



ΤΟ ΔΑΣΟΣ

Μια Ολοκληρωμένη Προσέγγιση

Επιμέλεια: Αριστοτέλης Χ. Παπαγεωργίου, Γεώργιος Καρέτσος, Γεώργιος Κατσαδωράκης

WWF Ελλάς, 2012

ΤΟ ΔΑΣΟΣ

Μια Ολοκληρωμένη Προσέγγιση

Επιμέλεια: Αριστοτέλης Χ. Παπαγεωργίου, Γεώργιος Καρέτσος,
Γεώργιος Κατσαδωράκης

Επιστημονική Επιμέλεια Έκδοσης: Αριστοτέλης Χ. Παπαγεωργίου,
Γεώργιος Καρέτσος, Γεώργιος Κατσαδωράκης

Συντονισμός Έκδοσης: Ευαγγελία Κορακάκη, Ηλίας Τζηρίτης

Γλωσσική Επιμέλεια: Αριάδνη Χατζηανδρέου

Φωτογραφία εξώφυλλου: © WWF Ελλάς/Andrea Bonetti

Σχεδιασμός-Παραγωγή: ΚΕΘΕΑ Σχήμα-Χρώμα

ISBN: 978-960-7506-28-3

Copyright: WWF Ελλάς

Προτεινόμενη αναφορά: Όνομα συγγραφέα-ων. 2012. Τίτλος κεφαλαίου.
Σελ. 000-000 στο Α.Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος και Γ. Κατσαδωράκης
(επιμ. έκδοση). Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση.
WWF Ελλάς, Αθήνα.

Το βιβλίο έχει τυπωθεί σε χαρτί Soporset Premium Offset/100 gr
πιστοποιημένο κατά FSC (Cert. no SW-COC-1783).

Διατίθεται δωρεάν και απαγορεύεται οποιαδήποτε εμπορική χρήση.

Η παρούσα έκδοση πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος
«Το Μέλλον των Δασών», με την συγχρηματοδότηση των κοινωφελών
ιδρυμάτων Ι.Σ. Λάτση, Α.Γ. Λεβέντη και Μποδοσάκη, καθώς και με την
υποστήριξη ιδιωτών.


Κοινωφελές Ίδρυμα
Ιωάννη Σ. Λάτση




ΙΔΡΥΜΑ ΜΠΟΔΟΣΑΚΗ

Περιεχόμενα

Πρόλογος Προέδρου Δ.Σ. WWF Ελλάς	7
Πρόλογος Προέδρου Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης	8

ΜΕΡΟΣ Α' - Το δασικό οικοσύστημα

1. Εισαγωγή: Το δασικό οικοσύστημα, <i>Π. Σμύρης</i>	13
2. Η εξελικτική ιστορία της ελληνικής χλωρίδας, <i>Α. Δρούζας</i>	17
3. Η χλωρίδα και η βλάστηση των δασών της Ελλάδας, <i>Γ. Κοράκης</i>	25
4. Δασική πανίδα, <i>Κ. Ποϊραζίδης, Σ. Καζαντζίδης, Α. Γιαννακόπουλος, Γ. Μήτσαϊνας</i>	43
5. Οι λειτουργίες των δασών στη γη: υδατικό στρες και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, <i>Κ. Ραδόγλου, Ε. Κορακάκη</i>	61
6. Το έδαφος στα δάση, <i>Π. Μιχόπουλος, Α. Οικονόμου</i>	77
7. Το νερό στα δάση, <i>Α. Μπουρλέτσικας, Ν. Προύτσος</i>	89
8. Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας, <i>Μ. Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Δ. Καζάνης</i>	103
Σύνοψη Μέρους Α', <i>Α. Χ. Παπαγεωργίου</i>	117

ΜΕΡΟΣ Β' - Σύγχρονα θέματα εφαρμοσμένης δασοπονίας και πολιτικής

1. Αειφορική διαχείριση των δασών, <i>Σ. Γκατζογιάννης</i>	121
2. Κλιματική αλλαγή και δάση, <i>Χ. Πέτσικος</i>	127
3. Προστατευόμενες περιοχές: βασικές έννοιες και η αποτελεσματικότητά τους στη διατήρηση της βιοποικιλότητας στην Ελλάδα, <i>Π. Μαραγκού, Ι. Χριστοπούλου</i>	155
4. Η υγεία των δασικών οικοσυστημάτων, <i>Π. Τσόπελας, Π. Καρανικόλα</i>	173
5. Το φαινόμενο της δασικής πυρκαγιάς ως πρόβλημα: χαρακτηριστικά, προσεγγίσεις αντιμετώπισης και συνολική διαχείριση, <i>Γ. Ξανθόπουλος</i>	187
6. Το πλαίσιο διαχείρισης των ελληνικών δασών, <i>Σ. Γαλατσίδας</i>	201
7. Ποιότητα και μεταβλητότητα της δομής του ξύλου σε σχέση με την αξιοποίησή του, <i>Σ. Αδαμόπουλος, Η. Βουλγαρίδης</i>	213
8. Λιβαδικά οικοσυστήματα και προοπτικές αειφορικής διαχείρισης, <i>Α. Κυριαζόπουλος, Ε. Αβραάμ, Μ. Βραχνάκης, Ζ. Παρίση</i>	229
9. Αποκατάσταση δασικών οικοσυστημάτων, <i>Γ. Καρέτσος, Α. Μπουρλέτσικας, Γ. Μάντακας</i>	245
Σύνοψη Μέρους Β', <i>Α. Χ. Παπαγεωργίου</i>	261

Στοιχεία Επιμελητών και Συντονιστών έκδοσης

Καρέτσος Γεώργιος	Δασολόγος, Διευθυντής Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα» kage@fria.gr
Κατσαδωράκης Γεώργιος	Βιολόγος-Ορνιθολόγος, Επιστημονικός Σύμβουλος WWF Ελλάς doncats@otenet.gr , g.catsadorakis@wwf.gr
Κορακάκη Ευαγγελία	Δασοπόνος, Υπεύθυνη Δασικών Προγραμμάτων, WWF Ελλάς e.korakaki@wwf.gr
Παπαγεωργίου Αριστοτέλης	Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης apapage@fmenr.duth.gr
Τζιρίτης Ηλίας	Πολιτικός Επιστήμονας, Συντονιστής Τοπικών Δράσεων, WWF Ελλάς e.tziritis@wwf.gr

Στοιχεία Συγγραφέων

Αβραάμ Ελένη	Επικουρη Καθηγήτρια, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης eabraham@for.auth.gr
Αδαμόπουλος Στέργιος	Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασοπονίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Λάρισας adamopoulos@teilar.gr
Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη Μαργαρίτα	Καθηγήτρια, Τομέας Οικολογίας-Ταξινόμησης, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών marianou@biol.uoa.gr
Βουλγαρίδης Ηλίας	Καθηγητής, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης evoulga@for.auth.gr
Βραχνάκης Μιχαήλ	Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασοπονίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Λάρισας mvrahnak@teilar.gr
Γαλατσίδας Σπύρος	Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης sgalatsi@fmenr.duth.gr
Γιαννακόπουλος Αλέξιος	Δασολόγος, Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας, Τομέας Διαχείρισης Οικοσυστημάτων, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου agiannak@env.aegean.gr
Γκατζογιάννης Στυλιανός	Δασολόγος, Τακτικός Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη gatzo@fri.gr

Δρούζας Ανδρέας	Λέκτορας, Εργαστήριο Συστηματικής Βοτανικής & Φυτογεωγραφίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης drouzas@bio.auth.gr
Καζάνης Δημήτριος	Επιμελητής Βοτανικού Μουσείου, Επιστημονικός Συνεργάτης Τομέα Οικολογίας-Ταξινομικής, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών dkazanis@biol.uoa.gr
Καζαντζίδης Σάββας	Βιολόγος, Αναπληρωτής Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη savkaz@fri.gr
Καρανικόλα Παρασκευή	Επικουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης pkaranik@fmenr.duth.gr
Καρέτσος Γεώργιος	Δασολόγος, Διευθυντής Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα» kage@fria.gr
Κορακάκη Ευαγγελία	Δασοπόνος, Υπεύθυνη Δασικών Προγραμμάτων, WWF Ελλάς e.korakaki@wwf.gr
Κοράκης Γεώργιος	Λέκτορας, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης gkorakis@fmenr.duth.gr
Κυριαζόπουλος Απόστολος	Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης apkyriaz@fmenr.duth.gr
Μάντακας Γεώργιος	Δασολόγος, Ειδικός Επιστήμονας, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων mage@fria.gr
Μαραγκού Παναγιώτα	Βιολόγος, Συντονίστρια Τμήματος Επιστημονικής Τεκμηρίωσης και Υποστήριξης, WWF Ελλάς p.maragou@wwf.gr
Μήτσαινας Γεώργιος	Βιολόγος-Ερευνητής, Εργαστήριο Ζωολογίας, Τομέας Βιολογίας Ζώων, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών mitsain@upatras.gr
Μιχόπουλος Παναγιώτης	Δασολόγος, Τακτικός Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων mipa@fria.gr
Μπουρλέτσικας Αθανάσιος	Δασολόγος, Ειδικός Επιστήμονας, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων mpat@fria.gr

Ξανθόπουλος Γαβριήλ	Δασολόγος, Αναπληρωτής Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων gxnrte@fria.gr
Οικονόμου Αναστάσιος	Δασολόγος, Τακτικός Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων oika@fria.gr
Παρίση Ζωή	Επικουρη Καθηγήτρια, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης pz@for.auth.gr
Πέτσικος Χαράλαμπος	Περιβαλλοντολόγος, Amegilla Περιβαλλοντική Έρευνα και Επικοινωνία babis@amegilla.gr
Ποϊραζίδης Κωνσταντίνος	Δασολόγος, Καθηγητής Εφαρμογών, Τμήμα Τεχνολογίας Περιβάλλοντος και Οικολογίας, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων kpoiraz@teion.gr
Προύτσος Νικόλαος	Γεωπόνος, Επιστημονικός Συνεργάτης, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων np@fria.gr
Ραδόγλου Καλλιόπη	Καθηγήτρια, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης kradoglou@gmail.com , radoglou@fri.gr
Σμύρης Παύλος	Καθηγητής, Εργαστήριο Δασοκομίας, Τομέας Δασικής Παραγωγής-Προστασίας Δασών-Φυσικού Περιβάλλοντος, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης psmiris@for.auth.gr
Τσόπελας Παναγιώτης	Δασολόγος, Τακτικός Ερευνητής, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων tsop@fria.gr
Χριστοπούλου Ιόλη	Πολιτικός Επιστήμονας, Υπεύθυνη Πολιτικής για το Περιβάλλον, WWF Ελλάς i.christopoulou@wwf.gr

Πρόλογος Προέδρου Δ.Σ. WWF Ελλάς

Tο WWF Ελλάς, μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές τού καλοκαιριού τού 2007, έθεσε σε εφαρμογή το πρόγραμμα «Το Μέλλον των Δασών», ένα εξαιρετικά φιλόδοξο πρόγραμμα που στόχο είχε να αντιμετωπίσει τις ουσιαστικές αιτίες της υποβάθμισης των δασών, να προτείνει λύσεις για την αποτελεσματική προστασία τους και να συμβάλει - στο μέτρο του δυνατού - στην αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος μετά τις πυρκαγιές. Οι δραστηριότητες του προγράμματος ήταν ποικίλες: πολιτική διαβούλευση, επιτόπια παρακολούθηση των καμένων περιοχών, έρευνα, ευαισθητοποίηση-εκπαίδευση και ενδυνάμωση της δράσης των πολιτών. Ένας από τους βασικούς άξονες δράσης τού προγράμματος ήταν και η προώθηση της επιστήμης σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος.

Η σημερινή βιβλιογραφία για τα δάση - στην ελληνική γλώσσα - είναι διάσπαρτη σε διάφορες ειδικότητες της δασικής επιστήμης. Πέρα από τις διάφορες ερευνητικές εργασίες, τα περισσότερα βιβλία αποτελούν έργο περασμένων δεκαετιών ή μεταφρασμένα ξένα διδακτικά συγγράμματα. Ταυτόχρονα, η δασική επιστήμη διεθνώς, τόσο σε θεωρία όσο και σε εφαρμογή, εξελίσσεται, διευρύνεται και αλληλεπιδρά με άλλους κλάδους και αντικείμενα. Λείπει, δηλαδή, από την Ελλάδα ένα επίκαιρο σύγγραμμα που να περιέχει συγκεντρωμένη και σύγχρονη άποψη για τα δασικά οικοσυστήματα και τα θέματα ή τις προκλήσεις που σχετίζονται άμεσα με αυτά.

Το WWF Ελλάς φιλοδοξεί να συνεισφέρει στα παραπάνω προβλήματα με την έκδοση του παρόντος επιστημονικού συλλογικού τόμου για τα δασικά οικοσυστήματα, με τίτλο «Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση».

Στόχος της έκδοσης του τόμου δεν είναι η αναφορά συσσωρευμένων γνώσεων για τα διάφορα αντικείμενα της δασικής επιστήμης. Επιθυμούμε με το βιβλίο αυτό να παραγάγουμε προβληματισμό, σύνθεση και άποψη· να εισαχθεί ο αναγνώστης στις βασικές έννοιες του δασικού οικοσυστήματος. Για το λόγο αυτόν, επιδιώξαμε να είναι θεματικά ευρύ, σύγχρονο και με επιστημονικότητα· αλλά, παράλληλα, να προσφέρει βασικές γνώσεις πληροφόρησης και δράσης για το δάσος στο ευρύ κοινό και σε νέους ερευνητές.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους συγγραφείς για την εθελοντική συμμετοχή τους στον τόμο, ο οποίος δεν θα ήταν δυνατό να ολοκληρωθεί χωρίς τη βοήθειά τους.

Καλή ανάγνωση!!

Γεώργιος Βλάχος
Πρόεδρος Δ.Σ. WWF Ελλάς

Πρόλογος Προέδρου Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Η δασική επιστήμη μπροστά στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα

Τα δάση, τα δασικά και λιβαδικά οικοσυστήματα και οι υγροβιότοποι αποτελούν τον κορμό των χερσαίων φυσικών οικοσυστημάτων και, ταυτόχρονα, τα φίλτρα και τους συντελεστές για ένα ποιοτικό περιβάλλον για τον άνθρωπο και τα άλλα έμβια όντα.

Τα δάση πρωτοεμφανίστηκαν στη γη πριν από περίπου 380 εκατομμύρια χρόνια, άλλαξαν τη μορφή των ηπείρων του πλανήτη και από τους άγονους βράχους έφεραν στο προσκήνιο τα εύφορα εδάφη που γνωρίζουμε σήμερα. Από την αρχή της εμφάνισης του ανθρώπου, τα δάση τού προσέφεραν καταφύγιο, τροφή και το ξύλο ως το μόνο κατασκευαστικό υλικό για κατοικίες, πλοία και εργαλεία. Μισά από τα δάση που πρωτοϋπήρχαν έχουν καταστραφεί από τότε που άρχισε η άσκηση της γεωργίας από τον άνθρωπο. Οι καταστροφές των δασών και η υποβάθμιση του πλανήτη ήταν ιδιαίτερα σημαντικές τα τελευταία 60 χρόνια. Ο παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) εκτιμά ότι κάθε χρόνο 130.000 km² δασικών εκτάσεων χάνονται, λόγω αποψίλωσης. Οι μη ορθολογικές πρακτικές χρήσεων γης, υλοτομίας και διαχείρισης γης, αποτελούν τους πιο συνηθισμένους λόγους γ' αυτήν την απώλεια.

Τα εναπομείναντα δάση επιτελούν σήμερα πολλές και αλληλένδετες λειτουργίες - κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές. Προσφέρουν θέσεις εργασίας, έσοδα και πρώτες ύλες (όπως π.χ. ξύλο, δασική βιομάζα, ρητίνη, φελλό, δένδρα Χριστουγέννων) για τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, καθώς και πολλά άλλα μη ξυλώδη προϊόντα (π.χ. μανιτάρια, καρπούς, φαρμακευτικές πρώτες ύλες, τροφή για μέλισσες και για την άγρια ζωή κ.λπ.) και ανεκτίμητα αγαθά και υπηρεσίες (δασική αναψυχή, εμπλουτισμό του ατμοσφαιρικού αέρα με οξυγόνο, αγροτουρισμό, κυνήγι, προστασία του εδάφους, των οικισμών και υποδομών, ρύθμιση και παροχή γλυκού νερού, διατήρηση βιοποικιλότητας κ.ά.). Τα δάση δρουν ως «παγίδες» για το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το κυριότερο αέριο θερμοκηπίου, όταν όμως αυτά υλοτομούνται, καίγονται ή καταστρέφονται από επιβλαβείς οργανισμούς, αποτελούν πηγή CO₂. Ο FAO εκτιμά ότι τα δάση και οι δασικές εκτάσεις, παγκοσμίως, μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερους από ένα τρισεκατομμύριο τόνους άνθρακα - το διπλάσιο, δηλαδή, του ποσού που βρέθηκε στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα, τα δάση ρυθμίζουν τις καιρικές συνθήκες, όχι μόνο σε τοπικό και περιφερειακό, αλλά και σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.

Τα δάση και οι λοιπές δασικές εκτάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) καλύπτουν ποσοστό πάνω από το 42% της χερσαίας έκτασής της και αντιπροσωπεύουν σήμερα το 5% της παγκόσμιας δασικής έκτασης. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα δάση της ΕΕ ελεγκτάθηκαν στην πλειονότητά τους και αυξήθηκαν από πλευράς όγκου ξυλείας και αποθέματος CO₂, με αποτέλεσμα να απορροφούν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, όμως, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, η απώλεια δασών - κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες - και άλλες αλλαγές των χρήσεων γης ευθύνονται πλέον για ποσοστό περίπου 12-15% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Σήμερα τα δάση καλύπτουν περίπου το 31% της χερσαίας επιφάνειας της γης και η έκτασή τους φαίνεται να παρουσιάζει συνεχή μείωση.

Η χώρα μας έχει σήμερα μειωμένο ποσοστό δασοκάλυψης (περίπου 25%) με παραγωγικά δάση σε σχέση με το απώτερο παρελθόν, αλλά πολλά από αυτά τα δάση είναι υποβαθμισμένα. Ένα επιπλέον ποσοστό, περίπου 24%, αποτελεί τις λεγόμενες «δασικές εκτάσεις», οι οποίες έχουν προκύψει από ισχυρά υποβαθμισμένα δάση. Πρέπει να σημειωθεί ότι η χώρα μας είναι συνεχώς και ισχυρά ελλειμματική σε

ξύλο, αφού πάνω από 2.000.000 κυβικά μέτρα ισοδύναμης στρογγύλης ξυλείας εισάγονται είτε σε συμπαγή μορφή (στρογγύλη ξυλεία, πριστή ξυλεία, στύλοι ΟΤΕ και ΔΕΗ, πάσσαλοι) είτε σε μορφή μεταποιημένων προϊόντων (μοριοπλάκες, ινοπλάκες, όλη η ποσότητα χαρτοπολλτού που γίνεται χαρτί διαφόρων τύπων για τις εγχώριες ανάγκες κ.ά.), και πάνω από 1,5 δισεκατομμύρια ευρώ δαπανώνται ετησίως γι' αυτές τις εισαγωγές. Η εγχώρια παραγωγή τεχνικά χρήσιμου ξύλου είναι περιορισμένη και καλύπτει μόνο το 1/3 των αναγκών της χώρας μας. Σε διεθνές επίπεδο, η επιβίωση ενός μεγάλου μέρους του πληθυσμού που, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας, ανέρχεται σε περισσότερους από 1,6 δισεκατομμύρια ανθρώπους, εξαρτάται από τα δάση. Ο κλάδος των δασικών προϊόντων αποτελεί πηγή οικονομικής ανάπτυξης και απασχόλησης, με την παγκόσμια διακίνηση των δασικών προϊόντων να ανέρχεται στο ύψος των 270 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Τα δάση και τα δασικά οικοσυστήματα αντιμετωπίζουν σήμερα μεγάλες απειλές. Η μεγαλύτερη απειλή είναι οι δασικές πυρκαγιές, ιδιαίτερα στις μεσογειακές χώρες και όπου αλλού επικρατούν θερμά και ξηρά κλίματα. Τεράστιες εκτάσεις κάθε χρόνο αποτεφρώνονται και στερούν τον πλανήτη από περιβαλλοντικά φίλτρα και από «παγίδες» του CO₂, ενώ η μακρά διαδικασία αποκατάστασης των καμένων δασών δεν ολοκληρώνεται πάντοτε. Άλλη σοβαρή απειλή για τα δάση είναι οι ληστρικές υλοτομίες και οι εκχερσώσεις για αλλαγή της χρήσης τους ως γεωργικές εκτάσεις, που συνεχίζονται ακόμη και σήμερα, με τον πληθυσμό της Γης να αριθμεί περί τα επτά δισεκατομμύρια. Μείωση της έκτασης των δασών παρατηρείται ιδιαίτερα σε χώρες της τροπικής Αφρικής, της Ασίας και της Λατινικής Αμερικής.

Σοβαρές αρνητικές συνέπειες στα δάση έχει και η πανθομολογούμενη, πλέον, κλιματική αλλαγή, φαινόμενο που ήδη βιώνουμε και που έχει αισθητές επιπτώσεις. Παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας, συχνές και έντονες καταιγίδες, πλημμύρες, αυξημένες ημέρες καύσωνα και περισσότερες πυρκαγιές μεγάλων διαστάσεων (ή, όπως ονομάζονται, mega-forest fires) μαρτυρούν τη μεταβολή του κλίματος. Ραγδαίες αλλαγές χρήσεων γης λόγω της επέκτασης των οικονομικών δραστηριοτήτων και του αστικού χώρου, κατακερματισμός των δασικών εκτάσεων από τις υποδομές, την υπερεκμετάλλευση των πόρων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος, προστίθενται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (π.χ. άνοδος της θερμοκρασίας, εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, ξηρασία) και δημιουργούν ένα επικίνδυνο μείγμα. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν αρχίσει να γίνονται ήδη ορατές και στη χώρα μας (π.χ. καταστροφικές πυρκαγιές κατά το καλοκαίρι του 2007 αλλά και του 2009, εμφάνιση πυρκαγιών σε ορεινά δάση κωνοφόρων, μαζικές ξηράνσεις πεύκων ή ελάτων κ.ά.). Η μέση θερμοκρασία στην Ευρώπη αυξήθηκε κατά σχεδόν 1°C στη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα και, κατά τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις, υπολογίζεται ότι θα έχει αυξηθεί κατά 2°C μέχρι το 2100. Στην Ελλάδα, υπολογίζεται ότι σε σημαντικά δασικά οικοσυστήματα οι ημέρες με υψηλό ρίσκο εμφάνισης πυρκαγιάς αναμένεται να αυξηθούν κατά την περίοδο 2021-2050 από 5 έως 15 ημέρες.

Απέναντι σε αυτό το «εχθρικό» για τα δάση περιβάλλον πρέπει οπωσδήποτε να υπάρξει αντίδραση, καθώς αυτά πλήττονται από την κλιματική αλλαγή, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν και μία από τις πρώτες γραμμές άμυνας απέναντι σε αυτή. Η αναγκαιότητα αυτή έχει γίνει αντιληπτή και σε ευρωπαϊκό και σε διεθνές επίπεδο, όπου επιχειρείται να διαμορφωθούν νέες στρατηγικές προστασίας και προσαρμογής των δασικών οικοσυστημάτων. Η θετική επίδραση των δασών στην κλιματική αλλαγή θεωρείται αναμφισβήτητη, καθώς αυτά, εκτός από τα προϊόντα και τις ανεκτίμητες υπηρεσίες που προσφέρουν στον άνθρωπο, αμβλύνουν ταυτόχρονα τις αρνητικές επιπτώσεις της. Ο ρόλος αυτός επικεντρώνεται: α. στη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας και στη μετατροπή του σε βιομάζα, β. στη μείωση της επίδρασης των ακραίων καιρικών φαινομένων (συγκράτηση του νερού της βροχής, εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων και βελτίωση της ποιότητας του νερού, λειτουργία του δάσους ως φυσικού κλιματιστικού, μείωση της έντασης των ισχυρών ανέμων, απορρύπανση της ατμόσφαιρας), γ. στη σημαντική συμβολή τους για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την οικολογική ισορροπία στα χερσαία οικοσυστήματα. Η απουσία ή η αποψίλωση των δασών ασφαλώς επιτείνει το φαινόμενο της ερημοποίησης.

Συμπερασματικά, απαραίτητα μέτρα που μπορούν να συμβάλουν στην προσπάθεια διατήρησης αλλά και αξιοποίησης του φυσικού πλούτου της χώρας μας και όχι μόνο, στο πλαίσιο πάντα της αειφορικής διαχείρισης, σχετίζονται με:

1. την καλλιέργεια, διατήρηση, αναβάθμιση και βελτίωση των υπαρχόντων δασών και δασικών εκτάσεων και την αξιοποίησή τους με βάση την αρχή της αειφορίας και της πολλαπλής χρήσης (δάση παραγωγικά σε ξύλο, ρητίνη κ.λπ., δάση αναψυχής, περιαστικά και αστικά δάση, δασοβοτανικοί κήποι, προστατευτικά δάση, δάση μεικτών λειτουργιών).

2. την επαναδημιουργία και διατήρηση φυτωρίων για την εφαρμογή ενός ευρέος εθνικού προγράμματος δασώσεων και αναδασώσεων, και για περιβαλλοντικούς λόγους αλλά και για μελλοντική παραγωγή ξύλου, όπου η Ελλάδα είναι ισχυρά ελλειμματική.
3. την ανάπτυξη, δημιουργία και προώθηση της καλλιέργειας ταχουαζών δασοπονικών ειδών για παραγωγή ξύλου (π.χ. αγριοκερασιά, είδη πλατανιού κ.ά.), όπως έγινε με τη λεύκη στο παρελθόν με επιτυχία, και άλλων πολύτιμων ειδών (π.χ. καρδιά, σφενδάμι κ.ά.) για παραγωγή πολύτιμου ξύλου, δημιουργία σποροπαραγωγών κήπων και τράπεζας γενετικών πόρων και εφαρμογή σύγχρονων βιοτεχνολογικών μεθόδων για δημιουργία δασικού πολλαπλασιαστικού υλικού και χρησιμοποίησή του στην πράξη.
4. την ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων και συστημάτων για ουσιαστική βελτίωση της προστασίας των δασών από τις πυρκαγιές, με έμφαση στην πρόληψη αλλά και στην ανάπτυξη αποτελεσματικότερων συστημάτων κατάσβεσης των δασικών πυρκαγιών.
5. τη συνειδητοποίηση του ευρύτερου κοινού για τον ευεργετικό και ζωτικό ρόλο των δασών σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο και την οργάνωση ουσιαστικής και αποτελεσματικής συμμετοχής εθελοντών στην προστασία των δασών.
6. την έρευνα και την εκπόνηση μελετών για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα στο άμεσο μέλλον.
7. τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου νομικού πλαισίου για την προστασία της βιοποικιλότητας σε συνδυασμό με ευρωπαϊκές και διεθνείς προσεγγίσεις.
8. την πιστοποίηση, την αειφορική διαχείριση και εκμετάλλευση των δασών για την ικανοποίηση βασικών αναγκών του ανθρώπου σε συνδυασμό και σε αρμονία με το βασικό περιβαλλοντικό τους ρόλο.
9. τη διαμόρφωση κεντρικής δασικής πολιτικής για τη χώρα και επαναπροσδιορισμό της σύμφωνα με τις σημερινές προκλήσεις και τις διαφαινόμενες εξελίξεις για το περιβάλλον, την ποιότητα ζωής του ανθρώπου και τη βιοποικιλότητα.

Το βιβλίο με τίτλο «Το Δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση» που το WWF Ελλάς εκδίδει μετά την ανακήρυξη από τη Γενική Συνέλευση του ΟΗΕ του 2011 ως Παγκόσμιου Έτους των Δασών, σε συνέχεια και του Παγκόσμιου Έτους Βιοποικιλότητας (2010), αποτελεί μία εξαιρετικά σημαντική και αξιέπαινη προσπάθεια, ώστε να κατανοηθούν από το ευρύτερο κοινό οι σημερινές προκλήσεις για το περιβάλλον και το δάσος ως κυρίαρχο παράγοντα περιβαλλοντικής ισορροπίας στο παγκόσμιο σύστημα, καθώς επίσης και να παρουσιασθούν επιστημονικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση και λύση προβλημάτων με βάση ερευνητικά αποτελέσματα και μελέτες της δασολογικής επιστήμης. Η Ελλάδα, ως μεσογειακή χώρα, θα είναι εκείνη που θα πληγεί περισσότερο από οποιεσδήποτε αρνητικές κλιματικές μεταβολές. Είναι ανάγκη, επομένως, να αναχαράξει τη δική της πολιτική και να την εντάξει σε εκείνες τις ευρωπαϊκές ή διεθνείς στρατηγικές που διαμορφώνονται για το μέλλον των δασών και που σχετίζονται με την προστασία, τη διατήρηση και τη βελτίωσή τους, καθώς και με τον αναμφισβήτητο και κυρίαρχο ευεργετικό περιβαλλοντικό τους ρόλο.

Ηλίας Β. Βουλγαρίδης

Καθηγητής Υλοχρηστικής, Πρόεδρος Σχολής Δασολογίας και
Φυσικού Περιβάλλοντος Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης



A

ΜΕΡΟΣ

Το δασικό οικοσύστημα

1. Εισαγωγή: Το δασικό οικοσύστημα

Παύλος Σμύρης

Η έννοια του οικοσυστήματος είναι κεντρική για την επιστήμη της Οικολογίας, τόσο της θεωρητικής όσο και της εφαρμοσμένης. Ο Ellenberg (1973) όρισε ως οικοσύστημα ένα πολύπλοκο πλέγμα αλληλεπιδράσεων και αλληλεξαρτήσεων ανάμεσα στους ζωντανούς οργανισμούς που το συνθέτουν, τόσο μεταξύ τους όσο και με το αβιοτικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. Κατά τον Odum (1983), οικοσύστημα είναι οποιαδήποτε μονάδα που περιλαμβάνει όλους τους οργανισμούς (βιοκοινότητα) μιας δεδομένης περιοχής, οι οποίοι αλληλεπιδρούν με το φυσικό τους περιβάλλον (βιότοπος), κατά τρόπο ώστε η ροή ενέργειας να οδηγεί προς μια σαφώς καθορισμένη τροφική δομή, βιοτική ποικιλομορφία και ανακυκλώσεις της ύλης. Υπάρχουν πολλοί άλλοι ορισμοί, θεωρούμε όμως αυτούς ως πιο πλήρεις, καθώς εξηγούν συνοπτικά τόσο τη δομή όσο και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Τα βασικά δομικά χαρακτηριστικά κάθε οικοσυστήματος είναι δύο: Η βιοκοινότητα και ο βιότοπος. Η βιοκοινότητα αποτελείται από το σύνολο των ζώντων οργανισμών, περιλαμβάνει, δηλαδή, τα ανώτερα και κατώτερα φυτά, ζώα, τους μικροοργανισμούς, καθώς και τον άνθρωπο. Διακρίνεται στη φυτοκοινότητα, στο σύνολο, δηλαδή, των φυτών που ζουν στο συγκεκριμένο χώρο (βιότοπο) και βρίσκονται σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης μεταξύ τους, και στη ζωοκοινότητα, το σύνολο των ζώων που ζουν με τα φυτά στον ίδιο ζωτικό χώρο (βιότοπο) και εξαρτώνται άμεσα από τη φυτοκοινότητα και έμμεσα από το ζωτικό χώρο (βιότοπο). Ο βιότοπος αποτελείται από το σύνολο των αβιοτικών παραγόντων οι οποίοι υφίστανται στη συγκεκριμένη περιοχή. Οι κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση μεταξύ τους (Molles 2009).

