οι δασοκομικές εργασίες αραιώσης του δάσους, σε ημίξηρες περιοχές, δεν προϋποθέτει την αύξηση της πιθανότητας επιβίωσης των δέντρων (Dorman et al, 2015). Η θνησιμότητα των δέντρων μπορεί να μην επηρεάζεται από την πυκνότητα στην οποία βρίσκονται. Σε πολύ ξηρές συνθήκες συστάδες με μεγαλύτερα ανοίγματα και μικρότερη πυκνότητα, η διαθέσιμη υγρασία ανά δένδρο θεωρητικά θα

μπορούσε να είναι περισσότερη. Όμως λόγω της εντονότερης ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος η διαθέσιμη αυτή υγρασία χάνεται ευκολότερα από εξάτμιση, προτού επωφεληθούν από αυτήν τα δέντρα (Dorman et al, 2015)

Σε έρευνα που έγινε σε περιοχές τεσσάρων ελληνικών νησιών σε ξηρούς οικότοπους με υψόμετρο <300 μέτρα, εξετάστηκαν στοιχεία από τη συμπεριφορά της *Pinus halepensis* και της *Pinus brutia* τους τελευταίους δυο αιώνες σε ότι αφορά τις κλιματικές συνθήκες και την αύξηση των δέντρων αυτών. Έγινε σύγκριση ανάμεσα σε περιόδους παλαιότερων χρόνων με χαμηλή αύξηση εξαιτίας χαμηλής βροχόπτωσης, και σε πρόσφατες χρονικές περιόδους με μειωμένη βροχόπτωση. Σε όλες τις περιπτώσεις η αύξηση των δέντρων ήταν ανάλογη με την ποσότητα βροχόπτωσης. Τις τελευταίες δυο δεκαετίες εντοπίστηκε η χειρότερη περίοδος των τελευταίων 200 χρόνων, όπου ήταν χαμηλή τόσο η ποσότητα βροχόπτωσης, όσο και η αύξηση στους ετήσιους δακτυλίους των δέντρων. Η θνησιμότητα των δένδρων, στις περιοχές που εξετάστηκαν, σχετίζεται με την ξηρασία στην Ελλάδα το 2000 και το 2007, και συνέπεσε με τις μεγαλύτερες και πιο σοβαρές πυρκαγιές που σημειώθηκαν στη χώρα. Λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις για περαιτέρω μείωση της ποσότητας βροχόπτωσης στη Μεσόγειο, το ποσοστό θνησιμότητας στα δέντρα, ο ρυθμός αύξησής τους, και οι ζημιές από δασικές πυρκαγιές αναμένεται να εντατικοποιηθούν σε επικίνδυνο βαθμό (Sarris et al., 2011). Σε έρευνα για τα αίτια ξήρανσης του *Pinus brutia*, εκτιμήθηκε ότι κυρίως τα αίτια είναι η χρόνια εξάντληση των βαθύτερων υδάτων (Sarris et al., 2013).

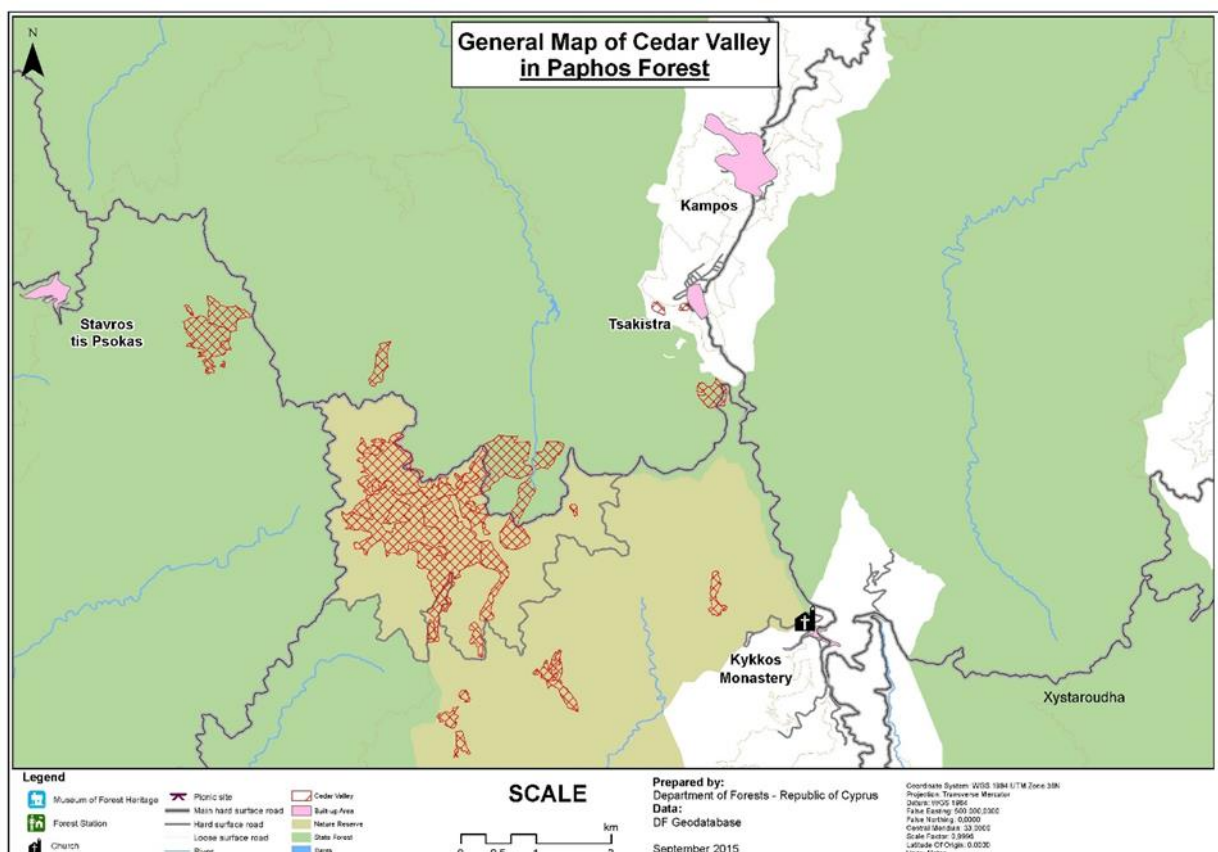
2.5 Περίοδοι ξηρασίας και φαινόμενα θνησιμότητας στην Κύπρο

Στην Κύπρο, έγινε καταγραφή των ξηράνσεων που υπήρξαν στα κυπριακά δάση από την ανομβρία και τη ξηρασία κατά το έτος 2008, αλλά και σε περασμένες χρονικές περιόδους. Από την καταγραφή διαπιστώθηκε ότι το φαινόμενο ξηράνσεων, έπληξε περισσότερο τις περιοχές Σταυροβουνίου - Κόρνου και Κόσης - Λάρνακας – Λευκωσίας. Ανθεκτικότερα στην περίοδο της ξηρασίας αυτής φάνηκε πως ήταν τα εξής είδη: *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, *Pistacia terebinthus*. Σε ορισμένες θέσεις και περιοχές ανθεκτικά φάνηκε να ήταν και η *Pinus brutia* και το *Cupressus sempervirens*. Τα φαινόμενα ξήρανσης και ανομβρίας φάνηκε πως επηρέασε 6600 εκτάρια δάσους περίπου (6,4% της έκτασης των

κρατικών δασών), ενώ σε 2 χιλιάδες εκτάρια υπήρξαν εκτεταμένες ξηράνσεις. Στα υπόλοιπα 4600 εκτάρια κρατικού δάσους υπήρχαν συμπτώματα εξασθένησης των δέντρων και θάμνων και λιγότερες ξηράνσεις. Τα κυριότερα δασικά φυτά συνολικά που επηρεάστηκαν στην Κύπρο ήταν τα εξής: *Pinus brutia*, *Cupressus sempervirens*, *Albizia julibrissin*, *Platanus orientalis*, *Alnus orientalis*, *Arbutus andrachne*, *Quercus alnifolia*, *Crataegus azarolus*.

Η πιο πάνω καταγραφή έγινε στα πλαίσια της υλοποίησης του Σχεδίου Δράσης για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ανομβρίας στα κυπριακά δάση. Σχετική ανακοίνωση από το Τμήμα Δασών αναφέρει ότι η ανάλυση και επεξεργασία των στοιχείων της καταγραφής που έγινε, αποτελούν σημαντικό εργαλείο για περαιτέρω σχεδιασμό των άμεσων διορθωτικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν στα κυπριακά δασικά οικοσυστήματα, αλλά και στην κατάρτιση ενός στρατηγικού σχεδίου για την προσαρμογή της κυπριακής δασοπονίας στις κλιματικές αλλαγές.

Στην περιοχή της κοιλάδας των Κέδρων υπήρξαν ξηράνσεις εκατό περίπου κέδρων, μεγάλα σε ηλικία, με αποτέλεσμα να μην αντέξουν στην ξηρασία και να ξηραθούν (Τμήμα Δασών, 2009).



Χάρτης 1. Εξάπλωση *Cedrus brevifolia* (Κοιλάδα των κέδρων) (Τμήμα Δασών, unpublished).

Συνοπτικά τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται πιο κάτω (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Αποτελέσματα Καταγραφής Ξηράνσεων λόγω της ανομβρίας στην περίοδο 2007 – 2008 στα Κρατικά Δάση (Τμήμα Δασών, 2009).

Δασική Περιφέρεια	(1) Ολική έκταση δασών στη Δασική Περιφέρεια (ha)	(2) Έκταση δάσους με σοβαρά προβλήματα ξηράνσεων (ha)	(3) Έκταση δάσους με σοβαρά προβλήματα (ha)	(4) Συνολική έκταση δάσους με προβλήματα (ha) (στήλη 2+3)	(5) Ποσοστό έκτασης δάσους στις Περιφέρειες που έχει επηρεαστεί %
Πάφου	69.386	70	1.307	1.377	1,98
Τρόοδος	33.760	453	1.835	2.287	6,78
Λευκωσίας, Λάρνακας, και Αμμόχωστου	18.422	1.479	1.474	2.953	16,03
Δασικού Κολεγίου	2342	0	16	16	0,68
Συνολικά	123.911	2.002	4.361	6.633	5,35 (Σύνολο Δάσους)

Χωρίς τη λήψη άμεσων μέτρων θα προκύψουν οι ακόλουθες συνέπειες για τα δάση της Κύπρου:

- Θα αλλάξει δραματικά η γεωγραφική κατανομή των δασών.
- Η *Pinus brutia* θα μετακινηθεί 300- 400 μέτρα ψηλότερα από ότι σήμερα.
- Η *Pinus nigra* μάλλον θα εξαφανιστεί (εκτός αν ληφθούν μέτρα και διατηρηθεί στις προσβόρειες εκθέσεις).
- Το *Cedrus brevifolia* θα απειληθεί έχοντας πιθανότητες επιβίωσης και στο Τρόοδος.
- Συστάδες με παραποτάμια δάση θα εξαφανιστούν λόγω της μείωσης απορροής των ποταμών.
- Οι δασικές πυρκαγιές θα αυξηθούν σε συχνότητα και ένταση.

- Η αναγέννηση των δασικών συστάδων θα γίνει πιο δύσκολη, ενώ η αναδάσωση θα χρειάζεται περισσότερη υποστήριξη.
- Πολλά σημαντικά είδη γλωρίδας και πανίδας θα εξαφανιστούν ή θα απειληθούν (Τσιντίδης, 2014).

2.6 Αναγέννηση μετά από θνησιμότητα και καταστροφές

Η δομή των δασών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την διαδικασία ανάπτυξης των δασών αλλά και την παραγωγικότητά τους, καθώς επηρεάζονται τόσο από φυσικές διαταράξεις, όπως έντομα, ξηρασία και ασθένειες, όσο και από ανθρωπογενείς ενέργειες, όπως παράνομες υλοτομίες δέντρων, υπερβόσκηση και ατμοσφαιρική ρύπανση. Εξαιτίας των διαταραχών αυτών, με την πάροδο του χρόνου, μειώνεται η ανθεκτικότητά τους έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση της ικανότητας στην ανάκαμψη από τις διαταραχές αυτές, έχοντας ως συνέπεια την αύξηση στην θνησιμότητα των δέντρων (Castello et al., 2016).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συντείνουν στην επιδείνωση της ξηρασίας είναι η αύξηση της θερμοκρασίας τη περίοδο της άνοιξης και η ποσότητα υγρασίας. Τα είδη των γενών *Pinus*, *Ulmus*, *Magnolia* και *Fagus* είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, η επίδραση του ανταγωνισμού στον κίνδυνο ανάπτυξης και θνησιμότητας υπερβαίνει τις επιπτώσεις της κλιματικής διακύμανσης στο διάστημα ή το χρόνο για τα περισσότερα είδη (Clark et al., 2011).

Η αύξηση της θερμοκρασίας, εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, θα επηρεάσει ένα ευρύ φάσμα ειδών και οικοσυστημάτων (Hamann and Wang, 2006). Ένα θερμότερο, ξηρότερο κλίμα θα οδηγήσει σε ξηρότερη καύσιμη ύλη στα δάση, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα ανάφλεξης και διάδοσης πυρκαγιάς. Αυτή η αλληλεπίδραση θα αυξήσει τη σοβαρότητα των καιρικών φαινομένων, η οποία με τη σειρά της θα αυξήσει τον κίνδυνο ακραίας συμπεριφοράς στην πυρκαγιά. Ένα θερμότερο κλίμα θα επεκτείνει επίσης το μήκος των πυρκαγιών, γεγονός που θα αυξήσει την πιθανότητα πυρκαγιών που εμφανίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό του έτους. Επιπρόσθετα, η αύξηση της πυρκαγιάς, θα αυξήσει τον κίνδυνο που αντιμετωπίζουν τα οικοσυστήματα και η βιοποικιλότητα από την αλλαγή του κλίματος και θα αυξήσουν το κόστος και τη δυσκολία στην επίτευξη αειφόρου διαχείρισης των δασών (Nitschke and Innes, 2008).

Οι μελετητές ασχολήθηκαν περισσότερο με τις άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, παρά με τις επιπτώσεις από διάφορες επιδράσεις. Τα κυρίαρχα είδη πριν την επίδραση της πυρκαγιάς μπορούν να ανακάμψουν καλύτερα. Η πυκνότητα των νεαρών δενδρυλλίων δεν σχετίζεται με την ένταση της

πυρκαγιάς αλλά με την απόσταση από την άκρη του δάσους. Η έλλειψη υγρασίας είναι καθοριστικός παράγοντας για την μειωμένη αναγέννηση μετά από μια καταστροφή όπως η πυρκαγιά. Σημαντικές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα μπορεί να προκύψουν μετά από μια δασική πυρκαγιά εξαιτίας της ξηρασίας, καθώς μετά την πυρκαγιά είδη μπορεί να μετατοπιστούν μερικά δασικά είδη και να επιβιώνουν τα είδη που μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα σε συνθήκες ξηρασίας (Moser et al, 2010).

Η θνησιμότητα δέντρων μελετήθηκε μετά από πυρκαγιά σε μεικτά δάση στην Πορτογαλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θνησιμότητα των δένδρων μειώνεται όταν η διάμετρος του δέντρου στο στήθιαίο ύψος αυξάνεται. Επιπλέον, η σχετική θνησιμότητα αυξάνεται σε συστάδες με αυξημένη πυκνότητα, σε μεγαλύτερο υψόμετρο και σε περιοχές με απότομες κλίσεις. Όταν επικρατούν ίδιες καιρικές και εδαφικές συνθήκες, τα κωνοφόρα είναι πιο επιρρεπή σε φαινόμενα θνησιμότητας από ότι είναι τα είδη ευκαλύπτου και τα πλατύφυλλα. Οι αμιγής συστάδες πλατύφυλλων παρουσιάζουν αξιοσημείωτα υψηλότερη ανθεκτικότητα και αντίσταση στις πυρκαγιές από όσο έχουν οι μικτές συστάδες των πλατύφυλλων σε συνδυασμό με άλλα είδη (Botequim et al, 2017).

Στην Ελβετία, ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στα είδη ερυθρελάτης και η Ευρωπαϊκής οξιάς. Διαπιστώθηκε πως οι συνθήκες ανάπτυξης της ερυθρελάτης βελτιώνονται και ευνοείται σε δροσερές τοποθεσίες με μεγάλα υψόμετρα και μεγάλες ποσότητες βροχόπτωσης, αλλά σε περίπτωση υψηλής θερμοκρασίας η ερυθρελάτη και η οξιά κινδυνεύουν αρκετά. Τα δάση που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα θα έχουν περιορισμένη αλλαγή στη σύνθεση των ειδών αλλά στην αύξηση της βιομάζας. Αντίθετα, τα δάση σε χαμηλά υψόμετρα θα είναι περισσότερο ευαίσθητα ακόμη και σε μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας και δεν θα μπορούν να διατηρήσουν την τρέχουσα βιομάζα και τα είδη. Η αλλαγή του κλίματος θα επηρεάσει επίσης τα δάση αυτά και έμμεσα, όπως για παράδειγμα με την αύξηση του κινδύνου προσβολής από έντομα (Bugmann et al, 2015).

Οι πυρκαγιές είναι μια συχνή και επαναλαμβανόμενη διαταραχή στις Μεσογειακές χώρες. Έπειτα από μια μεγάλη πυρκαγιά στην κεντρική Πορτογαλία το 2003, εξετάστηκε περιοχή με 11 διαφορετικά είδη δέντρων. Η μελέτη έδειξε πως τα πλατύφυλλα δέντρα επιβίωσαν, ενώ τα περισσότερα κωνοφόρα ξηράθηκαν. Παρά τη χαμηλή θνησιμότητα που παρατηρήθηκε σε πλατύφυλλα, τα περισσότερα που επιβίωσαν θα αναγεννηθούν πρεμνοβλαστώντας. Το είδος *Quercus suber*, ήταν το πιο ανθεκτικό είδος (Catry et al, 2010).

Στο Βόρειο Μαρόκο εξετάστηκε η σχέση του κλίματος και της θνησιμότητας του είδους *Cedrus atlantica*. Η μείωση της ανάπτυξης των δένδρων του είδους αυτού, οφείλεται κυρίως από τη μείωση των βροχοπτώσεων. Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ανάπτυξης του *Cedrus atlantica* και της θερμοκρασίας ήταν ισχυρότερη στα μεγαλύτερα δέντρα σε ηλικία παρά στα νεαρά δέντρα. Η ευπάθεια των στη ξηρασία που προκαλείται από τη θερμοκρασία στα παλιά κέδρα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ανάπτυξης των δέντρων (Linares et al, 2013).

Σε μελέτη για τη σχέση του είδους *Cedrus libani* με τη ξηρασία, διαπιστώθηκε ότι από την περίοδο ξηρασίας, προκαλείται μείωση στην ανάπτυξη των δέντρων αυτών επηρεάζοντας αρνητικά το ύψος τους, το ριζικό σύστημα, τους βλαστούς και τις βελόνες των κέδρων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενα θνησιμότητας (Deligoz et al, 2016).

Σε έρευνα, επίσης, σχετικά με το είδος *Cedrus libani*, διαπιστώθηκε πως είναι ευαίσθητο στον ανταγωνισμό και πως είναι φωτόφιλο είδος (Messinger et al, 2015).

2.7 Θνησιμότητα και ανταγωνισμός

Η μειωμένη παραγωγικότητα του οικοσυστήματος και η αυξημένη θνησιμότητα είναι μερικές από τις συνέπειες της ξηρασίας στη βιοποικιλότητα. Ανταγωνιστικά είδη, είδη προσαρμοσμένα σε ψυχρές και υγρές συνθήκες, καθώς και είδη με χαμηλά ποσοστά αναπαραγωγής ή / και περιορισμένη κινητικότητα φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο. Ωστόσο, οι ειδικές επιδράσεις των ειδών ρυθμίζονται από μηχανισμούς που επιτρέπουν την αντοχή στην ξηρασία. Οι βραχυπρόθεσμες συνέπειες της ξηρασίας στη βιοποικιλότητα εξαρτώνται από την ικανότητα των ειδών να αντισταθούν και να ανακάμψουν μετά από την ξηρασία και από τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών. Αν και η αφθονία πολλών ειδών μειώνεται γενικά κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, ορισμένα taxa μπορεί να αυξηθούν σε αριθμό κατά την ξηρασία ή λίγο αργότερα (Archaux and Wolters, 2006).

