ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΦΙΛΟΔΑΣΙΚΗ PHILODASSIKI
Φιλοδασική Ένωση Αθηνών · Philodassiki Enossi Athinon

Δράσεις **ΒΙΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ** για εκπαιδευτικούς στο **ΔΑΣΟΣ**

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Αθήνα 2020

Παναγιώτης Π. Κουλελής
Ευαγγελία Β. Αβραμίδου
Ευαγγελία Ν. Δασκαλάκου
Κώστας Ε. Ιωαννίδης
Ευαγγελία Σ. Κορακάκη
Νικόλαος Μ. Πάγκας
Παναγιώτης Β. Πετράκης
Αλεξάνδρα Δ. Σολωμού
Βασιλεία Π. Φασούλη

Το έργο χρηματοδοτείται από το το Πράσινο Ταμείο που εγκρίθηκε και εντάχθηκε στον άξονα: «Καινοτόμες δράσεις» του χρηματοδοτικού προγράμματος: «Φυσικό περιβάλλον & καινοτόμες δράσεις» (Αρ. Απόφασης 148.3/2018), (Επιστημονικά υπεύθυνος: Δρ. Παναγιώτης Κουλελής) και σε συνεργασία με τη Φιλοδασική Ένωση Αθηνών.

Επιστημονική Επιμέλεια Έκδοσης: Παναγιώτης Π. Κουλελής, Βασιλεία Π. Φασούλη

Συντονισμός Έκδοσης: Βασιλεία Π. Φασούλη, Παναγιώτης Π. Κουλελής,

Γλωσσική Επιμέλεια: Παναγιώτης Π. Κουλελής, Βασιλεία Π. Φασούλη

Φωτογραφίες εξώφυλλου: © Παναγιώτης Π. Κουλελής

Σχεδιασμός-Παραγωγή: Μανίνα Δουραλή - Groovy GraphX

Η παρούσα έκδοση πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Δράσεις Βιωματικής κατάρτισης για εκπαιδευτικούς στο δάσος» χρηματοδοτούμενο από το Πράσινο Ταμείο που εγκρίθηκε και εντάχθηκε στον άξονα: «Καινοτόμες δράσεις» του χρηματοδοτικού προγράμματος: «Φυσικό περιβάλλον & καινοτόμες δράσεις» (Αρ. Απόφασης 148.3/2018), (Επιστημονικά υπεύθυνος: Δρ. Παναγιώτης Κουλελής) και σε συνεργασία με την Φιλοδασική Ένωση Αθηνών.

Η ερευνητική ομάδα του ΙΜΔΟ θα ήθελε να ευχαριστήσει τον Δρ. Νικόλαο Πάγκα Δασοτεχνικό υπεύθυνο διαχείρισης του Αισθητικού Δάσους Υμηττού (Καισαριανής, Βύρωνα και Ζωγράφου) Αττικής και Δασοτεχνικό αντιπρόσωπο της Φιλοδασικής Ενωσης Αθηνών για την άριστη συνεργασία από την στιγμή της συγγραφής της πρότασης μέχρι τη στιγμή της ολοκλήρωσης του παρόντος ερευνητικού έργου.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Υπεύθυνο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Δ.Δ.Ε. Α΄ Αθήνας Εμμανουήλ Χατζηελευθερίου καθώς και την Υπεύθυνη Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Δ/νσης Π.Ε Α΄Αθήνας Μαρία Δημοπούλου για την πολύτιμη στήριξη και συνεργασία για την ολοκλήρωση του προγράμματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντί Προλόγου,

Ο Ηράκλειτος υποστήριζε ότι δεν υπάρχει όριο στο ανθρώπινο λογικό και πίστευε στην αδιαμφισβήτητη δυνατότητα γνώσης του κόσμου. Στη φύση έλεγε ότι της αρέσει να κρύβεται, φτάνει κάποιος να έχει ανοιχτά τα μάτια του και τα αυτιά του για να αποκτήσει εμπειρία και σοφία. Στα πλαίσια αυτής της σκέψης και με υπευθυνότητα αποφασίσαμε να φέρουμε εις πέρας το παρόν πόνημα το οποίο αποσκοπεί στην ενδυνάμωση της γνώσης και της σκέψης των εκπαιδευτικών σε θέματα σχετικά με τα δασικά οικοσυστήματα, στα οποία έχουμε αφιερώσει μεγάλο μέρος της προσπάθειάς μας στη ζωή, για να είμαστε παραγωγικοί και δημιουργικοί. Η ανάλυση του τρόπου με τον οποίο καταλήγει κανείς σε συμπεράσματα μέσα από την επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων συνιστά επιδίωξη μας. Η μεταλαμπάδευση της γνώσης και της λογικής της επιστήμης που υπηρετούμε σε εκπαιδευτικούς άμεσα αλλά και στους μαθητές έμμεσα, αποτελεί τον τελικό μας στόχο.

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά της γνώσης και εν κατακλείδι της επιστήμης, επιβάλουν συνεχόμενη εγρήγορση και τονίζουν την ευθύνη ενημέρωσης εκ μέρους μας. Τέλος μέσα στην όποια αβεβαιότητα επικρατεί, προσδοκία μας πάντα αποτελεί η επιθυμία της περιβαλλοντικής ισορροπίας και η ανάκτηση των συνθηκών διαβίωσής μας στον ευρύτερο φυσικό μας χώρο.

Οι συγγραφείς

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

"Η περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι ιδιαίτερα σημαντικη, καθώς η συμβολή της στην αντιμετώπιση του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών είναι καθοριστική. Η εκπαίδευση των μαθητών, ως προς τις ωφέλειες που μας παρέχουν τα δάση, αλλά και ως προς τη συμπεριφορά τους σε αυτά, οφείλει να αποτελεί μέρος του εκπαιδευτικού συστήματος. Η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση τους σε κρίσιμα περιβαλλοντικά θέματα, όπως η προστασία του δάσους, είναι αναμφίβολα μία αναγκαιότητα, η αποτελεσματικότητα της οποίας επαφίεται στη μεταδοτικότητα και στις γνώσεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το ζήτημα αυτό.

Είναι αξιοσημείωτο, πως ένα μεγάλο μέρος των εκπαιδευτικών μας, τόσο της πρωτοβάθμιας, όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ασχολείται ενεργά και με πάθος με τα περιβαλλοντικά θέματα, προσπαθώντας να εμφυσήσει στους μαθητές πληροφορίες και γνώση, σχετικά με την προστασία του δάσους και τις κοινωνικές, οικονομικές και πολιτισμικές παραμέτρους που αυτή απαιτεί. Μία από τις μεγαλύτερες δυσκολίες όμως που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί των σχολικών μας μονάδων στην προσπάθειά τους αυτή, είναι και η έλλειψη ουσιαστικής επιμόρφωσης και κατάρτισής τους, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Η κατάρτιση και ευαισθητοποίηση στην αξία της βιοποικιλότητας, αλλά και στην κατανόηση του πώς οι προσωπικές ενέργειες και επιλογές μας μπορούν να επιδράσουν πάνω σε αυτή, πρέπει να αποτελεί εκπαιδευτική προτεραιότητα.

Το Πρόγραμμα ''Δράσεις Βιωματικής Κατάρτισης για Εκπαιδευτικούς στο Δάσος'' αξιοποιεί τη δασική έρευνα πεδίου για την ενίσχυση της γνώσης των εκπαιδευτικών Α' βάθμιας και Β' βάθμιας εκπαίδευσης σε ειδικά θέματα που σχετίζονται με τα δασικά οικοσυστήματα και την κλιματική αλλαγή και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό επιμορφωτικό έργο. Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στους συντελεστές της συγκεκριμένης επιμόρφωσης και τη Φιλοδασική Ένωση Αθηνών, που εστιάζουν την ολιστική αυτή επιμόρφωση σε ομάδα πολιτών, τους εκπαιδευτικούς και κατά συνέπεια στους μαθητές τους, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να αναλάβουν ρόλο ενεργού και ευαισθητοποιημένου πολίτη και θα επηρεάσουν την κοινωνία, μακροπρόθεσμα, σε θέματα προστασίας και διαχείρισης του φυσικού περιβάλλοντος. Όπως έχει διαπιστωθεί, οι μαθητές θυμούνται για πολλά χρόνια τις εξορμήσεις τους στην φύση και τη συμμετοχή τους σε υπαίθριες δραστηριότητες. Ωστόσο, η ανάκληση μιας τέτοιας εμπειρίας από μόνη της δε σημαίνει ότι αυτή θα μπορούσε να είναι περισσότερο αποτελεσματική, εάν ο ίδιος χρόνος αφιερωνόταν σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες μέσα στη σχολική τάξη. Για το λόγο αυτό, οι δραστηριότητες σε ένα φυσικό περιβάλλον, όπως σε ένα δάσος, που είναι προγραμματισμένες και κατάλληλα σχεδιασμένες, όπως οι ''Δράσεις Βιωματικής Κατάρτισης για Εκπαιδευτικούς στο Δάσος'', δύνανται να ενδυναμώσουν τους εκπαιδευτικούς, ώστε αυτοί να προσφέρουν στους μαθητές τους ευκαιρίες να αποκτήσουν γνώσεις και να αναπτύξουν δεξιότητες, οι οποίες θα συμπληρώσουν και θα εμπλουτίσουν τις μαθησιακές τους εμπειρίες στο σχολείο. Είναι, επίσης, σημαντικό οι ομαδικές και βιωματικές εμπειρίες στο δάσος να ισορροπούν ανάμεσα στον κατάλληλο εκπαιδευτικό σχεδιασμό και τη διατήρηση του ενθουσιασμού και του ενδιαφέροντος των μαθητών.

Βασικός σκοπός της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης είναι τα παιδιά να ενεργούν με αυτοπεποίθηση, σεβασμό προς τον εαυτό τους και τους άλλους, φαντασία, δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, ομαδικότητα και με αναγκαίες γνώσεις της δομής και της λειτουργίας του περιβάλλοντος. Τα παιδιά από ένστικτο ερευνούν, πειραματίζονται, ρωτούν και τελικά μαθαίνουν, γιατί απλά θέλουν να γνωρίσουν τον κόσμο που τα περιβάλλει και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους για επιβίωση. Το ενδιαφέρον τους να μάθουν τον κόσμο είναι το κίνητρο για μάθηση. Αυτό το κίνητρο χρησιμοποιεί σαν εργαλείο η εκπαίδευση στην προσπάθειά της να δημιουργήσει τον ενήλικα πολίτη της κοινωνίας που αντιπροσωπεύει ή αυτής που οραματίζεται, δίνοντας επιλεγμένες γνώσεις. Η αξιοποίηση της επιμόρφωσης στο αισθητικό δάσος της Καισαριανής και του εκπαιδευτικό υλικού που παρέχεται στους εκπαιδευτικούς των σχολικών μας μονάδων, θα βοηθήσει τα μέγιστα στο δύσκολο έργο που έχουν να επιτελέσουν, ώστε να πετύχουν τον περιβαλλοντικό εγγραμματισμό των μαθητών τους, καθιστώντας τους ενεργούς και ευαισθητοποιημένους πολίτες μίας δημοκρατικής κοινωνίας, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις και δράσεις ατομικές ή συλλογικές για περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούν το δάσος, είτε στην κοινότητά τους, είτε στον πλανήτη ολόκληρο."

Εμμανουήλ Χατζηελευθερίου

Γεωλόγος M.Sc

Υπεύθυνος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Δ.Δ.Ε. Α΄ Αθήνας

"Με μεγάλη χαρά συνεργαζόμαστε ως γραφείο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης της Δ/νσης Π.Ε Α' Αθήνας στο έργο: «Δράσεις βιωματικής κατάρτισης για εκπαιδευτικούς στο δάσος», του χρηματοδοτικού προγράμματος «Φυσικό περιβάλλον και καινοτόμες δράσεις του Πράσινου Ταμείου» που υλοποιείται από τον Ελληνικό Γεωργικό Οργανισμό Δήμητρα/Ινστιτούτο Μεσογειακών και Δασικών Οικοσυστημάτων.

Στην εποχή της κλιματικής κρίσης, στην εποχή που το μέλλον του πλανήτη εξαρτάται από την λήψη κρίσιμων αποφάσεων σε επίπεδο παγκόσμιας διακυβέρνησης αλλά και την άμεση αντίδραση και αλλαγή που πρέπει να κάνουμε όλοι στην καθημερινότητά μας, η περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι μια εκπαίδευση πιο επίκαιρη από ποτέ, πιο επείγουσα από ποτέ. Σύμφωνα με την Ατζέντα του 2030 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη η Εκπαίδευση είναι το κεντρικό στοιχείο της βιώσιμης ανάπτυξης παίζοντας καταλυτικό ρόλο για την επίτευξη των 17 Στόχων.

Σε αυτό το έργο αναδεικνύεται η σημασία της επείγουσας κατάρτισης των εκπαιδευτικών σε θέματα σχετικά με το δασικό οικοσύστημα. Τα δάση είχαν τη δική τους ξεχωριστή θέση στο πλαίσιο της Δεκαετίας της Εκπαίδευσης για την αειφορία, 2005-2014 της UNESCO, με θεματικό περιεχόμενο το 2008 το «Δάσος, πράσινος πλανήτης».

Εν τω μεταξύ στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο μεγάλες πυρκαγιές αφάνισαν εκατομμύρια στρέμματα δασικής γης, θέτοντας σε κίνδυνο όλο τον πλανήτη. Μέσα σε αυτό το συγκείμενο θεωρούμε σημαντική πρωτοβουλία την έκδοση αυτού του εκπαιδευτικού υλικού που θα υποστηρίξει τη βιωματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών για το δάσος και θα αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την ανάληψη πρωτοβουλιών υλοποίησης σχετικών περιβαλλοντικών προγραμμάτων που θα ευαισθητοποιούν τους μαθητές στη σημασία του δασικού οικοσυστήματος και την προστασία του. Οι μαθητές έχουν ανάγκη να συνδεθούν με τη φύση στο κοντινό πάρκο ή άλσος του σχολείου τους, στο περιαστικό δάσος της πόλης τους, ώστε με αφετηρία αυτό το δεσμό να κατανοήσουν τη σημασία των δασών της πατρίδας μας, αλλά και του κόσμου.

Η βιωματική εμπειρία της γνωριμίας τους με την πολυπλοκότητα του δασικού οικοσυστήματος, τη σημασία της βιοποικιλότητας που φιλοξενείται μέσα σε αυτό, τους κινδύνους που διατρέχει από τις αλόγιστες ανθρώπινες ενέργειες, αποτελεί κρίσιμη παρακαταθήκη για την καλλιέργεια στάσεων κοινωνικής ευθύνης, συμμετοχής και εθελοντισμού στην προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και την ανάληψη πρωτοβουλιών ανάδειξης της σημασίας τους για τη διάσωση του πλανήτη.

Συγχαίρουμε όλους τους επιστήμονες που συνέβαλαν στη δημιουργία αυτού του εκπαιδευτικού υλικού και πιστεύουμε ότι μαζί με τη βιωματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών θα αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο στην ευαισθητοποίηση της εκπαιδευτικής κοινότητας για τα δάση και τη σημασία τους για τον πλανήτη."

Μαρία Δημοπούλου

Υπεύθυνη Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Δ/νσης Π.Ε Α'Αθήνας

Δράση 2.2.1.

Διαχείριση/Αύξηση δασών και κλιματική αλλαγή

Υπεύθυνοι δράσης:
Δρ. Παναγιώτης Κουλελής, Δρ. Κώστας Ιωαννίδης
(Εξωτερικός Συνεργάτης Δρ. Βασιλεία Φασούλη)

www.fria.gr

1.1. ΔΑΣΙΚΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ, ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ, ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ, ΔΑΣΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ, ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Δάσος: Η έκταση γης μεγαλύτερη από 0,5 εκτάρια με δέντρα ψηλότερα από 5 μέτρα που καλύπτουν με την κόμη τους περισσότερο από το 10% της επιφάνειας, ή δέντρα που μπορούν να καλύψουν τις παραπάνω απαιτήσεις στην περιοχή που εμφανίζονται (Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας FAO, 2020). Σύμφωνα με το ισχύον ελληνικό Σύνταγμα και το άρθρο 24 «Ως δάσος ή δασικό οικοσύστημα νοείται το οργανικό σύνολο αγρίων φυτών με ξυλώδη κορμό πάνω στην αναγκαία επιφάνεια του εδάφους, τα οποία, μαζί με την εκεί συνυπάρχουσα χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν μέσω της αμοιβαίας αλληλεξάρτησης και αλληλοεπίδρασής τους, ιδιαίτερη βιοκοινότητα (δασοβιοκοινότητα) και ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (δασογενές). Δασική έκταση υπάρχει όταν στο παραπάνω σύνολο η άγρια ξυλώδης βλάστηση, υψηλή ή θαμνώδης, είναι αραιά». Επίσης, στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι αποτελεί υποχρέωση του Κράτους η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος με ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα, στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας. Τέλος, στο άρθρο 117 του Συντάγματος αναφέρεται ότι τα δάση και οι δασικές εκτάσεις που καταστρέφονται από πυρκαγιά ή αποψιλώνονται, κηρύσσονται υποχρεωτικά αναδασωτέες.

Δέντρα κατηγορίες: Κωνοφόρα, πλατύφυλλα, τροπικά (Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας-FAO, 2020)

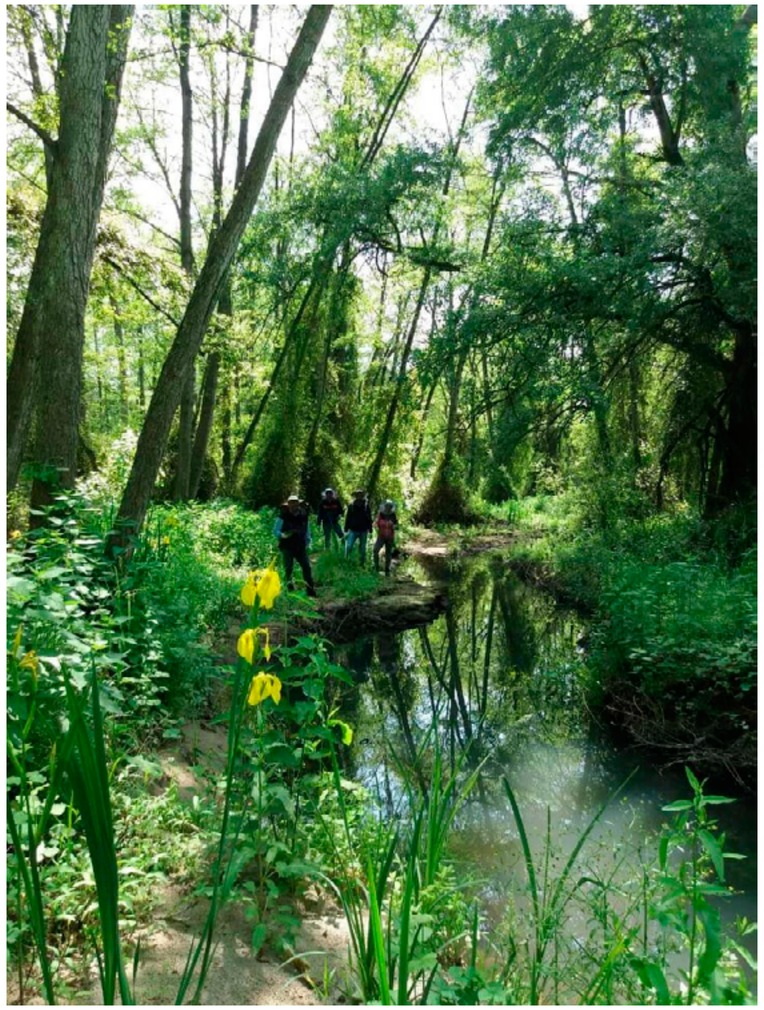
- **Κωνοφόρα**: Όλα τα ξύλα που προέρχονται από δέντρα ταξινομημένα βοτανικά ως γυμνόσπερμα Gymnospermae, π.χ. *Abies* spp., (Εικ. 1) *Araucaria* spp., *Cedrus* spp., *Chamaecyparis* spp., *Cupressus* spp., *Larix* spp., *Picea* spp., *Pinus* spp., *Thuja* spp., *Tsuga* spp., Κλπ. Γενικά αναφέρονται ως μαλακό ξύλο (softwood).

Εικόνα 1. Κεφαλληνιακή ελάτη στην Πάρνηθα

- **Μη κωνοφόρα**: (Εικ. 2) Όλα τα ξύλα που προέρχονται από δέντρα ταξινομημένα βοτανικά ως αγγειόσπερμα Angiospermae, π.χ. Acer spp., *Dipterocarpus* spp., *Entandrophragma* spp., *Eucalyptus* spp., *Fagus* spp., *Populus* spp., *Quercus* spp., *Shorea* spp., *Swietonia* spp., *Tectona* spp., Κλπ. Γενικά αναφέρονται ως σκληρό ξύλο.
- **Τροπικά:** Η τροπική ξυλεία ορίζεται στη Διεθνή Συμφωνία για την Τροπική Ξυλεία (1994) ως εξής: Το τροπικό ξύλο μη κωνοφόρων για βιομηχανικές χρήσεις, το οποίο αναπτύσσεται ή παράγεται στις χώρες που βρίσκονται μεταξύ Τροπικού του Καρκίνου και Τροπικού του Αιγόκερου.

Οικοσυστημικές υπηρεσίες: Ένας απλοποιημένος ορισμός αναφέρεται στα πολλά και ποικίλα οφέλη που λαμβάνει ο άνθρωπος από το φυσικό περιβάλλον και από τα υγιή οικοσυστήματα, μεταξύ αυτών και τα δασικά.

Δασική διαχείριση: Η διαχείριση των δασών είναι η διαδικασία σχεδιασμού και εφαρμογής πρακτικών, για τη διαχείριση και τη χρήση των δασών, με σκοπό την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών, οικονομικών, κοινωνικών και πολιτιστικών στόχων. Ασχολείται με τις διοικητικές, οικονομικές, νομικές, κοινωνικές, τεχνικές και επιστημονικές πτυχές της διαχείρισης των φυσικών αλλά και τεχνητών δασών. Μπορεί να περιλαμβάνει ποικίλους βαθμούς εσκεμμένης ανθρώπινης παρέμβασης, όπως:



Εικόνα 2. Βλάστηση πλατυφύλλων στον ποταμό Νέστο

- Δράσεις που αποσκοπούν στη διασφάλιση και διατήρηση των δασικών οικοσυστημάτων και των λειτουργιών τους.
- Δράσεις που ευνοούν συγκεκριμένα κοινωνικά ή οικονομικά πολύτιμα δασικά είδη και την βελτίωση της παραγωγής δασικών αγαθών και υπηρεσιών (Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας-FAO, 2020).

Η πιο δόκιμη έννοια του όρου αφορά την αειφορική διαχείριση των δασών (**Sustainable Forest Management** (SFM)) και μπορεί να θεωρηθεί ως η βιώσιμη χρήση και διατήρηση των δασών με στόχο τη διατήρηση και την ενίσχυση των πολλαπλών δασικών αξιών μέσω των ανθρώπινων παρεμβάσεων μακροπρόθεσμα. Οι άνθρωποι βρίσκονται στο επίκεντρο του SFM, διότι στοχεύουν να συμβάλουν στην κάλυψη των ποικίλων αναγκών της κοινωνίας διαχρονικά.

Δασική Οικονομία: Η δασική οικονομία παρέχει βασικές πληροφορίες που συμβάλλουν στη λήψη αποφάσεων για τη δασική πολιτική τόσο σε τοπικό, σε εθνικό αλλά και διεθνές επίπεδο. Παραδοσιακά, η δασική οικονομία αφορούσε αποκλειστικά τη διαδικασία παραγωγής ξυλείας. Σήμερα ωστόσο, το εύρος της έχει επεκταθεί για να ληφθεί υπόψη ο πολυλειτουργικός ρόλος που διαδραματίζουν τα δάση στην παροχή, όχι μόνο οικονομικών αγαθών για την κοινωνία, αλλά και περιβαλλοντικών, κοινωνικών και πολιτιστικών αγαθών.

Η δασική οικονομία αξιολογεί σήμερα την αξία των δημόσιων αγαθών που παράγει η δασοκομία, συμπεριλαμβανομένου του μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, της διατήρησης της βιοποικιλότητας, της προστασίας της ποιότητας των υδάτων, της αναψυχής και της αξίας του τοπίου. Η χρηματική αξία αυτών των δημόσιων αγαθών βοηθά να δοθεί μια σαφέστερη εικόνα της οικονομικής συμβολής των δασών στην κοινωνία και επίσης να αποδειχθεί το καθαρό δημόσιο όφελος της δασοκομίας σε σχέση με άλλες χρήσεις γης.

Κλιματική αλλαγή: Αποτελεί μια μακροπρόθεσμη μετατόπιση των παγκόσμιων ή περιφερειακών κλιματικών προτύπων. Συχνά η κλιματική αλλαγή αναφέρεται, ειδικά, στην άνοδο των παγκόσμιων θερμοκρασιών από τα μέσα του 20ου αιώνα μέχρι σήμερα. Οι υποστηρικτές της, που είναι και η πλειοψηφία των επιστημόνων, υποστηρίζουν ότι προκαλείται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και είναι ένα παγκόσμιο ζήτημα που αρχίζει να γίνεται εμφανές σε πολλά μέρη του κόσμου. Είναι η κύρια περιβαλλοντική πρόκληση αυτού του αιώνα. Τα αυξανόμενα επίπεδα αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gases) ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και επιταχύνουν μη αναστρέψιμες αλλαγές στο κλίμα. Η κλιματική αλλαγή είναι μια μεταβολή στο κλιματικό σύστημα λόγω εσωτερικών αλλαγών ή στην αλληλεπίδραση των συνιστωσών του που οφείλονται σε εξωτερική επίδραση, είτε από φυσικούς παράγοντες, είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η φυσική μεταβλητότητα είναι χαρακτηριστικό του παγκόσμιου κλίματος και συμβαίνει τόσο σε μακροχρόνιες όσο και σε σύντομες χρονικές κλίμακες. Πολλοί κλιματολόγοι πιστεύουν ότι τόσο οι μακροπρόθεσμες, όσο και οι βραχυπρόθεσμες κλιματικές διακυμάνσεις δεν είναι τυχαία φαινόμενα, αλλά οργανωμένα γεγονότα που ελέγχονται από δυνάμεις ή ενεργειακούς πόρους που συνδέονται είτε με την ίδια τη γη, είτε με τα πλανητικά σώματα του ηλιακού μας συστήματος. Μια από αυτές τις υποθέσεις σε αυτές τις φυσικές παραλλαγές είναι και οι αλλαγές που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα τα τελευταία χρόνια θεωρείται ότι είναι η αιτία των μεταβαλλόμενων κλιματικών προτύπων. Οι αυξήσεις στις παγκόσμιες θερμοκρασίες της επιφάνειας και η σημαντική διακυμαινόμενη κλιματική αλλαγή παρατηρήθηκαν σε πολλές περιοχές του πλανήτη κατά το δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα.

Εικόνα 3.
(α) Αναδάσωση στην Πεντέλη (photo: Ευαγγελία Ανδριανοπούλου)
(β) Αποψιλωτική παράνομη υλοτομία.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν πολύ σοβαρούς παγκόσμιους κινδύνους και απειλούν τα βασικά συστατικά της ζωής, συμπεριλαμβανομένης της υγείας, της πρόσβασης στα ύδατα, της παραγωγής τροφίμων αλλά και της χρήσης γης. Καθώς η γη θερμαίνεται, οι ζημιές από την αλλαγή του κλίματος θα επιταχυνθούν.

> Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν πολύ σοβαρούς παγκόσμιους κινδύνους και απειλούν τα βασικά συστατικά της ζωής...

Φυσική επέκταση του δάσους: Η επέκταση του δάσους μέσω φυσικής διαδοχής στη γη, σε περιοχές που μέχρι τότε ήταν κάτω από μια άλλη χρήση γης (π.χ. δασική διαδοχή σε γη που χρησιμοποιείτο προηγουμένως για τη γεωργία).

Δάσωση (afforestation): Δημιουργία δάσους μέσω φύτευσης ή / και σκόπιμης σποράς σε έκταση που μέχρι τότε, δεν είχε ταξινομηθεί ως δάσος.

Αναδάσωση (reforestation): Αποκατάσταση του δάσους μέσω φύτευσης ή / και σκόπιμης σποράς σε ταξινομημένο έδαφος ως δάσος (Εικ. 3).

Αποψίλωση δασών (deforestation): Η μετατροπή του δάσους σε άλλη χρήση γης, ή η μόνιμη μείωση της δασοκάλυψης κάτω από το όριο του ελάχιστου 10%.

1.2. ΔΑΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Δάση και κλιματική αλλαγή: Τα δάση συμβάλλουν στη σταθεροποίηση του κλίματος. Ρυθμίζουν τα οικοσυστήματα, προστατεύουν τη βιοποικιλότητα, διαδραματίζουν αναπόσπαστο ρόλο στον κύκλο του άνθρακα και μπορούν να συμβάλλουν στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Για να μεγιστοποιήσουμε τα κλιματικά οφέλη των δασών, πρέπει να διατηρήσουμε ανέπαφα τα δασικά τοπία, να τα διαχειριστούμε πιο βιώσιμα και να αποκαταστήσουμε περισσότερα από αυτά τα τοπία που έχουμε χάσει. Η ανάσχεση της απώλειας και της υποβάθμισης των δασικών οικοσυστημάτων, όπου αυτή υφίσταται και η προώθηση της αποκατάστασής τους έχουν τη δυνατότητα να συμβάλουν στο ένα τρίτο του συνολικού μετριασμού της κλιματικής αλλαγής που απαιτούν οι επιστήμονες έως το 2030 για την επίτευξη των στόχων της συμφωνίας του Παρισιού.

Άλλα οφέλη υπέρ του ανθρώπου και της φύσης είναι σημαντικά (Διεθνής Ένωση Προστασίας της Φύσης IUCN, 2020):

- Συνολικά 1,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι (σχεδόν το 25% του παγκόσμιου πληθυσμού) βασίζονται στα δάση για την επιβίωσή τους, πολλοί από τους οποίους είναι οι φτωχότεροι του κόσμου.
- Τα δάση παρέχουν 75-100 δισεκατομμύρια $ ετησίως σε αγαθά και υπηρεσίες όπως καθαρό νερό και υγιή εδάφη.
- Τα δάση φιλοξενούν το 80% της χερσαίας βιοποικιλότητας στον κόσμο.

Ξυλαπόθεμα ή **Ξυλώδες κεφάλαιο:** Ο ξυλώδης όγκος μιας συστάδας, ενός αθροίσματος συστάδων ή και ολόκληρου δάσους. Εκφράζεται συνήθως σε κυβικά μέτρα έμφλοιου ή άφλοιου ξυλώδη όγκου στη μονάδα επιφανείας και στο σύνολο δεδομένης έκτασης δάσους και διακρίνεται σε κορμόξυλο αλλά και κλαδόξυλο (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, 2002).

Παραγωγικό δάσος: Δασική περιοχή που προορίζεται κυρίως για την παραγωγή ξύλου, βιομάζας, βιοενέργειας ή / και μη ξυλωδών δασικών προϊόντων.

Πολλαπλή χρήση του δάσους: Εφαρμόζεται σε μια δασική περιοχή που προορίζεται για περισσότερους από έναν δασοπονικούς σκοπούς, και κανένας από αυτούς μόνος του δεν θεωρείται ως κυρίαρχος και καθοριστικός.

Μη ξυλώδη δασικά προϊόντα: Προϊόντα που προέρχονται από δάση που είναι υλικά και φυσικά αντικείμενα βιολογικής προέλευσης εκτός από το ξύλο π.χ. προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως τρόφιμα και πρόσθετα τροφίμων (βρώσιμα καρύδια, μανιτάρια, φρούτα, βότανα, μπαχαρικά και καρυκεύματα, αρωματικά φυτά, θηράματα), ξυλώδεις ίνες (χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, επίπλων, ρούχων ή σκευών), ρητίνη (ρητινοκαλλιεργητές) αλλά και τα ζωικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για φαρμακευτικούς, καλλυντικούς ή πολιτιστικούς σκοπούς (Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας - FAO, 2020).

Δασική πολιτική: Μια δέσμη προσανατολισμών και αρχών δράσεων που υιοθετούνται από τις δημόσιες αρχές μιας χώρας, ή συνασπισμού χωρών, σε αρμονία με τις εθνικές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πολιτικές. Στόχος τους είναι να προγραμματιστούν και να ληφθούν με τον καλύτερο τρόπο μελλοντικές αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση, τη χρήση και τη διατήρηση των δασικών οικοσυστημάτων και των δασικών πόρων προς όφελος της κοινωνίας.

Η αειφορική διαχείριση των δασών σε σχέση με την οικονομική ανάπτυξη: Σε πολλές χώρες, το σημερινό επίπεδο λήψης ξυλείας από τα δάση, υπολείπεται της ετήσιας προσαύξησης, άρα μπορεί να αυξηθεί με κατάλληλα μέτρα διαχείρισης και τις απαραίτητες διασφαλίσεις. Η αξιοποίηση αυτού του δυναμικού μπορεί να συμβάλει στη μείωση του **ευκαιριακού κόστους**[1] για τις δασικές εκμεταλλεύσεις και να συμβάλει στην εθνική και τοπική οικονομία, δημιουργώντας εισόδημα, απασχόληση και φορολογικά έσοδα, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη των υποδομών.

Υπάρχουν επίσης ευκαιρίες για τη δημιουργία εισοδημάτων από τη συγκομιδή μη ξυλωδών δασικών προϊόντων, αλλά και την εμπορία των υπηρεσιών των δασικών οικοσυστημάτων (διάφορα συστήματα πληρωμών για περιβαλλοντικές υπηρεσίες αναδύονται, ενώ παράλληλα έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία και εφαρμόζονται σε ορισμένες περιπτώσεις). Το μεγάλο ευκαιριακό κόστος των δασικών εκμεταλλεύσεων σε σύγκριση με κάποιες άλλες χρήσεις γης οφείλεται, εν μέρει, στις ανεπαρκείς δυνατότητες αγοράς για το ευρύ φάσμα δασικών προϊόντων και υπηρεσιών, πέραν των γνωστών εμπορικών ειδών ξυλείας, στην ανεπαρκή ικανότητα εφαρμογής αειφορικής διαχείρισης και πιστοποίησης αλλά και στην έλλειψη δασικών επενδύσεων.

Τα μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα παρέχουν πολλά δασικά αγαθά και υπηρεσίες, αλλά και ξυλεία, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη των αγροτικών

1. Το κόστος ευκαιρίας είναι μία από τις πιο βασικές έννοιες της οικονομίας. Ένας θεμελιώδης κανόνας στα οικονομικά, είναι ότι δεν κάνεις καμία επένδυση, εκτός αν αξίζει περισσότερο από το κόστος ευκαιρίας της. Το κόστος ευκαιρίας εκφράζει την ιδέα ότι για κάθε επιλογή, το πραγματικό οικονομικό κόστος είναι η θυσία της επόμενης καλύτερης ευκαιρίας. Ή, με άλλα λόγια, το κόστος ευκαιρίας είναι το καθαρό όφελος που χάθηκε, επειδή ο πόρος που παρέχει την υπηρεσία δεν μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί στην επόμενη πιο ευεργετική χρήση του. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι ένας αγρότης υλοτομεί μια δασική έκταση για να επεκτείνει την καλλιεργήσιμη γη του. Εάν η επακόλουθη απώλεια ξυλείας, καυσόξυλου και καθαρισμού νερού είναι η επόμενη καλύτερη χρήση της γης, τότε η αξία της ξυλείας, του καυσόξυλου και του καθαρισμού του νερού είναι το κόστος ευκαιρίας της διευρυμένης καλλιεργήσιμης γης.

περιοχών, καθώς και για την ευημερία των αστικών πληθυσμών της περιοχής της Μεσογείου (Palahi et al., 2008). Το 2010, σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας, οι Μεσογειακές χώρες εισήγαγαν συλλογικά ξύλο και προϊόντα ξυλείας, αξίας άνω των 40 δισεκατομμυρίων δολαρίων, εκ των οποίων το 80% ή 32 δισεκατομμύρια $ προέρχονταν από μη Μεσογειακές χώρες (Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας, 2013a). Η οικονομική ανάπτυξη, μετρούμενη με τον ρυθμό μεταβολής στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν συνδέεται γενικά με την αυξανόμενη ζήτηση προϊόντων και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων ξύλου (Jonsson, 2011). Η χρήση του ΑΕΠ (και μερικές φορές του πληθυσμού) είναι πολύ κοινή στα μοντέλα του δασικού τομέα όπως αυτά ορίζονται από τον Solberg (1986). Τον σκοπό των προβλέψεων της αγοράς των δασικών προϊόντων και τη συμβολή τους στην οικονομία εξυπηρετούν οικονομετρικά μοντέλα, τα οποία ενημερώνονται περιοδικά από ερευνητές ανά τον κόσμο. Όσον αφορά την χώρα μας οι εισαγωγές δασικών προϊόντων κυριαρχούν. Λόγω κλιματικών γεωγραφικών και οικονομικών συνθηκών δεν είμαστε μια χώρα παραγωγική-εξαγωγική όσον αφορά το δασικό τομέα. Σύμφωνα με τον Koulelis (2011), οι ελληνικές εισαγωγές ξυλείας αυξήθηκαν ραγδαία τα τελευταία χρόνια, γεγονός που είχε οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις. Μετά το 2008, σημειώθηκαν κάποιες αλλαγές κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης. Τα επίπεδα κατανάλωσης ανά κάτοικο στις περιπτώσεις όλων των προϊόντων μειώθηκαν, κυρίως λόγω της κατάρρευσης του κατασκευαστικού κλάδου (Koulelis, 2016), (Εικ. 4).

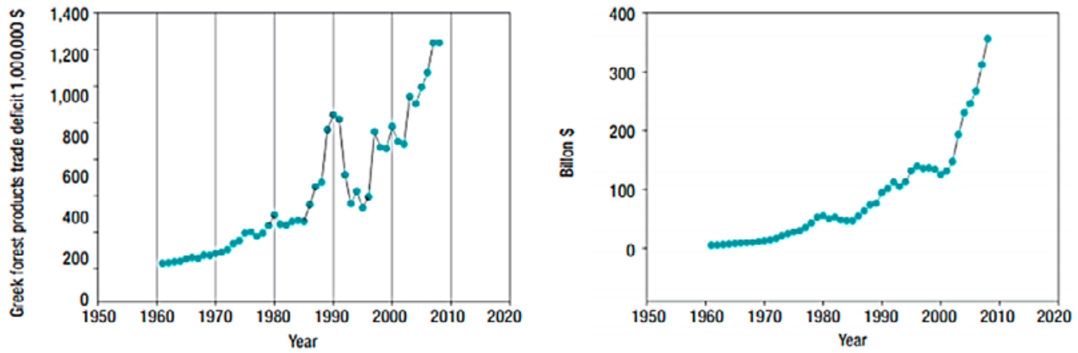


Figure 2. Trade deficit in forest products of Greece.

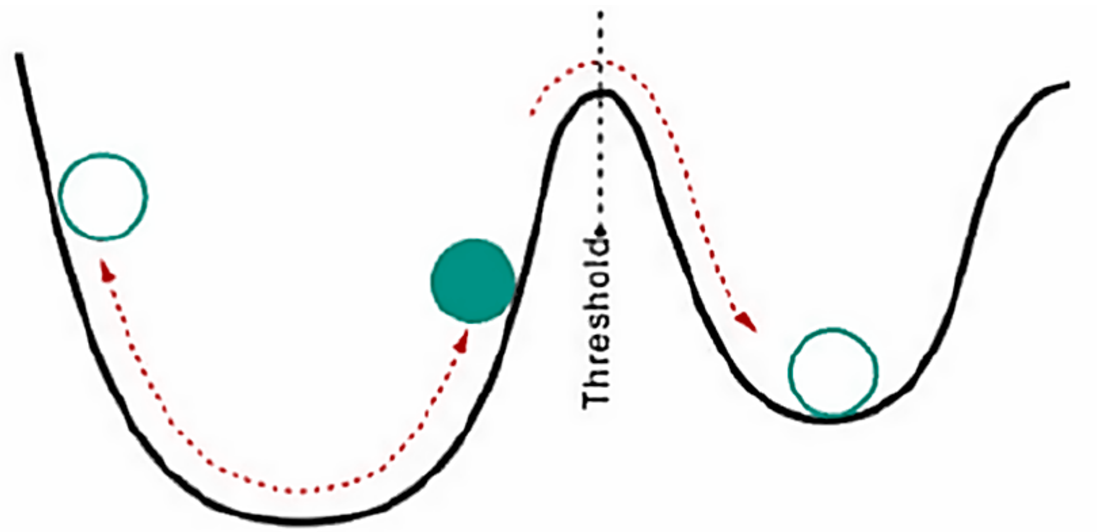
Figure 4. The enlargement of Greek GDP over the years.

Εικόνα 4. Διαχρονική εξέλιξη του ΑΕΠ και του ελλείμματος δασικών προϊόντων για την Ελλάδα (Koulelis, 2012)

Η βιοοικονομία περιλαμβάνει εκείνα τα τμήματα της οικονομίας που χρησιμοποιούν ανανεώσιμους βιολογικούς πόρους από τη ξηρά και τη θάλασσα, όπως είναι οι καλλιέργειες, τα δάση, τα ψάρια, τα ζώα και οι μικροοργανισμοί για την παραγωγή τροφίμων, υλικών και ενέργειας. Οι μοντέρνοι στόχοι της οικονομίας αποσκοπούν σε μια πιο καινοτόμο οικονομία χαμηλών εκπομπών, η οποία να συνδυάζει τις απαιτήσεις για βιώσιμη γεωργία και αλιεία, την επισιτιστική ασφάλεια και την αειφόρο χρήση των ανανεώσιμων βιολογικών πόρων για βιομηχανικούς σκοπούς, εξασφαλίζοντας παράλληλα τη βιοποικιλότητα και την προστασία του περιβάλλοντος (European Commission, 2012).

Ανθεκτικότητα των δασικών οικοσυστημάτων: Ανθεκτικότητα γενικά είναι η ικανότητα να υπομείνει ένα οικοσύστημα το στρες και να είναι ακόμα σε θέση να παράγει μετά την όχληση ή ακόμα και η ικανότητα ανάκαμψης μετά από μια καταστροφή. Ενώ ο ακριβής ορισμός εξακολουθεί να συζητείται (υπάρχουν περισσότεροι από 160 προσδιορισμένοι ορισμοί για την ανθεκτικότητα), η ανθεκτικότητα ενός συστήματος παρουσιάζεται συχνά ως η μεταφορά της μπάλας και του κυπέλλου, όπως την παρουσίασε ο καθηγητής Rupert Seidl από το Πανεπιστήμιο Φυσικών Πόρων και Επιστημών Ζωής στη Βιέννη (BOKU) (Εικ. 5). Εάν η μπάλα στο κύπελλο επιστρέφει πάντα στο κάτω

Εικόνα 5. Η μεταφορά της μπάλας και της κούπας για την κατανόηση της ανθεκτικότητας των συστημάτων. (Πηγή: Seidl et al. 2016, Journal of Applied Ecology και European Forest Institute, 2020)



... Τα δάση είναι δυναμικά συστήματα και οι διαταραχές όπως οι καταιγίδες, τα έντομα, τα παράσιτα, ακόμα και οι πυρκαγιές σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν πάντα μέρος των φυσικών κύκλων της δασικής δυναμικής.

μέρος, μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα είναι ανθεκτικό. Ωστόσο, αν η μπάλα βγει εύκολα από το κύπελλο, το σύστημα στερείται πια ανθεκτικότητας.

Μια άλλη σημαντική πτυχή που πρέπει να θυμόμαστε όταν μιλάμε για ανθεκτικότητα των δασικών οικοσυστημάτων, είναι ότι τα δάση είναι δυναμικά συστήματα και οι διαταραχές όπως οι καταιγίδες, τα έντομα, τα παράσιτα, ακόμα και οι πυρκαγιές σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν πάντα μέρος των φυσικών κύκλων της δασικής δυναμικής. Επομένως, στόχος της ανθεκτικότητας δεν είναι να αποφευχθεί εντελώς η διαταραχή, αλλά να διασφαλιστεί ότι το δάσος μπορεί να την αντιμετωπίσει, να της αντισταθεί, να ανακάμψει από αυτήν και να προσαρμοστεί στις μελλοντικές προκλήσεις.