Τα συστατικά ενός οικοσυστήματος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους επιτελώντας συγκεκριμένες λειτουργίες, που περιλαμβάνουν κυρίως τις τροφικές σχέσεις, τους ενεργειακούς κύκλους, τη μεταβολή της ποικιλομορφίας σε όλα τα επίπεδα, τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο και, γενικότερα, την ανάπτυξη και

εξέλιξη των επιμέρους συστατικών του οικοσυστήματος, ή των ομάδων αυτών, ή του συνόλου του οικοσυστήματος (Odum 1983).

Στη φυτοκοινότητα περιλαμβάνονται φυτικοί οργανισμοί που έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν με το ριζικό τους σύστημα από το έδαφος ανόργανα θρεπτικά συστατικά και νερό, με τα φύλλα τους να δεσμεύουν από την ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας να παράγουν πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, πλούσιες σε ενέργεια, τις οποίες αποθηκεύουν στους ιστούς τους. Για το λόγο αυτόν οι φυτικοί αυτοί οργανισμοί ονομάζονται αυτότροφοι οργανισμοί ή παραγωγοί. Η ζωοκοινότητα περιλαμβάνει τους ζωικούς οργανισμούς που διακρίνονται σε φυτοφάγους, σαρκοφάγους και παμφάγους. Επειδή οι οργανισμοί αυτοί δεν μπορούν να δεσμεύσουν μόνοι τους ηλιακή ενέργεια και με απλά ανόργανα στοιχεία να συνθέσουν οργανικές ενώσεις, ονομάζονται ετερότροφοι οργανισμοί ή καταναλωτές.

Τα φυτοφάγα ζώα είναι καταναλωτές πρώτου βαθμού και αποτελούν τους ρυθμιστές ισορροπίας μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών. Τα σαρκοφάγα είναι καταναλωτές δευτέρου βαθμού και διατηρούν την οικολογική ισορροπία μεταξύ φυτοφάγων ζώων και φυτών. Τα σαρκοφάγα ελέγχονται, με τη σειρά τους, επίσης από σαρκοφάγα (καταναλωτές τρίτου βαθμού-υψηλότερης τάξης). Στους καταναλωτές ανήκει ακόμη μια κατηγορία μικροοργανισμών (μικροκαταναλωτών) που διασπούν και αποσυνθέτουν τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις. Τους οργανισμούς αυτούς τους διακρίνουμε σε δύο, κυρίως, κατηγορίες: τα σαπροφάγα (σκουλήκια, αρθρόποδα κ.λπ.) και τους αποσυνθέτες, που αποτελούνται από βακτήρια, μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς.

Όλα τα οικολογικά συστήματα είναι μονίμως ανοικτά, δηλαδή υφίστανται πάντοτε εξωτερικές επιδράσεις και δεν έχουν σαφή όρια. Η οικολογική ισορροπία τέτοιων συστημάτων δεν είναι ποτέ στατική αλλά δυναμική, ακόμη και όταν δεν παρατηρούμε καμιά αλλαγή. Το δασικό οικοσύστημα εί-

να μια ιδιαίτερη μορφή χερσαίου οικοσυστήματος όπου κυριαρχεί η δασική βλάστηση που, με τη σειρά της, επιδρά καθοριστικά στο βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον και διαμορφώνει ιδιαίτερες συνθήκες. Στα δασικά οικοσυστήματα, σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς, περιλαμβάνονται όλα τα οικοσυστήματα δασών και δασικών εκτάσεων.

Δάσος είναι εκείνο το δασικό οικοσύστημα, στο οποίο, σε ικανοποιητική επιφάνεια, συνυπάρχουν δένδρα, θάμνοι και ποώδης βλάστηση σε μια στενή κοινωνική σχέση όπου, ανάλογα με το βαθμό συγκόμωσής τους, δημιουργούν ένα ιδιαίτερο περιβάλλον με ξεχωριστά χαρακτηριστικά δεδομένα, «το δασογενές περιβάλλον», όπου όλοι οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί δημιουργούν, μέσω των αμοιβαίων αλληλεπιδράσεων και αλληλεξαρτήσεών τους, μια ξεχωριστή βιοκοινότητα, τη δασοβιοκοινότητα. Οι δασοβιοκοινότητες δεν παραμένουν σταθερές στη διάρκεια του χρόνου, αλλά έχουν μια εσωτερική δυναμική μεταβολής προς συνθετότερες ή απλούστερες μορφές οργάνωσης, ανάλογα με τις εσωτερικές φυσικές διεργασίες και τις εξωτερικές επιδράσεις. Με τον όρο «δασική έκταση» εννοούμε ένα δασικό οικοσύστημα που διαφοροποιείται από το δάσος, κυρίως κατά το μειωμένο βαθμό συγκόμωσης της ξυλώδους ή θαμνώδους βλάστησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το επίπεδο οργάνωσης και λειτουργίας του δασογενούς περιβάλλοντος και της δασοβιοκοινότητας να είναι υποβαθμισμένο, ανάλογα με την έκταση των ανθρώπινων παρεμβάσεων. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι δασικές εκτάσεις ή τα λιβάδια και άλλες μορφές φυσικών - μη δασωμένων - οικοσυστημάτων είναι χαμηλότερης οικολογικής αξίας από τα δάση, καθώς προσφέρουν εξίσου σημαντικά προϊόντα και υπηρεσίες στην κοινωνία, ενώ φιλοξενούν σημαντικούς αριθμούς ειδών πανίδας και χλωρίδας.

Οι όροι «δασική έκταση» και «χορτολιβαδική έκταση», που τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα, ανήκουν στη νομική ορολογία στο πλαίσιο της αντίστοιχης νομοθεσίας και νομολογίας που ορίζει κυρίως θέματα ιδιοκτησίας και χρήσεων γης της υπαίθρου. Λόγω των μεγάλων κοινωνικοπολιτικών προβλημάτων που συνδέονται με τις χρήσεις γης και την ιδιοκτησία στην Ελλάδα, συχνά καταλήγει η ερμηνεία των νομικών αυτών όρων να απομακρύνεται από την επιστημονική τους διάσταση και, δυστυχώς, να οδηγεί στην άρση του αυστηρού προστατευτικού χαρακτήρα που επιβάλλει το σύνταγμα για τα δάση. Επιστημονικά γίνεται αποδεκτό ότι όταν ένα δασικό οικοσύστημα υποβαθμίζεται, συνεπεία κυρίως των ανθρώπινων επιδράσεων, μπορεί να μεταπίπτει σε αραιότερη μορφή δάσους ή σε μορφή χορτολιβαδου, αλλά η δυνατότητα εξέλιξης σε πιο σύνθετες δασικές μορφές δεν αποκλείεται.

Οι σπουδαιότεροι τύποι δασών της γης, σύμφωνα με τους Bourschel and Huss (1987), είναι τα δάση ψυχρόβιων κωνοφόρων, τα δάση της εύκρατης ζώνης, τα δάση της υγρής θερμής εύκρατης ζώνης, τα δάση των ξηρών υποτροπικών περιοχών, τα φυλλοβόλα δάση των υγρών τροπικών περιοχών και τα δάση των τροπικών βροχερών περιοχών του Ισημερινού.

Στην Ελλάδα, τα δασικά οικοσυστήματα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε συγκεκριμένες κατηγορίες με βάση τις βιοκλιματικές τους προσαρμογές (Ντάφης 1973). Στις παράκτιες και νησιωτικές περιοχές της χώρας απαντούν τα δασικά οικοσυστήματα της μεσογειακής ζώνης βλάστησης, ενώ σε πιο ηπειρωτικές θέσεις και μεγαλύτερα υψόμετρα εξαπλώνονται αυτά της παραμεσογειακής ζώνης. Σε μεγαλύτερα ακόμα υψόμετρα, στα βουνά της Ελλάδας, αναπτύσσονται τα οικοσυστήματα της ζώνης της οξιάς-ελάτης. Τέλος, σε ορισμένες ορεινές περιοχές της βόρειας Ελλάδας απαντούν τα δασικά οικοσυστήματα της ζώνης των ψυχρόβιων κωνοφόρων που περιλαμβάνουν ψυχρόβια είδη της Ευρασίας.

Τα δασικά οικοσυστήματα μπορούμε, επίσης, να τα διακρίνουμε σε φυσικά σταθερά οικοσυστήματα τα οποία είναι ανεπηρέαστα από τον άνθρωπο, π.χ. τα παρθένα δάση, σε φυσικά συμβιβαστικά οικοσυστήματα, δηλαδή τα φυσικά οικοσυστήματα που διαχειρίζεται ο άνθρωπος, και στα μετασταθή δασικά οικοσυστήματα, που προέρχονται από αναδασώσεις υποβαθμισμένων και χαμηλής παραγωγικότητας οικοσυστημάτων (Ντάφης 1986). Στην Ελλάδα, αλλά και στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, τα δάση είναι στενά συνδεδεμένα με την ανθρώπινη παρουσία και χρήση, και για το λόγο αυτόν τα δάση της πρώτης κατηγορίας είναι εξαιρετικά σπάνια.

Οι λόγοι που κάνουν σήμερα τα δασικά οικοσυστήματα απαραίτητα για τη διατήρηση τόσο της οικολογικής ισορροπίας του περιβάλλοντος, όσο και της ποιότητας ζωής των ανθρώπων, είναι κυρίως η παραγωγή και βελτίωση της ποιότητας του νερού, η χρήση τους ως τόπων ενδιαίτησης άγριων ζώων και, γενικότερα, η βελτίωση και διατήρηση της βιοποικιλότητας, η βελτίωση της σύστασης του αέρα, η μεταβολή της κίνησης του αέρα και της μείωσης των θορύβων, η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και η χρήση τους ως χώρων αναψυχής. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει δε αναγνωριστεί η ιδιαίτερη σημασία που έχουν τα δασικά οικοσυστήματα για τη δέσμευση και συγκέντρωση του άνθρακα. Έτσι, η διατήρηση, βελτίωση και επέκταση των δασικών οικοσυστημάτων, καθώς και η ανόρθωση των υποβαθμισμένων, πρέπει να γίνει ο στόχος μιας ορθολογικής προστασίας του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

A. Ελληνική

Molles, M.C. Jr. 2009. Οικολογία: Έννοιες, εφαρμογές. Μετάφραση: Θ. Γεωργιάδης. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Ντάφης, Σπ. 1973. Ταξινόμησης της Δασικής Βλαστήσεως της Ελλάδος. Επιστημονική Επετηρίδα Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής. Αφιέρωμα εις μνήμην Αν. Οικονομόπουλου. Τόμος ΙΕ'. Τεύχος Β'.

Ντάφης, Σπ. 1986. Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

B. Ξενόγλωσση

Burschel, P., and J. Huss. 1987. Grundriß des Waldbaus. Ein Leitfaden fuer Studium und Praxis. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Ellenberg, H. 1973. Oekosystemforschung. Ergebnisse von Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft fuer Angewandte Botanik in Innsbruck, Juli 1971. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York.

Odum, P. E. 1983. Grundlagen der Oekologie Band 1. Grundlagen. Uebersetzt und bearbeitet von Juer-gen Overbeck und Ena Overbeck. Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York.

2. Η εξελικτική ιστορία της ελληνικής χλωρίδας

Ανδρέας Δρούζας

Aν και η έρευνα της εξέλιξης των οργανισμών επικεντρώνεται στον άνθρωπο και στα ζώα, τα φυτά έχουν τη δική τους εξελικτική πορεία, που συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό τόσο στη διαμόρφωση του σύγχρονου γήινου περιβάλλοντος, όσο και στη διαμόρφωση της χλωρίδας και στην εξέλιξη πολλών ζώων. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στις κύριες φάσεις εξέλιξης των φυτικών οργανισμών και δίνεται έμφαση στους παράγοντες που επηρέασαν την εξελικτική πορεία και, τελικά, διαμόρφωσαν τη χλωρίδα της Ελλάδας. Παράλληλα, αναφέρονται παραδείγματα φυτικών ειδών που χαρακτηρίζουν τις εκάστοτε γεωλογικές εποχές καθώς και ειδών της σημερινής χλωρίδας της Ελλάδας με ιδιαίτερη εξελικτική ιστορία και σημασία διατήρησης.

Λέξεις κλειδιά: εξέλιξη, χλωρίδα, δασικά είδη, παγετώνες, καταφύγια

Η εξέλιξη των φυτικών οργανισμών

Η σημερινή μορφή και εξάπλωση των φυτικών οργανισμών δεν είναι παρά ένας προσωρινός σταθμός στη μακρόχρονη εξελικτική διαδικασία της χλωρίδας διαμέσου των γεωλογικών αιώνων. Τα φυτικά είδη, μετά την εμφάνισή τους, υπέστησαν σημαντικές τροποποιήσεις και μεταβολές για να φτάσουν στη σημερινή τους μορφή. Παράλληλα, η σημερινή γεωγραφική εξάπλωση των χλωριδικών taxa εξηγείται βάσει της επίδρασης ενός πλέγματος βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων που περιλαμβάνουν αφενός τη γενετική τους ιδιαιτερότητα, η οποία καθορίζει τις οικολογικές απαιτήσεις και τη δυνατότητα ανταγωνισμού ενός είδους, και αφετέρου τις συνθήκες του περιβάλλοντος σήμερα, αλλά και σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές.

Η μελέτη της εξέλιξης των φυτικών οργανισμών αποτελεί ενδιαφέρον πεδίο συνενύρεσης κλάδων όπως η Συστηματική Βοτανική (Φυλογένεση), η Γεωβοτανική, η Παλαιοβοτανική και, πιο πρόσφατα, η Γενετική. Συναντά αρκετούς περιορισμούς,

ωστόσο, λόγω της σπανιότητας των τεκμηρίων από προγενέστερες εποχές. Το φυτικό σώμα αποτελείται εξ ολοκλήρου από οργανικές ενώσεις που αποδομούνται εύκολα και καταστρέφονται, γεγονός που συμβαίνει ειδικότερα στα μαλακά τμήματα των φυτών, π.χ. άνθη, φύλλα, κλαδίσκους. Για το λόγο αυτόν, τα υπολείμματα¹ των φυτικών οργανισμών διατηρούνται πιο δύσκολα από αυτά των ζωικών (Γερασιμίδης 1988, Δρόσος 1996, Willis and McElwain 2002).

Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι πρώτοι μονοκύτταροι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί αναπτύχθηκαν μέσα σε θαλάσσιο περιβάλλον κατά τον Ηωφυτικό αιώνα (Αρχαϊκό), δηλαδή πριν από περίπου 3,5 δισεκατομμύρια έτη. Μετά το σχηματισμό του πρώτου κυττάρου, η εξέλιξη των φυτικών οργανισμών προχώρησε με σχετικά γοργά βήματα. Δεν είναι γνωστές όλες οι πτυχές και λεπτομέρειες της εξέλιξης αυτής, κυρίως λόγω της δυσκολίας ανεύρεσης απολιθωμάτων, που αναφέρθηκε παραπάνω. Ωστόσο, με βάση τα γνωστά στοιχεία, στην εξελικτική πορεία των φυτικών οργανισμών μπορούν να διακριθούν τέσσερις κύριες φάσεις:

¹ Τα υπολείμματα (fossils) φυτικών και ζωικών οργανισμών που έζησαν στο παρελθόν επικράτησε να ονομάζονται αδιακρίτως «απολιθώματα», ανεξάρτητα της κατάστασης που βρίσκονται σήμερα. Τα υπολείμματα μπορεί να έχουν υποστεί διατήρηση, απολίθωση, ενανθράκωση, απανθράκωση ή να αποτελούν αποτυπώματα και εκμαγεία σε πετρώματα (Γερασιμίδης 1988).

1η φάση: εμφάνιση των φυτικών οργανισμών και αποικισμός της ξηράς

Οι πρώτοι φυτικοί οργανισμοί σχηματίστηκαν στη θάλασσα. Στη συνέχεια, με την πάροδο δισεκατομμυρίων ετών, και αφού είχαν προηγηθεί οι διαδικασίες σχηματισμού της ξηράς και ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών, τα φυτά κατόρθωσαν να αποικήσουν τα χερσαία τμήματα της γης (περίπου πριν 415 εκατομμύρια έτη). Για να γίνει αυτό, πέρασαν μια σειρά διαδοχικών σταδίων (υδρόβια-αμφίβια-υδροχαρή-χερσαία).

2η φάση: ανάπτυξη των τραχεοφύτων (αγγειοφύτων)

Ο αποικισμός της ξηράς ήταν η αρχή μιας μεγάλης εξελικτικής πορείας των φυτικών οργανισμών. Με την αύξηση και την εξάπλωση των πληθυσμών, για την κατάλληλη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ήταν απαραίτητη η ανάπτυξη στηρικτικού ιστού και ισχυρών κυτταρικών τοιχωμάτων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η καθ' ύψος αύξηση των βλαστικών τμημάτων. Επιπλέον, για τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων και του νερού σε όλα τα κύτταρα του οργανισμού, αναπτύχθηκε εξειδικευμένο αγωγό σύστημα μεταφοράς με ξύλωμα και φλοίομα, ενώ η επιδερμίδα, καλυμμένη με παχύ ή λεπτό στρώμα εφυμενίδας, δρούσε προστατευτικά στις εξωτερικές επιδράσεις και έφερε εξειδικευμένα καταφρακτικά κύτταρα (στόματα) για την ανταλλαγή αερίων με την ατμόσφαιρα. Για τη σταθεροποίηση των φυτών στην ξηρά, όσο και για την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, αναπτύχθηκε το ριζικό σύστημα.

3η φάση: σχηματισμός σπερμάτων

Στις πρώιμες φυτικές μορφές η αναπαραγωγή γινόταν με μονοκύτταρα σπόρια που εξαρτώνταν από την ύπαρξη νερού ή υγρασίας για την ολοκλήρωση του κύκλου της ζωής τους. Με την ανάπτυξη υψηλών βλαστών σταμάτησε η εξάρτηση από το νερό για τη γονιμοποίηση. Περίπου πριν 380 εκατομμύρια έτη εμφανίστηκαν τα πρώτα δένδρα, ενώ την ίδια εποχή εμφανίστηκαν τα σπερματοφύτα που με το σχηματισμό πολυκύτταρων σπερμάτων εξασφάλιζαν τη διασπορά και διαιώνιση του είδους. Με τη δημιουργία σπερμάτων, μεταξύ άλλων, γίνεται πλέον δυνατή η προστασία και η θρέψη του εμβρύου.

4η φάση: σχηματισμός ανθέων

Μετά την εξασφάλιση της αναπαραγωγής των ειδών με τα σπέρματα, το επόμενο σημαντικό εξελικτικό βήμα ήταν η εξειδίκευση των αναπαραγωγικών οργάνων. Αυτή ξεκίνησε πριν από περίπου 140 εκατομμύρια έτη, όταν σχηματίστηκαν τα πρώτα άνθη και καρποί σε σπερματοφύτα. Αυτά, στη συνέχεια, παρουσιάζουν εντυπωσιακή μορφολογική και λειτουργική ποικιλότητα. Πλέον, η επικονίαση δεν γίνεται μόνο με το νερό και τον άνεμο, αλλά και με τα ζώα, και η εξέλιξη φτάνει στο σημείο της ισχυρής και άμεσης αλληλεξάρτησης κάποιων φυτικών ειδών με αντίστοιχα ζωικά (συνεξέλιξη). Η εμφάνιση των ανθοφόρων φυτών και ο σχηματισμός των ανθέων αποτέλεσε τόσο σημαντικό όσο και δυσερμήνευτο στάδιο στην εξέλιξη των φυτών, που ο ίδιος ο Δαρβίνος το χαρακτήρισε *απεχθές μυστήριο (abominable mystery)*, αφού δεν μπόρεσε να εντοπίσει ακριβώς πώς προέκυψε.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι σαφές ότι οι πιο πρωτόγονες, εξελικτικά, μορφές φυτικών οργανισμών ήταν απλούστατης δομής και οργάνωσης, και σήμερα τις συναντάμε σε μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα φύκη, βρύα και λειχήνες. Εξελικτικά νεώτεροι φυτικοί οργανισμοί είναι τα πτεριδόφυτα, που είναι τραχεόφυτα ποώδους ή, σπάνια, δενδρώδους μορφής (οι αντιπρόσωποί τους σήμερα φτάνουν μέχρι 15 μ. ύψος). Ελάχιστα πιο νέα, εξελικτικά, θεωρούνται τα γυμνόσπερμα, που αποτελούν την πρώτη και πιο πρωτόγονη ομάδα των σπερματοφύτων. Αυτά είναι, κατά κανόνα, δενδρώδη ή, σπάνια, θαμνώδη φυτά που παράγουν γύρη και επικονιάζονται με τον άνεμο (σημαντικότεροι αντιπρόσωποι σήμερα είναι τα κωνοφόρα). Η κορωνίδα της εξέλιξης στο φυτικό βασίλειο καταλαμβάνεται από τα αγγειόσπερμα ή ανθοφόρα φυτά. Πρόκειται, όπως προαναφέρθηκε, για την πιο πρόσφατα εμφανισμένη φυτική ομάδα, που παρουσίασε εκρηκτική διαφοροποίηση και μεγάλη προσαρμοστικότητα. Αποτέλεσμα ήταν τα αγγειόσπερμα να εξαπλωθούν σε όλη, σχεδόν, την επιφάνεια του πλανήτη, αναπτύσσοντας πλήθος αυξητικών μορφών² και καταλαμβάνοντας όλα τα δυνατά ενδιαιτήματα, ακόμα και σε ακραίες κλιματικές συνθήκες.

Η εξελικτική πορεία της ελληνικής χλωρίδας

Η εξέλιξη της χλωρίδας αλλά και της βλάστησης ενός τόπου είναι μια δυναμική διαδικασία που συμβαίνει ακατάπαυστα και επηρεάζεται σημαντικά από τις διαχρονικές γεωκλιματικές μεταβολές. Στη διαδικασία αυτή πρέπει να προστεθεί η αυξανόμενη επίδραση του ανθρώπου, που τις τε-

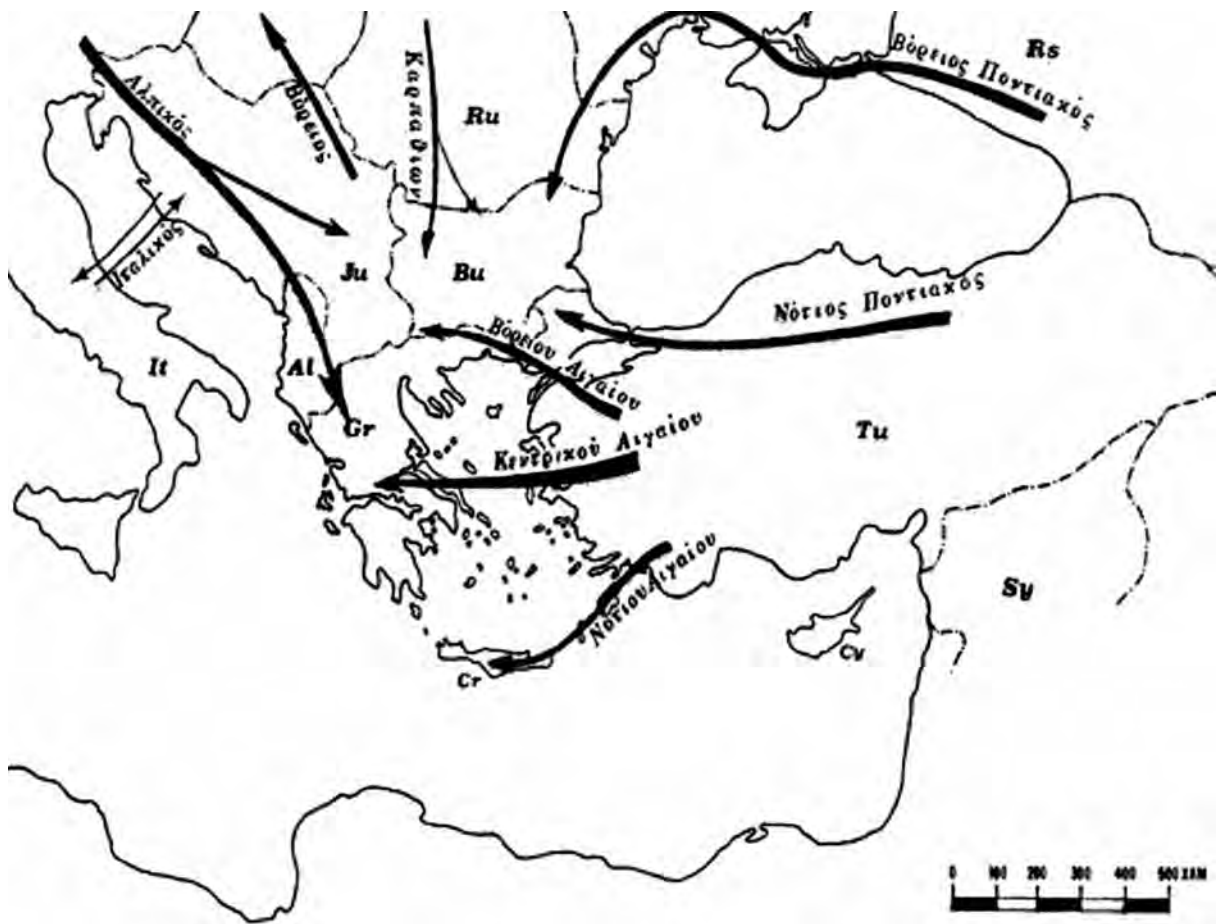
² Χερσαία, υδρόβια, δένδρα, θάμνοι, πάες, αναρριχώμενα, επίφυτα, παράσιτα, χασμόφυτα κ.λπ.

λευταίες χλιετηρίδες ανέπτυξε κοινωνίες, σε κάποιες περιοχές ιδιαίτερα εξελιγμένες, συνήθως σε βάρος του φυσικού περιβάλλοντος.

Ο πλούτος και η ποικιλία τής σύγχρονης ελληνικής χλωρίδας σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στη θέση και στην πολυτάραχη γεωιστορία του ελληνικού χώρου. Για μεγάλη περίοδο, κατά τον Παλαιozoϊκό και Μεσοζωϊκό αιώνα (εποχή που διήρκεσε έως πριν 65 εκατομμύρια έτη), η ελληνική γη αποτέλεσε τμήμα ωκεάνιου πυθμένα³. Τα απολιθωμένα ή μη λείψανα φυτών αυτής της ηλικίας που βρέθηκαν στην Ελλάδα αφορούν κυρίως φύκη (Γερασιμίδης 1988).

Η ελληνική χέρσος αναδύθηκε σταδιακά με την αλπική ορογένεση που ακολούθησε και ολοκληρώθηκε στο Τριτογενές (εποχή που ξεκίνησε πριν 65 εκατομμύρια έτη περίπου). Κατά την περίοδο του Μειόκαινου (πριν 25 εκατομμύρια έτη), η ανάδυση είχε ολοκληρωθεί και, εκτός από τη ση-

μερινή, η χερσαία έκταση της Ελλάδας περιελάμβανε και ολόκληρη την έκταση του Αιγαίου Πελάγους, γνωστή ως *Αιγαίδα*. Ο σχηματισμός της Αιγαίδας είχε πολύ σημαντική επίδραση στη χλωρίδα της Ελλάδας και στην εξέλιξή της. Εξασφάλισε την επικοινωνία με την ασιατική ήπειρο και, συγκεκριμένα, με τη σημερινή Μικρά Ασία, επιτρέποντας τη μετανάστευση φυτικών ειδών από ανατολικές και βορειοανατολικές περιοχές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ροδόδενδρο της Μυτιλήνης (*Rhododendron luteum*) που απαντά στην Ελλάδα μόνο στη Λέσβο και προέρχεται από την προς τα δυτικά μετανάστευσή του από τη Μ. Ασία. Ανάλογη περίπτωση είναι και η παρουσία του είδους *Liquidambar orientalis* στη Ρόδο και στη ΝΔ Μ. Ασία. Εκτός, όμως, από την περιοχή του Αιγαίου, για μεγάλο διάστημα και το μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου ήταν χέρσο, επιτρέποντας, έτσι, την επικοινωνία της ελληνικής ηπειρωτικής περιοχής με την αφρικανι-



Σχήμα 1. Δρόμοι μετανάστευσης των φυτών στην Ελλάδα (πηγή: Turrill 1929, τροποποιημένο από Ιατρού 1986).

³ Στο Μεσοζωϊκό αιώνα η ελληνική γη αποτέλεσε τμήμα του πυθμένα της αρχαίας θάλασσας Τηθύος.

κή ήπειρο και την αντίστοιχη μετανάστευση φυτικών ειδών. Στην επικοινωνία μεταξύ του ελλαδικού χώρου και της αφρικανικής ηπείρου οφείλεται η παρουσία του φοίνικα *Phoenix theophrasti* στη νότια Κρήτη και στη ΝΔ Μ. Ασία. Έτσι, η Ελλάδα έγινε το «σταυροδρόμι» συνάντησης πολλών διαφορετικών δρόμων μετανάστευσης, γεγονός το οποίο εξηγεί την παρουσία σημαντικού ποσοστού φυτικών taxa που υπάρχουν σήμερα στη χώρα (Σχήμα 1).

Στην περίοδο του Μειόκαινου και Πλειόκαινου (πριν 25 έως 2 εκατομμύρια έτη) που ακολουθεί, σημειώνεται επίκλιση της Μεσογείου θάλασσας στα νότια της Αιγαΐδας, ενώ το κλίμα του ελληνικού χώρου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις μεταξύ υγρού-υποτροπικού και ξηρού-στεπικού, με αντίστοιχη χλωρίδα. Στην περίοδο αυτή εμφανίζονται τα πρώτα φυτικά είδη με χαρακτηριστικά προσαρμογής στο μεσογειακό κλιματικό τύπο. Από την περίοδο αυτή είναι το απολιθωμένο δάσος στο Σίγρι της Λέσβου, στο οποίο έχουν βρεθεί κυρίως κωνοφόρα είδη, όπως τα *Sequoia abietina*, *Taxodioxylon* sp., που αποτελούν taxa συγγενικά με το είδος *Sequoia sempervirens* που σήμερα υπάρχει αυτοφυές μόνο στην Καλιφόρνια. Επίσης, στην Κύμη έχουν βρεθεί υπολειμματα από 70 γένη σπερματοφύτων, από τα οποία τα 49 δεν υπάρχουν σήμερα αυτοφυή στην Ελλάδα (π.χ. *Sequoia* sp., *Taxodium* sp., *Cycas* sp., *Tsuga* sp., *Pinus megaloeus*, *P. neptunus*, *P. turgata*), ενώ βρέθηκαν και υπολειμματα γενών που εξακολουθούν να υπάρχουν και σήμερα (π.χ. *Olea* sp., *Juglans* sp., *Quercus* sp., *Populus* sp.).