2.8 Οικότονος

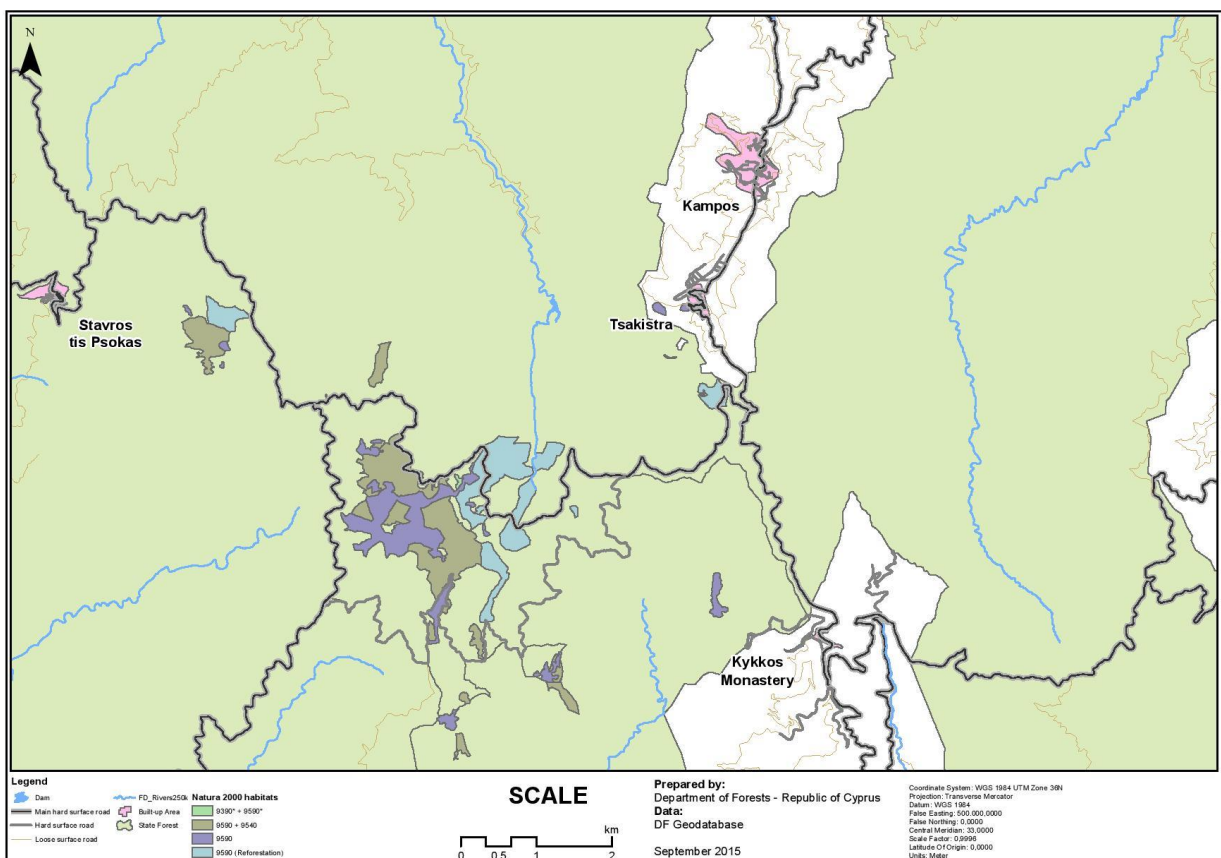
Ο οικότονος είναι η περιοχή που αποτελεί σύνορο για δύο βιοκοινότητες και η συγκεκριμένη περιοχή είναι πιο πλούσια σε βιοποικιλότητα από την κάθε μία από τις δύο αυτές βιοκοινότητες. Είναι η μεταβατική δηλαδή περιοχή μεταξύ διαφορετικών φυσικών συστημάτων, όπως οικοσυστήματα και τοπία, και παίζουν σημαντικό ρόλο στη ζωή των βιοκοινοτήτων, αφού έχουν συγκεκριμένη δομή και επιτρέπουν το σχηματισμό και διατήρηση των ειδών της βιοποικιλότητας.

Κάθε φυτοκοινωνία έχει τη δική της σύνθεση όσον αφορά τα είδη και τη χωρική δομή. Ο χώρος που καταλαμβάνεται από την κοινότητα των φυτών μπορεί να θεωρηθεί ως ενιαίος και χαρακτηρίζεται από χωρικά αμετάβλητες παραμέτρους. Τα όρια μιας κοινότητας φυτών καθορίζονται από τις επιδράσεις εξωτερικών παραγόντων στα φυτά, όπως θερμοκρασία, και τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών που δεν είναι χαρακτηριστικές σε μια κοινότητα, αλλά είναι παρόντες σε μια γειτονική. Τα όρια αυτά των φυσικών περιοχών έχουν αλλάξει πολλές φορές με την πάροδο πολλών χρόνων. Η κλιματική αλλαγή προκάλεσε γεωγραφική ανακατανομή μεταξύ ορισμένων φυτικών ειδών κατά τον 20ο και 21ο αιώνα. Ορισμένα είδη φυτών έχουν μετακινηθεί προς τα πάνω, σε υψηλότερες περιοχές γεωγραφικού πλάτους, και ταυτόχρονα άλλαξαν και μετατοπίστηκαν τα υψομετρικά όρια των κοινοτήτων των φυτών στις ορεινές περιοχές. Η κλιματική αλλαγή είναι ένας λόγος για τις αλλαγές των ορίων των φυσικών περιοχών, αλλά η επίδραση από τις κλιματικές αλλαγές στα φυτά συνδυάζεται συχνά με τις επιπτώσεις από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών του οικοσυστήματος (Ivanova και Soukhovolsky, 2016).

Οι υψομετρικές ανοδικές μετατοπίσεις πολλών ειδών παρατηρούνται σε ένα ευρύ φάσμα ταξινομικών ομάδων και γεωγραφικών τοποθεσιών κατά τον εικοστό αιώνα, εξαιτίας της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Παρατηρούνται διάφορα είδη, κυρίως σε πιο μεγάλα υψόμετρα, να εισχωρούν στα κατώτατα υψομετρικά όρια άλλων φυτών, ξεπερνώντας το μέγιστο υψομετρικό όριο τους. Η μετακίνηση προς τα πάνω ορισμένων φυτών είναι πιθανή συνέπεια της αύξησης της θερμοκρασίας και οι αλλαγές αυτές στην κατανομή της βλάστησης και στη δομή του πληθυσμού συνιστούν μια νέα ένδειξη των σύνθετων επιπτώσεων της παγκόσμιας αλλαγής στον τρόπο λειτουργίας των ορεινών οικοσυστημάτων (Peñuelas et al.,

2007). Συνέπεια των πιο πάνω, είναι η δημιουργία νέων φυτοκοινωνιών. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία μεταξύ διαφόρων οικοσυστημάτων, αλλά και στον τρόπο που θα λειτουργούν τα οικοσυστήματα αυτά, ορισμένα είδη εντόμων και διάφορα είδη πανίδας (Keith et al., 2009).

Προβλέπεται πως θα υπάρξει ανοδική μετακίνηση κοινοτήτων μεσογειακών δένδρων σε υψηλότερα υψόμετρα και σχετική μείωση των κοινοτήτων των εύκρατων ή των προσαρμοσμένων σε ψυχρότερο κλίμα δέντρων κατά τον 21ο αιώνα. Οι περιοχές με κλιματικές συνθήκες κατάλληλες για τα είδη που έχουν προσαρμοστεί σε ψυχρότερες συνθήκες προβλέπεται επίσης να μειωθούν σημαντικά, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του κλίματος. Μεγάλες αλλαγές στη σύνθεση των ειδών και στις δασικές κοινότητες μπορεί να συμβούν, όχι μόνο σε ψηλά υψόμετρα στα βουνά της Μεσογείου αλλά και σε ολόκληρη την υψομετρική κλίση, ιδιαίτερα σε χαμηλές και μεσαίες κλίσεις. Τα Μεσογειακά βουνά ενδέχεται να χάσουν τον βασικό ρόλο τους ως φυγάδες για τα είδη που έχουν προσαρμοστεί σε ψυχρότερες κλιματικές συνθήκες, και επομένως ένα σημαντικό μέρος της γενετικής τους κληρονομιάς (Ruiz-Labourdette et al., 2012).



Χάρτης 2. Οικότονος *Cedrus brevifolia* – *Pinus brutia* (Τμήμα Δασών, unpublished).

Το *Cedrus brevifolia* είναι ενδημικό είδος για την Κύπρο και περιορίζεται στην ευρύτερη περιοχή Τριπύλου, και συγκεκριμένα στην Κοιλάδα των Κέδρων, του Δάσους Πάφου, η οποία έχει κηρυχτεί σε Περιοχή Προστασίας της Φύσης. Μικρές ομάδες *Cedrus brevifolia* υπάρχουν επίσης βορειοδυτικά της Μονής Κύκκου και σε περιοχές του χωριού Τσακκίστρα. Συναντάται και σε άλλα σημεία στο νησί αλλά είναι μόνο από φυτεύσεις. Το υψόμετρο εξάπλωσης του είναι 900-1400 μέτρα. Το ξύλο του είναι ανθεκτικό στη σήψη και στις προσβολές από έντομα και μύκητες. Στον κόσμο απαντώνται τέσσερα είδη κέδρου, το *Cedrus brevifolia* και ακόμα τρία, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica* και *Cedrus deodara* (Τσιντίδης και άλλοι, 2002).

Τα αμιγή δάση *Cedrus brevifolia* καλύπτουν έκταση 86,14ha και τα μικτά δάση με την *Pinus brutia* καλύπτουν 112,98ha. Το *Cedrus brevifolia* απειλείται κυρίως από δασικές πυρκαγιές, αφού δεν διαθέτει μηχανισμούς προσαρμογής και από τις κλιματικές αλλαγές (Τσιντίδης και άλλοι, 2007).

Η *Pinus brutia* είναι ιθαγενές είδος για την Κύπρο και είναι το κυριότερο δασικό, κωνοφόρο δέντρο του νησιού, αφού απαντάται σε πολλά μέρη της Κύπρου. Απαντάται σε υψόμετρο από μηδέν μέχρι 1400 μέτρα και είναι φωτόφιλο (Τσιντίδης και άλλοι, 2002).

Τα δάση *Pinus brutia* καλύπτουν γύρω στο 18,2% της Κύπρου και παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αντοχή στην ξηρασία και μπορεί να επιβιώσει σε όλα τα είδη πετρωμάτων. Επίσης έχει προσαρμοστεί να εποικίζει πρόσφατα καμένες περιοχές με ικανοποιητική ετήσια βροχόπτωση (πάνω από 400mm) (Τμήμα Δασών, 2007).

Κεφάλαιο Τρίτο

Μεθοδολογία

3.1 Εισαγωγή

Είναι αναμενόμενο ότι τα δασικά οικοσυστήματα στη Μεσόγειο θα επηρεαστούν σε μεγαλύτερο βαθμό εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, με την ξηρασία να γίνεται συχνότερο φαινόμενο, έχοντας ως αποτελέσματα την αύξηση στην θνησιμότητα δέντρων.

Σκοπός της διατριβής είναι να εξετάσει την αναγέννηση στον οικότονο *Pinus brutia-Cedrus brevifolia* μετά από φαινόμενα θνησιμότητας των Κέδρων στο Δάσος Πάφου. Να εξεταστεί δηλαδή αν η αναγέννηση του *Pinus brutia* και του *Cedrus brevifolia* σχετίζεται με τα φαινόμενα θνησιμότητας στην περιοχή του Τριπύλου, όπου είναι οι μοναδικές συστάδες *Cedrus brevifolia* στην Κύπρο.

Τα ερωτήματα που εξετάστηκαν στον οικότονο *Pinus brutia-Cedrus brevifolia* ήταν :

- (Α) Πως επηρεάζεται αναγέννηση του *Cedrus brevifolia* μετά από φαινόμενα θνησιμότητας από τους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες που επικρατούν στην περιοχή του Τρίπυλου;
- (Β) Υπάρχει επέκταση του *Pinus brutia* στις ζώνες όπου εμφανίστηκε θνησιμότητα του *Cedrus brevifolia*;

Για την εξέταση των παραπάνω υποθέσεων η μεταπτυχιακή διατριβή έχει επικεντρωθεί στην περιοχή Τριπύλου του Δάσους Πάφου, που είναι η μοναδική περιοχή με φυσικές συστάδες *Cedrus brevifolia*, στην οποία έχουν παρατηρηθεί αρκετές ξηράνσεις από κέδρα.

Στις εν λόγω περιοχές τοποθετήθηκαν 50 δειγματοληπτικές επιφάνειες με ακτίνα δέκα (10) μέτρα, όπου στο κέντρο της κάθε μίας από αυτές υπάρχει ένα νεκρό κέδρο. Οι δειγματοληπτικές επιφάνειες τοποθετήθηκαν για να εξεταστούν οι παράμετροι που οδηγούν στην νέκρωση των κέδρων στην περιοχή αυτή.

Επιπρόσθετα, έχουν εξεταστεί βιοτικοί και αβιοτικοί δείκτες στην πιο πάνω περιοχή με την μέθοδο της επιτόπιας καταγραφής στις 50 δειγματοληπτικές επιφάνειες, οι οποίοι έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με τις νεκρώσεις κέδρου στην περιοχή Τριπύλου. Οι δείκτες αυτοί είναι οι εξής:

Βιοτικοί δείκτες

- Το ποσοστό θνησιμότητας στη περιοχή δειγματοληψίας
- Ο συνολικός αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*
- Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*
- Ο μέσος όρος του ύψους δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*
- Ο συνολικός αριθμός δενδρυλλίων *Pinus brutia*
- Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων *Pinus brutia*
- Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia*
- Ο μέσος όρος του ύψους δενδρυλλίων *Pinus brutia*
- Ο μέσος όρος της ηλικίας δενδρυλλίων *Pinus brutia*
- Η διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της απόστασης των γειτονικών δέντρων από το νεκρό *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της απόστασης των γειτόνων *Cedrus brevifolia* από το νεκρό κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο βαθμός εδαφοκάλυψης εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Quercus alnifolia* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας

- Το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Cistus creticus* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο δείκτης ανταγωνισμού των ειδών εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Ο δείκτης ανταγωνισμού μόνο από *Pinus brutia* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας

Αβιοτικοί δείκτες

- Το ποσοστό της κλίσης στο έδαφος από το κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Το υψόμετρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Η ένταση της διάβρωσης στη δειγματοληπτική επιφάνεια
- Το ποσοστό βραχώδες/πετρώδες εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια
- Το βάθος του εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια
- Η υγρασία του εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια

Η συλλογή των στοιχείων στο πεδίο έγινε Άνοιξη και Φθινόπωρο το έτος 2016.

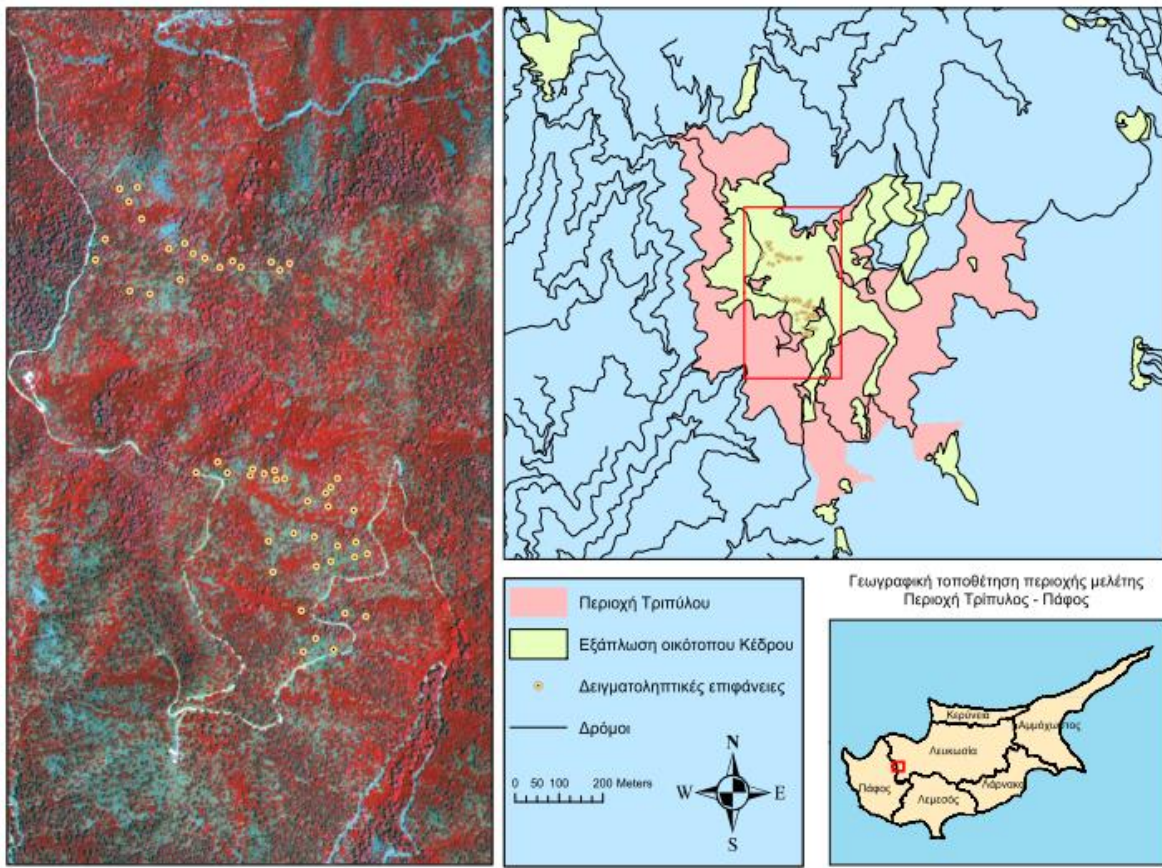
3.2 Περιοχή μελέτης

Το Δάσος Πάφου κηρύχθηκε σε Κύριο Κρατικό Δάσος από την 1/1/1941 και είναι το πιο παραγωγικό δάσος της Κύπρου. Έχει έκταση 60.000 εκτάρια περίπου και αποτελείται από 11 Κοιλάδες, οι οποίες χωρίζονται σε Τμήματα και τα αυτά χωρίζονται σε Διαμερίσματα για καλύτερη διαχείριση του Δάσους.

Η περιοχή με το μεγαλύτερο υψόμετρο στο Δάσος Πάφου είναι και η περιοχή μελέτης, περιοχή Τριπύλου, με υψόμετρο 1352 μέτρα. Στην περιοχή Τριπύλου, που περιλαμβάνει και την «Κοιλάδα των Κέδρων», υπάρχουν οι μοναδικές συστάδες του *Cedrus brevifolia*, που είναι ενδημικό στην Κύπρο.

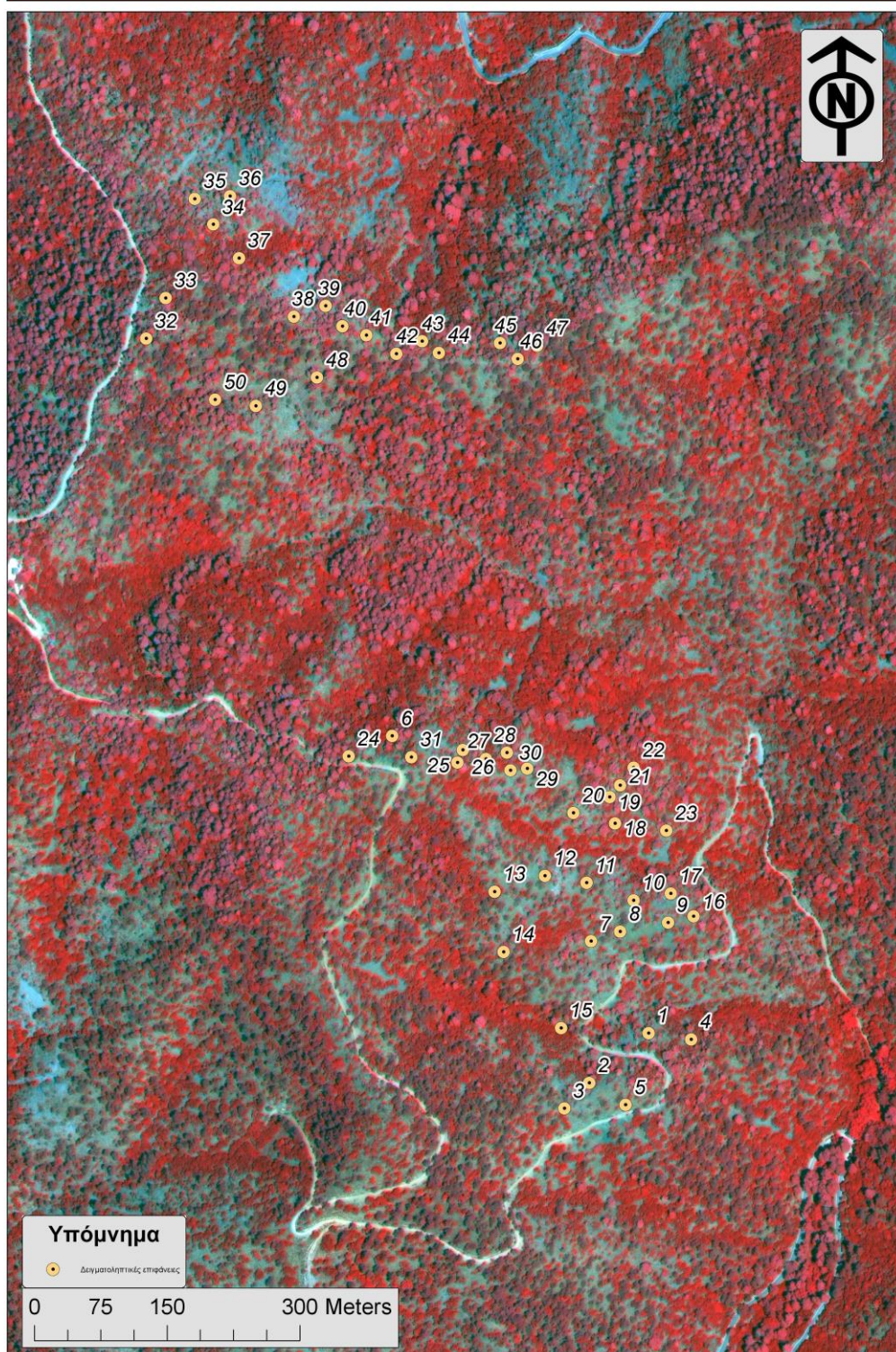
Στην περιοχή αυτή συναντούμε 40 περίπου ενδημικά φυτά, σπάνια πουλιά, είναι ο κύριος βιότοπος του ενδημικού αγρινού, ενώ σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι η περιοχή συμπεριλαμβάνεται στο Ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών, «ΦΥΣΗ 2000» (Τμήμα Δασών, 2011a).