1.3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΔΑΣΗ (ΑΥΞΗΣΗ)

Γενικά οι μετρήσεις στα δασικά οικοσυστήματα αφορούν την ποσότητα ξύλου που περιέχουν τα δέντρα και τα στελέχη τους, αλλά και στα μεγέθη των κορμών που μπορούν να κοπούν από αυτά. Αυτό το ξύλο μετατρέπεται σε προϊόντα ξυλείας για πολλούς σκοπούς ή χρησιμοποιείται για την κατασκευή πολτού και χαρτιού. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η μέτρηση του βάρους των διαφόρων μερών των δέντρων, όπως φύλλα, κλαδιά, μίσχοι και ρίζες. Το βάρος αυτό σχετίζεται είτε με την εμπορική χρήση των καυσοξύλων, είτε διότι το ένα τέταρτο περίπου από το νωπό βάρος ενός δέντρου (δηλαδή το βάρος του υγρού ιστού, κομμένο απευθείας από ένα ζωντανό δέντρο) αποτελείται από άνθρακα. Τα φυτά γενικά, και όχι μόνο τα δέντρα, παίρνουν διοξείδιο του άνθρακα μέσω των φύλλων τους και το μετατρέπουν μαζί με το νερό και το φως, χημικά σε οξυγόνο και ενεργειακά πλούσιες οργανικές ενώσεις, κυρίως υδατάνθρακες. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούν τις ενώσεις αυτές, για την ανάπτυξή τους και τις διάφορες λειτουργίες της ζωής. Αυτή η διαδικασία παραγωγής είναι γνωστή ως φωτοσύνθεση. Απαιτεί ενέργεια από το ηλιακό φως και απελευθερώνει το οξυγόνο πίσω στην ατμόσφαιρα σαν προϊόν αποβλήτων. Επειδή τα φυτά αφαιρούν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το αποθηκεύουν στους ιστούς τους, θεωρούνται πλέον ως ιδανικά εργαλεία για την προσπάθεια μείωσης των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον και στην ατμόσφαιρα. Έτσι, η μέτρηση της ποσότητας του άνθρακα, που τα δέντρα και τα δάση σε όλο τον κόσμο μπορούν και αποθηκεύουν, έχει αξιολογηθεί ιδιαίτερα σημαντική σαν μέτρηση τα τελευταία χρόνια.

Εκτός των παραπάνω μετρήσεων βέβαια, μετρήσεις μπορεί να αφορούν πληροφορίες για τα φυτά και τα ζώα που ζουν στα δάση, για τα εδάφη στα οποία αναπτύσσονται τα φυτά, όπως και για τα ρέματα και τα ποτάμια που διέρχονται από αυτά. Αυτά είναι σημαντικά για την κατανόηση πολλών άλλων ωφελειών που προσφέρουν τα δάση, σε θέματα όπως η διατήρηση, η αναψυχή, η παροχή καθαρού νερού ή αποκατάσταση υποβαθμισμένων εκτάσεων, οφέλη τα οποία εκτιμώνται όλο και περισσότερο σήμερα.

Αύξηση: Η αλλαγή στον χρόνο μεταβλητών όπως η κυκλική επιφάνεια, ο ιστάμενος όγκος ή η βιομάζα, είτε για ένα δέντρο μεμονωμένο είτε για ολόκληρες συστάδες. Ο υπολογισμός του όγκου συνήθως είναι πολύ χρήσιμος, είναι συνάρτηση του ύψους και της διαμέτρου, γίνεται με την χρήση ειδικών εξισώσεων και η μεταβολή του χρονικά αποτυπώνει ικανοποιητικά την αύξηση που ενδιαφέρει για εμπορικούς σκοπούς χρήσεων του δάσους, αλλά όχι μόνο. Ο ρυθμός αύξησης των δένδρων στα δάση, ως εκ τούτου, ο ρυθμός με τον οποίο παράγουν ξύλο, είναι πρωταρχικής σημασίας για όσους καλλιεργούν δάση για εμπορικούς σκοπούς.

Στην δασική διαχειριστική, αυτός ο ρυθμός αύξησης, εκφράζεται συνήθως με δύο τρόπους. Ο πρώτος, είναι η τρέχουσα ετήσια προσαύξηση συχνά συντομευμένη ως CAI (Current Annual Increment) αλλά και η περιοδική ετήσια αύξηση, συντομευμένη σε PAI (periodic annual increment).

Κάποιες από τις βασικές μετρήσεις στο δάσος είτε σε επίπεδο κορμού, είτε σε επίπεδο συστάδας αφορούν τα πιο κάτω:

Διάμετρος: Δενδρομετρική και προσαυξητική παράμετρος, η οποία συνδιαστικά με άλλες μετρήσεις, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του όγκου και της προσαύξησης ενός δέντρου ή μιας συστάδας. Μετριέται με παχύμετρο (Εικ. 6) ή με δεντρομετρική ταινία. Στην πράξη διακρίνονται διάφορα είδη διαμέτρου όπως στηθιαία, μέση, πρέμνου, άφλοια, έμφλοια κ.α.

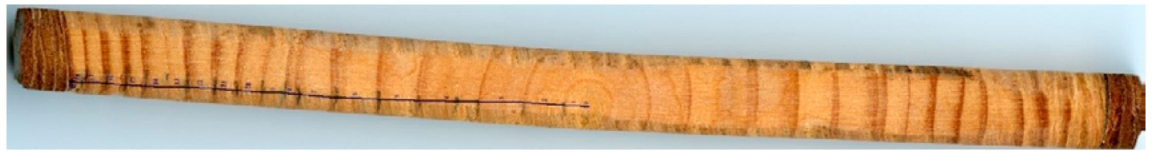
Εικόνα 6. Κλασσικό παχύμετρο διαμέτρου κορμών από τη Σουηδική εταιρεία Haglöf

Ύψος: Μπορεί να οριστεί σαν η υψομετρική διαφορά μεταξύ της κορυφής και του κατώτατου σημείου του υπέργειου μέρους του δέντρου. Το στηθιαίο ύψος του δέντρου (h1.3) ισούται με 1.30 μ. από το έδαφος. Ανάλογα, υπάρχει το ύψος της συστάδας, το οποίο είναι στατιστικό μέγεθος και αφορά στον πληθυσμό των δέντρων που την συγκροτούν, ενώ διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο υπολογισμού σε αριθμητικό μέσο ύψος, σε ανώτερο ύψος κ.α. Για τον υπολογισμό του ύψους υπάρχουν πολλές τεχνικές και όργανα που χρησιμοποιούνται στην πράξη από τους δασολόγους (Εικ. 7).

Εικόνα 7. Δενδροϋψόμετρο με laser

Εικόνα 8. Lignovision software

Εικόνα 9. Δείγμα δενδροτρυπανιδίου



Εικόνα 10. Scanner υψηλής ανάλυσης

Δενδροτρυπανίδια: Ο εξοπλισμός για το λεγόμενο «Coring» ο οποίος μπορεί να βιδωθεί μέσα στον κορμό ενός δέντρου και να αφαιρεθεί ένας πυρήνας ξύλου χωρίς να γίνει ζημιά στο δέντρο. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται τακτικά από επιστήμονες που μελετούν τις αλλαγές στο κλίμα, μετρώντας το πλάτος των δακτυλίων ανάπτυξης και αποτελεί βασική αρχή σε μια επιστήμη που ονομάζεται δενδροχρονολόγηση (Εικ. 8, 9, 10). Παράλληλα, ο ρυθμός ανάπτυξης των δένδρων στα δάση, δηλαδή ο ρυθμός με τον οποίο παράγουν ξύλο, είναι πρωταρχικής σημασίας για όσους καλλιεργούν δάση και για εμπορικούς σκοπούς φυσικά.

Ποιότητα τόπου: Η ποιότητα τόπου ενός δασικού σταθμού είναι μια άλλη έκφραση που σχετίζεται με την παραγωγική ικανότητα του. Για κάθε δασοπονικό είδος διακρίνονται κατά κανόνα 3 με 5 ποιότητες τόπου, οι οποίες για τις ίδιες ηλικίες δέντρων χαρακτηρίζονται από διαφορετική αύξηση και παραγωγή (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, 2002).

1.4. ΔΑΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η αλληλεξάρτηση μεταξύ μετεωρολογίας δασοπονίας και διαχείρισης φυσικών οικοσυστημάτων είναι δεδομένη. **Έμφαση** δίνεται στη βασική και εφαρμοσμένη επιστημονική έρευνα που σχετίζεται με πρακτικά προβλήματα στον δασικό τομέα, που επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες, καθώς και από τη μεταβλητότητα και την αλλαγή του κλίματος σε τοπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα θεωρητικά μοντέλα συνήθως δοκιμάζονται με βάση τα πειραματικά δεδομένα που συλλέγονται από μετεωρολογικούς σταθμούς και από το πεδίο. Μεταξύ άλλων, ένα σημαντικό και ευρέως διερευνώμενο θέμα στα δασικά οικοσυστήματα, είναι το θέμα της ξηρασίας.

Ορισμοί και έννοιες της ξηρασίας: Ο ορισμός της ξηρασίας ανέκαθεν αποτελούσε εμπόδιο για την παρακολούθηση και ανάλυσή της. Σύμφωνα με τον WMO (Bogardi et al., 1994), πρόκειται για μία κατάσταση ανεπαρκούς υγρασίας που προκαλείται κυρίως από έλλειψη βροχοπτώσεων για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο ορισμός της ξηρασίας εξαρτάται από το αντικείμενο της κάθε επιστήμης. Για την Μετεωρολογία για παράδειγμα, ξηρασία είναι η ελάττωση της βροχόπτωσης σε σχέση με την αναμενόμενη ποσότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη Γεωπονία και τη Δασολογία η ξηρασία μπορεί να εκφρασθεί ως έλλειψη της απαραίτητης υγρασίας σε σχέση με συγκεκριμένη καλλιέργεια/δασικό είδος. Για την Υδρολογία και την Υδρογεωλογία, σημαίνει πτώση της στάθμης των λιμνών, των ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από κάποιο όριο για μία ορισμένη χρονική περίοδο, ενώ για την Οικονομία ή την Πολιτική (κοινωνία), η ξηρασία εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις (Karavitis, 1992).

Ιδιότητες της ξηρασίας (Salas, 1993):

- **Διάρκεια**: Μπορεί να ποικίλει από μια εβδομάδα έως μερικά χρόνια.
- **Μέγεθος**: Συνολικό έλλειμμα νερού κάτω από ένα ορισμένο σημείο.
- **Ένταση**: Ο λόγος του μεγέθους της ξηρασίας προς τη διάρκειά της.
- **Δριμύτητα**: Ο βαθμός ελλείμματος βροχόπτωσης (μέγεθος) και το μέγεθος των επιπτώσεων εξαιτίας του ελλείμματος αυτού (Wilhite, 2004).
- **Γεωγραφική Έκταση**: Η γεωγραφική κάλυψη της ξηρασίας η οποία ποικίλει κατά τη διάρκεια του φαινομένου.
- **Συχνότητα-Περίοδος Επαναφοράς**: Ο μέσος χρόνος μεταξύ δύο φαινομένων ξηρασίας με δριμύτητα ίση ή μεγαλύτερη από ένα συγκεκριμένο όριο.

Τρόπος καταγραφής: Η ξηρασία προσδιορίζεται με τη χρήση δεικτών που εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους. Η τιμή του δείκτη ξηρασίας είναι ένας καθαρός αριθμός, που μπορεί να φανεί περισσότερο χρήσιμος σε σχέση με την ανάλυση της κάθε παραμέτρου χωριστά. Η ορθή χρήση και ερμηνεία των δεικτών μπορεί να δώσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε ξεχωριστού επεισοδίου ξηρασίας, ενώ η μελέτη των τιμών του δείκτη στη διάρκεια του χρόνου, μπορεί να δώσει την πιθανότητα επανεμφάνισης των επεισοδίων ξηρασίας.

Αίτια της ξηρασίας: Τα αίτια εμφάνισης της ξηρασίας σε μια περιοχή δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν με βεβαιότητα, όμως έχουν διατυπωθεί διάφορες υποθέσεις (Karavitis, 1992). Είναι λοιπόν πιθανό, η εμφάνιση της ξηρασίας να είναι αποτέλεσμα συνδυασμένης δράσης πολλών παραμέτρων ή να πρόκειται για ένα απόλυτα τυχαίο γεγονός. Οι κύριες θεωρίες που εξηγούν την εμφάνιση κάποιων επεισοδίων ξηρασίας είναι: Τα ασυνήθιστα ρεύματα των ωκεανών, οι αστρονομικοί παράγοντες, τα ρεύματα ταχέως κινουμένων αερίων μαζών σε ύψος 10-15 χιλιόμετρα από την επιφάνεια του εδάφους (γνωστά ως αεροχείμαροι) αλλά και ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ. αύξηση πληθυσμού, αλλαγή στις χρήσεις γης, αύξηση ζήτησης για νερό), εντείνοντας τη φυσική διαδικασία της ξηρασίας.

Δράση 2.2.2.

Η **αναγέννηση** του **δάσους** μετά από φωτιά

Υπεύθυνη δράσης: Δρ. Ε.Ν. Δασκαλάκου

www.fria.gr

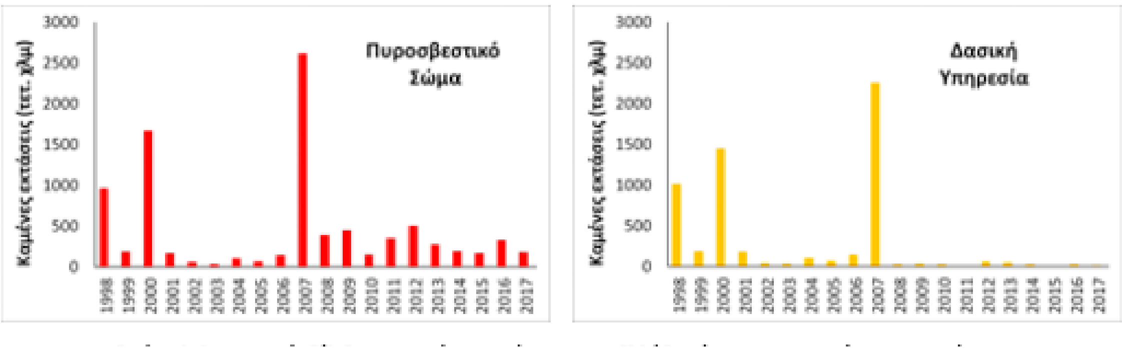
2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΡΟΛΟ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΣΤΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1.1. Πυρκαγιές των δασών και της υπαίθρου

Οι πυρκαγιές των δασών και της υπαίθρου αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα για τα φυσικά οικοσυστήματα, σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, καθώς σχετίζονται με άλλα θέματα αιχμής, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την κλιματική αλλαγή, την ερημοποίηση κλπ. Οι δασικές πυρκαγιές με απρόβλεπτη συμπεριφορά (Extreme Wildfire Events/ Megafires), με εξαιρετικά ταχεία και ευρεία εξάπλωση συνθέτουν ένα συνεχώς επιδεινούμενο περιβαλλοντικό, κοινωνικό και δημοσιονομικό πρόβλημα (Tedim et al., 2020).

Οι πυρκαγιές αποτελούν απειλή για τα φυσικά οικοσυστήματα με ταυτόχρονες επιπτώσεις στην υγεία και την ανθρώπινη ζωή, τις κατοικίες, τις υποδομές (οδικό, ηλεκτρικό δίκτυο, τηλεπικοινωνίες και ύδρευση), τις καλλιέργειες (γεωργικές, δενδροκομικές και ελαιώνες), το κτηνοτροφικό κεφάλαιο και τα δασικά προϊόντα (ξυλεία, ρητίνη, καρποί κ.λπ.). Επιπρόσθετα, οι έμμεσες κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες από τις πυρκαγιές (Goldammer et al., 2019), οδηγούν στην υποβάθμιση του αισθητικού και τουριστικού προϊόντος και την απώλεια των οικοσυστημικών υπηρεσιών από το δάσος (διάβρωση, πλημμύρες, υδρολογικός κύκλος κ.α.).

Τα δάση καλύπτουν το 1/3 της συνολικής έκτασης της Ευρώπης η οποία πλήττεται από μεγάλες δασικές πυρκαγιές, κατά κύριο λόγο στις Μεσογειακές χώρες (De Rigo et al., 2017). Στην Ελλάδα, η στατιστική των πυρκαγιών καταδεικνύει αύξηση των καμένων εκτάσεων τα τελευταία 20 τουλάχιστον χρόνια (Εικ. 11), ιδίως στη διάρκεια ξηρών και θερμών περιόδων (π.χ. 1998, 2000 και 2007). Σε συγκεκριμένα έτη, οι πυρκαγιές έλαβαν διαστάσεις εθνικής καταστροφής, με ενδεικτικό το έτος 2007 (2,7 εκατ. καμένα στρέμματα).



Εικόνα 11. Διαχρονική εξέλιξη των καμένων εκτάσεων στην Ελλάδα σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Πυροσβεστικού Σώματος και της Δασικής Υπηρεσίας για την περίοδο 1998-2017. Προσαρμογή από Goldammer et al. (2019).

Η ένταση και η αυξανόμενη έκταση των δασικών πυρκαγιών (π.χ. Πελοπόννησος 2007, Πορτογαλία-Ισπανία-Ιταλία 2017, Αττική 2018, Αυστραλία 2019) προβληματίζουν την επιστημονική κοινότητα (De Rigo et al., 2017). Οι φωτιές, στη φυσική τους εκδήλωση, δηλαδή σε απουσία ανθρώπινης δραστηριότητας, αποτελούν φυσικό φαινόμενο. Ωστόσο, η συχνότητα εμφάνισης της φωτιάς, που αποδίδεται σε ανθρωπογενή αίτια, έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 50 έτη. Τα δάση υποβαθμίζονται σταδιακά, μετά από τις επαναλαμβανόμενες φωτιές, εξαιτίας της αλλαγής στη χρήση της γης και της επέκτασης των αστικών, περιαστικών και τουριστικών περιοχών.

2.1.2. Μεσογειακό κλίμα και Μεσογειακά Οικοσυστήματα

Η φωτιά, στη φυσική της εκδήλωση, αποτελεί τον οικολογικό παράγοντα που συνοδεύει το Μεσογειακό κλίμα (ΜΚ) και τα Μεσογειακά Οικοσυστήματα (ΜΟ) για χιλιετίες, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί το μηχανισμό της ανανέωσής τους. Οι πρώτες ενδείξεις για τη διαχείριση της φωτιάς στη λεκάνη της Μεσογείου παρουσιάζονται στη διάρκεια της Νεολιθικής περιόδου (10.000-4.500 π.Χ.) σε δραστηριότητες που σχετίζονται με τη γεωργία και τη βόσκηση (Naveh, 1975). Ωστόσο, η συχνή παρουσία της φωτιάς επηρέασε την εξέλιξη της Μεσογειακής χλωρίδας και της βλάστησης και καθόρισε τη διαμόρφωση των Μεσογειακών Τοπίων με την παρούσα μορφή (Le Houerou, 1987).

Το ΜΚ χαρακτηρίζεται από χειμερινές βροχοπτώσεις με μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος (μέσο ετήσιο ύψος βροχής 275-975 mm) και από μεγάλης διάρκειας ξηρό και θερμό καλοκαίρι. Στη διάρκεια ενός τουλάχιστον από τους χειμερινούς μήνες η μέση θερμοκρασία πρέπει να είναι μικρότερη από 15°C και η συνολική διάρκεια παγετού μικρότερη του 3% του έτους (Aschmann, 1973). Η περιορισμένη δυνατότητα πρόγνωσης των καιρικών συνθηκών, οι απρόβλεπτες καταρρακτώδεις βροχές και οι δυνατοί άνεμοι σε διαφορετικές εποχές του έτους αποτελούν επιπλέον χαρακτηριστικά του ΜΚ. Το γενικό πρότυπό του διαφοροποιείται με την απόσταση από τη θάλασσα και το τοπογραφικό ανάγλυφο. Εκτός από τη λεκάνη της Μεσογείου, το ΜΚ χαρακτηρίζει ακόμα τέσσερεις διαφορετικές περιοχές της γης, μεταξύ 30° - 40° βόρεια και νότια του Ισημερινού: Καλιφόρνια, Κ. Χιλή, Ν. Αφρική και Ν-ΝΔ Αυστραλία (Keeley et al., 2012).

Τα ΜΟ διαθέτουν υψηλή ποικιλότητα φυτών, τύπων βλάστησης και χαρακτηριστικό 'μωσαϊκό' Μεσογειακών τοπίων (ψηλά βουνά, βραχώδεις ακτές, θαμνώνες, φυλλοβόλα δάση, παράκτιοι υγρότοποι και αμμώδεις παραλίες). Η βλάστηση που επικρατεί είναι σε μεγάλο βαθμό ξηροφυτική, ώστε να αντιμετωπίζει τη χαμηλή διαθεσιμότητα νερού στη διάρκεια της θερμής και ξηρής περιόδου. Ένα μεγάλο ποσοστό (>40%) της χερσαίας επιφάνειας της χώρας καλύπτεται από τη βλάστηση των ΜΟ δηλαδή: α) τα φρύγανα, με κυρίαρχα φυτικά είδη τους εποχιακά διμορφικούς θάμνους και ημίθαμνους σε ξηρά περιβάλλοντα β) τους αείφυλλους-σκληρόφυλλους θαμνώνες (μακί) στις υγρότερες θέσεις (Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, 1979) και γ) τα Μεσογειακά πευκοδάση, δάση ή δασικές εκτάσεις με επικρατούντα τα δάση χαλεπίου (*Pinus halepensis* Mill.) και τραχείας πεύκης (*Pinus brutia* Ten.) (Thanos et al., 1995; 1998).

Τα δάση στη Μεσόγειο αναμένεται να είναι περισσότερο ευάλωτα, αλλά πολύ πιο σημαντικά στο μέλλον, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής (Regato, 2008). Για τις Μεσογειακές περιοχές προβλέπονται περισσότερες ξηρές και θερμές ημέρες ανά έτος, με επαγόμενη τη μειωμένη διαθεσιμότητα νερού, την αυξημένη εξατμισοδιαπνοή στα φυτά, τις συχνότερες και σφοδρότερες πυρκαγιές ακόμα και σε ορεινές περιοχές, τη μεταβολή στην εποχικότητα των πυρκαγιών εκτός της θερινής περιόδου κ.ά (Valladares, 2014; Field et al., 2014; De Rigo et al., 2017).

Οι επιπτώσεις της φωτιάς στο έδαφος μελετώνται συστηματικά, με έμφαση στη μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του, τη συχνότητα της φωτιάς, την τοπογραφία, το μικροκλίμα κ.λπ., με στόχο τον μετριασμό της διάβρωσης (Vallejo et al., 2006; Stoof, 2019). Τέλος, η μεταβολή της δομής των οικοτόπων, η μεταπυρική σύνθεση των φυτικών ειδών, η συχνότητα, η εποχή, η έκταση, η ένταση και ο ρυθμός εξάπλωσης της φωτιάς επιφέρουν κινητικότητα, τραυματισμό, θνησιμότητα ή μετανάστευση των ειδών της άγριας ζωής (Kapler-Smith, 2000).

2.1.3. Μηχανισμοί μεταπυρικής αναγέννησης

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η φωτιά που εκδηλώνεται στα ΜΟ έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα με παροδικό χαρακτήρα, με την προϋπόθεση ότι δεν ακολουθεί δευτερογενής διαταραχή (φωτιά σε σύντομο χρονικό διάστημα, ξύλευση, βόσκηση ή αλλαγή χρήσης της γης). Τα περισσότερα φυτικά είδη των ΜΟ διαθέτουν την **ικανότητα φυσικής μεταπυρικής αναγέννησης-ανάκαμψης** η οποία πραγματοποιείται με επιμέρους στρατηγικές και εξειδικευμένους προσαρμοστικούς μηχανισμούς. Οι κύριοι μηχανισμοί αφορούν:

α. Στην αναβλάστηση (resprouting) των καμένων ατόμων αμέσως μετά τη φωτιά (Εικ. 12), από τους λιθαργικούς οφθαλμούς, οι οποίοι επιβιώνουν προστατευμένοι στο έδαφος, ή σε υπόγειους κονδύλους ή βολβούς. Τυπικά παραδείγματα είναι το πουρνάρι, η κουμαριά και ο σχίνος (*Quercus, Arbutus, Pistacia, Erica* spp. κ.ά.) και

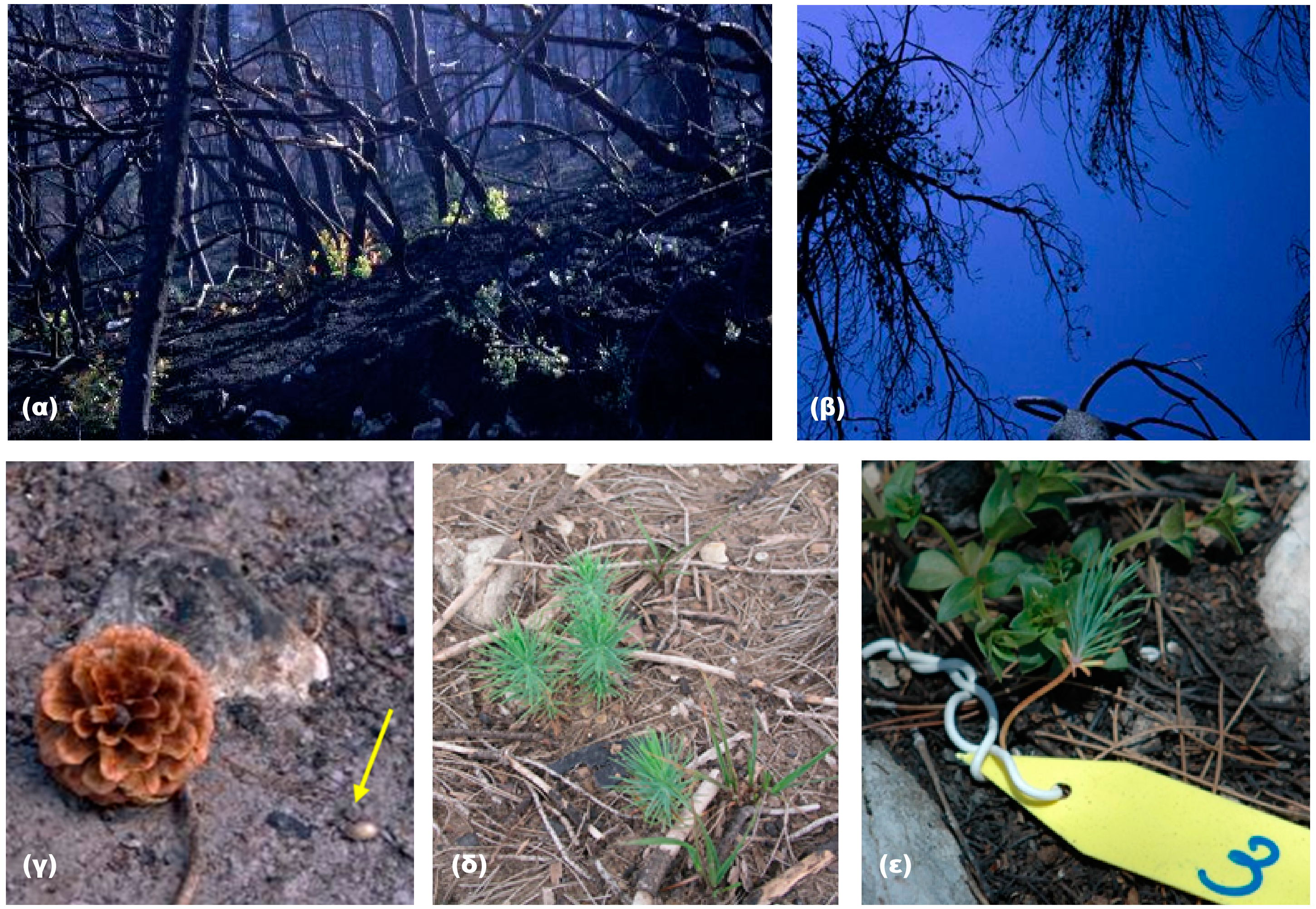
β. Στη φύτρωση σπερμάτων (reseeding) και την εμφάνιση πλήθους νεαρών ατόμων την βροχερή περίοδο (Εικ. 12). Ορισμένα είδη (π.χ. *Cistus* spp.-λαδανιά) είναι τόσο καλά προσαρμοσμένα στη φωτιά, που τα σπέρματά τους δεν φυτρώνουν παρά μόνο εάν καούν. Εκατομμύρια σπέρματα συσσωρεύονται σε βάθος χρόνου στο έδαφος, δημιουργώντας την εδαφική τράπεζα σπερμάτων (Thanos & Georghiou 1988; Thanos et al., 1992).

Προαιρετικά είδη των δύο παραπάνω κατηγοριών (facultative reseeders και facultative resprouters), όπως περιγράφεται στη βιβλιογραφία (π.χ. *Erica* και *Convolvulus* spp., αντίστοιχα), χρησιμοποιούν τη φωτιά για να εγκαταστήσουν αρτίβλαστα (νεαρά φυτά από σπέρματα) στις ευνοϊκές μεταπυρικές συνθήκες, δηλαδή όταν υπάρχει αυξημένη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και μειωμένος ανταγωνισμός από άλλα φυτικά είδη (Arianoutsou & Neeman, 2000; Δούση, 2000; Αριανούτσου, 2001; Αριανούτσου & Καζάνης, 2012; Vallejo et al., 2012; Pausas & Keeley, 2014).

Συμπερασματικά, η φυσική μεταπυρική αναγέννηση-ανάκαμψη ξεκινά με την αναβλάστηση (αμέσως σχεδόν μετά τη φωτιά) και ολοκληρώνεται με τη μαζική εμφάνιση αρτιβλάστων κατά την πρώτη βροχερή περίοδο (Οκτώβριος-Ιανουάριος). Το πρώτο μεταπυρικό έτος είναι εξαιρετικά κρίσιμη περίοδος για την αναγέννηση των καμένων πευκοδασών (Δασκαλάκου, 1996; Tsitsoni, 1997; Δούση, 2000; Daskalakou & Thanos, 1996; Thanos & Doussi, 2000).

2.2. ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΑ ΠΕΥΚΟΔΑΣΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΦΩΤΙΑ

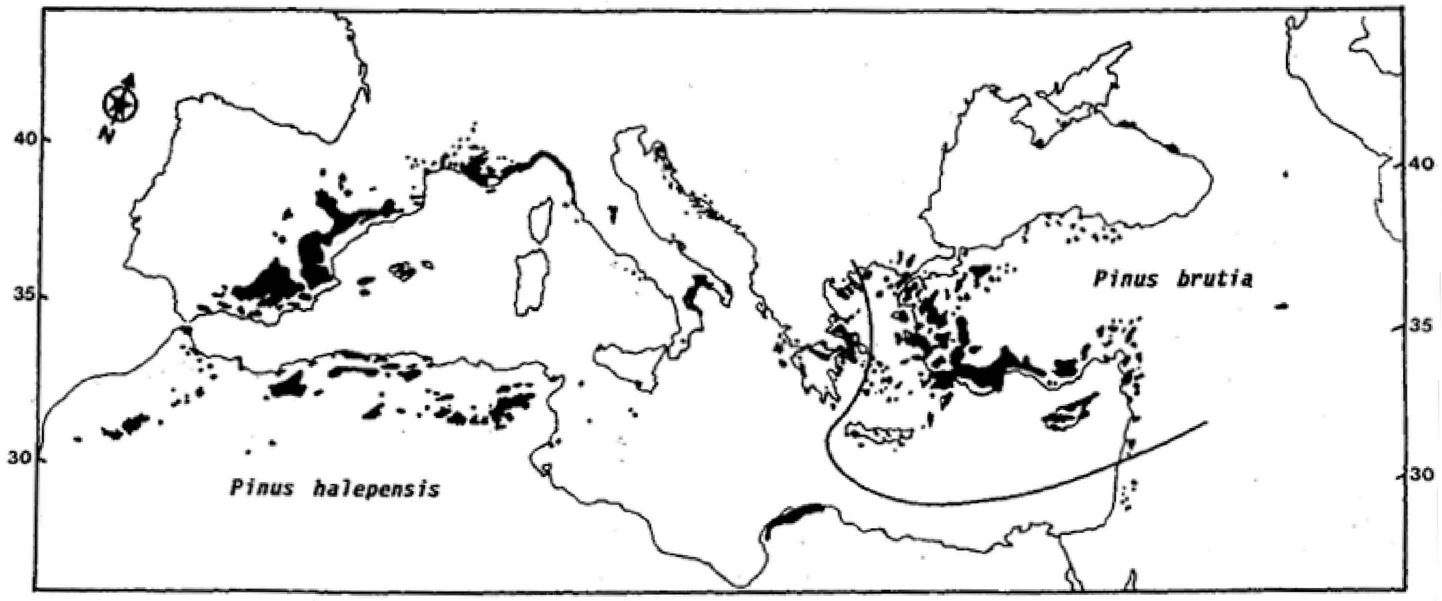
Η δασοκάλυψη για τα υψηλά δάση στην Ελλάδα ανέρχεται στο 1/4 σχεδόν (26,5%) της συνολικής έκτασης της χώρας (Ντάφης, 2010). Σύμφωνα με τη Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization-FAO), το παραπάνω ποσοστό φαίνεται πως παρουσιάζει αυξητική πορεία (30,7%-Global Forest Resources Assessment, 2015). Η ποικιλία των δασικών οικοσυστημάτων στην Ελλάδα, αποδίδεται στη γεωγραφική θέση, τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα πετρώματα, την ιστορική-πολιτιστική παράδοση, την οικονομική και κοινωνική δομή της χώρας. Η βιοποικιλότητα των φυτών, των ζώων και των οικοτόπων καθιστά την επικράτεια ως ένα από τα σημαντικότερα κέντρα ενδημισμού (biodiversity hotspot) σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται με την παρουσία 31 δασικών οικοτόπων (38%) σε σύνολο 82 του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ και επιπλέον 9 Ελληνικών δασικών τύπων οικοτόπων, εθνικού ενδιαφέροντος και προτεραιότητας για την προστασία και τη διατήρησή τους (Δημόπουλος κ.ά., 2012).



Εικόνα 12. Η αναβλάστηση πρόσφατα καμένων ατόμων (κουμαριά, δρυς) μετά τη φωτιά (α) Πλήθος 'καψαλισμένων' κώνων στα δένδρα αμέσως μετά την έλευση της πυρκαγιάς (β) Ανοικτός κώνος και διασπορά των σπερμάτων στο καμένο έδαφος (γ) νεαρά αρτίβλαστα χαλεπίου πεύκης ηλικίας 6 μηνών (δ) και 1 έτους (ε).

Εκτός από το γενικότερο χλωριδικό της πλούτο, η Ελλάδα ανήκει στις περιοχές με υψηλή συγκέντρωση αριθμού ειδών πεύκου (7), συγκριτικά με τα 11 αυτοφυή που απαντώνται στην Ευρώπη (Greuter et. al., 1984). Η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis Mill.*) αποτελεί το κυρίαρχο είδος της δυτικής και κεντρικής περιμεσογειακής ζώνης. Μαζί με την τραχεία πεύκη (*Pinus brutia Ten.*) στα ανατολικά, συγκροτούν τα σημαντικότερα και ίσως περισσότερο ευπαθή δασικά οικοσυστήματα της Ν. Ευρώπης στις πυρκαγιές, τα Μεσογειακά πευκοδάση.

Η χώρα μας είναι η μόνη χώρα στην οποία γειτνιάζουν οι φυσικές κατανομές των δύο ειδών. Σύμφωνα με την πρώτη Εθνική Απογραφή Δασών, τα δάση χαλεπίου πεύκης καταλαμβάνουν έκταση 370.000 ha και αντιπροσωπεύουν το 11% περίπου των Ελληνικών δασών. Τα κυριότερα δάση χαλεπίου πεύκης απαντούν στην Αττική, τα νησιά του Αργοσαρωνικού, τη Βοιωτία, τη Φθιώτιδα, τη Β.-Κ. Εύβοια, τις Β. Σποράδες, την Πελοπόννησο, τα νησιά του Ιονίου Πελάγους, τη Χαλκιδική και το Άγιον Όρος. Η τραχεία πεύκη εξαπλώνεται σε μικρότερη έκταση (196.000 ha περίπου), συγγενεύει μορφολογικά και ταξινομικά με την χαλέπιο, και παρουσιάζει διακριτή γεωγραφική κατανομή, με διαχωριστική γραμμή (από Β προς Ν) τη ΒΑ ηπειρωτική Ελλάδα, το Κεντρικό Αιγαίο και το Μυρτώο Πέλαγος (Εικ. 13). Οι βιοκλιματικές περιοχές των δύο ειδών επικαλύπτονται σε σημαντικό βαθμό, ωστόσο επισημαίνεται η ικανότητα επιβίωσης της χαλεπίου σε ξηρότερα περιβάλλοντα.



Εικόνα 13. Η γεωγραφική κατανομή της χαλεπίου και της τραχείας πεύκης στη Μεσόγειο (Προσαρμογή από Thanos et al., 1995).

Η χαλέπιος πεύκη έχει αναπτύξει προσαρμοστικούς μηχανισμούς απέναντι στη φωτιά. Είναι είδος υποχρεωτικά σπερματοαναγεννητικό και τα σπέρματά (σπόροι) της βρίσκονται έγκλειστα στους κώνους. Οι κώνοι ωριμάζουν αργά την άνοιξη, στη συνέχεια ανοίγουν ολικά ή μερικά και απελευθερώνουν τα σπέρματα, ως συνέπεια της έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή σχετική υγρασία αέρα (καλοκαίρι ή μετά από πυρκαγιά). Τα σπέρματα που βρίσκονται στο έδαφος αποτεφρώνονται κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Αναλυτικότερα, ένα σημαντικό ποσοστό (40-80%) της ετήσιας παραγωγής ώριμων κώνων χαλεπίου πεύκης παρουσιάζουν καθυστέρηση στο άνοιγμα (βραδυχωρία) και κατά συνέπεια στη διασπορά των σπερμάτων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι κώνοι, που δεν άνοιξαν την πρώτη θερινή περίοδο μετά την ωρίμανση, διατηρήθηκαν κλειστοί και την επόμενη ξηρή περίοδο. Έτσι, οι κώνοι διαφορετικών ετών ωρίμανσης παραμένουν κλειστοί στο ίδιο δένδρο, συγκροτώντας την 'υπέργεια τράπεζα σπερμάτων', με βιώσιμα και φυτρώσιμα σπέρματα στις κλειστές δομές των κώνων για περισσότερο από 10-20 (50) έτη (Daskalakou & Thanos, 1996). Η παρουσία των κώνων είναι πολύ σημαντική αφού λειτουργούν ως μέσο επιβίωσης και πολλαπλασιασμού/προώθησης της μεταπυρικής αναγέννησης του δάσους. Η μελέτη της δυναμικής των αρτιβλάστων/φυταρίων (Εικ. 14) καταδεικνύει ότι η μαζική εμφάνιση αρτιβλάστων (με πυκνότητα 2,9-4,6 αρτίβλαστα ανά m^2) πραγματοποιείται αποκλειστικά το πρώτο έτος μετά τη φωτιά, με την έναρξη της βροχερής περιόδου (Οκτώβριος-Ιανουάριος). Οι παραπάνω τιμές κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα (1,3-3,0 αρτίβλαστα ανά m^2) τα επόμενα 2-3 μεταπυρικά έτη (Daskalakou & Thanos 2004; 2010).

Όμοια, οι ώριμοι κώνοι της τραχείας πεύκης, εκτός από τις μορφολογικές διαφορές στους κώνους και τα σπέρματα (Daskalakou & Thanos, 2010), εμφανίζουν καθυστέρηση στο άνοιγμα και κατά συνέπεια στη διασπορά των σπερμάτων, σε μικρότερο όμως βαθμό συγκριτικά με την χαλέπιο (Thanos et al., 1995). Ωστόσο, η εμφάνιση των αρτιβλάστων της τραχείας πεύκης μετά από φωτιά, λαμβάνει χώρα με συγκριτικά μικρή καθυστέρηση, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση του καμένου δάσους, οπωσδήποτε όμως στη διάρκεια του πρώτου μεταπυρικού έτους. Μέχρι το τέλος της περιόδου στρατολόγησης των αρτιβλάστων (Μάιος), η μέση πυκνότητα φυταρίων τραχείας πεύκης βρέθηκε υψηλή (2,0-6,0 αρτίβλαστα ανά m^2) το πρώτο μεταπυρικό έτος. Όπως και στη χαλέπιο, μετριασμός της πυκνότητας παρατηρήθηκε μετά την πρώτη θερινή περίοδο και οι παραπάνω τιμές κυμάνθηκαν από 0,6 ως 2,0 αρτίβλαστα ανά m^2, 5 έτη αργότερα (Spanos et al., 2000; Thanos & Doussi, 2000).

2.2.1. Μεταπυρική διαχείριση των Μεσογειακών πευκοδασών-προϋποθέσεις-προτεραιότητες

Οι δασικές πυρκαγιές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ισορροπία και στην αναγέννηση των Μεσογειακών πευκοδασών. Ο σχεδιασμός και οι προτεραιότητες στη μεταπυρική διαχείριση των καμένων εκτάσεων αναμένεται να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο της διάβρωσης των εδαφών και να συντελέσουν στην ταχεία αποκατάσταση της βλάστησης, αν δεν ακολουθήσει μια επιπλέον διαταραχή σε σύντομο χρόνο (Moreira et al., 2012).

Εικόνα 14. Ώριμοι και κλειστοί κώνοι χαλεπίου πεύκης (α), νεαρό αρτίβλαστο με διακριτό το σπερματικό περίβλημα στις κοτυληδόνες (β), φυτάριο ηλικίας 2 ετών περίπου (γ) και άκαυτη μητρική συστάδα με ώριμα δένδρα που γειτνιάζει με πλούσια φυσική αναγέννηση (φυτάρια) μετά τη φωτιά (δ).

Εικόνα 15. Καμένο πευκοδάσος στην Πάρνηθα (φωτιά 7/7/2004) (α), νεαρά αρτίβλαστα χαλεπίου πεύκης (Pinus halepensis Mill.), ηλικίας 8 μηνών, την άνοιξη (Απρ) του επόμενου έτους (β).

Τα Μεσογειακά πευκοδάση είναι σε μεγάλο βαθμό προσαρμοσμένα στη φωτιά και διαθέτουν την ικανότητα να αναγεννηθούν άμεσα και αποτελεσματικά, υπό προϋποθέσεις. Η πρώτη προϋπόθεση για τη διασφάλιση της φυσικής αναγέννησης, αφορά στην παρουσία κώνων στα καμένα δένδρα (πριν τη φωτιά). Επιβάλλεται δηλαδή, οι καμένοι πληθυσμοί να βρίσκονται στο αναπαραγωγικό στάδιο, να μην είναι νεαροί (μικρής ηλικίας) και κατά συνέπεια να διαθέτουν ώριμους και κλειστούς κώνους με βιώσιμα/φυτρώσιμα σπέρματα. Στη συνέχεια, τα σπέρματα που θα πέσουν στο έδαφος, θα φυτρώσουν με τις πρώτες βροχές στο ανοικτό μεταπυρικό περιβάλλον και θα δώσουν το νέο, μελλοντικό δάσος.

Το πρώτο μεταπυρικό έτος (Εικ. 15) είναι η κρισιμότερη περίοδος για την αναγέννηση των Μεσογειακών πευκοδασών (Δασκαλάκου, 1996; Δούση, 2000; Daskalakou & Thanos, 1996; Thanos & Doussi, 2000). Οι μεταπυρικές πυκνότητες αρτιβλάστων που καταγράφηκαν και στις δύο περιπτώσεις, αναλογούν σε πολύ πυκνά δάση στο μέλλον (13000-20000 δένδρα/ha).

Σχετικά με την επίδραση του μεσοδιαστήματος (fire interval) δύο διαδοχικών πυρκαγιών, πρόσφατα τεκμηριώθηκε η δυνατότητα πρόβλεψης της ανάκαμψης/αναγέννησης σε νεαρούς, αναγεννημένους μετά από φωτιά, πληθυσμούς χαλεπίου πεύκης (Β. Εύβοια). Ωστόσο, η επιτυχής πρόβλεψη προϋποθέτει την παρακολούθηση επιλεγμένων μεταβλητών στο πεδίο και το εργαστή-

ριο, δηλαδή: α) της μεταπυρικής πυκνότητας (φυτάρια ανά m^2), β) της δυναμικής της μετάβασης του νεαρού πληθυσμού στην αναπαραγωγική φάση και γ) του αριθμού των κώνων ανά φυτάριο και των φυτρώσιμων σπερμάτων ανά κώνο για τουλάχιστον 2 έτη (είτε για 2-3 διαδοχικά έτη), σε ηλικία των φυταρίων 7-12 έτη. Οι νεαροί πληθυσμοί φαίνεται πως μπορούν να ανακάμψουν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (7-15 έτη) στην περίπτωση εκδήλωσης μιας δεύτερης, διαδοχικής πυρκαγιάς (Daskalakou et al., 2014).