Πολλά φυτικά taxa που κατά την περίοδο αυτή (Τριτογενές) είχαν εκτεταμένη εξάπλωση, απομονώθηκαν σε μία ή λιγοστές ορεινές περιοχές, λόγω των ορεογραφικών ανακατατάξεων στη διαμόρφωση του ελλαδικού χώρου, της έντονης ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των δυσμενών κλιματικών συνθηκών που ακολούθησαν κατά το Πλειστόκαινο. Αυτά, σήμερα, είναι *παλαιοενδημίτες* και είναι γνωστά ως λείψανα του Τριτογενούς. Τα είδη της τροπικής οικογένειας Gesneriaceae αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα της περίπτωσης αυτής: η *Janakaea heldreichii* φύεται μόνο στον Όλυμπο, η *Ramonda serbica* και η *Ramonda nathaliae* σε μερικά όρη της βόρειας Ελλάδας και των Βαλκανίων (Rechinger 1965).

Η περίοδος του Τεταρτογενούς που ακολουθεί, χαρακτηρίζεται από την επιδείνωση του κλίματος και την εμφάνιση παγετώνων κατά το Πλειστόκαινο.

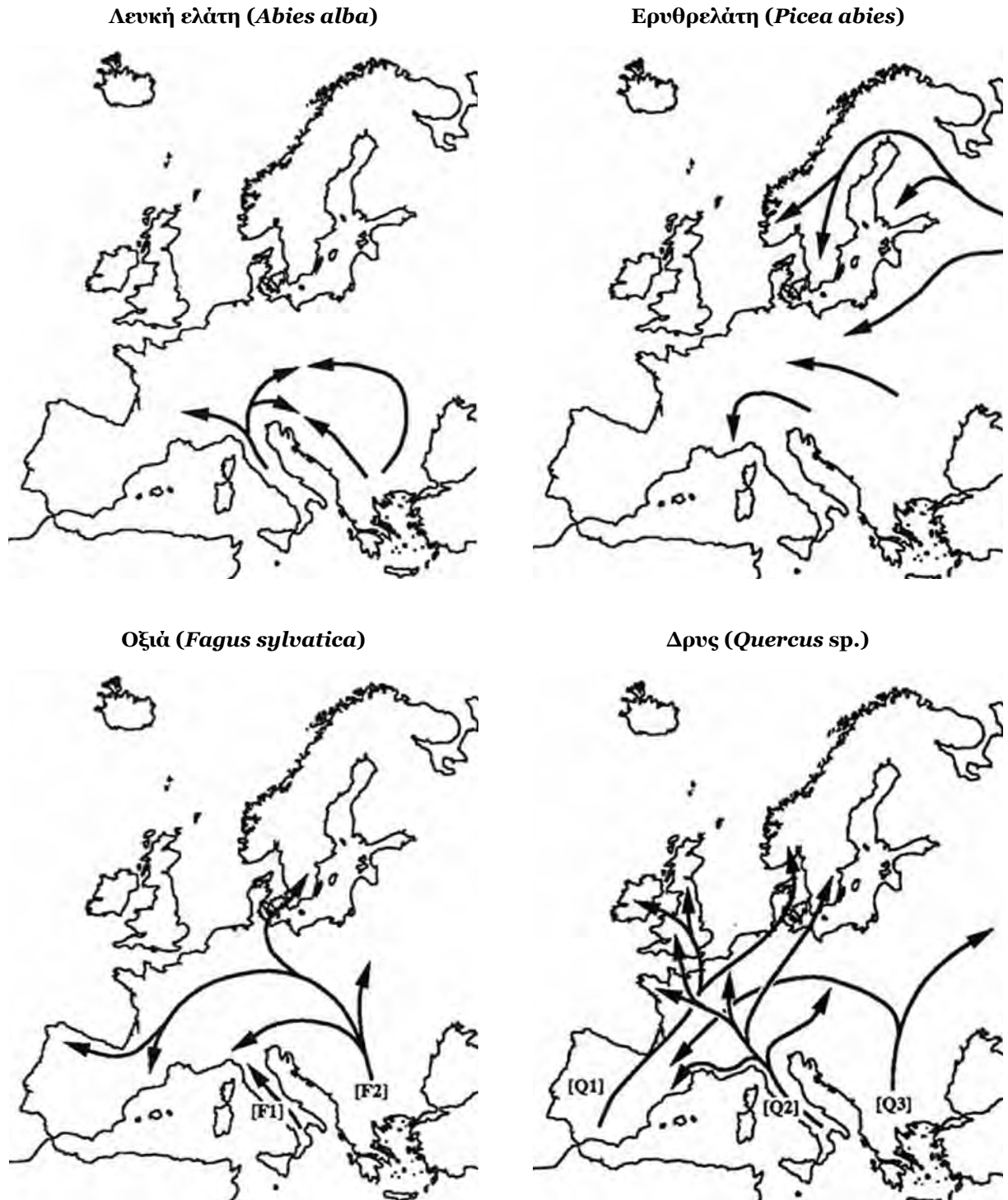
Έξι αλληλοδιαδεχόμενες ψυχρές (παγετώδεις) και θερμές (μεσοπαγετώδεις) περίοδοι χαρακτηρίζουν τη διάρκεια του Πλειστόκαινου. Στον ελλαδικό χώρο οι παγετώνες περιορίστηκαν σε ορισμένες θέσεις μεγάλου υψομέτρου, ενώ η βασική μεταβολή του κλίματος ήταν η εναλλαγή υγρών και ξηρών περιόδων που αντιστοιχούσαν στις παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις εποχές. Η άμεση επίπτωση των παγετώνων στους πληθυσμούς των φυτών της Ευρώπης ήταν η (όχι πάντοτε πετυχημένη) μετανάστευση των ειδών προς το νότο, σε μια προσπάθεια να αντεπεξέλθουν στη μείωση της θερμοκρασίας και να επιβιώσουν. Στις αρνητικές για την ελληνική χλωρίδα επιδράσεις που είχαν οι παγετώνες, ήταν ο αφανισμός ειδών, και ιδιαίτερα κωνοφόρων δένδρων, που μέχρι τις αρχές του Πλειστόκαινου σχημάτιζαν εκτεταμένα δάση, με κυριότερο αντιπρόσωπο την πεύκη (Γερασιμίδης 1988). Από τα πολυάριθμα είδη *Pinus* του Τριτογενούς κατόρθωσε να επιβιώσει μόνο η Βαλκανική πεύκη (*Pinus peuce*), που σήμερα σχηματίζει υπολειμματικές συστάδες σε λίγες μόνο θέσεις της βαλκανικής χερσονήσου και στην Ελλάδα μόνο σε όρη της βόρειας χώρας. Εντούτοις, οι δυσμενείς κλιματικές συνθήκες κατά τις παγετώδεις περιόδους είχαν και θετική επίδραση στη χλωρίδα της Ελλάδας. Είδη που μετανάστευσαν προερχόμενα από την κεντρική και βόρεια Ευρώπη, παρέμειναν στον ελλαδικό χώρο, εμπλουτίζοντας την ιθαγενή χλωρίδα⁴. Τα είδη αυτά μπόρεσαν να επιβιώσουν στην Ελλάδα και πολλά από αυτά επέστρεψαν στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη μετά το τέλος των παγετώνων (Σχήμα 2). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*) και η ερυθρελάτη (*Picea abies*), που σήμερα εξαπλώνονται σε όλη, σχεδόν, την Ευρώπη. Στην Ελλάδα υπάρχουν είτε μερικοί απομονωμένοι πληθυσμοί στα βόρεια (*Pinus sylvestris*), είτε ένας μόνο πληθυσμός στην οροσειρά της Ροδόπης (*Picea abies*).

Σε κάποιες περιπτώσεις, η επιστροφή των ειδών στις περιοχές της βόρειας Ευρώπης δεν ήταν εφικτή, λόγω της ύπαρξης φραγμών στους δρόμους επιστροφής (π.χ. υψηλών οροσειρών). Το αποτέλεσμα ήταν τα είδη αυτά να διατηρηθούν σε μικρούς πληθυσμούς και σε ορισμένες περιοχές στις οποίες ήταν δυνατή η επιβίωσή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ιπποκαστανιά (*Aesculus hippocastanum*), που μετανάστευσε στην Ελλάδα από τη βόρεια Ευρώπη κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο. Μετά το τέλος των παγετώνων, περιορίστηκε σε λίγες ορεινές θέσεις στην Ελλάδα και στην κεντρική Βαλκανική.

⁴ Μάλιστα, η Ελλάδα αποτελούσε «χλωριδικό αδιέξοδο», όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Turrill (1929), αφού δεν υπήρχε δυνατότητα περαιτέρω μετανάστευσης προς το νότο.

Εκτός, όμως, των περιπτώσεων εμπλουτισμού της ελληνικής χλωρίδας με νέα είδη προερχόμενα από το βορρά, οι παγετώδεις περίοδοι (και ιδιαίτερα η τελευταία) προκάλεσαν τη δημιουργία νέων taxa σε ζώνες διεισδυτικού υβριδισμού (introgression). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των περιπτώσεων

αυτών αποτελούν η ελάτη και η οξιά. Συγκεκριμένα, η λευκή ελάτη (*Abies alba*) μετανάστευσε κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο προς το νότο, όπου οι πληθυσμοί της στην Ελλάδα συναντήθηκαν με τους πληθυσμούς της κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*). Αποτέλεσμα



Σχήμα 2. Δρόμοι εποίκισης νέων περιοχών μετά τους παγετώνες: *Abies alba*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus* sp. (πηγή: Taberlet et al. 1998).

της διασταύρωσης των πληθυσμών των δύο ειδών ήταν η δημιουργία του πληθυσμού της υβριδογενούς ελάτης (*Abies borisii-regis*), που εξαπλώνεται σε μεγάλο μέρος της Ελλάδας (Strid and Tan 1997, 2002). Ανάλογη είναι και η περίπτωση της οξιάς, όπου η δασική οξιά (*Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*) στην περιοχή συνάντησης με την ανατολική οξιά (*Fagus sylvatica* subsp. *orientalis*) δημιουργεί εκτεταμένους, ενδιάμεσους μορφολογικά, υβριδογενείς πληθυσμούς, γνωστούς παλαιότερα με το όνομα μοισιακή οξιά (*Fagus moesiaca*) (Αθανασιάδης 1986).

Καταφύγια

Η επιβίωση των φυτικών ειδών κατά την περίοδο των παγετώνων με την προς νότο μετανάστευση επιτεύχθηκε τόσο σε ευρείες περιοχές των χωρών της Μεσογείου, όσο και σε συγκεκριμένες, περιορισμένης έκτασης, θέσεις όπου υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες για τα είδη αυτά. Οι θέσεις αυτές είναι γνωστές ως καταφύγια (*refugia*) και αποτελούν θέσεις επιβίωσης της χλωρίδας παλαιότερων εποχών. Με τη μελέτη τους μπορούν να αντληθούν πληροφορίες για την εξελικτική και τη μεταπαγετώδη πορεία των ειδών. Η ύπαρξη δυνητικών καταφυγίων έχει προταθεί για πολλές περιοχές της Ελλάδας (κυρίως στην Ήπειρο και κατά μήκος των βορείων συνόρων) και για πολλά είδη, συμπεριλαμβανομένων της ελάτης και της οξιάς που προαναφέρθηκαν. Τα καταφύγια ειδικότερα των χωρών της Μεσογείου χαρακτηρίζονται ως «καταφύγια μακράς διαρκείας» (*long-term refugia*), εξαιτίας του επαναλαμβανόμενου ρόλου τους ως καταφυγίων σε περισσότερες από μία παγετώδεις περιόδους (Thomson 2005). Οι δρόμοι εποίκησης νέων περιοχών μετά τους παγετώνες, όπως έχουν προταθεί για τα κυριότερα δασοποινικά είδη της Ευρώπης, φαίνονται στο Σχήμα 2.

Ανθρωπογενείς επιδράσεις

Εκτός των φυτικών ειδών που βρέθηκαν στην Ελλάδα με τις παραπάνω φυσικές διαδικασίες, πολλά επιπλέον είδη μεταφέρθηκαν εκούσια ή ακούσια από τον άνθρωπο. Η εκούσια μεταφορά αφορά κυρίως είδη που έχουν κάποια χρήση (π.χ. είδη με διατροφική αξία όπως ρύζι, πατάτα, ντομάτα κ.ά.), ενώ η ακούσια αφορά την εκ παραδρομής μεταφορά με πλοία ή άλλα μέσα, μαζί με σπέρματα άλλων επιθυμητών φυτικών ειδών (Γερασιμίδης 1995). Κατά την προϊστορική και ιστορική περίοδο έγιναν μεταφορές αναπαραγωγικού υλικού πολλών δασικών ειδών από λαούς της Μεσογείου κυρίως. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*) και η κουκουναριά (*Pinus pinea*), είδη δένδρων που σχηματίζουν πληθυσμούς σε όλες τις μεσογεια-

κές χώρες, ενώ η φυσική τους προέλευση βρίσκεται, πιθανότατα, σε χώρες της ανατολικής Μεσογείου. Τα γεγονότα της ίδρυσης των νέων δασών είναι τόσο παλαιά στο χρόνο, που σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει αμφιβολία για την προέλευση των πληθυσμών των ειδών αυτών σε πολλές περιοχές των χωρών της Μεσογείου.

Εκτός της μεταφοράς φυτικών ειδών και ίδρυσης νέων πληθυσμών, ο άνθρωπος έχει επηρεάσει τη χλωρίδα στη Μεσόγειο εδώ και χιλιάδες χρόνια μέσα από τις ποικίλες δραστηριότητές του. Έχοντας αναπτύξει τη γεωργία και τους οργανωμένους οικισμούς από τα τέλη της τελευταίας παγετώδους περιόδου, επέκτεινε τη μόνιμη του παρουσία στο χώρο σε μεγάλο βαθμό, καταλαμβάνοντας και αξιοποιώντας τα φυσικά οικοσυστήματα. Προχώρησε σε εκχερσώσεις για την εγκατάσταση πόλεων και την ανάπτυξη της αγροτικής τους οικονομίας και διαμόρφωσε τους φυσικούς χώρους για τις δικές του ανάγκες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον έντονο κατακερματισμό των φυσικών πληθυσμών πολλών φυτών και τον περιορισμό της εξάπλωσής τους στα ορεινά, κυρίως, τμήματα. Ταυτόχρονα, όμως, διαμορφώθηκε και εξελίχθηκε ένας μεγάλος αριθμός πληθυσμών φυτών που φύονται σε χώρους όπου δραστηριοποιείται ο άνθρωπος, έχοντας προσαρμοστεί στις ιδιαίτερες συνθήκες που προέκυψαν (Καραγιαννακίδου 2006). Σήμερα, η βιοποικιλότητα στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο, γενικότερα, είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό συνδεδεμένη με τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του.

Μελέτη της εξελικτικής ιστορίας της χλωρίδας και της βλάστησης

Τα τελευταία χρόνια, ο συνδυασμός παλαιο-οικολογικής και φυτοκοινωνιολογικής έρευνας με γενετικές αναλύσεις έχει συμβάλει σημαντικά στην κατανόηση της βλάστησης περασμένων χιλιετιών, καθώς και στην άντληση πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο απόκρισης των ειδών στις αλλαγές του κλίματος (π.χ. Magri et al. 2006, Hu et al. 2009). Για την Ελλάδα αξίζει να αναφερθούν πρόσφατες εργασίες με συνδυασμό φυτοκοινωνιολογικής έρευνας και γενετικών αναλύσεων χλωροπλαστικού DNA, που έδωσαν σημαντικές πληροφορίες για την εξελικτική ιστορία και την προέλευση της οξιάς στο όρος Παγγαίο (Μουρατίδης 2009) και στο όρος Μενοίκιο (Σταμέλλου 2011). Πολύτιμες πληροφορίες για τη σύνθεση και τη χωρολογία της ελληνικής χλωρίδας προηγούμενων χιλιετιών έχουν εξαχθεί με τη χρήση παλυνολογικής έρευνας και, συγκεκριμένα, από εργασίες ανάλυσης γύρης (Γερασιμίδης 1985, Tzedakis 1993, Tzedakis 2000, Tzedakis et al. 2002, Gerasimidis 2005, Gerasimidis et al. 2008).

Επιπλέον αυτών, όμως, τα τελευταία χρόνια, σημαντικές πληροφορίες για την εξελικτική ιστορία των δασικών ειδών έχουν εξαχθεί από τη μελέτη του DNA (αρχαιοDNA, ancient DNA) που προέρχεται από μέρη/όργανα των φυτών ηλικίας αρκετών χιλιάδων ετών και λαμβάνεται από δείγματα πυρήνων (cores) εδάφους (π.χ. Gugerli et al. 2005, Magyarí et al. 2011). Για τα δασικά είδη χρησιμοποιείται συνήθως η γύρη, η οποία μπορεί να διατηρηθεί πολύ καλά και βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο έδαφος. Πιο σπάνια ευρήματα είναι οι κώνοι και τα σπέρματα κωνοφόρων ειδών. Παράδειγμα μελέτης με αρχαιοDNA είναι η εργασία των Parducci et al. (2005) για τη δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*), που μελετώντας DNA γύρης από πυρήνες και υπαρχόντων πληθυσμών έδειξε την ύπαρξη κοινής γενετικής σύστασης.

Η Ελλάδα, με την πληθώρα των (μικρο-) περιβαλλόντων της και την πολύ πλούσια (και ακόμα μη πλήρως εξερευνημένη) χλωρίδα της, προσφέρει εξαιρετικές δυνατότητες για τη μελέτη της (επίσης ανεξερεύνητης) εξελικτικής ιστορίας πολυάριθμων taxa με διαφορετικές ιδιαιτερότητες και επιρροές κατά τη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων. Η τεκμηριωμένα μεγάλη ποικιλότητα (ειδών και γενετική) της ελληνικής χλωρίδας είναι ένα μόνο στοιχείο προς αυτήν την κατεύθυνση.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Αθανασιάδης, Ν. 1986. Δασική Βοτανική. Μέρος II. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Γερασιμίδης, Α.Μ. 1985. Σταθμολογικές συνθήκες και μεταπαγετώδης εξέλιξη της βλάστησης στα δάση Λαϊλιά Σερρών και Καταφυγίου Πιερίων. Διδακτορική διατριβή. Τμ. Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Γερασιμίδης, Α.Μ. 1988. Ιστορία Δασικής Βλάστησης. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Γερασιμίδης, Α.Μ. 1995. Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην εξέλιξη της δασικής βλάστησης στην Ελλάδα. Στοιχεία από διαγράμματα γύρης. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ ΛΗ:169-203.

Δρόσος, Ε. 1996. Φυτογεωγραφία. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Εκδόσεων, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Ιατρού, Γ. 1986. Συμβολή στη μελέτη του ενδημισμού της χλωρίδας της Πελοποννήσου. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Καραγιαννακίδου, Β. 2006. Ελληνική Χλωρίδα - Ιδιαιτερότητες - Προστασία. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Τμήμα Εκδόσεων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Μουρατίδης, Θ. 2009. Γενετική ανάλυση της οξιάς στο Παγγαίο όρος με τη χρήση μοριακών δεικτών και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, ΔΠΘ, Ορεστιάδα.

Σταμέλλου, Σ. 2011. Φυτοκοινωνίες και μοριακή ποικιλότητα της οξιάς (*Fagus sylvatica* L.) στο όρος Μενοίκιο. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Β. Ξενόγλωσση

Gerasimidis, A. 2005. Deciduous oak forest vegetation history in Greece with emphasis on the effects of human impact as reflected by pollen diagrams. *Botanika Chronika* 18:117-133.

Gerasimidis, A., S. Panajiotidis, G. Fotiadis, and G. Korakis. 2008. Review of the Late Quaternary vegetation history of Epirus (NW Greece). *Phytologia Balcanica* 15:19-27.

Gugerli, F., L. Parducci, and R.J. Petit. 2005. Ancient plant DNA - review and prospects. Review article. *New Phytologist* 166:409-418.

Hu, F.S., A. Hampe, and R.J. Petit. 2009. Paleoeecology meets genetics: deciphering past vegetational dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7:371-379.

Magri, D., G.G. Vendramin, B. Comps, I. Dupanloup, T. Geburek, D. Gomory, M. Latalova, T. Litt, L. Paule, J.M. Roure, I. Tantau, W.O. van der Knaap, R.J. Petit, and J.L. de Beaulieu. 2006. A new scenario for the quaternary history of European beech populations: paleobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytology* 171:199-221

Magyarí, E.K., A. Major, M. Bálint, J. Nédli, M. Braun, I. Rácz, and L. Parducci. 2011. Population dynamics and genetic changes of *Picea abies* in the South Carpathians inferred from pollen and ancient DNA analyses. *BMC Evolutionary Biology* 11:66.

Parducci, L., Y. Suyama, M. Lascoux, and K.D. Bennett. 2005. Ancient DNA from pollen: a genetic record of plant population history. *Molecular Ecology* 14:2873-2882.

Rechinger, K.H. 1965. Der Endemismus in der griechischen Flora. *Revue Roumaine de Biologie Serie de Botanique* 10:135-138.

- Strid, A., and K. Tan. 1997. *Flora Hellenica 1*. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Strid, A., and K. Tan. 2002. *Flora Hellenica 2*. A.R.G. Gantner Verlag, K.G. Ruggell, Liechtenstein.
- Taberlet, P., L. Fumagalli, A.G. Wust-Saucy, and J.F. Cosson. 1998. Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology* 7:453-64.
- Thompson, J.D. 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press, Oxford.
- Turrill, W.B. 1929. *The plant-life of the Balkan peninsula: A phytogeographical study*. Clarendon Press.
- Tzedakis, P.C., I.T. Lawson, M.R. Frogley, G.M. Hewitt, and R.C. Preece. 2002. Buffered Tree Population Changes in a Quaternary Refugium: Evolutionary Implications. *Science* 297:2044-2047.
- Tzedakis, P.C. 1993. Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles. *Nature* 364:437-440.
- Tzedakis, P.C. 2000. Vegetation variability in Greece during the Last Interglacial. *Geologie en Mijnbouw. Netherlands Journal of Geosciences* 79:355-367.
- Willis, K.J., and J.C. McElwain. 2002. *The evolution of plants*. Oxford University Press, Oxford.

3. Η χλωρίδα και η βλάστηση των δασών της Ελλάδας

Γεώργιος Κοράκης

Η μακρόχρονη ανθρώπινη επέμβαση στην ελληνική φύση είναι φανερή σήμερα στη μορφή και κατανομή της βλάστησης. Παρά το γεγονός αυτό, οι τύποι φυσικής βλάστησης που εμφανίζονται στην Ελλάδα παρουσιάζουν μοναδική ποικιλία για την Ευρωπαϊκή ήπειρο και τη Μεσόγειο. Αντίστοιχα πλούσια και σημαντική είναι η ελληνική χλωρίδα που περιλαμβάνει στοιχεία από την Ευρώπη, την Ασία και τη Μεσόγειο και παρουσιάζει υψηλά ποσοστά ενδημισμού. Η ταξινόμηση της δασικής βλάστησης ακολουθεί εδώ και δεκαετίες το μοντέλο της κατακόρυφης διάρθρωσης σε ζώνες οι οποίες αντιστοιχούν σε ζώνες βιοκλίματος. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 92/43, αναγνωρίστηκαν και περιγράφηκαν οι σημαντικότεροι τύποι βλάστησης ως τύποι οικοτόπων. Οι ζώνες δασικής βλάστησης είναι: α) Η ευμεσογειακή, με φυτοκοινότητες κατά το πλείστο αειθαλείς, προσαρμοσμένες στο έντονο μεσογειακό κλίμα. Έχει μέχρι σήμερα υποστεί τη μεγαλύτερη υποβάθμιση και διατάραξη. β) Η παραμεσογειακή, που εμφανίζεται ηπειρωτικότερα της προηγούμενης, στη λοφώδη-υποορεινή περιοχή, και τη συνθέτουν θερμοφιλά φυλλοβόλα είδη με κυρίαρχες τις δρυς. γ) Η ζώνη οξιάς-ελάτης που καταλαμβάνει τον ορεινό χώρο, με επικράτηση των ελατοδασών στη νότια Ελλάδα, ενώ στη βόρεια επικρατούν δάση οξιάς-υβριδογενούς ελάτης. δ) Η ζώνη ψυχρόβιων κωνοφόρων, που εμφανίζεται σε υψηλά όρη της βόρειας Ελλάδας με τη σποραδική εξάπλωση ψυχρόβιων ευρασιατικών ειδών. Επιπλέον, αζωνική βλάστηση από υγρόφιλα είδη, που δεν εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες, εμφανίζεται σε σταθμούς που παρουσιάζουν ακραίες συνθήκες υγρασίας όπως ρέματα, ποτάμια και λίμνες.

Λέξεις κλειδιά: φυτοκοινότητες, διαπλάσεις, ζώνες βλάστησης, χωρολογία, ενδημικά είδη

Η ελληνική χλωρίδα

Είναι γεγονός ότι το φυσικό περιβάλλον στην Ελλάδα και ιδιαίτερα η βλάστηση και τα δάση έχουν δεχθεί στο πέρασμα των αιώνων πιέσεις, τόσο σε ένταση όσο και σε διάρκεια, όσο σε λίγες άλλες περιοχές της Ευρώπης. Εντούτοις, αυτό το περιβάλλον εξακολουθεί να εντυπωσιάζει, όχι τόσο με τη φυσικότητα που το χαρακτηρίζει, όσο με την ποικιλότητα που περιλαμβάνει. Έτσι, σήμερα γνωρίζουμε ότι η νότια απόληξη της βαλκανικής χερσονήσου, αναλογικά με την έκτασή της, αποτελεί την περιοχή με τη μεγαλύτερη ποικιλία σε τύπους βλάστησης στην Ευρώπη και, ταυτόχρονα, την πλουσιότερη, χλωριδικά, περιοχή της.

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα, περισσότερες από 6.400 ταξινομικές μονάδες (taxa), στις οποίες περιλαμβάνονται περίπου 5.800 είδη, αποτελούν την αυτοφυή χλωρίδα της Ελλάδας. Οι αριθμοί αυτοί, όπως και το ποσοστό ενδημισμού

που ανέρχεται σε 14% (αντιστοιχεί προσεγγιστικά σε 1.200 taxa), είναι ιδιαίτερα υψηλοί για τη χλωρίδα μιας τόσο μικρής σε έκταση χώρας της Ευρώπης και της Μεσογείου (Strid and Tan 1997, 2002, Tan and Iatrou 2001, Thompson 2005, Georgiou and Delipetrou 2010).

Ο πλούτος της ελληνικής χλωρίδας είναι αποτέλεσμα συνεπίδρασης πολλών παραγόντων, από τους οποίους, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (Turrit 1929, Polunin 1980, Strid and Papanicolaou 1985, Iatrou 1996, Strid and Tan 1997, Georgiou and Delipetrou 2010), οι σπουδαιότεροι είναι:

1. Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας, που χωρολογικά αποτελεί σταυροδρόμι σε μια περιοχή όπου συναντώνται βασικές χλωριδικές μονάδες. Η μεσογειακή, η μεσευρωπαϊκή, η ιρανοκασπική, ακόμα και η τροπική/υποτροπική είναι χλωριδικές περιοχές που σε διαφορετικό βαθμό η κάθε μια εμπλουτίζουν με στοιχεία τους την ελληνική χλωρίδα.

2. Η γεωμορφολογία και το ανάγλυφο του ελληνικού χώρου. Η παρουσία οροσειρών, χερσονήσων και νησιωτικών συμπλεγμάτων που αντανακλούν τη γεωλογική ιστορία της περιοχής είχαν μεγάλη επίδραση στην κατάτμηση των πληθυσμών, τη μετανάστευση και απομόνωση των φυτικών ειδών.
3. Η παρουσία υπολειμματικής χλωρίδας παλαιότερων γεωλογικών εποχών (Τριτογενής χλωρίδα) και η λειτουργία του χώρου ως ενός από τα σημαντικότερα καταφύγια ευρωπαϊκών ειδών στις παγετώδεις περιόδους.

Η αφθονία και η ποικιλότητα της αυτοφυούς ελληνικής χλωρίδας απαντά περισσότερο ή λιγότερο σε όλα τα είδη χερσαίων ενδιαιτημάτων, είτε είναι φυσικά είτε, συνηθέστερα, είναι επηρεασμένα από τον άνθρωπο. Μεγάλο μέρος της χλωρίδας αυτής συγκροτεί τις διάφορες δασικές φυτοκοινότητες που συνθέτουν τη χλωριδικά και φυσιογνωμικά πολυποίκιλη βλάστηση των δασικών οικοσυστημάτων.

Η σύνθεση των δασών της Ελλάδας

Οι δασικές φυτοκοινότητες της Ελλάδας περιλαμβάνουν πλήρη, σχεδόν, την ποικιλότητα σε σύνθεση και μορφή που απαντά στη δασική βλάστηση ολόκληρης της Ευρώπης. Η συνεπίδραση βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, όπως η ποικιλότητα της χλωρίδας, του κλίματος και των βιότοπων, σε συνδυασμό με τη μακρόχρονη ανθρώπινη επίδραση, είχαν ως αποτέλεσμα η δασική βλάστηση να αποτελεί σήμερα ένα σύνθετο μωσαϊκό από φυσικές, ημιφυσικές και ανθρωπογενείς φυτοκοινότητες. Το ιδιαίτερα μεγάλο εύρος συνθηκών για μια χώρα με την έκταση της Ελλάδας εκφράζεται από τη μεγάλη ποικιλία σε φυτικές διαπλάσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται από τις πλέον υποτροπικές όψεις, όπως είναι οι φυσικές συστάδες φοινίκων στην Κρήτη (Βάι, Πρέβελη και αλλού), μέχρι τις ψυχρόβιες βορειοευρωπαϊκού τύπου διαπλάσεις ερυθρελάτης, καθώς και οι τυρφώνες σφάγνων, που στη Ροδόπη συνιστούν κηλίδες βλάστησης χαρακτηριστικής κατά πολύ βορειότερων κλιμάτων (Μαυρομάτης 1980).

Τα κύρια ξυλώδη είδη που απαντούν στην Ελλάδα και συνιστούν τη βάση των δασικών οικοσυστημάτων μπορούν να καταταχθούν σε τέσσερις βασικές χωρολογικές ομάδες, ανάλογα με τη φυτογεωγραφική τους προέλευση (Debazac και Μαυρομάτης 1971).