Περιοχή Μελέτης - Δειγματοληπτικές Επιφάνειες



Χάρτης 3. Η περιοχή μελέτης (Τμήμα Δασών, unpublished).

Περιοχή Μελέτης - Δειγματοληπτικές Επιφάνειες



Χάρτης 4. Δειγματοληπτικές επιφάνειες 1-50 στην περιοχή μελέτης (Τμήμα Δασών, unpublished).

3.2.1 Αβιοτικό περιβάλλον

3.2.1.1 Τοπογραφία – τοπία

Το ανάγλυφο στην περιοχή μελέτης έχει απότομες πλαγιές με πολύ μεγάλες κλίσεις στο έδαφος και σε κατά τόπους μεγάλο ποσοστό βραχώδης επιφάνειας. Το μέγιστο υψόμετρο στην περιοχή συναντάται στην κορυφή του Τριπύλου, με υψόμετρο 1.352m.

Στις γύρω περιοχές από την περιοχή Τριπύλου κυριαρχεί η *Pinus brutia*, και στην περιοχή υπάρχουν εκτεταμένες συστάδες κέδρου, ενώ και η λατζιά (*Quercus alnifolia*), εμφανίζεται υπό μορφή συστάδας και υπορόφου σε μερικές πλαγιές.

3.2.1.2 Γεωλογία

Το γεωλογικό υπόστρωμα της περιοχής αποτελείται από διαβασικά πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος του Τροόδους.

3.2.1.3 Εδάφη

Τα εδάφη της περιοχής μελέτης είναι κατά κύριο λόγο αβαθή, με πετρώματα και σε μερικές περιοχές υπάρχει και το φαινόμενο της διάβρωσης.

Όσο αφορά το βάθος και την υγρασία του εδάφους εξετάστηκε επιπρόσθετα και ο βαθμός εδαφοκάλυψης, η κλίση στο έδαφος, η διάβρωση εδάφους και το ποσοστό περτώδης επιφάνειας.

3.2.1.4 Κλιματικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή Τριπύλου είναι 900 χιλιοστόμετρα., πλησιάζοντας την μέγιστη μέση βροχόπτωση συνολικά για το Δάσος Πάφου που κυμαίνεται μεταξύ 400 και 920 περίπου χιλιοστομέτρων και η μέση μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση, η οποία προκύπτει κατά τη διάρκεια του Νοέμβρη, είναι 264 χιλιοστόμετρα. Η μέση ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία, κατά τον μήνα Αύγουστο, είναι 33.6 °C, η μέση ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία κατά τον μήνα Δεκέμβριο είναι 3.9 °C, η απολύτως μέγιστη θερμοκρασία τον Αύγουστο είναι 39,5 °C, η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία τον Δεκέμβριο είναι -1 °C και η ελάχιστη θερμοκρασία εδάφους τον Δεκέμβριο είναι 2,6 °C, με 8 μέρες παγετού το χρόνο. της περιοχής (400 m) αλλά σταδιακά γίνεται πιο άφθονη και πάνω από τα 700-800 m κυριαρχεί συχνά τον υπόροφο.

3.2.2 Βιοτικά στοιχεία

3.2.2.1 Μορφές εδαφοκάλυψης

Στην περιοχή μελέτης διακρίνονται οι ακόλουθες μορφές εδαφοκάλυψης:

Δασοσκεπείς εκτάσεις/ Δάσος: Εκτάσεις με δασοκάλυψη με αμιγής συστάδες *Pinus brutia*, αμιγής συστάδες *Cedrus brevifolia*, και μικτές συστάδες και από τα δύο αυτά είδη. Σε αυτή τη μορφή εδαφοκάλυψης περιλαμβάνονται και οι νεοφυτείες και πυκνοφυτείες *Pinus brutia* και *Cedrus brevifolia* ως εν δυνάμει δάσους.

Θαμνοσκεπείς εκτάσεις/ Θαμνώνας: Εκτάσεις με κάλυψη από θάμνους κυρίως *Quercus alnifolia*, όπου σχηματίζονται και σε μερικά σημεία συστάδες. Επίσης παρουσιάζονται σε μικρότερο βαθμό και άλλοι θάμνοι όπως: *Arbutus adrachne*, *Acer obtusifolium* και *Cistus creticus*.

Φρυγανότοποι/Φρύγανα: Στον όροφο των φρύγανων (κάτω από ένα μέτρο) συνήθως επικρατεί η *Cistus creticus*.

Άγονες εκτάσεις: Υπάρχουν εκτάσεις όπου η εδαφοκάλυψη είναι μικρότερη του 10% και υπάρχει έντονο φαινόμενο από σάρρες και βράχους ή και συμπαγή βράχο μεγάλων διαστάσεων.

Υποδομές: Περιλαμβάνει δασικό δίκτυο και το Πυροφυλάκιο Τριτύλου.

3.2.2.2 Βλάστηση και φυσικοί οικότοποι

Γενικά χαρακτηριστικά της βλάστησης και απαντώμενα είδη

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν φυσικές συστάδες *Pinus brutia* (Τραχεία πεύκη), τύπος οικοτόπου 9540, και *Cedrus brevifolia* (Κυπριακό κέδρο), τύπος οικοτόπου 9590*, εκτός από την παραποτάμια βλάστηση όπου υπάρχουν μικρές συστάδες από *Platanus orientalis*, τύπος οικοτόπου 92C0.

Την βλάστηση αυτή συμπληρώνουν θάμνοι όπως η *Quercus alnifolia* (λατζιά), τύπος οικοτόπου 9390*, και άλλοι θάμνοι όπως η *Cistus creticus* (ξισταρκά), η *Arbutus adrachne* (αντρουκλιά), ο *Acer obtusifolium* (σφένταμος) και ο ημίθαμος, το ενδημικό *Thymus integer* (θυμάρι).

Φυσικοί οικότοποι (Οδηγία Οικοτόπων)

Η περιοχή Τριπύλου έχει κηρυχθεί Περιοχή Προστασίας της Φύσης το 1984 από το Υπουργικό Συμβούλιο Κύπρου. Ο οικότοπος του *Cedrus brevifolia* (9590), έχει συμπεριληφθεί στο παράρτημα I της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, για την προστασία των Φυσικών Οικοτόπων, καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η κοιλάδα των κέδρων συμπεριλαμβάνεται στο δίκτυο «Φύση 2000», ως τόπος «κοινοτικού ενδιαφέροντος» (CY2000008). Το *Cedrus brevifolia* συμπεριλαμβάνεται στο κόκκινο βιβλίο για τα σπάνια και απειλούμενα φυτά της Κύπρου ως εύρωτο (Τμήμα Δασών, 2011,b)

3.2.2.3 Χλωρίδα

Η περιοχή Τριπύλου είναι από τους σημαντικούς βιότοπους του Δάσους Πάφου και κατ' επέκταση των δασών της Κύπρου, καθώς εκτός από τις μοναδικές συστάδες του ενδημικού *Cedrus brevifolia* συναντώνται και άλλα ενδημικά, εκ των οποίων μερικά σπάνια φυτά.

Ενδημικά φυτά της περιοχής μελέτης

Στην Κύπρο υπάρχουν συνολικά 1908 φυτά και 140 από αυτά είναι ενδημικά (Τμήμα Δασών, 2017a). Τα 519 βρίσκονται στο Δάσος Πάφου και 57 από αυτά είναι ενδημικά στην Κύπρο. Στην περιοχή Τριπύλου υπάρχουν 36 ενδημικά εκ των οποίων μερικά σπάνια. Μερικά από ενδημικά φυτά της περιοχής Τριπύλου εκτός από το ενδημικό δέντρο *Cedrus brevifolia*, είναι τα εξής: *Arabis kennedyae*, *Cephalorrhynchus cupricus*, *Cyclamen cyprium*, *Thymus integer*, *Acinos exiguous*, *Scutellaria cypria* var. *Cypria*, *Gagea juliae*, *Ornithogalum chionophilum* (Plant-Net Cy, 2014).

3.2.2.4 Πανίδα

Αγρινό και άλλα θηλαστικά

Το *Onis gmelini ophion* (ενδημικό αγρινό της Κύπρου), είναι το μεγαλύτερο από δέκα χερσαία θηλαστικά που συναντώνται στο νησί και είναι είδος αγριοπροβάτου. Ο βιότοπος του αγρινού είναι το Δάσος Πάφου και κατά κύριο λόγο στην περιοχή Τριπύλου. Για την προστασία του,

το 1939 ολόκληρο το Δάσος Πάφου κηρύχθηκε σε μόνιμη απαγορευμένη περιοχή κυνηγίου, απαγορεύοντας παράλληλα και την βόσκηση εντός του κρατικού δάσους. Από το 1978 βρίσκεται στη λίστα της IUCN, έχει συμπεριληφθεί στα παρ. II και IV της Οδηγίας 92/43, και προστατεύεται από τη συνθήκη CITES για το εμπόριο των άγριων ειδών (Τμήμα Δασών, 2012).

Έντομα

Τα έντομα που απαντούν στην περιοχή μελέτης ταξινομούνται σε α) παθογόνα έντομα, β) σαπροφάγα - προστατευόμενα έντομα και γ) ωφέλιμα έντομα.

Τα σπουδαιότερα παθογόνα έντομα είναι τα: *Thaumetopoea wilkinsonii*, που τρέφεται με τις βελόνες της *Pinus brutia*, *Lymantria dispar*, που είναι φυλλοφάγο της δρυός, λατζιάς, τρεμιθιάς και ανδρουκλιάς και *Dichelia cedricola*, που προσβάλλει τους βλαστούς του *Cedrus brevifolia* και *Megastigmus schimitscheki*, που προσβάλλει τους σπόρους του *Cedrus brevifolia*. Το *Tomicus piniperda* προσβάλλει μονοετείς ή διετείς βλαστούς *Pinus brutia* (Τμήμα Δασών, 2017b).

3.3 Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας

Επιλέγηκαν συνολικά 50 δειγματοληπτικές επιφάνειες. Στην κάθε μια από αυτές είχε στο κέντρο της ένα νεκρό δέντρο *Cedrus brevifolia*. Η κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια είχε κυκλικό σχήμα, με ακτίνα δέκα μέτρα.

3.3.1 Λήψη στοιχείων από τις δειγματοληπτικές επιφάνειες (ΔΕ)

Γενικά Στοιχεία (περιγραφικά στοιχεία της ΔΕ)

Στο έντυπο συλλογής στοιχείων θα καταγραφούν τα πιο κάτω στοιχεία:

- Δάσος (Πάφος)
- Σειρά υλοτομίας (Κοιλιάδα)
- Αριθμός τμήματος
- Αριθμός διαμερίσματος

- Αριθμός ΔΕ
- Τοπογραφική θέση
- Έκθεση
- Κλίση %
- Υψόμετρο
- Συντεταγμένες κέντρου δειγματοληπτικής επιφάνειας
- Στάδιο εξέλιξης Φυτείας

Τοπογραφική θέση

Η τοπογραφική θέση των ΔΕ καθορίζεται ως εξής:

- **Ρεματιά:** όταν η δειγματοληπτική επιφάνεια βρίσκεται σε σχετικά επίπεδο έδαφος κοντά σε ρέμα.
- **Μέση πλαγιά:** όταν η δειγματοληπτική επιφάνεια βρίσκεται ενδιάμεσα κορυφογραμμής και ρέματος.
- **Κορυφογραμμή:** όταν η δειγματοληπτική επιφάνεια βρίσκεται στην κορυφογραμμή ή πλησίον αυτής.

Έκθεση της ΔΕ

Με κέντρο της ΔΕ και με τη βοήθεια της πυξίδας εκτιμήθηκε η πραγματική έκθεση της ΔΕ. Η έκθεση καθορίζεται με βάση το αζιμούθιο ως εξής:

• Βόρεια (B)	350 - 49,9	Βαθμούς
• Ανατολική (A)	50 - 149,9	“
• Νότια (N)	150 - 249,9	“
• Δυτική (Δ)	250 - 349,9	“

Κλίση της ΔΕ

Με βάση το κέντρο της ΔΕ και με τη βοήθεια κλισιμέτρου και ακοντίου, το οποίο τοποθετείται προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης κλίσης και σε απόσταση περίπου 10 m από το κέντρο της ΔΕ, μετρήθηκε η κλίση της ΔΕ. Η σκόπευση με το κλισίμετρο γίνεται σε σημείο του ακοντίου που βρίσκεται στο ύψος του ματιού σκόπευσης.

3.4 Επιλογή δεικτών παρακολούθησης και μέθοδος καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων

Οι δείκτες έχουν διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες, βιοτικούς και αβιοτικούς.

Οι βιοτικοί δείκτες

- **Το ποσοστό θνησιμότητας στη περιοχή δειγματοληψίας**
Το ποσοστό της θνησιμότητας στη περιοχή δειγματοληψίας εκτιμήθηκε από τα νεκρά *Cedrus brevifolia* που βρίσκονται στη γύρω περιοχή από το κέντρο της ΔΕ.
- **Ο συνολικός αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia***
Μετρήθηκαν όλα τα δενδρύλλια *Cedrus brevifolia* με έμφλοια στηθιαία διάμετρο μικρότερη από 12cm, εντός των δέκα μέτρων ακτίνας γύρω από το κέντρο της ΔΕ εκτός από τα αρτίφυτα.
- **Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia***
Η διάμετρος στη βάση του κορμού καταμετρήθηκε σε όλα τα δενδρύλλια κέδρου με έμφλοια στηθιαία διάμετρο μικρότερη από 12cm, και μετρήθηκαν με τη βοήθεια ταινία μέτρησης διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος του ύψους δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia***
Μετρήθηκε σε όλα τα δενδρύλλια *Cedrus brevifolia* με την βοήθεια ταινίας.
- **Ο συνολικός αριθμός δενδρυλλίων *Pinus brutia***
Μετρήθηκαν όλα τα δενδρύλλια *Pinus brutia* με έμφλοια στηθιαία διάμετρο μικρότερη από 12cm, εντός των δέκα μέτρων ακτίνας γύρω από το κέντρο της ΔΕ εκτός από τα αρτίφυτα.

- **Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων *Pinus brutia***
 Η στηθιαία διάμετρος καταμετρήθηκε σε όλα τα δενδρύλλια *Pinus brutia* με έμφλοια στηθιαία διάμετρο μικρότερη από 12cm, και μετρήθηκαν με τη βοήθεια ταινία μέτρησης διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia*** Η διάμετρος στη βάση του κορμού καταμετρήθηκε σε όλα τα δενδρύλλια *Pinus brutia* με έμφλοια στηθιαία διάμετρο μικρότερη από 12cm, και μετρήθηκαν με τη βοήθεια ταινία μέτρησης διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος του ύψους δενδρυλλίων *Pinus brutia***
 Το ύψος των δενδρυλλίων *Pinus brutia* μετρήθηκε σε όλα τα δενδρύλλια με την βοήθεια ταινίας.
- **Ο μέσος όρος ηλικίας δενδρυλλίων *Pinus brutia***
 Η ηλικία των δενδρυλλίων *Pinus brutia* υπολογίστηκε μετρώντας τους δακτυλίους στον κορμό των δενδρυλλίων αυτών κόβοντας τα δενδρύλλια.
- **Η διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Η διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της ΔΕ μετρήθηκε με την βοήθεια ταινίας μέτρησης διαμέτρου.
- **Το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της ΔΕ εκτιμήθηκε καθώς δεν υπήρχαν νεκρά *Cedrus brevifolia* με μεγάλο ύψος .
- **Ο μέσος όρος της απόστασης των γειτονικών δέντρων από το νεκρό *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Για την μέτρηση της απόστασης των γειτονικών δέντρων, υπήρξαν μόνο *Pinus brutia* και *Cedrus brevifolia* σαν γειτονικά δέντρα, χρειάστηκε η χρήση ταινίας από το κέντρο του ενός δέντρου μέχρι το κέντρο του άλλου.

- **Ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Τα γειτονικά δέντρα *Cedrus brevifolia* που μετρήθηκαν ήταν όσα ήταν εντός των δέκα μέτρων σε ακτίνα από το κέντρο της ΔΕ.
- **Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Η στηθιαία διάμετρος των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου, μετρήθηκε με την ταινία διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Η διάμετρος στη βάση του κορμού των γειτόνων *Cedrus brevifolia* του νεκρού κέδρου, μετρήθηκε με την ταινία διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος της απόστασης των γειτόνων *Cedrus brevifolia* από το νεκρό κέδρο που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Η απόσταση των γειτόνων *Cedrus brevifolia* από το νεκρό κέδρο μετρήθηκε με ταινία.
- **Ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Τα γειτονικά δέντρα *Pinus brutia* που μετρήθηκαν ήταν όσα ήταν εντός των δέκα μέτρων σε ακτίνα από το κέντρο της ΔΕ.
- **Ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
 Η στηθιαία διάμετρος των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia*, μετρήθηκε με την ταινία διαμέτρου.
- **Ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia* που βρίσκεται στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

Η διάμετρος στη βάση του κορμού των γειτόνων *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia*, μετρήθηκε με την ταινία διαμέτρου.

- **Ο βαθμός εδαφοκάλυψης εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

Ο βαθμός εδαφοκάλυψης της ΔΕ εκτιμήθηκε χωρίζοντας σε τρεις κατηγορίες τον βαθμό: α) 0-30%, β) 31-60%, γ) 61-100%. Σε μεταγενέστερο στάδιο στις τρεις αυτές κατηγορίες δόθηκε από μια τιμή για να μπορέσουν να εκτιμηθούν ποιοτικά.

- **Το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Quercus alnifolia* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

Το ποσοστό με εδαφοκάλυψη *Quercus alnifolia* στη ΔΕ εκτιμήθηκε στα όρια των δέκα μέτρων ακτίνας από το κέντρο της ΔΕ.

- **Το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Cistus creticus* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

Το ποσοστό με εδαφοκάλυψη *Cistus creticus* στη ΔΕ εκτιμήθηκε στα όρια των δέκα μέτρων ακτίνας από το κέντρο της ΔΕ.