Η αποτίμηση της φυσικής αναγέννησης μπορεί να πραγματοποιηθεί, μόνο από ειδικούς επιστήμονες, 1-3 χρόνια μετά τη φωτιά. Αναγκαία συνθήκη για την αποφυγή της αλλαγής χρήσης γης του πρόσφατα καμένου δάσους είναι η απόλυτη προστασία του μετά τη φωτιά. Η συνταγματική ανακήρυξη ως 'αναδασωτέα' της καμένης έκτασης οδηγεί στην αποτελεσματική προστασία της φυσικής αναγέννησης. Επισημαίνεται ότι, κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα μέσα στην καμένη έκταση πρέπει να αποφεύγεται, ειδικά κατά το πρώτο έτος, αλλά και τα επόμενα 2-3 έτη μετά τη φωτιά, ώστε να διευκολύνονται οι διεργασίες της φυσικής αναγέννησης και η ανάκαμψη του πευκοδάσους. Η απαγόρευση της βόσκησης τουλάχιστον για μια τριετία, επιβάλλεται, αφού τα οικόσιτα ζώα καταστρέφουν τα νεαρά δενδρύλλια. Τέλος, για την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, η υλοτομία/απομάκρυνση των καμένων και η κατασκευή κορμοδεμάτων - κορμοφραγμάτων θα πρέπει να πραγματοποιείται επιλεκτικά, σε μικρή κλίμακα και με ήπιες μεθόδους. Η αναγκαία τεχνική μελέτη αναμένεται να τεκμηριώσει επαρκώς και να αξιολογήσει τις προτεραιότητες και την έκταση των έργων, τα οποία ενδείκνυται να υλοποιηθούν πριν την έναρξη της πρώτης μεταπυρικής βροχερής περιόδου. Εναλλακτικά, προτείνεται κατά προτεραιότητα η κατασκευή - διάνοιξη - απόφραξη οδών απορροής κοντά ή μέσα σε 'απειλούμενους' (από πλημμύρα) οικισμούς (Ριζοπούλου κ.α., 2015).

Η αποτίμηση της φυσικής αναγέννησης μπορεί να πραγματοποιηθεί, μόνο από ειδικούς επιστήμονες, 1-3 χρόνια μετά τη φωτιά.

2.3. ΦΩΤΙΑ ΣΕ ΔΑΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ

Οι ορεινές δασικές περιοχές της Μεσογείου αντιμετωπίζουν ποικίλες απειλές σε συνθήκες παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, με κυρίαρχο τον αυξανόμενο κίνδυνο πυρκαγιάς (Valladares et al., 2014). Ενδείξεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής αποτελούν οι περιπτώσεις των καμένων δασών της ενδημικής κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica* Loudon) και της μαύρης πεύκης (*Pinus nigra* J.F Arnold). Τα δύο δασικά είδη συνθέτουν πυκνά δάση, μεγάλης οικολογικής αξίας, στις ορεινές περιοχές, αναγεννώνται υποχρεωτικά με σπέρματα, δεν διαθέτουν όμως προσαρμοστικούς μηχανισμούς απέναντι στη φωτιά.

Σύμφωνα με τα κριτήρια της Διεθνούς Ένωσης για τη Διατήρηση της Φύσης (IUCN), η κεφαλληνιακή ελάτη χαρακτηρίζεται ως είδος χαμηλού κινδύνου (LC) σε παγκόσμιο επίπεδο (Gardner & Knees, 2011). Παρά τις σημαντικές απώλειες δασών κεφαλληνιακής ελάτης από τις δασικές πυρκαγιές του 2007 (π.χ. 2.180 ha στην Πάρνηθα και 4.500 ha στον Ταΰγετο), ο συνολικός πληθυσμός της θεωρείται ακόμα σχετικά σταθερός, λόγω της ευρείας εξάπλωσής στην Ελλάδα. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 92/43/ΕΟΚ, η κεφαλληνιακή ελάτη συγκροτεί μοναδικό οικότοπο (Κωδικός Ελληνικού Οικοτόπου: 951Β) από οικολογική και διαχειριστική άποψη, ιδιαίτερα σημαντικό, λόγω ενδημισμού (Δημόπουλος κ.ά., 2012).

Ο χαμηλός ρυθμός αναγέννησης του δάσους κεφαλληνιακής ελάτης στον ΕΔ Πάρνηθας (Εικ. 16) δεν φαίνεται να οφείλεται στον περιορισμένο αριθμό κώνων/σπερμάτων ή την απουσία νεαρών αρτιβλάστων/φυταρίων, αλλά επικεντρώνεται σε τοπικούς παράγοντες (π.χ. μικροκλιματικές συνθήκες) και σε δευτερογενείς διαταραχές (π.χ. βόσκηση). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η φυσική αναγέννηση της ελάτης είναι βασική παράμετρος για τη βιώσιμη διατήρηση του δάσους, περαιτέρω έρευνα χρειάζεται στην κατεύθυνση της διαχείρισης των επιπτώσεων των πυρκαγιών και της κλιματικής αλλαγής (Daskalakou et al., 2018).

Όμοια, τα ορεινά δασικά οικοσυστήματα μαύρης πεύκης, είδος με ευρεία κατανομή στη Μεσόγειο, επηρεάστηκαν πρόσφατα από τις μεγάλες πυρκαγιές στη Νότια Ευρώπη (Ordóñez et al., 2006; Tíscar & Linares, 2011). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 92/43/ΕΟΚ, η μαύρη πεύκη συγκροτεί οικότοπο προτεραιότητας, ενώ σύμφωνα με τα κριτήρια της IUCN, το είδος χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κινδύνου (LC) σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως και η κεφαλληνιακή ελάτη (Farjon, 2013). Το είδος αναγεννάται με δυσκολία μετά από πυρκαγιά, ιδιαίτερα σε ξηρές περιόδους, γεγονός που προκαλεί τη μείωση της έκτασης του συγκεκριμένου οικοτόπου στη Ν. Ευρώπη (Enescu et al., 2016). Παράδειγμα αποτελούν τα δάση μαύρης πεύκης στον Ταΰγετο (Πελοπόννησος) που έχουν κατακερματιστεί από τις συχνές πυρκαγιές τα τελευταία χρόνια (εκτεταμένες πυρκαγιές τα έτη 1998 και 2007).

Εικόνα 16. Ώριμοι και κλειστοί κώνοι της κεφαλληνιακής ελάτης κατά το έτος πληροκαρπίας (α) και νεαρό αρτίβλαστο στον ΕΔ Πάρνηθας (β).

2.4. ΑΝΑΔΑΣΩΣΕΙΣ ΦΥΤΩΡΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΟ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Μετά από μια καταστροφική πυρκαγιά το δάσος μπορεί να δημιουργηθεί φυσικά μέσω της φυσικής αναγέννησης ή τεχνητά με αναδάσωση (φύτευση δένδρων). Πριν τη σύνταξη μελετών και προτεινόμενων μεθόδων-τεχνικών αποκατάστασης, τονίζεται η αναγκαιότητα της προστασίας και παρακολούθησης της φυσικής αναγέννησης από ειδικούς επιστήμονες, ιδιαίτερα στα πρώτα 1-3 κρίσιμα έτη μετά τη φωτιά (De las Heras et al., 2012). Όταν η τεχνητή παρέμβαση για αναδάσωση είναι απαραίτητη, το επόμενο κρίσιμο βήμα για την επιτυχία της δράσης είναι η επιλογή των φυτικών ειδών. Επιπρόσθετοι παράγοντες για την επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης είναι π.χ. η έκταση της περιοχής, οι επιπτώσεις στο τοπίο, η κλίση του εδάφους, οι οικονομικοί περιορισμοί κ.ά. (Ballesteros et al., 2015). Ωστόσο, η κάθε περίπτωση υποβαθμισμένης περιοχής προς αποκατάσταση είναι μοναδική και δεν υπάρχουν γενικευμένοι κανόνες εφαρμογής. Η διαθέσιμη γνώση και η προγενέστερη εμπειρία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό για την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων περιοχών (Moreira et al., 2012).

Σύμφωνα με τον Οδηγό Καλών Πρακτικών για την Αποκατάσταση των Μεσογειακών Οικοτόπων, επισημαίνεται η αναγκαιότητα της χρήσης τοπικού γενετικού υλικού και η απόρριψη των ξενικών ειδών στην αποκατάσταση των διαταραγμένων βιοτόπων (Marzo et al., 2015). Με τον τρόπο αυτό προάγεται η διατήρηση της φυτικής ποικιλότητας στη Μεσόγειο. Για τις αναδασώσεις επιλέγονται είδη της αυτοφυούς χλωρίδας (ιθαγενή) και φυτάρια τοπικής προέλευσης (Εικ. 17). Στις Μεσογειακές χώρες έχουν πραγματοποιηθεί, ως σήμερα, εκτεταμένες φυτεύσεις (αναδασώσεις) κυρίως με κωνοφόρα (πεύκα), εξαιτίας της ικανοποιητικής επιβίωσης στις ξηροθερμικές συνθήκες και της σχετικά ταχείας αύξησής τους (Zagas et al., 2004; De las Heras et al., 2012). Ωστόσο, για τη βελτίωση της χλωριδικής σύνθεσης, σήμερα συνίσταται η χρήση και άλλων ξυλωδών δένδρων και θάμνων, ικανών να αναβλαστάνουν (π.χ. Δρυς), ή να παράγουν σαρκώδεις καρπούς (π.χ. Άρκευθρος). Έτσι, προάγεται η ικανότητα αναβλάστησης/ανάκαμψης μετά από διαταραχές (κυρίως μετά από πυρκαγιά), η αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών και η συμβολή στη βιοποικιλότητα. Ξενικά είδη ή γενετικά βελτιωμένο υλικό προτείνεται να περιορίζεται στις φυτείες, σε κήπους ή για καλλωπιστική χρήση (Κωνσταντινίδης & Γκατζογιάννης, 2003).

Γυμνόρριζα φυτά, τα οποία αναπτύσσονται στο έδαφος του φυτωρίου και διατίθενται χωρίς ή με μικρή ποσότητα εδαφικού μίγματος γύρω από το ριζικό σύστημα (συνήθως φυλλοβόλα ή κωνοφόρα είδη) έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε αναδασώσεις, εξαιτίας του χαμηλού κόστους παραγωγής. Υπάρχουν, ωστόσο, ενδείξεις ότι τα νεαρά φυτά που αναπτύσσονται σε γλάστρες, πλαστικά ή χάρτινα δοχεία φύτευσης (βωλόφυτα) παρουσιάζουν καλύτερα ποσοστά επιβίωσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην προστασία και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ως τη στιγμή της φύτευσης (αειθαλή πλατύφυλλα είδη). Και στις δύο περιπτώσεις, συνίσταται η χρήση υψηλής ποιότητας φυτευτικού υλικού, τοπικής προέλευσης. Καθοριστικοί παράγοντες για την επιτυχία των φυτεύσεων είναι η επιλογή των ειδών, το έδαφος, οι κλίσεις, το καθεστώς άρδευσης και λίπανσης κ.λπ. Αναφορικά με την άμεση σπορά σε μεταπυρικές συνθήκες, η τεχνική αυτή έδειξε χαμηλή αποδοτικότητα σε πολλά σχετικά εγχειρήματα σε Μεσογειακές συνθήκες (Marzo et al., 2015).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία των αναδασωτικών σκοπών και εργασιών είναι η λειτουργία των τοπικών φυτωρίων. Η ενίσχυση των δημοσίων-κρατικών φυτωρίων είναι επιβεβλημένη, αφού οι περισσότερες προς αναδάσωση εκτάσεις είναι δημόσιες. Επιπλέον, τα παραπάνω φυτώρια, παρέχουν φυτευτικό υλικό άριστα προσαρμοσμένο στις τοπικές συνθήκες, με δυνητικά μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης μετά τη φύτευση. Ωστόσο, για την περαιτέρω ανάπτυξη των τοπικών φυτωρίων απαιτούνται υψηλές εργαστηριακές προδιαγραφές και αξιόλογες φυτωριακές εγκαταστάσεις. Η συλλογή, η επεξεργασία, ο καθαρισμός και η διατήρηση του δασικού πολλαπλασιαστικού υλικού απαιτούν ειδική επιστημονική μέριμνα, σύμφωνα με τα διεθνή πρωτόκολλα και την ανάλογη τεχνογνωσία. Ο επιθυμητός στόχος είναι η παραγωγή, ανθεκτικών σε ξηροθερμικές συνθήκες, φυταρίων (ηλικίας 1-2 ετών) και η επιτυχία των αναδασώσεων.

Εικόνα 17. Αναδασώσεις κεφαλληνιακής ελάτης (2008) στον ΕΔ Πάρνηθας μετά την καταστροφική πυρκαγιά (2007).

Δράση 2.2.3.

Λειτουργίες των **δασών** και επιπτώσεις της **κλιματικής αλλαγής**

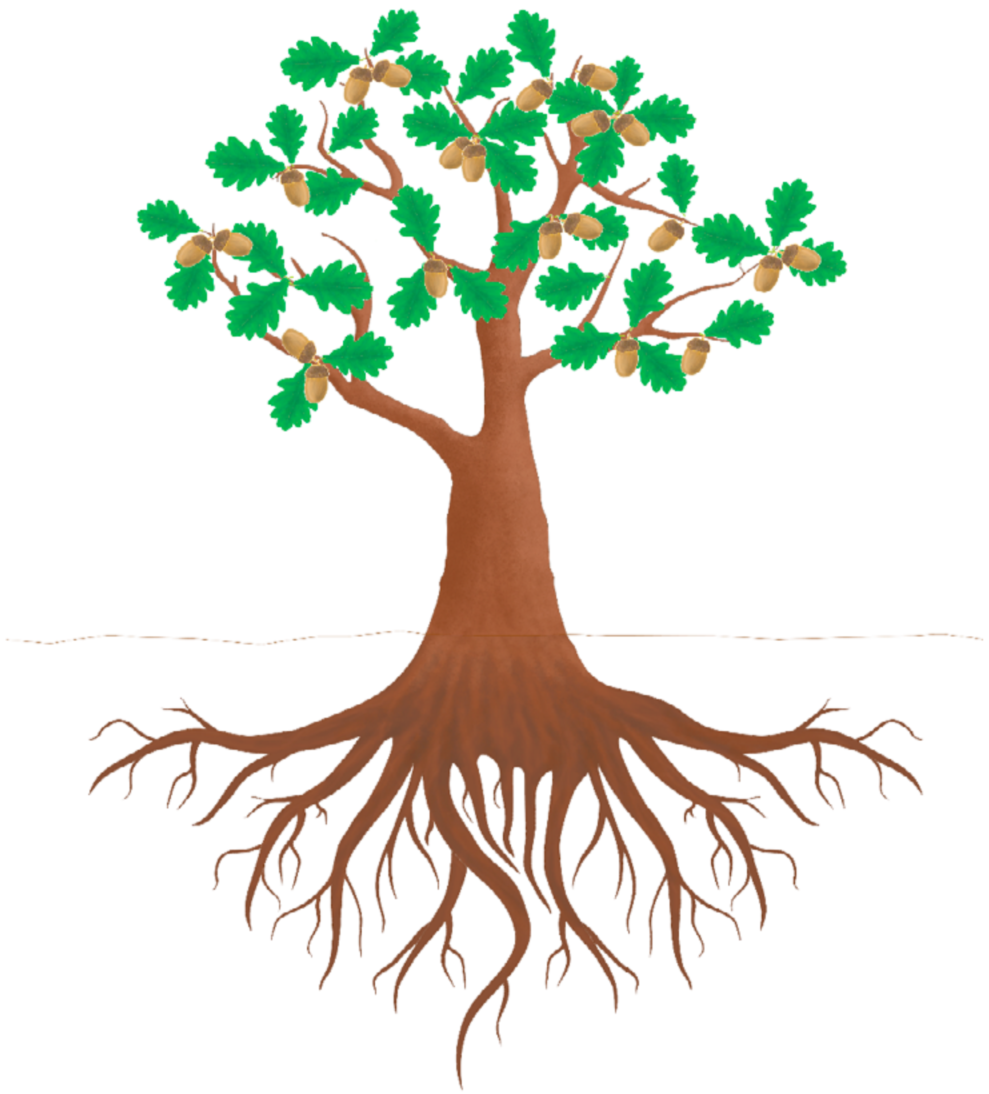
Υπεύθυνη δράσης: Δρ. Ευαγγελία Κορακάκη

www.fria.gr

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΑ ΔΑΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

Τα δένδρα, όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, αποτελούνται από κύτταρα. Τα βασικά συστατικά των κυττάρων είναι το πρωτόπλασμα και ο πυρήνας, τα οποία περιβάλλονται από το κυτταρικό τοίχωμα, βασικά στοιχεία του οποίου είναι η κυτταρίνη, χαρακτηριστική οργανική ουσία που απαντά μόνο στα φυτά. Τα κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους και συγκροτούν τους ιστούς, οι οποίοι με τη σειρά τους συγκροτούν τα όργανα του δένδρου (Εικ. 18):

1. Φύλλο-κόμη
2. Βλαστός (κορμός και κλαδιά)
3. Ρίζα
4. Άνθος - καρπός – σπόρος, τα οποία παίρνουν μέρος στη ζωτική λειτουργία της αναπαραγωγής του είδους



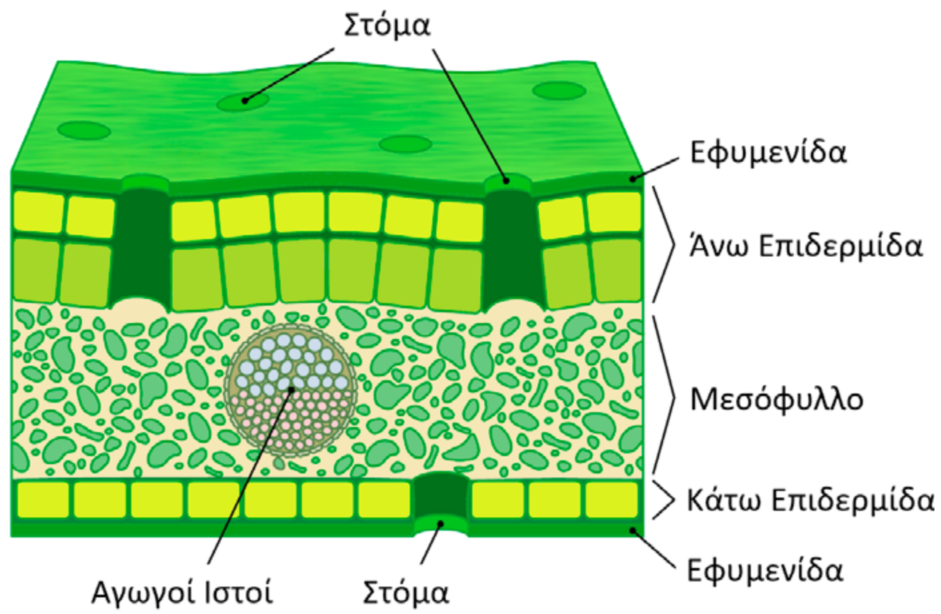
Εικόνα 18. Σχηματική απεικόνιση των οργάνων του δένδρου

Με τη βοήθεια των οργάνων τους τα δένδρα αναπνέουν, παράγουν την τροφή τους, μεταφέρουν νερό και ουσίες μέσω του κορμού τους, αναπτύσσονται και αναπαράγονται. Τα δένδρα, όπως όλοι οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν, ανήκουν στους αυτότροφους οργανισμούς, παράγουν δηλαδή μόνα τους την τροφή τους μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και αποτελούν τους πρωτογενείς παραγωγούς ενός οικοσυστήματος. Όλα τα όργανα ενός δένδρου επικοινωνούν μεταξύ τους και δέχονται ορμονικά ή άλλου είδους σήματα, τα οποία μεταφέρουν πληροφορίες για την κατάσταση που επικρατεί στα υπόλοιπα όργανα, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ο συντονισμός των λειτουργιών τους.

Φύλλο-κόμη

Ξεκινώντας από την κόμη των δένδρων, εστιάζουμε στη συνεισφορά των φύλλων στη λειτουργία των δένδρων. Στο φύλλο πραγματοποιούνται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής[2] και της διαπνοής[3]. Πως όμως επιτελούνται αυτές οι διεργασίες;

Για την καλύτερη κατανόηση θα παρατηρήσουμε τα βασικά μέρη του φύλλου. Το φύλλο αποτελείται από την άνω και κάτω επιδερμίδα (οι οποίες καλύπτονται από ένα κηρώδες στρώμα, την εφυμενίδα) και μεταξύ αυτών παρεμβάλλεται το μεσόφυλλο και οι αγωγοί ιστοί (Εικ. 19).



Εικόνα 19. Σχηματική εγκάρσια τομή φύλλου

Η επιδερμίδα προστατεύει το φύλλο, και κατά συνέπεια το δένδρο, από εξωτερικούς βλαπτικούς παράγοντες, αλλά και από την απώλεια νερού. Στην επιδερμίδα των φύλλων (συνήθως στην κάτω επιδερμίδα) συναντάμε τα στόματα, τους μικροσκοπικούς πόρους που σχηματίζονται από ένα ζεύγος εξειδικευμένων επιδερμικών κυττάρων, τα καταφρακτικά, τα οποία εξυπηρετούν το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων. Όταν αυτά τα προστατευτικά κύτταρα απορροφούν νερό από το δένδρο, διογκώνονται, κάμπτονται και ανοίγουν το στόμα, ενώ όταν χάνουν νερό, συρρικνώνονται και ο πόρος κλείνει, για να προστατεύσει το δένδρο από τις περαιτέρω απώλειες νερού. Μέσω των στομάτων γίνεται ανταλλαγή των αερίων (CO_2, O_2) που εξυπηρετούν τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή, αλλά και η εξάτμιση του νερού κατά τη διαπνοή.

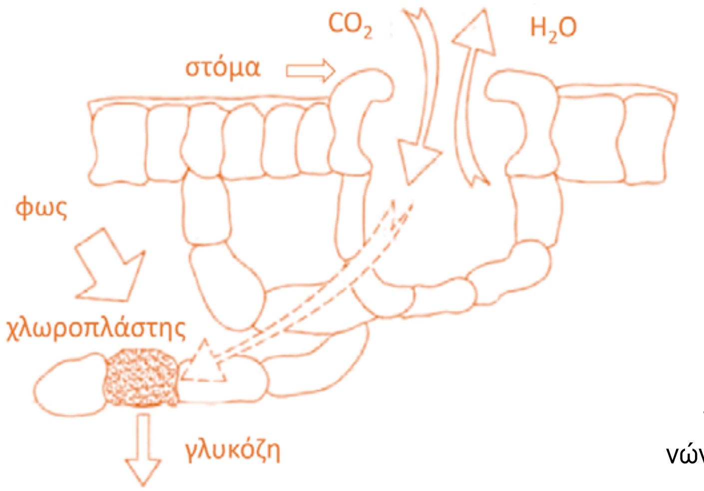
2. Τα δένδρα αναπνέουν με όλα τα όργανα.
3. Κατά τη διαπνοή αποδίδεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών, το πλεόνασμα νερού που υπάρχει στο φυτό.

3.1.1. Φωτοσύνθεση

Στο μεσόφυλλο συναντάμε τους χλωροπλάστες στους οποίους βρίσκεται η πράσινη χρωστική ουσία των φυτών, η χλωροφύλλη, που δίνει το πράσινο χρώμα στα φυτά και απορροφά την απαραίτητη ηλιακή ενέργεια για να επιτελεστεί η φωτοσύνθεση (Εικ. 20). Η συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα καθορίζει το βαθμό με τον οποίον η ακτινοβολία αξιοποιείται κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Στο μεσόφυλλο γίνεται επίσης η μεταφορά νερού και θρεπτικών συστατικών, σε όλα τα μέρη του δένδρου, μέσω των αγωγών ιστών.

- Πώς όμως διενεργείται η φωτοσύνθεση;

Ο ατμοσφαιρικός αέρας με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), εισέρχεται από τα στόματα των φύλλων και διαχέεται στο μεσόφυλλο και στους χλωροπλάστες, όπου γίνεται η ανταλλαγή των αερίων του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου (O_2). Με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας (που δεσμεύεται από τη χλωροφύλλη) και του νερού (που εισέρχεται στα κύτταρα των φύλλων από το αγγειακό σύστημα του δένδρου -το ξύλωμα), γίνεται μετατροπή διοξειδίου του άνθρακα και νερού σε ενεργειακά πλούσιες οργανικές ενώσεις, κυρίως υδατάνθρακες, με τις οποίες τρέφεται το δένδρο, και σε οξυγόνο που αποδίδεται στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 20. Σχηματική κάθετη τομή φύλλου στην οποία φαίνεται το στόμα διαμέσου του οποίου γίνεται ανταλλαγή των αερίων (CO_2, O_2), τα κύτταρα του μεσοφύλλου και οι χλωροπλάστες (προσαρμογή από: από NASA Earth Observatory, http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/aerosol_carbon.html).

Τους υδατάνθρακες τους αξιοποιεί το δένδρο για την αύξηση και αναπαραγωγή του, για παραγωγή φύλλων, ξύλου, ριζών, καρπών και ανθέων, αλλά και για αποθήκευση ενέργειας. Για παράδειγμα, πριν το χειμώνα, τα δένδρα αποθηκεύουν υδατάνθρακες με την μορφή του άμυλου, προκειμένου να επιβιώνουν το χειμώνα και να μπορέσουν να λειτουργήσουν γρήγορα ξανά την άνοιξη (Ραδόγλου & Κορακάκη, 2012). Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται η φωτεινή ενέργεια σε χημική και σχηματίζονται τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την επιβίωση των δένδρων, αλλά και των υπόλοιπων ζωντανών οργανισμών.

Συνταγή φωτοσύνθεσης

- 6 μέρη διοξειδίου του άνθρακα
- 6 μέρη νερού
- ηλιακή ενέργεια

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{φως}} \underset{\text{γλυκόζη}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{οξυγόνο}}{6O_2}$$

- Τι προκαλεί την αλλαγή χρώματος των φύλλων το φθινόπωρο;

Το φθινόπωρο τα φύλλα των φυλλοβόλων δένδρων χάνουν το πράσινο χρώμα τους, ταυτόχρονα με την ελάττωση της διάρκειας της ημέρας και την πτώση της θερμοκρασίας. Ο μεταχρωματισμός των φύλλων οφείλεται στην υποχώρηση της χλωροφύλλης, η οποία διασπάται στα συστατικά της για να τα χρησιμοποιήσει πάλι το δένδρο με τον ερχομό της άνοιξης και να αναπτύξει το νέο του φύλλωμα. Όταν αρχίζει να υποχωρεί το πράσινο χρώμα των φύλλων εκτίθενται άλλες φυσικές χρωστικές όπως τα καροτενοειδή, δίνοντας στα φύλλα αποχρώσεις από κίτρινες ως πορτοκαλί. Παράλληλα, σε κάποια δένδρα γίνονται και άλλες χημικές μεταβολές οι οποίες δημιουργούν πρόσθετα χρώματα, όπως το κόκκινο, ροζ ή και μωβ, μέσω των χρωστικών των ανθοκυανινών ή καφέ χρώμα λόγω των τανινών. Όλα αυτά τα χρώματα οφείλονται στην ανάμειξη διαφορετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης και άλλων φυσικών χρωστικών στο φύλλο όταν το δένδρο βαίνει προς χειμέρια νάρκη.

Άλλοι λόγοι αποχρωματισμού των φύλλων είναι η έλλειψη κάποιων θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος ή η ανεπαρκής πρόσληψή τους από το φυτό. Για παράδειγμα, η έλλειψη άζωτου (N) οδηγεί σε χλώρωση (κιτρίνισμα) των φύλλων, η οποία προκαλείται λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

3.1.2. Διαπνοή

Άλλη μία σημαντική λειτουργία των φύλλων είναι η διαπνοή, δηλαδή η εξάτμιση νερού με τη μορφή υδρατμών από την επιφάνεια των φύλλων, μέσω των στομάτων. Είναι μία αναπόφευκτη συνέπεια της αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας, κατά τη φωτοσύνθεση, καθώς η πρόσληψη του μέσω των στομάτων επιφέρει και απώλεια νερού. Η απώλεια νερού στα δένδρα αναπληρώνεται με τη προσρόφηση νερού από τη ρίζα, το οποίο ανέρχεται στο φύλλωμα των δένδρων μέσω του κορμού και των κλαδιών. Ουσιαστικά, η διαπνοή αποτελεί την κινητήριο δύναμη διακίνησης του νερού στα δένδρα. Επίσης, η διαπνοή επιφέρει ελάττωση της θερμοκρασίας των φύλλων και τα προστατεύει από την υπερθέρμανση.

Τα δένδρα ελέγχουν το ρυθμό διαπνοής τους με το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων τους. Ωστόσο, ο ρυθμός που διαπνέει ένα δένδρο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τη θερμοκρασία αέρα, τη σχετική υγρασία αέρα, την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, το έδαφος και τη διαθεσιμότητα νερού σε αυτό (Ραδόγλου & Κορακάκη, 2012). Επίσης, ο ρυθμός διαπνοής είναι διαφορετικός για τα διάφορα είδη δένδρων, καθώς επηρεάζεται από τον αριθμό και το μέγεθος στομάτων στα φύλλα ή στις βελόνες. Γενικά, είδη που φύονται σε ξηρές περιοχές διαπνέουν λιγότερο ανά μονάδα επιφάνειας των φύλλων του (μονάδα φυλλικής επιφάνειας). Ενδιαφέροντες μηχανισμοί προσαρμογής που έχουν αναπτύξει κάποια φυτά που φύονται σε ξηρές περιοχές, προκειμένου να περιορίσουν τις απώλειες σε νερό, είναι να είναι να έχουν πολύ μικρά φύλλα ή φύλλα που καλύπτονται από τριχίδια.

Κατά τη διάρκεια μιας αυξητικής περιόδου, ένα φύλλο μπορεί να καταναλώσει σε διαπνοή μεγάλες ποσότητες νερού. Για παράδειγμα, μία ενήλικη οξιά μπορεί να διαπνέει 400-500 λίτρα νερό την ημέρα, ενώ ένα δένδρο δρυός μπορεί να χρειάζεται για τη διαπνοή του 151.000 λίτρα το χρόνο (Kozlowski & Pallardy, 1997).

3.1.3. Αναπνοή

Όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί έτσι και τα δένδρα αναπνέουν. Το δένδρο προσλαμβάνει οξυγόνο, με τη βοήθεια όλων των οργάνων του, γίνεται σταδιακή οξείδωση των αποθηκευμένων σακχάρων του και αποδεσμεύει διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Μέσω της αναπνοής διασπώνται οργανικά μόρια και παράγεται ενέργεια, η οποία είναι αναγκαία για την αύξηση του δένδρου και για όλες τις ζωτικές λειτουργίες του.

Ουσιαστικά, η αναπνοή είναι το αντίθετο της φωτοσύνθεσης. Ωστόσο, σε αντίθεση με τη φωτοσύνθεση που συμβαίνει μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, με την παρουσία φωτός, τα δένδρα αναπνέουν κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

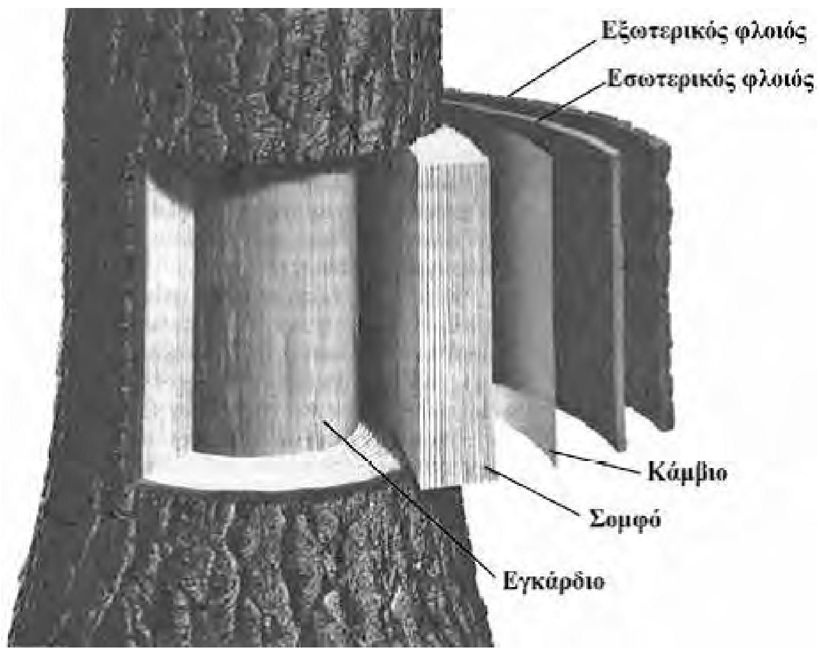
Βλαστός (κορμός και κλαδιά)

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό όργανο του δένδρου είναι ο κορμός και τα κλαδιά του. Αποτελεί το μέσο μεταφοράς ουσιών και παραγωγής χημικών ενώσεων, ενώ παράλληλα παρέχει στήριξη στο δένδρο. Πριν αναλυθεί περισσότερο η λειτουργία του κορμού, ας δούμε τα ανατομικά του στοιχεία (Εικ. 21). Ξεκινώντας από το κέντρο του κορμού προς την περιφέρειά του συναντάμε:

Εικόνα 21. Ανατομικά στοιχεία ενός κορμού δένδρου. Οι ιστοί περιλαμβάνουν τον εξωτερικό φλοιό, τον εσωτερικό φλοιό, το κάμβιο, το σομφό ξύλο και το εγκάρδιο (τροποποιημένο από: Barnes et al., 1998).

α) το εγκάρδιο, το οποίο αποτελεί το παλαιότερο τμήμα του δένδρου, είναι ανενεργό, και ο βασικός του ρόλος είναι να παρέχει μηχανική αντοχή.

β) το σομφό ή ξύλωμα, αποτελεί λειτουργικό τμήμα του ξύλου και διαμέσου των αγωγών του μεταφέρονται νερό και ανόργανα άλατα από τις ρίζες προς όλα τα μέρη του δένδρου (Zimmermann & Jeje, 1981). Στα γυμνόσπερμα (κωνοφόρα είδη, π.χ. πεύκα, έλατα) οι αγωγοί ονομάζονται τραχεΐδες, ενώ στα αγγειόσπερμα (πλατύφυλλα, π.χ. βελανιδιά, οξιά) ονομάζονται αγγεία (ή τραχείες). Με την πάροδο του χρόνου, όσο αναπτύσσεται το δένδρο, μέρος του μετατρέπεται σταδιακά σε εγκάρδιο, πάντα από το κέντρο του κορμού προς την περιφέρεια



γ) το κάμβιο είναι ένα πολύ λεπτό στρώμα ιστού το οποίο εναποθέτει νέα κύτταρα στο σομφό προς το κέντρο του κορμού και στον εσωτερικό φλοιό προς την περιφέρειά του.

δ) τον εσωτερικό φλοιό ή φλοίωμα, που μεταφέρει τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης, τα σάκχαρα και άλλα οργανικά και ανόργανα συστατικά, από το φύλλωμα προς όλα τα όργανα του δένδρου.

ε) τον εξωτερικό φλοιό, ο οποίος αποτελείται από νεκρά κύτταρα, περιβάλλει τον κορμό και έχει κυρίως προστατευτικό ρόλο.

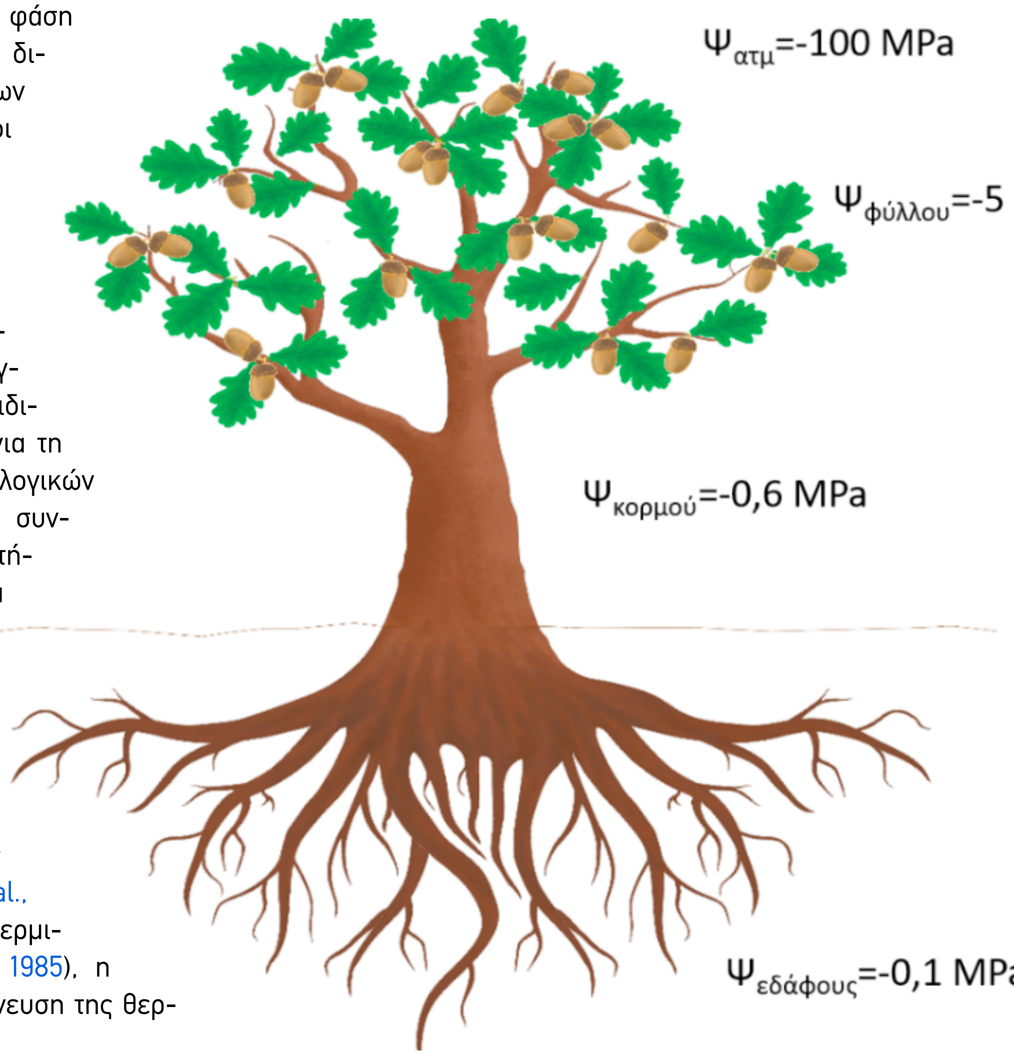
Οπότε ο κορμός και τα κλαδιά έχουν ρόλο στηρικτικό και προστατευτικό, διακινούν νερό, ανόργανα άλατα και φωτοσυνθετικά προϊόντα στα διάφορα όργανα του δένδρου, αποθηκεύουν θρεπτικά συστατικά και σε αυτά εναποτίθενται νέα κύτταρα με σκοπό την αύξηση του ύψους και πάχους του δένδρου.

3.1.4. Πρόσληψη και κίνηση του νερού στα δέντρα

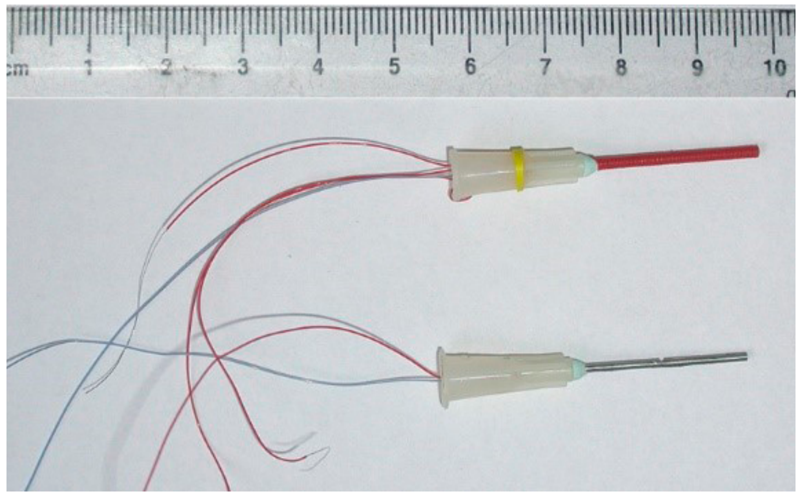
Το νερό είναι το κύριο συστατικό των δένδρων και απαιτείται σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Η περιεκτικότητα σε νερό των διάφορων οργάνων του φυτού κυμαίνεται από 50% στον κορμό έως 80-90% στο φύλλωμα (Sancho-Knapik et al., 2013). Οι υψηλές αυτές ποσότητες νερού στους φυτικού ιστούς ανανεώνονται συνεχώς, αφού το νερό προσλαμβάνεται από το έδαφος και μέσω του ριζικού συστήματος, του κορμού, και των κλαδιών των δένδρων μεταφέρεται στα φύλλα, για να εξατμιστεί από την επιφάνεια τους μέσω της διαπνοής (συνεχές έδαφος-φυτό-ατμόσφαιρα). Δημιουργείται, δηλαδή, μία αναρρόφηση η οποία έλκει νερό προς τα πάνω και αυτό γίνεται όταν η στήλη νερού δεν διακόπτεται. Τα μόρια νερού κολλάνε το ένα με το άλλο λόγω των δυνάμεων συνοχής και ανεβαίνουν λίγο πιο ψηλά, όταν ελευθερωθεί μία θέση εξαιτίας της διαπνοής.

Δυναμικό του νερού (ή υδατικό δυναμικό, Ψ, που μετριέται σε μονάδες πίεσης MPa) είναι η ελεύθερη ενέργεια που περιέχεται στο νερό. Όπως φαίνεται στην Εικ. 22, μεταξύ θέσεων που έχουν διαφορετική τιμή στο δυναμικό, υπάρχει η τάση να κινείται το νερό από το υψηλότερο δυναμικό προς το χαμηλότερο (Tyree & Ewers, 1991). Δηλαδή, η ροή του νερού στα δέντρα προκαλείται από τις διαφορές στο δυναμικό του νερού μεταξύ του εδάφους (Ψ= -0,1 MPa), του κορμού (Ψ= -0,6 MPa), των φύλλων (Ψ= -5 MPa) και της ατμόσφαιρας (Ψ= -100 MPa). Ελέγχεται αρχικά από τη φάση της εξάτμισης μεταξύ της διαπνέουσας επιφάνειας των φύλλων και του αέρα και οι κύριοι ρυθμιστές της κίνησης αυτής είναι τα στόματα των φύλλων ή βελονών (Kramer, 1983).

Εικόνα 22. Η ροή του νερού οδηγείται από τις διαφορές στο δυναμικό του



Με την εξέλιξη της επιστήμης έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες μέθοδοι και εξειδικευμένα φορητά όργανα για τη μέτρηση διάφορων φυσιολογικών παραμέτρων, σε φυσικές συνθήκες στα δασικά οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, της αγωγιμότητας των στομάτων και της πυκνότητας της ροής των χυμών ολόκληρου του δένδρου εφαρμόζονται σύγχρονες μέθοδοι (Κορακάκη et al., 2019), όπως η μέθοδος θερμικής μεταφοράς (Granier, 1985), η οποία βασίζεται στην ανίχνευση της θερ-



Εικόνα 23. Αισθητήρες μέτρησης ροής του νερού. Ο πάνω αισθητήρας θερμαίνεται μετά την εγκατάστασή του στο δένδρο, ενώ ο κάτω αισθητήρας χρησιμοποιείται ως αισθητήρας αναφοράς

Εικόνα 24. Προετοιμασία του κορμού δέντρου, με αφαίρεση φλοιού και καμβίου, για την εισαγωγή του συστήματος αισθητήρων

μότητας που μεταφέρεται με τη ροή του νερού των δέντρων (sap flow), αξιοποιώντας ζεύγος όμοιων κυλινδρικών αισθητήρων που τοποθετείται στο σομφό ξύλο (Εικ. 23 & 24).

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης γίνεται συνήθως με τη χρήση φορητών συστημάτων ανταλλαγής αερίων (portable gas exchange system). Η λειτουργία τους βασίζεται στον προσδιορισμό τής διαφοράς συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα που προκαλείται μεταξύ δύο χρονικών στιγμών ως συνέπεια της φωτοσύνθεσης. Η περιεχόμενη χλωροφύλλη σε φύλλα δένδρων μπορεί να εκτιμηθεί με φορητό όργανο, το οποίο μετρά την ποσότητα ενέργειας που απορροφάται στην ερυθρά περιοχή του φάσματος.

Ρίζα

Η ρίζα είναι το πρώτο όργανο που εμφανίζεται όταν ένας σπόρος αρχίζει να βλαστάνει. Με το άκρο της ρίζας που αποτελείται από το κορυφαίο μερίστωμα, τα κύτταρα δηλαδή που διαρκώς διαιρούνται, δίνεται η δυνατότητα αυτή να αυξάνει διαρκώς και να αναπτύσσει πλάγιες ρίζες. Επίσης, για να αυξήσει η ρίζα την απορροφητική της ικανότητα, διαθέτει τα ριζικά τριχίδια.

Ο ρόλος των ριζών στο δένδρο είναι πολύ σημαντικός, αφού το «αγκυρώνουν» στο έδαφος και συνεισφέρουν στη στήριξή του, απορροφούν νερό και ανόργανα άλατα από το έδαφος και το διακινούν στα υπόλοιπα όργανα του, αποθηκεύουν θρεπτικά συστατικά και στα περισσότερα είδη δημιουργούν συμβιωτικές σχέσεις με άλλους οργανισμούς, όπως τους μύκητες. Η τελευταία αυτή συμβιωτική σχέση δημιουργεί σχηματισμούς που ονομάζονται μυκόρριζες, μέσα από τους οποίους ο μύκητας προσφέρει στο φυτό ανόργανα στοιχεία και το φυτό προσφέρει στο μύκητα σάκχαρα.