Μεσευρωπαϊκά είδη

Περιλαμβάνουν είδη της δασικής χλωρίδας που έχουν κύρια εξάπλωση στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, ενώ ορισμένα επεκτείνονται έως και τη βόρεια Ασία. Η κατανομή τους προς νότο εκτείνεται ως τη βόρεια ή και την κεντρική Ελλάδα, σε ορεινούς όγκους, όπου σχηματίζουν οικοσυστήματα μεσευρωπαϊκού χαρακτήρα, καθώς συνοδεύονται από θαμνώδη και ποώδη είδη ανάλογης γεωγραφικής εξάπλωσης. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται πολύτιμα και ξυλοπαραγωγικά δασοπονικά είδη της χώρας μας. Στη χωρολογική αυτή ομάδα ανήκουν: Η οξιά (*Fagus sylvatica*), η ερυθρελάτη (*Picea abies*), η σημύδα (*Betula pendula*), η δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*), ο γαύρος (*Carpinus betulus*), η απόδισκη δρυς (*Quercus petraea*), ο ψευδοπλάτανος (*Acer pseudoplatanus*) και το πλατανοειδές σφενδάμι (*Acer platanoides*).



Φωτογραφία 1. Δάσος οξιάς (*Fagus sylvatica*) στο Πάικο.

Είδη της Ν-ΝΑ Ευρώπης και του Εύξεινου Πόντου

Σημαντικός αριθμός από θερμόφιλα φυλλοβόλα είδη δένδρων και θάμνων που κυριαρχούν στα οικοσυστήματα της ημιορεινής ζώνης και σε χαμη-



Φωτογραφία 2. Χνωώδης δρυς (*Quercus pubescens*).

λά υψόμετρα των ηπειρωτικών περιοχών, έχουν το κέντρο της εξάπλωσής τους στη νότια Ευρώπη και στον Εύξεινο Πόντο. Στην ομάδα αυτή, μεταξύ άλλων, ανήκουν: Οι θερμόφιλες δρύες, χνοώδης (*Quercus pubescens*), πλατύφυλλη (*Q. frainetto*) και τσέρο (*Q. cerris*), η οστριά (*Ostrya carpinifolia*), ο ανατολικός γαύρος (*Carpinus orientalis*), ο φράξος (*Fraxinus ornus*), η φλαμουριά (*Tilia tomentosa*), τα σφενδάμια, ταταρικό (*Acer tataricum*) και υρκάνιο (*Acer hyrcanum*).

Είδη της Μεσογείου

Τα είδη αυτά έχουν εξάπλωση περισσότερο ή λιγότερο γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου¹ και εξαρτώνται από την ύπαρξη του μεσογειακού βιοκλίματος. Απαντούν άφθονα στην Ελλάδα, ιδιαίτερα σε χαμηλά υψόμετρα, και χαρακτηρίζουν τη βλάστηση και το τοπίο σε παραθαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές. Οι βασικότεροι αντιπρόσωποι της ομάδας αυτής είναι: Η ελιά (*Olea europaea*), η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*), η αριά (*Quercus ilex*), ο σχίνος (*Pistacia lentiscus*), η μυρτιά (*Myrtus communis*), το φιλλύκι (*Phillyrea latifolia*), η χαλέπιος (*Pinus halepensis*) και η τραχεία πεύκη (*Pinus halepensis* subsp. *brutia*), η κουκουναριά (*Pinus pinea*), η φοινικική άρκευθος (*Juniperus phoenicea*) και η δάφνη (*Laurus nobilis*).



Φωτογραφία 3. Δάσος χαλεπίου πεύκης στην Αττική.

Είδη ενδημικά της Βαλκανικής χερσονήσου

Μικρός αριθμός δενδρωδών ειδών της ελληνικής χλωρίδας έχει περιορισμένη εξάπλωση που εντοπίζεται στο εσωτερικό της Βαλκανικής χερσονήσου. Τα είδη αυτά αποτελούν σημαντικές προσθήκες για τη βιοποικιλότητα της ελληνικής χλωρίδας, καθώς πολλά είναι υπολείμματα παλαιότερων, γεωλογικά, εποχών. Εξαπλώνονται βασικά στην

ορεινή ζώνη βλάστησης, και τα σημαντικότερα είναι: Η κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*), η ιπποκαστανιά (*Aesculus hippocastanum*), η λευκόδερμος πεύκη (*Pinus leucodermis*), η βαλκανική πεύκη (*Pinus peuce*), η μακεδονική δρυς (*Quercus trojana*), η Ευβοϊκή δρυς (*Quercus trojana* subsp. *euboica*) και το σφενδάμι του Heldreich (*Acer heldreichii*).



Φωτογραφία 4. Ιπποκαστανιά (*Aesculus hippocastanum*).

Η ταξινόμηση της δασικής βλάστησης

Επιστημονικές εργασίες που να αφορούν συνολικά τη δασική βλάστηση και τη χλωριδική ποικιλότητα των δασών της Ελλάδας δεν έχουν παραχθεί. Έχουν διεξαχθεί, εντούτοις, πολυάριθμες επιμέρους έρευνες που περιέχουν λεπτομερή στοιχεία για τη δομή και τη σύνθεση των δασικών φυτοκοινοτήτων.

Για μια γενική επισκόπηση της δασικής βλάστησης της Ελλάδας ακολουθείται η κλασική ταξινόμηση σε ζώνες που προτάθηκε από τον Ντάφη (1973) και αποτελεί προσαρμογή της ταξινόμησης των Glavač et al. (1972) και Horvat et al. (1974) για τη βλάστηση της ΝΑ Ευρώπης. Παράλληλα, οι Debazac και Μαυρομάτης (1971) προτείνουν την εξέταση των οικολογικών διαιρέσεων της δασικής βλάστησης κατά βιότοπους των κυριότερων δασικών ειδών. Κατά την κλασική ταξινόμηση σε ζώνες και τις υποδιαιρέσεις τους, χρησιμοποιούνται οι ανώτερες φυτοκοινωνικές μονάδες του συστήματος Braun-Blanquet (τάξεις, συνενώσεις, ενώσεις).

¹ Η Μεσογειακή χλωρίδα της Ελλάδας, σύμφωνα με τους Strid and Tan (1997), γενικά εμφανίζει ολαρκτικό χαρακτήρα. Εξαιρέσεις αποτελούν είδη με τροπικές συγγένειες, όπως η ελιά, η σουκιά, η χαρουπιά κ.ά. Σύμφωνα με τον Raven (1973), η μεσογειακή χλωρίδα προήλθε από εξέλιξη στοιχείων τόσο εύκρατης όσο και τροπικής προέλευσης.

Οι τέσσερις κύριες ζώνες² δασικής βλάστησης που προκύπτουν από την παρούσα ταξινόμηση διακρίνονται σαφώς μεταξύ τους χλωριδικά, οικολογικά, φυσιογνωμικά και ιστορικά και είναι οι ακόλουθες:

- Ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης
- Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης
- Ζώνη βλάστησης οξιάς-ελάτης
- Ζώνη βλάστησης ψυχρόβιων κωνοφόρων

Τα όρια των ζωνών αυτών συχνά συμπλέκονται και αλληλοσυγχέονται κατά ασαφή τρόπο, οι φυτοκοινότητες συχνά εμφανίζονται με μορφή μωσαϊκού, ενώ η χαρτογράφηση τους είναι δυνατή μόνο μετά από μεγαλύτερη ή μικρότερη αφαίρεση των λεπτομερειών (Ντάφης 1973, Strid and Tan 1997). Εντούτοις, η συγκεκριμένη ταξινόμηση αποδείχθηκε στην πράξη ιδιαίτερα πετυχημένη και αποτελεσματική, και από τη δεκαετία του 1970 και εντεύθεν υιοθετήθηκε από την επιστημονική κοινότητα και τη Δασική Υπηρεσία.

Μια πιο αναλυτική αλλά, ταυτόχρονα, επιλεκτική ταξινόμηση της δασικής βλάστησης έγινε στο τέλος της δεκαετίας του 1990, στο πλαίσιο φάσεων εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 92/43 ΕΟΚ «περί Οικοτόπων». Από τη συγκεκριμένη Οδηγία προέκυψε η ανάγκη για ακριβή γνώση των φυσικών τύπων οικοτόπων³ και ειδών που εμφανίζονται σε «*Τόπους Κοινοτικής Σημασίας - ΤΚΣ*» (*Sites of Community Importance - SCI*) και «*Ζώνες Ειδικής Προστασίας - ΖΕΠ*» (*Special Protection Areas - SPA*) στην ελληνική επικράτεια, καθώς και των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών τους, με σκοπό τη δημιουργία του Δικτύου «*Φύση 2000*» στην Ελλάδα⁴ (Ντάφης κ.ά. 2001, Δημόπουλος κ.ά. 2005, Δημόπουλος κ.ά. 2012).

Οι τύποι φυσικών οικοτόπων που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Οδηγίας προήλθαν από την ταξινόμηση οικοτόπων του προγράμματος CORINE Biotopes (European Commission 1991, 2003, 2007). Οι οικοτόποι στο πρόγραμμα CORINE κατά το πλείστο αντιπροσώπων σε φυτοκοινότητες ανώτερης φυτοκοινωνικής βαθμίδας (κλάσεις, τάξεις, συνενώσεις, ενώσεις).

Στην παρούσα εργασία, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, η δασική βλάστηση της Ελλάδας παρουσιάζεται με άξονα την ταξινόμηση που προτείνει ο Ντάφης (1973).

Ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης

Η ευμεσογειακή βλάστηση εμφανίζει τις μεγαλύτερες ιδιαιτερότητες αναφορικά με τη φυσιογνωμία και τη σύνθεση, σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους τύπους βλάστησης της Ελλάδας και της Ευρώπης. Οι μεσογειακές φυτοκοινότητες κυριαρχούνται από αείφυλλα και σκληρόφυλλα δένδρα, θάμνους και ημίθαμνους, προσαρμοσμένα στο τυπικό μεσογειακό κλίμα με το παρατεταμένο, θερμό και άνυδρο καλοκαίρι και τον ήπιο, υγρό χειμώνα. Στις θερμότερες και ξηρότερες περιοχές, η δυσμενής για τα φυτά περίοδος είναι το καλοκαίρι. Σε αυτές τις περιοχές, οι αείφυλλοι σκληρόφυλλοι θάμνοι αναστέλλουν την ανάπτυξη τους, ενώ η πλειονότητα των πολυετών ποωδών ειδών ξηραίνεται και η επιβίωσή τους γίνεται με υπόγειους οφθαλμούς που βρίσκονται σε λήθαργο (γεώφυτα). Παράλληλα, τα μονοετή φυτά επιβιώνουν με τη μορφή ανθεκτικών σπερμάτων (θερόφυτα) (Polunin and Walters 1985, Walter 1985, Archibold 1995, Thompson 2005).

Η παρουσία τεσσάρων βιοτικών μορφών συντελεί στο να αποκτήσουν οι μεσογειακές φυτοκοινότητες τα ιδιαίτερα φυσιογνωμικά χαρακτηριστικά τους (Strid and Tan 1997):

1. Αειθαλείς θάμνοι και δένδρα με φύλλα μικρά, σκληρά, γυαλιστερά ή τριχωτά που μειώνουν τη διαπνοή κατά τη διάρκεια του θερμού θέρους.
2. Χαμηλοί, συχνά αρωματικοί και ακανθώδεις ημίθαμνοι, ενίοτε προσκεφαλαίομορφης ανάπτυξης, γενικά αειθαλείς ή φυλλοβόλοι κατά τη θερινή περίοδο.
3. Γεώφυτα που ανθίζουν άνοιξη ή φθινόπωρο και το υπέργειο τμήμα τους νεκρώνεται το καλοκαίρι.
4. Ετήσια φυτά που ανθίζουν νωρίς την άνοιξη και μετά την παραγωγή των σπερμάτων νεκρώνονται.

Η πρόωμη εγκατάσταση και μακρόχρονη παρουσία του ανθρώπου στον ελλαδικό χώρο είχε ως αποτέλεσμα σήμερα ελάχιστες από τις μεσογειακές φυτοκοινότητες να διατηρούνται στη φυσική πρωτογενή τους μορφή (Athanasiadis 1975, Gerasimidis 2005). Οι φυτοκοινότητες που διατηρούνται σήμερα περιλαμβάνουν σποραδικά και απομονωμένα τμήματα αειθαλών δασών, και συχνότερα και σε

² Στις τέσσερις αυτές ζώνες ο Ντάφης (1973) προσθέτει και μια εξωδασική, που περιλαμβάνει τις φυτοκοινότητες πάνω από τα δασοόρια.

³ Στην οδηγία 92/43 ΕΟΚ δίδονται δύο ορισμοί της έννοιας του οικοτόπου (habitat). Ο πρώτος αφορά τους τύπους οικοτόπων του Παραρτήματος Ι. Με βάση αυτόν τον ορισμό, «*φυσικοί οικοτόποι*» είναι *χερσαίες περιοχές ή υγρότοποι που διακρίνονται χάριν των βιολογικών (βιοτικών) και μη βιολογικών (αβιοτικών) γεωγραφικών χαρακτηριστικών τους, είτε είναι εξ ολοκλήρου φυσικές είτε ημιφυσικές*. Ο δεύτερος ορισμός του οικοτόπου αφορά την έννοια του «ενδιαιτήματος» ενός είδους και αναφέρεται ως «οικότοπος ενός είδους», ο οποίος αποτελεί το περιβάλλον το οποίο ορίζεται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, στο οποίο ζει το είδος σε ένα από τα στάδια του βιολογικού του κύκλου (Ντάφης κ.ά. 2001).

⁴ Στην Ελλάδα, το Δίκτυο Φύση 2000 περιλαμβάνει σήμερα συνολικά 443 περιοχές με συνολική έκταση 4.294.960 ha (Δημόπουλος κ.ά. 2012).

μεγαλύτερη έκταση μεικτούς θαμνώνες αείφυλλων ειδών, γνωστούς ως μακί (*maquis*), που βρίσκονται σε διάφορα στάδια διατήρησης ή υποβάθμισης. Μεσογειακή βλάστηση που παρουσιάζει μεγάλο βαθμό φυσικότητας βρίσκεται, πλέον, μόνο σε μικρές νησίδες, σε απρόσιτες από τον άνθρωπο θέσεις, όπως απόκρημνες πλαγιές και βράχια και σε περιοχές που υπόκεινται σε καθεστώς ειδικής διαχείρισης, όπως είναι η αθωνική χερσόνησος.

Η ευμεσογειακή βλάστηση της Ελλάδας περιλαμβάνει φυτοκοινότητες που διακρίνονται για την ποικιλία τής δομής τους και την πλουσιότητα χλωρίδας τους. Η υψηλή δασική βλάστηση στο χώρο αυτό συνίσταται από αιθαλή δάση κωνοφόρων και πλατύφυλλων δένδρων.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης. Τα δάση χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*) σχηματίζουν διάσπαρτες αμιγείς συστάδες, ανεξάρτητα από το εδαφικό υπόστρωμα, στην ηπειρωτική Ελλάδα, στα πεδινά και παράλια του Αιγαίου και του Ιονίου, στην Εύβοια και στις Σποράδες. Στην Κρήτη, στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου και στη Θράκη, η χαλέπιος αντικαθίσταται από την τραχεία πεύκη (*Pinus halepensis* subsp. *brutia*) που έχει παρόμοιες απαιτήσεις σταθμού. Τα πευκοδάση είναι συχνά ανοιχτά, με θαμνώδη υπόροφο, που συνθέτουν σκληρόφυλλα είδη της διάπλασης των μακί. Ένα άλλο θερμόφιλο είδος πεύκης, η κουκουναριά (*Pinus pinea*), εμφανίζεται σποραδικά στον αυξητικό χώρο της χαλεπίου πεύκης και σχηματίζει συστάδες πάνω σε αμμοθίνες δίπλα στη θάλασσα, με πιο αντιπροσωπευτικές αυτές στη ΒΔ Πελοπόννησο (δάσος Στροφιλιάς) και στη Σκιάθο (Κουκουναριές). Το αιθαλές κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens* f. *horizontalis*), με την ακανόνιστη, φαρδιά, πυραμιδοειδή κόμη, απαντά σε



Φωτογραφία 5. Διαπλάσεις φρυγάνων με αραιό δάσος οριζοντιόκλαδου κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens* f. *horizontalis*) πάνω από το φαράγγι της Ίμπρου, Χανιά.

αυτοφυείς συστάδες στα νησιά του ΝΑ Αιγαίου και στην Κρήτη, όπου, μαζί με την τραχεία πεύκη, ανέρχεται μέχρι την ορεινή ζώνη σχηματίζοντας ορομεσογειακές διαπλάσεις κωνοφόρων⁵. Στις υπόλοιπες περιοχές της χώρας η παρουσία του θεωρείται ανθρωπογενούς προέλευσης.

Τα ψηλά δάση σκληρόφυλλων (αιθαλών) πλατύφυλλων στην ευμεσογειακή ζώνη είναι, σήμερα, αρκετά σπάνια και αποτελούν υπολείμματα μιας παλαιότερης ευρύτερης εξάπλωσης. Σχηματίζονται κυρίως από την αριά (*Quercus ilex*), ένα είδος που ευνοείται ιδιαίτερα σε υγρά παραθαλάσσια κλίματα, ενώ συμμετέχουν το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), η δάφνη (*Laurus nobilis*), το αιθαλές σφενδάμι (*Acer sempervirens*), το φιλλύκι (*Phillyrea latifolia*) κ.ά. Εκτός από τη χερσόνησο του Άθω, όπου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η βλάστηση ευνοήθηκε από την ειδική διαχείριση αλλά και τις τοπικές βιοκλιματικές συνθήκες, αείφυλλη βλάστηση με υψηλή ανάπτυξη παρατηρείται στην υγρότερη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα, καθώς και ανατολικά, στα παράλια της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας (Β. Εύβοια, Θεσσαλία, Χαλκιδική). Στις διαπλάσεις της αριάς, ιδιαίτερα στις καλύτερες θέσεις, προσμιγνύονται ενίοτε φυλλοβόλα είδη όπως ο φράξος (*Fraxinus ornus*), η κοκορεβυθιά (*Pistacia terebinthus*), το χρυσόξυλο (*Cotinus coggygria*), η κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum*), η χνοώδης δρυς (*Quercus pubescens*) και η ήμερη βελανιδιά (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*), ενώ την έντονη μίξη συμπληρώνουν αναρριχώμενα φυτά όπως ο αρκουδόβατος (*Smilax aspera*), η κληματίδα (*Clematis flammula*), η αβρωνιά (*Tamus communis*) και το έρπον αγριοσπαράγγι (*Asparagus acutifolius*).

Η υποβάθμιση των αείφυλλων δασών έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάστασή τους από αείφυλλους θαμνώνες ύψους 2-6 μέτρων, συχνά πυκνούς και αδιαπέραστους. Τα μακί με κλειστή συγκρόμωση είναι φτωχά σε ποικιλία ειδών· εντούτοις, φιλοξενούν πλούσια ποώδη χλωρίδα όταν η κομοστέγη τους διασπάται. Απαντούν κυρίως σε όξινα εδαφικά υποστρώματα, σπάνια μακριά από τη θάλασσα και είναι προσαρμοσμένα στη χειμερινή-εαρινή αύξηση με περίοδο λήθαργου το καλοκαίρι. Η χαρακτηριστική ξυλώδης χλωρίδα των μακί περιλαμβάνει το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), την αριά (*Q. ilex*), τον σχίνο (*Pistacia lentiscus*), την κουμαριά (*Arbutus unedo*), τη γλιστροκουμαριά (*Arbutus andrachne*), τον ράμνο (*Rhamnus alaternus*), το ρέικι (*Erica arborea*), τη μυρτιά (*Myrtus communis*), το φυλλίκι (*Phil-*

⁵ Ο όρος «ορομεσογειακές διαπλάσεις» χρησιμοποιείται για τη δασική βλάστηση σύμφωνα με τον Μαυρομάτη (1980).

lyrea latifolia), το σπάρτο (*Spartium junceum*), τη λαγομηλιά (*Ruscus aculeatus*). Στη θερμότερη και ξηρότερη ΝΑ Ελλάδα και στα νησιά του Ν. Αιγαίου χαρακτηριστικά είδη της σκληρόφυλλης βλάστησης των μακί αποτελούν η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*) και η αγριελιά (*Olea europaea* var. *sylvestris*). Στην περιοχή αυτή, δύο είδη αρκεύθου δημιουργούν σποραδικά σχηματισμούς, κατά θέσεις εκτεταμένους, σε βιότοπους που δέχονται έντονα την επίδραση της θάλασσας. Είναι η φοινικική άρκευθος (*Juniperus phoenicea*) και η μακρόκαρπη (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*). Η μακρόκαρπη άρκευθος σχηματίζει εντυπωσιακές συστάδες πάνω σε παράκτιες αμμοθίνες, σε νησιά του Ν. Αιγαίου, ιδιαίτερα χαρακτηριστικές στην Ελαφόνησο, στη Γαύδο, στη Χρυσή κ.α.

Συχνά, τα υψηλά μακί, λόγω μακρόχρονης υποβάθμισης που οφείλεται κυρίως σε βόσκηση, υποκαθίστανται από θαμνώνες χαμηλού ύψους (0,5-1,5 μ.), με χαρακτηριστική ανοιχτή συγκόμωση, όπου κυριαρχούν τα είδη *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia terebinthus*, *Calicotome villosa*, *Globularia alypum* κ.ά. Σε περιπτώσεις όξινων, υποβαθμισμένων εδαφών, στις υποκατάστατες θαμνώδεις διαπλάσεις, κυριαρχούν είδη λαδανιάς (*Cistus creticus*, *C. salviifolius*, *C. monspeliensis*) και το χαμορείκι (*Erica manipuliflora*). Η ιδιαίτερη αυτή, φυσιογνωμικά, βλάστηση αποδίδεται με τον όρο *garrigue* και αποτελεί ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των πυκνών και υψηλών μακί και των φρυγάνων⁶.

Οι φυσικές φυτοκοινότητες των μακί (*maquis*) έχουν, σε μεγάλη έκταση, από πολύ παλιά υποβαθμιστεί σε περιοχές όπως η Κρήτη, τα νησιά του Ν. Αιγαίου, η ΝΑ Πελοπόννησος και η Αττική. Εκεί, η γη, εφόσον δεν καλλιεργείται γεωργικά, καλύπτεται από ενώσεις φρυγάνων (Ντάφης 1973, Gerasimidis 2005). Χαμηλοί, ημισφαιρικοί, ακανθώδεις ημίθαμνοι συνθέτουν τη χαρακτηριστική εικόνα των φρυγανικών οικοσυστημάτων που, σε αντίθεση με τα πυκνά μακί, φιλοξενούν πολυάριθμα ποώδη φυτά. Η υψηλή βιοποικιλότητα των φρυγάνων είναι πρόδηλη κατά την ανθοφορία τους, την περίοδο της άνοιξης, οπότε προσδίδουν στο τοπίο μια εντυπωσιακή εικόνα με μεγάλη ποικιλία και εναλλαγή χρωμάτων. Κυρίαρχοι ημίθαμνοι στα φρυγανικά οικοσυστήματα είναι η αφάνα (*Genista acanthoclada*), η αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*), η γαλαστοιβή (*Euphorbia acanthothamnus*), οι λαδανιές (*Cistus* spp.), το

αλογοθύμαρο (*Anthyllis hermaniae*), οι φουμάνες (*Fumana arabica* και *F. thymifolia*), η ακανθωτή κενταύρεια (*Centaurea spinosa*), ο ασπάλαθος (*Calicotome villosa*), καθώς και διάφορα χειλανθή (*Labiatae*) όπως το θρούμπι (*Satureja thymbra*), το θυμάρι (*Coridothymus capitatus*), η ρίγανη (*Origanum* spp.), η λεβάντα (*Lavandula stoechas*), η ασφάκα (*Phlomis fruticosa*), οι φασκομηλιές (*Salvia* spp.), το λυχνάράκι (*Ballota acetabulosa*), ο αγκαθωτός στάχυς (*Stachys spinosa*) κ.ά. Ανάμεσα στα φρύγανα αναπτύσσονται χαρακτηριστικά γεώφυτα όπως οι ασφόδελοι ή ασπερδούκλες (*Asphodelus* spp.), οι βολβοί (*Muscari* spp.), οι σκυλοκρεμμύδες (*Urginea maritima*) και πλήθος ορχεοειδών των γενών *Orchis* και *Ophrys*.

Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης

Στην παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης ανήκουν οι φυτοκοινότητες των θερμόφιλων φυλλοβόλων δασών που αναπτύσσονται σε θέσεις ηπειρωτικότερες και σε μεγαλύτερα υψόμετρα από τις τυπικά μεσογειακές διαπλάσεις. Οι βιοκλιματικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη ζώνη απαντούν στο 1/3 περίπου της ηπειρωτικής χώρας, ωστόσο σήμερα, η υπάρχουσα βλάστηση θερμόφιλων φυλλοβόλων καλύπτει σημαντικά μικρότερη έκταση (Ανώνυμος 1992, Bohn et al.



Φωτογραφία 6. Φράξος ο όρνος (*Fraxinus ornus*), χαρακτηριστικό είδος της παραμεσογειακής ζώνης βλάστησης.

⁶ Ο όρος *garrigue* προέρχεται από το *garric* που είναι στην Καταλανική διάλεκτο η ονομασία του πουργαριού (Masclans 1972). Ορισμένοι συγγραφείς συνδέουν την εξάπλωση των *garrigue* με αποκλειστικά ασβεστούχα υποστρώματα (Debazac και Μαυρομάτης 1971, Tomaselli 1981).

2000/2003, Bergmeier et al. 2004, Gerasimidis 2005, Bergmeier and Dimopoulos 2008). Σημαντικά δασικά είδη που συνθέτουν την παραμεσογειακή βλάστηση φυλλοβόλων είναι οι δρυές (*Quercus* spp.), η καστανιά (*Castanea sativa*), η οστριά (*Ostrya carpinifolia*), ο ανατολικός γαύρος (*Carpinus orientalis*), η φλαμουριά (*Tilia tomentosa*) και ο φράξος (*Fraxinus ornus*).

Ξηροθερμικά φυλλοβόλα δρυοδάση, είτε αμιγή είτε σε μίξη με άλλα πλατύφυλλα, κυριαρχούν στην παραμεσογειακή περιοχή και δημιουργούν στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα μια μεταβλητού εύρους ζώνη, σαφώς διακρινόμενη από την ευμεσογειακή. Στη νότια Ελλάδα τα δρυοδάση απαντούν σε σποραδικές νησίδες και τα όρια των δύο ζωνών είναι λιγότερο ή περισσότερο ασαφή (Ντάφης 1973). Στην παραμεσογειακή ζώνη οι μέσες θερμοκρασίες, κατ' έτος, είναι χαμηλότερες και τα ετήσια κατακρημνίσματα περισσότερα, απ' ό,τι στην ευμεσογειακή ζώνη. Ωστόσο, το κλίμα παρουσιάζει, κατά τη διάρκεια του θέρους, χαρακτηριστική ξηρή και θερμή περίοδο.

Τα φυλλοβόλα δρυοδάση αποτελούν το κύριο στοιχείο της παραμεσογειακής βλάστησης, καθώς καλύπτουν σήμερα περίπου τη μισή έκταση των δασών της χώρας (44%) και το 76% των φυλλοβόλων δασών (Dafis 2005). Τα περισσότερα βρίσκονται σε πρεμνοφυή μορφή και διαχείριση, ενώ ελάχιστα είναι τα ώριμα που συνιστούν υψηλά σπερμοφυή δάση. Μεταξύ αυτών βρίσκονται αξιόλογα δείγματα διατηρούμενων υπολειμματικών συστάδων και αλσυλλίων που τέθηκαν στο παρελθόν εκτός διαχείρισης για θρησκευτικούς λόγους (Korakis et al. 2008, Κ. Στάρα και Ρ. Τσιακίρης 2010 προσωπική επικοινωνία). Η παραδοσιακή χρήση τους περιλαμβάνει καυσοξύλευση και κλαδονομή, ειδικά στις περιοχές της Δ. Μακεδονίας και της Θράκης (Dafis 2005). Σήμερα, σύμφωνα με τους Bergmeier and Dimopoulos (2008), τα περισσότερα πρεμνοφυή δάση είναι μεγαλύτερα από την ηλικία των 20 ετών, που είναι ο συνήθης περίτροπος χρόνος, ενώ από τη δασική υπηρεσία γίνεται προσπάθεια για αναγωγή, όπου ο σταθμός το επιτρέπει, σε πιο παραγωγικές διαχειριστικές μορφές.

Το πιο κοινό και με μεγαλύτερη εξάπλωση είδος δρυός της ηπειρωτικής Ελλάδας είναι η πλατύφυλλη δρυς (*Quercus frainetto*). Απαντά στην υποορεινή και ορεινή περιοχή, μεταξύ των 300-1.200 μ., με κατανομή που ξεκινά από τη ΝΑ Πελοπόννησο (Πάρνωνας). Καταλαμβάνει σχεδόν αποκλειστικά πυριτικά εδάφη, λιγότερο ή περισσότερο βα-

ριά, ακατάλληλα για γεωργική εκμετάλλευση. Συχνά σχηματίζει αμιγείς συστάδες και ενίοτε βρίσκεται σε μίξη με άλλες δρυς και θερμόφιλα φυλλοβόλα.

Ιδιαίτερα κοινό είδος με εκτεταμένη κατανομή στην ηπειρωτική και νησιωτική χώρα αποτελεί η χνοώδης δρυς (*Quercus pubescens*). Εμφανίζεται σποραδικά σε αμιγείς συστάδες, κατά κανόνα, όμως, απαντά σε μίξη με άλλα είδη δρυός, ιδιαίτερα με την *Q. frainetto* και λοιπά πλατύφυλλα, σε δάση και θαμνώνες της υποορεινής ζώνης, συνήθως μέχρι το υψόμετρο των 900-1.200 μ. Χαρακτηριστική είναι η μεμονωμένη και υπολειμματική εμφάνιση ώριμων μεγάλων ατόμων χνοώδους δρυός σε αγρούς, λιβάδια ή καλλιέργειες από το υψόμετρο των 100 μ. (Boratynski et al. 1992). Η χνοώδης δρυς χαρακτηρίζεται από μεγάλη μορφολογική ποικιλομορφία η οποία, ωστόσο, δεν συνδέεται με συγκεκριμένη γεωγραφική κατανομή (Christensen 1997a). Είναι είδος με σημαντικό οικολογικό εύρος που αναπτύσσεται σε ποικιλία πετρωμάτων, ενώ συχνά εισέρχεται στη θερμότερη ζώνη, δημιουργώντας με τα μεσογειακά αείφυλλα είδη φυτοκοινότητες υψηλής βιοποικιλότητας.

Η απόδισκος βαλκανική δρυς (*Quercus petraea* subsp. *medwediewii*, γνωστή παλαιότερα με τη συνώνυμη ονομασία *Q. dalechampii*)⁷, καθώς και η ευθύφλοιος (*Quercus cerris*) είναι δύο ακόμη είδη δρυός που σχηματίζουν αμιγείς συστάδες. Εντούτοις, συχνά τα είδη αυτά βρίσκονται σε μίξη μεταξύ τους, καθώς και με την *Q. frainetto*. Είναι από τα πιο ψυχρόβια είδη δρυός και εμφανίζονται σποραδικά στα βουνά, κυρίως της βόρειας Ελλάδας, μέχρι τα 1.400-1.500 μ., ανάλογα με τις συνθήκες του σταθμού (Theodoropoulos et al. 1995).