- **Ο Δείκτης Ανταγωνισμού των ειδών εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

- **Ο Δείκτης ανταγωνισμού μόνο από *Pinus brutia* εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας**

- ❖ **Ο δείκτης ανταγωνισμού (C.I.), τόσο συνολικά όσο και μόνο από το είδος *Pinus brutia*, υπολογίστηκε από το άθροισμα που προκύπτει από τον λόγο της στηθιαίας διαμέτρου των γειτονικών δέντρων από το νεκρό κέδρο (γείτονες) διά την στηθιαία διάμετρο του νεκρού κέδρου. Το σύνολο αυτό δια την απόσταση του γειτονικού δέντρου από το νεκρό. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το άθροισμα όλων των δεικτών ανταγωνισμού εντός της κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας για να υπολογιστεί τελικά ο συνολικός δείκτης ανταγωνισμού.**

(Dorman et al, 2015c)

Οι αβιοτικοί δείκτες

- **Το ποσοστό της κλίσης στο έδαφος στο κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
Το ποσοστό της κλίσης μετρήθηκε με τη χρήση κλισιμέτρου και με τη βοήθεια ακοντίου όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω.
- **Το υψόμετρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας**
Το υψόμετρο του κέντρου της ΔΕ μετρήθηκε με την χρήση συσκευής GPS.
- **Η ένταση της διάβρωσης στη δειγματοληπτική επιφάνεια**
Η ένταση της διάβρωσης εκτιμήθηκε χωρίζοντας την σε τέσσερις κατηγορίες: α) καθόλου/μηδαμινή, β) ελάχιστη, γ) μέτρια, δ) έντονη. Σε μεταγενέστερο στάδιο στις τέσσερις αυτές κατηγορίες δόθηκε από μια τιμή για να μπορέσουν να εκτιμηθούν ποιοτικά.
- **Το ποσοστό βραχώδεις/πετρώδεις εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια**
Το ποσοστό βραχώδεις/πετρώδεις επιφάνειας εκτιμήθηκε μόνο εντός των δέκα μέτρων ακτίνα από το κέντρο της ΔΕ.
- **Το βάθος του εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια**
Το βάθος του εδάφους στη ΔΕ εκτιμήθηκε χωρίζοντας το σε τέσσερις κατηγορίες: α) πολύ αβαθές, β) αβαθές, γ) μετρίως βαθύ, δ) βαθύ-πολύ βαθύ. Πολύ αβαθές έδαφος εκτιμήθηκε όταν είχε μικρότερο βάθος από 15cm, αβαθές έδαφος θεωρήθηκε όταν το έδαφος είχε βάθος 15-30cm, μετρίως βαθύ θεωρήθηκε το έδαφος από 30-60cm, και βαθύ-πολύ βαθύ θεωρήθηκε το έδαφος μεγαλύτερο του ενός μέτρου. Σε μεταγενέστερο στάδιο στις τέσσερις αυτές κατηγορίες δόθηκε από μια τιμή για να μπορέσουν να εκτιμηθούν ποιοτικά.
- **Η υγρασία του εδάφους στη δειγματοληπτική επιφάνεια**
Η υγρασία του εδάφους στη ΔΕ εκτιμήθηκε διαχωρίζοντας την σε τρεις κατηγορίες: α) ξηρά εδάφη (εδάφη στα οποία δεν παρατηρείται υγρασία), β) μερικώς ξηρά (εδάφη υγρά, χωρίς σημάδια επιφανειακού νερού), γ) υγρά-κάθυγρα (εδάφη στα οποία υπάρχουν λιμνάζοντα ή ρέοντα νερά).
Στην εκτίμηση της κατάστασης της υγρασίας, εκτιμήθηκε και ποιες συνθήκες θα επικρατούσαν στο έδαφος κατά την περίοδο των μηνών του χειμώνα και τη βλαστική

περίοδο. Σε μεταγενέστερο στάδιο στις τρεις αυτές κατηγορίες δόθηκε από μια τιμή για να μπορέσουν να εκτιμηθούν ποιοτικά.

3.5 Φωτογραφική τεκμηρίωση

Φωτογραφήθηκαν τόσο τα νεκρά κέδρα που βρίσκονταν στο κέντρο της ΔΕ όσο και συνολικά πανοραμικά η ΔΕ.

Η φωτογράφιση κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας έγινε την ίδια μέρα με τη συλλογή των δεδομένων. Οι φωτογραφίες τεκμηρίωσης επιφάνειας πήραν τον αριθμό της επιφάνειας και την ημερομηνία φωτογράφισης ως εξής:

Αριθμός επιφάνειας - Ημερομηνία (Ημέρα/Μήνας/Έτος)

π.χ. Δ.Ε 01- 27-02-2016



Εικόνα 1. Δ.Ε 43- 08/10/2016 Νεκρό *Cedrus brevifolia* στη δειγματοληπτική επιφάνεια 43



Εικόνα 2. Δ.Ε 39- 08/10/2016 Νεκρό *Cedrus brevifolia* στη δειγματοληπτική επιφάνεια 39



Εικόνα 3. Δ.Ε 34- 08/10/2016 Νεκρό *Cedrus brevifolia* στη δειγματοληπτική επιφάνεια 34



Εικόνα 4. Δ.Ε 32- 08/10/2016 Νεκρό *Cedrus brevifolia* στη δειγματοληπτική επιφάνεια 32

3.6 Μέθοδος ανάλυσης αποτελεσμάτων

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman's rank order correlation (ρ).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο σημαντικότητας στην έρευνα ορίστηκε να είναι η τιμή $p=0.05$ (ή 95% στάθμη σημαντικότητας). Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το SPSS.

Κεφάλαιο Τέταρτο

Αποτελέσματα

Πίνακας 2. Γενικά περιγραφικά στοιχεία δειγματοληπτικών επιφανειών

Αριθμός Δειγματοληπτικής Επιφάνειας	Κλίση (%)	Υψόμετρο (m)	Τοπογραφική Θέση
1	54	1205	Μέση πλαγιά
2	48	1243	Μέση πλαγιά
3	47	1220	Μέση πλαγιά
4	57	1224	Μέση πλαγιά
5	40	1243	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
6	42	1366	Μέση πλαγιά
7	33	1224	Ρεματιά
8	60	1231	Μέση πλαγιά
9	52	1228	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
10	54	1239	Κορυφογραμμή
11	33	1253	Κορυφογραμμή
12	39	1282	Μέση πλαγιά
13	46	1262	Μέση πλαγιά
14	32	1287	Κορυφογραμμή
15	20	1213	Ρεματιά
16	57	1218	Μέση πλαγιά
17	61	1218	Μέση πλαγιά
18	55	1221	Μέση πλαγιά
19	46	1267	Μέση πλαγιά
20	56	1262	Μέση πλαγιά
21	64	1261	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
22	65	1255	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
23	51	1217	Μέση πλαγιά-Ρεματιά
24	56	1358	Μέση πλαγιά
25	56	1342	Κορυφογραμμή
26	47	1336	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
27	33	1330	Κορυφογραμμή
28	57	1327	Κορυφογραμμή
29	35	1322	Κορυφογραμμή
30	37	1325	Κορυφογραμμή
31	40	1357	Κορυφογραμμή
32	41	1363	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή

33	52	1366	Κορυφογραμμή
34	47	1362	Κορυφογραμμή
35	47	1343	Μέση πλαγιά
36	76	1352	Κορυφογραμμή
37	56	1344	Κορυφογραμμή
38	65	1345	Κορυφογραμμή
39	63	1326	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
40	25	1331	Κορυφογραμμή
41	52	1321	Κορυφογραμμή
42	44	1324	Κορυφογραμμή
43	70	1322	Κορυφογραμμή
44	37	1332	Κορυφογραμμή
45	70	1333	Μέση πλαγιά-Κορυφογραμμή
46	35	1339	Κορυφογραμμή
47	28	1341	Κορυφογραμμή
48	31	1317	Κορυφογραμμή
49	36	1332	Μέση πλαγιά-Ρεματιά
50	40	1328	Ρεματιά

Στον Πίνακα 2 φαίνονται η κλίση, το υψόμετρο και η τοπογραφική θέση για κάθε μια από τις 50 δειγματοληπτικές επιφάνειες. Το υψόμετρο στις δειγματοληπτικές επιφάνειες κυμαίνεται από 1205 μέχρι 1366 μέτρα, ενώ το ποσοστό της κλίσης από 20 μέχρι 76%.

Πίνακας 3. Γενικά περιγραφικά στοιχεία Δειγματοληπτικής επιφάνειας

Αριθμός Δειγματοληπτικής Επιφάνειας	Έκθεση	Συντεταγμένες Κέντρου Δειγματοληπτικής Επιφάνειας
1	BBA	X- 471342 / Ψ-3872202
2	Βόρεια	X- 471275 / Ψ-3872146
3	Νότιο-Ανατολικά	X- 471247 / Ψ-3872117
4	Βόρεια	X- 471390 / Ψ-3872195
5	NNA	X- 471316 / Ψ-3872121
6	Βόρεια	X- 471052 / Ψ-3872538
7	Ανατολική	X- 471277 / Ψ-3872306
8	NNA	X- 471310 / Ψ-3872317
9	Νότιο-Ανατολικά	X- 471364 / Ψ-3872327
10	BBA	X- 471325 / Ψ-3872352
11	Νότια	X- 471272 / Ψ-3872372

12	ΝΑ-Α	X- 471225 / Ψ-3872380
13	Νότιο-Ανατολικά	X- 471168 / Ψ-3872362
14	ΝΑ-Α	X- 471178 / Ψ-3872294
15	Ανατολικά	X- 471243 / Ψ-3872208
16	ΒΑ-Α	X- 471393 / Ψ-3872334
17	ΒΒΑ	X- 471367 / Ψ-3872360
18	Ανατολικά	X- 471304 / Ψ-3872439
19	Ανατολικά	X- 471298 / Ψ-3872469
20	Νότιο-Ανατολικά	X- 471257 / Ψ-3872451
21	Ανατολικά	X- 471310 / Ψ-3872482
22	Ανατολικά	X- 471325 / Ψ-3872502
23	Ανατολικά	X- 471362 / Ψ-3872431
24	Βόρεια	X- 471003 / Ψ-3872515
25	Βόρειο-Ανατολική	X- 471126 / Ψ-3872508
26	Βόρεια	X- 471132 / Ψ-3872522
27	Βόρειο-Ανατολική	X- 471158 / Ψ-3872512
28	ΒΒΑ	X- 471182 / Ψ-3872519
29	Ανατολικά	X- 471205 / Ψ-3872501
30	Ανατολικά	X- 471186 / Ψ-3872499
31	Βόρεια	X- 471074 / Ψ-3872514
32	Βόρειο-Δυτικά	X- 470774 / Ψ-3872987
33	ΔΒΔ	X- 470796 / Ψ-3873033
34	ΒΒΑ	X- 470850 / Ψ-3873116
35	Βόρεια	X- 470829 / Ψ-3873145
36	Βόρειο-Ανατολικά	X- 470869 / Ψ-3873148
37	ΒΑ-Α	X- 470879 / Ψ-3873078
38	Βόρειο-Ανατολικά	X- 470941/ Ψ-3873012
39	ΒΒΑ	X- 470977/ Ψ-3873024
40	ΒΑ-Α	X- 470996/ Ψ-3873001
41	Βόρειο-Ανατολική	X- 471023/ Ψ-3872991
42	Βόρεια	X- 471057/ Ψ-3872970
43	Βόρεια	X- 471086/ Ψ-3872984
44	Βόρεια	X- 471105/ Ψ-3872971
45	Βόρεια	X- 471174/ Ψ-3872982
46	ΒΒΔ	X- 471194/ Ψ-3872964
47	Νότιο-Δυτική	X- 471216/ Ψ-3872979
48	Νότια	X- 470967/ Ψ-3872943
49	Ανατολικά	X- 470898/ Ψ-3872911

Στον Πίνακα 3 φαίνονται η έκθεση και οι συντεταγμένες από το κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

Πίνακας 4. Συσχετίσεις μεταξύ αβιοτικών παραγόντων και Δείκτη Ανταγωνισμού (C.I.).

		Δείκτης Ανταγωνισμού	Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>
Κλίση %	r	0,17	0,23
	P	0,26	0,37
	N	46	18
Υψόμετρο	r	0,05	0,22
	P	0,75	0,38
	N	46	18
Ένταση διάβρωσης	r	-0,07	-0,38
	P	0,65	0,12
	N	46	18
Βραχώδες/ Πετρώδες %	r	-0,28	-0,36
	P	0,06	0,14
	N	46	18
Βάθος εδάφους	r	0,24	0,26
	P	0,11	0,30
	N	46	18
Υγρασία εδάφους	r	0,15	-0,19
	P	0,33	0,44
	N	46	18

Πίνακας 5. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και Δείκτη Ανταγωνισμού (C.I.).

	Δείκτης Ανταγωνισμού	Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	
Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevisfolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	-0,21	-0,45
	P	0,16	0,06
	N	46	18
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevisfolia</i>	r	0,26	-0,24
	P	0,13	0,48
	N	36	11
Μ.Ο. Διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Cedrus brevisfolia</i> (cm)	r	-0,49	-0,37
	P	0,001	0,24
	N	39	12
Μ.Ο. του ύψους στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevisfolia</i> (m)	r	-0,32	-0,40
	P	0,05	0,20
	N	39	12
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r	0,15	0,29
	P	0,38	0,29
	N	36	15
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,54	0,14
	P	0,02	0,73
	N	18	8
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,32	0,13
	P	0,06	0,65
	N	36	15
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus Brutia</i> (cm)	r	-0,26	0,23
	P	0,12	0,42
	N	36	15
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,08	0,18
	P	0,66	0,52
	N	36	15
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevisfolia</i> (cm)	r	-0,51	-0,55
	P	0,0003	0,02
	N	46	18
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevisfolia</i> (m)	r	-0,02	-0,53
	P	0,88	0,02
	N	46	18
Μ.Ο. Απόστασης γειτόνων από νεκρό <i>Cedrus brevisfolia</i> (m)	r	-0,38	0,14
	P	0,010	0,59
	N	46	18

Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,56	0,26
	P	0,0001	0,39
	N	41	13
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	0,12	0,25
	P	0,47	0,42
	N	41	13
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	0,06	0,35
	P	0,71	0,24
	N	40	13
Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> από νεκρό κέδρο (m)	r	-0,23	-0,01
	P	0,16	0,97
	N	40	13
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	r	0,63	0,63
	P	0,006	0,006
	N	17	17
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,21	0,39
	P	0,42	0,12
	N	17	17
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,23	0,37
	P	0,37	0,15
	N	17	17
Βαθμός εδαφοκάλυψης	r	0,03	0,18
	P	0,84	0,46
	N	46	18
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	r	-0,18	0,36
	P	0,24	0,15
	N	44	18
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	-0,46	-0,01
	P	0,002	0,96
	N	42	18

Με βάση τον Πίνακα 5 παρατηρούμε τα εξής:

- Η διάμετρος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερη, όταν η ανταγωνιστική πίεση των γειτόνων μεγαλώνει.
- Το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερο, όταν η ανταγωνιστική πίεση των γειτόνων μεγαλώνει.
- Η διάμετρος των δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μικρότερη, όταν η ανταγωνιστική πίεση των γειτόνων μεγαλώνει.

- Παρατηρείται ότι όταν ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) μόνο από *Pinus brutia* είναι μεγάλος, η διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας εμφανίζεται μειωμένη.
- Παρατηρείται ότι όταν ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) είναι μεγάλος, η διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας εμφανίζεται μειωμένη.
- Παρατηρείται ότι όταν ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) μόνο από *Pinus brutia* είναι μεγάλος, ο μέσος όρος της απόστασης γειτόνων *Pinus brutia* από το νεκρό *Cedrus brevifolia*, εμφανίζεται μειωμένος.
- Παρατηρείται ότι όταν ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) μόνο από *Pinus brutia* είναι μεγάλος, το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* εμφανίζεται μειωμένο.
- Το *Cistus creticus* εμφανίζει μεγαλύτερη εξάπλωση στις ανοικτές συστάδες.
- Όταν η πυκνότητα και βιομάζα των συστάδων από δένδρα αυξάνονται μεγαλώνοντας το δείκτη ανταγωνισμού εντός των επιφανειών δειγματοληψίας, τότε η ηλικία δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μικρότερη.
- Όταν η πυκνότητα και βιομάζα των συστάδων από *Pinus brutia* αυξάνονται μεγαλώνει ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) εντός των επιφανειών δειγματοληψίας.

Πίνακας 6. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και κάλυψη εδάφους από βλάστηση.

	Βαθμός εδαφοκάλυψης	Ποσοστό εδαφοκάλυψης	Ποσοστό εδαφοκάλυψης
		(%) <i>Quercus alnifolia</i>	(%) <i>Cistus creticus</i>
Κλίση %	r	-0,03	0,01
	P	0,86	0,95
	N	50	48
Υψόμετρο	r	0,42	0,04
	P	0,002	0,81
	N	50	48
Ένταση διάβρωσης	r	-0,30	-0,16
	P	0,03	0,27

Βραχώδεις/ Πετρώδεις %	N	50	48	46
	r	-0,39	-0,21	0,02
	P	0,005	0,15	0,90
Βάθος εδάφους	N	50	48	46
	r	0,56	0,23	-0,37
	P	<0,0001	0,11	0,01
Υγρασία εδάφους	N	50	48	46
	r	0,54	0,36	-0,32
	P	<0,0001	0,01	0,03
	N	50	48	46

Με βάση τον Πίνακα 6 παρατηρούμε τα εξής:

- Σε μεγαλύτερο υψόμετρο παρατηρείται να υπάρχει μεγαλύτερη εδαφοκάλυψη.
- Σε χαμηλότερα υψόμετρα παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό της εδαφοκάλυψης από *Cistus creticus*.
- Παρατηρείται ότι όταν υπάρχει μεγαλύτερη ένταση στη διάβρωση του εδάφους, ο βαθμός εδαφοκάλυψης είναι μικρότερος.
- Όταν υπάρχει αυξημένο ποσοστό βραχώδους επιφάνειας, ο βαθμός εδαφοκάλυψης είναι μειωμένος.
- Παρατηρείται ότι σε περιοχές με μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος, ο βαθμός εδαφοκάλυψης είναι αυξημένος.
- Παρατηρείται ότι σε περιοχές με περισσότερη υγρασία στο έδαφος, ο βαθμός εδαφοκάλυψης είναι αυξημένος.
- Το ποσοστό εδαφοκάλυψης από *Quercus alnifolia* παρατηρείται να είναι αυξημένο όταν και η υγρασία του εδάφους είναι αυξημένη.
- Σε περιοχές με μειωμένο το ποσοστό εδαφοκάλυψης με *Cistus creticus*, η υγρασία στο έδαφος παρουσιάζεται αυξημένη.
- Παρατηρείται ότι με αυξημένο ποσοστό εδαφοκάλυψης από *Cistus creticus* το βάθος του εδάφους είναι μικρότερο.

Πίνακας 7. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και κάλυψη εδάφους από κάλυψη.

	Βαθμός εδαφοκάλυψης	Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>
Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevifolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	<0,0001	-0,09
	P	0,03	0,52
	N	50	48
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,36	-0,10
	P	0,03	0,56
	N	38	36
Μ.Ο. Διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	-0,22	-0,13
	P	0,16	0,43
	N	41	39
Μ.Ο. του ύψους στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	0,05	-0,03
	P	0,74	0,87
	N	41	39
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r	-0,07	-0,03
	P	0,68	0,85
	N	39	39
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus Brutia</i> (cm)	r	-0,40	-0,08
	P	0,08	0,73
	N	20	20
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus Brutia</i> (cm)	r	-0,36	-0,11
	P	0,03	0,51
	N	39	39
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus Brutia</i> (cm)	r	-0,22	-0,04
	P	0,17	0,80
	N	39	39
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus Brutia</i> (cm)	r	-0,40	-0,35
	P	0,01	0,03
	N	39	39
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	0,11	-0,14
	P	0,43	0,36
	N	50	48
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	0,40	0,38
	P	0,004	0,007
	N	50	48
Μ.Ο. Απόστασης γειτόνων από νεκρό <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	-0,22	-0,06
	P	0,14	0,68
	N	47	45
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,22	-0,41
	P	0,16	0,01

	N	41	39	37
	r	0,03	0,20	0,31
M.O. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	P	0,87	0,23	0,06
	N	41	39	37
	r	0,09	0,28	0,33
M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	P	0,60	0,09	0,05
	N	40	38	36
	r	0,15	0,26	0,22
M.O. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> από νεκρό κέδρο (m)	P	0,35	0,12	0,20
	N	40	38	36
	r	-0,09	0,22	0,06
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	P	0,71	0,38	0,81
	N	18	18	18
	r	0,38	0,17	0,09
M.O. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	P	0,12	0,51	0,74
	N	18	18	18
	r	0,43	0,19	0,00
M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	P	0,07	0,45	0,99
	N	18	18	18
	r		0,59	-0,34
	P		<0,0001	0,02
Βαθμός εδαφοκάλυψης	N		48	46
	r			0,22
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	P			0,14
	N			46
	r	0,03	-0,18	-0,46
	P	0,84	0,24	0,002
Δείκτης Ανταγωνισμού	N	46	44	42
	r	0,18	0,36	-0,01
Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	P	0,46	0,15	0,96
	N	18	18	18

Με βάση τον Πίνακα 7 παρατηρούμε τα εξής:

- Στις περιπτώσεις που παρατηρείται αυξημένη εδαφοκάλυψη από *Cistus creticus*, ο συνολικός αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μειωμένος.
- Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται ο βαθμός εδαφοκάλυψης, ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia* μειώνεται.
- Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό εδαφοκάλυψης της *Cistus creticus*, ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia* αυξάνεται.