Επιπλέον ζωντανοί οργανισμοί που συνεισφέρουν στη δημιουργία ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα και τα μικρά ασπόνδυλα. Οι ζωικοί οργανισμοί τεμαχίζουν το φυλλοτάπητα στο έδαφος σε μικρά κομμάτια, τα οποία στη συνέχεια αποσυντίθενται και με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, δημιουργείται χούμος, πλούσιος σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία τα οποία προσφορά το ριζικό σύστημα.

3.2. ΠΩΣ ΕΠΙΔΡΑ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ ΜΑΣ;

Στις μεσογειακές χώρες, η μεταβολή του κλίματος αναμένεται ότι θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη διαθεσιμότητα του νερού, ως αποτέλεσμα της μείωσης των βροχοπτώσεων και της αύξησης της θερμοκρασίας (IPCC, 2014). Οι ιδιαίτερα ξηροθερμικές συνθήκες που αναμένεται να επικρατήσουν, θα οδηγήσουν σε αύξηση της διαπνοής των δέντρων και των δασικών οικοσυστημάτων εν γένει, και σε μείωση του διαθέσιμου νερού στο έδαφος, μεταβολή η οποία σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το 30% σε σχέση με τις συνθήκες που επικρατούν σήμερα (Bisselink et al., 2018).

Στη Μεσόγειο, η διαθεσιμότητα του νερού είναι ο πιο σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση και επιβίωση των δένδρων. Η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού αποφέρει σειρά μεταβολών και στις λειτουργίες του φυτού, όπως η ανάπτυξη, η φωτοσύνθεση και η διαπνοή, οι οποίες επηρεάζονται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη διάρκεια της καταπόνησής του.

Σε συνθήκες ξηρασίας, το υδατικό δυναμικό και η σχετική περιεκτικότητα σε νερό, ιδιαιτέρως των φύλλων, φθίνει διαρκώς, όπως και η περιεχόμενη υγρασία στο έδαφος, με αποτέλεσμα το κλείσιμο των στομάτων στην επιφάνεια του φύλλου, με σκοπό την οικονομία νερού στο φυτό (Kozlowski et al., 1991). Το κλείσιμο των στομάτων εμποδίζει την πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και, κατά συνέπεια, την αφομοίωσή του μέσω της φωτοσύνθεσης. Μέσα από αυτό τον προστατευτικό μηχανισμό προβλέπεται ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα κάποιων δασικών οικοσυστημάτων θα μειωθεί εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών. Είναι πιθανόν η ξηρασία να μειώσει την παραγωγικότητα σε ευαίσθητα είδη όπως η οξιά, ενώ άλλα είδη, όπως τα ξηρόφιλα δρυοδάση, να εμφανιστούν περισσότερο ανθεκτικά σε ξηροθερμικές συνθήκες (Ραδόγλου & Κορακάκη, 2012).

Παρατεταμένη περίοδος ξηρασίας μπορεί να εξασθενήσει ή και να οδηγήσει σε μαρασμό τα δένδρα (Κορακάκη, 2010). Το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων μελέτησε τις νεκρώσεις ελάτης στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας και την παρουσία ξερών πεύκων στην ευρύτερη περιοχή της Ηλείας και κατέληξε και στις δυο περιπτώσεις ότι οι νεκρώσεις/ξηράνσεις των δένδρων σχετίζονται άμεσα με περιόδους ξηρασίας (Τσόπελας κ.α., 2003). Η αύξηση στις μέσες μέγιστες θερμοκρασίες, οι παρατεταμένες περίοδοι ανομβρίας και η μεταβολή των βροχοπτώσεων επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο και, κατά συνέπεια, τη φυσιολογική διεργασία των δένδρων. Τα δένδρα καταπονούνται και προσβάλλονται από έντομα (κυρίως φλοιοφάγα), επειδή οι μηχανισμοί άμυνας κατά των εντόμων έχουν εξασθενίσει.

... Τα φυτικά είδη έχουν αναπτύξει μηχανισμούς προσαρμογής με στόχο την επιβίωση τους, εστιάζοντας στη μείωση των απωλειών νερού, την αύξηση της εξοικονόμησης, πρόσληψης και αποθήκευσης νερού

Ωστόσο, υπό αυτές τις δυσμενείς συνθήκες, τα φυτικά είδη έχουν αναπτύξει **μηχανισμούς προσαρμογής** με στόχο την επιβίωση τους, εστιάζοντας στη μείωση των απωλειών νερού, την αύξηση της εξοικονόμησης, πρόσληψης και αποθήκευσης νερού. Για το σκοπό αυτό πολλά μεσογειακά δασικά είδη έχουν προσαρμόσει τα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, τα περισσότερα αείφυλλα σκληρόφυλλα είδη έχουν μικρά, δερματώδη και παχιά φύλλα, τα οποία συνήθως έχουν μικρούς ρυθμούς φωτοσύνθεσης, σε σύγκριση με τα φύλλα των πλατύφυλλων ειδών (Lambers et al., 1998). Το αυξημένο πάχος των φύλλων των αείφυλλων ειδών επιτρέπει καλύτερη αναχαίτιση της ηλιακής ακτινοβολίας και πιο αποδοτική χρήση του νερού.

Σε ορισμένα είδη τα στόματα στην επιφάνεια των φύλλων ή βελονών είναι βυθισμένα (π.χ. στις πευκοβελόνες), εντοπίζονται σε κρύπτες (π.χ. φύλλα πικροδάφνης) ή καλύπτονται από τρίχωμα ώστε να περιορίζονται οι απώλειες νερού (Rotondi et al., 2003). Επίσης, σε κάποια είδη η αύξηση του ατμοσφαιρικού CO_2, οδηγεί σε μείωση αριθμού στομάτων ανά επιφάνεια φύλλου και αύξηση του μεγέθους τους, με στόχο τη μείωση της διαπνοής του δένδρου (λιγότερα στόματα), ενώ διατηρεί τη φωτοσυνθετική ικανότητα (μεγάλο μέγεθος πόρων) και παραγωγικότητα (Regato, 2010). Ωστόσο, οι μεταβολές των στομάτων σταματούν μετά από κάποια αύξηση του ατμοσφαιρικού CO_2.

Άλλοι μηχανισμοί προσαρμογής που αφορούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των φύλλων των δένδρων, είναι i) ο μειωμένος λόγος επιφάνειας/όγκου, ii) πυκνό στρώμα τριχώματος ή και κηρωδών ουσιών, iii) ύπαρξη αδένων με αιθέρια έλαια, iv) μερική φυλλόπτωση στο τέλος της υγρής περιόδου, v) μεσημβρινή καταστολή της φωτοσύνθεσης κ.ά. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό πως η μελέτη των παραμέτρων που σχετίζονται με την υδατική κατάσταση και τη διαπνοή των δέντρων και ο προσδιορισμός των κλιματικών παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθίσταται ολοένα και πιο επιτακτική, προκειμένου να βελτιωθεί η κατανόηση των μηχανισμών που έχουν αναπτύξει τα διάφορα δασικά είδη για να ανταπεξέλθουν στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, ώστε να μπορεί να προβλεφθεί η απόκριση τους σε αυτές και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη διαχείρισή τους. Στον Πίνακα επισημαίνονται κάποιες επιπλέον επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα (Regato, 2010).

Πίνακας 1. Άλλες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα

ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΑ ΔΑΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ:
• **Μεταβολές στην κατανομή και μετανάστευση των δασικών ειδών**, με την μετατόπιση τους προς τα πάνω σε υψόμετρο ή γεωγραφικό πλάτος. Για παράδειγμα, η αναμενομένη άνοδος στη μέση ελάχιστη χειμερινή θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει τα δάση που είναι συνηθισμένα σε ψυχρότερες συνθήκες (π.χ. δάση ελάτης), με αποτέλεσμα τη μεταβολή της κατανομής των ειδών πιο βόρεια και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Η γνώση μας είναι ακόμα ελλιπής σε σχέση με τους μεταναστευτικούς μηχανισμούς των ειδών. Αν όμως μετατόπιση των ειδών πιο βόρεια και σε μεγαλύτερα υψόμετρα δεν συνοδεύεται από διατήρηση του κατώτερου ορίου κατανομής τους, το αποτέλεσμα θα είναι η μετανάστευση των ειδών. Ειδικότερα, στις ανώτερες περιοχές των βουνών και στα νησιά μπορεί, η μείωση του διαθέσιμου χώρου, επίσης, να μειώσει τις μεταναστευτικές ευκαιρίες για πολλά είδη, ιδιαίτερα τα ενδημικά, που αντιπροσωπεύουν τη Μεσογειακή βιοποικιλότητα.
• **Αλλαγές στη φαινολογία των ειδών**, με μετατόπιση της επικονίασης εξαιτίας των αλλαγών στη βροχόπτωση και στη διαθεσιμότητα νερού. Απόρροια των αλλαγών αυτών θα είναι οι μεταβολές στη δομή, τη σύνθεση και τη λειτουργία των δασών.
• **Μεταβολή της δυναμικής δέσμευσης του ατμοσφαιρικού άνθρακα**, οι δεξαμενές του οποίου στο έδαφος έχουν ήδη, σε μεγάλο βαθμό, εξαντληθεί, λόγω της κατάχρησης και υποβάθμισης των εδαφών τού περασμένου αιώνα
• **Αύξηση της ικανότητας εισβολής και εγκατάστασης των ξενικών ειδών**, τα οποία μπορεί, διαχρονικά, να αντικαταστήσουν τα αυτόχθονα και ενδημικά είδη.
• **Αύξηση της συχνότητας και της έντασης των πυρκαγιών, καθώς και της έκτασης των καμένων εκτάσεων**. Οι αλλαγές στο καθεστώς των δασικών μπορούν να εξαντλήσουν την αναγεννητική ικανότητα των ειδών και να οδηγήσουν σε αλλαγές στα οικοσυστήματα.

Δράση 2.2.4.

Βιοποικιλότητα δασών και κλιματική αλλαγή

Υπεύθυνη δράσης: Δρ. Αλεξάνδρα Σολωμού

www.fria.gr

4.1. ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

Το φυσικό περιβάλλον στην Ελλάδα έχει δεχτεί στο πέρασμα των αιώνων πιέσεις, τόσο σε ένταση όσο και σε διάρκεια. Εντούτοις, αυτό το περιβάλλον εξακολουθεί να εντυπωσιάζει, τόσο με τη φυσικότητα που το χαρακτηρίζει, όσο με την πλούσια βιοποικιλότητα που περιλαμβάνει. "Πατέρας" του όρου θεωρείται ο Edward Wilson, ο οποίος καθιέρωσε την ένταξη του όρου στο διεθνές λεξιλόγιο με την έκδοση του βιβλίου του "Η ποικιλότητα της ζωής". Η βιοποικιλότητα (βιολογική ποικιλότητα) αναφέρεται σε όλη την ποικιλία των μορφών της ζωής (π.χ. φυτά, ζώα και μικροοργανισμοί) πάνω στον πλανήτη. Είναι η ποικιλία των ζώντων οργανισμών πάσης προελεύσεως (επίπεδο ειδών), των γονιδίων τους (γενετικό επίπεδο), και των οικοσυστημάτων όπου απαντώνται (οικολογικό επίπεδο) (Gaston & Spicer, 2002). Περιλαμβάνει τον τρόπο έκφρασης ή εκτίμησης της ποικιλότητας που υπάρχει στα διάφορα επίπεδα οργάνωσης της ζωής. Αντανακλά τον αριθμό, την ποικιλία και τη μεταβλητότητα των ζωντανών οργανισμών και των συστημάτων που συγκροτούν (Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων- ΕΚΒΥ, 2014-2019).

Η Ελλάδα διακρίνεται για την υψηλή βιοποικιλότητά της, η οποία είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Αυτό οφείλεται σε παράγοντες όπως η γεωγραφική θέση της, η σύνθετη γεωλογική ιστορία της και η μεγάλη τοπογραφική ποικιλότητά της, οι οποίοι έθεσαν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη και στήριξη μεγάλης ποικιλίας φυτών, ζώων, οικοσυστημάτων και τοπίων (Ντάφης et al, 1997). Συνεπώς, η βιοποικιλότητα που παρατηρείται σήμερα είναι το αποτέλεσμα μιας μακράς εξελικτικής ιστορίας και στο πλαίσιο αυτό τα οικοσυστήματα και όλοι οι οργανισμοί έχουν εγγενή αξία. Ενδεικτικά, για την Ελλάδα, αναφέρονται περί τα 6.600 είδη και υποείδη αγγειόσπερμων φυτών και περισσότερα από 23.000 είδη ζώων της ξηράς και των γλυκών νερών (ΕΚΒΥ, 2014-2019).

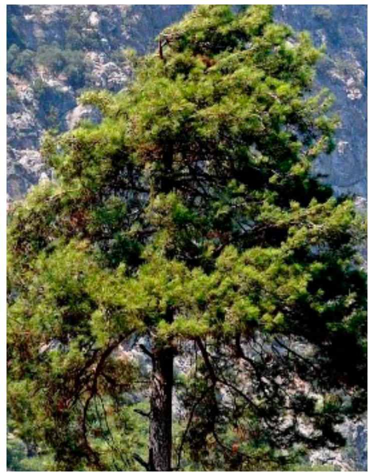
Η διατήρηση και προστασία της βιοποικιλότητας εξασφαλίζει την ανάπτυξη βιώσιμων πληθυσμών και οικοσυστημάτων. Προσεγγίζοντας, ανθρωποκεντρικά τη βιοποικιλότητα, είναι σημαντικό να αναφερθούν τα άμεσα οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευσή της. Η αξιοποίηση της υψηλής βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων εξασφαλίζουν τροφή, ενέργεια, φάρμακα, ξυλεία, ίνες και άλλες πρώτες ύλες, λειτουργικές πρακτικές, εμπειρία και γνώση αποδίδοντας αξιόλογα κεφάλαια στην παγκόσμια οικονομία. Παράλληλα, η τεράστια αυτή «αποθήκη» μορφών ζωής και οικοσυστημάτων γενικότερα παρέχει δωρεάν υπηρεσίες ανακύκλωσης στοιχείων και εξυγίανσης του περιβάλλοντος (ΚΠΕ Καστοριάς, 2006· Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας, 2007).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται απώλεια και υποβάθμιση των οικοσυστημάτων καθώς και απώλεια ελληνικών ειδών χλωρίδας/πανίδας και φυσικών ενδιαιτημάτων δημιουργώντας πολυδιάστατες αρνητικές επιπτώσεις και κατά συνέπεια υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που παρέχουν. Οι κυριότερες πιθανές

αιτίες οι οποίες οδηγούν σε απώλεια της βιοποικιλότητας είναι οι εξής: α) εντατικοποίηση της γεωργίας β) αλλαγές στη χρήση γης γ) άμεση εκμετάλλευση οργανισμών δ) κλιματική αλλαγή ε) ρύπανση στ) ξενικά είδη και η) υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Ο αυξανόμενος ρυθμός απώλειας ειδών κατά τον 20ο και 21ο αιώνα καθώς και η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων επιβάλλουν τη λήψη μέτρων και δράσεων για την αντιμετώπιση των αιτιών που οδηγούν σε απώλεια βιοποικιλότητας (IPBES, 2019).

4.2. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΛΩΡΙΔΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΗΣ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ

Τα αισθητικά δάση περιλαμβάνουν δασικά τοπία με ιδιαίτερο αισθητικό και οικολογικό ενδιαφέρον, που έχουν σκοπό, εκτός από την προστασία της φύσης, να δώσουν την ευκαιρία στον επισκέπτη να γνωρίσει και να απολαύσει το φυσικό περιβάλλον με διάφορες δραστηριότητες αναψυχής. Το Αισθητικό δάσος Καισαριανής βρίσκεται στη δυτική πλευρά του όρους Υμηττός, στην Αττική και συνορεύει προς βορρά, ανατολικά και νότια με τις βραχώδεις πλαγιές του Υμηττού και στα δυτικά με την Πανεπιστημιούπολη Αθηνών και τους δήμους Καισαριανής και Βύρωνα. Η συνολική έκταση του δάσους φτάνει τα 4.460 στρέμματα. Στο σύνολο της έκτασης του Αισθητικού Δάσους κυριαρχούν ενδεικτικά τα παρακάτω είδη βλάστησης:



Τραχεία πεύκη
Pinus brutia Ten.

Κυπαρίσσι
Cupressus sempervirens L.

Κουτσουπιά
Cercis siliquastrum L.

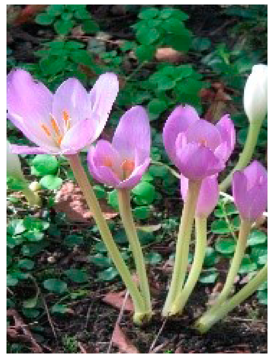
Χαρουπιά
Ceratonia siliqua L.

Χνοώδης δρυς
Quercus pubescens Willd

Κουκουναριά
Pinus pinea L

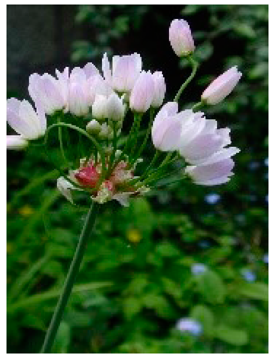
Όσον αφορά στη χλωρίδα του Αισθητικού δάσους Καισαριανής, αυτή κυριαρχείται ενδεικτικά από τα παρακάτω φυτικά είδη:

Κυκλάμινο
Cyclamen graecum Link

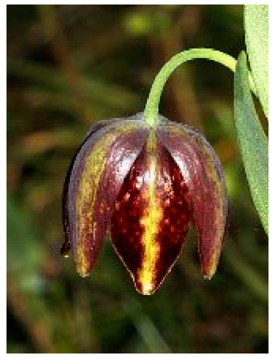


Κολχικό
Colchicum sp

Ασφόδελος
Asphodeline lutea (L.) Rchb.



Ρόδινο αγριόσκορδο
Allium roseum L



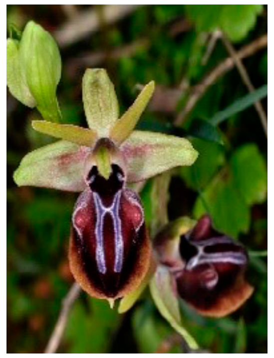
Φριτιλλάρια η ελληνική
Fritillaria graeca Boiss. & Spruner

Ανακαμπτίδα
Anacamptis pyramidalis (L.) Rich.

Μούσκαρι
Muscari comosum (L.) Mill.

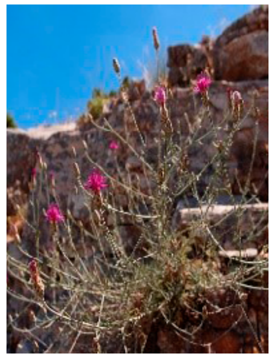
Αρκουδόβατος
Smilax aspera L.

Κεφαλάνθηρο
Cephalanthera rubra (L.) Rich



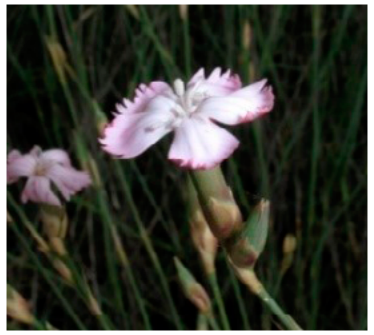
Οφρύς η μαστοφόρος
Ophrys mammosa Desf.

Όρχις η τετράστικτη
Orchis quadripunctata Ten.



Κενταύρια της Αττικής
Centaurea attica Nyman

Ελληνικά Ενδημικά φυτικά είδη, δηλαδή είδη που φύονται μόνο στην Ελλάδα, είναι τα παρακάτω:



Δίανθος
Dianthus serratifolius Sm. subsp. serratifolius

Μαλκόλμια
Malcolmia graeca Boiss. & Spruner, subsp. graeca

Σκορτσονέρα η κροκύφυλλη
Scorzonera crocifolia Sm

Μελίλωτος
Melilotus graecus (Boiss. & Spruner) Lassen

Κεράστιο
Cerastium candidissimum Correns

Ίνουλα
Inula verbascifolia subsp. methanaea (Hausskn.) Tutin

Η ευρύτερη περιοχή, λόγω της ποικιλίας βιοτόπων (μέρη όπου υπάρχουν οι απαραίτητες συνθήκες για την ύπαρξη, ανάπτυξη και επιβίωση μεγάλης ποικιλίας ειδών χλωρίδας και πανίδας), είναι σημαντική για την ορνιθοπανίδα και ιδιαίτερα για τα μικρότερα είδη πουλιών (π.χ. στρουθιόμορφα). Από τα είδη που έχουν παρατηρηθεί στον Υμηττό (και αναφέρονται στην έκθεση της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας: «Υμηττός - ένας από τους τελευταίους πνεύμονες πρασίνου της Αττικής»), πολλά φωλιάζουν, ξεχειμωνιάζουν ή εμφανίζονται μόνιμα ή περιστασιακά στην περιοχή.

Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- Νησοπέρδικα (*Alectoris chucar*), δεκαοχτούρα (*Streptopelia decaocto*), τρυγόνι (*Streptopelia turtur*), κούκος (*Cuculus canorus*), κουκουβάγια (*Athene noctua*), κατσουλιέρης (*Galerida cristata*), κοκκινολαίμης (*Erithacus rubecula*), κότσυφας (*Turdus merula*), κοκκινούρης (*Phoenicurus ochruros*), αηδόνι (*Luscinia megarynchos*), ελατοπαπαδίτσα (*Parus ater*), καλόγερος (*Parus major*), καρακάξα (*Pica pica*), σπιτοσπουργίτης (*Passer domesticus*), σπίνος (*Fringilla coelebs*), φλώρος (*Carduelis chloris*).

Στην περιοχή έχουν παρατηρηθεί τα εξής θηλαστικά:

- Αλεπού (*Vulpes vulpes*), λαγός (*Lepus europeus*) και σκαντζόχοιρος (*Erinaceus europeus*) καθώς και ένα είδος νυχτερίδας

και τα ερπετά:

- Πράσινη σαύρα (*Lacerta trilineata*), σπιτόφιδο (*Elaphe situla*), σαΐτα (*Coluber najatum*), οχιά (*Vipera ammodytes*) και χελώνα (*Testudo marginata*).

Περισσότερες πληροφορίες για τη βιοποικιλότητα του Αισθητικού Δάσους Καισαριανής υπάρχουν στην ιστοσελίδα της Φιλοδασικής Ένωσης Αθηνών (https://www.philodassiki.org/).

4.3. ΦΥΤΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΥΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Τα φυτά είναι καλοί δείκτες της υγείας του περιβάλλοντος, τόσο του ατμοσφαιρικού αέρα όσο και του εδάφους. Αυτό οφείλεται στο ότι i) αντλούν τα απαραίτητα συστατικά από το έδαφος ii) τα φύλλα τους είναι συλλέκτες αέριων συστατικών. ΄Ετσι, η χημική σύσταση των φυτών μπορεί να αποτελέσει σημαντικό δείκτη ρύπανσης των περιοχών ανάπτυξης των φυτών αυτών, σε σχέση πάντα με αντίστοιχες τιμές των φυτών που αναπτύσσονται σε ένα υγιές περιβάλλον (Solomou et al., 2019).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες φυτών: Οι βιοσυσσωρευτές και οι βιοδείκτες. Βιοσυσσωρευτές είναι τα φυτά εκείνα, που ενώ συσσωρεύουν στους ιστούς τους στοιχεία σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από το φυσιολογικό, δε παρουσιάζουν εμφανείς μεταβολές. Τα ανώτερα φυτά (φυτά που ο πολλαπλασιασμός τους γίνεται με σπέρματα και τα οποία καλούνται σήμερα σπερματόφυτα) παρέχουν πολύτιμα γενετικά συστήματα προσδιορισμού, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών ρυπαντών, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοδείκτες. Βιοδείκτες είναι τα φυτά εκείνα, που όταν υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις κάποιων στοιχείων, παρουσιάζουν μορφολογικές ή βιολογικές αλλαγές (Aceto et al., 2003).Τα φυτά-βιοδείκτες μπορεί να εμφανίσουν διάφορα «συμπτώματα» εξαιτίας της ρύπανσης του περιβάλλοντος, όπως:

- Ορατές αλλοιώσεις στο φύλλωμα ή στα ξυλώδη μέρη (εμφάνιση μαύρων ή καφέ κηλίδων, κιτρίνισμα φύλλων)
- Αδυναμία ανάπτυξης
- Ανώμαλο κύκλο ωρίμανσης καρπών
- Ελλιπή ανάπτυξη ριζών και αδύναμους βλαστούς (συχνότερη επίπτωση).

Η συσσώρευση ιχνοστοιχείων στα ανώτερα φυτά, εξαιτίας ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, τα καθιέρωσε ως παθητικούς βιοδείκτες, δεδομένου ότι τα φυτά αυτά ανταποκρίνονται άμεσα και έμμεσα στην κατάσταση του αέρα και του εδάφους. Από τα ανώτερα φυτά, αυτά που χρησιμοποι-

Δασική πεύκη
Pinus sylvestris L

Μαύρη πεύκη
Pinus nigra J.F. Arnold

Θλασπί
Thlaspi caerulescens J.Presl & C.Presl

Ιτιά
Salix alba L.

Λεύκα
Populus alba L.

Άλυσσο
Lobularia maritima L

Καλαμιά
Arundo donax L.

Τσουκνίδα
Urtica dioica L.

ούνται συνήθως για την βιοπαρακολούθηση, είναι τα κωνοφόρα δένδρα. Για κάθε πηγή ρύπανσης χρησιμοποιούνται ξεχωριστοί βιοδείκτες. Συγκεκριμένα, για την ατμοσφαιρική ρύπανση οι πλέον κατάλληλοι βιοδείκτες, είναι η δασική πεύκη και η μαύρη πεύκη (Micieta & Murin 1996; 1998).

Η επιστημονική κοινότητα ενδιαφέρεται για αυτόχθονα είδη χλωρίδας, διότι υπάρχει ευρεία επιλογή ειδών και παρέχεται η δυνατότητα για διαφορετικές δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια του χρόνου (Micieta & Murin, 1998). Μέχρι σήμερα, έχουν προσδιοριστεί περισσότερα από 400 φυτικά είδη, που ανήκουν σε τουλάχιστον 45 οικογένειες φυτών, με ικανότητες συσσώρευσης βαρέων μετάλλων (έως και 5% του ξηρού τους βάρους). Το θλασπί (*Thlaspi caerulescens* J.Presl & C.Presl) αποτελεί το πλέον γνωστό φυτό, το οποίο έχει την ικανότητα υπερσυσσώρευσης μολύβδου (Pb) και καδμίου (Cd) (Μανουσάκη, 2008). Σε περιόδους του έτους κατά τις οποίες εμφανίζεται πλούσια παραγωγή βιομάζας, έχει καταγραφεί αποτελεσματική φυτοσυσσώρευση Cd από το έδαφος, τόσο κατά τη χρήση του θλασπί, (Zhao & McGrath, 2009), όσο και κατά τη χρήση φυτών μεγάλης βιομάζας όπως η ιτιά (*Salix* sp.) και η λεύκα (*Populus* sp.) (Dickinson & Pullford, 2005; Ατσαλάκης, 2015). Άλλα φυτικά είδη τα οποία χρησιμοποιούνται για τη συσσώρευση αρσενικού (As) και καδμίου (Cd) είναι το άλυσσο (*Lobularia maritima* L.), η καλαμιά (*Arundo donax* L.) και η τσουκνίδα (*Urtica dioica* L) (Solomou et al., 2019).

4.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΑΣΩΝ

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής θεωρείται ένα από τα κυριότερα άμεσα αίτια απώλειας της βιοποικιλότητας και αλλαγών στις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Fourth Assessment Report (AR4) - Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC, 2007), αναφέρεται ότι αν τα σενάρια που εξετάζονται επιβεβαιωθούν, η κλιματική αλλαγή, είναι πιθανό να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις συνιστώσες της βιοποικιλότητας όπως είναι τα είδη, τα οικοσυστήματα, τη γενετική ποικιλότητα εντός των ειδών και τις οικολογικές αλληλεπιδράσεις. Οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα, θα μπορούσαν να είναι πολύπλευρες. Συγκεκριμένα, η βιοποικιλότητα μπορεί να επηρεάζεται από έναν συνδυασμό:

- Άμεσων επιπτώσεων στους οργανισμούς (π.χ. η θερμοκρασία επηρεάζει τα ποσοστά επιβίωσης, την αναπαραγωγική επιτυχία, τα πρότυπα διασποράς και συμπεριφοράς)
- Επιπτώσεων μέσω βιοτικών αλληλεπιδράσεων (π.χ. παραχώρηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος)
- Επιπτώσεων μέσω μεταβολής των αβιοτικών παραγόντων (π.χ. κατάκλυση με νερό, μεταβολές των ωκεανών ρευμάτων) (Climate Change, 2007; ΑΜΦΙΒΙΟΝ, 2011)

Με βάση τις εκτιμήσεις της IPCC, στην Ελλάδα, οι κλιματικές συνθήκες ενδέχεται να μεταβληθούν, και αυτό θα μπορούσε να επιφέρει συνέπειες στα δασικά οικοσυστήματα. Τα διάφορα ακραία καιρικά φαινόμενα, φαίνεται να επηρεάζουν τα δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας, με αύξηση των ασθενειών, αλλά και με αύξηση των δασικών πυρκαγιών. Εκτιμάται, ότι αν επιβεβαιωθούν οι προβλέψεις της IPCC, είναι πιθανή η αντικατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων μεγαλύτερων υψομέτρων από θαμνώδεις εκτάσεις, δηλ. γενικά υποβαθμισμένα οικοσυστήματα (Ραδόγλου & Κορακάκη, 2012).

Μία ενδεχόμενη αλλαγή του κλίματος αναμένεται να έχει διάφορες επιπτώσεις και θα μπορούσε να προξενήσει μεταβολές, τόσο στην εξάπλωση των δασικών ειδών, όσο και στη δομή/σύνθεση των οικοσυστημάτων. Δηλαδή, η βιοποικιλότητα των δασικών οικοσυστημάτων θα μπορούσε να επηρεαστεί άμεσα ή έμμεσα με πιθανή εξαφάνιση ορισμένων ειδών (λόγω της απώλειας των χώρων που ζουν), ενώ κάποια θα ήταν πιθανό να αντικατασταθούν από άλλα είδη περισσότερο ανθεκτικά στις νέες δύσκολες συνθήκες ή πιο ανταγωνιστικά. Είναι γνωστό ότι το δασικό οικοσύστημα φιλοξενεί τεράστιο αριθμό φυτικών και ζωικών ειδών που δεν υπάρχουν σε άλλου τύπου οικοσυστήματα. Με ενδεχόμενη αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, τα είδη που έχουν μάθει να ζουν σε ξηρά και θερμά κλίματα θα επηρεάζονταν λιγότερο, άρα θα μπορούσαν να αυξήσουν την εξάπλωσή τους. Αντίθετα, τα είδη που ζουν σε ψυχρά κλίματα θα επηρεάζονταν περισσότερο, καθώς θα αναγκάζονταν να μεταναστεύσουν σε υψηλότερα υψόμετρα, προκειμένου να μην εξαφανιστούν. Ευαίσθητα στην κλιματική αλλαγή φαίνεται να είναι και τα είδη που συναντώνται στα όρια της γεωγραφικής τους εξάπλωσης, καθώς ζουν σε λιγότερο ευνοϊκό περιβάλλον. Αυτά τα είδη παρουσιάζουν συνήθως μεγαλύτερη ποικιλία απ' ότι οι πληθυσμοί του κέντρου. Έτσι, η απώλεια τέτοιων περιφερειακών πληθυσμών θα ήταν ένα πλήγμα για τη βιοποικιλότητα της περιοχής οδηγώντας σε μείωση της γενετικής ποικιλότητας των αντιστοίχων ειδών.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στα Μεσογειακά Οικοσυστήματα, αν η θερμοκρασία και η εδαφική υγρασία μεταβάλλονταν σύμφωνα με το δυσμενές σενάριο της IPCC, ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών θα άλλαζε και η βιοποικιλότητα θα μειωνόταν. Μία αλλαγή στο δυναμικό του ανταγωνισμού των ειδών θα επηρέαζε σημαντικά τις μικτές συστάδες και τα φυσικά οικοσυστήματα. Συνεπώς, τα φυσικά όρια εξάπλωσης των δασικών ειδών- θα μεταβάλλονταν, αν άλλαζαν και τα θερμότερα και ξηρότερα όρια εξάπλωσής τους και βέβαια τότε θα αναμενόταν και μετανάστευση των ειδών- όπου αυτό θα ήταν δυνατόν.

Εκτός από τις απώλειες που θα είχε ο φυτικός κόσμος, απώλειες θα σημειώνονταν και στο ζωικό, καθώς και στους μικροοργανισμούς που ζουν στα δάση. Τα ενδημικά φυτά και σπονδυλωτά της

Μεσογείου φαίνεται ότι είναι ιδιαιτέρως ευάλωτα στις κλιματικές αλλαγές (Malcolm et al., 2006). Κάτω από συνθήκες μηδενικής δυνατότητας μετανάστευσης, τα περισσότερα αμφίβια και ερπετά στη Νοτιοδυτική Ευρώπη θα αντιμετώπιζαν σημαντική απώλεια του εύρους εξάπλωσής τους (Araújo et al., 2006). Σύμφωνα με τους Levinsky et al. (2007), υπάρχουν συγκεκριμένα είδη όπως τα θηλαστικά Αγκαθοποντικός και Μυγαλή (*Acomys minous* και *Crocidura zimmermani*), τα οποία σε περίπτωση επαλήθευσης των σεναρίων, δεν θα καταφέρουν να επιβιώσουν σαν είδος, αν δεν μεταναστεύσουν.

Αγκαθοποντικός
Acomys minous
https://en.wikipedia.org/wiki/Crete_spiny_mouse

Μυγαλή
Crocidura zimmermani
https://www.cretanbeaches.com/cache/widgetkit/gallery/846/1-5c6c467a0a.jpg

Άλλες πιέσεις, εκτός από το κλίμα, που επιδρούν στη βιοποικιλότητα, είναι η αλλαγή των χρήσεων γης και η απώλεια ενδιαιτημάτων, που μειώνουν την ικανότητα των οργανισμών να μετατοπίσουν την εξάπλωσή τους.

4.5. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

Η διατήρηση των δασών προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για την προστασία της βιοποικιλότητας και τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Ο περιορισμός του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής αφορά τη σταδιακή μείωση στο ελάχιστο δυνατόν i) των αιτιών που την προκαλούν, όπως περιορισμός στα επιτρεπτά όρια των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και ii) των συνεπειών των ακραίων φαινομένων που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή, όπως κύματα καύσωνα και ψύχους, πυρκαγιές, ξηρασίες, πλημμύρες και θύελλες, σε επίπεδο περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό - κοινωνικό. Τα δάση προσφέρουν ένα τέλειο παράδειγμα των δεσμών που υπάρχουν μεταξύ της βιοποικιλότητας και της κλιματικής αλλαγής. Από τη μία πλευρά, τα δάση απειλούνται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αλλά, από την άλλη, έχουν τη δυνατότητα να μετριάσουν την κλιματική αλλαγή με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα (Λεγάκης, 2016). Σύμφωνα με την (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009) κάποια μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής τα οποία συμβάλλουν στην προστασία και αειφόρο χρήση της βιοποικιλότητας είναι τα εξής:

Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής	Μέτρα σε επίπεδο οικοσυστήματος
Αυξημένη ξηρασία	Χρήση κατάλληλων γεωργικών και δασικών πρακτικών για την αύξηση της ικανότητας κατακράτησης νερού και το μετριασμό της ξηρασίας.
Ακραίες υψηλές θερμοκρασίες	Αύξηση χώρων πρασίνου στις πόλεις για τη βελτίωση του μικροκλίματος και της ποιότητας του αέρα.
Υπερχείλιση ποταμών	Διατήρηση και αποκατάσταση υγροτόπων και κοιτών ποταμών που θα δρουν ως φυσικά αντιπλημμυρικά συστήματα.
Αυξημένος κίνδυνος	Χρήση δασικών ειδών που είναι πιο ανθεκτικά στις επιθέσεις επιβλαβών οργανισμών και παρουσιάζουν μικρότερο κίνδυνο ανάφλεξης.

Τα προτεινόμενα μέτρα πρέπει να είναι σε συνάφεια για την ενίσχυση της αντοχής των οικοσυστημάτων, τη διατήρηση υγιών και παραγωγικών δασών και την ενίσχυση της αποθήκευσης άνθρακα. Επίσης, θα πρέπει: α) Οι στρατηγικές διαχείρισης να προσαρμόζονται στα μελλοντικά δεδομένα, αλλά και μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα, β) Να αναπτυχθεί περαιτέρω η γνώση και η έρευνα γύρω από την ευαισθησία των ειδών και των οικοσυστημάτων ώστε να δημιουργηθεί μια σαφής εικόνα επί των πραγματικών ορίων αντοχής τους και γ) Να πραγματοποιηθεί συστηματική παρακολούθηση των δασικών οικοσυστημάτων, με σκοπό την έγκαιρη παρατήρηση τυχόν αλλαγών (Donnelly, 2001; Spittlehouse, 2001; Lindner et al, 2002).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης θα πρέπει να στοχεύει στην εξάλειψη, στο μέτρο του δυνατού, των αιτιών που προκαλούν καταπόνηση στο δασικό οικοσύστημα. Συνεπώς, όλα αυτά θα βοηθήσουν στη διασφάλιση της σταθερότητας των οικοσυστημάτων, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τη μείωση του κατακερματισμού των δασικών οικοσυστημάτων.

4.6. ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Τα δάση, παγκοσμίως, καλύπτουν 42 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, που αντιστοιχούν περίπου στο 30% της επιφάνειας του πλανήτη (Dixon et al., 1994; FAO, 2005; Ραδόγλου & Κορακάκη, 2012). Στην Ευρώπη καταλαμβάνουν περίπου το 44% και στην Ελλάδα το 54% της χερσαίας επιφάνειας. Τα δάση αποτελούν ασπίδα απέναντι στην κλιματική αλλαγή, συμβάλλοντας με διάφορους τρόπους στη διαμόρφωση του κλίματος της Γης. Συνεπώς τα δασικά οικοσυστήματα παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, μειώνοντας τις επιπτώσεις της.

Συγκεκριμένα τα δάση:

1. Δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας και το μετατρέπουν σε υλικό για παραγωγή ενέργειας (βιομάζα) μέσω της φωτοσύνθεσης. Δηλαδή, τα δάση αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες CO_2 κάθε χρόνο, περιορίζοντας έτσι τα αέρια του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα απελευθερώνουν οξυγόνο (O_2) στην ατμόσφαιρα.
2. Μειώνουν την επίδραση των ακραίων καιρικών φαινομένων, ως εξής:
   - Η βλάστηση και τα φυλλώματα των δένδρων λειτουργούν ως ένα πρώτο εμπόδιο, μετριάζοντας την ορμή του νερού (σε περίπτωση καταιγίδας) ενώ απορροφούν και μέρος του νερού που πέφτει. Αλλά και οι ρίζες των φυτών απορροφούν νερό, και επιπλέον το φιλτράρουν, καθώς αυξάνουν την πορώδη σύσταση του εδάφους. Οπότε, το δάσος συγκρατεί το νερό της βροχής, εμπλουτίζει τον υδροφόρο ορίζοντα και βελτιώνει την ποιότητα του νερού.
   - Το φύλλωμα των δένδρων απορροφά μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας και απελευθερώνει προς το έδαφος λιγότερο επιβλαβή ακτινοβολία. Λειτουργεί, λοιπόν, ως φυσικό φίλτρο, μειώνοντας τη θερμοκρασία.
   - Τα δάση ανακόπτουν την ταχύτητα του ανέμου, μειώνοντας την έντασή τους.
   - Το φύλλωμα των δέντρων συγκρατεί αιωρούμενα μικροσωματίδια του αέρα, με αποτέλεσμα να καθαρίζουν έτσι την ατμόσφαιρα.
3. Ως οικοσυστήματα, διατηρούν σημαντική βιοποικιλότητα και συμβάλλουν στην οικολογική ισορροπία των χερσαίων οικοσυστημάτων.

Δράση 2.2.5.

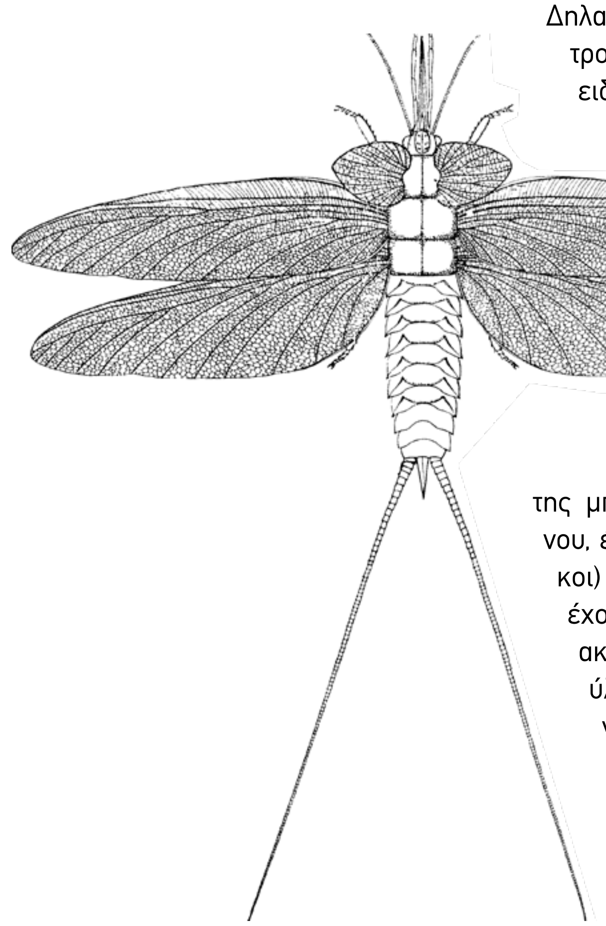
Βιωματική προσέγγιση στη μελέτη των δασικών εντόμων

Υπεύθυνος Δράσης:
Δρ. Πάνος Β. Πετράκης

www.fria.gr

5.1. ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥΣ

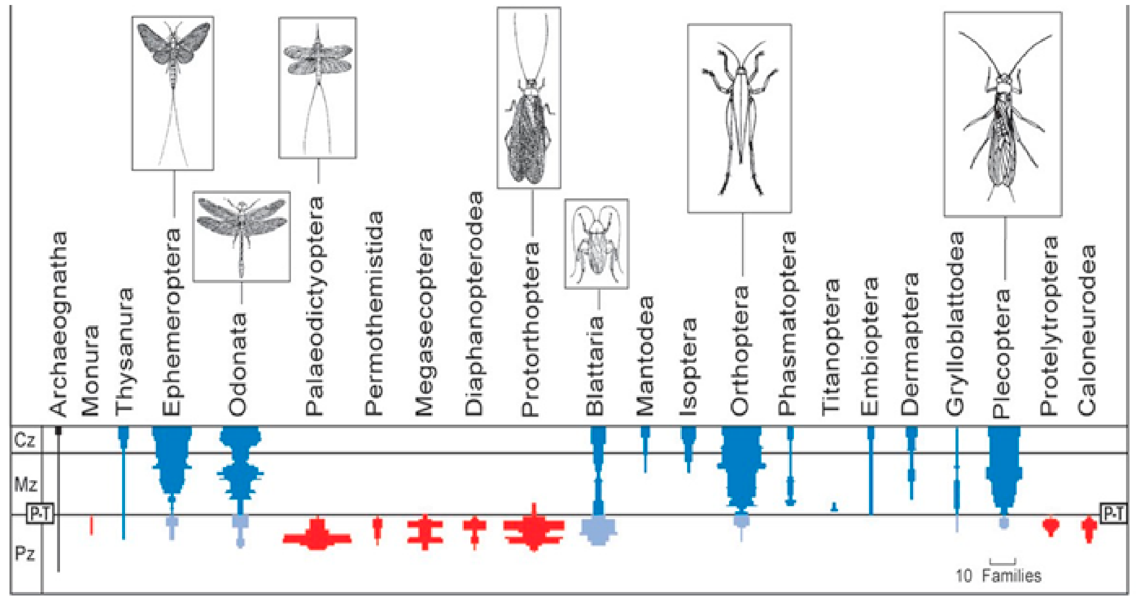
Τα φυσικά οικοσυστήματα, σαν βασικές οντότητες, όπου αλληλοεπιδρούν όλοι οι βιολογικοί οργανισμοί έχουν ορισμένες κύριες συνιστώσες. Αυτές είναι πέρα από τις πρώτες βασικές κατηγορίες, παραγωγοί και καταναλωτές. Οι παραγωγοί, είναι όλοι εκείνοι οι οργανισμοί, που παράγουν την οργανική ύλη, που θα μεταβιβαστεί στα ανώτερα τροφικά επίπεδα του οικοσυστήματος μέσα από τις τροφικές αλυσίδες. Τα έντομα είναι βασική ταξινομική ομάδα (taxon) των καταναλωτών οργανισμών σε όλα τα οικοσυστήματα του πλανήτη. Ξεκίνησαν να διαμορφώνονται σαν ξεχωριστό taxon πριν από 400 εκ. χρόνια. Η εξαφάνισή τους θα προκαλέσει την κατάρρευση όλων των γήινων οικοσυστημάτων και θα κάνει αδύνατη την διατήρηση οποιασδήποτε μορφής ζωής. Τα πρώτα έντομα είχαν έξι πτερά αντί των τεσσάρων, που κατά κανόνα υπάρχουν στα σημερινά έντομα. Το μέγεθός τους μπορεί να ήταν μεγάλο και υπάρχουν απολιθώματα, που δείχνουν μέγεθος γύρω στα 70 cm. Στην Εικ. 25 φαίνεται το έντομο *Stenodictya lobata* (Palaeodictyoptera, Dictyoneuridae) το οποίο πέραν των τεσσάρων πτερύγων είχε και ένα ακόμη ζεύγος μικροπτερυγιδίων στον προθώρακα με σημασία μάλλον ισορροπητική κατά το πέταγμα (Kukalová-Peck, 1970; Kukalova, 1970).