Η ήμερη βελανιδιά (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*), είδος ξηρανθεκτικότερο από τα προηγούμενα, απαντά σποραδικά στη χαμηλότερη, υψομετρικά, ζώνη (0-600 μ., σπάνια έως τα 1.000 μ.), σε λοφώδεις και ημιορεινές περιοχές που σπάνια απέχουν πολύ από τη θάλασσα. Συχνά, οι φυτοκοινωνίες της χαρακτηρίζονται από ξηροθερμόφιλη συνοδό χλωρίδα και εντάσσονται στην ευμεσογειακή ζώνη. Οι ώριμες σπερμοφυείς συστάδες που σχηματίζει, είτε αμιγείς είτε μεικτές, με την *Quercus pubescens* και άλλα είδη δρυός, αποτελούν αντιπροσωπευτικά δασολίβαδα και θεωρούνται σήμερα υπολειμματικές παλαιότερης ευρύτερης εξάπλωσης (Παντέρα και Παπαναστάσης 2003, Fotiadis et al. 2009). Τα ώριμα βελα-

⁷ Το τυπικό υποείδος της απόδισκος δρυός, *Quercus petraea* subsp. *petraea*, με ευρεία εξάπλωση στην Ευρώπη, απαντά πολύ σπάνια στην Ελλάδα.

νιδοδάση περιλαμβάνονται στα σημαντικότερα, από βιολογική και αισθητική άποψη, δασικά οικοσυστήματα της Ευρώπης (Βλάμη κ.ά. 2003).



Φωτογραφία 7. Ήμερη βελανιδιά (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*).

Ένα είδος με ευρεία εξάπλωση στην Ελλάδα είναι η καστανιά (*Castanea sativa*). Αν και αυτοφυές είδος, η φυσική γεωγραφική κατανομή της, εξαιτίας της επέκτασής της σε μεγάλη κλίμακα από τον άνθρωπο, δεν είναι σήμερα γνωστή (Αθανασιάδης 1986). Βρίσκεται σχεδόν σε όλα τα βουνά της ηπειρωτικής χώρας και σε ορισμένα μεγάλα νησιά⁸. Αναπτύσσεται σε εδάφη επί πυριτικών πετρωμάτων, σε περιοχές με μεγάλη σχετική υγρασία και σε υψόμετρα που ποικίλουν ανάμεσα στα 300 και 1.000 μ., με μέγιστο στο Πήλιο, όπου ανέρχεται στα 1.500 μ. (Boratynski et al. 1992). Η καστανιά καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια από τον άνθρωπο για τους εδώδιμους καρπούς της (Αθανασιάδης 1975, Αθανασιάδης και Γερασιμίδης 1987) σε σπερμοφυείς συστάδες που λέγονται *κασταναριά*. Παράλληλα, πολύτιμη ξυλεία παράγεται με πρεμινοφυή διαχείριση συστάδων καστανιάς, των επονομαζόμενων *καστανωτών*. Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση της μακραίωνης, παραδοσιακής αλλά και ορθολογικής, ταυτόχρονα, διαχείρισης των καστανωτών του Αγίου Όρους από τις αντίστοιχες μοναστικές κοινότητες (Μουλόπουλος 1963, Κοράκης 1997, Ντάφης 1997).

Μια μεγάλη ποικιλία φυτοκοινωνιών στις οποίες κυριαρχούν θερμόφιλα φυλλοβόλα δένδρα και θάμνοι έχει αναγνωριστεί στην Ελλάδα σε στενή εξάρτηση με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες: έδαφος, μικροκλίμα, ανάγλυφο (Bergmeier and Dimopoulos 2008). Εκτός των ειδών που αναφέρθηκαν παραπάνω, στις ιδιαίτερα πλούσιες αυτές μεικτές φυτοκοινότητες εμφανίζονται κατά περίπτωση σφενδάμια (*Acer monspessulanum*, *A. campestre*,

A. hyrcanum, *A. obtusatum*, *A. platanoides*), σορβιές (*Sorbus domestica*, *S. torminalis*), η λεπτοκαρυά (*Corylus avellana*), η μακεδονική δρυς (*Quercus trojana*), η κρανιά (*Cornus mas*), η φούσκα (*Colutea arborescens*), η κορονίλλη (*Hippocrepis emerus* subsp. *emeroides*), ο ευώνυμος (*Euonymus verrucosus*), οι κληματίδες (*Clematis vitalba*, *C. flammula*). Σε πετρώδεις ασβεστολιθικούς σταθμούς είναι χαρακτηριστική η παρουσία σχηματισμών που αποτελούνται από *Ostrya carpinifolia*, *Carpinus orientalis*, *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Acer monspessulanum*, *Euonymus verrucosus*, ενώ παράλληλα οι υπόλοιπες δρύες απουσιάζουν.

Αειθαλή είδη που παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραμεσογειακή βλάστηση είναι η αριά και το πουρνάρι, καθώς και κωνοφόρα όπως η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra* subsp. *nigra*) που προσμιγνύεται σε μεγάλη έκταση με τα φυλλοβόλα, η τραχεία πεύκη στην ΒΑ Ελλάδα, η κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) στη Ν. Ελλάδα, η άρκευθος *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* και σπανιότερα η *Juniperus excelsa*, ενώ στο ανώτερο όριο (ψυχροόριο) της ζώνης εμφανίζεται η οξιά (*Fagus sylvatica*).

Σε ξηρότερους σταθμούς, και ιδιαίτερα σε περιοχές που έχουν υποστεί έντονη ανθρώπινη επίδραση (επανειλημμένες πυρκαγιές, αποψιλώσεις και αδιάλειπτη πίεση βόσκησης), τα φυλλοβόλα είδη έχουν υποκατασταθεί, περισσότερο ή λιγότερο, από αειφύλλα είδη που περιορίζονται σε θαμνώδη ανάπτυξη όπως το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), το φιλύκι (*Phillyrea latifolia*), το ρεϊκι (*Erica arborea*), η άρκευθος (*Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*) κ.ά. Έτσι προέκυψαν μεικτές φυλλοβόλες και αειθαλείς ή αποκλειστικά αειθαλείς, θαμνώδεις φυτοκοινότητες, που υποκαθιστούν τη φυσική παραμεσογειακή βλάστηση και συνιστούν τις διαπλάσεις των ψευδομακί (pseudomaquis), σύμφωνα με τον όρο που εισήγαγε ο Adamonić (1906). Οι συγκεκριμένοι σκληρόφυλλοι θάμνοι, ανθεκτικοί στο ψύχος αλλά και στη θερινή ξηρασία και, προπάντων, προστατευμένοι σε μεγάλο βαθμό από τη βόσκηση, κυριαρχούν στις δευτερογενείς φυτοκοινότητες των ψευδομακί. Η βλάστηση των ψευδομακί, η οποία γενικά χαρακτηρίζεται από μια ενιαία φυσιογνωμία, μόνο καθαρά φυσιογνωμικά προσομοιάζει στα γνήσια μεσογειακά μακί, καθώς παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις αναφορικά με τη χλωρίδα της (Raus 1982). Σύμφωνα με τους Gerasimidis (2005) και Gerasimidis et al. (2008), η υποβάθμιση των δρυ-

⁸ Η καστανιά πρέπει να θεωρηθεί εγκλιματισμένη και όχι αυτοφυής σε ορισμένες περιοχές στα νότια τμήματα της χώρας και στα νησιά του Αιγαίου (Κρήτη, Νάξο, Σάμο κ.α.) (Christensen 1997a, Bergmeier and Dimopoulos 2008).

οδασών σε ψευδομακί είχε ξεκινήσει ήδη από τη 2η χιλιετία π.Χ.

Η βιοποικιλότητα των δασών της παραμεσογειακής ζώνης είναι ιδιαίτερα υψηλή και το γεγονός αυτό εκφράζεται με τη χλωρίδα του υπορόφου και ειδικότερα των ποωδών που απαντούν κάτω από την κομοστέγη και στα διάκενα των παραπάνω δασικών σχηματισμών. Ορισμένα από τα πιο κοινά είδη του ποώδους ορόφου είναι, ενδεικτικά: *Potentilla micrantha*, *Silene italica*, *Silene vulgaris*, *Trifolium pignanti*, *Lathyrus laxiflorus*, *Viola alba*, *Physospermum cornubiense*, *Campanula spatulata*, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Lathyrus niger*, *Galium mollugo*, *Clinopodium vulgare*, *Anthemis tictoria*, *Melica uniflora*, *Dactylis glomerata*, *Festuca heterophylla*, *Brachypodium sylvaticum*, *Luzula forsteri*, *Carex flacca*, καθώς και τα ξυλώδη *Rubus canescens*, *Rosa arvensis*, *Rosa canina*, *Genista carinalis*, *Dorycnium hirsutum*, *Chamaecytisus hirsutus*, *Tamus communis*, *Hedera helix*.

Ζώνη βλάστησης οξιάς-ελάτης

Η ζώνη των δασών οξιάς-ελάτης διαδέχεται υπομετρικά την παραμεσογειακή και χαρακτηρίζεται από την παρουσία μιας περισσότερο μεσόφιλης και ψυχρόβιας βλάστησης. Το κλίμα που επικρατεί είναι ορεινό μεσογειακό και σταδιακά, ανερχόμενου του υψόμετρου και του γεωγραφικού πλάτους, αποκτά τα χαρακτηριστικά του μεσευρωπαϊκού. Η ζώνη αυτή μπορεί αδρομερώς να διακριθεί σε δύο βασικές υποζώνες που διαφοροποιούνται γεωγραφικά, κλιματικά και χλωριδικά. Η πρώτη εξαπλώνεται στη νότια Ελλάδα, περιλαμβάνει την Πελοπόννησο και τη Στερεά Ελλάδα και χαρακτηρίζεται από την παρουσία της κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*), ενώ η δεύτερη, που αποτελεί την προς βορρά συνέχεια της πρώτης, εξαπλώνεται στη βόρεια Ελλάδα και χαρακτηρίζεται από την παρουσία της οξιάς (*Fagus sylvatica*) και της υβριδογενούς ελάτης (*Abies borisii-regis*) (Debazac και Μαυρομάτης 1971, Ντάφης 1973).

Γενικά, η παρουσία και η σημασία των κωνοφόρων δασών αυξάνεται στα ελληνικά όρη όσο μετακινούμαστε νοτιότερα, και η εξάπλωση αυτή συμβαίνει σε βάρος των φυλλοβόλων δρυοδασών. Ειδικότερα, η *Abies cephalonica* η οποία αποτελεί έναν ελληνικό ενδημίτη, σχηματίζει δάση που εξαπλώνονται σε όλα τα υψηλά όρη της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου (Δημόπουλος 1993, Dimopoulos et al. 1996, Bergmeier 2002, Καρέτσος 2002, Δημητρέλλος 2005, Σαμαράς κ.ά. 2008). Στις περιοχές αυτές τα ελατοδάση διαδέχονται

υπομετρικά τα δάση φυλλοβόλων δρυών. Ωστόσο, λόγω της ασυνεχούς εξάπλωσης των δρυοδασών, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην υποβάθμισή τους, συχνά τα ελατοδάση εμφανίζονται να διαδέχονται τις διαπλάσεις αείφυλλων πλατύφυλλων. Βασικά συστατικά των αείφυλλων, όπως τα είδη *Quercus coccifera* και *Phillyrea latifolia*, εμφανίζονται στον υπόροφο των ελατοδασών, κυρίως στα χαμηλότερα υψόμετρα. Σύμφωνα με τον Ντάφη (1973), πολλά δάση της *Abies cephalonica* εμφανίζονται σήμερα στη θέση παλαιότερων δρυοδασών.



Φωτογραφία 8. Δάσος κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*) στο Μαίναλο.

Τα δάση της υβριδογενούς ελάτης εξαπλώνονται κυρίως στην κεντρική Πίνδο. Το είδος αυτό είναι πιο απαιτητικό σε συνθήκες σταθμού από την *A. cephalonica* και, ενώ στη Ν. Ελλάδα εμφανίζεται σποραδικά, βορειότερα μέχρι τα σύνορα σχηματίζει αμιγείς ή μεικτές με άλλα ψυχρόβια είδη συστάδες (Ντάφης 1973, Αθανασιάδης 1986α).

Τα κωνοφόρα δάση των ελληνικών βουνών συμπληρώνει η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica*, παλαιότερα γνωστή με τη συνώνυμη ονομασία *Pinus pallasiana*), ένα ορομεσογειακό είδος προσαρμοσμένο καλά, όπως και η κεφαλληνιακή ελάτη, στην εναλλαγή των ξηρών και υγρών εποχών στη Μεσόγειο. Η συγκεκριμένη ποικιλία εξαπλώνεται στη νότια Βαλκανική, στη Μ. Ασία και στην Κύπρο. Είναι από τα σημαντικότερα δασοπονικά είδη, από οικονομική και οικολογική άποψη, και παρουσιάζει ευρύτατη κατανομή στην ηπειρωτική χώρα από τον Έβρο ως τον Ταύγετο και τοπικά στα νησιά Λέσβο, Σάμο και Θάσο (Αθανασιάδης 1986α). Σχηματίζει ιδιαίτερες φυτοκοινωνίες (πρόδρομες ή διαρκείς) από τα δασοόρια (2.100 μ.) και την υπομετρική βαθμίδα εξάπλωσης της οξιάς, έως το χώρο της παραμεσογειακής βλάστησης (Ντάφης 1973). Στην περιοχή του Έβρου εμφανίζεται σε υψόμετρο 100 μ. (Korakis and Gerasimidis 2010). Αναπτύσσεται πολύ καλά σε εδάφη φτωχά, ασβεστολιθικά-δο-

λομικά, καθώς και σε οφιολιθικά-σερπεντινικά, με τοξικές συγκεντρώσεις μετάλλων (Mg, Al κ.λπ.).

Μικρές συστάδες από βουνοκυπάρισσα (*Juniperus foetidissima*) βρίσκονται διάσπαρτες στην ορεινή και υπαλπική ζώνη των βουνών της ηπειρωτικής Ελλάδας. Είναι δένδρο που φτάνει σε ύψος τα 16-20 μ. και αναπτύσσεται σε βραχώδεις πλαγιές ανάμεσα στα 800 και 2.300 μ., συχνά στα δασοόρια των ελατοδασών. Η εξάπλωσή του ακολουθεί κυρίως τον άξονα της οροσειράς της Πίνδου έως τον Ταΰγετο.



Φωτογραφία 9. Βουνοκυπάρισσο (*Juniperus foetidissima*).

Τα δασικά οικοσυστήματα της οξιάς (*Fagus sylvatica*)⁹ καταλαμβάνουν ιδιαίτερα σημαντική θέση στη βλάστηση των βουνών της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας. Πρόκειται για το είδος που συνιστά την κυρίαρχη δασική βλάστηση στους μέσους σταθμούς της κεντροδυτικής Ευρώπης, με εξάπλωση που καταλήγει στους ορεινούς όγκους της Μεσογείου. Η μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα της οξιάς σε μέσους, γόνιμους σταθμούς, πάνω σε ποικιλία πετρωμάτων, σε συνδυασμό με την αντοχή της στη σκίαση, είναι λόγος της ευρύτατης εξάπλωσής της, συχνά μάλιστα σε βάρους άλλων ειδών τα οποία εκτοπίζει, οπότε σχηματίζει τελικές φυτοκοινωνίες σε αμιγείς συστάδες.

Στην Ελλάδα η οξιά αποτελεί αποκλειστικά είδος της ορεινής ζώνης. Βρίσκεται στα θερμοόρια της εξάπλωσής της και περιορίζεται σε γόνιμους σταθμούς στους ορεινούς όγκους της κεντρικής και βόρειας ηπειρωτικής χώρας. Το νοτιότερο άκρο της εξάπλωσής της βρίσκεται στο όρος Οξιά στη Στερεά Ελλάδα. Από το σημείο αυτό και προς βορρά, η επικράτηση της οξιάς προοδευτικά αυξάνει. Η κατακόρυφη εμφάνιση των δασών της οξιάς στα όρη της ηπειρωτικής Ελλάδας ξεκινά, συνήθως, από το υψόμετρο των 1.000 μ., αν και σε παραθαλάσσιες οροσειρές και μισγάγγειες εμφανίζεται από τα 300 μ. Πάνω από τα υψόμετρα αυτά δημιουργεί αμιγείς ή μεικτές με την ελάτη συστάδες μέχρι τα 1.900 μ. και σε πολλά όρη σχηματίζει τα δασοόρια (Christensen 1997a, Bergemeier and Dimopoulos 2001, Tsiropidis et al. 2007).

Η οξιά και η ελάτη είναι πολύτιμα δασοπονικά είδη από πολλές απόψεις, καθώς αποτελούν τη βάση των οικολογικά και οικονομικά σημαντικότερων ορεινών οικοσυστημάτων. Εκτός από την αξία τους για τη δασική παραγωγή, την ευημερία και ανάπτυξη του ορεινού χώρου, αποτελούν τις νοτιότερες ζώνες εμφάνισης της τυπικής μεσοευρωπαϊκής δασικής χλωρίδας και βλάστησης. Τα συγκεκριμένα οικοσυστήματα λειτουργούν ως καταφύγια σημαντικού αριθμού κεντροευρωπαϊκών και βορειότερης εξάπλωσης ειδών (Debazac και Μαυρομάτης 1971, Eleftheriadou and Raus 1996, Raus 1996, Tsiropidis and Athanasiadis 2003). Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά, βορειότερης κατανομής, ποώδη είδη που κατέρχονται έως τη βόρεια ή κεντρική Ελλάδα είναι τα *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Actaea spicata*, *Convallaria majalis*, *Corallorhiza trifida*, *Galium odoratum*, *Galium rotundifolium*, *Lamium galeobdolon*, *Melampyrum sylvaticum*, *Paris quadrifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Salvia glutinosa*, *Luzula luzuloides*, *Luzula sylvatica*, *Milium effusum*. Ανάλογα δενδρώδη είδη με ευρωπαϊκή κύρια κατανομή, απαιτητικά σε εδαφική υγρασία και θρεπτικά στοιχεία, που απαντούν σποραδικά στη ζώνη των δασών οξιάς-ελάτης είναι τα σφενδάμια (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanos*, *A. obtusatum*), η ορεινή φτελιά (*Ulmus glabra*), ο γαύρος (*Carpinus betulus*), οι φιλύρες (*Tilia platyphyllos*, *T. cordata*), ο ίταμος (*Taxus baccata*) και το αρκουνδοπούρναρο (*Ilex aquifolium*). Τα είδη αυτά δημιουργούν μεικτές συστάδες υψηλής βιοποικιλότητας σε ιδιαίτερες γεωμορφολογικά συνθήκες: σε απότομες βορινές πλαγιές και σκιερές χαρά-

⁹ Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη ταξινόμηση (Christensen 1997a), το είδος *Fagus sylvatica* περιλαμβάνει δύο υποείδη: *F. sylvatica* subsp. *sylvatica* και *F. sylvatica* subsp. *orientalis*. Το πρώτο, με κύρια εξάπλωση στη Δ. και Κ. Ευρώπη, απαντά σε ολόκληρη σχεδόν την Ελλάδα, ενώ το δεύτερο, με κύρια εξάπλωση στην Κριμαία, ΝΑ Βαλκανική και Μ. Ασία, εμφανίζεται σποραδικά στη ΒΑ Ελλάδα.

δρες σχηματίζουν τα λεγόμενα «δάση παραγγιών ή χαραδρών». Η προσθήκη της ιπποκαστανιάς (*Aesculus hippocastanum*) είναι χαρακτηριστική στην περιοχή της Πίνδου, στον Όλυμπο, στην Όσσα, στον Παρνασσό και στην Οίτη.

Ζώνη βλάστησης ψυχρόβιων κωνοφόρων

Η ζώνη των ψυχρόβιων κωνοφόρων εμφανίζεται σε υψηλά όρη της βόρειας Ελλάδας όπου είδη ιδιαίτερα ψυχρόβια, ενδημικά ή ευρείας κατανομής παρουσιάζουν σποραδική εξάπλωση.

Το χαρακτηριστικότερο βόρειας προέλευσης στοιχείο της ελληνικής χλωρίδας είναι η ερυθρελάτη (*Picea abies*). Ευρωσιβηρικό είδος, που στην Ελλάδα βρίσκεται το νοτιότερο της εξάπλωσής της στην περιοχή της κεντρικής οροσειράς της Ροδόπης. Στην Ελατιά Δράμας σχηματίζει αμιγείς συστάδες σε υψόμετρα 1.300-1.700 μ., ενώ σε άλλες περιοχές της κεντρικής Ροδόπης εισέρχεται σε δάση οξιάς-ελάτης-πεύκης (Boratynski et al. 1992, Ελευθεριάδου 1992, Eleftheriadou and Raus 1996). Οι φυτοκοινότητες της ερυθρελάτης εμφανίζουν βορειοευρωπαϊκό χαρακτήρα, αντίστοιχο με τις φυτοκοινότητες της οξιάς που απαντούν στη βόρεια Ελλάδα σε μεγάλο υψόμετρο.



Φωτογραφία 10. Δάσος ερυθρελάτης (*Picea abies*) στην Ελατιά Δράμας.

Δύο ψυχρόβια ευρασιατικά είδη που εμφανίζονται στον αυξητικό χώρο της ερυθρελάτης και σχηματίζουν πρόδρομες φυτοκοινότητες είναι η δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*) και η σημύδα (*Betula pendula*). Η δασική πεύκη εμφανίζεται στη Β. Ελλάδα σε διάσπαρτες συστάδες, αμιγείς ή μεικτές με τη μαύρη πεύκη, σε υψόμετρα μεταξύ των 1.000-1.500 μ. Τα νοτιότερα δάση της βρίσκονται στα Πιέρια όρη. Μεμονωμένα άτομα ή ομάδες ατόμων σημύδας εμφανίζονται στα όρη

κοντά στα βόρεια σύνορα της χώρας, σε υψόμετρα μεταξύ των 800-1.600 μ. Συστάδα σχηματίζει το είδος αυτό μόνο στη δυτική Ροδόπη, ενώ η νοτιότερη εξάπλωσή της είναι στο όρος Παγγαίο.

Το ρόμπολο (*Pinus heldreichii*), βαλκανικός ενδημικός, είναι το δένδρο που απαντάται στο μεγαλύτερο υψόμετρο από οποιοδήποτε άλλο στα όρη της Β. Ελλάδας. Πρόκειται για ένα από τα πιο ψυχρόβια είδη, λιτοδίαίτο και φωτόφιλο, που σχηματίζει χαμηλότερα μεικτές συστάδες και σε μεγάλο υψόμετρο αμιγείς, πάνω σε ασβεστόλιθους, σερπεντινή ή γρανίτη. Η υψομετρική του κατανομή ξεκινάει από τα 1.300 μ. και φτάνει στα 2.300 μ., ενώ στον Όλυμπο σχηματίζει τα υψηλότερα δασοόρια της Βαλκανικής, σε υψόμετρο 2.600 μ. (Strid 1980, Ντάφης 1989, Boratynski et al. 1992).

Στη συγκεκριμένη ζώνη πρέπει να ενταχθεί και η βαλκανική πεύκη (*Pinus peuce*), η μόνη πενταβέλονη ελληνική πεύκη, υπόλειμμα τριτογενούς χλωρίδας. Σπάνιο είδος, που απαντά σε λίγες θέσεις κοντά στα βόρεια σύνορα της χώρας, κυρίως σε πυριτικά εδάφη, σε υψόμετρο μεταξύ των 1.000 και 1.500 μ.

Αζωνική βλάστηση

Η αζωνική βλάστηση εμφανίζεται σε σταθμούς που παρουσιάζουν ακραίες συνθήκες όπως είναι η υπερβολική υγρασία και η συχνή κατάκλυση από νερό¹⁰ (Αθανασιάδης 1986β). Στην περίπτωση αυτή, επικρατούν φυτοκοινότητες που δεν ακολουθούν τη φυσιολογική κλιματική διαβάθμιση, αλλά είναι προσαρμοσμένες στην ιδιαιτερότητα του σταθμού.

Τα παρόχθια δάση (παραποτάμια και παραλίμνια) αποτελούν τον βασικό τύπο αζωνικής δασικής βλάστησης που απαντά στην Ελλάδα. Είναι από τις πιο σπάνιες αλλά και πιο ενδιαφέρουσες, από άποψη βιοποικιλότητας, κατηγορίες δασών. Τα δάση αυτά αποκαλούνται και *αλλουβιακά* ή *υγρόφιλα*, διότι αναπτύσσονται σε υγρά ή/και εποχιακώς κατακλυζόμενα εδάφη και επηρεάζονται έντονα από τα επιφανειακά και υπόγεια νερά παρακείμενων υδάτινων σχηματισμών (Ζόγκαρης κ.ά. 2007).

Ο ανατολικός πλάτανος (*Platanus orientalis*) είναι το αντιπροσωπευτικότερο είδος της παρόχθιας βλάστησης στην Ελλάδα. Πρόκειται για μακροβιότατο δένδρο, με εντυπωσιακές διαστάσεις σε μεγάλη ηλικία, ύψος που φτάνει τα 35 μ. και δι-

¹⁰ Με την ευρεία έννοια, αζωνική βλάστηση μπορεί να θεωρηθεί και αυτή που επικρατεί σε ιδιαίτερες συνθήκες ανταγωνισμού των φυτών, όπως σε εδάφη φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία ή με τοξικές συγκεντρώσεις μετάλλων.

άμετρο κορμού 5 μ. Είναι είδος κοινό σε ολόκληρη την ηπειρωτική χώρα και στα περισσότερα νησιά, και συχνά φυτεμένο σε οικισμούς. Στη φύση καταλαμβάνει τις ασταθείς αλλουβιακές κοίτες, τις όχθες και τους κώνους πρόσχωσης χειμάρρων, ποταμών και ρεμάτων, από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι την ορεινή ζώνη, και δημιουργεί κατά μήκος τους επιμήκεις παρόχθιες συστάδες. Στα βουνά της Κρήτης και της Πελοποννήσου ανέρχεται στο υψόμετρο των 1.500-1.600 μ. Στη νότια Ελλάδα εμφανίζεται σε αμιγή μορφή, ενώ βορειότερα (Ήπειρος, Μακεδονία, Θράκη) συχνά μινύεται με το σκλήθρο (*Alnus glutinosa*) και τις λεύκες (*Populus alba*, *Populus nigra*).

Οι ιτιές (*Salix* spp.) είναι πρόδρομα είδη που αποικίζουν αλλουβιακά εδάφη και συμμετέχουν σταθερά στην παρόχθια βλάστηση ποταμών και λιμνών. Τα πιο κοινά είδη είναι η ασημοϊτιά (*Salix alba*) και η περιβλαστη (*Salix amplexicaulis*), ενώ η εύθραυστη ιτιά (*Salix fragilis*) εμφανίζεται σπανιότερα, κυρίως στη Β. Ελλάδα. Δύο είδη που είναι αρκετά κοινά στην ορεινή ζώνη είναι η βουνοϊτιά (*Salix elaeagnos*) και η γιδοϊτιά (*Salix caprea*). Απαντούν σε κοίτες ρεμάτων και χειμαρρικές αποθέσεις αλλά και στα κράσπεδα του δάσους και σε δασικά διάκενα.



Φωτογραφία 11. Ιτιά της Ξάνθης (*Salix xanthicola*).

Χαρακτηριστική είναι η δομή και η σύνθεση της παρόχθιας βλάστησης στις θερμότερες περιοχές της

Ελλάδας. Στα ρέματα της νότιας Ελλάδας με συνεχή ή περιοδικώς διακοπτόμενη ροή, αναπτύσσονται θαμνώδεις συστάδες-στοές, σε ορισμένες περιπτώσεις ιδιαίτερα πυκνές, με πικροδάφνες (*Nerium oleander*), λυγαριές (*Vitex agnus-castus*) και ενίοτε αρμυρίκια (*Tamarix* spp.). Οι περισσότερες θέσεις εμφάνισης του *Phoenix theophrasti* στην Κρήτη βρίσκονται στο συγκεκριμένο βιότοπο.

Ενδεχομένως ο σπανιότερος, σήμερα, τύπος αζωνικού δάσους, καθώς και ο περισσότερο απειλούμενος, είναι τα πεδινά αλλουβιακά δάση σκληρόξυλων πλατύφυλλων. Συνδέονται με τα πλημμυρικά πεδία και τους δελταϊκούς σχηματισμούς μεγάλων ποταμών και συνήθως αναπτύσσονται στα όρια της ζώνης περιοδικής κατάκλυσης. Τα κυριαρχούντα είδη σε αυτές τις φυτοκοινότητες είναι η χνοώδης ποδισκοφόρος δρυς (*Quercus robur* subsp. *pedunculiflora*), η ψηλή φτελιά (*Ulmus procera*), το караγάτσι (*Ulmus minor*) και ο νερόφραξος (*Fraxinus angustifolia*). Επιπλέον, μπορεί να προσμινύονται, ανάλογα με τις συνθήκες σταθμού, το σκλήθρο, ο πλάτανος, ο τριχωτός φράξος (*Fraxinus pallisiae*) και είδη «μαλακού ξύλου» όπως η ασημολεύκη (*Populus alba*) και ιτιές (Horvat et al. 1974, Athanasiadis and Drossos 1992, Αθανασιάδης κ.ά. 1996, Στάμου κ.ά. 2003, Βασιλόπουλος κ.ά. 2005). Ελάχιστα κατατεταγμένα υπολείμματα των οικοσυστημάτων αυτών διατηρούνται σήμερα, καθώς στην πλειονότητά τους έχουν εκχερσωθεί και μετατραπεί σε αγροτική γη ή λευκοκαλλιέργειες (εκβολές Νέστου, Πηνειού και Αχελώου).

Οι διάφοροι τύποι παρόχθιας βλάστησης αποτελούν κοινότητες υψηλής βιοποικιλότητας, γεγονός που διαπιστώνεται τόσο από τη δομή τους όσο και από τον χλωριδικό τους πλούτο. Εκτός των κυρίαρχων δασικών δένδρων που αναφέρθηκαν παραπάνω, φιλοξενούν μεγάλη ποικιλία ξυλωδών ειδών μεταξύ των οποίων είναι τα *Juglans regia*, *Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea*, *Ficus carica*, *Crataegus monogyna*, *Frangula alnus*, *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Prunus spinosa*, *Ligustrum vulgare*, *Corylus avellana*, *Fraxinus ornus*, καθώς και μεταξύ άλλων τα ποώδη *Pteridium aquilinum*, *Osmunda regalis*, *Adiantum capillus-veneris*, *Stellaria media*, *Sambucus ebulus*, *Cyclamen hederifolium*, *Melissa officinalis*, *Arum italicum*, *Dracunculus vulgaris*, *Piptatherum miliaceum*, *Urtica* spp., *Rumex* spp., *Equisetum* spp., *Juncus* spp., *Carex* spp., *Scirpus* spp. κ.ά. Χαρακτηριστική είναι, ειδικότερα στα χαμηλά υψόμετρα, η έντονη παρουσία αναρριχώμενων θάμνων και ποωδών των ειδών *Hedera helix*, *Clematis vitalba*, *C. flammula*, *Humulus lupulus*, *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*, *Tamus communis*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Calystegia sepium*, *C. sylvatica*, *Periploca graeca*, *Rubus caesius*, *R. sanctus* κ.ά.