- Όταν ο βαθμός εδαφοκάλυψης είναι μεγαλύτερος, η ηλικία δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μικρότερη.
- Όταν το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Quercus alnifolia* είναι μεγαλύτερο, η ηλικία δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μικρότερη.
- Όταν υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό εδαφοκάλυψης με *Quercus alnifolia* το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* είναι μεγαλύτερο.
- Ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia* είναι μειωμένος όπου η εδαφοκάλυψη *Cistus creticus* είναι αυξημένη.
- Το *Cistus creticus* εμφανίζει μεγαλύτερη εξάπλωση στις ανοικτές συστάδες.
- Παρατηρείται ότι όταν υπάρχει μειωμένος βαθμός εδαφοκάλυψης, το ποσοστό εδαφοκάλυψης *Cistus creticus* είναι αυξημένο.

Πίνακας 8. Συσχετίσεις αβιοτικών παραγόντων με δεδομένα από τα γειτονικά δέντρα *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

		Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	M.O. Στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. απόστασης γειτόνων <i>Pinus brutia</i> από νεκρό κέδρο (m)
Κλίση %	r	0,12	-0,28	-0,23	-0,37
	P	0,64	0,26	0,35	0,13
	N	18	18	18	18
Υψόμετρο	r	0,07	-0,09	-0,06	-0,32
	P	0,78	0,71	0,80	0,19
	N	18	18	18	18
Ένταση διάβρωσης	r	-0,05	-0,21	-0,19	0,19
	P	0,84	0,40	0,45	0,46
	N	18	18	18	18
Βραχώδες/ Πετρώδες %	r	-0,08	-0,61	-0,59	0,12
	P	0,74	0,007	0,01	0,64
	N	18	18	18	18
Βάθος εδάφους	r	0,18	0,12	0,10	-0,24

Υγρασία εδάφους	P	0,46	0,63	0,68	0,33
	N	18	18	18	18
	r	-0,06	-0,13	-0,11	-0,14
	P	0,83	0,61	0,67	0,58
	N	18	18	18	18

Με βάση τον Πίνακα 8 παρατηρούμε τα εξής:

- Όταν υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό βραχώδης και πετρώδης επιφάνειας ο μέσος όρος της στηθιαίας διαμέτρου των γειτόνων *Pinus brutia* είναι μειωμένος.
- Παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού στους γείτονες *Pinus brutia* είναι αυξημένος όταν το ποσοστό της βραχώδης και πετρώδης επιφάνειας εμφανίζεται μειωμένο.

Πίνακας 9. Συσχετίσεις βιοτικών παραγόντων με δεδομένα από τα γειτονικά δέντρα *Pinus brutia* του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

		Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	M.O. Στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. απόστασης γειτόνων <i>Pinus brutia</i> από νεκρό <i>Cedrus brevifolia</i> (m)
Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevifolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	-0,29	-0,35	-0,34	0,39
	P	0,24	0,15	0,17	0,11
	N	18	18	18	18
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,19	-0,12	-0,07	0,10
	P	0,59	0,75	0,85	0,78
	N	10	10	10	10
M.O. Διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	-0,32	-0,34	-0,43	0,26
	P	0,33	0,30	0,18	0,45
	N	11	11	11	11
M.O. του ύψους στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	-0,39	-0,05	-0,15	0,43
	P	0,24	0,87	0,67	0,18
	N	11	11	11	11
	r	0,33	-0,34	-0,26	-0,30

	P	0,23	0,22	0,36	0,27
	N	15	15	15	15
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,07	-0,02	-0,02	0,29
	P	0,88	0,97	0,97	0,53
	N	7	7	7	7
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,03	0,18	0,12	0,19
	P	0,91	0,52	0,68	0,49
	N	15	15	15	15
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,16	0,14	0,07	-0,03
	P	0,56	0,62	0,81	0,92
	N	15	15	15	15
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,03	0,21	0,14	0,21
	P	0,91	0,44	0,61	0,44
	N	15	15	15	15
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevisfolia</i> (cm)	r	-0,71	0,14	0,11	0,30
	P	0,001	0,59	0,65	0,23
	N	18	18	18	18
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevisfolia</i> (m)	r	-0,27	0,08	0,09	0,29
	P	0,29	0,76	0,72	0,24
	N	18	18	18	18
Μ.Ο. Απόστασης γειτόνων από νεκρό <i>Cedrus brevisfolia</i> (m)	r	0,05	0,40	0,38	0,36
	P	0,85	0,10	0,12	0,14
	N	18	18	18	18
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevisfolia</i>	r	0,25	0,17	0,21	-0,12
	P	0,40	0,59	0,50	0,69
	N	13	13	13	13
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevisfolia</i> (cm)	r	0,22	0,04	0,08	-0,42
	P	0,46	0,89	0,79	0,15
	N	13	13	13	13
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevisfolia</i> (cm)	r	0,22	0,14	0,18	-0,46
	P	0,46	0,65	0,57	0,11
	N	13	13	13	13
Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevisfolia</i> από νεκρό κέδρο (m)	r	-0,27	0,08	0,08	-0,31
	P	0,38	0,80	0,79	0,30
	N	13	13	13	13
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	r		-0,06	-0,08	-0,25
	P		0,81	0,74	0,31
	N		18	18	18
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r			0,99	0,22
	P			0,000001	0,39
	N			18	18
	r				0,23

	P				0,35
	N				18
Βαθμός εδαφοκάλυψης	r	-0,09	0,38	0,43	-0,20
	P	0,71	0,12	0,07	0,42
	N	18	18	18	18
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	r	0,22	0,17	0,19	-0,35
	P	0,38	0,51	0,45	0,16
	N	18	18	18	18
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	0,06	0,09	0,00	0,02
	P	0,81	0,74	0,99	0,93
	N	18	18	18	18
Δείκτης Ανταγωνισμού	r	0,63	0,21	0,23	-0,40
	P	0,006	0,42	0,37	0,11
	N	17	17	17	17
Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	r	0,63	0,39	0,37	-0,55
	P	0,006	0,12	0,15	0,02
	N	17	17	17	17

Με βάση τον Πίνακα 9 παρατηρούμε ότι όπου παρατηρείται αυξημένη διάμετρος στη βάση του κορμού του νεκρού *Cedrus brevifolia*, ο αριθμός των γειτόνων *Pinus brutia* μειώνεται.

Πίνακας 10. Συσχετίσεις μεταξύ αβιοτικών παραγόντων και δεδομένων από τα δενδρύλλια *Pinus brutia*.

		Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)
Κλίση %	r	-0,05	-0,23	-0,27	-0,08
	P	0,79	0,32	0,10	0,62
	N	39	20	39	39
Υψόμετρο	r	0,34	-0,23	-0,21	-0,19
	P	0,03	0,33	0,20	0,24
	N	39	20	39	39
Ένταση διάβρωσης	r	-0,01	-0,34	-0,25	-0,15
	P	0,93	0,14	0,12	0,36
	N	39	20	39	39

Βραχώδεις/ Πετρώδεις %	r	0,03	-0,05	-0,02	-0,13	-0,03
	P	0,84	0,84	0,89	0,43	0,85
	N	39	20	39	39	39
Βάθος εδάφους	r	0,03	-0,09	-0,10	0,03	-0,02
	P	0,87	0,70	0,55	0,86	0,90
	N	39	20	39	39	39
Υγρασία εδάφους	r	-0,15	-0,58	-0,41	-0,32	-0,35
	P	0,36	0,007	0,009	0,05	0,03
	N	39	20	39	39	39

Με βάση τον Πίνακα 10 παρατηρούμε τα εξής:

- Παρατηρείται ότι τα δενδρύλλια *Pinus brutia* αυξάνονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα.
- Όταν η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη, παρατηρείται αυξημένη στηθιαία διάμετρος δενδρυλλίων *Pinus brutia*.
- Όταν η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη, παρατηρείται αυξημένη στηθιαία διάμετρος δενδρυλλίων *Pinus brutia*.
- Όταν η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη, παρατηρείται μεγαλύτερο ύψος δενδρυλλίων *Pinus brutia*.
- Όταν η υγρασία στο έδαφος είναι μεγαλύτερη υπάρχουν νεαρότερα σε ηλικία δενδρύλλια *Pinus brutia*.
- Όταν παρατηρείται μειωμένη υγρασία τα δενδρύλλια *Pinus brutia* είναι μεγαλύτερα σε ηλικία.

Πίνακας 11. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και δεδομένων από τα δενδρύλλια *Pinus brutia*.

Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevipolia</i> στη	r	Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	M.O. στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	M.O. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	
		N	r	P	N	r	P
		39	-0,11	0,49	39	-0,02	0,90
		20	-0,06	0,80	39	-0,02	0,90
		39	0,01	0,96	39	-0,02	0,90
		39	-0,07	0,66	39	-0,02	0,90

περιοχή δειγματοληψίας %						
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevipolia</i>	r	0,26	-0,27	-0,38	-0,41	-0,34
	P	0,16	0,29	0,04	0,02	0,07
	N	30	17	30	30	30
Μ.Ο. Διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Cedrus brevipolia</i> (cm)	r	-0,01	0,23	0,33	0,33	0,26
	P	0,95	0,38	0,07	0,06	0,16
	N	32	17	32	32	32
Μ.Ο. του ύψους στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevipolia</i> (m)	r	-0,27	-0,001	0,04	0,15	0,15
	P	0,13	0,10	0,83	0,41	0,43
	N	32	17	32	32	32
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r		0,10	0,06	-0,02	-0,04
	P		0,68	0,70	0,91	0,80
	N		20	39	39	39
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r			0,95	0,88	0,69
	P			0,000001	0,000001	0,00071353
	N			20	20	20
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r				0,88	0,82
	P				0,000001	0,000001
	N				39	39
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r					0,82
	P					0,000001
	N					39
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevipolia</i> (cm)	r	-0,19	0,19	0,12	0,06	0,07
	P	0,25	0,41	0,46	0,73	0,68
	N	39	20	39	39	39
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevipolia</i> (m)	r	-0,45	-0,16	-0,09	-0,01	-0,16
	P	0,005	0,51	0,60	0,96	0,32
	N	39	20	39	39	39

M.O. Απόστασης γειτόνων από νεκρό <i>Cedrus brevipolia</i> (m)	r	0,06	0,44	0,32	0,26	0,21
	P	0,71	0,07	0,06	0,12	0,20
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevipolia</i>	N	37	18	37	37	37
	r	0,11	-0,02	-0,19	-0,11	0,27
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevipolia</i> (cm)	P	0,55	0,95	0,31	0,54	0,14
	N	31	14	31	31	31
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevipolia</i> (cm)	r	0,00	0,08	-0,04	0,04	-0,05
	P	0,99	0,78	0,83	0,84	0,77
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevipolia</i> (cm)	N	31	14	31	31	31
	r	0,07	0,23	0,02	0,06	-0,05
Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevipolia</i> από νεκρό κέδρο (m)	P	0,70	0,46	0,93	0,76	0,79
	N	30	13	30	30	30
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	r	0,25	0,17	-0,20	-0,36	-0,32
	P	0,19	0,58	0,29	0,05	0,08
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	N	30	13	30	30	30
	r	0,33	-0,07	-0,03	0,16	-0,03
Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Pinus brutia</i> από νεκρό κέδρο (m)	P	0,23	0,88	0,91	0,56	0,91
	N	15	7	15	15	15
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,34	-0,02	0,18	0,14	0,21
	P	0,22	0,97	0,52	0,62	0,44
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	N	15	7	15	15	15
	r	-0,26	-0,02	0,12	0,07	0,14
Βαθμός εδαφοκάλυψης	P	0,36	0,97	0,68	0,81	0,61
	N	15	7	15	15	15
Ποσοστό εδαφοκάλυψης	r	-0,07	-0,40	-0,36	-0,22	-0,40
	P	0,68	0,08	0,03	0,17	0,01
Ποσοστό εδαφοκάλυψης	N	39	20	39	39	39
	r	-0,03	-0,08	-0,11	-0,04	-0,35
	P	0,85	0,73	0,51	0,80	0,03

(%) <i>Quercus alnifolia</i> Ποσοστό εδαφοκάλυψης	N	39	20	39	39	39
	r	-0,11	0,39	0,33	0,28	0,16
	P	0,51	0,09	0,04	0,08	0,33
(%) <i>Cistus creticus</i>	N	39	20	39	39	39
	r	0,15	-0,54	-0,32	-0,26	-0,08
	P	0,38	0,02	0,06	0,12	0,66
Δείκτης Ανταγωνισμού Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	N	36	18	36	36	36
	r	0,29	0,14	0,13	0,23	0,18
	P	0,29	0,73	0,65	0,42	0,52
	N	15	8	15	15	15

Πίνακας 12. Συσχετίσεις μεταξύ αβιοτικών παραγόντων και δεδομένων από τα γειτονικά δέντρα *Cedrus brevifolia*, του νεκρού κέδρου της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

		Μ.Ο. Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus</i> <i>brevifolia</i>	Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus</i> <i>brevifolia</i> (cm)	Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus</i> <i>brevifolia</i> (cm)	Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus</i> <i>brevifolia</i> από νεκρό κέδρο (m)
Κλίση %	r	0,00098	0,13	0,04	-0,28
	P	1,00	0,41	0,81	0,08
	N	41	41	40	40
Υψόμετρο	r	0,41	-0,26	-0,18	0,16
	P	0,007	0,10	0,26	0,33

Ένταση διάβρωσης	N	41	41	40	40
	r	-0,08	-0,09	-0,22	-0,06
	P	0,61	0,59	0,18	0,73
Βραχώδες/ Πετρώδες %	N	41	41	40	40
	r	-0,28	0,00	-0,14	-0,19
	P	0,08	0,99	0,40	0,24
Βάθος εδάφους	N	41	41	40	40
	r	0,46	0,04	0,08	0,10
	P	0,003	0,80	0,64	0,53
Υγρασία εδάφους	N	41	41	40	40
	r	0,33	-0,18	-0,19	0,26
	P	0,04	0,26	0,25	0,10
	N	41	41	40	40

Με βάση τον Πίνακα 12 παρατηρούμε τα εξής:

- Σε μεγαλύτερο υψόμετρο αυξάνεται ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia*.
- Στις περιοχές με μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος είναι μεγαλύτερος και ο αριθμός γειτόνων.
- Στις περιοχές με μεγαλύτερη υγρασία στο έδαφος ο αριθμός γειτόνων είναι μεγαλύτερος.

Πίνακας 13. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και δεδομένων από τα γειτονικά δέντρα *Cedrus brevifolia*, τού νεκρού κέδρου της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

		Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	Μ.Ο. στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> από νεκρό κέδρο (m)
Ποσοστό θνησιμότητας κέδρου στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	-0,38	-0,01	-0,16
	P	0,02	0,95	0,22
	N	41	41	40
	r	0,52	-0,26	-0,31

	P	0,002	0,13	0,08	0,45
	N	34	34	33	33
Μ.Ο. Διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	-0,27	-0,29	-0,27	-0,13
	P	0,11	0,08	0,11	0,45
	N	37	37	36	36
Μ.Ο. του ύψους στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	0,00	-0,35	-0,36	0,04
	P	0,99	0,04	0,03	0,79
	N	37	37	36	36
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r	0,11	0,00	0,07	0,25
	P	0,55	0,99	0,70	0,19
	N	31	31	30	30
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,02	0,08	0,23	0,17
	P	0,95	0,78	0,46	0,58
	N	14	14	13	13
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,19	-0,04	0,02	-0,20
	P	0,31	0,83	0,93	0,29
	N	31	31	30	30
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,11	0,04	0,06	-0,36
	P	0,54	0,84	0,76	0,05
	N	31	31	30	30
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,27	-0,05	-0,05	-0,32
	P	0,14	0,77	0,79	0,08
	N	31	31	30	30
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	-0,03	0,07	-0,03	0,08
	P	0,87	0,68	0,84	0,63
	N	41	41	40	40
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	-0,08	0,25	0,14	-0,02
	P	0,63	0,11	0,38	0,90
	N	41	41	40	40
Μ.Ο. Απόστασης γειτόνων από νεκρό κέδρο (m)	r	-0,12	-0,10	0,06	0,50
	P	0,47	0,53	0,73	0,001
	N	41	41	40	40
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i>	r		-0,14	-0,17	0,11
	P		0,39	0,30	0,49
	N		41	40	40
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r			0,92	-0,03
	P			0,000001	0,85
	N			40	40
	r				0,14

	P				0,39
	N				40
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	r	0,25	0,22	0,22	-0,27
	P	0,40	0,46	0,46	0,38
	N	13,00	13,00	13,00	13,00
Μ.Ο. στηθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,17	0,04	0,14	0,08
	P	0,59	0,89	0,65	0,80
	N	13	13	13	13
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	0,21	0,08	0,18	0,08
	P	0,50	0,79	0,57	0,79
	N	13	13	13	13
Βαθμός εδαφοκάλυψης	r	0,22	0,03	0,09	0,15
	P	0,16	0,87	0,60	0,35
	N	41	41	40	40
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	r	-0,41	0,20	0,28	0,26
	P	0,01	0,23	0,09	0,12
	N	39	39	38	38
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	-0,65	0,31	0,33	0,22
	P	<0,0001	0,06	0,05	0,20
	N	37	37	36	36
Δείκτης Ανταγωνισμού	r	0,56	0,12	0,06	-0,23
	P	0,0001	0,47	0,71	0,16
	N	41	41	40	40
Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	r	0,26	0,25	0,35	-0,01
	P	0,39	0,42	0,24	0,97
	N	13	13	13	13

Με βάση τον Πίνακα 13 παρατηρούμε ότι στην παρουσία υψηλού αριθμού γειτόνων *Cedrus brevifolia*, υπάρχει μειωμένο ποσοστό θνησιμότητας του *Cedrus brevifolia*.

Πίνακας 14. Συσχετίσεις μεταξύ αβιοτικών παραγόντων και δεδομένα από τα δενδρύλλια *Cedrus brevifolia*, τη θνησιμότητα στην περιοχή μελέτης, και δεδομένα από το νεκρό *Cedrus brevifolia*, που βρίσκεται το κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

		Ποσοστό θνησιμότη- τας <i>Cedrus brevefolia</i> στη περιοχή δειγματολ- ησίας %	Συνολικ- ός αριθμός δενδρυλ- λίων <i>Cedrus brevefoli- a</i>	M.O. Διαμέτρ- ου στη βάση του κορμού στα δενδρύλ- λια <i>Cedrus brevefoli- a</i> (cm)	M.O. του ύψους στα δενδρύλ- λια <i>Cedrus brevefoli- a</i> (m)	M.O. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλ- λια <i>Cedrus brevefoli- a</i>	Διάμετ- ρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevefoli- a</i> (cm)	Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevefo- lia</i> (m)
Κλίση %	r	0,20	-0,13	-0,32	-0,37	-0,30	-0,18	-0,09
	P	0,16	0,45	0,04	0,02	0,06	0,21	0,54
	N	50	38	41	41	41	50	50
Υψόμετρο	r	-0,30	0,46	-0,03	0,00	-0,01	0,01	-0,18
	P	0,03	0,004	0,83	0,99	0,97	0,94	0,21
	N	50	38	41	41	41	50	50
Ένταση διάβρωσης	r	0,27	0,10	-0,05	-0,03	-0,09	0,23	-0,14
	P	0,06	0,55	0,76	0,83	0,59	0,11	0,34
	N	50	38	41	41	41	50	50
Βραχώδεις/ Πετρώδεις %	r	0,38	0,00	0,26	-0,02	0,15	0,16	-0,19
	P	0,007	0,99	0,10	0,93	0,34	0,27	0,19
	N	50	38	41	41	41	50	50
Βάθος εδάφους	r	-0,32	0,23	-0,28	0,04	-0,11	-0,17	0,19
	P	0,02	0,17	0,07	0,79	0,51	0,25	0,18
	N	50	38	41	41	41	50	50
Υγρασία εδάφους	r	0,08	0,42	-0,18	-0,01	-0,15	-0,15	0,34
	P	0,60	0,01	0,26	0,95	0,35	0,31	0,01
	N	50	38	41	41	41	50	50

Με βάση τον Πίνακα 14 παρατηρούμε τα εξής:

- Σε μικρότερη κλίση του εδάφους αυξάνεται η διάμετρος των δενδρυλλίων *Cedrus brevefolia* στη βάση του κορμού.
- Σε μικρότερη κλίση του εδάφους αυξάνεται το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevefolia*.
- Σε χαμηλότερο υψόμετρο παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας.
- Όταν υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας στο έδαφος, το ύψος των *Cedrus brevefolia* είναι μεγαλύτερο.