Εικόνα 25. Αναπαράσταση της Stenodictya lobata (Palaeodictyoptera, Dictyoneuridae) από το ανώτερο Λιθανθρακοφόρο [περίπου 280 εκ. χρόνια)

Τα έντομα φαίνεται να έχουν μέλη σε όλα τα επίπεδα του οικοσυστήματος. Δηλαδή, έχουν αντιπροσώπους σε όλα τα τροφικά επίπεδα και σε όλες τις τροφικές αλυσίδες. Αυτό το επιτυγχάνουν, τόσο με τον τεράστιο αριθμό ειδών, όσο και με το μικρό τους μέγεθος, που επιτρέπει την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους σε μικρή βιομάζα. Ένα δένδρο Ακακίας, για παράδειγμα, ενώ τυπικά προσφέρει ένα μόνο γεύμα σε μια καμηλοπάρδαλη, μπορεί να παρέχει χώρο, τροφή, και καταφύγιο από εχθρούς, σε χιλιάδες έντομα, τα οποία την χρησιμοποιούν σε μόνιμη, ημιμόνιμη ή περιστασιακή βάση. Έχουν δηλαδή, διάφορους βαθμούς εξειδίκευσης με την Ακακία (Gullan & Cranston, 2014). Επιπλέον, ο χρόνος παραμονής τους στους φυτικούς ιστούς της μπορεί να είναι τόσο μικρός ώστε να επιτρέπει την κατάτμηση του χρόνου, έτσι ώστε να δημιουργούνται ακόμη περισσότερες «θέσεις» (οικοθώκοι) για άλλα έντομα (Giller, 1984; Kalapanida & Petrakis, 2012). Τα έντομα έχουν αποκτήσει αυτήν την ικανότητα κατάτμησης από πολύ παλιά, όταν ακόμη έτρωγαν μόνο ζωικούς ιστούς, ενδεχομένως και σάπια οργανική ύλη. Μάλιστα από αυτήν την κατάσταση εξελίχθηκαν, ώστε να μπορούν να καταναλώσουν φυτικούς ιστούς. Στις Εικ. 26 & 27 φαίνεται η ικανότητα των εντόμων να επιζούν από τις βασικές εξαφανίσεις οργανισμών.

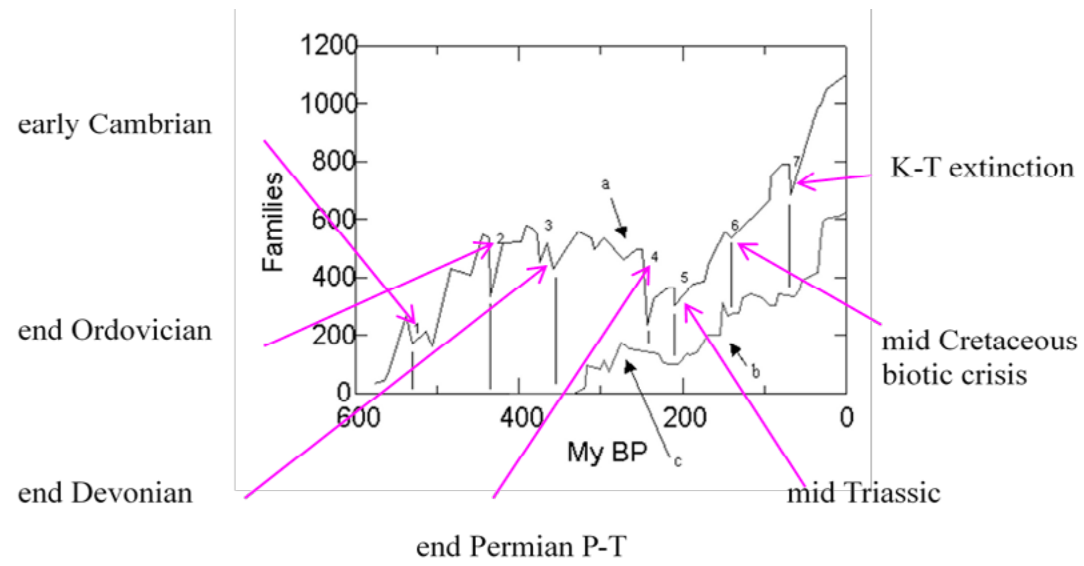
Οι μετακινήσεις τους, με στόχο να συμπεριλάβουν στη διατροφή τους και φυτικούς ιστούς, τους έδωσε τεράστια ώθηση γένεσης νέων ειδών από τα προϋπάρχοντα, και έγιναν οι ακρογωνιαίοι λίθοι στα οικοσυστήματα στα οποία συμμετέχουν (Grimaldi, 2001; Grimaldi et al., 2005). Τα Lepidoptera (πεταλούδες) είναι η πλέον ποικίλη ομάδα φυτοφάγων εντόμων.



Εικόνα 26. Βιοποικιλότητα στη βάση των οικογενειών εντόμων κατά Labandeira (2005). Συντμήσεις: p-t (Permian-Triassic) η μεγάλη μαζική εξαφάνιση ειδών στο τέλος της Περμίου, pz, mz paleozoic, mesozoic περίοδος. Με κόκκινο σημειώνονται οι οικογένειες εντόμων, που δεν συνέχισαν στην μεσοζωική περίοδο. Με μπλε, αυτές που μπόρεσαν και επιβίωσαν. Υπάρχουν βέβαια οικογένειες που εμφανίστηκαν στο μεσοζωικό ή και αργότερα

Στα σύγχρονα οικοσυστήματα τα έντομα έχουν αποκτήσει διαφόρων βαθμών τροφικές εξειδικεύσεις, αλλά και τρόπους εκμετάλλευσης των φυτικών και των ζωικών ιστών. Έτσι, υπάρχουν έντομα, που τρώνε δαγκώνοντας τον φυτικό ή ζωικό ιστό, απομυζώντας τον και εναποθέτοντας τα αυγά τους.

Τα έντομα είναι το πιο επιτυχημένο taxon (ταξινομική ομάδα) του πλανήτη από την εμφάνιση της ζωής. Ο κυριότερος λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι η μεγάλη βιοποικιλότητα των εντόμων, που σε τοπικά οικοσυστήματα ξεπερνά κατά πολύ και εκείνη όλων των άλλων βιολογικών οργανισμών μαζί. Για παράδειγμα στον Σχινιά Αττικής (από Μαραθώνα μέχρι Κάτω Σούλι) έχουν βρεθεί περίπου 1.100 φυτικά είδη ενώ μόνο τα Ημίπτερα έντομα (Hemiptera) ανέρχονται περίπου σε 500 και αν προστεθούν όλα τα μέχρι τώρα συλλεγμένα έντομα, ανέρχονται σε περίπου 3000 είδη (Petrakis, 1992a; Samanidou-Voyadjoglou et al., 2007; Petrakis et al., 2010; Simov et al., 2017; Legakis et al., 2018). Σε πλανητικό επίπεδο τα μέχρι τώρα ευρεθέντα και περιεγραμμένα είδη εί-



Εικόνα 27.Καμπύλη μαζικών εξαφανίσεων όλων των εξαφανίσεων ζώων (κυρίως θαλάσσιων) [επάνω καμπύλη] και εντόμων [κάτω καμπύλη]. Η εξαφάνιση 7 είναι αυτή των δεινοσαύρων στο όριο Κρητιδικής και Τριτογενούς. Τα δεδομένα προήλθαν από διάφορες πηγές όπως Grimaldi, 2001; Labandeira, 2005; Petrakis, 2008; Benton, 2010

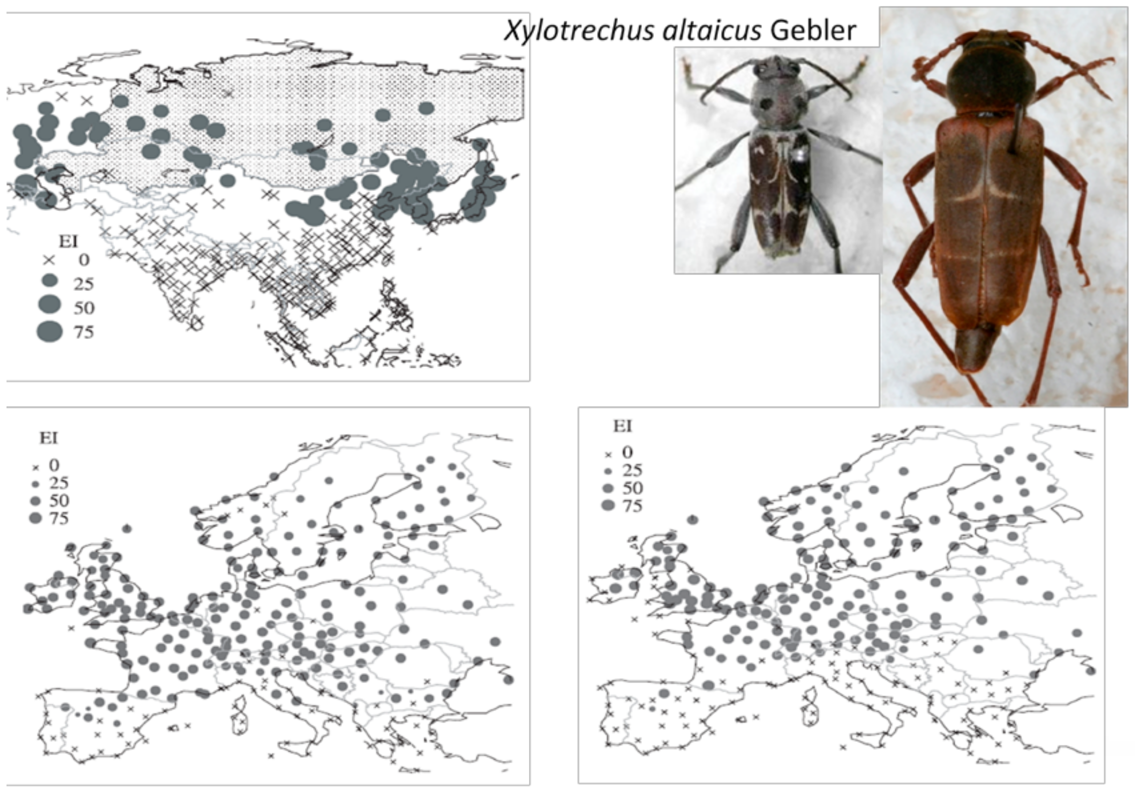
ναι περίπου 1.8 εκ. από τα οποία έχει περιγραφεί το ένα εκατομμύριο (Stork, 2018). Με την χρήση νέων εργαλείων και στατιστικών τεχνικών τα είδη εντόμων, που αναμένεται να υπάρχουν εκεί έξω, ανέρχονται σε 5,5 εκ.

Τα σημερινά έντομα έχουν επεκταθεί σε όλες τις ηπείρους συμπεριλαμβανομένης της Ανταρκτικής και των γύρω νησιών της. Συγκεκριμένα, η ηπειρωτική Ανταρκτική δεν έχει έντομα, ενώ τα γύρω νησιά μπορεί να έχουν μέχρι 200 είδη εντόμων (Gressitt et al., 1963; Lee Jr & Denlinger, 2006; Chown & Convey, 2016).

5.2. ΦΥΣΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ (ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΕΝΤΟΜΑ)

Η άποψη που κυριαρχεί σχετικά με την εξάπλωση των εντόμων, καθορίζεται σύμφωνα με τον Brundin (Brundin, 1972) από την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών (tectonic plates). Παράλληλα, ο Darlington Jr (1970), πιστεύει ότι υπάρχουν παράγοντες, όπως η κλιματική αλλαγή, οι αλλαγές στην χρήση γης, η μετανάστευση, η διασπορά, καθώς και ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός από υπερέχοντα εισβλητικά είδη, που είναι πολύ πιο σημαντικοί στον καθορισμό της κατανομής των ειδών των εντόμων από την μετακίνηση των πλακών.

Η κλιματική αλλαγή πέραν του ότι μπορεί να είναι ένας κύριος παράγοντας εξάπλωσης των εντόμων, φαίνεται να είναι και ένας παράγοντας διαταραχής των γεωγραφικών πολιτικών ορίων κατανομής τους. Για παράδειγμα, τα κλιματικά μοντέλα, που κυρίως χρησιμοποιούνται, δείχνουν ότι σε ορισμένα είδη όπως το φλοιοκαμβιοφάγο της Λάρνκας έντομο *Xylotrechus altaicus* (Coleoptera,



Εικόνα 28. Με υπόδειξη του software Climex (Orlinski, 2006; Vanhanen et al., 2008) φαίνεται ότι η αρχική εξάπλωση του ξυλοφάγου εντόμου x. Altaicus (Col., Cerambycidae) ήταν στην κεντρική Ασία (άνω αριστερά), στην Ευρώπη (κάτω δεξιά) και στην Ευρώπη με αύξηση θερμοκρασίας κατά 2.9°C

Cerambycidae) (Orlinski, 2004; Orlinski, 2006), η περιοχή εξάπλωσής τους θα αυξηθεί. Βασική προϋπόθεση βέβαια, αποτελεί το ότι η κατανομή καθορίζεται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και όχι από άλλους βιοτικούς παράγοντες (Εικ.28) (Benton, 2010; Byeon et al., 2017).

Σήμερα θεωρούμε ότι η κλιματική αλλαγή οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες. Μια λίστα αυτών των παραγόντων θα μπορούσε να είναι αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 2.

Ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, είναι η μετανάστευση εντόμων σε περιοχές, οι οποίες είναι απαλλαγμένες από τους φυσικούς τους εχθρούς. Αυτό συμβαίνει διότι οι ανταγωνιστές τους δεν τους γνωρίζουν, i) είτε γιατί δεν έχουν γνώση ή προηγούμενη εμπειρία με το είδωλό τους, ii) είτε γιατί δεν μπορούν να τους «μυρίσουν», εφόσον δεν έχουν τους κατάλληλους οσφρητικούς υποδοχείς. Έτσι, αυξάνουν σε αριθμό και καταναλώνουν τις διαθέσιμες πηγές σε βάρος των ιθαγενών οργανισμών. Στην εργασία των Korakaki et al. (2020), παρουσιάζεται ένας ενημερωμένος πίνακας των εισβλητικών εντόμων στην Ελλάδα, που απεικονίζει την διατάραξη της Ελληνικής εντομοπανίδας. Η διατάραξη αυτή αναμένεται να γίνει σοβαρότερη προϊούσας της κλιματικής αλλαγής, γιατί η μετανάστευση είναι τότε ευκολότερη και κατά περίπτωση επιβεβλημένη.

Πίνακας 2. Μηχανισμοί πίσω από την παρατηρούμενη κλιματική αλλαγή

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

- Διακυμάνσεις της τροχιάς της Γης
- Κύκλοι Milankovitch (εκκεντρότητα, κλίση και κωνική του γήινου άξονα) (Bennett, 1990; Olsen & Kent, 1999; Spiegel et al., 2010)

ΗΛΙΑΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

- Ηλιακή δραστηριότητα
- Παράδοξο του αδύναμου νεαρού ήλιου (70% λιγότερη ακτινοβολία) (Gaidos et al., 2000; Jenkins, 2000; Goldblatt & Zahnle, 2011)
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα
- Σκόνη και αέρια θερμοκηπίου
- Υπερεκρήξεις (π.χ. Toba) (Rampino & Self, 1992; Ambrose, 2000; Lane et al., 2013)
- Τεκτονικές πλάκες (Change, 1983; Raymo & Ruddiman, 1992)
- Σχηματισμός του Ισθμού του Παναμά
- Το ρεύμα του κόλπου (Gulf stream)
- Παγετώνες
- Μεγαμουσωνική κυκλοφορία της Παγγαίας

ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ (Berglund, 2003; Stebich et al., 2005)

- Αέρια θερμοκηπίου
- Αιωρούμενα στερεά και λεπτή σκόνη
- Συγκέντρωση CO2 στην ατμόσφαιρα

Τις μεταναστεύσεις αυτές των εντόμων τις βοηθά και η διακίνηση ανθρώπων και εμπορευμάτων, που διευκολύνεται από τις μεταφορές. Για παράδειγμα, οι ευνοϊκές συνθήκες στην χώρα μας κάνουν ευκολότερη την διαβίωση και πληθυσμιακή αύξηση σε πολλά έντομα. Για παράδειγμα είχαμε την είσοδο δύο βλαπτικών εντόμων (*Sinoxylon annale* και *S. unidentatum, Col., Bostrichidae*) από την Ινδία, μέσα σε ξύλα που χρησιμοποιούνται για να κρατούν σε απόσταση και να διαχωρίζουν φύλλα γρανίτη, σε φορτία πλοίων που ελλιμενίζονται στον Πειραιά και που προορίζονται για πάγκους εργασίας σε κουζίνες (Lykidis et al., 2016).

5.3. Η ΕΞΑΦΑΝΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ, ΤΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ, ΟΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΒΙΟΤΟΠΩΝ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

5.3.1. Η εξαφάνιση των εντόμων

Τα έντομα εξαφανίζονται τοπικά σε επίπεδο πληθυσμού αλλά και σε επίπεδο είδους. Πολλοί εντομολόγοι έχουν διεξάγει σχετικές έρευνες, εφόσον η εξαφάνιση των εντόμων δεν είναι κάτι, που μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα, χωρίς έρευνες. Ο Άγγλος εντομολόγος, Simon Leather, τόνισε ότι υπάρχει σε εξέλιξη μια παγκόσμια εξαφάνιση εντόμων, την οποία είχαν ήδη υποπτευθεί αρκετοί εντομολόγοι πεδίου.

> Η σύνδεση του βιότοπου με την βιοποικιλότητα και την αφθονία των εντόμων, ήταν γνωστή από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα.

Για παράδειγμα, ομάδα Γερμανών εντομολόγων, διαπίστωσε ότι οι συλλήψεις εντόμων σε παγίδα (Malaise) που τοποθέτησαν σε δύο αγροτικές περιοχές της Γερμανίας, έδωσαν σημαντικά λιγότερα έντομα σε βιομάζα, αλλά όχι και σε αριθμούς ατόμων ή και σε αριθμούς ειδών (Sorg et al., 2013; Leather, 2017). Ήταν γνωστό ότι υπάρχει μια σταδιακή εξαφάνιση εντόμων, εξαιτίας της καταστροφής ενδιαιτημάτων. Μάλιστα, η ελάττωση της βιοποικιλότητας και της αφθονίας αφορούσε τις πιο αγαπητές και χαρισματικές ομάδες εντόμων, όπως ο πεταλούδες, τα ωφέλιμα και όμορφα Carabidae, και οι Λιβελούλες (Odonata = Οδοντόγναθα). Σημειώνεται ότι οι Γερμανοί εντομολόγοι δεν συνέδεσαν την ελάττωση της βιομάζας των εντόμων με την καταστροφή βιοτόπων, την κλιματική αλλαγή, και την εφαρμογή εντομοκτόνων, αν και η εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής ήταν από μακρού γνωστό ότι είναι ένας τέτοιος παράγοντας.

Η σύνδεση του βιότοπου με την βιοποικιλότητα και την αφθονία των εντόμων, ήταν γνωστή από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Η σύγχρονη καταστροφή των βιοτόπων ή η αλλαγή στην χρήση της γης, έδωσε έναυσμα για πολλές συζητήσεις σχετικά με την εξαφάνιση των εντόμων. Αν και η εξαφάνιση των θηλαστικών ή των πτηνών φαίνεται να είναι ο βασικός παράγοντας που διεγείρει τους ακτιβιστές σε όλο τον πλανήτη, αυτή δεν φαίνεται ότι θα προκαλέσει την κατάρρευση των οικοσυστημάτων που θα επέλθει αν εξαφανιστούν τα έντομα. Ο καλύτεροι δείκτες για το τι πρέπει να γίνει ώστε να μην εξαφανιστούν τα έντομα, φαίνεται να είναι συνολικά τα ασπόνδυλα, ιδιαίτερα των αστικών περιοχών, όπου φαίνεται να συμβαίνει η μεγαλύτερη εξαφάνιση (Fattorini, 2011; Jones & Leather, 2013; Leather, 2017).

Ένας παράγοντας, που έχει ενοχοποιηθεί για την εξαφάνιση των εντόμων, είναι η εισβολή ξενικών εντόμων, τα οποία προκαλούν την μείωση φυτικών ξενιστών (Eschtruth & Battles, 2008). Επίσης, αλλάζουν την κατεύθυνση της οικολογικής διαδοχής σε δάση, μεταβάλλοντας την φυτοφαγική σχέση ορισμένων φυτοφάγων ειδών. Για παράδειγμα το ελάφι, που ενώ έχει τις ίδιες πληθυσμιακές πυκνότητες και τρέφεται με το φλοιό, καταστρέφει ολοένα και μικρότερο αριθμό δένδρων. Δηλαδή έχει στραφεί προς τα αναδυόμενα ποώδη φυτά μετά την αφαίρεση των δένδρων, τα οποία

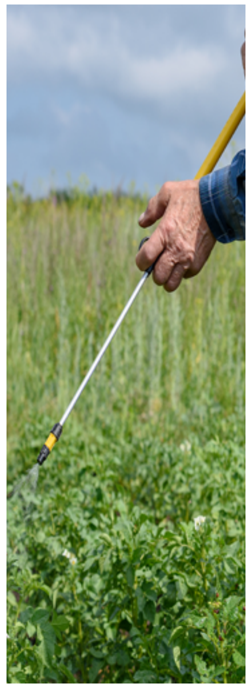
αποτελούν τη τροφή των ελαφιών (και άλλων φυτοφάγων σπονδυλόζωων). Μαζί με αυτά όμως τρέφονται και με οποιαδήποτε αρτίφυτρα και μικρά φυτά των δενδρωδών και ποωδών φυτών, αλλάζοντας τελείως την πορεία της οικολογικής διαδοχής. Κατά συνέπεια το οικοσύστημα παγιδεύεται μεταξύ αραιού θαμνώνα και ποώδους λιβαδιού. Πράγματι, σε μελέτες αποκλεισμού του ελαφιού και άλλων ενδεχομένως φυτοφάγων, η βιοκοινότητα των φυτών γέμισε με αρτίβλαστα δενδρωδών ειδών (Eschtruth & Battles, 2008).

Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν έντομα, που δρουν σαν παράσιτα δενδρωδών ειδών (όπως η λευκή ελάτη = Abies alba) και προκαλούν έντονη κατάτμηση του βιότοπου, με αποτέλεσμα να εξαφανιστούν τοπικά πολλά είδη. Στην περίπτωση αυτή, το δενδρώδες είδος, που υπέστη την καταστροφική δράση του παρασίτου, παραμένει στο οικοσύστημα, αν και σε χαμηλότερες πυκνότητες (Tsankov et al., 1994).

5.3.2. Τα γεωργικά εντομοκτόνα

Τα εντομοκτόνα έχουν κυριολεκτικά αλλάξει την αγροτική παραγωγή και έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη πολλών ειδών ασθενειών, τόσο στους αγροτικούς πληθυσμούς, όσο και στους εργαζόμενους στις εργοστασιακές μονάδες παραγωγής των εντομοκτόνων. Τα τελευταία χρόνια –από το 1960¬ οι αναπτυγμένες δυτικές κοινωνίες μετέφεραν ακόμη και τα εργοστάσια παραγωγής βιοκτόνων σε αναπτυσσόμενες χώρες (π.χ. Ινδία) μαζί με ολόκληρα τμήματα χημικών και φαρμακευτικών βιομηχανιών. Οι λόγοι είναι κατά κανόνα το φθηνό κόστος εργασίας, η ύπαρξη πρώτων υλών, η ελαστική νομοθεσία για τις αναγκαίες βιοδοκιμές και η απαλλαγή από την κατακραυγή των ακτιβιστών, που εγείρουν πολλές αντιρρήσεις σχετικά με την διάθεση των αποβλήτων, την προκαλούμενη ρύπανση, την χρήση ζώων στις βιοδοκιμές, καθώς και την έλλειψη κανόνων μέτρησης της ρύπανσης.

Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η παραγωγή του ζιζανιοκτόνου RoundUp από την μεγάλη πολυεθνική εταιρία Bayer (η οποία κατασκευάζει και τα διαγονιδιακά -transgenic- φυτά σε σπέρματα, που πουλά σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Ινδία). Το ζιζανιοκτόνο RoundUp (ενεργό συστατικό glyphosate) έχει απαγορευτεί ως καρκινογόνο και έρευνες έχουν δείξει ότι μπορεί να έχει αρνητική δράση, ακόμη και να σκοτώσει, ανθρώπινα κύτταρα. Υπάρχει ένας ολόκληρος πολιτισμός από άρθρα και ερευνητικές εργασίες, που ασχολούνται με αυτό το θέμα (Folmar et al., 1979; Vigfusson & Vyse, 1980; Pieniążek et al., 2004; Relyea & Jones, 2009; Koller et al., 2012; Greim et al., 2015; Young et al., 2015). Το εν λόγω ζιζανιοκτόνο προκαλεί την ανεξέλεγκτη θανάτωση φυτών μέσα σε καλλιέργειες και μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις θανατώνονται ακόμα και φυτά τα οποία ανήκουν στην τοπική χλωρίδα και είναι φυτά ξενιστές πολλών ειδών εντόμων.



Επιπλέον είναι γνωστό ότι οι περισσότερες ουσίες, που παρασκευάζονται σε βιομηχανική κλίμακα –όπως το RoundUp έχουν πολλαπλή τοξική δράση (μεταλλαξογόνο, καρκινογόνο, τερατογόνο, εμβρυοτοξική, ενδοκρινική διαταρακτική) στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς (Moutschen-Dahmen et al., 1984; Hens et al., 2001; Kirsch-Volders, 2012). Υπάρχει λοιπόν μια διαδικασία συνεξαφάνισης (co-extinction), η οποία πάντα τίθεται σε εφαρμογή όταν υπάρχουν τοπικές εξαφανίσεις φυτών. Η εταιρία Bayer υπολογίζει ότι θα χρειαστούν 10 δις USD για να καλυφθούν όλες οι απαιτήσεις πολιτών, που ενήγαν την εταιρία για βλάβες στην υγεία τους, που έχουν προκληθεί από το RoundUp. Φυσικά μέσα σε αυτό το ποσό δεν συνυπολογίσθηκε το κόστος των παράπλευρων εξαφανίσεων φυτικών ειδών και συνεξαφανίσεων των εντόμων και άλλων ασπονδύλων, που τα χρησιμοποιούν σαν ξενιστές. Αυτό το κόστος δε μπορεί άλλωστε να αποτιμηθεί σε € μέσα στα πλαίσια του κοινωνικο-οικονομικού συστήματος, που κυριαρχεί στις περισσότερες χώρες του πλανήτη που διεξάγουν σχετική έρευνα.

Τα διάφορα εντομοκτόνα, που κυκλοφορούν έχουν κάποιο βαθμό τοξικότητας, τόσο στους επαγγελματίες της βιομηχανίας παρασκευής, στους χρήστες αγρότες αλλά και στους τελικούς καταναλωτές. Ένα εντομοκτόνο, που χρησιμοποιείται στην διαχείριση εντόμων παρόδιας βλάστησης ή δασικών συστάδων, μπορεί να εισέλθει στις τροφές μέσα από τον υδροφόρο ορίζοντα ή με τον άνεμο και συνεπώς μπορεί να εμφανίσει αιμόλυση των ερυθροκυττάρων, ατονία και χαμηλό επίπεδο οξυγόνωσης του αίματος. Ακόμη και ορισμένα από αυτά, που έχουν βοτανική προέλευση (φυτικά εντομοκτόνα) ή παρασκευάζονται από ακτινομύκητες ή στρεπτομύκητες έχουν σαφή τοξική δράση (Aerts & Mordue, 1997; Raizada et al., 2001; Yano et al., 2002; Medina et al., 2004). Μάλιστα σε κάποια η τοξικότητα εκφράζεται κυρίως σε αρπακτικά και παρασιτοειδή, τα οποία είναι οι ακρογωνιαίοι λίθοι του κλασσικού βιολογικού ελέγχου των παρασίτων των δασικών φυτικών ειδών (Medina et al., 2004; Samanidou-Voyadjoglou et al., 2007; Petrakis & Moulet, 2011).

Επιπλέον, υπάρχει ένας ολοένα και αυξανόμενος φόβος για την εμφάνιση νέων παρασίτων και των ασθενειών, που προκαλούνται από τα εντομοκτόνα. Ένας παράγοντας, που συχνά επικαλείται για να εξηγήσει την εξάπλωση των νέων ζωονόσων (νόσοι που προκαλούνται από βακτήρια, ιούς, ρικέτσιες ή παράσιτα, που έχουν ξενιστή ζώα της άγριας πανίδας) είναι η χρήση εντομοκτόνων, τα οποία προκαλούν τοπική εξαφάνιση των φυσικών εχθρών παρασίτων (Vorou et al., 2007; Vorou, 2010), με αποτέλεσμα να υπάρχουν συχνές πληθυσμιακές εκρήξεις παρασίτων, αλλά και εισβολές ξενικών εντόμων, εξαιτίας των εμφανιζόμενων κενών οικοθώκων.

Ένα χαρακτηριστικό νεοεμφανιζόμενων εντόμων και όλων των ζωονόσων, που συνδέονται με αυτά είναι τα κουνούπια. Τα κουνούπια είναι Δίπτερα της οικογένειας (Culicidae) και κατά κανόνα υπάρχουν σε περιοχές, όπου υπάρχει μόνιμο, παροδικό ή εποχικό νερό. Η χώρα μας, κατ᾽ εξοχή χώρα υγροτόπων, επί αιώνες είχε ιθαγενείς πληθυσμούς κουνουπιών. Η ελονοσία (malaria) είναι η ασθένεια, που χρησιμοποιεί τα κουνούπια σαν ξενιστές του παρασίτου *Plasmodium falciparum* και του συγγενούς είδους *P. vivax*, που προκαλεί ελαφρότερη ελονοσία (malaria) (Krishna, 1997; White, 2008) στον άνθρωπο μέσα από μια σειρά προβλημάτων των ερυθροκυττάρων. Υπάρχουν βασικά πέντε παράσιτα του γένους Plasmodium, που έχουν ξενιστή τα κουνούπια, προκαλούν την ελονοσία και συνεχώς ανακαλύπτονται άλλα (White, 2008; Goncalves et al., 2012). Οι ξενιστές του παρασίτου και τα παράσιτα τα ίδια, παρουσιάζουν ποικίλη ανθεκτικότητα στα υπάρχοντα χημικά, που χρησιμοποιούνται τόσο για την θεραπεία της νόσου όσο και για την προφύλαξη των ταξιδιωτών. Η θεραπεία της ελονοσίας με χλωροκίνη είναι πρακτικά στις μέρες μας αδύνατη, εξαιτίας της ανθεκτικότητας, ενώ η νόσος έχει επεκταθεί σε χώρες, όπου δεν υπήρχε ποτέ. Εκτιμάται ότι γύρω στο 2050, η κλιματική αλλαγή με την θέρμανση του πλανήτη, θα κάνουν την Αγγλία κατάλληλη για την επαναδιασπορά της ενδημικής ελονοσίας.

Αν και ο πλανήτης είναι σημαντικά πιο θερμός από ότι πριν έναν αιώνα, δεν υπάρχουν αναφορές για αυξημένη εκδήλωση μεταδοτικών ασθενειών (Lafferty 2009, 2010). Για την Ευρώπη όμως υπάρχουν δεδομένα τα οποία συνηγορούν στην άποψη ότι υπάρχουν νέες μεταδοτικές ασθένειες και μάλιστα αυτές οι οποίες έχουν ξενιστή έντομα και τσιμπούρια (αραχνίδια) του φυσικού περιβάλλοντος (Epstein, 2000; Vorou et al., 2007; Epstein, 2010; Vorou, 2010). Οι αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ότι μπορεί να συνοδεύει την καταστροφή βιοτόπων είναι οι καταλληλότερες αλλαγές, που επάγουν τις αντίστοιχες αλλαγές στα δημογραφικά στοιχεία κυρίως των εντόμων, αλλά και άλλων αρθροπόδων (Randolph, 2009).

Η Ρεγγίνα Βόρου και οι συνεργάτες της έχουν καταγράψει πολλές αναδυόμενες ζωονόσους στην Ευρώπη (Vorou et al., 2007; Vorou, 2010). Ο Κριμαϊκός αιμορραγικός πυρετός του Κονγκό, οι διάφορες Ρικέττσιες, η Εγκεφαλίτιδα των τσιμπουριών, τα βακτήρια *Anaplasma phagocytophilum*, και *Borrelia burgdorferi*, που έχουν ξενιστές τσιμπούρια και μεταδίδονται με το δάγκωμα από αυτά, τα βακτήρια Bartonella spp που μεταφέρονται από την ψείρα του σώματος *Pediculus humanus humanus* (Phthiraptera, Pediculidae), ο ιός της Τοσκάνης (RNA ιός της τάξης Bunyavirales) και η Leishmania infantum μεταφέρονται από έντομα της υπο-οικογένειας Phlebotominae (Diptera, Psychodidae), όπως επίσης και οι ιοί του Δυτικού Νείλου, *Sindbis*, και *Chikungunya* (Τσικουνγκούνια), που μεταδίδονται με το τσίμπημα κουνουπιού.

Αν και ο πλανήτης είναι σημαντικά πιο θερμός από ότι πριν έναν αιώνα, δεν υπάρχουν αναφορές για αυξημένη εκδήλωση μεταδοτικών ασθενειών.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι πληθυσμοί των κουνουπιών που μεταφέρουν τον ιό του Δυτικού Νείλου, μπορεί να αυξηθούν σε πυκνότητες σε περιπτώσεις ξηρασίας και δεν είναι αποκλειστικά εξαρτώμενοι από την ύπαρξη νερού. Τέτοια γεγονότα έχουν προκαλέσει μια μακρόχρονη διένεξη μεταξύ των μελετητών, εφόσον μέρος αυτών υποστηρίζει ότι 'η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει αύξηση της της θερμοκρασίας, άρα αύξηση των πληθυσμών των εντόμων ξενιστών', ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι 'η αύξηση της θερμοκρασίας συνοδεύεται από μείωση των υπαρχόντων υδατοσυλλογών, άρα με μείωση των οικοτόπων όπου μπορούν να αναπτυχθούν πληθυσμοί εντόμων και συνεπώς με μείωση των αρμποϊών (=ιοί, που μεταφέρονται από αρθρόποδα, arboviruses [=arthropod borne viruses])' (Epstein, 2000; Lafferty, 2009; Randolph, 2009; Epstein, 2010; Lafferty, 2010; Johnson & Sukhdeo, 2013).

Σε όλο αυτήν την διαμάχη έρχεται να προστεθεί το «αίτημα» πολλών να ξαναδοθούν άδειες σε παροπλισμένα εντομοκτόνα, όπως το DDT ώστε να τεθούν σε έλεγχο πολύ αρμποϊοί με ψεκασμό των περιοχών, όπου υπάρχουν πληθυσμοί των ξενιστών (Dash et al., 2007; De Jager et al., 2009). Τα εντομοκτόνα αυτά παροπλίστηκαν για μια πλειάδα ανεπιθύμητων ιδιοτήτων τους, όπως διασπορά, βιοσυσσώρευση, καρκίνο στήθους, πλακουντική κυκλοφορία , διατάραξη ανάπτυξης εγκεφάλου, εμφάνιση διαβήτη, επέμβαση στις ανδρικές ορμόνες από τους μεταβολίτες του, δηλαδή των ουσιών, που προκύπτουν από την χημική μεταβολή του DDT στο περιβάλλον τους. Το όλο ζήτημα της χρήσης και της απαγόρευσης του DDT έχει προχωρήσει τόσο, ώστε πολλοί ερευνητές ζητούν την επανακυκλοφορία του επειδή ισχυρίζονται ότι είναι το μοναδικό εντομοκτόνο, το οποίο μπορεί να αντιμετωπίσει την ελονοσία (Cone, 2009) παρά την αντίξοη επίδρασή του στον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον. Όλα αυτά γιατί η ελονοσία είναι ένας σοβαρός παράγων θνησιμότητας με 2 εκ. θύματα μόνο στην Αφρική και 400 εκ θύματα παγκοσμίως ανά έτος.

5.3.3. Οι αλλαγές στις χρήσεις γης

Οι δράσεις εναντίον της αύξησης των εντόμων που είναι φορείς μεταδοτικών νοσημάτων έχουν ως σημαντική παράπλευρη απώλεια την τοπική –μπορεί και ολική– εξαφάνιση των φυσικών εχθρών των φυτοφάγων εντόμων, πού συνήθως προσβάλλουν δασικά είδη ή είδη των αστικών και περιαστικών αλσών. Ένα σχετικό, αρκετά ταιριαστό παράδειγμα, είναι η εξαφάνιση των φυσικών εχθρών του εντόμου *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae) στο περιαστικό δάσος Σέιχ-Σου της Θεσσαλονίκης. Πολλές δραστηριότητες των περίοικων και των τοπικών αρχών –π.χ. οι διάδρομοι για περίπατους και οι δρόμοι– εξαφάνισαν τους φυσικούς εχθρούς του εντόμου, με αποτέλεσμα να υπάρξει μια χωρίς προηγούμενο πληθυσμιακή έκρηξη και να προσβληθούν και τελικά να νεκρωθούν πολλά πεύκα. Αυτές οι πληθυσμιακές εκρήξεις γίνονται ολοένα και πιο τακτικές σε όλες στις περιπτώσεις διαχειριζόμενων δασών. Άμεση λύση στο πρόβλημα θα προσέφερε η διόγκωση των φυσικών εχθρών, η οποία ήταν δύσκολο να εφαρμοστεί, διότι δεν ήταν γνωστό ποιοι είναι οι φυσικοί εχθροί και επιπλέον δεν μπορούν να εισαχθούν φυσικοί εχθροί από φάρμες εντόμων του εξωτερικού, γιατί δεν είναι γνωστό το πώς ακριβώς θα αλληλοεπιδράσουν με την τοπική εντομοπανίδα.

5.4. ΠΟΙΟΣ ΘΑ ΕΞΑΦΑΝΙΣΤΕΙ ΠΡΩΤΟΣ, Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ Η ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ (ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ)

Το ερώτημα φαίνεται να απασχολεί περισσότερο του μη εντομολόγους γιατί η απάντηση στον εντομολογικό χώρο είναι προφανής. Ποτέ δε θα μπορέσει ο άνθρωπος να εξαφανίσει ένα επιτυχημένο taxon όπως τα έντομα με μέλη στυλοβάτες όλων των οικοσυστημάτων του πλανήτη. Γενικά τα έντομα παρουσιάζουν μια εξελιγμένη νοημοσύνη (όχι ευφυΐα), που πηγάζει από την εξελικτική τους πορεία. Έτσι το πρώτο πράγμα, που κάνει οποιοδήποτε έντομο είναι η διασφάλιση της ελάττωσης ή εξουδετέρωσης της χημικής άμυνας του τροφικού υποστρώματος είτε αυτό είναι φυτό ή ζώο (Εικ.29).

Εικόνα 29.Το πρώτο πράγμα, που κάνει η λάρβα της πεταλούδας Danaus chrysippus (Lep., Danaidae) πριν τραφεί με το υπόλοιπο φύλλο, είναι να αποκόψει το μεσαίο νεύρο κι έτσι να εμποδίσει την μεταφορά αμυντικών χημικών, που θα επηρεάσουν το φάγωμα και την φυσιολογία του. Η 'γνώση' για αυτήν την τροφική συμπεριφορά δεν προέρχεται από πουθενά αλλού πέρα από την εξελικτική πορεία του είδους.

Επιπλέον, είναι βιολογικό ζήτημα η επιλογή του αν θα υπάρξει κατά αγέλες, κατά μόνας ή θα μεταναστεύσει ένα έντομο ώστε να χαλαρώσει ή να αποφύγει τελείως τον ενδοειδικό ανταγωνισμό. Έτσι η πεταλούδα *D. chrysippus* αν δεν μπορέσει να εξασφαλίσει την διατροφή των απογόνων της θα μεταναστεύσει σε άλλη περιοχή. Γενικά η μετανάστευση είναι μια στρατηγική αποφυγής του ανταγωνισμού και της εξεύρεσης κατάλληλων συνθηκών για να επιτελεστούν διάφορες ζωτικές λειτουργίες (Petrakis & Legakis, 2005; John et al., 2008; John & Vane-Wright, 2019). Αντίστοιχα, η πεταλούδα *Euplagia quadripunctaria* (Lep., Arctiidae) (η γνωστή πεταλούδα της Ρόδου) χρησιμοποιεί την κοιλάδα του ποταμού Πελεκάνου για να μπορέσει να ζευγαρώσει και μόνον, ενώ για να αποθέσει τα αυγά της μεταναστεύει σε άλλες περιοχές του νησιού ή ακόμη πηγαίνει και σε άλλες νήσους ή την ηπειρωτική χώρα. Υπάρχει μια περιοχή συνάθροισης μάλιστα στην κοιλάδα του Αώου ποταμού από την οποία οι πεταλούδες μεταναστεύουν στην βόρειο Ελλάδα και τις γύρω χώρες. Πιστεύεται ότι το ζευγάρωμα σε σκοτεινή και υγρή περιοχή ελαττώνει ή μηδενίζει την προσβολή των αρσενικών πεταλούδων από ένα παράσιτο, που πηγαίνει αποκλειστικά σε αυτές. Κατά τα άλλα οι ενήλικες πεταλούδες, πηγαίνουν και σε ξηρές περιοχές δοσμένου ότι θα τους έχει εξασφαλιστεί η διατροφή των απογόνων και των ιδίων από σάκχαρα και άλατα του κορμού πολλών δένδρων και των περιστασιακών υδατοσυλλογών (νερολακούβων).

Εισχωρώντας σε πιο βασικά και μεγάλα βιολογικά ζητήματα υπάρχει σχετική έρευνα, που αποδεικνύει[4] ότι η εξέλιξη των πεταλούδων καθοδηγείται από το φυτό ξενιστή (Dennis et al., 2004). Δηλαδή, η κατεύθυνση της εξέλιξης καθορίζεται από το φυτό στο οποίο έχει γεννηθεί το έντομο. Για παράδειγμα η Αφρικανική πεταλούδα μονάρχης (African milkweed butterfly ή African monarch – Εικ. 30) έχει την ικανότητα να συσσωρεύει στο σώμα της της δηλητηριώδεις ενώσεις με σκοπό να τις αποτοξινώσει. Έτσι όμως καταφέρνει να γίνει και αποκρουστική στο φάγωμα από φυσικούς εχθρούς (Rothschild et al., 1975).

Κύριο μέλημα της μάνας-έντομο, όπως άλλωστε και κάθε μάνας είναι η διασφάλιση των παιδιών της. Ξεκινώντας από τα αυγά. Πολλές έγκυες πεταλούδες αποφεύγουν να αποθέσουν τα αυγά

4. Δεν υπάρχει απόδειξη στην βιολογία, τουλάχιστον όχι τέτοια όπως στα μαθηματικά ή στην φυσική. Πρόκειται περισσότερο για ένδειξη.

5. ξενιστής = το φυτό, επάνω στο οποίο το έντομο γεννιέται με εκκόλαψη από το αυγό που έχει αποθέσει η μητέρα του και τρέφεται τουλάχιστον στα πρώτα στάδια τη ζωής του.

Εικόνα 30.Danaus Chrysippus πρόωρη μετανάστευση σε κήπο στη νήσο Ηρακλειά. (Κυκλάδες, Αιγαίο) 27 Αυγ 2018 (Φωτογραφία: Γιάννης Γαβαλάς, από το blog 'Butterflies of Greece & Cyprus'.