Σημαντικά δασικά είδη

Πολλά είναι τα ξυλώδη είδη της Ελλάδας που θεωρούνται ενδιαφέροντα από γεωβοτανική άποψη (εξάπλωση-ενδημισμός). Τυπικά παραδείγματα αποτελούν τα *Abies alba*, *Acer heldreichii*, *Acer reginae-amaliae*, *Aesculus hippocastanum*, *Amelanchier chelmea*, *Alnus incana*, *Corylus colurna*, *Crataegus pycnoloba*, *Frangula rupestris*, *Genista millii*, *Laburnum alpinum*, *Pinus peuce*, *Pinus heldreichii*, *Ribes orientale*, *Ribes alpinum*, *Ribes multiflorum*, *Rhododendron luteum*, *Sorbus austriaca*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Sambucus racemosa*. Ορισμένα αποκτούν ιδιαίτερη σημασία για τη βιοποικιλότητα λόγω της σπανιότητάς τους, της περιορισμένης κατανομής τους και του μικρού μεγέθους του πληθυσμού τους. Στον Πίνακα 1 αναφέρονται επτά από αυ-

τά τα είδη που κρίνονται ως ιδιαίτερα σημαντικά, σύμφωνα με την κατανομή τους στην Ελλάδα και τη γενική τους εξάπλωση.

Σπάνια χλωριδικά taxa, όπως τα γεωγραφικά ή οικολογικά στενότοπα φυτά, έχουν μεγάλη σημασία για τη βιοποικιλότητα των περιοχών όπου εμφανίζονται και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ή ακόμα και να αποτελούν προτεραιότητα στα οικεία σχέδια διαχείρισης. Ενίοτε, επιβάλλεται να αποτελέσουν στόχο ιδιαίτερων διαχειριστικών μέτρων και δράσεων. Ωστόσο, όπως έχει επανειλημμένα τονιστεί τις τελευταίες δεκαετίες, η διατήρηση των οικοσυστημάτων αποτελεί, κατά κανόνα, την ευκολότερη, ασφαλέστερη, φυσικότερη και οικονομικότερη μέθοδο για την προστασία των μεμονωμένων ειδών (Greuter 1979, Ruiz de la Torre 1985).

Πίνακας 1. Σημαντικά, από άποψη σπανιότητας και εξάπλωσης, δενδρώδη είδη της ελληνικής δασικής χλωρίδας.

ΕΙΔΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
<i>Eriolobus trilobatus</i> (Rosaceae)	Είδος της ανατολικής Μεσογείου με μικρούς αποκομμένους πληθυσμούς στη Μέση Ανατολή και Μ. Ασία. Μοναδικός Ευρωπαϊκός πληθυσμός στο νότιο Έβρο.	Μικρό φυλλοβόλο ύψους μέχρι 10 μ. Συγγενές της αγριομηλιάς (<i>Malus</i>). Απαντά σε ανοιχτά δάση δρυός-τραχείας πεύκης σε υψόμετρο 100-350 μ. Μικρός πληθυσμός, ιδιαίτερα απειλούμενος από πυρκαγιές και ανθρώπινες παρεμβάσεις (Browicz 1982, Korakis et al. 2009).
<i>Juniperus drupacea</i> (Cupressaceae)	Είδος των βουνών της ανατολικής Μεσογείου (Λίβανος, Συρία, Μ. Ασία). Μοναδικός Ευρωπαϊκός πληθυσμός στον Πάρνωνα και στον Ταύγετο.	Δενδρώδης (12-20 μ.) άρκευθος με δρυποειδή καρπό. Απαντά σε υψόμετρα 500-1.500 μ. Σχηματίζει αμιγείς ή μεικτές συστάδες με κεφαλληνιακή ελάτη και μαύρη πεύκη (Boratynski et al. 1992, Tan and Iatrou 2001).
<i>Liquidambar orientalis</i> (Hamamelidaceae)	Στενότοπο ενδημικό της ανατολικής Μεσογείου με πληθυσμούς στη Ρόδο και στη ΝΔ Μ. Ασία.	Φυλλοβόλο ύψους μέχρι 20 μ. Απαντά σε χαμηλά υψόμετρα και σχηματίζει υδροχαρείς συστάδες κατά μήκος ποταμών και ρεμάτων, μεταξύ άλλων στην «Κοιλιάδα με τις πεταλούδες».
<i>Phoenix theophrasti</i> (Arecaceae)	Στενότοπο ενδημικό της ανατολικής Μεσογείου με πληθυσμούς στην Κρήτη και στη ΝΔ Μ. Ασία.	Φοίνικας πολύκορμος ύψους μέχρι 10 μ. Συγγενές της χουρμαδιάς (<i>Phoenix dactylifera</i>). Απαντά σποραδικά στην Κρήτη σε μικρές συστάδες, ομάδες και άτομα, σε υγρές κοιλάδες, όχθες ρεμάτων, σε αμμώδες ή βραχώδες υπόστρωμα, πάντα κοντά στη θάλασσα (Greuter 1967, Ντάφης 1985, Turland et al. 1995).
<i>Quercus trojana subsp. euboica</i> (Fagaceae)	Τοπικό ενδημικό της ΒΑ Εύβοιας.	Μικρό δένδρο ή θάμνος ύψους μέχρι 3 μ. Ξηρανθεκτικό είδος της ευμεσογειακής ζώνης με ικανότητα πρεμνοβλάστησης. Μικρός πληθυσμός, ευάλωτος σε πυρκαγιές και ανθρώπινες παρεμβάσεις (Αθανασιάδης 1986α, Strid and Tan 1997).
<i>Salix xanthicola</i> (Salicaceae)	Ενδημικό της ΒΑ Ελλάδας και της Ν. Βουλγαρίας.	Θαμνώδης ιτιά ύψους 2,5 μ. Απαντά σε πετρώδεις κοίτες και όχθες ρεμάτων περιοδικής ροής σε υψόμετρο 30-890 μ., από το νομό Ξάνθης έως το νομό Έβρου (Christensen 1997b, 2006).
<i>Zelkova abelicea</i> (Ulmaceae)	Ενδημικό της Κρήτης.	Θάμνος ή μικρό δένδρο ύψους περίπου 5 (σπάνια 15) μ. Αρκετά σπάνιο και ευάλωτο, εμφανίζεται διάσπαρτα στην Κρήτη στην ορεινή ζώνη (850-1.700 μ.). Απαντά σε θαμνώνες και δάση <i>Acer sempervirens</i> - <i>Cupressus sempervirens</i> και <i>Quercus coccifera</i> σε πετρώδεις ασβεστολιθικές πλαγιές (Turland et al. 1995, Christensen 1997c).

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

- Ανώνυμος, 1992. Αποτελέσματα της πρώτης εθνικής απογραφής δασών. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος.
- Αθανασιάδης, Ν. 1986α. Δασική Βοτανική (Δέντρα και Θάμνοι των Δασών της Ελλάδας) Μέρος ΙΙ. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Αθανασιάδης, Ν. 1986β. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
- Αθανασιάδης, Ν., και Α. Γερασιμίδης. 1987. Μεταπαγετώδης εξέλιξη της βλάστησης στο όρος Πάικο. Επιστημονική Επετηρίς Τμήματος Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ Α' (11): 405-445.
- Αθανασιάδης, Ν., Κ. Θεοδωρόπουλος, Ε. Ελευθεριάδου, και Ε. Δρόσος. 1996. Δασικές φυτοκοινωνίες του Δέλτα του Θεσσαλικού Πηνειού. Επιστημονική Επετηρίς Τμήματος Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ 39:881-902.
- Βασιλόπουλος, Γρ., Ι. Τσιριπίδης, και Δ. Μπαμπάλανας. 2005. Συμβολή στη γνώση της βλάστησης των παρόχθιων δασών της νότιας Βαλκανικής χερσονήσου. Σελ. 1-10 στο Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Βοτανικής Εταιρείας, Ιωάννινα, 5-8 Μαΐου 2005.
- Βλάμη, Β., Σ. Ζόγκαρης, και Π. Δημόπουλος. 2003. Βελανιδόσαςος Ξηρόμερου - Αιτωλοακαρνανία. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.
- Debazac, E.F., και Γ. Μαυρομάτης. 1971. Οι μεγάλοι οικολογικοί διαίρες της δασικής βλάστησης εις την Ηπειρωτική Ελλάδα. Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας, Γενική Διεύθυνσις Δασών, Ινστιτούτον Δασικών Ερευνών 48:1-35.
- Δημητρέλλος, Γ. 2005. Γεωβοτανική έρευνα του όρους Τυμφρηστού (ΒΔ Στερεά Ελλάδα). Χλωρίδα - Βλάστηση - Αξιολόγηση - Διαχείριση. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Δημόπουλος, Π. 1993. Χλωριδική και φυτοκοινωνιολογική έρευνα του όρους Κυλλήνη - Οικολογική προσέγγιση. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Δημόπουλος, Π., Ε. Bergmeier, Κ. Θεοδωρόπουλος, Ρ. Fischer, και Μ. Τσιαφούλη. 2005. Οδηγός Παρακολούθησης τύπων οικοτόπων και φυτικών ειδών στις περιοχές του Δικτύου Natura 2000 με Φορείς Διαχείρισης στην Ελλάδα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και ΥΠΕΧΩΔΕ, Αργίνο.
- Δημόπουλος, Π., Ε. Bergmeier, Ε. Ελευθεριάδου, Κ. Θεοδωρόπουλος, Α. Γερασιμίδης, και Μ. Τσιαφούλη. 2012. Οδηγός Αναγνώρισης και Ερμηνείας Δασικών Τύπων Οικοτόπων στην Ελλάδα. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Δυτικής Ελλάδας, Αργίνο.
- Ελευθεριάδου, Ε. 1992. Η χλωρίδα των δασών ψυχροβίων πλατύφυλλων - κωνοφόρων και της υψηλής εξωδασικής περιοχής της Ελατίας Δράμας. Διδακτορική Διατριβή. Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ. Τόμος ΔΓ', Παράρτημα Αρ. 6.
- Ζόγκαρης, Σ., Β. Χατζηρβασάνης, Α.Ν. Οικονόμου, Γ. Χατζηνικολάου, Σ. Γιακουμή, και Π. Δημόπουλος. 2007. Παρόχθιες Ζώνες στην Ελλάδα. Προστατεύοντας τις παραποτάμιες οάσεις ζωής. Ειδική Έκδοση ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., Αθήνα.
- Καρέτσος, Γ. 2002. Μελέτη της οικολογίας και της βλάστησης του όρους Οίτη. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Κοράκης, Γ. 1997. Άγιον Όρος. Αναφορά στη φύση. Οικοτοπία 1:18-24.
- Μαυρομάτης, Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλάστησης. Βιοκλιματικοί χάρτες. Ι.Δ.Ε.Α. Αθήνα.
- Μουλόπουλος, Χ. 1963. Η δασοπονία του Αγίου Όρους. Αθωνική Πολιτεία.
- Ντάφης, Σ. 1973. Ταξινόμηση της δασικής βλάστησης της Ελλάδος. Επιστημονική Επετηρίς Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής ΑΠΘ 15:75-91.
- Ντάφης, Σ. 1985. Το φοινικόσαςος «Βάι» της Σητείας Κρήτης. Επιστημονική Επετηρίς Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής ΑΠΘ 28:141-152.
- Ντάφης, Σ. 1997. Ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικό περιβάλλον. Φύση και Φυσικό Περιβάλλον στο Άγιον Όρος. Ειδική Έκδοση στα πλαίσια του προγράμματος «Έκθεση Αγίου Όρους, Φύση και Περιβάλλον». Θεσσαλονίκη Πολιτιστική Πρωτεύουσα της Ευρώπης 1997, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ., Ε. Παπαστεργιάδου, Ε. Λαζαρίδου, και Μ. Τσιαφούλη. 2001. Τεχνικός Οδηγός Αναγνώρισης, Περιγραφής και Χαρτογράφησης Τύπων Οικοτόπων της Ελλάδας. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), Θεσσαλονίκη.
- Παντέρα, Α., και Β. Παπαναστάσης. 2003. Απογραφή της βελανιδιάς *Quercus ithaburensis* Decaisne subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt. στην Ελλάδα. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 1/2003:34-44.

Σαμαράς, Δ., Κ. Θεοδωρόπουλος, και Ε. Ελευθεριάδου. 2008. Οι φυτοκοινωνίες των δασών της Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica* J.W. Loudon) του όρους Γουλινάς (Κ. Ελλάδα). Δασική Έρευνα 21:63-78.

Στάμου, Α., Κ. Θεοδωρόπουλος, και Ε. Ελευθεριάδου. 2003. Φυτοκοινωνική έρευνα αζωνικών εμφανίσεων πλατάνου (*Platanus orientalis* L.) και μεικτών φράξου-πτελέας [*Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso - *Ulmus minor* Miller] στο ποτάμιο σύστημα Κηρέα-Νηλέα-Βούδωρου (Β. Εύβοια, Ελλάδα). Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 14:54-68.

Strid, A. 1980. Φυτά του Ολύμπου. Μουσείον Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Archibold, O.W. 1995. Ecology of World Vegetation. Chapman & Hall.

Athanasiadis, N. 1975. Zur postglazialen Vegetationsentwicklung von Litochoro Katerinis und Pertuli Trikalon (Griechenland). Flora Jena 164:99-132.

Athanasiadis, N., and E. Drossos. 1992. Leucojo-Fraxinetum parvifoliae Glavač 59 & Pruno-Fraxinetum Oberdorfer 53 of the Thessalian Pinios Delta (Greece). Botanica Helvetica 102:159-170.

Bergmeier, E. 2002. Plant communities and habitat differentiation in the Mediterranean coniferous woodlands of Mt. Parnon (Greece). Folia Geobotanica 37:309-331.

Bergmeier, E., and P. Dimopoulos. 2001. *Fagus sylvatica* forest vegetation in Greece: Syntaxonomy and gradient analysis. Journal of Vegetation Science 12:109-126.

Bergmeier, E., and P. Dimopoulos. 2008. Identifying plant communities of thermophilous deciduous forest in Greece: Species composition, distribution, ecology and syntaxonomy. Plant Biosystems 142:228-254.

Bergmeier, E., P. Dimopoulos, K. Theodoropoulos, and E. Eleftheriadou. 2004. Zonale sommergrüne Laubwälder der südlichen Balkanhalbinsel - eine Übersicht. Tuexenia 24:89-111.

Bohn, U., R. Neuhäusl, G. unter Mitarbeit von Gollub, C. Hettwer, Z. Neuhäuslová, H. Schlüter, and H. Weber. 2000/2003. Map of the Natural Vegetation of Europe. Scale 1: 2.500.000. Teil 1: Erläuterungstext mit CD-ROM; Teil 2: Legende; Teil 3: Karten. Münster.

Boratynski, A., K. Browicz, and J. Zieliński. 1992. Chorology of trees and shrubs in Greece. Polish

Academy of Sciences. Institute of Dendrology. Poznan, Poland.

Browicz, K. 1982. *Eriolobus trilobatus* (Poiret) M.J. Roemer in Greece. - Annales Musei Goulandris 5:23-31.

Christensen, K.I. 1997a. Fagaceae. Pages 40-50 in Strid, A. and K. Tan, editors. Flora Hellenica. Vol. 1. Koeltz Scientific Books, Königstein.

Christensen, K.I. 1997b. *Salix* L. Pages 27-33 in Strid, A. and K. Tan, editors. Flora Hellenica. Vol. 1. Koeltz Scientific Books, Königstein.

Christensen, K.I. 1997c. *Zelkova* Spach. Page 52 in Strid, A. and K. Tan, editors. Flora Hellenica. Vol. 1. Koeltz Scientific Books, Königstein.

Christensen, K.I. 2006. *Salix xanthicola* (Salicaceae) - distribution, ecology and relationships. - Annales Musei Goulandris 11:37-79.

Dafis, S. 2005. Greek oak woodlands: A species account on their ecological and socio-economic role. Botanika Chronika 18:75-82.

Dimopoulos, P., E. Bergmeier, K. Theodoropoulos, and E. Eleftheriadou. 2005. Thermophilous deciduous forests in Greece - a preliminary survey. Botanika Chronika 18:83-100.

Dimopoulos, P., Th. Georgiadis, and K. Sykora. 1996. Phytosociological research on the montane coniferous forests of Greece: Mount Killini (NE Peloponnisos - S Greece). Folia Geobotanica Phytotaxonomica 31:169-195.

Eleftheriadou, E., and Th. Raus. 1996. The vascular flora of the nature reserve Frakto Virgin Forest of Nomos Dramas (E Macedonia, Greece). Willdenowia 25:455-485.

European Commission. 1991. CORINE Biotopes-the design, compilation and use of an inventory of sites of major importance for nature conservation in the European Community. Office of official publications of the European Communities, Luxembourg, pp.132.

European Commission. 2003. CORINE Biotopes-the design, compilation and use of an inventory of sites of major importance for nature conservation in the European Community. Office of official publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission. 2007. CORINE Biotopes-the design, compilation and use of an inventory of sites of major importance for nature conservation in the European Community. Office of official publications of the European Communities, Luxembourg.

- Fotiadis, G., A. Pantera, A.M. Papadopoulos, and M. Vrahnakis. 2009. The vascular flora of *Quercus ithaburensis* ssp. *macrolepis* (Fagaceae) forest remnants found in Thrace (NE Greece). Pages 415-421 in Ivanova, D., editor. Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation. Proceedings. IV Balkan Bot. Congr., Sofia, 20-26 June 2006, Institute of Botany, Sofia.
- Georghiou, K., and P. Delipetrou. 2010. Patterns and traits of the endemic plants of Greece. Botanical Journal of the Linnean Society 162:130-422.
- Gerasimidis, A. 2005. Deciduous oak forest vegetation history in Greece with emphasis on the effects of human impact as reflected by pollen diagrams. Botanika Chronika 18:117-133.
- Gerasimidis, A., S. Panajiotidis, G. Fotiadis, and G. Korakis. 2008. Review of the Late Quaternary vegetation history of Epirus (NW Greece). Phytologia Balcanica 15:19-27.
- Glavač, V., H. Ellenberg, and I. Horvat. 1972. Vegetationskarte von Südosteuropa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Greuter, W. 1979. Mediterranean conservation as viewed by a plant taxonomist. Webbia 34:87-99.
- Greuter, W. 1967. Beiträge zur Flora der Südägäis 8-9. Bauhinia 3:243-254.
- Horvat, I., V. Glavač, and H. Ellenberg. 1974. Vegetation Südosteuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Iatrou, G. 1996. The richness and the rarity of the Greek flora. Pages 439-440 in S. Dafis, E. Papsatergiadou, K. Georghiou, D. Babalonas, and Th. Georgiadis, editors. The Greek «Habitat» project Natura 2000 (Directive 92/43/EEC): an overview. The Goulandris Natural History Museum - Greek Biotope/Wetland Centre, Thessaloniki.
- Korakis, G., K. Stara, and R. Tsiakiris. 2008. Nature conservation in traditional protected areas. A floristic approach of sacred woods in Zagori (NW Greece). Scientific Annals of the Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources DUTH. V1:95-106.
- Korakis, G., K. Poirazidis, N. Papamattheakis, and A. Papageorgiou. 2009. New localities of the vulnerable species *Eriolobus trilobatus* (Rosaceae) in northeastern Greece. Pages 422-426 in D. Ivanova, editor. Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation. Proc. IV Balkan Bot. Congr., Sofia, 20-26 June 2006. Institute of Botany, Sofia.
- Korakis, G., and A. Gerasimidis. 2010. Vegetation and habitat types. Pages 85-93 in G. Catsadorakis, and H. Källander, editors. The Dadia-Lefkimi-Soufli Forest National Park, Greece: Biodiversity, Management and Conservation. WWF Greece, Athens.
- Masclans, F. 1972. Guia per a conèixer els arbres. Montblanc-CEC, Barcelona.
- Polunin, O., and M. Walters. 1985. A Guide to the Vegetation of Britain and Europe. Oxford University Press, Oxford.
- Raus, T. 1982. Phytogeographical circumscription of the Mediterranean area on the Balkan peninsula and the problem of Thessalian pseudomaquis. Ecologia Mediterranea VIII: 197-201.
- Raus, T. 1996. The boreal and central European element in the forest flora of Greece. Bocconea 5:63-76
- Raven, P. H. 1973. The Evolution of Mediterranean Floras. Pages 212-224 in F. Di Castri, and H. Mooney, editors. Mediterranean Type Ecosystems - Origin and Structure. Ecological Studies 7. Springer Verlag.
- Ruiz de la Torre, J. 1985. Conservation of plants within their native ecosystems. Pages 197-219 in C. Gómez-Campo, editor. Plant conservation in the Mediterranean area. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Strid, A. 1986. Mountain flora of Greece, Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- Strid, A. 1993. Phytogeographical aspects of the Greek mountain flora. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica (Suppl. 2):411-433.
- Strid, A. 1996. Phytogeographia Aegaea and the Flora Hellenica project. Annales Naturhistorisches Museum Wien 98 (B Suppl.): 279-289.
- Strid, A. 2006. Flora Hellenica bibliography, 2nd edn. Krakow: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Strid, A., and K. Papanikolaou. 1985. The Greek Mountains. Pages 89-111 in C. Gomez-Campo, editor. Plant conservation in the Mediterranean area. Geobotany 7. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Strid, A., and K. Tan. 1991. Mountain flora of Greece, Vol. 2. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Strid, A., and K. Tan. 1997. Flora Hellenica 1. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany.
- Strid, A., and K. Tan. 2002. Flora Hellenica 2. A.R.G. Gantner Verlag, K.G. Ruggell, Liechtenstein.
- Tan, K., and G. Iatrou. 2001. Endemic plants of Greece, the Peloponnese. Gads Forlag Ltd, Copenhagen.

- Theodoropoulos, K., A. Reif, and N. Athanasiadis. 1995. *Quercus dalechampii* forests in Central Macedonia, Greece. *Botanica Helvetica* 105:37-54.
- Thompson, J.D. 2005. Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press, Oxford.
- Tomaselli, R. 1981. Main physiognomic types and geographic distribution of shrub systems related to Mediterranean climates. Pages 95-106 in F. Di Castri, D. Goodall and R. Specht, editors. *Ecosystems of the World 11 - Mediterranean-Type Shrublands*. Elsevier.
- Tsiripidis, I., and N. Athanasiadis. 2003. Contribution to the knowledge of the vascular flora of NE Greece: Floristic composition of the beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Greek Rodopi. *Willdenowia* 33:273-297.
- Tsiripidis, I., E. Bergemeier, and P. Dimopoulos. 2007. Geographical and ecological differentiation in Greek Fagus forest vegetation. *Journal of Vegetation Science* 18: 743-750.
- Turland, N.J., L. Chilton, and J.R. Press. 1995. *Flora of the Cretan area. Annotated Checklist & Atlas*. The Natural History Museum, London.
- Turrill, W.B. 1929. *The plant life of the Balkan peninsula*. Clarendon Press, Oxford.
- Tutin, T.G., V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, and D.A. Webb. 1968-1980. *Flora Europaea*, Vols. 2-5. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tutin, T.G., N.A. Burges, A.O. Chater, J.R. Edmondson, V.H. Heywood, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, and D.A. Webb. 1993. *Flora Europaea* 1, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere*. Heidelberg Science Library, Heidelberg.

4. Δασική Πανίδα

Κωνσταντίνος Σ. Ποϊραζίδης, Σάββας Γ. Καζαντζίδης,
Αλέξιος Δ. Γιαννακόπουλος, Γεώργιος Μήτσαινας

Τα δασικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από αξιοσημείωτη βιοποικιλότητα και ο αριθμός των ειδών της δασικής πανίδας αποτελεί το σημαντικότερο ποσοστό των χερσόβιων ζωικών οργανισμών. Στην Ευρώπη, τις υψηλότερες τιμές βιοποικιλότητας φέρουν οι περιοχές της Μεσογείου και μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν τα Βαλκάνια και ιδιαίτερα η Ελλάδα. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ρόλος της δασικής πανίδας για τη σταθερότητα και διατήρηση των δασικών οικοσυστημάτων, όσο και η αξία της για τον άνθρωπο, μέσα από πολύπλοκους μηχανισμούς αλληλεπιδράσεων. Σχολιάζεται η καταλληλότητα διαφόρων δασικών οικοσυστημάτων για την κάλυψη των οικολογικών απαιτήσεων της δασικής πανίδας και η σημασία παραμέτρων όπως το μέγεθος και η διακύμανση της χωροκράτειας. Με έμφαση στην ορνιθοπανίδα, περιγράφεται η στενή συσχέτιση της δομής του δάσους και της κατανομής και συμπεριφοράς της δασικής πανίδας, καθώς και η ως εκ τούτου μεγάλη προσοχή που πρέπει να δίνεται κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή διαχειριστικών πρακτικών που μεταβάλλουν τη δομή του δάσους και την ποικιλότητά του. Αναπτύσσεται, επίσης, η μεγάλη σημασία των νεκρών δένδρων, των δένδρων μεγάλης ηλικίας και των ανοιγμάτων στη διατήρηση, ακόμα και στην αύξηση της ποικιλότητας της δασικής πανίδας. Επίσης, παρατίθενται οι κίνδυνοι που ανά πάσα στιγμή μπορούν να οδηγήσουν σε πληθυσμιακές μειώσεις και να απειλήσουν την ποικιλότητα της δασικής πανίδας, και οι οποίοι είναι, ως επί το πλείστον, ανθρωπογενούς προέλευσης όπως: α) κατακερματισμός ενδιαιτημάτων, β) λαθροθηρία, γ) γενετική υποβάθμιση/αλλοίωση λόγω εμπλουτισμών, δ) εισβολή ξενικών ειδών, ε) άλλοι κίνδυνοι σχετιζόμενοι με ρύπανση, κλιματική αλλαγή, πυρκαγιές, λειτουργία ανεμογεννητριών κ.λπ. Τέλος, παρέχονται προτάσεις και άξονες δράσεων για την αποτελεσματική διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων, με στόχο, μεταξύ των άλλων, τη διασφάλιση της ποικιλότητας της δασικής πανίδας.

Λέξεις κλειδιά: δάσος, δασική βιοποικιλότητα, αξία πανίδας, βιότοποι πανίδας, απειλές πανίδας, διαχείριση πανίδας

Γενικά στοιχεία για τη δασική πανίδα

Η άγρια πανίδα περιλαμβάνει όλους τους ζωϊκούς οργανισμούς που ζουν ελεύθερα στο φυσικό περιβάλλον και οι οποίοι καταλαμβάνουν συγκεκριμένα ενδιαιτήματα¹, ανάλογα με τις οικολογικές τους ανάγκες. Τα περισσότερα ζώα χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα ενδιαιτήματα σε διάφορες φάσεις του βιολογικού τους κύκλου, με αποτέλεσμα η χρήση του χώρου να είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και πολλές φορές δύσκολο να περιγραφεί. Από βιολογικής άποψης, τα δάση αποτελούν τα πιο ποικίλα χερσαία οικοσυστήματα. Τα 2/3 από τις περίπου 200 περιοχές που έχουν

οριστεί ως αξιοσημείωτα παραδείγματα της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων του πλανήτη (Olson and Dinerstein 1998), είναι δασικές. Τα taxa που απαρτίζουν τη δασική πανίδα είναι προσαρμοσμένα ώστε να αξιοποιούν τα δασικά οικοσυστήματα για την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των κύκλων ζωής τους. Για παράδειγμα, στη δασική πανίδα ανήκουν πολλά νυκτόβια αρπακτικά πουλιά τα οποία ενώ μπορεί να επιλέγουν ως περιοχές κυνηγιού ένα αγροοικοσύστημα ή έναν υγρότοπο, ωστόσο, για κούρνιασμα και φωλεοποίηση απαιτούν δάση ή συστάδες δένδρων μεγάλης ηλικίας.

¹ Ως ενδιαιτήματα ορίζεται η οικολογική ή περιβαλλοντική περιοχή όπου διαβίει ένας οργανισμός ή όπου, με βάση τις οικολογικές παραμέτρους που τη χαρακτηρίζουν, θα μπορούσε κανείς να τον συναντήσει (Odum and Barrett 2004). Συνήθως, ένα ενδιαιτήμα αναλύεται σε πέντε βασικές συνιστώσες: α) τροφικές πηγές-διαθέσιμοι πόροι, β) νερό, γ) βλάστηση, δ) κλιματικές συνθήκες και ε) θέσεις αναπαραγωγής.

Η ποικιλότητα της δασικής πανίδας στην Ελλάδα

Είναι γνωστό ότι η βιοποικιλότητα δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στον πλανήτη και ότι σε ορισμένες περιοχές αυτή είναι ιδιαίτερα πλούσια (*hot spots*). Στην Ευρώπη, η κατανομή των πλούσιων σε βιοποικιλότητα ειδών περιοχών ακολουθεί ένα πρότυπο σύμφωνα με το οποίο υψηλότερη ποικιλία ειδών καταγράφεται στις νότιες περιοχές, δηλαδή στη Μεσόγειο, ενώ ιδιαίτερα υψηλές είναι οι τιμές που σημειώνονται στη Βαλκανική χερσόνησο (Gaston and David 1994). Η Ελλάδα, αναλογικά με το μέγεθός της, χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα ποικιλότητας ζωικών ειδών, καθώς επίσης και από μεγάλο αριθμό ενδημικών. Τούτο οφείλεται κυρίως: Α) Στη γεωγραφική της θέση στο «σταυροδρόμι» μεταξύ τριών ηπείρων, που έχει ως αποτέλεσμα η κατά βάση «κεντροευρωπαϊκή» βιοποικιλότητά της να εμφανίζει στοιχεία επιρροής από την Ασία (Kryštufek 2004) αλλά και την Αφρική, ενώ για αρκετά ζωικά είδη η Ελλάδα αποτελεί όριο εξάπλωσής τους. Β) Στην υψηλή γεωμορφολογική ποικιλότητα της Ελλάδας σε συνδυασμό με την πολύπλοκη γεωλογική και οικολογική ιστορία της. Εξάλλου, η Βαλκανική Χερσόνησος και ειδικότερα η Ελλάδα αποτέλεσε «καταφύγιο» ειδών (*refugium*) κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο, στο τέλος του Πλειστόκαινου (πριν από 20.000-14.000 έτη). Η έναρξη της τρέχουσας θερμής περιόδου (πριν από περίπου 10.500 έτη-Ολόκαινο) επέτρεψε την προς βορρά εξάπλωση αρκετών ειδών, τα οποία καταφέροντας να ξεπεράσουν το σημαντικό γεωγραφικό φραγμό των βαλκανικών οροσειρών, κατέλαβαν περιοχές της κεντρικής Ευρώπης (Hewitt 1996). Ωστόσο, είναι αρκετοί οι πληθυσμοί ειδών οι οποίοι μη διαθέτοντας αυτήν την ικανότητα διασποράς, περιορίστηκαν στη Βαλκανική χερσόνησο και διαφοροποιήθηκαν σε ενδημικά στοιχεία της περιοχής (Bilton et al. 1998). Στους παραπάνω παράγοντες πρέπει να προστεθούν οι επιρροές και από τη μακράιωνη δραστηριότητα του ανθρώπου.