- Σε μεγαλύτερα υψόμετρα παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός δενδρυλλίων του *Cedrus brevifolia*.
- Στις δειγματοληπτικές επιφάνειες με εμφάνιση μεγαλύτερου ποσοστού βράχων και πέτρας το ποσοστό θνησιμότητας *Cedrus brevifolia* στη περιοχή δειγματοληψίας αυξάνεται.
- Στις περιοχές που υπάρχει μεγαλύτερη υγρασία στο έδαφος, ο αριθμός των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μεγαλύτερος.
- Σε μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος η θνησιμότητα θνησιμότητας του *Cedrus brevifolia* στη περιοχή δειγματοληψίας είναι λιγότερη.
- Όταν παρατηρείται μειωμένη υγρασία η διάμετρος στη βάση του κορμού των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται.

Πίνακας 15. Συσχετίσεις μεταξύ αβιοτικών παραγόντων.

N=50		Κλίση %	Υψόμετρο	Ένταση διάβρωσης	Βραχώδεις/ Πετρώδεις %	Βάθος εδάφους
Υψόμετρο	r	-0,05				
	P	0,71				
Ένταση διάβρωσης	r	0,22	-0,14			
	P	0,12	0,33			
Βραχώδεις/ Πετρώδεις %	r	0,29	-0,15	0,51		
	P	0,04	0,28	0,0002		
Βάθος εδάφους	r	-0,11	0,39	-0,26	-0,52	
	P	0,46	0,006	0,06	0,0001	
Υγρασία εδάφους	r	0,03	0,37	-0,03	-0,20	0,53
	P	0,82	0,008	0,83	0,17	0,0001

Με βάση τον Πίνακα 15 παρατηρούμε τα εξής:

- Η κλίση του εδάφους δεν αυξάνεται όταν αυξάνεται το υψόμετρο.
- Σε μεγαλύτερο ποσοστό κλίσης του εδάφους παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό βραχώδους επιφάνειας.
- Σε περιοχές με αυξημένη την ένταση της διάβρωσης η βραχώδης επιφάνεια είναι αυξημένη.
- Σε μεγαλύτερα υψόμετρα υπάρχει μεγαλύτερη υγρασία στο έδαφος.

- Σε μεγαλύτερα υψόμετρα υπάρχει μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος.
- Το βάθος του εδάφους παρατηρείται μεγαλύτερο σε περιοχές με μικρότερα ποσοστά σε βραχώδη επιφάνεια.

Πίνακας 16. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και δεδομένα από τα δενδρύλλια *Cedrus brevifolia*.

		M.O. Διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)			M.O. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)
Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevifolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	-0,27	0,23	0,02	0,13	0,05
	P	0,10	0,16	0,89	0,42	0,71
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i>	N	38	41	41	41	50
	r		-0,04	0,12	0,06	0,08
M.O. Διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια	P		0,82	0,46	0,73	0,65
	N		38	38	38	38
	r			0,72	0,90	-0,02
	P			0,000001	0,000001	0,91
	N			41	41	41

<i>Cedrus brevifolia</i> (cm)						
M.O. του ύψους στα δενδρύλλια	r				0,78	0,03
	P				0,000001	0,83
<i>Cedrus brevifolia</i> (m)	N				41	41
M.O. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια	r					-0,08
	P					0,64
<i>Cedrus brevifolia</i>	N					41
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων	r	0,26	-0,01	-0,27	-0,11	-0,19
	P	0,16	0,95	0,13	0,55	0,25
<i>Pinus brutia</i>	N	30	32	32	32	39
M.O. στηθιαίας διαμέτρου στα δενδρύλλια	r	-0,27	0,23	0,00	0,12	0,19
	P	0,29	0,38	1,00	0,65	0,41
<i>Pinus brutia</i> (cm)	N	17	17	17	17	20
M.O. διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια	r	-0,38	0,33	0,04	0,22	0,12
	P	0,04	0,07	0,83	0,23	0,46
<i>Pinus brutia</i> (cm)	N	30	32	32	32	39
M.O. ύψους στα δενδρύλλια	r	-0,41	0,33	0,15	0,23	0,06
	P	0,02	0,06	0,41	0,20	0,73
<i>Pinus brutia</i> (cm)	N	30	32	32	32	39
M.O. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια	r	-0,34	0,26	0,15	0,24	0,07
	P	0,07	0,16	0,43	0,19	0,68
<i>Pinus brutia</i> (cm)	N	30	32	32	32	39

Διάμετρος στη	r					
βάση του κορμού	P					
νεκρού <i>Cedrus</i>						
<i>brevifolia</i> (cm)	N					
Μ.Ο. Απόστασης	r	-0,10	0,17	0,20	0,14	0,16
γειτόνων από	P	0,55	0,29	0,23	0,40	0,28
<i>Cedrus brevifolia</i>						
(m)	N	36	39	39	39	47
Συνολικός	r	0,52	-0,27	0,00	-0,16	-0,03
αριθμός	P	0,002	0,11	0,99	0,34	0,87
γειτόνων <i>Cedrus</i>						
<i>brevifolia</i>	N	34	37	37	37	41
Μ.Ο. στηθιαίας	r	-0,26	-0,29	-0,35	-0,27	0,07
διαμέτρου	P	0,13	0,08	0,04	0,11	0,68
γειτόνων <i>Cedrus</i>						
<i>brevifolia</i> (cm)	N	34	37	37	37	41
Μ.Ο. διαμέτρου	r	-0,31	-0,27	-0,36	-0,27	-0,03
στη βάση του	P	0,08	0,11	0,03	0,11	0,84
κορμού γειτόνων						
<i>Cedrus brevifolia</i>						
(cm)	N	33	36	36	36	40
Μ.Ο. απόστασης	r	0,14	-0,13	0,04	-0,15	0,08
γειτόνων <i>Cedrus</i>	P	0,45	0,45	0,79	0,40	0,63
<i>brevifolia</i> από						
νεκρό κέδρο (m)	N	33	36	36	36	40
Συνολικός	r	0,19	-0,32	-0,39	-0,39	-0,71
αριθμός	P	0,59	0,33	0,24	0,24	0,00
γειτόνων <i>Pinus</i>						
<i>brutia</i>	N	10	11	11	11	18
Μ.Ο. στηθιαίας	r	-0,12	-0,34	-0,05	-0,24	0,14
διαμέτρου	P	0,75	0,30	0,87	0,48	0,59
	N	10	11	11	11	18

γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)						
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,07	-0,43	-0,15	-0,35	0,11
	P	0,85	0,18	0,67	0,30	0,65
	N	10	11	11	11	18
Βαθμός εδαφοκάλυψης Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	r	0,36	-0,22	0,05	-0,23	0,11
	P	0,03	0,16	0,74	0,15	0,43
	N	38	41	41	41	50
	r	-0,10	-0,13	-0,03	-0,21	-0,14
	P	0,56	0,43	0,87	0,20	0,36
	N	36	39	39	39	48
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	-0,63	0,11	-0,03	-0,11	0,18
	P	<0,0001	0,52	0,88	0,52	0,24
	N	34	37	37	37	46
Δείκτης Ανταγωνισμού	r	0,26	-0,49	-0,32	-0,38	-0,51
	P	0,13	0,001	0,05	0,02	0,00
	N	36	39	39	39	46
Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	r	-0,24	-0,37	-0,40	-0,41	-0,55
	P	0,48	0,24	0,20	0,18	0,02
	N	11	12	12	12	18

Με βάση τον Πίνακα 16 παρατηρούμε τα εξής:

- Όταν παρατηρείται μεγάλος βαθμός εδαφοκαλυψης υπάρχει και μεγαλύτερος αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*.
- Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η διάμετρος στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia* αυξάνεται και ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*.

- Το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερο, όταν η διάμετρος των γειτόνων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται
- Το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερο, όταν η διάμετρος των γειτόνων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται.
- Στις δειγματοληπτικές επιφάνειες που παρατηρείται ότι τα δενδρύλλια *Pinus brutia* έχουν μεγαλύτερη διάμετρο στη βάση του κορμού, υπάρχει μικρότερος αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*.
- Όταν υπάρχει μικρότερος αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* παρατηρείται ότι το ύψος των δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μεγαλύτερο.
- Σε μεγαλύτερη πυκνότητα γειτόνων *Cedrus brevifolia* παρατηρείται ότι ο αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται.

Πίνακας 17. Συσχετίσεις μεταξύ βιοτικών παραγόντων και δεδομένα από τη θνησιμότητα στην περιοχή μελέτης και δεδομένα από το νεκρό *Cedrus brevifolia*, που βρίσκεται το κέντρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας.

	Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevifolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (m)
Ποσοστό θνησιμότητας <i>Cedrus brevifolia</i> στη περιοχή δειγματοληψίας %	r	0,17
	P	0,24
	N	50
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,04
	P	0,79
	N	38
Μ.Ο. Διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	r	-0,16
	P	0,32
	N	41
	r	0,01

	P		0,96
	N		41
	r		-0,14
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Cedrus brevifolia</i>	P		0,37
	N		41
	r	-0,11	-0,45
Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	P	0,49	0,005
	N	39	39
	r	-0,06	-0,16
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου στα δενδρύλλια <i>Pinus Brutia</i> (cm)	P	0,80	0,51
	N	20	20
	r	0,01	-0,09
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Pinus brutia</i> (cm)	P	0,96	0,60
	N	39	39
	r	-0,02	-0,01
Μ.Ο. ύψους στα δενδρύλλια <i>Pinus brutia</i> (cm)	P	0,90	0,96
	N	39	39
	r	-0,07	-0,16
Μ.Ο. ηλικίας στη βάση του κορμού στα δενδρύλλια <i>Pinus brutia</i> (cm)	P	0,66	0,32
	N	39	39
	r		0,22
Διάμετρος στη βάση του κορμού νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	P		0,13
	N		50
	r	-0,11	-0,20
Μ.Ο. Απόστασης γειτόνων από <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	P	0,47	0,18
	N	47	47
	r	-0,38	-0,08
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i>	P	0,02	0,63
	N	41	41
	r	-0,01	0,25
Μ.Ο. στήθιαίας διαμέτρου γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	P	0,95	0,11
	N	41	41
	r	-0,16	0,14
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> (cm)	P	0,32	0,38
	N	40	40
	r	-0,20	-0,02
Μ.Ο. απόστασης γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i> από νεκρό κέδρο (m)	P	0,22	0,90
	N	40	40
	r	-0,29	-0,27
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Pinus brutia</i>	P	0,24	0,29
	N	18	18
	r	-0,35	0,08

	P	0,15	0,76
	N	18	18
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού γειτόνων <i>Pinus brutia</i> (cm)	r	-0,34	0,09
	P	0,17	0,72
	N	18	18
Βαθμός εδαφοκάλυψης	r	-0,31	0,40
	P	0,03	0,00
	N	50	50
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Quercus alnifolia</i>	r	-0,09	0,38
	P	0,52	0,01
	N	48	48
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	0,14	0,13
	P	0,34	0,40
	N	46	46
Δείκτης Ανταγωνισμού	r	-0,21	-0,02
	P	0,16	0,88
	N	46	46
Δείκτης Ανταγωνισμού μόνο σε <i>Pinus brutia</i>	r	-0,45	-0,53
	P	0,06	0,02
	N	18	18

Με βάση τον Πίνακα 17 παρατηρούμε τα εξής:

- Οι επιφάνειες δειγματοληψίας με μικρή εδαφοκάλυψη βρίσκονται συνήθως σε περιοχές με υψηλότερη θνησιμότητα.
- Υπάρχει μικρότερος αριθμός δενδρυλλίων *Pinus brutia*, όταν το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερο.
- Η θνησιμότητα *Cedrus brevifolia* στη περιοχή δειγματοληψίας μειώνεται όταν το ποσοστό εδαφοκάλυψης εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερο.
- Παρατηρείται ότι στην παρουσία υψηλού αριθμού γειτόνων *Cedrus brevifolia*, υπάρχει μειωμένο ποσοστό θνησιμότητας του *Cedrus brevifolia*.

Πίνακας 18. Στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις βιοτικών παραγόντων με το συνολικό αριθμό δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*.

Συνολικός αριθμός
δενδρυλλίων *Cedrus
brevifolia*

Βαθμός εδαφοκάλυψης	r	0,36
	P	0,03
	N	38
Ποσοστό εδαφοκάλυψης (%) <i>Cistus creticus</i>	r	-0,63
	P	<0,0001
	N	34
Μ.Ο. διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r	-0,38
	P	0,04
	N	30
Μ.Ο. ύψους δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>	r	-0,41
	P	0,02
	N	30
Συνολικός αριθμός γειτόνων <i>Cedrus brevifolia</i>	r	0,52
	P	0,002
	N	34

Πίνακας 19. Στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις αβιοτικών παραγόντων με το συνολικό αριθμό δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia*.

		Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Cedrus brevifolia</i>
Υψόμετρο	r	0,46
	P	0,004
	N	38
Υγρασία εδάφους	r	0,42
	P	0,01
	N	38

Πίνακας 20. Στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις βιοτικών παραγόντων με το συνολικό αριθμό δενδρυλλίων *Pinus brutia*.

		Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>
Ύψος νεκρού <i>Cedrus brevifolia</i> (m)	r	-0,45
	P	0,005

Πίνακας 21. Στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις αβιοτικών παραγόντων με το συνολικό αριθμό δενδρυλλίων *Pinus brutia*.

		Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων <i>Pinus brutia</i>
Υψόμετρο	r	0,34
	P	0,03
	N	39

Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

Συζήτηση

Επιδράσεις των Αβιοτικών Παραγόντων

Η ανθεκτικότητα των δασών απέναντι στην ξηρασία εξαρτάται από το γεωγραφικό σημείο στο οποίο βρίσκονται τα δασικά είδη, το είδος των δέντρων, και τη διαθεσιμότητα υγρασίας στο έδαφος (Gazol et al, 2017b). Την πιο μεγάλη τρωτότητα την εμφανίζουν στα είδη στα χαμηλότερα υψομετρικά/γεωγραφικά όρια της εξάπλωσής τους (Sarris et al. 2011). Από τα δεδομένα της έρευνας προκύπτει ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα στην περιοχή του Τρίπυλου υπάρχει μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος, καθώς η κλίση του εδάφους δεν αυξάνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο. Επίσης, σε μεγαλύτερα υψόμετρα υπάρχει μεγαλύτερη υγρασία στο έδαφος, γεγονός που οφείλεται στο ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα υπάρχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και μεγαλύτερη ποσότητα βροχόπτωσης. Ο παράγοντας αυτός φαίνεται καθοριστικός στην ερμηνεία του φαινομένου της θνησιμότητας τους κέδρου. Σε χαμηλότερο υψόμετρο παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας, γεγονός που οφείλεται στο ότι είναι πιο θερμό το μικροκλίμα, με υψηλότερες θερμοκρασίες και χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας. Σε χαμηλότερο υψόμετρο παρατηρείται, επίσης, μικρότερη εδαφοκάλυψη, γεγονός που οφείλεται στα χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας που εμποδίζουν την ανάπτυξη της βλάστησης. Οι πιο ξηρές συνθήκες στα χαμηλά υψόμετρα επιβεβαιώνονται και από την αύξηση του ποσοστού της εδαφοκάλυψης από *Cistus creticus*. Ο συγκεκριμένος θάμνος ευνοείται σε ξηρότερο κλίμα, με πιο υψηλές θερμοκρασίες και λιγότερη υγρασία.

Ο παράγοντας υψόμετρο φαίνεται να επηρεάζει και την αναγέννηση. Σε μεγαλύτερα υψόμετρα παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός δενδρυλλίων του *Cedrus brevifolia*, αφού στα υψόμετρα αυτά, τα ποσοστά υγρασίας στο έδαφος είναι μεγαλύτερα και υπάρχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες, γεγονός που ευνοεί την αναγέννηση περισσότερων δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* από ότι στα χαμηλότερα υψόμετρα. Επίσης, σε μεγαλύτερο υψόμετρο αυξάνεται και ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia*, γεγονός που δείχνει ότι το *Cedrus brevifolia* ευδοκίμει καλύτερα σε μεγαλύτερα υψόμετρα έχοντας πιο πυκνές συστάδες. Όμως, φαίνεται

πως και η επέκταση της *Pinus brutia* γύρω από νεκρούς κέδρους συσχετίζεται με το υψόμετρο. Παρατηρείται ότι ο αριθμός των δενδρυλλίων *Pinus brutia* αυξάνεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα γεγονός που δείχνει την τάση διείσδυσης του είδους αυτού στον οικότοπο του *Cedrus brevifolia*.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, σε δάση παγκοσμίως έχει τεκμηριωθεί η εκτεταμένη θνησιμότητα των δένδρων. Η δυνατότητα ταχείας ανάκτησης μετά από φαινόμενα θνησιμότητας και μόνιμων μετατοπίσεων στη βλάστηση, καθορίζεται από τη δυναμική που θα έχει η αναγέννηση μετά από τη θνησιμότητα. Σε μελέτη σχετικά με μικτές συστάδες Μεσογειακών δασών, που επηρεάστηκαν από φαινόμενα θνησιμότητας κυρίαρχων δέντρων όπως το *Quercus suber*, η δυνατότητα ανάκτησης των δασών μετά από φαινόμενα θνησιμότητας και η πιθανότητα εμφάνισης μόνιμων μετατοπίσεων βλάστησης, βρέθηκε πως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυναμική που θα έχει η αναγέννηση μετά τα φαινόμενα θνησιμότητας (Ibanez et al, 2017). Στο δάσος του Τρίπυλου η *Pinus brutia* φαίνεται να έχει αποκτήσει τέτοια δυναμική στα χαμηλότερα υψόμετρα εμφάνισης θνησιμότητας κέδρου.

Η κλίση του εδάφους φαίνεται επίσης καθοριστική για την αναγέννηση του κέδρου. Σε μεγαλύτερο ποσοστό κλίσης του εδάφους παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό βραχώδους επιφάνειας, καθώς η διάβρωση του εδάφους γίνεται μεγαλύτερη. Επίσης, το βάθος του εδάφους παρατηρείται μικρότερο σε περιοχές με μεγαλύτερα ποσοστά σε βραχώδη επιφάνεια. Σε θέσεις με μεγαλύτερη κλίση του εδάφους βρέθηκε ότι μειώνεται η διάμετρος και το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* στη βάση του κορμού. Σε πιο έντονες κλίσεις θα υπάρξει περισσότερη διάβρωση, μικρότερο βάθος εδάφους άρα και υγρασία στο έδαφος που οδηγεί σε περιορισμό στην αύξηση των δενδρυλλίων. Σε περιοχές με μικρότερο βάθος στο έδαφος είναι μικρότερος και ο αριθμός γειτόνων. Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως σε δυσμενείς εδαφικές συνθήκες η πυκνότητα των συστάδων του κέδρου είναι μικρότερη. Παράλληλα, όμως, εμφανίζεται και μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας. Στις δειγματοληπτικές επιφάνειες με εμφάνιση μεγαλύτερου ποσοστού βράχων και πέτρας και μικρότερο βάθος εδάφους το ποσοστό θνησιμότητας *Cedrus brevifolia* αυξάνεται, καθώς με την αυξημένη βραχώδη και πετρώδη επιφάνεια η ποιότητα του εδάφους και η ικανότητά του να συγκρατεί θρεπτικά και υγρασία είναι μειωμένη.

Να σημειωθεί πως ο παράγοντας βάθος εδάφους δρα σε συνέργεια με τον παράγοντα του υψομέτρου, καθώς βρέθηκε πως σε χαμηλότερα υψόμετρα παρατηρήθηκε μικρότερο βάθος στο έδαφος.