τους σε εμφανή σημεία των φύλλων του φυτού ξενιστή[5] για το φόβο των αρπακτικών μυρμηγκιών, που τρώγουν τα αυγά αλλά και τις προνύμφες που εξέρχονται από τα αυγά που εκκολάπτονται (Freitas & Oliveira, 1996). Τα αρπακτικά μυρμήγκια βρέθηκε ότι ακολουθούν την σειρά αποχωρημάτων των νεαρών προνυμφών για να φτάσουν σε αυτές και να τις φάνε. Μάλιστα μια μη μυρμηγκόφιλη πεταλούδα της οικογενείας Nymphalidae απέφυγε τα φύλλα του φυτού ξενιστή όταν πάνω σε αυτά είχαν τοποθετηθεί μικρά τρίμματα καουτσούκ σαν εικόνα των μυρμηγκιών. Αναρωτιέται κανείς μαζί με τους εντομολόγους της παραπάνω εργασίας μήπως το πασπάλισμα με εικόνες των μυρμηγκιών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδος βιολογικού ελέγχου της πεταλούδας αυτής ή άλλων ειδών, που προσβάλλουν φυτά οικονομικής σημασίας.

Η αρπαγή από μυρμήγκια έχει γίνει πολλές φορές μηχανισμός εκμεταλλεύσιμος στον βιολογικό έλεγχο. Στο Ηνωμένο Βασίλειο μια ασχολία περιβαλλοντικής εκπαίδευσης είναι η επάλειψη με διάλυμα ζάχαρης από παλιές μαρμελάδες, σιρόπια και παλιά γλυκά των κορμών δένδρων και θάμνων (sugaring) ώστε να αναγκάσουν τα μυρμήγκια να ανέβουν στα ψηλότερα κλαδιά και να φάνε τα αυγά ή τις προνύμφες των φυτοφάγων εντόμων, που υπάρχουν στα δένδρα αλλά και να προσελκύσουν νυχτοπεταλούδες ή άλλα λεπιδόπτερα. Αυτά μαζί με τα αυγά τους στα δένδρα αυτά εκκρίνουν και αποθέτουν ουσίες απωθητικές της ωοθεσίας για την αποσόβηση υπερπληθυσμού στο φυτό. Αυτή είναι και η αγαπημένη δραστηριότητα των μελών της "Butterfly Conservation " Society (https://butterfly-conservation.org/how-you-can-help). Μάλιστα είναι και μια βασική μέθοδος βιολογικού ελέγχου της *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae), που κατατρώει τα πουρνάρια (*Quercus coccifera*) και τις αριές (*Q. ilex*). Η μέθοδος μάλιστα έχει χρησιμοποιηθεί πειραματικά στην Ελλάδα σε αρκετές περιπτώσεις (Δυο Βουνά Φθιώτιδας, Κυριάκι Βοιωτίας, όχθες λίμνης Δύστος Ευβοίας, Χαλκιδική, Φωκίδα).

5.5. ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ Ή Η ΑΝΟΗΣΙΑ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ 'ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ', ΤΗΣ 'ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ' ΚΑΙ ΤΟΥ 'ΕΧΘΡΟΥ' ΤΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

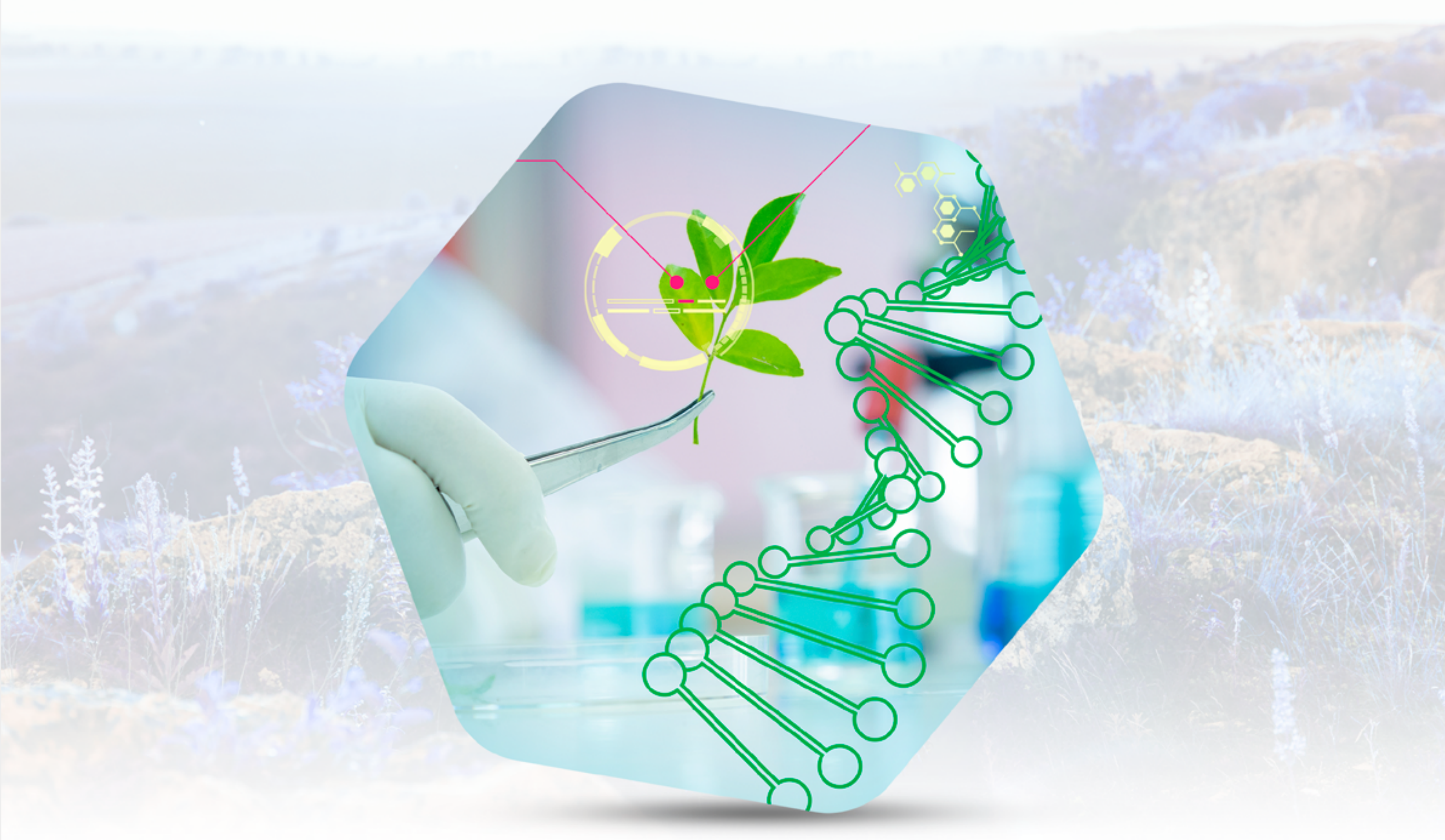
Αν από την φρασεολογία της οικονομικής εντομολογίας αφαιρέσει κανείς τους όρους 'χρησιμότητα', 'εχθρός', 'καταπολέμηση', 'οπλοστάσιο', 'εργαλείο' και 'μάχη' τότε πιθανότατα πολύ δύσκολα θα μπορούσε να μιλήσει για τα έντομα και τις προσβολές τους στην ανθρώπινη αγροτική και δασική οικονομία. Ειδικά στην χώρα μας, με μικρή καλλιεργήσιμη γη και διεσπαρμένα καλλιεργούμενα αγροτεμάχια ανά ιδιοκτήτη καλλιεργητή, η έννοια της 'διαχείρισης των εντόμων' πάντοτε περιλαμβάνει μια γρήγορη και φτηνή εφαρμογή ενός δηλητηρίου, το οποίο μπορεί να προκαλεί τεράστια προβλήματα στην δημόσια υγεία, αλλά 'ξεπαστρεύει' τον οικονομικό εχθρό. Είναι εξαιρετικά δύσκολο ή αδύνατο να πειστεί κάποιος καλλιεργητής από το επιχείρημα ότι θα πρέπει να εμποδίσει απλώς την μεγάλη αύξηση των πληθυσμών των εντόμων και όχι να προκαλέσει την ολική θανάτωσή τους εφόσον αυτή θα συνεπιφέρει και εξαφάνιση των φυσικών τους εχθρών (ωφέλιμων εντόμων) αλλά και σε όλους τους οργανισμούς μη στόχους (Duan et al., 2005) μερικοί από τους οποίους είναι εξαιρετικά χρήσιμοι (π.χ. οι γαιοσκώληκες). Χρειάστηκαν πολλά χρόνια για να καθιερωθεί ο όρος «διατήρηση των εντόμων κάτω από το οικονομικά σημαντικό επίπεδο», δηλώνοντας ότι η εφαρμογή κάποιου εντομοκτόνου παράγοντα μπορεί να έχει κόστος περισσότερο από αυτό, που θα επιφέρει η καλλιέργεια.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο της κακώς εννοούμενης 'πολεμικής αρετής' των ανθρώπων, αναπτύσσονται πολλά τεχνολογικά προωθημένα σκευάσματα. Για παράδειγμα, η παρασκευή διαγονιδιακών φυτών (GMO = Genetically Modified Organisms), που θα χρησιμοποιηθούν στις αναδασώσεις. Για να μπορέσει να βγει στην αγορά όμως ένα τέτοιο GMO φυτό π.χ. πεύκο παρόδιας βλάστησης, συστάδα θάμνων, καλαμπόκι, αγρωστώδη φυτά, θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δεν προκαλεί προβλήματα στην τοπική πανίδα των φυσικών εχθρών (Coats, 1994; Matten et al., 1996). Για παράδειγμα, πολλά GMO φυτά μεγάλης καλλιέργειας, όπως το διαγονιδιακό καλαμπόκι ή το βαμβάκι, έχει ενσωματώσει το γονίδιο που κωδικοποιεί μία τοξίνη στο γονιδίωμα του GMO φυτού (Li et al., 1991; Clark et al., 2005; Gayen et al., 2012; Osman et al., 2015). Έτσι, χωρίς να ψεκάσει ο καλλιεργητής έχει πετύχει την θανάτωση πολλών εντόμων, που καταναλώνουν το οικονομικά σημαντικό φυτό. Αυτό γίνεται με την κατάποση και διέλευση της τοξίνης από το μεσέντερο (αντ. του στομάχου των θηλαστικών). Το μεσέντερο πρήζεται οπότε το έντομο (ενήλικο ή προνύμφη) σταματάει να τρώει και τελικά πεθαίνει εφόσον χρειάζεται πολλή τροφή (> 90 φορές την ποσότητα, που χρειάζεται ένα μέσο ζώο) για να μπορέσει να αναπτυχθεί. Με τον τρόπο αυτό, θανατώνονται τα έντομα στόχοι, αλλά και άλλα έντομα, τα οποία είτε καταναλώνουν τμήματα του GMO φυτού που δεν είναι οικονομικά ενδιαφέροντα. Σχετικό παράδειγμα η πεταλούδα 'Αμερικανικός μονάρχης' (*Danaus plexippus*, Lep., Danaidae) που καταναλώνει γυρεόκοκκους του GMO φυτού, που προκαλούν τον θάνατο αλλά και τον αποπροσανατολισμό στην μεταναστευτική αυτή πεταλούδα.

Δράση 2.2.6.

Εισαγωγή στη σημασία της γενετικής ποικιλότητας

Υπεύθυνοι Δράσης:
Δρ. Ευαγγελία Αβραμίδου, Δρ. Κώστας Ιωαννίδης



www.fria.gr

6.1. ΔΑΣΙΚΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗ

Η γενετική είναι τμήμα της βιολογίας που μελετά τη φύση, τη μεταβίβαση και την έκφραση των γονιδίων, δηλαδή των μονάδων γενετικής πληροφορίας (Hartwel et al., 2008; White et al., 2007). Τα γονίδια αποτελούν τη βάση για όλες τις γενετικές παραλλαγές και τη βιοποικιλότητα που παρουσιάζεται σε όλα τα οικοσυστήματα. Η γενετική ασχολείται με την κληρονομική ποικιλομορφία μεταξύ των οργανισμών του ίδιου είδους, όπως επίσης με τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των ατόμων που έχουν κοινή καταγωγή.

Ειδικότερα, η δασική γενετική είναι ο κλάδος της γενετικής που ως αντικείμενο έρευνας έχει τα δασικά είδη και την εφαρμογή των αρχών της γενετικής σε αυτά. Ωστόσο τα δένδρα δεν αποτελούν πρότυπους οργανισμούς για τη μελέτη γενετικών αρχών, λόγω του μεγάλου μεγέθους του γονιδιωματός τους και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους. Παρόλα αυτά η δασική γενετική είναι σημαντική, ακριβώς λόγω της μοναδικής βιολογικής φύσης των δασικών δένδρων καθώς και λόγω της κοινωνικής και οικονομικής σημασίας των δασών στον κόσμο (White et al., 2007).

Ο πρωταρχικός λόγος που καθιστά αναγκαία τη μελέτη της δασικής γενετικής είναι η κατανόηση της εξέλιξης, της προστασίας και της αειφορικής διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων. Ειδικότερα:

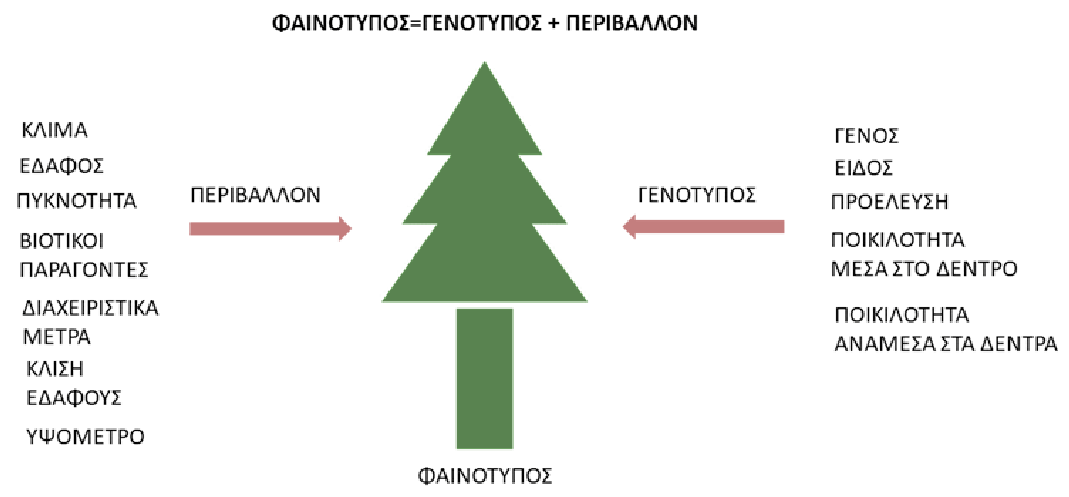
- Τα δασικά είδη προσφέρουν την ευκαιρία μελέτης των βασικών αρχών της γενετικής, λόγω της υψηλής ποικιλότητας που παρουσιάζουν μεταξύ των ειδών, αλλά και εντός των ατόμων (δένδρων) του ίδιου είδους.
- Η δασική γενετική προσφέρει τη δυνατότητα μελέτης των εξελικτικών δυνάμεων, των μεταλλάξεων, της γενετικής ροής, της γενετικής παρέκκλισης, της τυχαίας διασταύρωσης και της φυσικής επιλογής, σε μια μεγάλη κλίμακα, λόγω της εξάπλωσης που έχουν κάποια δασικά είδη σε όλο το κόσμο.
- Οι γνώσεις της δασικής γενετικής είναι σημαντικές εάν θέλουμε να βελτιώσουμε είδη δέντρων που θα χρησιμοποιηθούν σε φυτείες και θα παρουσιάζουν αντοχή σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, όπως επίσης θα έχουν μεγαλύτερη παραγωγή ξυλείας καλύτερης ποιότητας.

6.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΟΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΣΟ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΣΟ ΚΑΙ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ.

6.2.1. Περί δασών: Το είναι και το φαίνεσθαι

Το «φαίνεσθαι» καθορίζεται στο δάσος, στα δέντρα, και στα φυτά από τον φαινότυπο. Ως φαινότυπος ορίζονται τα παρατηρούμενα μορφολογικά, φυσιολογικά και βιοχημικά γνωρίσματα ενός ατόμου. Το «είναι» όμως, ορίζεται στα δάση, στα δέντρα και στα φυτά από τη γενετική σύσταση ενός ατόμου, δηλαδή από το σύνολο των γονιδίων του, που είναι ο γενότυπος.

Η έκφραση των γονιδίων στον οργανισμό δημιουργεί το φαινότυπο. Ο φαινότυπος είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του γενότυπου με το περιβάλλον (Εικ. 31). Οι διαφορές στο φαινότυπο μπορεί να είναι αποτέλεσμα (White et al., 2007): α) διαφορετικών περιβαλλοντικών παραγόντων πχ διαφορετικό κλίμα, έδαφος, υψόμετρο, διαφορετικού γενετικού υπόβαθρου πχ διαφορετικό γένος, είδος, προέλευση κ.α. και γ) σχέσεων του γενοτύπου και του περιβάλλοντος. Παράδειγμα της παραπάνω σχέσης αποτελούν οι μονοζυγωτικοί δίδυμοι, που ενώ έχουν την ίδια γενετική σύσταση, εμφανίζουν διαφορές στο φαινότυπο που οφείλονται στο περιβάλλον.



Εικόνα 31. Η αλληλεπίδραση του γενοτύπου με το περιβάλλον που έχει ως αποτέλεσμα το φαινότυπο του δέντρου

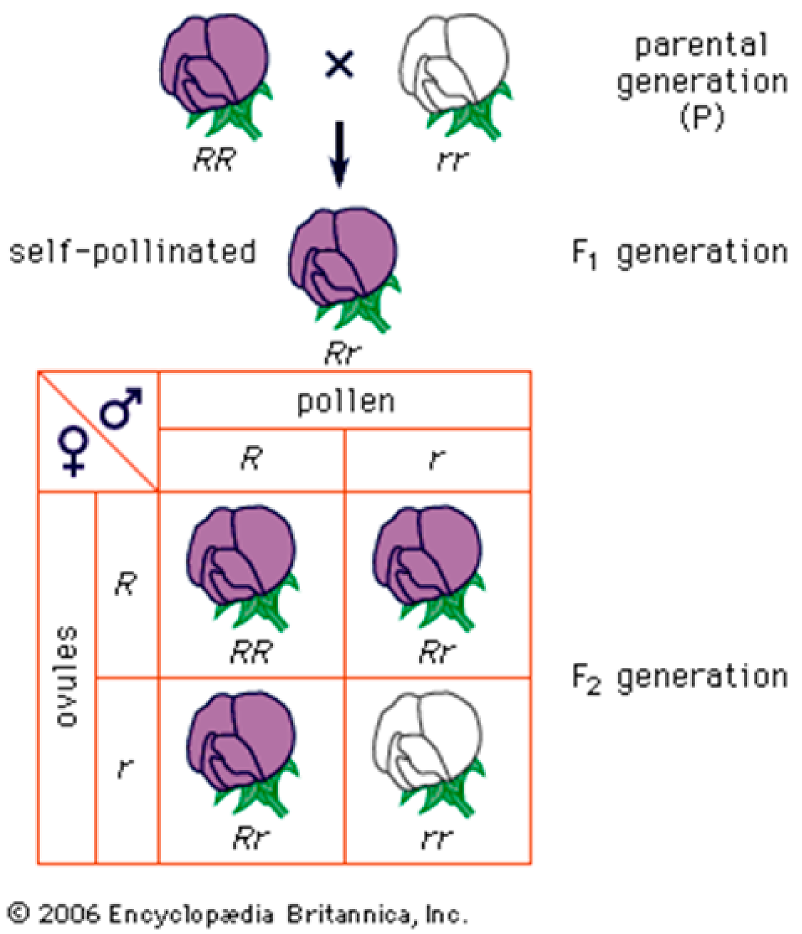
6.2.2. Ποιοτικά -ποσοτικά γνωρίσματα

Οι χαρακτήρες που μπορούν να διακριθούν και να ταξινομηθούν με ακρίβεια (πχ το χρώμα του άνθους, το σχήμα των φύλλων), ονομάζονται ποιοτικοί χαρακτήρες. Υπάρχουν όμως γνωρίσματα φυτών και ζώων που δε μπορούμε να κατηγοριοποιηθούν σε ευδιάκριτες φαινοτυπικές κλάσεις. Αν πχ θέλαμε να ταξινομήσουμε το ύψος στα δέντρα μια συστάδας δε θα μπορούσαμε να διακρίνουμε μόνο δυο ομάδες πχ ψηλά ή κοντά, καθώς θα υπήρχαν και ενδιάμεσα ύψη. Το ίδιο συμβαίνει και με το ειδικό βάρος ξύλου κ.α. Οι χαρακτήρες αυτοί δε μπορούν να περιγραφούν με σαφήνεια, δεν έχουν συγκεκριμένα όρια και συνήθως είναι εύκολα μετρήσιμοι. Οι διαφορές αυτές ανάμεσα στα άτομα είναι ποσοτικές και οι χαρακτήρες που τις εκφράζουν λέγονται ποσοτικοί. Οι ποσοτικοί χαρακτήρες δεν ελέγχονται από ένα ή δυο γονίδια, αλλά είναι αποτέλεσμα δράσης και αλληλεπίδρασης μιας σειράς γονιδίων (White et al., 2007).

6.2.3. Γονίδια- οι κληρονομήσιμες μονάδες μεταβίβασης της γενετικής πληροφορίας

Οι μονάδες γενετικής πληροφορίας, δηλαδή τα γονίδια, μεταβιβάζονται (κληρονομούνται) από τους φορείς τους, στους απογόνους τους, μια ιδιότητα που είναι γνωστή ως κληρονομικότητα (Hartwell et al, 2008). Η πρώτη επιστημονική μελέτη της κληρονομικότητας πραγματοποιήθηκε στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα από τον Αυστριακό μοναχό Γκρέγκορ Μέντελ (Gregor Mendel, 1822-1884). Για αυτό το λόγο, ο Μέντελ θεωρείται από πολλούς ως ο πατέρας της γενετικής.

Γονίδια που ελέγχουν την ίδια ιδιότητα με διαφορετικό τρόπο ονομάζονται αλληλόμορφα γονίδια (Πανέτσος, 1986) Στους διπλοειδείς οργανισμούς (αυτούς που έχουν το γονιδίωμά τους σε δύο αντίγραφα και συνήθως πολλαπλασιάζονται με εγγενή τρόπο αναπαραγωγής), τα γονίδια αυτά βρίσκονται στην ίδια γενετική θέση των ομολόγων χρωμοσωμάτων και το ένα χρωμόσωμα του ζεύγους προέρχεται από το αρσενικό άτομο και το άλλο από το θηλυκό. Το άτομο με ίδια αλλη-



Εικόνα 32. Χρώμα άνθους, F1 & F2 γενιά και αλληλόμορφα (προέλευση από https://kids.britannica.com/students/assembly/view/95557)

λόμορφα γονίδια για μία συγκεκριμένη ιδιότητα ονομάζεται ομόζυγο άτομο, ενώ αυτό με διαφορετικά, ετερόζυγο. Η σύσταση των αλληλομόρφων γονιδίων (γενότυπος) όπως επίσης και η αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τα παρατηρούμενα βιοχημικά, φυσιολογικά ή μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός οργανισμού (φαινότυπος). Για να γίνει κατανοητή η έννοια του αλληλομόρφου παρατίθεται η Εικόνα 32, όπου το χρώμα του άνθους είναι ένα γνώρισμα που κληρονομείται. Στην έκφραση του χρώματος συμμετέχουν δυο αλληλόμορφα γονίδια, έστω το R και το r.

6.3. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΠΟΡΟΙ

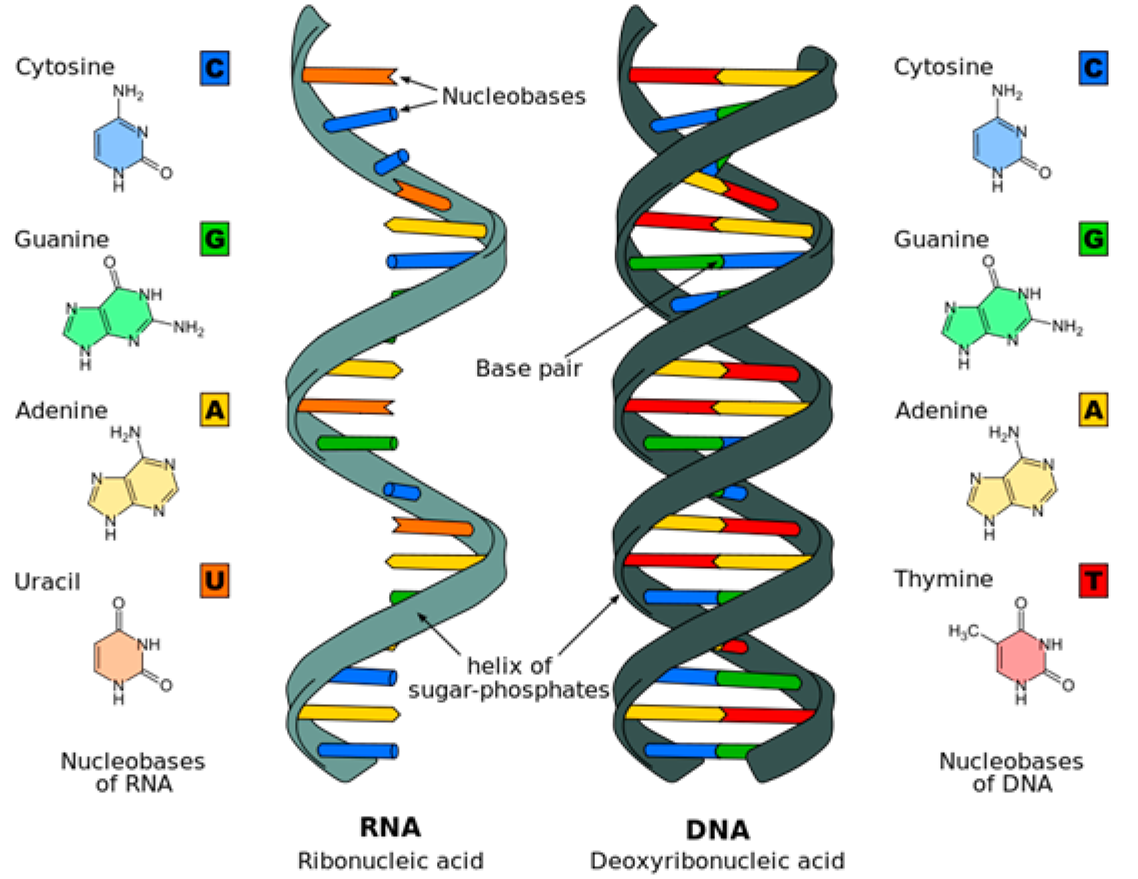
6.3.1. Γενετικό υλικό- Η πηγή της γενετικής ποικιλότητας

Το γενετικό υλικό όλων των οργανισμών είναι το DNA. Τα νουκλεϊκά οξέα, δηλαδή το DNA και το RNA, αποτελούν τον φορέα της γενετικής πληροφορίας (Lodish et al., 2016). Το DNA των οργανισμών είναι πάντα δίκλωνο, γραμμικό ή/και κυκλικό. Μόνο οι ιοί περιέχουν ένα μόνο είδος νουκλεϊκού οξέος, DNA ή RNA, και το οποίο μπορεί να είναι μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό, και εκεί αποθηκεύουν τη γενετική πληροφορία τους. Το DNA, όπως και το RNA, είναι ένα μακρομόριο, μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, που αποτελείται από νουκλεοτίδια. Σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων. Το νουκλεοτίδιο αποτελεί τη βασική μονάδα του DNA.

Σύμφωνα με το μοντέλο της διπλής έλικας (Εικ. 33) των Francis Crick και James Watson (1953), το DNA αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζουν στο χώρο μία δεξιόστροφη διπλή έλικα. Η διπλή έλικα έχει ένα σταθερό σκελετό, ενώ προς το εσωτερικό του βρίσκονται οι αζωτούχες βάσεις. Οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Η συμπληρωματικότητα υποδηλώνει ότι η αλληλουχία της μιας, καθορίζει την αλληλουχία της άλλης αλυσίδας. Η συμπληρωματικότητα έχει τεράστια σημασία για τον αυτοδιπλασιασμό του DNA. Κάθε αλυσίδα DNA αποτελεί καλούπι για τη σύνθεση συμπληρωματικής αλυσίδας, ώστε να σχηματίζονται δύο δίκλωνα μόρια DNA, πανομοιότυπα με το μητρικό μόριο.

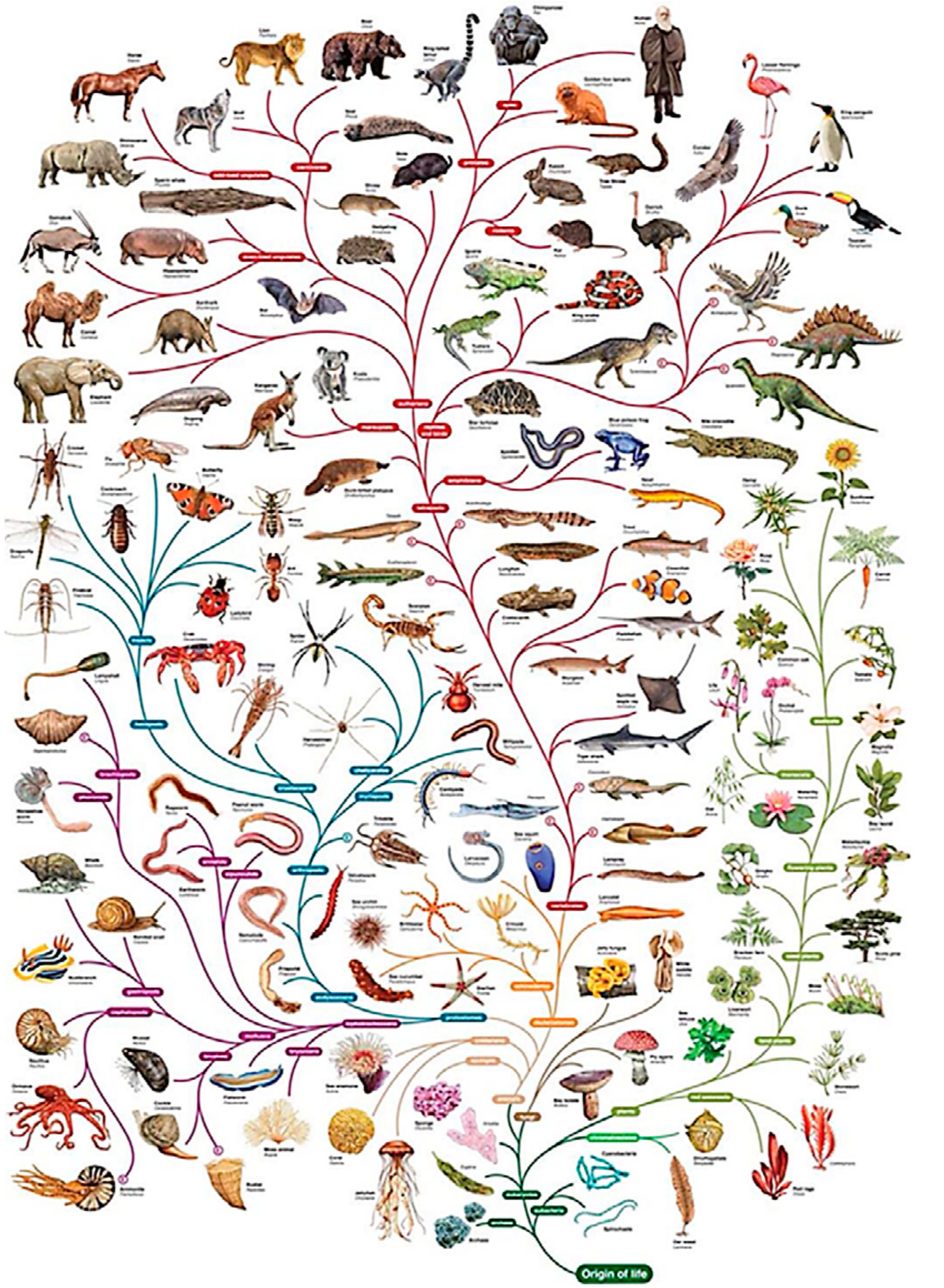
Οι οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα. Το κύτταρο αποτελεί τη βασική μονάδα οργάνωσης της ζωής σύμφωνα με την κυτταρική θεωρία. Οι αρχές της κυτταρικής θεωρίας είναι ότι: α) όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται από ένα (μονοκύτταροι οργανισμοί) ή περισσότερα κύτταρα (πολυκύτταροι οργανισμοί), β) το κύτταρο είναι η βασική μονάδα δομής και οργάνωσης στους οργανισμούς, και γ) τα κύτταρα προέρχονται από προϋπάρχοντα κύτταρα (Hartwell et al., 2008).

Τα κύτταρα διακρίνονται σε προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά, ανάλογα με το αν διαθέτουν σχηματισμένο πυρήνα (ευκαρυωτικά) ή όχι (προκαρυωτικά) και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μορφών και μεγεθών (Bustin, 2014). Γενικότερα, η διαφορετικότητά τους οφείλεται στην εξελικτική τους προσαρμογή και στη διαφοροποίησή τους. Η κυτταρική διαφοροποίηση στους πολυκύτταρους οργανισμούς αναφέρεται στην έκφραση διαφορετικών γονιδίων (λειτουργικών μονάδων γενετικής πληροφορίας), διαδικασία που είναι χωρικά και χρονικά εξαρτώμενη.



Εικόνα 33. Η διπλή έλικα του RNA & του DNA (προέλευση εικόνας: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/37/Difference_DNA_RNA-EN.svg/800px-Difference_DNA_RNA-EN.svg.png)

Το DNA υπάρχει στους πυρήνες των κυττάρων. Στα ανώτερα φυτά και στα δασικά είδη, το DNA βρίσκεται στον πυρήνα, τα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες τριών οργανιδίων του φυτικού κυττάρου (White et al., 2007).



Εικόνα 34. Εμφάνιση και εξέλιξη της ζωής. (https://i.pinimg.com/originals/da/94/14/da941460469d248ba00630e37f7995cf.jpg)

6.3.2. Γενετική πληθυσμών- Δείκτες

Ως πληθυσμός ορίζεται μια ομάδα οργανισμών του ίδιου είδους, που ζει σε μια περιοχή, που ονομάζεται βιότοπος, και που όλα τα άτομα έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγονται μεταξύ τους. Οι συχνότητες γενοτύπων και αλληλομόρφων είναι η βάση πάνω στην οποία εκτιμάται η γενετική σύσταση ενός πληθυσμού (Wright, 1984a). Υπενθυμίζεται ότι κάθε γενότυπος περιέχει δύο αλληλόμορφα όταν πρόκειται για διπλοειδείς οργανισμούς. Οι συχνότητες γενοτύπων είναι η συχνότητα εμφάνισης του γενοτύπου στον πληθυσμό και εκτιμάται διαιρώντας τον αριθμό των παρατηρούμενων γενοτύπων προς το συνολικό αριθμό ατόμων του πληθυσμού. Ο αριθμός αλληλομόρφων είναι ο διπλάσιος αριθμός των εξεταζόμενων ατόμων. Η συχνότητα αλληλομόρφων προκύπτει ως κλάσμα, όταν μετράται το συγκεκριμένο αλληλόμορφο, έναντι όλων των αλληλομόρφων του πληθυσμού (Wright, 1984b). Οι αλλαγές στη συχνότητα αλληλομόρφων και γενοτύπων είναι ο τρόπος με τον οποίο αποτιμάται εάν ένας πληθυσμός ατόμων, δηλαδή δένδρων, παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα άρα και μεγαλύτερες πιθανότητες προσαρμογής, με αποτέλεσμα να διατηρηθεί στο μέλλον. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όσο μεγαλύτερη ποικιλότητα υπάρχει (σε γενότυπους αλλά και σε αλληλόμορφους), τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να διατηρηθεί ο πληθυσμός στο διηνεκές (λόγω πιέσεων όπως η κλιματική αλλαγή, ασθένειες, ξηρασία και άλλοι παράγοντες).

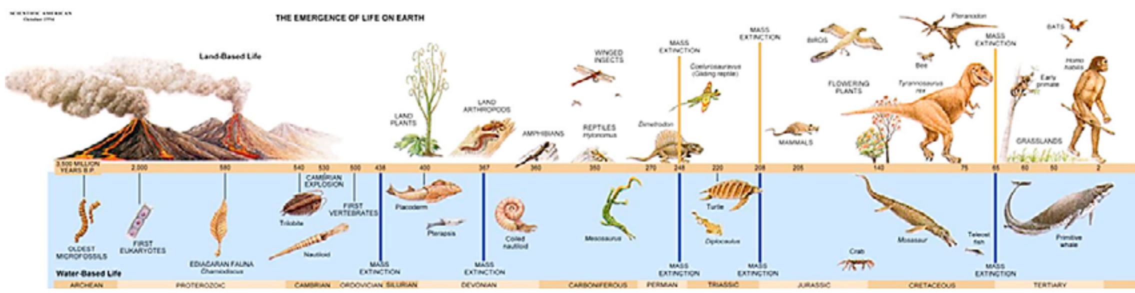
Προκειμένου να πιστοποιηθεί ο απόγονος μίας οικογένειας ανθρώπων, γίνεται τεστ πατρότητας DNA. Αυτό πραγματοποιείται με γενετικούς μοριακούς δείκτες. Ως γενετικός δείκτης, ορίζεται κάθε ορατός χαρακτήρας που τα αλληλόμορφα του διαχωρίζονται σύμφωνα με το Μενδελικό τρόπο (Mendel).

Η εξέλιξη διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, τη μικροεξέλιξη και τη μακροεξέλιξη.

6.3.3. Εξέλιξη –Δυνάμεις που επηρεάζουν τη γενετική πληθυσμών

Οι πληθυσμοί, δηλαδή οι οργανισμοί που ανήκουν στο ίδιο είδος και ζουν σε ένα οικοσύστημα, χαρακτηρίζονται από πλήθος γενοτύπων (και αλληλομόρφων γονιδίων), που φέρουν στο γονιδίωμά τους. Μετρώντας τη γενετική ποικιλότητα μέσα στους πληθυσμούς, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη γενετική τους σύνθεση, άρα και να αξιολογήσουμε τις ομοιότητες και τις διαφορές τους (White et al., 2007). Οι πληθυσμοί αλλάζουν γενετική σύσταση, οδηγώντας στην αλλαγή της γενετικής ποικιλότητας, η οποία μεταβάλλεται στο χώρο και στο χρόνο. Οι μεταβολές αυτές, δηλαδή οι αλλαγές στις συχνότητες των αλληλομόρφων των γονιδίων των πληθυσμών, που σταδιακά οδηγεί στη δημιουργία νέων ειδών (ειδογένεση) και στην εξαφάνιση άλλων, συνιστά τη διαδικασία της εξέλιξης (Wright, 1984 c).

Η εξέλιξη (Εικ. 35) διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, τη μικροεξέλιξη και τη μακροεξέλιξη. Η πρώτη αναφέρεται στις εξελικτικές αλλαγές στα αλληλόμορφα αλλά και στις συχνότητές τους μέσα στους πληθυσμούς. Η δεύτερη αναφέρεται σε μεγάλης κλίμακας μεταβολές στα είδη (ειδογένεση), αλλά και σε άλλες ταξινομικές βαθμίδες.



Εικόνα 35. Η εξέλιξη των οργανισμών της γης (http://universe-review.ca/F10-multicell01.htm)

Εξελικτικές δυνάμεις που επιδρούν και προκαλούν αλλαγές στις συχνότητες των αλλομόρφων γονιδίων στους πληθυσμούς, είναι οι παρακάτω (White et al., 2007; Wright, 1984b):

1. **Φυσική Επιλογή:** Το 1859 ο Δαρβίνος όρισε την φυσική επιλογή ως τη κεντρική δύναμη η οποία επιτρέπει στους οργανισμούς να προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους. Γενικότερα, ως φυσική επιλογή αναφέρεται η διαδικασία με την οποία οι καλύτερα προσαρμοσμένοι οργανισμοί στο περιβάλλον τους, τείνουν να επιβιώνουν και να αναπαράγονται περισσότερο, αφήνοντας περισσότερους απογόνους. Η θεωρία της φυσικής επιλογής στηρίχτηκε σε 3 παραδοχές που είναι: α. Οι απόγονοι που δημιουργούμαι είναι περισσότεροι αριθμητικά από αυτούς που επιβιώνουν και αναπαράγονται, β. Τα άτομα διαφέρουν ως προς την ικανότητα επιβίωσης και αναπαραγωγής και κάποιες από αυτές τις διάφορες οφείλονται σε γενετικό υπόβαθρο και γ. Οι γενότυποί που επιβιώνουν και αναπαράγονται συμβάλλουν περισσότερο στην δημιουργία της επομένης γενιάς (Darwin, 1987).
2. **Μεταλλάξεις:** Μεταλλάξεις είναι οι αλλαγές των νουκλεοτιδίων, τμημάτων ή ολόκληρων χρωμοσωμάτων στο γενετικό υλικό. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις γονιδιακές και τις χρωμοσωμικές, ανάλογα με το μέγεθος των αλλαγών. Οι γονιδιακές μεταλλάξεις, δηλαδή σε μικρού μεγέθους αλλαγές, περιλαμβάνουν τις αντικαταστάσεις, τις προσθήκες και τις ελλείψεις νουκλεοτιδίων. Οι χρωμοσωμικές μεταλλάξεις αφορούν σε μεγάλης έκτασης αλλαγές που αντιστοιχούν σε τμήματα ή σε ολόκληρα χρωμοσώματα. Οι αλλαγές νουκλεοτιδίων οδηγούν στη δημιουργία νέων αλληλομόρφων, που ουσιαστικά είναι η βάση της ποικιλότητας στην οποία λειτουργούν οι υπόλοιπες εξελικτικές δυνάμεις. Βέβαια, ένα πολύ μικρό ποσοστό από αυτές δημιουργούν νέα ευνοϊκά αλληλόμορφα, που ενισχύουν την προσαρμοστικότητα, τα οποία και εγκαθίστανται. Αντίθετα, οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι επιβλαβείς για τους οργανισμούς και εξαφανίζονται (Carlson, 2011).
3. **Ροή γονιδίων – Μετανάστευση:** Όταν λέμε μετανάστευση εννοούμε τη μετακίνηση γονιδίων από ένα πληθυσμό σ' έναν άλλο. Οι μετακινήσεις των ατόμων ή των γαμετών μεταξύ πληθυσμών, επηρεάζουν και μεταβάλλουν τη γενετική τους δομή, αλλάζοντας τις συχνότητες των αλληλομόρφων σε αυτούς. Η μικρή γονιδιακή ροή διαφοροποιεί τους πληθυσμούς, ενώ αντίθετα η μεγάλη ροή τους ομογενοποιεί. Στα φυτά, η ροή γονιδίων πραγματοποιείται, για παράδειγμα, με τους μηχανισμούς μεταφοράς της γύρης και των σπερμάτων. Οι μεταφορές αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον άνεμο, το νερό, τα ζώα κλπ. Η μετανάστευση των ζώων αποτελεί έναν κύριο παράγοντα ροής γονιδίων στα ζώα (Slarkin, 1985).
4. **Γενετική εκτροπή:** Η γενετική εκτροπή αναφέρεται όταν γίνονται αλλαγές στη συχνότητα γονιδίων σε πληθυσμούς. Διάφοροι μηχανισμοί αλλάζουν τυχαία τις συχνότητες των αλληλομόρφων στους πληθυσμούς από γενιά σε γενιά. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι η γενετική στενωπός ή το ιδρυτικό φαινόμενο. Κατά τον πρώτο μηχανισμό, ένας πληθυσμός μειώνεται απότομα σε μέγεθος και στη συνέχεια ανακάμπτει. Πολλά αλληλόμορφα χάνονται και η γενετική ποικιλότητα παραμένει χαμηλή. Στον δεύτερο μηχανισμό, δημιουργούνται νέοι πληθυσμοί από μια μικρή ομάδα ατόμων άλλων πληθυσμών που μεταφέρθηκαν έξω από την αρχική τους εξάπλωση. Ένας ακόμα μηχανισμός είναι ο κατακερματισμός των βιοτόπων, όπου κατακερματίζεται και η δεξαμενή γονιδίων. Οι παραπάνω μηχανισμοί οδηγούν σε απώλεια αλληλομόρφων στους νέους πληθυσμούς και μείωση της ποικιλότητας μέσα στους πληθυσμούς. Από την άλλη οδηγεί στην αύξηση της διαφοροποίησης μεταξύ των νέων πληθυσμών (Nei & Tajima, 1981).