Η γνώση μας για την ποικιλότητα της ελληνικής πανίδας ξεκινά από τον Αριστοτέλη, που πριν από 2.300 χρόνια, στο έργο του «Των περί τα ζώα ιστοριών» περιγράφει περίπου 600 ζωικά είδη. Σήμερα, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες απογραφές (Fauna Europaea 2011), έχουν καταγραφεί τουλάχιστον 23.130 είδη ζώων της ξηράς και των γλυκών νερών (Λεγάκης 2004). Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των ειδών ανήκει στη δασική πανίδα. Κατά τα τελευταία χρόνια, μεγάλη γνώση έχει αποκτηθεί για τα σπονδυλόζωα, όχι όμως και για τα πολύ πιο πολυάριθμα ασπόνδυλα.

Όλες οι ομάδες χερσαίων σπονδυλόζωων συμμετέχουν στη δασική πανίδα. Μεταξύ των αμφιβίων συγκαταλέγονται τόσο είδη με σημαντική εξάρτηση από το υδάτινο στοιχείο, όπως η κιτρινομπομπίνα *Bombina variegata*, όσο και είδη που το αναζητούν κυρίως κατά την περίοδο της αναπαραγωγής όπως η βούζα *Bufo bufo*, ο πηδοβάτραχος *Rana dalmatina* και η σαλαμάνδρα *Salamandra salamandra*. Όσον αφορά στα ερπετά, αν και τα πιο πολλά είδη κατανέμονται σε ξηρές περιοχές με χαμηλή βλάστηση και εύκολη πρόσβαση στην ηλιακή έκθεση, εντούτοις, υπάρχουν αρκετά είδη για τα οποία τα δασικά οικοσυστήματα (ιδιαίτερα τα φυλλοβόλα με υγιή υπόροφο και ύπαρξη ανοιγμάτων) παρέχουν τις απαραίτητες οικολογικές συνθήκες έτσι ώστε τμήματα των πληθυσμών τους να συμμετέχουν στη δασική πανίδα, όπως, για παράδειγμα, τα τρία είδη χερσαίων χελωνών της Ελλάδας. Τα ερπετά στις δασικές περιοχές εκμεταλλεύονται τα ξέφωτα αλλά και τις σκιερές περιοχές για την απαραίτητη θερμορύθμιση. Επιπλέον, μεταξύ των ερπετών που συμμετέχουν στη δασική πανίδα, συγκαταλέγονται και πιο «ντροπαλά» και σκιοφιλά - δασικά - είδη, όπως το κονάκι *Anguis fragilis* και η μωραϊτόσαυρα *Algyroides moreoticus* (ενδημικό της Πελοποννήσου και μερικών νησιών του Ιονίου) (Valakos et al. 2008).

Αν και τα περισσότερα θηλαστικά στην Ελλάδα αποτελούν τμήμα της δασικής πανίδας, συνήθως όταν μιλάμε για αυτήν αναφερόμαστε σε χαρακτηριστικά είδη μεγάλων σαρκοφάγων, όπως η αρκούδα *Ursus arctos*, ο λύκος *Canis lupus*, ο λύγκας *Lynx lynx*, ή μεγάλων φυτοφάγων θηλαστικών, όπως τα Αρτιοδάκτυλα αγριόχοιρος *Sus scrofa*, ελάφι *Cervus elaphus* και ζαρκάδι *Capreolus capreolus*, στη μελέτη, προστασία και διαχείριση των οποίων έχει δοθεί έμφαση. Μάλιστα, σύμφωνα με το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας (Λεγάκης και Μαραγκού 2009), τα περισσότερα από αυτά τα είδη εντάσσονται σε κάποια Κατηγορία Κινδύνου, με αποκορύφωμα τον λύγκα και το ελάφι, τα οποία έχουν αξιολογηθεί ως «Κρισίμως Κινδυνεύοντα» με εξαφάνιση από την Ελλάδα. Φυσικά, στη δασική πανίδα συμμετέχουν και πολλά άλλα, σχετικά συνηθισμένα είδη όπως ο ασβός *Meles meles*, η αλεπού *Vulpes vulpes* και το πετροκούναβο *Martes foina*, ο σκίουρος *Sciurus vulgaris*, ο λαγός *Lepus europaeus*, ο σκαντζόχοιρος *Erinaceus roumanicus* κ.ά. Ωστόσο, σημαντικό τμήμα της δασικής πανίδας των θηλαστικών αποτελούν και λιγότερο γνωστά, συνήθως κρυπτικά και μικρόσωμα είδη. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται: α) εντομοφάγα, όπως τα είδη ασπάλαικα (γένος *Talpa*) που ζουν αποκλειστικά κάτω από το έδαφος και β) τρωκτικά, όπως οι μυξοί

(*Myoxus glis*, *Dryomys nitedula*, *Muscardinus avellanarius*) που είναι κυρίως δενδρόβια, καρποφάγα είδη, οι σκαπτικοί ποντικοί του γένους *Microtus* που τρέφονται κυρίως με υπόγεια τμήματα φυτών, ο δασοποντικός και ο κρικοποντικός (*Arodemus sylvaticus* και *A. flavicollis*, αντίστοιχα) κ.ά.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα Χειρόπτερα (νυχτερίδες), για αρκετά είδη των οποίων τα δασικά οικοσυστήματα αποτελούν βασικούς χώρους αναζήτησης τροφής. Για τα είδη αυτά η μείωση των δένδρων μεγάλης ηλικίας και, γενικότερα, των ώριμων δασών είναι η κυριότερη απειλή. Η σημασία των δασών για αυτά τα είδη αυξάνεται, αν αναλογιστεί κανείς ότι τα Χειρόπτερα αποτελούν μία από τις πιο ευαίσθητες ομάδες θηλαστικών, με αρκετά είδη να εντάσσονται σε κάποια Κατηγορία Κινδύνου. Χαρακτηριστικά είδη Χειροπτέρων που συμμετέχουν στη δασική πανίδα είναι είδη των γενών *Rhinolophus*, *Myotis*, *Nyctalus*, *Pipistrellus*, καθώς και είδη άλλων γενών όπως η καφέ ωτονυχτερίδα, *Plecotus auritus* κ.ά. (Dietz et al. 2009).

Η σύνθεση και η κατανομή της ορνιθοπανίδας στα ελληνικά δάση εξαρτάται από τον τύπο του δάσους, από ζωογεωγραφικούς παράγοντες, καθώς και από την εποχή. Συνολικά, από τα 348 είδη πτηνών που καταγράφονται τακτικά στην Ελλάδα (Χανδρινός 2009), τουλάχιστον 118 (ποσοστό 33,9%) είναι δασικά είδη και κατά το μάλλον ή ήττον εξαρτώνται από τα δάση της χώρας μας. Αν και οι γνώσεις μας για τα δασικά είδη πουλιών είναι περιορισμένες (Kazantzidis 2007), γνωρίζουμε ότι τουλάχιστον 70 από αυτά είναι επιδημητικά και 36 είναι μεταναστευτικά, από τα οποία τουλάχιστον 16 αναπαράγονται στα ελληνικά δάση. Επίσης, αρκετά είδη έρχονται από τα δάση της βόρειας ή κεντρικής Ευρώπης για να διαχειμάσουν στα ελληνικά δάση (Χανδρινός 2009). Το 64% των δασικών ειδών είναι στρουθιόμορφα, με πιο χαρακτηριστικά τις οικογένειες *Paridae*, *Sittidae*, *Sylviidae* και *Certhiidae*. Τυπικά δασικά είδη είναι οι δρυκολάπτες (Οικογένεια *Picidae*) και στα ελληνικά δάση καταγράφηκαν δέκα από τα έντεκα είδη αυτής της οικογένειας που υπάρχουν στην Ευρώπη. Τουλάχιστον 14 ημερόβια αρπακτικά πουλιά (Οικογένεια *Accipitridae*) ζουν στα δάση και στις δασικές εκτάσεις, με χαρακτηριστικά είδη το χρυσαετό *Aquila chrysaetos*, το δενδρογέρακο *Falco subbuteo* και το διπλοσάινο *Accipiter gentilis*. Επίσης, σχεδόν όλα τα νυχτόβια αρπακτικά της χώρας μας (οκτώ από τα εννέα είδη των Οικογενειών *Strigidae* και *Tytonidae*) είναι δασικά είδη, αν και ορισμένα ζουν σε μια μεγάλη ποικιλία ενδιαημάτων.

Τα πλατύφυλλα φυλλοβόλα δάση έχουν τη μεγαλύτερη ποικιλία ειδών πουλιών και ερπετών. Από

τα πτηνά, πολυπληθέστερα είδη είναι η γαλαζοπαπαδίτσα *Cyanistes caeruleus*, ο σπίνος *Fringilla coelebs* και ο κοκκινολαίμης *Erithacus rubecula*. Σε αντίθεση, τα δάση κωνοφόρων, και ιδιαίτερα στα μεγαλύτερα υψόμετρα, είναι λιγότερο πλούσια σε είδη και με πιο αραιούς πληθυσμούς. Τα πευκοδάση είναι από τα φτωχότερα σε είδη πουλιών και πληθυσμούς δάση και η ποικιλότητά τους αυξάνει όσο αυξάνει το υψόμετρο και όσο εμφανίζονται ξέφωτα καθώς και θαμνώδης βλάστηση ως υπόροφος. Όμως, ορισμένα πευκοδάση σε νησιά παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον για σπάνια είδη. Για παράδειγμα, τα πευκοδάση της Λέσβου αποτελούν τη μοναδική περιοχή αναπαραγωγής στη χώρα μας και το δυτικότερο όριο εξάπλωσης του τουρκοτσοπανάκου *Sitta krueperi* (Handrinos and Akriotis 1997). Αυτό το είδος φωλιάζει αποκλειστικά σε κοιλότητες που διαμορφώνει στο σάπιο ξύλο, σε νεκρούς ιστάμενους κορμούς, καθιστώντας αυτό το χαρακτηριστικό ουσιαστικό παράγοντα στην καταλληλότητα του ενδιαημάτων (Γρυμπηλάκου 2005). Από ζωογεωγραφικής άποψης, τα ορεινά δάση της Ροδόπης παρουσιάζουν μοναδικό ενδιαφέρον για πολλά είδη της ορνιθοπανίδας, μιας και αποτελούν το νοτιότερο όριο εξάπλωσης ειδών, όπως ο αγριόκουρκος *Tetrao urogallus*, η δασόκοτα *Tetrastes bonasia* και η σπουργιτόγλαυκα *Glaucidium passerinum*, ενώ αποτελούν από τις ελάχιστες περιοχές στην Ελλάδα όπου φωλιάζει ο καρνοθραύστης *Nucifraga caryocatactes*, ο χιονοκότσυφας *Turdus torquatus* και η βουνοπαπαδίτσα *Poecile montana* (Handrinos and Akriotis 1997).

Η αξία της δασικής πανίδας

Η δασική πανίδα αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των δασών και επιτελεί μια μεγάλη ποικιλία λειτουργιών που είναι απολύτως απαραίτητες για τη διατήρηση των δασών. Προσεγγίζοντας τη δασική πανίδα ανθρωποκεντρικά, μπορούμε να πούμε ότι η αξία της σχετίζεται, κατά κύριο λόγο, με τη διατροφή και την αναψυχή (McNeely et al. 1990). Η διατροφική αξία της δασικής πανίδας περιορίζεται σήμερα όλο και περισσότερο στα δάση των τροπικών, ενώ η αξία της για την αναψυχή του ανθρώπου φαίνεται να είναι η επικρατέστερη στα μεσογειακά δάση. Η παρατήρηση των πουλιών στα ελληνικά δάση και το κυνήγι του αγριόχοιρου, του λαγού ή της μπεκάτσας είναι ανάμεσα στις κύριες δραστηριότητες αναψυχής. Δραστηριότητες στη φύση όπως η πεζοπορία, η ορειβάσια, η κατασκήνωση, η παρατήρηση και η φωτογράφιση πουλιών κ.λπ. συνδέονται και με μια άλλη αναδυόμενη οικονομική δραστηριότητα, τον

οικοτουρισμό, που αποτελεί δυνάμει σημαντική πηγή εσόδων για πολλές περιοχές στην Ελλάδα, αλλά και σε άλλα κράτη. Η λελογισμένη αξιοποίηση αυτής της αξίας μπορεί να διατηρηθεί όσο διατηρούνται αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του δάσους και η δασική πανίδα (Hovardas and Poirazidis 2006).

Πέρα, όμως, από τις άμεσες αξίες της δασικής πανίδας υπάρχουν και οι έμμεσες (McNeely et al. 1990). Μια υγιής δασική πανίδα έχει καίριο ρόλο στις λειτουργίες των οικοσυστημάτων όπως οι τροφικές σχέσεις, η ροή ενέργειας, η ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων κ.ά. Η δασική πανίδα συμβάλλει στη διατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που απαιτούνται για τη διαβίωσή μας. Για παράδειγμα, τόσο οι απλοί, εδαφόβιοι μικροοργανισμοί, όσο και τα εδαφόβια, ασπόνδυλα ζώα (δακτυλιοσκόληκες, γαστερόποδα, αραχνόμορφα, έντομα, ισόποδα κ.ά.) είναι απαραίτητα για την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών και τη διαδικασία του σχηματισμού εδάφους ή τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών στο έδαφος καθώς και τον αερισμό του. Τα έντομα συμβάλλουν στην επικονίαση των φυτών από τα οποία προκύπτουν σημαντικοί για τον άνθρωπο καρποί. Μάλιστα, για ορισμένα είδη φυτών, αποκλειστικά αυτά υλοποιούν αυτήν την απαραίτητη για το βιολογικό κύκλο των φυτών διεργασία. Τα συχνά παραγνωρισμένα αμφίβια και ερπετά ελέγχουν τους πληθυσμούς άλλων ομάδων ζωικών οργανισμών όπως των ασπόνδυλων (π.χ. έντομα), ενώ αποτελούν λεία για κάποια σπονδυλωτά. Οι εποχικές μετακινήσεις ορισμένων ειδών αμφιβίων και ερπετών, καθώς επίσης και μικροθηλαστικών, συμβάλλουν στη διασπορά των σπητικών μυκήτων που είναι πολύ σημαντικοί για την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών του δάσους.

Τα σποροφάγα (ή καρποφάγα) πτηνά και θηλαστικά συλλέγουν και μεταφέρουν σπέρματα από τη μια περιοχή στην άλλη, συμβάλλοντας στη σύνθεση της βλάστησης και, γενικότερα, στη διατήρηση του δασικού οικοσυστήματος. Η κίσσα *Garrulus glandarius*, ο δενδροτοσποανάκος *Sitta europaea* και οι δασοποντικοί είναι βασικοί συλλέκτες και αποθηκευτές σπόρων σε δρυοδάση και δάση οξιάς (Perea et al. 2011). Η διατήρηση οικολογικών στοιχείων στο δάσος όπως των γέρικων και νεκρών δέντρων που παρέχουν κοιλάτες για φώλιασμα και τροφή (αρθρόποδα) για τα επιδημικά είδη είναι, πολλές φορές, βασικός παράγοντας για τη χωρική και γενετική εξάπλωση πολλών δασικών ειδών δένδρων. Κάποια σποροφάγα είδη, όπως ο σταυρομύτης *Loxia curvirostra* και ο σκίουρος, που συλλέγουν σπέρματα από τους κώνους ορεινών κωνοφόρων, τελικά τα καταστρέφουν, και πολλά είδη ορεινών πεύκων έχουν προσαρμοστεί εξελικτικά ώστε να αντεπεξέρχο-

νται σε αυτού του είδους την πίεση, διαμορφώνοντας μεγαλύτερους κώνους με σκληρότερα λέπια (Benkman and Parchman 2009). Οι δρυοκολάπτες και πολλά ακόμη εντομοφάγα πτηνά είναι δυνατόν σε ένα αρχικό στάδιο να ρυθμίσουν τους πληθυσμούς εντόμων, που σε ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι βλαπτικά για κάποια είδη δένδρων, ενώ αντίστοιχο ρόλο μπορούν να διαδραματίσουν και τα είδη εντομοφάγων θηλαστικών που ζουν σε δάση.

Αρκετά είδη της άγριας πανίδας έχουν χρησιμοποιηθεί στην αξιολόγηση της ποιότητας του περιβάλλοντος τόσο για το χερσαίο όσο και για το υδάτινο στοιχείο του δασικού περιβάλλοντος (Canterbury et al. 2000, Croonquist and Brooks 1991) ή για την πρόβλεψη ανάπτυξης ορισμένων ασθενειών δένδρων (DesGranges 1987). Με δεδομένο ότι η αξία της διατήρησης των βιολογικών πόρων μπορεί να είναι σημαντική για την ακεραιότητα των φυσικών πόρων, η διατήρηση αυτή πρέπει να θεωρηθεί ως μια μορφή έμμεσης οικονομικής ανάπτυξης (McNeely 1988).

Αλλά δεν είναι μόνον η αξία χρήσης· η ομορφιά πολλών ειδών τη δασικής πανίδας και ιδιαίτερα των πτηνών και των θηλαστικών συντελεί στην ψυχική και πνευματική ευεξία του ανθρώπου και εμπνέει την τέχνη. Πολλά δασικά ζώα, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, απεικονίζονται σε έργα τέχνης και σε οικονομικής αξίας αντικείμενα, όπως τα νομίσματα. Πολλά από τα ήθη και έθιμα λαών που ζουν κοντά σε δάση είναι άμεσα συνδεδεμένα με τα άγρια ζώα του δάσους. Έτσι, η διατήρηση της δασικής πανίδας και, γενικότερα, της βιοποικιλότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διατήρηση των στοιχείων του πολιτισμού, την καθημερινή ζωή, την ιστορία, τη μυθολογία, τη λαογραφία και τη φιλοσοφία. Ακόμα και σήμερα αρκετές περιοχές της Ελλάδας έχουν ως έμβλημά τους κάποιο είδος της άγριας πανίδας, που αποτελεί μια ιδιαίτερη πολιτιστική αξία για τους κατοίκους των περιοχών αυτών. Τέτοια παραδείγματα είναι το κρητικό αγρίμι, το πλατόνι της Ρόδου και η αρκούδα σε δήμους των Γρεβενών. Επίσης, υπάρχει η επιστημονική αξία. Η δασική πανίδα προσφέρει ένα τεράστιο πεδίο έρευνας και ο άνθρωπος έχει να μάθει πολλά ακόμη για τα είδη πανίδας που εξαπλώνονται στα δασικά οικοσυστήματα και για τις σχέσεις και αλληλεπιδράσεις των διαφόρων ειδών τόσο μεταξύ τους όσο και με τη βλάστηση και το τοπίο.

Πιο δυσνόητες στη σύγχρονη εποχή, μιας και δεν μπορούν να αποτιμηθούν με οικονομικά κριτήρια, αλλά αδιαμφισβήτητα υπαρκτές, είναι και οι μη ανθρωποκεντρικές αξίες της δασικής πανίδας. Μια από αυτές είναι η αξία της ύπαρξης, υπό το πρίσμα ότι το κάθε είδος είναι σημαντικό από μό-

νο του, δεδομένου ότι αποτελεί μοναδικό και αναπνικατάστατο προϊόν εκατομμυρίων ετών εξέλιξης. Αυτήν την αξία (της ύπαρξης) τη δίνουμε σε κάτι, μόνο και μόνο γιατί υπάρχει, ακόμη κι αν δεν το γνωρίσουμε ή δεν το αξιοποιήσουμε ποτέ. Το ότι θα συνεχίσει να υπάρχει, αλλά και η πιθανότητα κάποια στιγμή, στο μέλλον, να χρησιμοποιηθεί, αποτελούν επιπλέον αξίες - η αξία κληροδοτήματος και η αξία προοπτικής χρήσης. Επιπλέον, υπάρχει η ηθική αξία (Brown et al. 1993), που προκύπτει σε πολλούς ανθρώπους ως πηγαία ανάγκη της υποχρέωσης να κληροδοτήσουμε στις μελλοντικές γενιές τη σύνθεση και την ποικιλία των ειδών που κι εμείς κληρονομήσαμε από τις προηγούμενες γενιές.

Αναμφίβολα, πολλές πλευρές της πολυτιμότητας της δασικής πανίδας είναι γνωστές μόνο σε θεωρητικό επίπεδο, και η έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα αναδείξει πολλές ακόμη μορφές αυτής, τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τους άλλους οργανισμούς και βιοκοινότητες. Ειδικά τώρα, που πολλά από τα είδη της δασικής πανίδας απειλούνται εξαιτίας της υποβάθμισης και της καταστροφής των δασών, η έρευνα για την αξία της έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία.

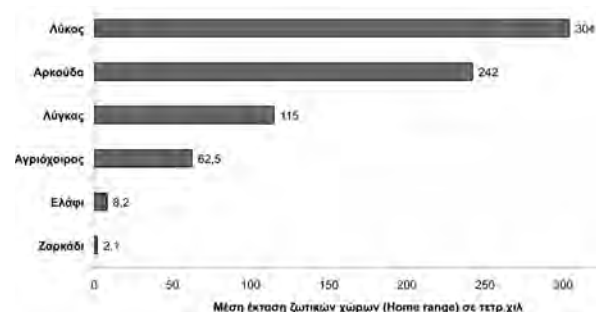
Σχέσεις πανίδας και δάσους

Περιοχή ενδημίας της δασικής πανίδας

Όλα τα ζώα, για να ικανοποιήσουν τις βιολογικές ανάγκες τους σε τροφή, κάλυψη και αναπαραγωγή, χρειάζονται έναν κατάλληλο γεωγραφικό χώρο που ονομάζεται περιοχή ενδημίας (*home range*). Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει τόσο βιοτικά όσο και αβιοτικά στοιχεία του περιβάλλοντος, που είναι απαραίτητα για την ικανοποίηση των καθημερινών οικολογικών απαιτήσεων του κάθε ατόμου (Burt 1943, Seaman and Powell 1996). Τα δασικά οικοσυστήματα παρέχουν χώρους για προστασία και κάλυψη, θέσεις φωλιάσματος και τροφή σε πολλά ζωικά είδη, τα οποία εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που τους παρέχονται με έναν πολύπλοκο και πολυεπίπεδο τρόπο. Ο τρόπος αυτός ποικίλει ανάμεσα στα διαφορετικά είδη, αλλά ακόμη και ανάμεσα στα άτομα του ίδιου είδους (Poirazidis et al. 2007). Πολλά είδη εξαρτώνται απευθείας από τα δέντρα και τους θάμνους για τροφή, κάλυψη ή θέσεις φωλιάσματος. Όλα τα στάδια εξέλιξης των δασών (κλάσεις ηλικίας) είναι σημαντικά για φωλεοποίηση και τροφοληψία, αλλά μεγαλύτερη ποικιλότητα φωλεαζόντων δασικών

ειδών εμφανίζεται σε ενόπτες δένδρων μεγάλης ηλικίας και με μεγάλη κάλυψη, ενώ οι ανοικτές εκτάσεις προτιμώνται περισσότερο για τροφοληψία (Thomas 1979). Άλλα είδη που ζουν κυρίως στις ανοικτές εκτάσεις, χρησιμοποιούν τα δάση ως ασφαλές προσωρινό καταφύγιο. Τα χαρακτηριστικά του ενδιαίτηματος (ποιότητα, ποσότητα και διάταξη παραγόντων του περιβάλλοντος) καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τόσο τον αριθμό των ειδών όσο και το μέγιστο πληθυσμιακό μέγεθος κάθε είδους που μπορεί να επιβιώσει και να αναπαραχθεί εκεί. Τα στοιχεία αυτά μεταβάλλονται, τόσο εποχικά όσο και ετήσια. Η υπέρβαση αυτής της φέρουσας ικανότητας του χώρου επιφέρει είτε την υποβάθμιση της περιοχής (για παράδειγμα, υπερβόσκηση φυτοφάγων ειδών σε περιοχές με απουσία φυσικών θηρευτών) είτε την τοπική εξαφάνιση κάποιων πληθυσμών ή ακόμη και ειδών.

Η έκταση της περιοχής ενδημίας μεταβάλλεται αναλόγως με το είδος, την ηλικία, το φύλο, τις εποχές και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ενδιαίτηματος (Tufto et al. 1996). Γενικότερα, είδη που βρίσκονται σε ανώτερα τροφικά επίπεδα συνήθως έχουν μεγαλύτερες περιοχές ενδημίας από είδη που βρίσκονται σε χαμηλότερα. Φυτοφάγα θηλαστικά του δάσους, όπως τα ζαρκάδια *Capreolus capreolus*, περνούν μεγάλο διάστημα της ζωής τους σε περιοχές με επιφάνεια της τάξης των 1-2 km², σε αντίθεση με τα μεγάλα σαρκοφάγα, όπως ο λύκος *Canis lupus*, που έχει περιοχή ενδημίας μεγέθους 300 km² (Πιόρουλος et al. 2009), διανύοντας τακτικά αποστάσεις δεκάδων χιλιομέτρων για αναζήτηση τροφής. Σε ενδιάμεση θέση βρίσκονται τα μεγάλα παμφάγα θηλαστικά (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Μέση έκταση περιοχών ενδημίας για μεγάλα θηλαστικά σε κεντρική και νότια Ευρώπη (πηγή: Mertzanis et al. 2005, Iliopoulos et al. 2009, Giannakopoulos et al. 2009, Kusak et al. 2009).

Πολλά είδη υπερασπίζονται χωροκράτειες² οι οποίες, ανάλογα με τα ηθολογικά χαρακτηριστικά του κάθε είδους, χρησιμοποιούνται από ένα άτομο,

² Το τμήμα της περιοχής ενδημίας που ενεργητικά υπερασπίζονται κάποια ζώα.

μια οικογένεια ή μια μεγαλύτερη ομάδα ατόμων. Οι χωροκράτειες διαφορετικών ατόμων ή ομάδων μπορεί να αλληλοεπικαλύπτονται μερικώς ή πλήρως, ανάλογα με την εποχή του έτους, την ηλικία, το φύλο, την πληθυσμιακή πυκνότητα (Burt 1943, Mace and Waller 1997, Fedriani et al. 1999). Η έκταση της χωροκράτειας ενός είδους μπορεί να μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή, και αυτό εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των περιοχών. Σε πλούσια δασικά ενδιαιτήματα, τα είδη ικανοποιούν τις ανάγκες τους σε μικρότερες εκτάσεις, ενώ σε φτωχότερα, τα ζώα χρειάζεται να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε τροφή, νερό και κάλυψη. Οι αδιατάρακτες δασικές ενότητες και τα δασικά μωσαϊκά (αγροδασικά και δασοκτηνοτροφικά τοπία) έχουν μεγάλη σπουδαιότητα για τη διατήρηση της δασικής πανίδας και, γενικότερα, της βιοποικιλότητας (MacArthur and MacArthur 1961, Kati et al. 2004, Kati and Sekercioglu 2006, St.-Laurent et al. 2007, Poirazidis et al. 2010).

Για να διατηρηθεί ή να αυξηθεί ο πληθυσμός κάποιων ζώων σε ένα δασικό οικοσύστημα, είναι απαραίτητο είτε να αυξηθεί η έκταση του κατάλληλου χώρου γι' αυτά τα είδη ή να αναβαθμιστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που τα ευνοούν. Για ορισμένα είδη, οι δύο αυτές επιλογές μπορεί να εμφανίζουν δυσκολίες στην υλοποίησή τους, καθώς ενδέχεται να έρχονται σε σύγκρουση με ανθρώπινα συμφέροντα (π.χ. στην περίπτωση των μεγάλων σαρκοφάγων), ενώ για κάποια άλλα είδη η εφαρμογή μπορεί να είναι ευκολότερη ή/και πιο οικονομική. Αναφερόμενοι στη διατήρηση της πανίδας, εννοούμε κυρίως τη διατήρηση των πληθυσμών όλων των ειδών σε τέτοια μεγέθη που να εγγυώνται τη συνέχεια της παρουσίας τους. Η δράση για τη βιωσιμότητα ενός πληθυσμού μπορεί να περιλαμβάνει και περιπτώσεις όπου είναι αναγκαία η αύξηση των πληθυσμών ορισμένων ειδών που έχουν υποστεί μείωση και κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. Πολλά είδη ζώων έγιναν σπάνια, καθώς τα κατάλληλα ενδιαιτήματα και οι πηγές τροφής τους καταστράφηκαν ή αλλοιώθηκαν - κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες - κάτι που, κατά κανόνα, οδηγεί στη μείωση της φέρουσας ικανότητας (χωρητικότητας) του δασικού οικοσυστήματος γι' αυτά τα είδη (Angelstam et al. 2004). Για παράδειγμα, η μικρή διαθεσιμότητα νεκρού ξύλου στο δάσος μειώνει τους διαθέσιμους χώρους αναπαραγωγής και διατροφής για δασικά είδη όπως οι δρυκολάπτες (Lammertink 2004, Mikusiński 2006).

Δομή δάσους και πανίδα

Η ποικιλότητα και οι πληθυσμοί των ειδών σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την ετερογένεια των ενδιαιτημάτων (Tews et al. 2004), με την κατανο-

μή σημαντικών βιότοπων (Heikkinen et al. 2004), καθώς και με τα δομικά χαρακτηριστικά της βλάστησης (James and Wamer 1982). Η κατακόρυφη δομή βλάστησης είναι ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει τόσο τον αριθμό όσο και τη σύνθεση της ορνιθοπανίδας στα εύκρατα δάση (MacArthur and MacArthur 1961, DeGraaf et al. 1998). Η μεγάλη διαφοροποίηση στη δομή του δάσους έχει αποτέλεσμα τη μεγάλη ποικιλία σε θέσεις φωλιάσματος και περιοχές αναζήτησης τροφής, προσφέροντας περισσότερες ευκαιρίες για επιβίωση σε μεγαλύτερο αριθμό ειδών (Rosenvald et al. 2011).