Οι εκτιμήσεις για την υγρασία του εδάφους στις θέσεις των νεκρών κέδρων έδωσαν και αυτές στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα που δείχνουν διαφορετική ανταπόκριση από τα δυο ανταγωνιστικά είδη. Στις περιοχές που υπάρχει μειωμένη υγρασία στο έδαφος, το ύψος των νεκρών ατόμων και ο αριθμός των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερα και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αναγέννηση *Cedrus brevifolia* δεν ευνοείται σε περιοχές με μειωμένη υγρασία. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται αυξημένη στηθαία διάμετρος και ύψος δενδρυλλίων *Pinus brutia*. Η *Pinus brutia* φαίνεται να είναι περισσότερο παραγωγική στις πιο ξηρές συνθήκες του δάσους. Σταδιακά, όμως, φαίνεται να εποικίζει και θέσεις με μεγαλύτερη υγρασία εντός του οικοτόπου του *Cedrus brevifolia*. Βρέθηκε δηλαδή, ότι όταν η υγρασία στο έδαφος είναι μεγαλύτερη υπάρχουν νεαρότερα σε ηλικία δενδρύλλια *Pinus brutia* γύρω από τα νεκρά κέδρα. Άρα, ο εποικισμός από την τραχεία πεύκη θέσεων με μεγαλύτερη υγρασία είναι πιο πρόσφατος. Οι θέσεις αυτές πιθανότατα να είναι σε μεγαλύτερα υψόμετρα, καθώς παρατηρείται πως τόσο η υγρασία όσο και ο αριθμός των δενδρυλλίων *Pinus brutia* αυξάνονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την υπόθεση πως η αλλαγή του κλίματος προς το ξηρότερο προωθεί τα είδη που αντέχουν περισσότερο σε συνθήκες ξηρασίας προς μεγαλύτερα υψόμετρα, με αποτέλεσμα να εκτοπίσουν ή να αντικαταστήσουν είδη που είναι ανθεκτικά σε ψυχρότερο κλίμα (Warren et al, 2016).

Η αλλαγή της βλάστησης από τη θνησιμότητα που προκαλείται από την ξηρασία μπορεί να μεταβάλει τη δομή των οικοσυστημάτων και τη βιοποικιλότητα και να μετατοπίσει δενδρώδη είδη προς μεγαλύτερα υψόμετρα (Koeperke et al, 2010). Στις Νότιο-Δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες προβλέπεται πενταπλάσια αύξηση της συχνότητας στη θνησιμότητα δέντρων εξαιτίας μόνο της αύξησης της θερμοκρασίας. Οι προβλεπόμενες αυξήσεις της συχνότητας ξηρασίας θα επιδεινώσουν περαιτέρω τη θνησιμότητα αυξάνοντας παράλληλα τις μετατοπίσεις της βλάστησης (Adams et al, 2009). Σε έρευνα που έγινε στο Νέο Μεξικό, και αφορούσε την θνησιμότητα της *Pinus ponderosa* σε ξηρούς βιοτόπους και χαμηλά υψόμετρα βρέθηκε πως τη δεκαετία του 1950, παρατηρήθηκε η δριμύτερη ξηρασία των τελευταίων 500 ετών, κάτι που προκάλεσε κάθετη μετατόπιση της *P. ponderosa* μέσα σε πέντε χρόνια. Αυτό συνέβη, γιατί σε χαμηλά υψόμετρα φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερο στρες από έλλειψη νερού και επομένως πιο αργή αύξηση. Η μετατόπιση που παρατηρήθηκε, συνεχίστηκε για 40 περίπου χρόνια (Allen and Breshears, 1998). Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να μεταβάλλει την κατανομή των φυτών και να οδηγήσει σε επέκτασή τους σε νέες περισσότερο ευνοϊκές για αυτά περιοχές. Σε έρευνα σχετικά με τη φυτική κάλυψη, που έγιναν το 1977 και το 2006-2007, κατά μήκος

υψόμετρου 2.314 μέτρων σε βουνά της Νότιας Καλιφόρνιας διαπιστώθηκε ότι το κλίμα έγινε θερμότερο, η βροχόπτωση μεταβλήθηκε, ενώ η ποσότητα του χιονιού μειώθηκε. Σε αυτές τις συνθήκες η μέση αύξηση των κυρίαρχων φυτικών ειδών αυξήθηκε κατά ≈ 65 μέτρα σε υψόμετρο. Η μετατόπιση αυτή δεν μπορεί να αποδοθεί στις μεταβολές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή της συχνότητας πυρκαγιών, και φαίνεται να είναι συνέπεια των αλλαγών στο τοπικό κλίμα (Kelly and Goulden, 2008).

Ανάλογα φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια και στα Μεσογειακά δάση. Στην Ανατολική Ισπανία μελετήθηκαν κατά την περίοδο 1950-2014 οι επιπτώσεις της ξηρασίας σε σχέση και με το υψόμετρο ανάμεσα στα είδη *Pinus sylvestris* και *Pinus nigra*. Η αύξηση του *Pinus sylvestris* μειώθηκε προσωρινά στα χαμηλότερα υψομετρικά όριά του. Σε μεικτές συστάδες από τα δυο αυτά είδη, τα αποτελέσματα έδειξαν το *Pinus sylvestris* να είναι πιο ευάλωτο σε χαμηλότερα υψομετρικά όρια, με μείωση στην αύξησης του λόγω της ξηρασίας, σε σχέση με το *Pinus nigra*. Με αυτά τα δεδομένα προβλέπεται συρρίκνωση στις θέσεις του *Pinus sylvestris* (Marqués et al, 2016). Επίσης σε περιοχή της Νότιο-Ανατολικής Ισπανίας παρατηρήθηκαν φαινόμενα θνησιμότητας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και της παρατεταμένης ξηρασίας. Μελετήθηκαν οι επιπτώσεις ανάμεσα στα είδη *Quercus ilex* και *Quercus humilis*, σε σχέση με το είδος *Pinus sylvestris*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε περιοχές που παρατηρείται μειωμένη αύξηση και αυξημένη θνησιμότητα στο είδος *Pinus sylvestris*, τα δυο είδη *Quercus*, και ιδίως το *Q. ilex*, μετατοπίζεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, εκεί που είναι κυρίαρχο το *Pinus sylvestris*, θέτοντας σε κίνδυνο το είδος αυτό (Galiano et al, 2010). Ανάλογα αποτελέσματα για τα τον ανταγωνισμό ανάμεσα στα είδη *Q. ilex* και *P. sylvestris* εις βάρος του δευτέρου, έδειξαν και οι Aguadé et al. (2015). Τέλος στη Νότια Ισπανία, μελετήθηκε η σχέση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, στον οικότονο των ειδών *Abies pinsapo* και *Pinus halepensis*, τα οποία είναι δύο κωνοφόρα δέντρα που ευδοκιμούν στη περιοχή της Μεσογείου, έχοντας διαφορετικά χαρακτηριστικά σε ότι αφορά τις ξηρανθεκτικές τους ικανότητες. Τα αποτελέσματα έδειξαν μακροπρόθεσμη μείωση στη παραγωγικότητα ξύλου του *Abies pinsapo*, η οποία σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και την αλλαγή των συνθηκών βροχόπτωσης. Το *Abies pinsapo* έδειξε ότι είχε μείωση της αύξησής του κάτω από ξηρότερες συνθήκες, ενώ το *Pinus halepensis* παρέμεινε σταθερό, παρά τις πιέσεις που δέχεται από την μείωση στις ποσότητες υγρασίας (Linares et al, 2011).

Επιδράσεις των Βιοτικών Παραγόντων

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η πυκνότητα της βλάστησης (βαθμός εδαφοκάλυψης), αλλά και η ανταγωνιστή πίεση των γειτόνων μεγαλώνει, τότε ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia* μειώνεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βλάστηση του υπο-ορόφου δρα ανταγωνιστικά απέναντι στα δενδρύλλια *Pinus brutia*, παίρνοντας συστατικά από το έδαφος και υγρασία. Όμως όσο αυξάνεται το ποσοστό εδαφοκάλυψης της *Cistus creticus*, ο μέσος όρος της διαμέτρου στη βάση του κορμού δενδρυλλίων *Pinus brutia* αυξάνεται. Η *Cistus creticus* είναι ένας δείκτης ξηρασίας και ευνοείται σε πιο θερμές και ξηρές επιφάνειες. Το *Pinus brutia* ευνοείται από συνθήκες πιο θερμές και πιο ξηρές. Επίσης, όταν ο βαθμός εδαφοκάλυψης καθώς και ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) εντός των επιφανειών δειγματοληψίας μεγαλώνουν η ηλικία των δενδρυλλίων *Pinus brutia* είναι μικρότερη. Άρα η αναγέννησή της ξεκίνησε από τους πιο ανοικτούς βιοτόπους.

Εντοπίστηκε επίσης ότι υπάρχει μικρότερος αριθμός δενδρυλλίων *Pinus brutia*, όταν το ύψος του νεκρού *Cedrus brevifolia* της δειγματοληπτικής επιφάνειας μεγαλώνει γεγονός που συνδυάζεται με αυξημένο βαθμό εδαφοκάλυψης, κυρίως από *Quercus alnifolia*. Άρα σε συνθήκες όπου η πυκνότητα της βλάστησης αυξάνεται και ευνοείται η παραγωγικότητα της *Cedrus brevifolia*, η *Pinus brutia* έχει μικρότερη ικανότητα αναγέννησης. Αντίθετα, στις θέσεις όπου η πυκνότητα και βιομάζα των συστάδων από *Pinus brutia* αυξάνονται δίνοντας αυξημένο το Δείκτη Ανταγωνισμού (C.I.) εντός των επιφανειών δειγματοληψίας, τότε η παραγωγικότητα (ύψος και διάμετρος κορμού) στους κέδρους εμφανίζεται να είναι μικρότερη. Άρα η παραγωγικότητα του *Cedrus brevifolia* μειώνεται σε συνθήκες έντονου ανταγωνισμού με τη *Pinus brutia*.

Από την άλλη φαίνεται πως η παρουσία υψηλού αριθμού γειτόνων *Cedrus brevifolia*, δεν δρα αρνητικά, καθώς σε αυτές τις συνθήκες καταγράφηκε μειωμένο ποσοστό θνησιμότητας του *Cedrus brevifolia*. Συνεπώς, σε συνθήκες του βιοτόπου που ευνοούν την διατήρηση μεγαλύτερης πυκνότητας κέδρων η θνησιμότητα είναι μικρότερη διότι πιθανώς οι συνθήκες υγρασίας να είναι πιο ευνοϊκές. Ο ανταγωνισμός από άλλα άτομα κέδρου δεν φαίνεται να έχει επιτείνει το φαινόμενο της θνησιμότητας. Σε μελέτη σχετικά με το είδος *Abies pinsapo*, τα αποτελέσματά σχετικά με τα φαινόμενα θνησιμότητάς του, βρέθηκε ότι συμβαίνουν ως αποτέλεσμα των επιδράσεων τόσο εξαιτίας του ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών, όσο και του στρες που δέχονται τα δέντρα από την κλιματική αλλαγή (Linares et al, 2010). Στην περίπτωση

του *Cedrus brevifolia* δεν φαίνεται ο ανταγωνισμός να παίζει τον κυρίαρχο ρόλο. Σε περίπτωση εφαρμογής της δασοκομικής πρακτικής αραίωσης στο είδος *Abies pinsapo*, παρουσιάστηκε μείωση του ανταγωνισμού, αυξάνοντας την παραγωγικότητα της ελάτης (Linares et al, 2009). Το μέτρο αυτό ενδεχομένως να μην έχει την ίδια αποτελεσματικότητα στον Τρίπυλο, καθώς στο *Cedrus brevifolia* η μείωση της πυκνότητας θα μπορούσε να αυξήσει και την θερμική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος μειώνοντας την εδαφική υγρασία.

Ως προς την αναγέννηση, φαίνεται ότι με την ύπαρξη μεγαλύτερης πυκνότητα γειτόνων *Cedrus brevifolia*, καθώς και μεγαλύτερης εδαφοκάλυψης από τη βλάστηση του υποορόφου, ο αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται. Η αύξηση αυτή στην αναγέννηση δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* οφείλεται πιθανότατα στα σπέρματα που αφήνουν τα μητρικά δέντρα. Επίσης, η ύπαρξη μεγάλου αριθμού γειτόνων *Cedrus brevifolia* έμμεσα υποδηλώνει ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας στο έδαφος για το είδος. Όμως, το ύψος των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερο, όταν η διάμετρος των γειτόνων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε πιο νεαρά δενδρύλλια, είτε σε μειωμένη παραγωγικότητα των δενδρυλλίων λόγω ανταγωνισμού, πιθανώς λόγω και φωτοσκίασης.

Από την άλλη ο συνολικός αριθμός γειτόνων *Cedrus brevifolia* αλλά και ο αριθμός δενδρυλλίων είναι μειωμένος όπου η εδαφοκάλυψη *Cistus creticus* είναι αυξημένη, και αυτό οφείλεται στο ότι η *Cistus creticus* είναι δείκτης ξηρασίας, εμφανίζει μεγαλύτερη εξάπλωση στις ανοικτές συστάδες, ενώ το *Cedrus brevifolia* ευδοκίμει περισσότερο σε πιο υγρές συνθήκες

Περιορισμοί μελέτης

Κατά τη διάρκεια της εργασίας πεδίου:

- Δεν έγινε με μεγάλη ακρίβεια ο υπολογισμός του ποσοστού θνησιμότητας στην θέση δειγματοληψίας. Το ποσοστό θνησιμότητας που υπολογίστηκε αφορά την ευρύτερη έκταση, γύρω από τη κάθε θέση δειγματοληψίας.
- Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να ήταν πιο ακριβή αν γνωρίζαμε, με απόλυτη βεβαιότητα, τα αίτια θνησιμότητας των *Cedrus brevifolia*, καθώς και την χρονιά θνησιμότητας των δέντρων αυτών.
- Ο προσδιορισμός της ηλικίας των δενδρυλλίων *Pinus brutia* εντός της κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας έγινε δειγματοληπτικά, καθώς δεν κόπηκαν όλα τα δενδρύλλια *Pinus brutia* που υπήρχαν εντός της, αλλά ένα μικρό τμήμα τους. Για τους κέδρους δεν έγιναν κοπές. Συνεπώς, θα υπήρχαν πιο ασφαλή συμπεράσματα αν ήταν γνωστό τότε ακριβώς ξεκίνησε η αναγέννηση στην περιοχή μελέτης.

Συμπεράσματα

Οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για την αναγέννηση της *Cedrus brevifolia* βρέθηκαν σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου τα ποσοστά υγρασίας στο έδαφος είναι μεγαλύτερα και υπάρχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε αυτές τις θέσεις η πυκνότητα των συστάδων των κέδρων και η πυκνότητα του υπο-ορόφου είναι μεγαλύτερες χωρίς να εμποδίζουν την αναγέννηση, αν και επηρεάζουν την παραγωγικότητα των δενδρυλλίων ίσως λόγω φωτοσκίασης. Όμως, φαίνεται πως και η επέκταση της *Pinus brutia* γύρω από νεκρούς κέδρους έχει αρχίσει και σε μεγαλύτερα υψόμετρα γεγονός που δείχνει την τάση διεύδυσης του είδους αυτού στον οικότοπο του *Cedrus brevifolia*.

Αντίθετα στις περιοχές που υπάρχει μειωμένη υγρασία στο έδαφος η αναγέννηση του *Cedrus brevifolia* δεν ευνοείται, καθώς το ύψος των νεκρών ατόμων και ο αριθμός των δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* είναι μικρότερα. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός συνοδευόμενος από αυξημένη στηθαία διάμετρο και ύψος δενδρυλλίων *Pinus brutia*. Η *Pinus brutia* φαίνεται να είναι περισσότερο παραγωγική στις πιο ξερικές συνθήκες του δάσους και μάλιστα όσο περισσότερο αυξάνεται το ποσοστό εδαφοκάλυψης της *Cistus creticus*.

Συνεπώς, η επέκταση της *Pinus brutia* εντός του οικότονου φαίνεται να ξεκίνησε από τους πιο ανοικτούς βιοτόπους, καθώς όσο μεγαλώνουν ο βαθμός εδαφοκάλυψης καθώς και ο Δείκτης Ανταγωνισμού (C.I.) εντός των επιφανειών δειγματοληψίας, η ηλικία των δενδρυλλίων *Pinus brutia* εμφανίζεται μικρότερη.

Εισηγήσεις

Για την αναχαίτιση του παραπάνω φαινομένου η διαχείριση του δάσους της Πάφου θα μπορούσε να στραφεί στην αύξηση του υποορόφου της *Q. alnifolia* κάτω από τους νεκρούς κέδρους για την σταθεροποίηση του εδάφους και τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος. Στη συνέχεια προτείνεται η αφαίρεση των δενδρυλλίων *P. brutia* με αντικατάστασή τους από *C. brevifolia*. Η *Q. alnifolia* δεν φαίνεται να έχει αρνητική επίδραση στην αναγέννηση του κέδρου. Αντιθέτως, σε συνθήκες μεγαλύτερης εδαφοκάλυψης από τη βλάστηση του υποορόφου, τα αποτελέσματα της διατριβής δείχνουν πως ο αριθμός δενδρυλλίων *Cedrus brevifolia* αυξάνεται.

Παράρτημα Α

Έντυπο Συλλογής Στοιχείων Υπαίθρου

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΑΠΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ				
1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			Ημερομηνία:	
Δάσος: Πάφος	Σειρά Υλοτομίας:.	Τμήμα:.		
Αρ. Διαμερίσματος:.	Αρ. Δειγματοληπτικής Επιφάνειας:.	Κλίση: %		
Τοπογραφική Θέση:	Υψόμετρο:	Έκθεση:		
Συντεταγμένες Κέντρου Δ.Ε: X		Ψ	Στάδιο Εξέλιξης Φυτείας:	
		Νεκρού δένδρου	Πανοραμική Υπο-ορόφου	
Αριθμός φωτογραφίας				
2.Ποσοστό θνησιμότητας κέδρου στην περιοχή δειγματοληψίας				
3. ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΚΕΔΡΟΥ				
Αριθμ. Δενδρυλλίου	Στηθιαία διάμετρος (cm)	Διάμετρος στη βάση κορμού (cm)	Υψος (m)	Ηλικία στη βάση του κορμού
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

9. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ				
9.1 Ένταση Διάβρωσης	Καθόλου/μηδαμιν ή	Ελάχιστη	Μέτρια	Έντονη
9.2 Επιφανειακή εδαφική κατάσταση	Βραχώδης/Πετρώδης: %			
9.3 Βάθος Εδάφους	Πολύ αβαθές	Αβαθές	Μετρίως βαθύ	Βαθύ-πολύ Βαθύ
9.4 Υγρασία Εδάφους	Ξηρά	Μερικώς Ξηρά	Υγρά-Κάθυγρα	
10. ΑΛΛΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ				
10.1 Δασική Διαχείριση				
10.2 Υλοτομίες				
10.3 Ανεμορυσίες				
10.4 Πυρκαγές				

Βιβλιογραφία

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

- Adams H.D., Guardiola-Claramonte M., Barron-Gafford G.A., Villegas J.C., Breshears D.D., Zou C.B., Troch P.A., Huxman T.E. (2009). “Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought”. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 4/28/2009, Vol. 106, Issue 17, p. 7063-7066.
- Aguadé D., Poyato R., Rosas T., Martínez-Vilalta J. (2015). “Comparative Drought Responses of *Quercus ilex* L. and *Pinus sylvestris* L. in a Montane Forest Undergoing a Vegetation Shift”. Forests, Vol. 6 Issue 8, p2505-2529. 25p.
- Allen, C.D. and Breshears, D.D. (1998). “Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America”. Dec 8, vol. 95, no. 25, pp. 14839-14842 ISSN 0027-8424; 0027-8424.
- Allen C., Macalady A., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzeberger T., Rigling A., Breshears D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.-H., Allard G., Running S., Semerci A., Cobb N. (2010). “A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests”. In Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate, Forest Ecology and Management. 259(4):660-684.
- Allen C., Breshears D., McDowell N. (2015). “On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene”. Ecosphere; Volume 6, Issue 8 August 2015, Pages 1–55, art129.
- Anderegg W.R., Hicke J.A., Fisher R.A., Allen C.D., Aukema J., Bentz B., Hood S., Lichstein J.W., Macalady A.K., McDowell N., Pan Y., Raffa K., Sala A., Shaw J.D., Stephenson N.L., Tague C., Zeppel M. (2015). “Tree mortality from drought, insects,

and their interactions in a changing climate”. *The New Phytologist*; Vol. 208 (3), pp. 674-83.