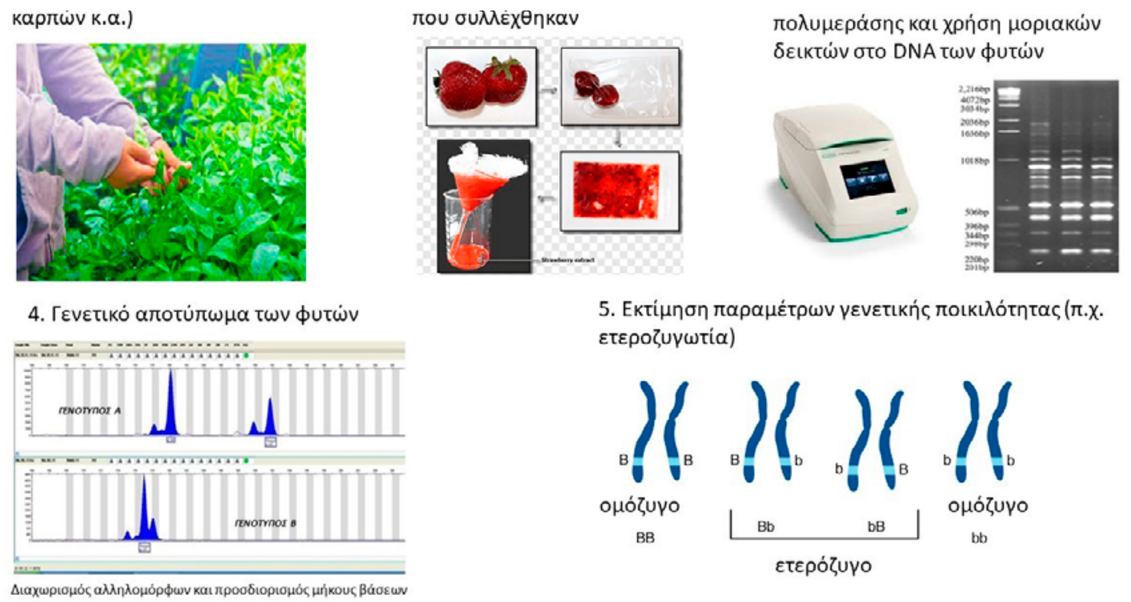
5. **Μη τυχαίες διασταυρώσεις:** Η έννοια της πανμειξίας αναφέρεται στην ίση πιθανότητα διασταύρωσης μεταξύ όλων των ατόμων του πληθυσμού, διατηρώντας μια γενετική ισορροπία στις συχνότητες των αλληλομόρφων γονιδίων. Η παραπάνω κατάσταση συμβαίνει σπάνια εξαιτίας παρουσίας μηχανισμών όπως οι επιλεκτικές διασταυρώσεις και η ομομειξία, (που είναι η αναπαραγωγή μεταξύ συγγενών ατόμων). Στους οργανισμούς η διασταύρωση μεταξύ των ατόμων εξαρτάται από την μεταξύ τους απόσταση, τις προτιμήσεις μεταξύ των ατόμων, την επιλογή συντρόφου, την αναλογία αρσενικών και θηλυκών ατόμων, την παραγωγικότητα και την κίνηση των γαμετών, τη χρονική διαφοροποίηση στην παραγωγή τους και φυσικά την αναπαραγωγική επιτυχία (Wagener, 1976).

6.3.4. Παράμετροι γενετικής ποικιλότητας: Ένας απλός οδηγός

Στην Εικόνα 36 παρουσιάζεται συνοπτικά διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να μετρηθεί και να αξιολογηθεί η γενετική ποικιλότητα ενός πληθυσμού ενός είδους. Οι γενετικές παράμετροι που προκύπτουν δίνουν την ευκαιρία να αναγνωριστεί πότε ένας πληθυσμός (π.χ. λόγω χαμηλής ετεροζυγωτίας) βρίσκεται σε κίνδυνο και τι μέτρα πρέπει να ληφθούν προκειμένου να διατηρηθεί.

Η ετεροζυγωτία λαμβάνει τιμές από 0-1 και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα έχει ο υπό μελέτη πληθυσμός και τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα έχει να διατηρηθεί ο πληθυσμός αυτός στο μέλλον (White e al., 2007).

1. Συλλογή δειγμάτων (φύλλων, καρπών κ.α.) από τουλάχιστον 25 δέντρα ενός πληθυσμού
2. Εκχύλιση DNA από τα δείγματα που συλλέχθηκαν
3. Αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης (Mullis, 1990) και χρήση μοριακών δεικτών στα DNA των δέντρων
4. Γενετικό αποτύπωμα των δέντρων
5. Εκτίμηση παραμέτρων γενετικής ποικιλότητας (πχ ετεροζυγωτία, ομοζυγωτία κτλπ.)



Εικόνα 36. Διαδικασία συλλογής και μελέτης παραμέτρων γενετικής ποικιλότητας

6.4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

6.4.1. Προστασία και διατήρηση δασικών γενετικών πόρων

Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, η ρύπανση, η αποδάσωση, η αλλαγή χρήσης γης, η κατασκευή υποδομών και τεχνικών έργων, η υπερεκμετάλλευση και η εισαγωγή ειδών, ο κατακερματισμός ενδιαιτημάτων και οι ασθένειες, προκαλούν εξαφάνιση πληθυσμών και ειδών με αποτέλεσμα την απώλεια σημαντικών φυσικών οικοσυστημάτων

Όπως και στους ανθρώπους, τα αδέρφια δεν είναι όμοια μεταξύ τους παρά μόνο αν μιλάμε για περιπτώσεις μονοζυγωτικών διδύμων. Έτσι και στα δασικά είδη, ένα έλατο, ένα πεύκο, ποτέ δεν είναι ίδιο με ένα αδελφάκι του, παρά το γεγονός ότι προέρχονται από τους ίδιους γονείς. Η γενετική ποικιλότητα, ορίζεται ως οι διαφορές που υπάρχουν στο γενετικό υλικό του ιδίου είδους δέντρων και φυτών, που ενώ μπορεί να είναι και αδέλφια διαφέρουν μεταξύ τους, τόσο σε φαινοτυπικά χαρακτηριστικά, όσο και σε γονιδιακά χαρακτηριστικά.

Η γενετική ποικιλότητα είναι το πιο σημαντικό συστατικό της βιοποικιλότητας, ουσιαστικά αποτελεί τη βάση της βιοποικιλότητας, καθώς είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνέχεια της εξέλιξης. Ειδικά για τα δάση, ως δασικοί γενετικοί πόροι εννοούνται τα κληρονομούμενα υλικά που διατηρούνται μέσα ή ανάμεσα σε δέντρα και άλλα δασικά είδη και έχουν μεγάλη αξία για την οικονομία, την κοινωνία, το περιβάλλον και την επιστήμη (FAO, 2014).

Οι δασικοί γενετικοί πόροι δέχονται συχνά πιέσεις και τυγχάνουν μη-αειφορικής χρήσης. Αν εξαιρέσουμε τις φυσικές δραστηριότητες όπως οι εκρήξεις ηφαιστείων, η αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης κ.ά., και απομονώσουμε κάποιες επιβλαβείς ανθρωπογενείς δραστηριότητες, θα δούμε ότι αυτές έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους δασικούς γενετικούς πόρους. Τέτοιες δραστηριότητες, όπως η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, η ρύπανση, η αποδάσωση, η αλλαγή χρήσης γης, η κατασκευή υποδομών και τεχνικών έργων, η υπερεκμετάλλευση και η εισαγωγή ειδών, ο κατακερματισμός ενδιαιτημάτων και οι ασθένειες, προκαλούν εξαφάνιση πληθυσμών και ειδών με αποτέλεσμα την απώλεια σημαντικών φυσικών οικοσυστημάτων (FAO, 2014).

6.4.2. Στρατηγικές προστασίας δασικών γενετικών πόρων

Η προστασία των δασικών γενετικών πόρων (ΔΓΠ) περιλαμβάνει δράσεις διαχείρισης και πολιτικής που πρέπει να εφαρμοστούν, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ύπαρξη και η διατήρηση των δασικών γενετικών πόρων (FAO,2014; Iriondo et al. 2008). Η προστασία των ΔΓΠ απαιτεί εφαρμογή ενός καλά σχεδιασμένου επιστημονικού σχεδίου που θα περιλαμβάνει και πρακτικές διαχείρισης των ΔΓΠ, τόσο σε προγράμματα βελτίωσης, όσο και σε παραγωγικούς πληθυσμούς (FAO, 2014).

Έως σήμερα υπάρχουν δυο κύριες στρατηγικές για τη διατήρηση και προστασία των ΔΓΠ, ανάλογα με τη φύση του υλικού, τον ειδικότερο στόχο, τους ειδικότερους σκοπούς και του προγράμματος (FAO,2014; Iriondo et al. 2008). Οι δυο κύριες στρατηγικές είναι:

- In situ διατήρηση: Η συνεχιζόμενη διατήρηση ενός ή περισσότερων πληθυσμών μέσα στο περιβάλλον του οποίου αποτελούν μέρος, αναπτύσσονται και έχουν προσαρμοστεί. Στόχος είναι η εξασφάλιση της τωρινής, αλλά και μελλοντικής παρουσίας και προσαρμογής τους.
- Ex situ διατήρηση: Είναι η διατήρηση των οργανισμών εκτός του φυσικού τους οικοτόπου. Η ex situ διατήρηση φυτών πραγματοποιείται, συνήθως, σε ειδικές εγκαταστάσεις, δημοφιλώς γνωστές ως «τράπεζες γονιδίων». Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ex situ διατήρηση πραγματοποιείται σε αποθετήρια πεδίων, όπως οι βοτανικοί κήποι ή τράπεζες γονιδίων πεδίων. Επίσης, σπέρματα ξηραίνονται αργά, τοποθετούνται σε σφραγισμένες συσκευασίες και ψύχονται κάτω από χαμηλή υγρασία, όπου μπορούν να διατηρηθούν για περίπου έναν αιώνα. Για ορισμένα είδη που είναι δύσκολο να διατηρηθούν με συμβατικές μεθόδους διατήρησης σπερμάτων ή ολόκληρων φυτών, η ιστοκαλλιέργεια έχει καταστήσει δυνατή την αποθήκευση τους για μερικά χρόνια. Η κρυοσυντήρηση υπό υγρό άζωτο είναι μια νέα τεχνική που λαμβάνει προσοχή.

Οι δυο αυτές στρατηγικές είναι σωστό να αντιμετωπίζονται ως συμπληρωματικές και να εφαρμόζονται ταυτόχρονα όταν ο στόχος είναι η προστασία του είδους και η ποικιλότητα μέσα στο είδος. Η προστασία και η αειφορική διαχείριση των δασικών γενετικών πόρων πρέπει να εξασφαλίζει τη συνέχεια των ωφελειών που παρέχουν τα δάση στις τωρινές και τις μελλοντικές γενιές.

Δράση 2.2.7.

Η σημασία των περιαστικών δασών

Υπεύθυνος δράσης
Δρ Νίκος Μ. Πάγκας

www.fria.gr

7.1. ΤΑ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΑ ΔΑΣΗ ΩΣ «ΔΟΜΙΚΑ» ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΠΟΛΗΣ

Ο «πράσινος ιστός» που σχηματίζεται από τους χώρους πρασίνου[6], μέσα και γύρω από την πόλη, χαρακτηρίζεται συνήθως ως «αστικό πράσινο» και καλύπτει τρείς εν γένει διακριτές μεταξύ τους ενότητες, που συμβατικά εντοπίζονται i) στο κέντρο της πόλης, ii) στα προάστια και iii) στον περιαστικό χώρο. Το πράσινο του κέντρου και των προαστίων της πόλης, συνήθως «σχεδιασμένο», είναι ενσωματωμένο στη δομή της πόλης και ενταγμένο πλήρως στις λειτουργίες της. Οι εκτάσεις του περιαστικού χώρου, συνήθως, καλύπτονται από δάση, θαμνότοπους, φυσικά λιβάδια, υποβαθμισμένη χαμηλή βλάστηση κλπ (φυσική βλάστηση ή τεχνητώς δημιουργηθείσα) ή/και αγροτικές καλλιέργειες (αροτραίες, δενδρώδεις ή κηπευτικές), που στο σύνολό τους αποτελούν (βιο) υποστηρικτικά συστήματα για την πόλη, παρέχοντας προϊόντα και υπηρεσίες στους κατοίκους.

Ο ρόλος του πρασίνου που βρίσκεται μέσα στην πόλη και γύρω από αυτήν, με όλες τις μορφές του, είναι πολυσήμαντος. Το πράσινο, είτε ως φυσικός πόρος, είτε ως θεμέλιο για τη διατήρηση και ανάπτυξη της φυσικής κληρονομιάς, είτε ως στοιχείο πολιτισμού, είτε ακόμη ως στοιχείο κοινωνικής αναζωογόνησης, συνδέεται με τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη. Ειδικά τα περιαστικά δάση επιτελούν πολλές λειτουργίες, όπως η προστασία του περιβάλλοντος, η παροχή αγαθών και υπηρεσιών στο κοινωνικό σύνολο, η διατήρηση του τοπίου κ.ά.

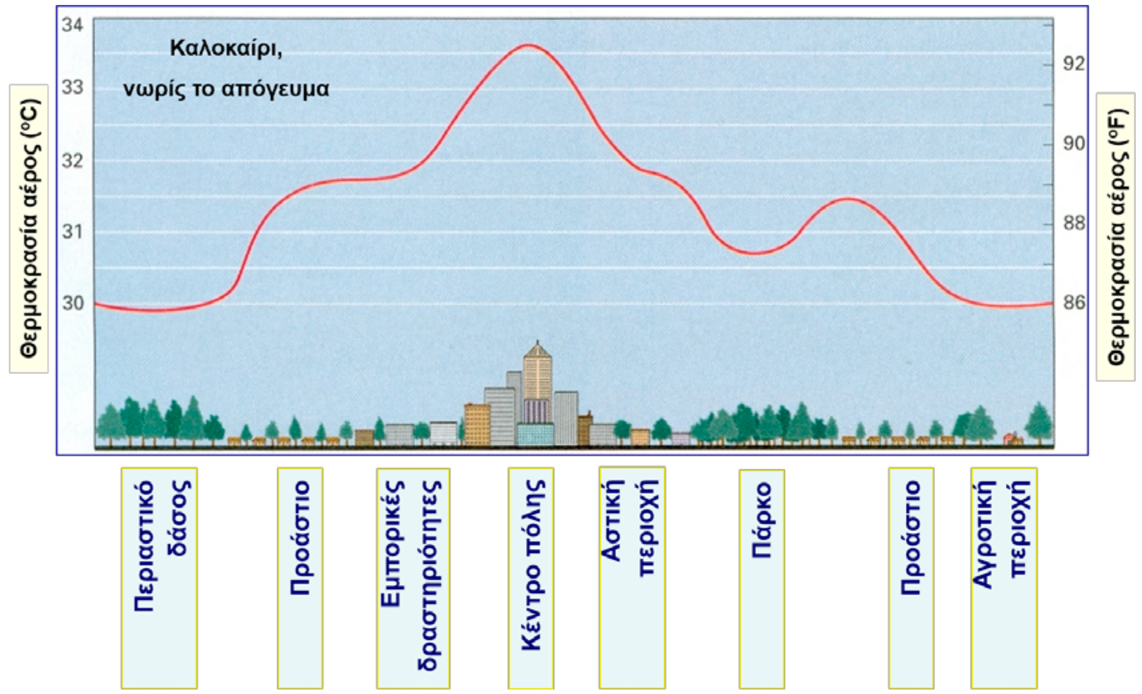
Τα περιαστικά δάση, λόγω της άμεσης γειτνίασης τους με τις πόλεις, δέχονται τις πλέον έντονες πιέσεις, που συνιστούν μεγάλες απειλές για την ακεραιότητά τους και εγείρουν ποικίλες απαιτήσεις για τη διαχείρισή τους, ώστε να ικανοποιούν πολλαπλούς σκοπούς. Η έντονη παρουσία των επισκεπτών δημιουργεί ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν. Με την κάλυψη αυτών των αναγκών, προκύπτουν νέες, που προκαλούνται εν μέρει και από την αλλαγή ή διαφοροποίηση των απαιτήσεων των επισκεπτών κοκ. Η δυναμική αυτή κατάσταση μπορεί να επιφέρει σημαντικές και ανεπανόρθωτες βλάβες στα περιαστικά δάση, γι' αυτό η διαχείρισή τους καλείται να εξισορροπήσει τις αναγκαίες επεμβάσεις και παρεμβάσεις για τους επισκέπτες, με τις αξιώσεις της προστασίας τους ως φυσικών πόρων. Στην προσπάθεια αυτή επιστρατεύονται διεπιστημονικές ομάδες, διάφορες υπηρεσίες, φορείς και συλλογικότητες, δεδομένου ότι η κοινωνία συμμετέχει άμεσα με την εμπλοκή του κοινού σε ζητήματα που αφορούν τη διαχείρισή τους.

Τα περιαστικά δάση είναι ένας πόρος τεράστιας σημασίας για τις αστικές περιοχές, που συνδέεται με την υγεία και την ευημερία των κατοίκων. Στην προσπάθεια για την προστασία και διατήρησή τους είναι απαραίτητο να γίνουν κατανοητά τα οφέλη που μας παρέχουν.

7.2. ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΩΝ ΔΑΣΩΝ

7.2.1. Ρύθμιση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα.

Σημαντική είναι η συνεισφορά των περιαστικών δασών στη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών της πόλης και κατ' επέκταση στη βελτίωση του κλίματος. Το δάσος βελτιώνει το «αστικό» κλίμα: α) Με τη μείωση της θερμοκρασίας, λόγω της χαμηλής θερμοχωρητικότητας και θερμικής αγωγιμότητας (απορροφά πολύ μικρότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών) β) Με τη διαπνοή των δέντρων, που αυξάνει την υγρασία στην ατμόσφαιρα (ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να δημιουργεί ένα ευχάριστο δροσερό περιβάλλον) γ) Με τη συνεχή



Εικόνα 37. Σχηματική απεικόνιση της αστικής θερμικής νησίδας στο κέντρο της πόλης

ανανέωση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας δ) με την ανεμοπροστασία (ρύθμιση της ροής του αέρα) και την μείωση του κινδύνου παγετού, κυρίως στις όμορες περιοχές (άμβλυνση των ακραίων θερμοκρασιών).

Η χαμηλή θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα των δασικών συστάδων έχει ως επακόλουθο την απορρόφηση «λιγότερης» θερμότητας, ιδίως κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Η μείωση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τη ροή του αέρα, μπορούν να έχουν ευνοϊκή επίδραση στην πόλη, που μπορεί ακόμα και να μειώσει την ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων σε όμορες με το δάσος περιοχές, εφόσον εξασφαλιστεί ο καλός αερισμός, για την αποφυγή της συγκέντρωσης ρύπων. Η επίδραση είναι σημαντικά μεγαλύτερη όταν υπάρχουν «σφήνες» πρασίνου που συνδέουν το περιαστικό δάσος με χώρους πρασίνου μέσα στην πόλη, οπότε η πράσινη ζώνη λειτουργεί ως «αγωγός» δροσιάς προς την πόλη, εξομαλύνοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας δηλ. της παρατηρούμενης αύξησης της θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης, σε σχέση με την περιβάλλουσα αγροτική ύπαιθρο (Εικ. 37).

Η εξήγηση των παραπάνω στηρίζεται στο ότι τα δένδρα στις δασικές συστάδες διαπνέουν σημαντικές ποσότητες νερού, με αποτέλεσμα να μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα που τα περιβάλλει, αυξάνοντας αντίστοιχα τη σχετική υγρασία. Επίσης, με το φύλλωμα τους απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας ή το αντανακλούν εμποδίζοντάς το να φθάσει στο έδαφος. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ηλιαζόμενης και σκιαζόμενης επιφάνειας μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τους 7^{0}C. Έχει μετρηθεί ότι από την κορυφή της κομοστέγης ενός δάσους μέχρι την

6. Οι ανοικτοί χώροι μέσα και γύρω από την πόλη, που καλύπτονται λίγο ή πολύ από πράσινο, «σχεδιασμένο» ή όχι, επιτρέπουν την παρουσία και εν γένει τη λειτουργία της φύσης στο δομημένο περιβάλλον και αποτελούν ταυτόχρονα κοινωνικούς χώρους, χώρους κίνησης και στάσης των ανθρώπων, χώρους στους οποίους λαμβάνουν χώρα διάφορες δραστηριότητες αναψυχής, πολιτιστικές, αθλητικές, εμπορικές κ.ά. Συχνά αναφέρονται και ως υπαίθριοι ή αδόμητοι ή ελεύθεροι χώροι και μπορεί να είναι δημόσιοι ή ιδιωτικοί, κοινόχρηστοι ή όχι.

επιφάνεια του εδάφους, η θερμοκρασία σε μια ημέρα με νηνεμία μπορεί να παρουσιάσει πτώση από τους 35° C στους 23,3° C, ενώ η σχετική υγρασία από 33% μπορεί να φθάσει στο 87%. Γι' αυτό συχνά λέγεται ότι «τα δένδρα λειτουργούν σαν κλιματιστικά μηχανήματα». Ένα ώριμο δένδρο διαπνέει περί τα 400 λίτρα νερού την ημέρα (με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετή ωφέλιμη υγρασία) ώστε η «ψυκτική» του ικανότητα να μπορεί να συγκριθεί με πέντε κλιματιστικά ισχύος 2500 kcal/hr που δουλεύουν 20 ώρες το 24ωρο! Χαρακτηριστικό παράδειγμα από τη διεθνή εμπειρία, είναι αυτό της πόλης Nankin της Κίνας με 1,5 εκατομμύρια κατοίκους, οι οποίοι φύτευσαν από το 1950 μέχρι το 1982 στους γύρω από την πόλη γυμνούς λόφους και μέσα στην πόλη 34 εκατομμύρια δένδρα, καταφέρνοντας να επιτύχουν πτώση της μέσης θερμοκρασίας του θέρους κατά 1,8°C, με προοπτική η μείωση να φθάσει στους 3,5° C με περαιτέρω φυτεύσεις.

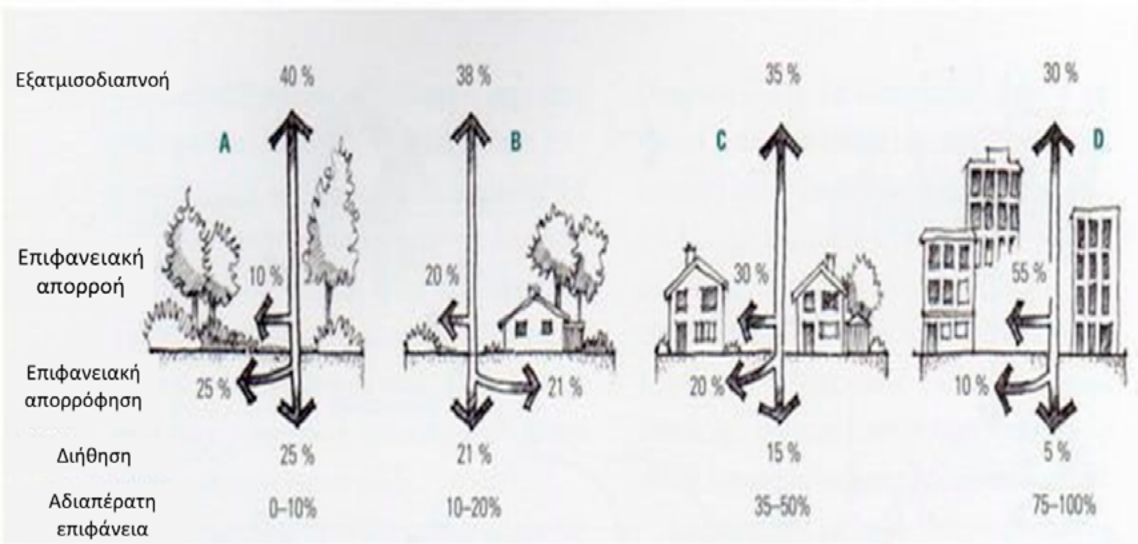
7.2.2. Καθαρισμός («φιλτράρισμα») του αέρα

Τα περιαστικά δάση μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών ρύπων στις αστικές περιοχές π.χ. να μειώσουν τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Ακόμα μπορούν να κατακρατούν τη σκόνη και τον καπνό (τα κωνοφόρα φιλτράρουν περισσότερη σκόνη από τα φυλλοβόλα είδη, αλλά είναι πιο ευαίσθητα στις ζημιές που προκαλούνται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους) και μέσω της ροής του αέρα μπορούν να εξουδετερώσουν εν γένει το «φράγμα» της θερμοκρασιακής αναστροφής, που παγιδεύει τη ρύπανση.

7.2.3. Ρύθμιση των κατακρημνισμάτων και της υγρασίας του εδάφους/ προστασία από τη διάβρωση και αντιπλημμυρική προστασία των αστικών περιοχών.

Η αστικοποίηση επέφερε αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών γεγονός που επηρεάζει κυρίως την άμεση επιφανειακή απορροή του νερού της βροχής. Οι δομημένες επιφάνειες, κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων, ενισχύουν την απορροή του νερού και την ένταση με την οποία εμφανίζονται πλημμυρικές αιχμές. Ο ευεργετικός ρόλος της βλάστησης έγκειται στο ότι μπορεί α) να μειώνει την απορροή με την αναχαίτιση της βροχής (μέρος της βροχόπτωσης συγκρατείται από τα φύλλα και ένα άλλο διεισδύει στο έδαφος), β) να ρυθμίζει τη διήθηση και την αποθήκευση νερού στο έδαφος (η υδρολογική λειτουργία των περιαστικών δασών συνδέεται συχνά και με την προστασία του πόσιμου νερού) και γ) να μειώνει ή και να εμποδίζει τη διάβρωση του εδάφους (το ριζικό σύστημα των δέντρων δημιουργεί ένα είδος πλέγματος που συγκρατεί το έδαφος και μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης και την ποσότητα φερτών υλών) (Εικ. 38).

Εικόνα 38. Επίδραση της βλάστησης στον κύκλο του νερού



Δεδομένου ότι η κλιματική αλλαγή επιφέρει ήδη σημαντικές μεταβολές στον τομέα των υδάτων, τα περιαστικά δάση αναδεικνύονται σε παράγοντα κρίσιμης σημασίας στην αντιμετώπιση και διαχείριση των κινδύνων αστικής πλημμύρας και λειψυδρίας.

7.2.4. Απορρόφηση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα

Η δέσμευση άνθρακα από τα περιαστικά δάση υπολογίζεται σε πολύ μικρό ποσοστό των εκπομπών στις περιοχές αυτές. Γι' αυτό θεωρούνται σημαντικές οι έμμεσες λειτουργίες του πρασίνου, που επιφέρουν μείωση της απαίτησης σε ενέργεια για ψύξη ή θέρμανση, με τη συνεπακόλουθη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Χαρακτηριστικό είναι το κλασικό παράδειγμα από τη διεθνή βιβλιογραφία, που αναφέρεται στην πόλη του Sacramento των ΗΠΑ, όπου μια δασική έκταση με 6.000.000 δέντρα, υπολογίστηκε ότι κατακρατά 238.000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα το χρόνο και οι μικρότερες απαιτήσεις σε ψύξη-θέρμανση προκαλούν μικρότερη ζήτηση ενέργειας, με αποτέλεσμα να μειώνεται η εκπομπή κατά 75.600 τόνους το χρόνο, από το τοπικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο, ακόμα και η μικρή συνεισφορά των περιαστικών δασών δεν πρέπει να θεωρείται αμελητέα. Επιπλέον, σήμερα η τεχνολογία επιτρέπει την ασφαλή καύση του ξύλου ως βιοκαυσίμου, σε αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων.

7.2.5. Διατήρηση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας (προσφορά ποικιλίας ενδιαιτημάτων, φιλοξενία άγριας ζωής) / εξασφάλιση παρακαταθήκης φυσικών πόρων για τις επόμενες γενιές

Τα περιαστικά δάση παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας μέσα στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον, αποτελώντας καταφύγιο και ενδιαίτημα πληθώρας ειδών χλωρίδας και πανίδας. Σ' αυτό συμβάλλει το μέγεθος και η σύνθεσή τους, που μπορεί να προσφέρει πολλούς διαφορετικούς τύπους οικοτόπων, καθώς και ενδιαιτήματα για είδη με απαιτήσεις σε μεγαλύτερες εκτάσεις. Σημαντική είναι ακόμα η συνεισφορά στην ενίσχυση της «αστικής» βιοποικιλότητας με την ολοκλήρωση πράσινων δικτύων («σφήνες» πρασίνου, παρεμάτια βλάστηση κλπ).

Η εξασφάλιση της αειφορίας των περιαστικών δασών αποτελεί θεμέλιο για τη διατήρηση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας και συνδέεται άρρηκτα με την προώθηση της πολιτικής των «πράσινων υποδομών», ώστε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα περιαστικών και αστικών πράσινων χώρων να εξασφαλίζει την προστασία και καλή λειτουργία των οικοσυστημάτων, αλλά και την ταυτόχρονη παροχή ωφελειών στους αστικούς πληθυσμούς.

Τα περιαστικά δάση μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών ρύπων στις αστικές περιοχές π.χ. να μειώσουν τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα...

7.2.6. Προσφορά ευκαιριών υπαίθριας αναψυχής σε κοντινή απόσταση στην πόλη / υγιεινή επίδραση στους κατοίκους των πόλεων

Τα περιαστικά δάση προσφέρονται ιδιαιτέρως για την ικανοποίηση των αναγκών αναψυχής των κατοίκων των πόλεων γιατί παρουσιάζουν χαρακτηριστικά που ευνοούν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων υπαίθριας αναψυχής (χαρακτηριστικά που σχετίζονται κυρίως με την βλάστηση και τη φυσιογνωμία τους και λιγότερο με την ύπαρξη ευκολιών και υποδομών). Αυτά μπορεί να συνδέονται με ποικιλία παραγόντων που είναι επιθυμητοί σε σχέση με τις δραστηριότητες που μπορούν να αναπτυχθούν, τόσο τις «άτυπες» λεγόμενες (πεζοπορία, απόλαυση θέας, ελεύθερο παιγνίδι κ.λπ.) όσο και τις «εξειδικευμένες» (ποδηλασία, αναρρίχηση κ.λπ.).

Σήμερα, η υπαίθρια αναψυχή είναι ένας τύπος δραστηριότητας στον οποίο συμμετέχουν όλο και περισσότεροι κάτοικοι των πόλεων, με τα περιαστικά δάση να θεωρούνται ως ένας από τους πιο ελκυστικούς τύπους «φύσης» και με πιο «κοινή» δραστηριότητα το περπάτημα. Άλλες δραστηριότητες είναι η ποδηλασία, το τζόκινγκ, το πικνίκ, η παρατήρηση της φύσης καθώς και η συλλογή καρπών κλπ.

Η λειτουργία αυτή των περιαστικών δασών τα καθιστά χώρους αναψυχής, ξεκούρασης και διαφυγής από την καθημερινή ένταση, με όλες τις ευεργετικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία. Η επίσκεψη στο φυσικό περιβάλλον (σε αντιδιαστολή με το δομημένο, χωρίς φυσικά στοιχεία) φαίνεται ότι επιφέρει σωματική χαλάρωση και πνευματική εγρήγορση. Ως ιδιαίτερα σημαντική θετική επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος στην υγεία, αναφέρεται η μείωση του άγχους -ακόμα και μόνο η οπτική εμπειρία ενός φυσικού τοπίου μειώνει το άγχος- αντίδραση που μετριέται μέσω της έντασης των μυών, της πίεσης του αίματος και της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου.

7.2.7. Άμεση πρόσβαση σε σχετικά αδιατάρακτες «φυσικές» περιοχές και σε «διαφορετικές» εμπειρίες / καλλιέργεια αίσθησης «συνέχειας» της πόλης με τη φύση

Οι εμπειρίες που αναζητούνται από τους επισκέπτες συχνά σχετίζονται με την απόλαυση ενός φυσικού τοπίου, με την ηρεμία και την ησυχία. Οι επισκέπτες για να αναγνωρίσουν τον εαυτό τους ως αναπόσπαστο τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος, χρειάζονται εντυπώσεις που να

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ
Η σημασία των περιαστικών δασών
Δρ Νίκος Μ. Πάγκας

τους δημιουργούν μια θετική συναισθηματική σχέση με αυτό. Η ποικιλία των εντυπώσεων και η εναλλαγή τους σε μικρές αποστάσεις, η σχετική απουσία τεχνητών στοιχείων και το κίνητρο για γνωριμία διαφόρων σημείων και περιοχών στα περιαστικά δάση, δημιουργούν μέσω των αισθήσεων, ευχάριστες συναισθηματικές καταστάσεις, που συντείνουν στην «ένταξη» των επισκεπτών στον φυσικό χώρο.

Αν και τα περιαστικά δάση βρίσκονται κοντά στις πόλεις, ωστόσο χαρακτηρίζονται από μείωση των θορύβων και παρουσία «ήσυχων» περιοχών, ενώ εξασφαλίζουν, εν γένει στους επισκέπτες, πρόσβαση σε σχετικά αδιατάρακτες «φυσικές» περιοχές. Σήμερα, η διαχείριση των περιαστικών δασών συντείνει σε αυτή την κατεύθυνση και σε συνδυασμό με μια επιτυχημένη συνάρθρωση του πρασίνου της πόλης, μπορεί να καλλιεργήσει μια αίσθηση «συνέχειας» της πόλης με τη φύση.

7.2.8. Διατήρηση και ανάδειξη τοπίων / προστασία και ανάδειξη ιστορικών και πολιτιστικών μνημείων

Τα περιαστικά δάση είναι σημαντικά για τους ανθρώπους, εκτός όλων των άλλων, και μέσω συμβολικών προσωπικών, τοπικών, κοινοτικών και πολιτιστικών νοημάτων. Παρέχουν αισθητική απόλαυση και δημιουργούν ένα ευχάριστο περιβάλλον για διαφορετικές υπαίθριες δραστηριότητες. Τα περιαστικά δάση μπορούν να προσφέρουν μια εμπειρία της φύσης στο πλαίσιο μιας «αστικής» ζωής, δεδομένου ότι οι κάτοικοι των πόλεων έχουν στην καθημερινότητά τους την ευκαιρία να ανακάμψουν από το καθημερινό άγχος, να αναζωογονήσουν τις αναμνήσεις και να ανακτήσουν τις δυνάμεις τους. Μεγάλο μέρος της αισθητικής εμπειρίας είναι υποκειμενικής φύσης και έχει επιπτώσεις στην ψυχική και συναισθηματική κατάσταση των ανθρώπων. Η πολυποίκιλη εσωτερική «αρχιτεκτονική» των συστάδων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αισθητική ποιότητα μιας τοποθεσίας και να αναδείξει διάφορα τοπία που αναγνωρίζονται από τους επισκέπτες.

Παρέχουν αισθητική απόλαυση και δημιουργούν ένα ευχάριστο περιβάλλον για διαφορετικές υπαίθριες δραστηριότητες.

Τα περιαστικά δάση παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία σε χλωρίδα και πανίδα, αλλά και πολλές εποχιακές αλλαγές σε χρώματα και σχήματα. Κατά συνέπεια, η έντονη ελκυστικότητα του τοπίου, αναδεικνύεται ως το σημαντικότερο κεφάλαιο της «αστικής» φύσης. Η μακρά ιδιαίτερη ιστορία τους (τα δάση κοντά σε πόλεις ήταν πάντοτε ιδιαίτερα σημαντικά) και η συνήθης διασπορά σε αυτά πολιτιστικών και ιστορικών μνημείων, αναδεικνύει τα περιαστικά δάση και ως πολιτιστικά τοπία.

7.2.9. Διεύρυνση των χώρων κοινωνικής συνεύρεσης και συναναστροφής

Η εντεινόμενη αστικοποίηση του πλανήτη οδηγεί σε έναν τρόπο ζωής, του οποίου οι απαιτήσεις για δασικές εκτάσεις και πράσινο συνεχώς διαφοροποιούνται. Αν και στα περιαστικά δάση οι επισκέπτες αναζητούν «μοναξιά», γαλήνη και ησυχία, διαπιστώνεται ότι λειτουργούν και ως χώροι για κοινωνικές επαφές φέρνοντας κοντά τους ανθρώπους. Η τάση αυτή εκφράζεται τόσο με την αύξηση και εμπέδωση νέων -περισσότερο κοινωνικών- μορφών χρήσης, όπως οι «ενεργές» μορφές αναψυχής (οργανωμένη πεζοπορία, ποδηλασία βουνού, παιχνίδια επιβίωσης κλπ) όσο και με την οργανωμένη συμμετοχή σε φορείς και συλλογικότητες που σχετίζονται με την προστασία των περιαστικών δασών.

7.2.10. Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, βιωματική μάθηση, εκπαίδευση και έρευνα

Οι κάτοικοι των πόλεων λόγω της έλλειψης επαφής με τη φύση και τις φυσικές διαδικασίες, μπορεί να έχουν λανθασμένες απόψεις για τα δάση και τη φύση, μιας και διαμορφώνουν τις απόψεις αυτές κυρίως από τα μέσα ενημέρωσης. Η επαφή των κατοίκων των πόλεων με τα περιαστικά δάση είναι η απόλυτη ευκαιρία για επανασύνδεση με τη φύση, ώστε να αντιληφθούν άμεσα τη σημασία και τη λειτουργία της. Για το σκοπό αυτό, τα περιαστικά δάση φιλοξενούν συνήθως κέντρα ενημέρωσης επισκεπτών, εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις, θεματικά μονοπάτια «φύσης», πληροφοριακές πινακίδες, βοτανικούς κήπους, πάρκα περιβαλλοντικής πληροφόρησης κ.ά.

Η φύση των περιαστικών δασών μπορεί και να χρησιμοποιείται ως ένα εξαιρετικό «ανοιχτό σχολείο», για όλες τις ηλικίες, στο οποίο μπορεί κανείς να μάθει κυριολεκτικά τα πάντα!

Οι κάτοικοι της πόλης έχουν περιορισμένη επαφή με τη φύση και διαπιστωμένη έλλειψη κίνησης, καθαρού αέρα και ελεύθερου χρόνου, ως αποτέλεσμα ενός αγχωτικού τρόπου ζωής, γεμάτου με συνεχείς και πολυάριθμες δραστηριότητες σε κλειστούς χώρους, ενώ γίνεται υπερβολική και λανθασμένη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών. Όλα τα ανωτέρω, έχουν οδηγήσει σε σοβαρά ζητήματα υγείας, κυρίως των παιδιών, τα οποία όλο και συχνότερα εμφανίζουν ψυχικές, κινητικές, κοινωνικές και μαθησιακές δυσκολίες, καθώς και πλήρη άγνοια γύρω από κοινά είδη χλωρίδας και πανίδας. Η εκπαίδευση σε υπαίθριους χώρους είναι το πρώτο βήμα, προκειμένου να βοηθηθούν τα παιδιά, οι γονείς και οι εκπαιδευτικοί να επανασυνδεθούν με τη φύση, με έναν απλό, φυσικό, ελεύθερο τρόπο, με απώτερο στόχο τη δημιουργία υπεύθυνης συμπεριφοράς στο φυσικό περιβάλλον. Η φύση των περιαστικών δασών μπορεί να προσεγγίζεται αυστηρά για περιβαλλοντικούς εκπαιδευτικούς σκοπούς ή ως χώρος αναψυχής, αλλά μπορεί και να χρησιμοποιείται ως ένα εξαιρετικό «ανοιχτό σχολείο», για όλες τις ηλικίες, στο οποίο μπορεί κανείς να μάθει κυριολεκτικά τα πάντα!

7.2.11. Παραγωγή υλικών αγαθών /οικονομικά οφέλη

Η διαχείριση των περιαστικών δασών επικεντρώνεται σε μεγάλο βαθμό στις κοινωνικές (αναψυχή, περιβαλλοντική εκπαίδευση, αισθητική βελτίωση, επιστημονική έρευνα) και περιβαλλοντικές (διατήρηση φυσικών οικοσυστημάτων και βιοποικιλότητας, βελτίωση κλίματος, εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα, προστασία εδαφών) υπηρεσίες που παρέχουν. Μόνο στις αναπτυσσόμενες και φτωχότερες χώρες το περιαστικό πράσινο συμβάλει στην παραγωγή υλικών όπως τροφής, καυσίμων και ξυλείας, που με τη σειρά τους συμβάλουν στη βελτίωση της ζωής των κατοίκων.

Οι κύριες «αξίες» των αστικών και περιαστικών δασών δεν έχουν τιμή αγοράς. Αυτές οι τιμές ορίζονται ως τιμές μη καταναλωτικής χρήσης και περιλαμβάνουν οφέλη που προκύπτουν, για παράδειγμα, από ένα ευχάριστο τοπίο, καθαρό αέρα, γαλήνη, ησυχία και ψυχαγωγία. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει επίσης οφέλη όπως το ισορροπημένο μικρόκλιμα και ο έλεγχος της διάβρωσης, η οικονομική αξία των οποίων μπορεί να προσδιοριστεί μέσω π.χ. μειωμένου κόστους θέρμανσης ή ψύξης κλπ. Έμμεση σχέση των περιαστικών δασών με οικονομική δραστηριότητα είναι η αύξηση της αξίας της γης στις όμορες περιοχές (υπολογίζεται σε 5-12%) και η «ελκυστικότητα» για επενδύσεις.

Τέλος η διαχείριση των περιαστικών δασών σε όλόκληρο το φάσμα της, μπορεί να εξασφαλίσει ευκαιρίες απασχόλησης (ανάπτυξη επιχειρήσεων κλάδων «πρασίνου», παροχή υπηρεσιών) και είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις φτωχότερες χώρες. Τα οφέλη που αναπτύχθηκαν παραπάνω συνοψίζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Οφέλη περιαστικών δασών

ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΩΝ ΔΑΣΩΝ	
Κλιματικά και βιοφυσικά	ο ρύθμιση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα
	ο φιλτράρισμα του αέρα
	ο ρύθμιση των κατακρημνισμάτων και της υγρασίας του εδάφους
	ο προστασία από τη διάβρωση
	ο απορρόφηση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα
	ο μετριασμός ταχύτητας ανέμου
	ο μείωση των θορύβων
Οικολογικά	ο διατήρηση της βιοποικιλότητας (προσφορά ποικιλίας ενδιαιτημάτων, φιλοξενία άγριας ζωής)
	ο εξασφάλιση παρακαταθήκης φυσικών πόρων για τις επόμενες γενιές
Κοινωνικά	ο προσφορά υψηλής ποιότητας ευκαιριών υπαίθριας αναψυχής σε κοντινή απόσταση στην πόλη
	ο υγιεινή επίδραση στους κατοίκους με την προαγωγή της σωματικής και ψυχικής υγείας
	ο διατήρηση «μη αστικών» αξιών, άμεση πρόσβαση σε σχετικά αδιατάρακτες «φυσικές» περιοχές και σε «διαφορετικές» εμπειρίες
	ο καλλιέργεια μιας αίσθησης συνέχειας της πόλης με τη φύση
	ο διεύρυνση των χώρων κοινωνικής συνεύρεσης και συναναστροφής
	ο προνομιακός χώρος δράσεων περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, βιωματικής μάθησης, εκπαίδευσης και έρευνας
Αισθητικά	ο αισθητική βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος
	ο προστασία και ανάδειξη ιστορικών και πολιτιστικών μνημείων
	ο διατήρηση και ανάδειξη τοπίων
Οικονομικά	ο παραγωγή τροφής, καυσίμων και ξυλείας
	ο ευκαιρίες απασχόλησης
	ο αύξηση της αξίας της γης στις γύρω περιοχές και της ελκυστικότητας για επενδύσεις
	ο οφέλη από την εξισορρόπηση του αστικού μικροκλίματος και την εξασφάλιση καθαρού νερού

7.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ / ΚΙΝΔΥΝΟΙ / ΑΠΕΙΛΕΣ

Η ύπαρξη, διατήρηση, επαύξηση και δημιουργία νέων περιαστικών δασών είναι απαραίτητη για την αστικοποιημένη σύγχρονη κοινωνία. Τα περιαστικά δάση δέχονται τις μεγαλύτερες πιέσεις από την πόλη και χρειάζεται να διατηρούνται ως βιοφυσικοί πόροι, ώστε να επιτελούν τις θεμελιώδεις λειτουργίες που είναι: α) Η διατήρηση και ανάπτυξή τους (ζωτικότητα και αναγεννητική ικανότητα) β) Η διατήρηση και βελτίωση των προστατευτικών τους λειτουργιών γ) Η διατήρηση των παραγωγικών λειτουργιών (οικονομική παραγωγικότητα και εκπλήρωση οικολογικών και κοινωνικών λειτουργιών) και δ) Η διατήρηση της βιοποικιλότητας. Ταυτόχρονα καλούνται να ικανοποιούν τις ανάγκες της αστικής κοινωνίας για υπαίθρια αναψυχή, εκπαίδευση και έρευνα.

Οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν τα περιαστικά δάση είναι πολλοί και ποικίλοι. Η κλιματική αλλαγή π.χ. προκαλεί αυξημένο κίνδυνο ξηρασιών στα περιαστικά δάση της Μεσογείου με πιθανές επιπλέον προσβολές από βιοτικούς παράγοντες. Σημαντικά προβλήματα προκαλούνται από τον αυξανόμενο αριθμό των επισκεπτών και την αυξανόμενη ένταση των χρήσεων, όπως είναι τα απορρίμματα, οι βανδαλισμοί, οι κάθε είδους φθορές στη βλάστηση, η ανεξέλεγκτη κυκλοφορία ποδηλάτων βουνού, η ελεύθερη κυκλοφορία σκυλιών συντροφιάς και οι κάθε είδους πολυπληθείς δραστηριότητες. Επίσης ως σημαντικό πρόβλημα καταγράφεται η ελλιπής χρηματοδότηση, η εν γένει κακή διαχείριση του φυσικού κεφαλαίου και το συχνά ανεπαρκές θεσμικό πλαίσιο προστασίας τους.

Η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη (γενική κοινωνικο-οικονομική εξέλιξη της αστικής κοινωνίας, αξίες, πρότυπα τρόπου ζωής, επίπεδο ευημερίας, ελεύθερος χρόνος, κινητικότητα) προχωρά με γρήγορους ρυθμούς, ενώ τα περιαστικά δάση έχουν πολύ πιο αργούς χρόνους εξέλιξης. Επιπλέον, η θέση των δασών αυτών χαρακτηρίζεται από τον φύσει ρευστό περιαστικό χώρο στον οποίο ασκούνται μεγάλες πιέσεις από την πόλη για εξασφάλιση γης για κοινωνικές υποδομές κλπ και στον οποίο διαπιστώνεται μεγάλη ανισορροπία ανταγωνιστικών χρήσεων (οικιστικού, αγροτικού και δασικού χαρακτήρα). Για την επίλυση των προβλημάτων επιστρατεύονται όλοι οι μηχανισμοί διαχείρισης, συσπειρώνονται κοινωνικές δυνάμεις, αναβαθμίζεται η συμμετοχή των πολιτών στη λήψη αποφάσεων και αξιοποιούνται όλα τα νέα τεχνολογικά εργαλεία.

7.4. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΟΥ ΥΜΗΤΤΟΥ

Το Αισθητικό δάσος Καισαριανής, Υμηττού (Εικ. 39 - Π.Δ.91/74) αποτελεί ένα επιτυχημένο παράδειγμα διαχείρισης ενός περιαστικού δάσους που δημιουργήθηκε εξαρχής από αναδασώσεις. Η διαχείρισή του αποσκοπεί στη διατήρηση και βελτίωση του δάσους και τη δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος για την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής και την παροχή ευκαιριών για την περιβαλλοντική εκπαίδευση και έρευνα. Η διατήρηση του δάσους αποτελεί προϋπόθεση για την παροχή ωφελειών όπως η διατήρηση του δασικού εδάφους και η συνεισφορά στην αποθήκευση του άνθρακα ως παρακαταθήκη κατά της κλιματικής αλλαγής, εκτός των άλλων, καθώς και υπηρεσιών προσφοράς στην κοινωνία (δυνατότητα ενάσκησης δραστηριοτήτων υπαίθριας αναψυχής, ενίσχυση της περιβαλλοντικής παιδείας κ.ά.).

Εικόνα 39. Χάρτης Αττικής, διακρίνεται το Δάσος Καισαριανής στο κίτρινο πλαίσιο

Ειδικότερα η προστασία και ανάπτυξη του Αισθητικού δάσους ως φυσικού πόρου:

α. προσφέρει σημαντικές ωφέλειες στην κοινωνία,

β. συντηρεί έναν πόλο υψηλής βιοποικιλότητας, με την δημιουργία ποικιλίας ενδιαιτημάτων,

γ. αποτελεί μεγάλο τμήμα μιας λωρίδας συνεχούς, υψηλού και πυκνού πρασίνου που ξεκινά από τον Υμηττό και καταλήγει σχεδόν στο κέντρο της Αθήνας με ευεργετικές συνέπειες για την πόλη,

δ. ενσωματώνει ποικιλία στοιχείων που με το μοναδικό βυζαντινό μοναστήρι της Καισαριανής συγκροτούν ένα «ιστορικό» τοπίο με επιμελημένα σχεδιασμένες φυτεύσεις, σχετική απουσία τεχνητών στοιχείων και διατήρηση «ήσυχων» περιοχών που αποτελεί τόπο επίσκεψης πολυάριθμων επισκεπτών όλο το χρόνο και

ε. δίνει τη δυνατότητα υλοποίησης προγραμμάτων που προάγουν την περιβαλλοντική παιδεία, τη βιωματική μάθηση και την έρευνα.

Ολόκληρη η έκταση του Αισθητικού δάσους είναι ιδανική για δραστηριότητες υπαίθριας αναψυχής, όπως περπάτημα στους πεζοδρόμους και τα μονοπάτια, ήπιες αθλητικές δραστηριότητες, ανάπαυση στους κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους, απόλαυση της θέας από διάφορες θέσεις, ποδηλασία, επίσκεψη ιστορικών και πολιτιστικών χώρων κ.ά. Σε ολόκληρο το δάσος πραγματοποιούνται εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αφορούν κυρίως το φυσικό περιβάλλον και ιδιαιτέρως τη χλωρίδα και την πανίδα του Υμηττού. Το σύνολο αυτό φύσης και πολιτισμού αποτελεί παρακαταθήκη για τις επόμενες γενιές, τόσο ως φυσικός πόρος, όσο και ως τόπος που εμποδίζει τη διάχυση «αστικών» αξιών και προάγει αξίες που σχετίζονται με τη βιοποικιλότητα και το τοπίο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aceto M., Abollino O., Conca R., Maladrino M., Mentasi E. and Sanzanini C. (2003). The use of mosses as environmental metal pollution indicators, Chemosphere 50: 333-342

Aerts R. J. and Mordue A. J. (1997). Feeding deterrence and toxicity of neem triterpenoids. Journal of Chemical Ecology 23:2117-2132.

Ambrose S. H. (2000). Volcanic winter in the Garden of Eden: The Toba supereruption and the late Pleistocene human population crash. Volcanic hazards and disasters in human antiquity 345:71.

Araújo M.B., Thuiller W. and Pearson R.G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal of Biogeography 33, 1712-28.

Arianoutsou M., Neeman G. (2000). Post-fire regeneration of Natural Pinus halepensis Forests in the East Mediterranean Basin. In: Ne'eman G., Trabaud L. (eds) Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 269-289.

Aschmann H. (1973). Distribution and peculiarity of Mediterranean ecosystems. In: Di Castri F., Mooney H. (eds) Mediterranean Type Ecosystems. Springer Verlag Berlin, pp. 11-19.

Ballesteros D., Meloni F., Bacchetta G. (eds) (2015). Εγχειρίδιο για τον πολλαπλασιασμό επιλεγμένων ιθαγενών φυτών της Μεσογείου. Ecoplantmed, ENPI, CBC-MED. Απόδοση στα ελληνικά: Μαυροειδή Λ. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Φουρναράκη Χ.-Μονάδα Διατήρησης Μεσογειακών Φυτών CIHEAM – MAIX. 104 σελ.

Barnes B.V., Zak D.R., Denton S.R. and Spurr S.H. (1998). Forest Ecology. 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Bennett K. (1990). Milankovitch cycles and their effects on species in ecological and evolutionary time. Paleobiology 16:11-21.

Benton M. J. (2010). The origins of modern biodiversity on land. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365:3667-3679.

Berglund B. E. (2003). Human impact and climate changes—synchronous events and a causal link? Quaternary International 105:7-12.

Bisselink B., Bernhard J., Gelati E., Adamovic M., Guenther S., Mentaschi L., De Roo A. (2018). Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources, EUR 29130 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-80287-4.

Bogardi J.J. (1994). The concept of integrated water resources management as a decision-making problem in Multicriteria Decision Analysis in water resources management. International Hydrological Program, Unesco, Paris

Brundin L. (1972). Phylogenetics and biogeography. Systematic Biology 21:69-79.

Bustin S. (2014). Molecular Biology of the Cell, Sixth Edition, New York and Abington UK, 1464 p.

Byeon D.-H., Jung J.-M., Lohumi S., Cho B.-K., Jung S., and Lee W.-H. (2017). Predictive analysis of Metcalfa pruinosa (Hemiptera: Flatidae) distribution in South Korea using CLIMEX software. Journal of Asia-Pacific Biodiversity 10:379-384.

Carlson E. A. (2011). Mutation: The history of an idea from Darwin to genomics. Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Change D. C. (1983). The Changing Climate. Washington, DC: Nat. Acad.

Chown S. L. and Convey P. (2016). Antarctic entomology. Annual review of entomology 61:119-137.

Clark B. W., Phillips T. A. and Coats J. R. (2005). Environmental fate and effects of Bacillus thuringiensis (Bt) proteins from transgenic crops: a review. Journal of agricultural and food chemistry 53:4643-4653.

Climate Change (2007). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

Coats J. R. (1994). Risks from natural versus synthetic insecticides. Annual review of entomology 39:489-515.

Cone M. (2009). Should DDT be used to combat malaria? Scientific American 20:186-194.

Darlington Jr P. J. (1970). A practical criticism of Hennig-Brundin "Phylogentic Systematics" and Antarctic biogeography. Systematic Biology 19:1-18.

Darwin C. (1987). Charles Darwin's natural selection: being the second part of his big species book written from 1856 to 1858. Cambridge University Press.

Dash A., Raghavendra K. and Pillai M. (2007). Resurrection of DDT: a critical appraisal. Indian Journal of Medical Research 126:1-4.

Daskalakou E.N., Albanis K., Skouteri A., Thanos C.A. (2014). Predicting time-windows for full recovery of postfire regenerating Pinus halepensis Mill. forests after a future wildfire. New Forests 45: 53-70.

Daskalakou E.N., Koutsovoulou K., Mavroeidi L., Tsiamitas C., Kafali E., Radaiou P-E, Ganatsas P., Thanos C.A. (2018). Interannual variability of germination and cone/seed morphometric characteristics in the endemic Grecian fir (Abies cephalonica) over an 8-yr-long study. Seed Science Research 28: 24-33.

Daskalakou E.N., Thanos C.A. (1996). Aleppo pine (Pinus halepensis) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. International Journal of Wildland Fire 6: 59-66.

Daskalakou E.N., Thanos C.A. (2004). Postfire regeneration of Aleppo pine-the temporal pattern of seedling recruitment. Plant Ecology 171: 81-89.

Daskalakou E.N., Thanos C.A. (2010). Seed and cone morphometric indicators: a new tool for the discrimination between the common Mediterranean pines Pinus halepensis Mill. and P. brutia Ten. Plant Biosystems 144: 819-825.

Daskalakou E.N., Thanos C.A. (2010). Postfire seedling dynamics and performance in Pinus halepensis Mill. populations. Acta Oecologica 36: 446-453.

De Jager C., Aneck-Hahn N. H., Bornman M., Farias P., Leter G., Eleuteri P., Rescia M. and Spanò M. (2009). Sperm chromatin integrity in DDT-exposed young men living in a malaria area in the Limpopo Province, South Africa. Human Reproduction 24:2429-2438.

De las Heras J., Moya D., Vega J.A., Daskalakou E., Vallejo V.R., Grigoriadis N., Tsitsoni T., Baeza J., Valdecantos A., Fernández C., Espelta J., Fernandes P. (2012). Post-Fire Management of Serotinous Pine Forests In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J. (eds), Post-Fire Management and Restoration of SE European Forests. Springer, pp. 121-150.

De Rigo D., Libertà G., Houston Durrant T., Artés Vivancos T., San-Miguel-Ayanz J. (2017). Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 71 pp.

Dennis R. L., Hodgson J. G., Grenyer R., Shreeve T. G., and Roy D. B. (2004). Host plants and butterfly biology. Do host plant strategies drive butterfly status? Ecological Entomology 29:12-26.

Dickinson N.M., Pulford I.D. (2005). Cadmium phytoextraction using short-rotation coppice Salix: the evidence trail. Environ. Int., 31, 609-613.

Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Texler M.C., and Wisniewski J. (1994). Carbon pools and flux of global ecosystems. Science 263:185-190.

Donnelly M. (2001). Climate change and the boreal forest: potential implications from a forest industry perspective. In Adapting forest management to future climate, Proc. Workshop. Prairie Adaptation Research Co-operative and the Prince Albert Model Forest Assoc., Regina, Sask. CD-ROM.

Duan J. J., Paradise M. S., Lundgren J. G. and Wiedenmann R. N. (2005). Genetically modified crops and ground beetles as nontarget organisms: developing dietary toxicity assays for larvae of Poecilus chalcites (Coleoptera: Carabidae). American Entomologist 51:227-230.

Enescu C.M., De Rigo D., Caudullo G., Mauri A., Houston Durrant T. (2016). Pinus nigra in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (eds), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e015138+

Epstein P. (2010). The ecology of climate change and infectious diseases: comment. Ecology 91:925-928.

Epstein P. R. (2000). Is global warming harmful to health? Scientific American 283:50-57.

Eschtruth A. K. and Battles J. J. (2008). Deer herbivory alters forest response to canopy decline caused by an exotic insect pest. Ecological Applications 18:360-376.

European Commission. (2012). Innovating for sustainable growth - Publications Office of the EU. Retrieved from https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51

European Forest Institute EFI (2020). Ελήφθησαν από www.efi.int

Farjon A. (2013). Pinus nigra. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42386A2976817. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42386A2976817.en. Downloaded on 30 March 2020.

Fattorini S. (2011). Insect extinction by urbanization: a long term study in Rome. Biological Conservation 144:370-375.

Field C.B., Barros V.R., Mach K.J., Mastrandrea M.D., van Aalst M., Adger W.N., Arent D.J., Barnett J., Betts R., Bilir T.E., Birkmann J., Carmin J., Chadee D.D., Challinor A.J., Chatterjee M., Cramer W., Davidson D.J., Estrada Y.O., Gattuso J.P., Hijioka Y., Hoegh-Guldberg O., Huang H.Q.,. Insarov G.E, Jones R.N., Kovats R.S., Romero-Lankao P., Larsen J.N., Losada I.J., Marengo J.A., McLean R.F., Mearns L.O., Mechler R., Morton J.F., Niang I., Oki T., Olwoch J.M., Opondo M., Poloczanska E.S., Pörtner H.-O., Redsteer M.H., Reisinger A., Revi A., Schmidt D.N., Shaw M.R., Solecki W., Stone D.A., Stone J.M.R., Strzepek K.M., Suarez A.G., Tschakert P., Valentini R., Vicuña S., Villamizar A., Vincent K.E., Warren R., White L.L., Wilbanks T.J., Wong P.P., and Yohe G.W. (2014). Technical summary. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L.White (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 35-94.

Folmar L. C., Sanders H. and Julin A. (1979). Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 8:269-278.

Food and Agriculture Organization FAO (2005). Global Forest Resource Assessment 2005: Progress towards substainable forest management FAO Forestry Paper 147. Rome.

Food and Agriculture Organization FAO (2013a). State of Mediterranean forests 2013. FFEM, Silva Mediterranea, Plan Bleu, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.

Food and Agriculture Organization FAO (2014). The State Of The World's Forest Genetic Resources ISBN 978-92-5-108402-1 (print) E-ISBN 978-92-5-108403-8 (PDF)

Food and Agriculture Organization FAO (2018). Global Forest Resources Assessment (FRA) 2020: Terms and Definition. Resources Assessment Working Paper 188.

Food and Agriculture Organization FAO (2020). Ελήφθησαν από http://www.fao.org/forestry/sfm/85286/en/

Freitas, A. V. and Oliveira P. S. (1996). Ants as selective agents on herbivore biology: effects on the behaviour of a non-myrmecophilous butterfly. Journal of Animal Ecology:205-210.

Gaidos E. J., Güdel M. and Blake G. A. (2000). The faint young Sun paradox: An observational test of an alternative solar model. Geophysical research letters 27:501-503.

Gardner M., Knees S. (2011). Abies cephalonica (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T38320A101026687.

Gaston K.J. and Spicer J.I. (2002). Βιοποικιλότητα: μια εισαγωγή (Επιμέλεια στα ελληνικά: Χ. Χιντήρογλου και Δ. Βαφείδης). Εκδόσεις University Studio Press. ISBN: 960-12-1063-6.

Gayen S., Hossain M. A. and Sen S. K. (2012). Identification of the bioactive core component of the insecticidal Vip3A toxin peptide of Bacillus thuringiensis. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 21:128-135.

Giller P. S. (1984). Niche theory. Pages 8-21 Community Structure and the Niche. Springer.

Global Forest Resources Assessment (2015). Country report for Greece, prepared as a contribution to the FAO publication, the Global Forest Resources Assessment 2015, 69 p. http://www.fao.org/3/a-au190e.pdf.

Goldammer J., Xanthopoulos G., Eftichidis G., Mallinis G., Mitsopoulos I., Dimitrakopoulos A. (2019). Report of the Independent Committee tasked to Analyze the Underlying Causes and Explore the Perspectives for the Future Management of Landscape Fires in Greece. The Global Fire Monitoring Center (GFMC). 155 p. (In Greek, executive summary in English).

Goldblatt C., and Zahnle K. J. (2011). Faint young Sun paradox remains. Nature 474: E1-E1.

Goncalves R. M., Scopel K. K., Bastos M. S. and. Ferreira M. U. (2012). Cytokine balance in human malaria: does Plasmodium vivax elicit more inflammatory responses than Plasmodium falciparum? PloS one 7.

Granier A. (1985). A new method of sap flow measurement in tree stems. Ann. Sci. For. 42: 193–200.

Greim H., Saltmiras D., Mostert V., and Strupp C. (2015). Evaluation of carcinogenic potential of the herbicide glyphosate, drawing on tumor incidence data from fourteen chronic/carcinogenicity rodent studies. Critical reviews in toxicology 45:185-208.

Gressitt J., Leech R., and Wise K. (1963). Entomological investigations in Antarctica. Pacific Insects 5:287-304.

Greuter W., Burdet H.M., Long G. (eds) (1984). Med-Checklist Vol. I, Conservatoire et Jardin Botaniques, Ville de Geneve Med-Checklist Trust of OPTIMA, Geneve.

Grimaldi D. (2001). Insect evolutionary history from Handlirsch to Hennig, and beyond. Journal of Paleontology 75:1152-1160.

Grimaldi D., Engel M. S. and Engel M. S. (2005). Evolution of the Insects. Cambridge University Press.

Gullan P. J. and Cranston P. S. (2014). The insects: an outline of entomology. John Wiley & Sons.

Hartwell L., Goldberg M. L., Fischer J. A., Hood L. E., & Aquadro C. F. (2008). Genetics: from genes to genomes (pp. 978-0073227382). New York: McGraw-Hill.

Hens L., Howard V., and Nicolopoulou-Stamati P. (2001). Endocrine Disrupters: Environmental Health and Policies: Proceedings of the Seminar'Environmental Health Aspects of Endocrine Disrupters' Hippocrates Foundation, Kos, Greece, 2-4 September, 1999. Kluwer Academic Publishers.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

International Union for Conservation of Nature IUCN (2020). Ελήφθησαν από https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/forests-and-climate-change

IPBES (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version. Available at https://www.ipbes.net/news/ipbes-global-assessment-summary-policymakers-pdf

Iriondo J. M., Maxted N. Dulloo E. (2008). Conserving Plant Genetic Diversity in Protected Areas: Population Management of Crop Wild Relatives. (CAB International, Wallingford,).

Jenkins G. S. (2000). Global climate model high‐obliquity solutions to the ancient climate puzzles of the Faint‐Young Sun Paradox and low‐altitude Proterozoic glaciation. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 105:7357-7370.

John E. and Vane-Wright R. I. (2019). Danaus chrysippus chrysippus (Linnaeus, 1758) ff.'alcippus' and'alcippoides'(Lepidoptera: Nymphalidae, Danainae) from Cyprus. Entomologist's Gazette 70:135-146.

John E., Cottle N., McArthur A. and Makris C. (2008). Eastern Mediterranean migrations of Pieris rapae (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae): observations in Cyprus, 2001 and 2007. ENTOMOLOGISTS GAZETTE 59:71.

Johnson B., and Sukhdeo M. (2013). Drought-induced amplification of local and regional West Nile virus infection rates in New Jersey. Journal of medical entomology 50:195-204.

Jones E. L., and Leather S. R. (2013). Invertebrates in urban areas: a review. EJE 109:463-478.

Jonsson R. (2011). Trends and Possible Future Developments in Global Forest Product Markets Implications for the Swedish Forest Sector. Forests, 2, 147-167

Kalapanida M. and Petrakis P. V. (2012). Temporal partitioning in an assemblage of insect defoliators feeding on oak on a Mediterranean mountain. European Journal of Entomology 109.

Kapler-Smith J. (ed) (2000). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-V. 1. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 83 p.

Karavitis C.A. (1992). Drought Management Strategies for Urban Water Supplies: The Case of Metropolitan Athens. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Keeley J.E., Bond W.J., Bradstock R.A., Pausas J.G., Rundel P.W. (2012). Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management. Cambridge University Press, 515 p.

Kirsch-Volders M. (2012). Mutagenicity, carcinogenicity, and teratogenicity of industrial pollutants. Springer Science & Business Media.

Koller V. J., Fürhacker M., Nersesyan A., Mišík M., Eisenbauer M., and Knasmueller S. (2012). Cytotoxic and DNA-damaging properties of glyphosate and Roundup in human-derived buccal epithelial cells. Archives of toxicology 86:805-813.

Korakaki E., Legakis A., Katsanevakis S., Koulelis P., Avramidou E., Soulioti N. and P. V. Petrakis. (2020). Invasive Alien Species of Greece. n Pullaiah. T., editor. Invasive and Alien Species of Europe. Apple Academic Press, AAP / CRC Press, Waretown, New Jersey, USA <in press>

Koulelis P.P. (2011). Greek Timber Industries and Wood Product Markets over the Last Century: Development Constraints and Future Directions. Annals of Forest Research, 54, 229-240.

Koulelis P.P. (2012). Short communication. A study of the Greek trade deficit in forest products. Current conditions and prospects/Forest Systems 21(3), 549-554.

Koulelis P.P. (2016). Forest Products Consumption and Trade Deficit in Greece during the Financial Crisis: A Quantitative Statistical Analysis. Open Journal of Business and Management, 4, 258-265.

Kozlowski T.T, and Pallardy S.G. (1997). Growth control in woody plants. Academic Press, San Diego.

Kozlowski T.T., Kramer P.J., and Pallardy S.G. (1991). The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, San Diego.

Kramer P.J. (1983). Water Relations of Plants. Academic Press, Florida.

Krishna S. (1997). Science, medicine, and the future: malaria. Bmj 315:730-732.

Kukalova J. (1970). Revisional study of the order Palaeodictyoptera in the Upper Carboniferous shales of Commentry, France. Part III. Psyche: A Journal of Entomology 77:1-44.

Kukalová-Peck J. (1970). Megasecoptera from the lower Permian of Moravia. Psyche 82.

Labandeira C. C. (2005). The fossil record of insect extinction: new approaches and future directions. American Entomologist 51:14-29.

Lafferty K. D. (2009). CONCEPTS & SYNTHESIS. Ecology 90:888-900.

Lafferty K. D. (2010). The ecology of climate change and infectious diseases: reply. Ecology 91:928-929.

Lambers H., Chapin F.S. III, and Pons T.L. (1998). Plant physiological ecology. Springer, New York

Lane C. S., Chorn B. T. and Johnson T. C. (2013). Ash from the Toba supereruption in Lake Malawi shows no volcanic winter in East Africa at 75 ka. Proceedings of the National Academy of Sciences 110:8025-8029.

Le Houerou H.N. (1987). Vegetation wildfires in the Mediterannean Basin: evolution and trends. Ecologia Mediterranea 13: 13-24.

Leather S. (2017). "Ecological Armageddon"-more evidence for the drastic decline in insect numbers. Annals of Applied Biology 172:1-3.

Lee Jr R. E. and Denlinger D. L. (2006). Entomology on the Antarctic Peninsula: the southernmost insect. American Entomologist 52:84-89.

Legakis A., Constantinidis T., and Petrakis P. V. (2018). Biodiversity in Greece. Global biodiversity, Vol. 2, selected countries in Europe. Apple Academic Press.

Levinsky I., Skov F., Svenning J. C., and Rahbek C. (2007). Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. Biodiversity and Conservation, 16, 3803-3816.

Li J., Carroll J. and Ellar D. J. (1991). Crystal structure of insecticidal δ-endotoxin from Bacillus thuringiensis at 2.5 Å resolution. Nature 353:815-821.

Lindner M., Sohngen B., Joyce L.A., Price D.T., Bernier P.Y., and Karjalainen T. (2002). Integrated forestry assessments for climate change impacts. Forest Ecology and Management 162:117–136.

Lodish, H. F. (2016). Molecular cell biology. 8th ed. New York: W.H. Freeman, 1280p.

Lykidis C. T., Nardi G. and Petrakis P. V. (2016). First record of Sinoxylon anale and S. unidentatum in Greece, with an updated account on their global distribution and host plants (Coleoptera: Bostrichidae). Fragmenta entomologica 48:101-121.

Malcolm J.R., Liu C., Neilson R.P., Hansen L.and Hannah L. (2006). Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. Conservation Biology, 20, 538-48.

Marzo A., Herreros R., Zreik Ch (eds) (2015). Guide of Good Restoration Practices for Mediterranean Habitats. Ecoplantmed, ENPI, CBC-MED. Απόδοση στα ελληνικά: Αναγνωστοπούλου Μ. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Κοκκινάκη Α., Μονάδα Διατήρησης Μεσογειακών Φυτών CIHEAM - MAIX. 155 σελ.

Matten S. R., Lewis P. I., Tomimatsu G., Sutherland D. W., Anderson N. and Colvin-Snyder T. L. (1996). The US Environmental Protection Agency's role in pesticide resistance management. ACS Publications.

Medina P., Budia F., Del Estal P. and Vinuela E. (2004). Influence of azadirachtin, a botanical insecticide, on Chrysoperla carnea (Stephens) reproduction: toxicity and ultrastructural approach. Journal of Economic Entomology 97:43-50.

Micieta K. and Murin G. (1996). Microscope analysis for genotoxicity of a polluted environment. Environmental and Experimental Botany 36:21.

Micieta K. and Murin G. (1998). Three species of genus pinus suitable as biondicators of polluted environment. Water, Air and Soil Pollution 104: 413-422.

Moreira F., Arianoutsou M., Vallejo R.V., de las Heras J., Corona P., Xanthopoulos G., Fernandes P., Papageorgiou K. (2012). Setting the Scene for Post-Fire Management In: F. Moreira et al. (eds), Post-Fire Management and Restoration of SE Forests, Managing Forest Ecosystems 24, Springer. pp. 1-19.

Moutschen-Dahmen J., Moutschen-Dahmen M., and Degraeve N. (1984). Mutagenicity, carcinogenicity, and teratogenicity of insecticides. Pages 127-203 Mutagenicity, Carcinogenicity, and Teratogenicity of Industrial Pollutants. Springer.

Mullis K.B. (1990). Target amplification for DNA analysis by the polymerase chain reaction. Ann Biol Clin (Paris) 48:579-582.

Naveh Z. (1975) The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. Vegetatio 29: 199-208.

Nei M., & Tajima, F. (1981). Genetic drift and estimation of effective population size. Genetics, 98(3), 625-640.

Olsen P. E., and Kent D. V. (1999). Long-period Milankovitch cycles from the Late Triassic and Early Jurassic of eastern North America and their implications for the calibration of the Early Mesozoic time–scale and the long–term behaviour of the planets. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 357:1761-1786.

Ordóñez J.L., Molowny-Horas R., Retana J. (2006). A model of the recruitment of Pinus nigra from unburned edges after large wildfires Ecological Modelling 197: 405-417.

Orlinski A. (2006). Outcomes of the EPPO project on quarantine pests for forestry 1. EPPO bulletin 36:497-511.

Orlinski A. D. (2004). The EPPO Project on Quarantine Pests for Forestry. Page 48 in Proceedings, XIV US Department of Agriculture Interagency Research Forum on Gypsy Moth and Other Invasive Species 2003: January 14-17, 2003, Loews Annapolis Hotel, Annapolis, Maryland. USDA Forest Service, Northeastern Research Station.

Osman G., Already R., Assaeedi A., Organji S., El-Ghareeb D., Abulreesh H. and Althubiani A. (2015). Bioinsecticide Bacillus thuringiensis a comprehensive review. Egyptian Journal of Biological Pest Control 25:271.

Palahi M., Mavsar R., Gracia C., Birot Y. (2008). Mediterranean forests under focus. International Forestry Review, 10 (4), 676-688.

Pausas J.G., Keeley J.E. (2014). Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. New Phytologist 204: 55-65

Petrakis P. V. (1992a). Plant-Hetroptera association in an east Mediterranean ecosystem. University of Carsiff, Cardiff, Wales, UK.

Petrakis P. V. (2008). Current insect extinctions. Pages 195-249 Mass Extinction. Springer.

Petrakis P. V. and Legakis A. (2005). Insect migration and dispersal with emphasis on Mediterranean ecosystems. Pages 85-126 Migration of Organisms. Springer.

Petrakis P. V., Roussis V., Vagias C., and Tsoukatou M. (2010). The interaction of pine scale with pines in Attica, Greece. European journal of forest research 129:1047-1056.

Petrakis P., and Moulet P. (2011). First record of the nearctic Zelus renardii (Heteroptera, Reduviidae, Harpactocorinae) in Europe. Entomologia Hellenica 20:75-81.

Pieniążek D., Bukowska B., and Duda W. (2004). Comparison of the effect of Roundup Ultra 360 SL pesticide and its active compound glyphosate on human erythrocytes. Pesticide biochemistry and physiology 79:58-63.

Raizada R., Srivastava M., Kaushal R. and Singh R. (2001). Azadirachtin, a neem biopesticide: subchronic toxicity assessment in rats. Food and chemical toxicology 39:477-483.

Rampino M. R. and Self S. (1992). Volcanic winter and accelerated glaciation following the Toba super-eruption. Nature 359:50-52.

Randolph S. E. (2009). Perspectives on climate change impacts on infectious diseases. Ecology 90:927-931.

Raymo, M. E., and Ruddiman W. F. (1992). Tectonic forcing of late Cenozoic climate. Nature 359:117-122.

Regato P. (2008). Adapting to Global Change: Mediterranean Forests. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. ii+254 pp.

Regato P. (2010). Τα Μεσογειακά Δάση απέναντι στην Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή, WWF Ελλάς, Αθήνα

Relyea R. A. and Jones D. K. (2009). The toxicity of Roundup Original Max® to 13 species of larval amphibians. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal 28:2004-2008.

Rothschild M. L., Euw J. v, Reichstein T., Smith D. and Pierre J. (1975). Cardenolide storage in Danaus chrysippus (L.) with additional notes on D. plexippus (L.). Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences 190:1-31.

Rotondi A., Rossi F., Asunis C., Cesaraccio C. (2003). Leaf xeromorphic adaptations of some plants of coastal Mediterranean macchia ecosystem. Journal of Mediterranean Ecology 4: 25–35.

Salas J. (1993). Analysis and modeling of hydrologic time series. Handbook of hydrology. McGraw-Hill. New York. Vol. 19. pp. 1-72.

Samanidou-Voyadjoglou A., Roussis V., and Petrakis P. V. (2007). Biological control of mosquito populations: an applied aspect of pest control by means of natural enemies. Pages 123-149 Predation in organisms. Springer.

Sancho-Knapik D., Peguero-Pina J.J, Fariñas L., Gómez Álvarez-Arenas T.E. and Pelegrín E. (2013). Ultrasonic spectroscopy allows a rapid determination of the relative water content at the turgor loss point: A comparison with pressure-volume curves in 13 woody species. Tree physiology. 33: 695-700.

Seidl R., Spies T.A., Peterson D.L., Stephens S.L., & Hicke J.A. (2016). Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. The Journal of applied ecology, 53(1), 120–129.

Simov N., Gradinarov D., and Davranoglou L.-R. (2017). Three new assassin bug records (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) for the Balkan Peninsula. Ecologica Montenegrina 13:25-29.

Slarkin M. (1985). Gene flow in natural populations. Annual review of ecology and systematics, 16(1), 393-430.

Solberg B. (1986). Forest sector simulation models as methodological tools in forest policy analysis. Silva Fennica 20, 419 427.

Solomou A., Skoufogianni E., Bartzialis D., Golia E., Charvalas G. and Danalatos N. (2019). Value and Utilization of Plants for Metal Phytoremediation: A Promising Tool of Environment for Sustainable Development. Seventh International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2019) and SECOTOX Conference. May 19-24, 2019, Mykonos Island, Greece. Proceedings, pp 6-15.

Sorg M., Schwan H., Stenmans W., and M. A. (2013). Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise Fallen in den Jahren 1989 und 2013. Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld 1:1-5.

Spanos I.A., Daskalakou E.N., Thanos C.A. (2000). Postfire, natural regeneration of Pinus brutia forests in Thasos Island, Greece. Acta Oecologica 21: 13-20.

Spiegel D. S., Raymond S. N., Dressing C. D.,. Scharf C. A, and Mitchell J. L. (2010). Generalized Milankovitch cycles and long-term climatic habitability. The Astrophysical Journal 721:1308.

Spittlehouse D.L. (2001). Evaluating and managing for the effects of future climates on forest growth. In Adapting forest management to future climate, Proc. Workshop.

Stebich M., Brüchmann C., Kulbe T. and Negendank J. F. (2005). Vegetation history, human impact and climate change during the last 700 years recorded in annually laminated sediments of Lac Pavin, France. Review of Palaeobotany and Palynology 133:115-133.

Stoof C.R. (2019). Soil heating In: Pereira P., Mataix-Solera J., Ubeda X., Rein G., Cerda A. (eds) Fire Effects on Soil Properties, pp. 229-240. CSIRO Publishing.

Stork N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? Annual review of entomology 63:31-45.

Tedim F., Leone V., Coughlan M., Bouillon C., Xanthopoulos G., Royé D., Correia F.J.M., Ferreira C. (2020). Extreme wildfire events: The definition. In: Extreme Wildfire Events and Disasters Elsevier. pp. 3-29.

Thanos C.A., Doussi M. (2000). Post-fire regeneration of Pinus brutia Forests. In: Ne'eman G., Trabaud L. (eds), Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 291-301.

Thanos C.A., Georghiou K. (1988). Ecophysiology of fire‑stimulated seed germination in Cistus incanus ssp. creticus (L.) Hey wood and C. salvifolius L. Plant, Cell & Environment 11: 841-849.

Thanos C.A., Georghiou K., Kadis C., Pantazi C. (1992). Cistaceae: a plant family with hard seeds. Israel Journal of Plant Sciences 41: 251-263.

Thanos C.A., Skordilis A., Daskalakou E.N. (1995). Comparative ecophysiological study of the postfire regeneration of Mediterranean pines (in Greek). Technical Report of Research Project PENED 91/824, Athens: University of Athens, 133 p.

Thanos C.A., Skordilis A., Daskalakou E.N. (1998). The regeneration potential of Aleppo pine (at young age stages) and the postfire resilience of Mediterranean forests (at gradually decreasing interfire periods) (in Greek). Technical Report of Research Project PENED 95/295, Athens.

Tíscar P.A., Linares J.C. (2011). Structure and regeneration patterns of Pinus nigra subsp. salzmannii natural forests: a basic knowledge for adaptive management in a changing climate. Forests 2: 1013-1030.

Tsankov G., Mirchev P. and Ovcharov D. (1994). Insect pests and their role in the decline and dying of silver fir (Abies alba) in Bulgaria. Nauka za Gorata 31:23-33.

Tsitsoni T. (1997). Conditions determining natural regeneration after wildfires in the Pinus halepensis (Miller 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece). Forest Ecology and Management 92: 199-208.

Tyree M.T., Ewers F.W. (1991). The hydraulic architecture of trees and other woody plants. New Phytologist 119:345-360.

United Nations (1992), 'Report of The United Nations Conference on Environment and Development', A/CONF.151/26, Rio de Janeiro.

Valladares F., Benavides R., Rabasa S.G., Diaz M., Pausas J.G., Paula S. Simonson W.D. (2014). Global change and Mediterranean forests: current impacts and potential responses. In: Coomes D.A., Burslem D.F.R.P., W.D. Simonson (eds), Forests and Global Change, pp. 47-75. Cambridge University Press. British Ecological Society.

Vallejo R., Aronson J., Pausas J., Cortina J. (2006). Restoration of Mediterranean woodlands. In: J. van Andel and J. Aronson (eds). Restoration Ecology: The New Frontier. Blackwell Science, Oxford, pp. 193-207.

Vallejo R.V., Arianoutsou M., Moreira F. (2012). Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. In: F. Moreira et al. (eds.), Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests, pp. 93-119, Managing Forest Ecosystems 24, Springer.

Vanhanen H., Veteli T., and Niemelä P. (2008). Potential distribution ranges in Europe for Aeolesthes sarta, Tetropium gracilicorne and Xylotrechus altaicus, a CLIMEX analysis. EPPO bulletin 38:239-248.

Vigfusson N., and Vyse E. (1980). The effect of the pesticides, Dexon, Captan and Roundup, on sister-chromatid exchanges in human lymphocytes in vitro. Mutation Research/Genetic Toxicology 79:53-57.

Vorou R. (2010). Control of Vector-borne Diseases in Europe: Mini review. Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics, International 24:239-246.

Vorou R., Papavassiliou V., and Tsiodras S. (2007). Emerging zoonoses and vector-borne infections affecting humans in Europe. Epidemiology & infection 135:1231-1247.

Wagener D. K. (1976). Preferential mating. Nonrandom mating of a continuous phenotype. Theoretical population biology, 10(2), 185-204.

Watson J. D., Crick F. H. (1953). Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. Nature. 171 (4356): 737–738.

White N. (2008). Plasmodium knowlesi: the fifth human malaria parasite. The University of Chicago Press.

White T. L., Adams W. T., & Neale D. B. (Eds.). (2007). Forest genetics. Cabi.

Wilhite D.A. (2004). Drought as a natural hazard. In International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence. Mitigation, and Consequences. Edited by J.P. Stoltman, J. Lidstone, and L.M.

World Meteorological Organization WMO (2020). Ελήφθησαν από https://public.wmo.int/en

Wright S. (1984a). Evolution and the genetics of populations, volume 1: genetic and biometric foundations (Vol. 1). University of Chicago press

Wright S. (1984b). Evolution and the Genetics of Populations, Volume 2: Theory of gene frequencies (Vol. 2). University of Chicago press

Wright S. (1984c). Evolution and the genetics of populations, volume 3: experimental results and evolutionary deductions (Vol. 3). University of Chicago Press.

Yano B., Bond D., Novilla M., McFadden L. and Reasor M. (2002). Spinosad insecticide: subchronic and chronic toxicity and lack of carcinogenicity in Fischer 344 rats. Toxicological sciences 65:288-298.

Young F., Ho D., Glynn D. and Edwards V. (2015). Endocrine disruption and cytotoxicity of glyphosate and roundup in human JAr cells in vitro. synthesis 14:17.

Zagas T., Ganatsas P., Tsitsoni T., Tsakaldimi M. (2004). Post-fire regeneration of Pinus halepensis Mill. stands in the Sithonia peninsula, northern Greece. Plant Ecology 171: 91-99.

Zhao F.-J., McGrath S. (2009). Biofortification & phytoremediation. Current Opinion in Plant Biology, 12, 373-380.

Zimmermann M.H., Jeje A.A. (1981). Vessellength distribution in stems of some American woody plants. Canadian Journal of Botany 59: 1882-1892.

ΑΜΦΙΒΙΟΝ (2011). Οι επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα. Διμηνιαία έκδοση του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων-Υγροτόπων. Θεσσαλονίκη, Τεύχος 92. σελ. 6-7.

Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη Μ. (1979). Βιολογική δραστηριότητα μετά από φωτιά σε φρυγανικό οικοσύστημα. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 136 σελ.

Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη Μ. (2001). Δείκτες μεταπυρικής φυσικής αναγέννησης στα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Σελ. 105-120, Ξανθόπουλος Γ. & Αριανούτσου Μ. (επιμ. έκδοσης). Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.

Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη Μ., Καζάνης Δ. (2012). Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας. Α.Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος, Γ. Κατσαδωράκης (επιμ. έκδοσης). Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση. WWF Ελλάς, Αθήνα. Σελ. 103-116.

Ατσαλάκης Κ. (2014). Φυτοεξυγίανση εδάφους από κάδμιο με χρήση του αλόφυτου Crithmum maritimum (L.). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος Π.Μ.Σ.: Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική. Χανιά, Κρήτη.

Δασκαλάκου Ε.Ν. (1996). Οικοφυσιολογία της μεταπυρικής αναγέννησης της χαλεπίου πεύκης (Pinus halepensis). Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 179 σελ.

Δημόπουλος Π., Bergmeier E., Ελευθεριάδου Ε., Θεοδωρόπουλος Κ., Γερασιμίδης Α., Τσιαφούλη Μ. (2012). Οδηγός αναγνώρισης και ερμηνείας Δασικών Τύπων Οικοτόπων στην Ελλάδα. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Δυτικής Ελλάδας, Αγρίνιο, 178 σελ.

Δούση Μ. (2000). Οικοφυσιολογία Σπερμάτων σε Μεσογειακά Οικοσυστήματα - Προσαρμοστικοί Μηχανισμοί Μεταπυρικής Αναγέννησης. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 249 σελ.

Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων - ΕΚΒΥ (2014-2019). Τι είναι η Βιοποικιλότητα; (Πρόσβαση: http://biodiversity-info.gr/index.php/el/what-is-biodiversity)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2009). Ο Ρόλος Της Φύσης Στην Κλιματική Αλλαγή. Retrieved from http://bit.ly/2RkujUT

Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς - ΚΠΕ (2007). Ανακαλύπτω τα μυστικά του τόπου μου – βιοποικιλότητα. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης ΕΠΕΑΕΚ, Συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΚΤ) και το Ελληνικό Δημόσιο. ISBN: 978-960-88010-4-2.

Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς. 2006. Το εργαστήρι της Ζωής-Βιοποικιλότητα. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης ΕΠΕΑΕΚ, Συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΚΤ) και το Ελληνικό Δημόσιο. ISBN 960-89291-3-Χ.

Κορακάκη Ε. στο Regato P. (2010). Τα Μεσογειακά Δάση απέναντι στην Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή, WWF Ελλάς, Αθήνα

Κορακάκη Ε.; Φωτέλλη Μ., Ραδόγλου Κ., (2019). Η μέθοδος της θερμικής μεταφοράς για την εκτίμηση της διαπνοής των δασικών οικοσυστημάτων. Πρακτικά 19ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, Λιτόχωρο Πιερίας, 2019.

Κωνσταντινίδης Π., Γκατζογιάννης Σ. (2001). Επιλογή φυτικών ειδών για αναδασώσεις σε πυρόπληκτες περιοχές. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε (Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών). 183 σελ.

Λεγάκης Α. (2016). Βιοποικιλότητα και κλιματική αλλαγή. Η ΦΥΣΗ. Τεύχος 152. σελ. 22-27.

Μανουσάκη Ε. (2008). Χαρακτηρισμός της ικανότητας μεσογειακών φυτών για την απομάκρυνση Pb & Cd από ρυπασμένα εδάφη. Διδακτορική διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Ντάφης Σ. (2010). Τα δάση της Ελλάδας. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας. Θεσσαλονίκη. 192 σελ.

Ντάφης Σ., Παπαστεργιάδου Ε., Γεωργίου Κ., Μπαμπαλώνας Δ., Γεωργιάδης Θ., Παπαγεωργίου Μ., Λαζαρίδου U., Τσιαούση Β. (1997). Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το Έργο Οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο ΦΥΣΗ 2000. Συμβόλαιο αριθμός Β4-3200/94/756, Γεν. Διεύθυνση XI Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων.

Πανέτσος Κ.Π. (1986). Γενετική και Βελτίωση Δασοπονικών Ειδών, Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη, Θεσσαλονικη.

Ραδόγλου Κ., Κορακάκη Ε. (2012). Οι λειτουργίες των δασών στη γη: υδατικό στρες και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στο βιβλίο «Το Δάσος : Μια Ολοκληρωμένη Προσέγγιση».(Επιμέλεια: Α. Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος, Γ. Κατσαδωράκης), WWF Ελλάς, 2012: σελ. 61 – 76

Ριζοπούλου Σ., Γεωργίου Κ., Θάνος Κ., Μελετίου Μ.-Σ. (2015). Εργαστηριακές Ασκήσεις Οικοφυσιολογίας Φυτών. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, www.kallipos.gr.

Τσόπελας Π., Μπαλούτσος Γ., Οικονόμου Α., Σουλιώτη Ν., Αγγελόπουλος Α. (2003). Νεκρώσεις ελάτης στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Πρακτικά 11ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, Αρχαία Ολυμπία 2003.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης (2002). Ορισμοί ειδικών όρων και εννοιών της δασικής διαχειριστικής. Αθήνα.

ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΦΙΛΟΔΑΣΙΚΗ PHILODASSIKI

www.fria.gr

Το έργο χρηματοδοτείται από το το Πράσινο Ταμείο που εγκρίθηκε και εντάχθηκε στον άξονα: «Καινοτόμες δράσεις» του χρηματοδοτικού προγράμματος: «Φυσικό περιβάλλον & καινοτόμες δράσεις» (Αρ. Απόφασης 148.3/2018), (Επιστημονικά υπεύθυνος: Δρ. Παναγιώτης Κουλελής) και σε συνεργασία με τη Φιλοδασική Ένωση Αθηνών.