- Andrew M.E., Ruthrof K.X., Matusick G., Hardy G.E.St.J. (2016). “Spatial Configuration of Drought Disturbance and Forest Gap Creation across Environmental Gradients.” *PLoS ONE.*, Vol. 11 Issue 6, p1-18. 18p.
- Archaux, F. and V., Wolters (2006). ‘*Impact of summer drought on forest biodiversity: what do we know?*’ *Annals of Forest Science.* 63: 645-652.
- Assal T., Anderson P., Sibold J. (2016). “Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem”. *Forest Ecology and Management*, Vol. 365, p137, 15 p.
- Barba J., Lloret F., Yuste J. C. (2016). “Effects of drought-induced forest die-off on litter decomposition”. *Plant and Soil.* Vol. 402 Issue 1-2, p91, 11 p.
- Botequim B., Arias-Rodil M., Garcia-Gonzalo J., Silva A., Marques S., Borges,J., Oliveira M. M., Tomé M. (2017). “Modeling Post-Fire Mortality in Pure and Mixed Forest Stands in Portugal--A Forest Planning-Oriented Model”. *Sustainability*, Vol. 9 Issue 3, p1-23. 23p.
- Bradford J., Bell D. (2017). “A window of opportunity for climate-change adaptation: easing tree mortality by reducing forest basal area”. *Frontiers in Ecology & the Environment*, Vol. 15 Issue 1, p11-17. 7p.
- Bugmann H., Brang P., Elkin C., Henne P. D., Jakoby O., Lévesque M., Lischke H., Psomas, A., Rigling, A., Wermelinger B., Zimmermann, N.E. (2015). “Climate change impacts on tree species, forest properties, and ecosystem services”. Raible, C. C.; Strassmann, K. M. (eds.) *CH2014-Impacts, Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland* (pp. 79-88). Bern: OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope, and ProClim.
- Bussotti F., Pollastrini M. (2017). “Traditional and Novel Indicators of Climate Change Impacts on European Forest Trees”. *Forests*, Vol. 8 Issue 4, p1-12. 12p.
- Castello J.D., Cale J.A., D'Angelo C.M., Linares J.C. (2016). “Baseline Mortality Analysis Reveals Legacy of Contrasting Land Use Practices on the Structural

Sustainability of Endangered Moroccan and Spanish Mountain Forests”. *Forests*, Vol. 7 Issue 8, p1-12. 12p.

- Catry F.X., Rego F., Moreira F., Fernandes P.M., Pausas J.G. (2010). “Post-fire tree mortality in mixed forests of central Portugal”. *Forest Ecology and Management*, 260(7):1184-1192.
- Chiabai A. (2015). “Climate Change Impacts on Tropical Forests in Central America : An Ecosystem Service Perspective”. London : Routledge.
- Clark J., Bell D., Hersh M., Nichols L. (2011). “Climate change vulnerability of forest biodiversity: climate and competition tracking of demographic rates”. *Global Change Biology*, v. 17, no. 5, p. 1834-1849.
- Das A. J., Stephenson N. L., Davis K. P. (2016). “Why do trees die? Characterizing the drivers of background tree mortality”. *Ecology*. Issue 10, p2616, 12 p.
- Deligoz A., Bayar E., Yazici N. (2016). “Responses of growth, water relations and compatible solutes contents to repeated drought stress in *Cedrus libani*”. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 25 Issue 9, p3760-3767. 8p.
- Doblas-Miranda E., Alonso R., Arnan X., Bermejo V., Brotons L., de las Heras J., Estiarte M., Hódar J.A., Llorens P., Lloreta F., López-Serrano F.R., Martínez-Vilalta J., Moyad D., Peñuelas J., Pina J., Rodrigo A., Roura-Pascual N., Valladares F., Vilà M., Zamora R., Retana J. (2017). “A review of the combination among global change factors in forests, shrublands and pastures of the Mediterranean Region: Beyond drought effects”. *Global and Planetary Change*, Vol. 148, p42, 13 p.
- Dorman M., Perevolotsky A., Sarris D., Svoray T. (2015a). “The effect of rainfall and competition intensity on forest response to drought: lessons learned from a dry extreme”. *Oecologia*, Vol. 177 Issue 4, p1025, 14 p.
- Dorman M., Svoray T., Perevolotsky A., Moshe Y., Sarris D. (2015b). “What determines tree mortality in dry environments? a multi-perspective approach”. *Ecological Applications*, Vol. 25 Issue 4, p1054-1071, 18p

- Dorman M., Perevolotsky A., Sarris D., Svoray T. (2015c). “The effect of rainfall and competition intensity on forest response to drought: lessons learned from a dry extreme”. *Oecologia*, Vol. 177 (4), pp. 1025-38.
- FAO Forestry Paper (2013). “Climate Change Guidelines for Forest Managers”. FAO Forestry Paper, Vol. 172.
- Franco-Andreu L., Gomez I., Parrado J., Knicker H., Tejada M. (2017). “The Effect of Severe Drought on the Evolution of Urban and Manure Wastes in an Agricultural Soil in Mediterranean Ecosystems”. *Land Degradation & Development*, Vol. 28 Issue 2, p773, 10 p.
- Galiano L., Martínez-Vilalta J., Lloret F. (2010). “Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species”. *Ecosystems*, 11/1/2010, Vol. 13, Issue 7, p. 978-991.
- Gazol A., Ribas M., Gutiérrez E., Camarero J. (2017a). “Aleppo pine forests from across Spain show drought-induced growth decline and partial recovery”. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232:186-194.
- Gazol A., Camarero J. J., Anderegg W. R. L., Vicente-Serrano S. M., Fortin M.-J. (2017b). “Impacts of droughts on the growth resilience of Northern Hemisphere forests”. *Global Ecology and Biogeography*. Feb 2017, Vol. 26 Issue 2, p166, 11 p.
- Hamann, A. and T. Wang (2006). ‘*Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia*’. *Ecology*, 87:2773–2786.
- Henne P., Elkin C., Franke J., Colombaroli D., Calò C., La Mantia T., Pasta S., Conedera M., Dermody O., Tinner W. (2015). “Reviving extinct Mediterranean forest communities may improve ecosystem potential in a warmer future”. *Frontiers in Ecology & the Environment*. Vol. 13 Issue 7, p356-362. 7p.
- Herguido E., Granda E., Benavides R., García-Cervigón A., Camarero J., Valladares F. (2016). “Contrasting growth and mortality responses to climate warming of two pine species in a continental Mediterranean ecosystem”. *Forest Ecology and Management*, 363:149-158.

- Hernández L., Cañellas I., Alberdi I., Torres I., Montes F. (2014). “Assessing changes in species distribution from sequential large-scale forest inventories”. *Annals of Forest Science*, v. 71, no. 2, p. 161-171.
- Hodgson P. E. (2010). “Energy, The Environment And Climate Change”. London: Imperial College Press.
- Ibanez B., Gomez-Aparicio L., Avila J.M., Perez-Ramos I.M., Maranon T. (2017). “Effects of *Quercus suber* Decline on Woody Plant Regeneration: Potential Implications for Successional Dynamics in Mediterranean Forests”. *Ecosystems*, Vol. 20 Issue 3, p630, 15 p.
- I.P.C.C. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Πηγή: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf [Πρόσβαση: 11/10/2016].
- I.P.C.C. (2013). *Summary for Policymakers*. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ivanova Y., Soukhovolsky V. (2016). “Modeling the Boundaries of Plant Ecotones of Mountain Ecosystems”. *Forests*, Vol. 7 Issue 11, p1-12. 12p.
- Keith H, Mackey B.G., and Lindenmayer D.B. (2009). ‘Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world’s most carbon-dense forests’. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 11635-11640.
- Kelly A. E., Goulden, M. L. (2008). “Rapid Shifts in Plant Distribution with Recent Climate Change”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 105, Issue 33, p. 11823-11826.
- Koepke D.F., Kolb T.E., Adams H.D. (2010). “Variation in woody plant mortality and dieback from severe drought among soils, plant groups, and species within a northern Arizona ecotone”. *Oecologia*, Vol. 163 (4), pp. 1079-90.

- Lac S., McHenry M., Lucas-Borja, M. E. (2014). “Climate Change and Forest Ecosystems”. Hauppauge, New York : Nova Science Publishers, Inc.
- Lewis I. (2016). “Desertification”. *Geoderma*, Vol. 29 Issue 3, p3-10. 8p.
- Li A. (2016). “Hopes of limiting global warming?: China and the Paris agreement on climate change”. *China Perspectives*, No. 1, 2016: 49-54.
- Linares J. C., Camarero J. J., Carreira J. A. (2009). “Plastic responses of *Abies pinsapo* xylogenesis to drought and competition”. *Tree physiology*, v. 29, no. 12, p. 1525-1536.
- Linares J. C., Camarero J. J., Carreira J. A. (2010). “Competition modulates the adaptation capacity of forests to climatic stress: insights from recent growth decline and death in relict stands of the Mediterranean fir *Abies pinsapo*”. *Journal of Ecology*, Vol. 98, Issue 3, p. 592-603.
- Linares J. C., Delgado-Huertas A., Carreira J. A. (2011). “Climatic trends and different drought adaptive capacity and vulnerability in a mixed *Abies pinsapo*--*Pinus halepensis* forest”. *Climatic Change*, Vol. 105 Issue 1-2, p67, 24 p.
- Linares J. C., Taïqui L., Sangüesa-Barreda G., Seco J. I., Camarero J. J. (2013) “Original Article: Age-related drought sensitivity of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests”. *Dendrochronologia*, 31(2):88-96.
- Lindner, M. (2000). ‘Developing adaptive forest management strategies to cope with climate change’. *Tree Physiology*, 20: 299-307.
- Lindner, M., M. Maroschek, S. Netherer, A. Kremer, A. Barbati, J. Garcia-Gonzalo, Rupert Seidl, S. Delzon, P. Corona, M. Kolström, M. J. Lexer and M. Marchetti. (2010). ‘Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems’ *Forest Ecology and Management*, 259: 698–709.
- Lucas-Borja M.E. (2013). “Forest Management of Mediterranean Forests Under the New Context of Climate Change : Building Alternatives for the Coming Future”. New York : Nova Science Publishers, Inc.
- Madrigal-González J., Herrero A., Ruiz-Benito P., Zavala M. (2017). “Resilience to drought in a dry forest: Insights from demographic rates”. *Forest Ecology and Management*, 389:167-175.

- Maleki K., Kiviste A. (2016). “Individual tree mortality of silver birch (*Betula pendula* Roth) in Estonia”. *iForest - Biogeosciences & Forestry*, Vol. 9 Issue 4, p643-651. 9p.
- Marqués L., Camarero J. J., Gazol A., Zavala M. A. (2016). “Drought impacts on tree growth of two pine species along an altitudinal gradient and their use as early-warning signals of potential shifts in tree species distributions”. *Forest Ecology and Management*, 381:157-167.
- Messinger J., Güney A., Zimmermann R., Ganser B., Bachmann M., Remmele S., Aas G. “*Cedrus libani*: A promising tree species for Central European forestry facing climate change?”. *European Journal of Forest Research*. Vol. 134 Issue 6, p1005-1017. 13p.
- Moser B., Temperli C., Schneiter G., Wohlgemuth T. (2010). “Potential shift in tree species composition after interaction of fire and drought in the Central Alps” *European Journal of Forest Research*, , v. 129, no. 4, p. 625-633.
- Natalini F., Alejano R., Vázquez-Piqué J., Cañellas I., Gea-Izquierdo G. (2016). “The role of climate change in the widespread mortality of holm oak in open woodlands of Southwestern Spain”. *Dendrochronologia*, 38:51-60
- Nitschke C. R. and Innes J. L. (2008). ‘Climate change and fire potential in South-Central British Columbia, Canada’. *Global Change Biology*, 14:841–855.
- Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds) (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pavlov I. N. (2015). “Biotic and abiotic factors as causes of coniferous forests dieback in Siberia and Far East”. *Contemporary Problems of Ecology*. Vol. 8 Issue 4, p440, 17 p.
- Peñuelas, J., R., Ogaya, M. Boada, and A. Jump, (2007). ‘Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked biome shift in Catalonia (NE Spain)’. *Ecography*, 30:830–838.

- Pinto M., Perera A., Azevedo J. (2014). “Forest Landscapes and Global Change: Challenges for Research and Management”. New York, NY : Springer.
- Pryor, S. C. (2013) Climate Change in the Midwest : Impacts, Risks, Vulnerability, and Adaptation. Indiana University Press. EBSCOhost.
- Raitelaitytė K., Rutkauskas A., Radzijeuskaja J., Žukauskienė J., Markovskaja S., Paulauskas A. (2016). “The fungal pathogens causing diseases in pines”. *Biologija*. Vol. 62 Issue 4, p276-283. 8p. 1 Map.
- Ruiz-Labourdette D., Nogues-Bravo D., Ollero H. S., Schmitz M. F., Pineda F. D. (2012). “Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change”. *Journal of Biogeography*, Vol. 39 Issue 1, p162, 15 p.
- Ruthrof K., Fontaine J., Matusick G., Breshears D., Law D., Powell S., Hardy G. (2016). “How drought-induced forest die-off alters microclimate and increases fuel loadings and fire potentials”. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 25 Issue 8, p819-830, 12p.
- Saadat H. B., Nawaz Ch. M., Manzoor F., Nasim G. (2016). “Effect of Climate Change on Butterfly Population of Selected Coniferous Forests of Murree Hills and Adjacent Areas, Pakistan”. *Pakistan Journal of Zoology*. Vol. 48 Issue 6, p1963-1969. 7p.
- Sarris D., Christodoulakis D., Körner C. (2007). “Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean”. *Global Change Biology*, June, v. 13, no. 6, p. 1187-1200.
- Sarris D., Christodoulakis D., Körner C. (2011). “Impact of recent climatic change on growth of low elevation eastern Mediterranean forest trees”. *Climatic Change*, Vol. 106 Issue 2, p203-223, 21p
- Sarris D., Siegwolf R., Körner C. (2013). “Inter- and intra-annual stable carbon and oxygen isotope signals in response to drought in Mediterranean pines”. In *Agricultural and Forest Meteorology*, 168:59-68.

- Serra-Diaz J. M., Scheller R.M., Syphard A.D., Franklin J. (2015). “Disturbance and climate microrefugia mediate tree range shifts during climate change”. *Landscape Ecology*, Vol. 30 Issue 6, p1039, 15 p.
- Singh M. (2011). “Global Warming and Forest”. Delhi : Daya Publishing House.
- Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt KB., Tignor M., Miller HL (eds) (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Stephenson N. L., van Mantgem, P. J., Bunn A. G., Bruner H., Harmon M. E., O'Connell K. B., Urban D. L., Franklin J. F. (2011). “Causes and implications of the correlation between forest productivity and tree mortality rates”. *Ecological Monographs*, 11/1/2011, Vol. 81, Issue 4, p. 527-555
- Tebaldi, C., K. Hayhoe, J. M. Arblater, and G. A. Meehl . (2006). ‘Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events’. *Climate. Change*, 79:185– 211.
- Van Loon A., Stahl K., Di Baldassarre G., Clark J., Rangelcroft S., Wanders N., Gleeson T., Van Dijk A., Tallaksen L., Hannaford J., Uijlenhoet R., Teuling A., Hannah D., Sheffield J., Svoboda M., Verbeiren B., Wagener T., Van Lanen H. (2016). “Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches”. *Hydrology and Earth System Sciences*. 20(9):3631-3650.
- Wang W., Peng C., Kneeshaw D., Larocque G., Luo Z. (2012). “Drought-induced tree mortality: ecological consequences, causes, and modelling”. *Environmental Reviews*. Vol. 20 Issue 2, p109-121. 13p.
- Warren R. J., Chick L. D., DeMarco B., McMillan A., Stefano V., Gibson R., Pinzone P. (2016). “Climate-driven range shift prompts species replacement”. *Insectes Sociaux*, Vol. 63 Issue 4, p593, 9 p.
- Zhang Y., Zhao Y. (2017a). “Ensemble yield simulations: Using heat-tolerant and later-maturing varieties to adapt to climate warming”. *PLoS ONE*, Vol. 12 Issue 5, p1-11. 11p.

- Zhang Q., Shao M., Jia X., Wei X. (2017b). “ Relationship of Climatic and Forest Factors to Drought- and Heat-Induced Tree Mortality”, PLoS ONE, Vol. 12 Issue 1, p1-17. 17p.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Ευρωπαϊκή Ένωση, (2010). ‘Η παρακολούθηση του αντίκτυπου της πολιτικής της ΕΕ για τη βιοποικιλότητα Πηγή: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity_indic/biodiversityindicators_el.pdf (Πρόσβαση: 11/05/2017).
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2010). «Σήματα Ε.Ο.Π. 2010. Η βιοποικιλότητα, η κλιματική αλλαγή και εσύ».
- Μπαλούτσος, Γ., Μπουρλετσίκας, Α., Γκούμα, Β. (2010). ‘Η Ξηρασία: Ένα επικίνδυνο ακραίο κλιματικό φαινόμενο με ιδιαιτερότητες στη διαχείριση του’ Πηγή : <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/24/ethg24p10-13.pdf> (Πρόσβαση: 20/04/2016).
- Plant-Net Cy (2014). «Κοιλάδα των Κέδρων-Κάμπος». Πηγή: http://www.plantnet.org.cy/lang1/koilada_kedron-kambos.html [Πρόσβαση: 02/05/2017].
- Τμήμα Δασών (2007). «Η βλάστηση και η χλωρίδα της Κύπρου». Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Πηγή: [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/85D6B58CCACB3B16C2257A29001BA78D/\\$file/%CE%97%20CE%92%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%20CE%BA%CE%B1%CE%B9%20CE%B7%20CE%A7%CE%BB%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B1%20CF%84%CE%B7%CF%82%20CE%9A%CF%8D%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%85.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/85D6B58CCACB3B16C2257A29001BA78D/$file/%CE%97%20CE%92%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%20CE%BA%CE%B1%CE%B9%20CE%B7%20CE%A7%CE%BB%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B1%20CF%84%CE%B7%CF%82%20CE%9A%CF%8D%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%85.pdf) . [Πρόσβαση: 29/05/2017].

- Τμήμα Δασών (2009). «Αποτελέσματα καταγραφής των ξηράνσεων λόγω ανομβρίας στα κρατικά δάση» Τμήμα Δασών, Κλάδος ερευνών, Μάιος 2009. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος.
- Τμήμα Δασών (2011a). «Διαχειριστικό Σχέδιο Δάσους Πάφου» Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Πηγή: [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/a5e0199a400ea5d8c2257060003da28b/699DD23880B7F478C225781F0037EA7F/\\$file/pafos_forest_mplan_lt_v1_3.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/a5e0199a400ea5d8c2257060003da28b/699DD23880B7F478C225781F0037EA7F/$file/pafos_forest_mplan_lt_v1_3.pdf) [Πρόσβαση: 02/05/2017]
- Τμήμα Δασών (2011b). «Το κέδρο της Κύπρου (*Cedrus brevifolia*)» Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Πηγή: [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/E7B1AC4001DD2108C2257A28002E3CF5/\\$file/To%20κέδρο%20της%20Κύπρου%20gr.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/E7B1AC4001DD2108C2257A28002E3CF5/$file/To%20κέδρο%20της%20Κύπρου%20gr.pdf) [Πρόσβαση: 06/05/2017]
- Τμήμα Δασών (2012). Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. «Το Κυπριακό αγρινό». Πηγή: [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/9977a096e421fe9fc2256f2c003876c4/C9CC5FA8B2190A8EC2257A28003774EB/\\$file/%CE%A4%CE%BF%20%CE%9A%CF%85%CF%80%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%B9%CE%BD%CF%8C%20\(2\).pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/9977a096e421fe9fc2256f2c003876c4/C9CC5FA8B2190A8EC2257A28003774EB/$file/%CE%A4%CE%BF%20%CE%9A%CF%85%CF%80%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%B9%CE%BD%CF%8C%20(2).pdf) [Πρόσβαση: 02/05/2017]
- Τμήμα Δασών (2017a). «Χλωρίδα». » Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Πηγή: http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/DMLflora_gr/DMLflora_gr?OpenDocument#1 [Πρόσβαση: 02/05/2017].
- Τμήμα Δασών (2017b). «Επιβλαβείς δασικοί οργανισμοί». Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Πηγή: http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/DMLharmorg_gr/DMLharmorg_gr?OpenDocument#2 [Πρόσβαση: 02/05/2017].
- Τσιντίδης, Τ., Χατζηκυριάκου, Γ. & Χριστοδούλου, Χ. (2002) Δέντρα και Θάμνοι στην Κύπρο. Λευκωσία: Ίδρυμα Α.Γ. Λεβέντη – Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου.
- Τσιντίδης, Τ., Χριστοδούλου, Χ., Δεληπέτρου, Π. & Γεωργίου, Κ. (2007) Το κόκκινο βιβλίο της χλωρίδας της Κύπρου. Λευκωσία: Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου.

- Τσιντίδης, Τ. (2014). «Τα δάση στην Κύπρο: Κατάσταση –Απειλές –Προοπτικές» 1^ο Παγκύπριο Επιστημονικό Συνέδριο. Περιβαλλοντική επισκόπηση Κύπρος 2014, 28 Μαΐου–Λεμεσός -ΤΕΠΑΚ Πηγή: <http://kykpee.org/wp-content/uploads/2015/12/Τάκης-Τσιντίδης-Πρώτος-Συντηρητής-Δασών-Τμήμα-Δασών.pdf> [Πρόσβαση: 06/06/2017].