Παρά το γεγονός ότι τα πουλιά είναι πολύ κινητικοί οργανισμοί, οι δραστηριότητες του κάθε είδους περιορίζονται σε συγκεκριμένες θέσεις μέσα στο δάσος και καθένα από αυτά κατανέμεται κυρίως σε ένα συγκεκριμένο όροφο της βλάστησης, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον ανταγωνισμό ανάμεσα στα είδη. Για ορισμένα είδη η εξειδίκευση είναι τόσο μεγάλη, που μπορεί να οδηγήσει στον περιορισμό τους σε συγκεκριμένες θέσεις ορισμένων ειδών δένδρων. Έτσι, υπάρχουν είδη που δραστηριοποιούνται κυρίως κατά μήκος των κορμών (όπως οι δενδροβάτες), κάποια που κινούνται κυρίως στο έδαφος κάτω από τα δένδρα (κότσυφες, τρογλοδύτες κ.ά.), άλλα που δραστηριοποιούνται στα κλαδιά και στο ανώτερο τμήμα των δένδρων (παπαδίτσες, δρυκολάπτες, αιγιθαλοι, σταυρομύτες κ.ά.) κ.ο.κ. Η κατανομή του κάθε είδους εξαρτάται από την κατανομή των ειδών της λείας του και τη διατροφική του συμπεριφορά. Για παράδειγμα, οι μυγοχάφτες προτιμούν να κάθονται σε κλαδιά που απαρτίζουν το κατώτερο μέρος της κόμης, από τα οποία μπορούν να εμποτευτούν περιοχές πάνω από το έδαφος για ιπτάμενα, κυρίως, έντομα. Τα είδη διαφέρουν στον τρόπο που εκμεταλλεύονται τα τροφικά αποθέματα, κυρίως όσον αφορά στο ύψος όπου αναζητούν την τροφή τους, ακόμα και σε περιπτώσεις που αυτά ανήκουν στην ίδια Οικογένεια όταν συνυπάρχουν στο ίδιο ενδιαιτήμα (π.χ. παπαδίτσες *Paridae*) (Alatalo and Moreno 1987). Η ανάγκη για προστασία από τους θηρευτές και οι θέσεις φωλεοποίησης που προσφέρει συνήθως το πυκνό φύλλωμα και η κόμη των δένδρων είναι επιπρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατακόρυφη κατανομή των ειδών πτηνών (Cody 1985). Η πυκνότητα των δασικών πουλιών μειώνεται σημαντικά με τη διάνοιξη της κομοστέγης και αυξάνεται ανάλογα με την πυκνότητα των δένδρων στη συστάδα, την ποικιλία ύψους των δένδρων και τη συχνότητα της νεκρής ξυλώδους μάζας (Michel and Winter 2009, Verschuyl et al. 2008). Επιπλέον, οι βιοκοινότητες των δασικών ζώων φαίνεται ότι διαφέρουν ανάμεσα σε συστάδες με διαφορετική σύνθεση ειδών δέ-

νδρων που έχουν γενικότερα όμοια δομή δάσους (Bersier and Meyer 1994, Hewson et al. 2011). Τα μεικτά δάση έχουν περισσότερα είδη σε σχέση με αμιγή (αφού παρέχουν καλύτερες συνθήκες για είδη με ποικίλες απαιτήσεις), ενώ τα αμιγή δάση έχουν εντονότερη κυριαρχία λίγων ειδών (Kati et al. 2007, Felton et al. 2010). Ωστόσο, τα κωνοφόρα δάση τείνουν να έχουν περισσότερα επιδημικά-μόνιμα είδη, πιθανόν λόγω παροχής καλύτερης κάλυψης και περισσότερων τροφικών πόρων το χειμώνα. Τα διαφορετικά είδη δένδρων έχουν διαφορετικούς αριθμούς ειδών αρθροπόδων, άρα διαφέρουν και ως προς την πιθανότητα να προσελκύσουν πουλιά για τροφοληψία.

Η εντατική διαχείριση επηρεάζει σημαντικά τη δομή των δασών και, πολλές φορές, και τη φυσική διαδικασία της διαδοχής της βλάστησης (*succession*). Αυτές οι αλλαγές των δασικών οικοσυστημάτων μπορεί να έχουν έντονες συνέπειες στην παρουσία ειδών της άγριας πανίδας (Hunter 1999, Lindenmayer et al. 2000, Thompson et al. 2003). Η επίδραση της δασικής διαχείρισης, όμως, δεν είναι η ίδια για ολόκληρη τη βιοκοινωνία της δασικής πανίδας. Κάποια είδη μπορούν να προσαρμοστούν ή και να ωφεληθούν από επεμβάσεις όπως η αραίωση, η αναγέννηση και η αποψιλωτική υλοτομία, ενώ άλλα επηρεάζονται αρνητικά. Τα τυπικά δασικά είδη ευνοούνται από την εξέλιξη της φυσικής διαδοχής από τις ανοικτές εκτάσεις προς ωριμότερα δάση, σε αντιδιαστολή με τα είδη των ανοιχτών εκτάσεων που ευνοούνται όταν σε μια δασική έκταση παρατηρούνται φαινόμενα διάσπασης και κατάτμησης. Σε ενδιάμεση θέση βρίσκονται είδη που ευδοκούν σε ενδιαιτήματα ορίων, ενώ τα είδη γενικευτές δεν έχουν ιδιαίτερες προτιμήσεις. Γενικότερα, τα διαχειριζόμενα δάση παρέχουν μικρότερο εύρος ενδιαιτημάτων για την πανίδα από ό,τι τα φυσικά, μη διαχειριζόμενα δάση (Betts et al. 2005, Sullivan et al. 2009). Ωστόσο, η εφαρμογή συγκεκριμένων δασοπονικών και διαχειριστικών πρακτικών μπορεί να βελτιώσει και να αυξήσει την ποικιλία των ενδιαιτημάτων. Στοχεύοντας στη διατήρηση της δασικής πανίδας, ο διαχειριστής του δάσους πρέπει να λαμβάνει υπόψη του την ποικιλότητα του δασικού οικοσυστήματος. Η δασική ποικιλότητα σε μια δεδομένη επιφάνεια συνίσταται από πολλούς αλληλεξαρτώμενους παράγοντες, όπως η κάλυψη της βλάστησης, η δομή, η ηλικιακή κλάση, η υγρασία, το φως, η θερμοκρασία και η κατανομή των ειδών στο χώρο και στο χρόνο. Τα τρία στοιχεία της δασικής ποικιλότητας των οποίων η διαχείριση θεωρείται πιο εύκολη είναι: η σύνθεση των ειδών δένδρων, οι ηλικιακές κλάσεις του δάσους και η χωρική κατανομή των δασοσυστάδων. Παράλληλα, κρίσιμα στοιχεία των δασικών οικοσυστημάτων

για την πανίδα, όπως τα νεκρά ιστάμενα ή κατακείμενα δένδρα και η ποικιλότητα στην κάθετη διαστρωμάτωση της βλάστησης, είναι καθοριστικοί παράγοντες για τη βελτίωση της συνάθροισης των δασικών ειδών (Rosensvald et al. 2011).

Κρίσιμα στοιχεία των δασικών οικοσυστημάτων για την πανίδα

Τα αποσυντιθέμενα και νεκρά (ιστάμενα ή κατακείμενα) δένδρα στο δάσος σχηματίζουν ένα πολύ σημαντικό μικροενδιαιτήμα για μια μεγάλη ποικιλία ειδών, ιδιαίτερα μυκήτων, εντόμων και πουλιών (Fuller 1995). Στα διαχειριζόμενα δάση τα αποσυντιθέμενα ή νεκρά δένδρα θεωρούνται συχνά βλαπτικά εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης εντόμων (κάποια από τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για τα υπόλοιπα δένδρα) κι έτσι, συνήθως, απομακρύνονται. Η παραμονή, όμως, στο δάσος έστω και ενός ποσοστού σάπιου ξύλου είναι αναγκαία για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Το κολεόπτερο *Lucanus cervus* είναι ένα προστατευόμενο είδος (Παράρτημα I της Οδηγίας 92/43 ΕΕ) το οποίο ζει σε ώριμα δένδρα και πεσμένο ξύλο. Αν και στην Ελλάδα, όπου η διαχείριση των δασών δεν είναι τόσο εντατική, το είδος αυτό δεν θεωρείται ακόμη κινδυνεύον, η μείωσή του στην Ευρώπη συνδέεται άμεσα με την εντατική δασική διαχείριση (Harvey et al. 2011). Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει τη στενή εξάρτηση μεταξύ της πυκνότητας υπερώριμων δένδρων και της αφθονίας πουλιών που φωλιάζουν σε κουφάλες δένδρων (Raphael and White 1984, Stribling et al. 1990). Οι δρυοκολάπτες αποτελούν χαρακτηριστικά είδη που εξαρτώνται περισσότερο από την ύπαρξη ώριμων και νεκρών δένδρων για τη φωleoποίηση και τροφοληψία τους, παρά από τη δομή της βλάστησης (Collette et al. 2003). Οι δρυοκολάπτες είναι οι κατασκευαστές κοιλοτήτων σε τέτοια δένδρα, οι οποίες αποτελούν, δευτερογενώς, καταφύγιο για άλλα είδη πουλιών και θηλαστικών όπως μυωξοί και νυχτερίδες (Wesołowski 2011). Τα περισσότερα από αυτά τα είδη τρέφονται με δασικά έντομα, έχοντας σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση των πληθυσμών τους. Αυτό γίνεται είτε άμεσα, με τη θήρευσή τους, είτε έμμεσα, επηρεάζοντας τα παράσιτα ή τους θηρευτές των εντόμων ή αλλάζοντας το μικροπεριβάλλον τους.

Ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει την ποικιλότητα της πανίδας στο δάσος είναι η παρουσία μεμονωμένων δένδρων ή συστάδων μεγάλης ηλικίας. Η δομή και η ποικιλία μικροενδιαιτημάτων που παρέχει μια συστάδα δένδρων μεγάλης ηλικίας είναι η αιτία της μεγαλύτερης ποικιλότητας ειδών πουλιών και πυκνότητας των πληθυσμών τους, συγκριτικά με νεότερες συστάδες (Avery and Leslie 1990). Οι τσοπανάκοι (*Sittidae*), οι δενδροβάτες

(*Certhiidae*), οι παπαδίτσες (*Paridae*), οι δρυκολάπτες, οι σπίνιοι και οι κοκκινολαίμηδες ευνοούνται από την ύπαρξη συστάδων με δένδρα μεγάλης ηλικίας (Avery and Leslie 1990). Δηλαδή, ευνοούνται όλα τα είδη που μπορούν να εκμεταλλευτούν (για διατροφή ή φώλιασμα) όλα τα μικροενδιατήματα που «παρέχονται» από μια συστάδα μεγάλης ηλικίας, όπως ο κορμός του δένδρου, τα μεγάλα και τα μικρά κλαδιά, το έδαφος, ο χώρος γύρω από το δένδρο κ.ά., στο καθένα από τα οποία παρατηρούνται διαφορετικά είδη πουλιών (Sakoulis 1994). Τα γέρικά δένδρα με μεγάλα κλαριά ή νεκρές κορυφές προσφέρουν ένα διακριτό ενδιαίτημα στη δασική κομοστέγη. Πολλά είδη πουλιών και ιδιαίτερα αρπακτικών χρησιμοποιούν αυτές τις θέσεις για διανυκτέρευση, για παραμόνευση λείας ή και για φώλιασμα (Poirazidis et al. 2004, Poirazidis et al. 2007). Ο μπαρμπαστέλλος *Barbastella barbastellus* είναι από τα πιο σπάνια είδη νυχτερίδας στην Ελλάδα

(Παπαδάτου κ.ά. 2009) και οι πληθυσμοί του σχετίζονται με ώριμα δάση. Η κυριότερη απειλή για το μεγάλο νυκτοβάτη *Nyctalus lasiopterus* και τη νανονυχτερίδα του Hanak *Pipistrellus hanaki* φαίνεται να είναι η απώλεια ώριμων δένδρων με κοιλότητες όπου φωλιάζουν κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι (Παραγκαμιάν κ.ά. 2009, Γεωργιακάκης και Παραγκαμιάν 2009).

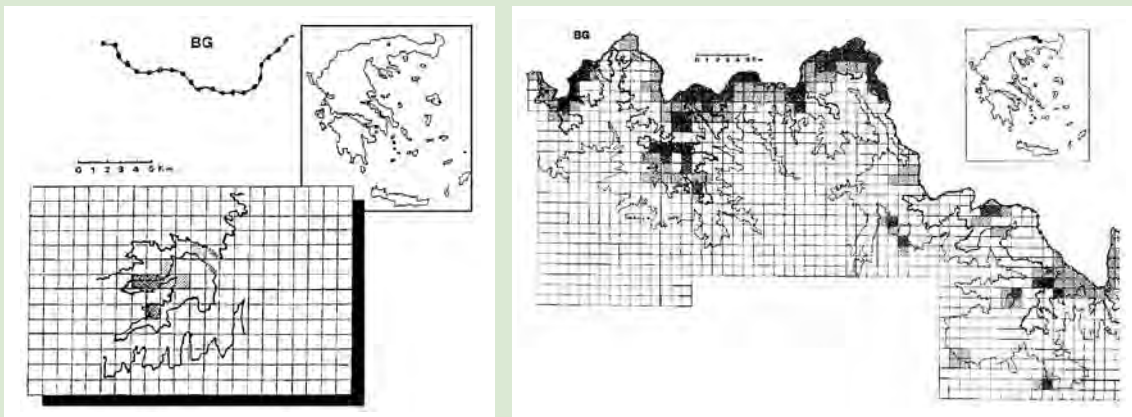
Ετερογένεια και μωσαϊκότητα

Τα περισσότερα ενδιατήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα χωροχρονικό μωσαϊκό, αποτελούμενο από πολλά ποικίλα τμήματα που συχνά συνδέονται μεταξύ τους, το καθένα από τα οποία έχει ιδιαίτερη σύσταση από δομικά χαρακτηριστικά, οργανισμούς και φυσικούς πόρους (Fargione 2006). Η ετερογένεια του τοπίου είναι ένας από τους καλά μελετημένους παράγοντες θετικής επίδρασης στη βιοποικιλότητα (Huston 1994). Εξαιτίας αυτής της περιβαλλοντικής ετερογένειας, η

Δασικά είδη: Η περίπτωση του αγριόκουρκου

Ο αγριόκουρκος έχει απόλυτη εξάρτηση από το δάσος. Παλαιότερα, το είδος κατοικούσε σε όλα τα δάση της Ευρώπης (Landmann 1985), ενώ σήμερα η κατανομή του έχει περιοριστεί. Η υποβάθμιση των ενδιατημάτων και ο κατακερματισμός των πληθυσμών του θεωρούνται ως οι κυριότερες απειλές για το είδος (Storch 2001, Segelbacher et al. 2003). Η χωροκράτεια του αγριόκουρκου δεν είναι πολύ μεγάλη (1-5 km²) και μέσα σ' αυτήν πρέπει να εκπληρωθεί ένα πλήθος αναγκών οι οποίες στη διάρκεια του χρόνου μεταβάλλονται. Ο αγριόκουρκος στην Ελλάδα βρίσκεται σε δύο περιοχές. Ο κύριος πληθυσμός ζει στην οροσειρά της Ροδόπης (330-380 άτομα) και ένας πολύ μικρότερος, απομονωμένος στο Λαϊλιά Σερρών (20-30 άτομα) (Ποϊραζίδης 1989).

Το ενδιαίτημά του στη Ροδόπη αποτελείται από δάση με μεγάλη αναλογία ώριμων και ηλικιωμένων δένδρων τα οποία εναλλάσσονται με τμήματα διαφορετικών σταδίων εξέλιξης. Η ύπαρξη ξέφωτων ή δασικών ανοιγμάτων παίζει πολύ καθοριστικό ρόλο, καθώς είναι χώροι τόσο για γαμήλιες επιδείξεις όσο και για εύρεση της τροφής που αποτελείται από πώδη φυτά. Το είδος αυτό μπορεί να επιβιώσει μόνο στα παρθένα μεικτά δάση ή στα διαχειριζόμενα με φυσικές μεθόδους δάση. Η παρουσία του στο δάσος θεωρείται ως βιοδείκτης για την καλή λειτουργία και ποιότητα ενός φυσικού χώρου.



Χάρτης 1. Γεωγραφική κατανομή του αγριόκουρκου στη Δυτική Ροδόπη και Λαϊλιά Σερρών (η σκούρα διαγράμμιση υποδεικνύει την καταγραφή από άμεση και η γκριζα από έμμεση παρατήρηση) (πηγή: Ποϊραζίδης 1989).

ακριβής εξελικτική θέση ενός ατόμου αποτελεί συνήθως τον κύριο καθοριστικό παράγοντα της προσαρμοστικότητάς του (Pianka 1999). Περιοχές με εκτεταμένα ομοιογενή ενδιαιτήματα είναι λιγότερο πλούσιες σε είδη από περιοχές με εναλλαγή διαφορετικών ενδιαιτημάτων, στις οποίες διαβιούν περισσότερα είδη με διαφορετικές οικολογικές προτιμήσεις (δηλαδή οικολογικές προτιμήσεις). Τα διάσπαρτα ανοίγματα στα δάση αυξάνουν την ετερογένεια και έχει βρεθεί ότι στις παρυφές των πυκνών συστάδων του δάσους με ανοίγματα, η ποικιλία και η πυκνότητα των ειδών είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο εσωτερικό του δάσους ή σε οποιοδήποτε άλλο τμήμα του (Tucker and Evans 1997, Avery and Leslie 1990). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο φαινόμενο της «δυναμικής των παρυφών» (*edge effect*), κατά το οποίο αναπτύσσεται μεγαλύτερη ποικιλία και πυκνότητα οργανισμών στις παρυφές δύο φυτοκοινωνιών παρά στο εσωτερικό τής κάθε μίας από αυτές (Odum and Barrett 1991).

Απειλές και προβλήματα για τη δασική πανίδα

Αλλοίωση, κατακερματισμός και υποβάθμιση δασών και αλλαγές στα τοπία

Η κατάτμηση ή κατακερματισμός φυσικών περιοχών, λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων, σχηματίζει τοπία με τροποποιημένα ενδιαιτήματα ή νέες περιοχές, διαφορετικές από εκείνες που είχαν διαμορφωθεί με τη φυσική διαδικασία. Τρία είναι τα κύρια χαρακτηριστικά κατακερματισμού, όσον αφορά τις αλλαγές στη χωροδιάταξη του τοπίου (Harris 1984, Wilcove and Dobson 1986, Saunders et al. 1991): α) απώλεια και συρρίκνωση ενδιαιτήματος, δηλαδή μείωση της συνολικής έκτασης ενός ενδιαιτήματος, β) ελάττωση της έκτασης των ενδιαιτημάτων που απομένουν μετά τη διαίρεση και γ) αυξημένη απομόνωση των υπολειπόμενων ενδιαιτημάτων ή, αντίστοιχα, διάσπαση της συνέχειας του ενδιαιτήματος.

Πολλά είδη της άγριας πανίδας είναι προσαρμοσμένα να ζουν σε μεγάλες ενότητες φυσικών ενδιαιτημάτων και ο κατακερματισμός επιφέρει μείωση της αφθονίας τους. Η μείωση του αριθμού των ειδών, η μείωση του πληθυσμού κάποιων ειδών ή η απώλεια ειδών συνδέεται με τους τρεις παραπάνω παράγοντες. Υπάρχουν στοιχεία για την απώλεια ειδών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, εξαιτίας του κατακερματισμού ενδιαιτημάτων, που είχαν αποτέλεσμα την απώλεια μεγάλων περιοχών με φυσική βλάστηση (Saunders 1989). Υπάρχουν πολλές μελέτες που περιγράφουν τις αρνητικές επιπτώσεις του κατακερμα-

τισμού ενδιαιτημάτων σε διάφορες ομάδες ζωικών ειδών όπως πουλιά (Moore and Hooper 1975, Opdam 1991), θηλαστικά (Beier 1993, Virgos and Garcia 2002), ερπετά και αμφίβια (Lovejoy et al. 1984) και ασπόνδυλα (Lovejoy et al. 1984, Klein 1989). Άλλα στοιχεία δείχνουν ότι ο αριθμός των ειδών μειώνεται σημαντικά όταν το 80% του αρχικού ενδιαιτήματος έχει απωλεσθεί και τα υπολειπόμενα ενδιαιτήματα υπόκεινται σταδιακά σε αυξανόμενη απομόνωση (Andrén 1994). Το ακριβές «κατώφλι» (*threshold*) του βαθμού κατακερματισμού, πέραν του οποίου αρχίζουν να γίνονται εμφανείς οι αρνητικές επιπτώσεις σε ένα είδος, εξαρτάται από την κινητικότητα του είδους, τις συγκεκριμένες χωρικές απαιτήσεις του, καθώς και από τη χωρική κατανομή των ενδιαιτημάτων. Απομονωμένοι πληθυσμοί είναι δυνατόν να έχουν μεγέθη μικρότερα από το κρίσιμο ελάχιστο μέγεθος που είναι απαραίτητο για να επιβιώσουν και να οδηγηθούν σε εξαφάνιση (Askins and Philbrick 1987, Reed et al. 1996). Μεγάλα θηλαστικά, όπως η αρκούδα και ο λύκος, εξαρτώνται από την ύπαρξη σχετικά μεγάλων και αδιατάρακτων εκτάσεων κατάλληλου ενδιαιτήματος, με αποτέλεσμα να απειλούνται από τον κερματισμό που προκαλούν σε αυτές τις περιοχές έργα όπως η κατασκευή μεγάλων οδικών αξόνων.

Η διατήρηση της συνέχειας ενός ενδιαιτήματος διευκολύνει τη μετακίνηση των οργανισμών μέσα στα μωσαϊκά τοπία, επιτρέποντας, έτσι, τη λειτουργική επικοινωνία των υπο-πληθυσμών μεταξύ τους (Taylor 1990, Andrén 1994). Αξίζει να σημειωθεί ότι απομονωμένοι πληθυσμοί έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαφάνισης, εξαιτίας γενετικών παραμέτρων όπως είναι η μείωση ή/και απώλεια γενετικής ποικιλότητας (Couvett 2002). Οι γενετικές συνέπειες από την απομόνωση ενός πληθυσμού μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της ευρωστίας του και στη διατάραξη της μετέπειτα ισορροπίας, παράγοντες δηλαδή που θέτουν σε κίνδυνο την επιβίωσή του (Allendorf and Leary 1986, Lande 1988, Crooks and Sanjayan 2006). Συνεπώς, είναι ιδιαίτερα σημαντική η διατήρηση συνδεδεμένων ζωνών για τη διατήρηση της επικοινωνίας των υποπληθυσμών μεταξύ τους και της λειτουργικότητας του οικοσυστήματος.

Θήρα και λαθροθηρία

Η θήρα υπό πολύ συγκεκριμένες προϋποθέσεις θα μπορούσε να αποτελέσει διαχειριστικό εργαλείο και να συνυπάρξει με άλλες χρήσεις στα φυσικά οικοσυστήματα, προσφέροντας επιπλέον οφέλη. Από την άλλη πλευρά, η έλλειψη σωστής ενημέρωσης-κνηγετικής παιδείας και η ελλιπής φύλαξη-έλεγχος μπορούν να οδηγήσουν στην υπερθήρευση, αλλά και σε έμμεσες επιπτώσεις, όπως

π.χ. όχληση σε άλλα είδη της άγριας πανίδας. Το κυνήγι στη χώρα μας, όπως στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, είναι αρκετά δημοφιλής δραστηριότητα αναψυχής [κατά μέσο όρο, κατά τη δεκαετία 1999-2008, εκδόθηκαν 208.166 κυνηγετικές άδειες (ΥΠΕΚΑ 2010)]. Τουλάχιστον δύο από τα πέντε είδη θηρεύσιμων θηλαστικών είναι δασικά, ενώ από τα 32 θηρεύσιμα είδη πτηνών, τουλάχιστον δέκα ζουν σε δάση. Ωστόσο, το 75,5% των κυνηγών προτιμά να κυνηγά δασικά είδη (Θωμαΐδης κ.ά. 1996). Αν και δεν υπάρχουν ετήσια στατιστικά στοιχεία για θηρευθέντα είδη και τον αριθμό τους στα ελληνικά δάση, σύμφωνα με τους Θωμαΐδη κ.ά. (1996), δημοφιλέστερα είδη με βάση τον αριθμό των κυνηγετικών εξορμήσεων είναι οι τσίχλες (*Turdidae*), με ποσοστό 23,43%. Ακολουθούν ο λαγός (19,43%), η μπεκάτσα *Scolopax rusticola* (19,08%) και ο αγριόχοιρος (9,72%).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, η λαθροθηρία αποτελεί μια παράνομη δραστηριότητα που επιφέρει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην πανίδα (αλλά και στη νόμιμη θήρα). Η εκτίμηση των επιπτώσεων της λαθροθηρίας είναι αρκετά δύσκολη, εξαιτίας της έλλειψης στοιχείων. Η βαθύτερη αιτία αυτού του φαινομένου αξίζει να διερευνηθεί, μιας και δεν αφορά μεμονωμένα περιστατικά, αλλά τείνει να γίνει μια κοινωνική στάση (Bell et al. 2007). Η λαθροθηρία αφορά κυρίως τη θήρα προστατευόμενων ειδών και τη θήρα σε προστατευόμενες περιοχές. Τουλάχιστον για πέντε από τα 16 δασικά είδη πουλιών που περιλαμβάνονται σε μια από τις κατηγορίες κινδύνου του «Κόκκινου Βιβλίου», η παράνομη θήρευση είναι μια από τις απειλές που αντιμετωπίζουν (Χανδρινός 2009). Κάτι ανάλογο ισχύει και για τα προστατευόμενα θηλαστικά, όπως το ζαρκάδι, το ελάφι και το αγριόγινδο (Σφουγγάρης 2009). Η καταγραφή των ειδών που εντοπίζονται τραυματισμένα ή νεκρά από τα κέντρα περίθαλψης ειδών της άγριας πανίδας θα μπορούσε να αποτελέσει έναν δείκτη της υφιστάμενης κατάστασης.

Μια ιδιαίτερη περίπτωση είναι η χρήση παράνομων μέσων εξόντωσης (π.χ. δηλητηριασμένα δολώματα) για την εξόντωση ειδών της δασικής πανίδας, όπως τα σαρκοφάγα (αρκούδα, λύκος, τσακάλι, αλεπού κ.ά.), εξαιτίας των ζημιών που προκαλούν στην αγροτική οικονομία και στα θηραματικά είδη. Η απουσία εφαρμογής μέτρων πρόληψης, η έλλειψη αποζημιώσεων και η λαθεμένη στάση και συμπεριφορά προς τα είδη αυτά επιτείνουν το πρόβλημα. Η χρήση δηλητηριασμένων δολωμάτων έχει σοβαρότατες επιπτώσεις σε πολλά είδη της ορνιθοπανίδας. Η ενημέρωση των κυνη-

γών αλλά και ο έλεγχος από τις δασικές υπηρεσίες και την ομοσπονδιακή θηροφυλακή των κυνηγετικών οργανώσεων, ενδεχομένως να περιορίσει το πρόβλημα της λαθροθηρίας στα ελληνικά δάση.

Γενετική υποβάθμιση

Οι πληθυσμοί των ζώων έχουν εξελιχθεί γενετικά μέσα από οικολογικές διεργασίες και περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις χιλιετιών, με αποτέλεσμα την προσαρμογή τους στα ενδιαίτηματα που καταλαμβάνουν. Η γενετική ποικιλότητα ενός είδους είναι τόσο σημαντική, ώστε να αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της βιοποικιλότητας που χρήζει προστασίας. Με γνώμονα τη διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας, αρκετές έρευνες, κυρίως σε μεγάλα θηλαστικά, είχαν ως στόχο την επιλογή των κατάλληλων, γενετικά, πληθυσμών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό των περιοχών στις οποίες παρατηρείται πληθυσμιακή μείωση ενός υπό διαχείριση είδους. Τις τελευταίες δεκαετίες στη χώρα μας υπήρξαν χιλιάδες απελευθερώσεις λαγών, αγριόχοιρων, νησιωτικών και πεδινών περδικών, φασιανών, ορτυκιών κ.ά., με σκοπό την αύξηση των πληθυσμών και, εν συνεχεία, τη θήρευσή τους. Είναι όμως γνωστό ότι μαζικές, ανεξέλεγκτες απελευθερώσεις πιθανώς αλλοιώνουν τη γενετική δομή των φυσικών πληθυσμών. Από μελέτες DNA σε τέσσερις γεωγραφικές περιοχές της Ηπείρου και Θεσσαλίας που πραγματοποιήθηκαν σε λαγούς φυσικών πληθυσμών αλλά και σε λαγούς που προέρχονταν από εκτροφείο, διαπιστώθηκε έντονος πολυμορφισμός, με 60 διαφορετικούς απλότυπους³. Κανένας από τους οκτώ απλότυπους του δείγματος του εκτροφείου δεν βρέθηκε στους φυσικούς πληθυσμούς (Mamouris et al. 2001). Τέτοιες πρακτικές οδηγούν σε αλλοίωση της γενετικής ποικιλότητας των φυσικών πληθυσμών, με απρόβλεπτες μελλοντικές συνέπειες για την επιβίωση του κάθε επηρεαζόμενου είδους. Στο πλαίσιο διατήρησης της γενετικής ποικιλότητας των ζωικών ειδών στην Ελλάδα, σε περίπτωση που ο εμπλουτισμός αποτελεί τη μοναδική λύση για τη διατήρηση ενός πληθυσμού, αυτός πρέπει να γίνεται με άτομα από γειτονικές περιοχές, αφού έχει ελεγχθεί η γενετική σύστασή τους. Επίσης, θα πρέπει να αποφεύγεται ο εμπλουτισμός από εκτροφές που παρουσιάζουν μειωμένη γενετική ποικιλότητα ως αποτέλεσμα έντονης ομομιξίας.

Σοβαρό πρόβλημα που μπορεί να οδηγήσει σε γενετική αλλοίωση ή και κατάρρευση του πληθυσμού

³ Απλότυπος (*haplotype*): το σύνολο των γονιδίων ή των πολυμορφικών θέσεων που φέρει το ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα.

ενός είδους της άγριας πανίδας αποτελεί η διασταύρωσή του με συγγενικά, εξημερωμένα ή μη, είδη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αλλοίωση της γενετικής σύστασης της ορεινής πέρδικας που διασταυρώνεται με εκτρεφόμενα άτομα νησιώτικης πέρδικας που απελευθερώνονται στην ίδια περιοχή (Barillani et al. 2007). Στη Λήμνο και στην Κύπρο υπάρχουν διαφορετικά υποείδη νησιωτικών πέρδικων, ενώ σε Λέσβο, Χίο και Κρήτη εντοπίστηκαν γενετικά επιμολυσμένες πέρδικες (Barbanera et al. 2009).

Κατασκευές, ανεμογεννήτριες, πυρκαγιές

Κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα επιφέρει μικρές ή μεγάλες αλλαγές στο περιβάλλον, που μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές, άμεσες ή έμμεσες για την πανίδα. Πολλές από τις ανθρώπινες δραστηριότητες περιορίζουν τον αριθμό και την έκταση των ενδιαιτημάτων και υποβαθμίζουν την ποιότητά τους με τρεις, κυρίως, τρόπους: α) την καταστροφή ή υποβάθμιση ενδιαιτημάτων από την επέκταση των δραστηριοτήτων αστικής, βιομηχανικής ή γεωργικής χρήσης, β) τη ρύπανση και γ) την όχληση των ειδών. Ειδικότερα, οι δραστηριότητες που αφορούν την κατασκευή τεχνικών έργων έχουν, συχνά, σοβαρές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων-δικτύων στο φυσικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα αυξημένες σήμερα σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη περίοδο της ιστορίας. Η κατασκευή και λειτουργία μεγάλων γραμμικών αξόνων μεταφοράς προκαλεί τον κατακερματισμό φυσικών εκτάσεων σε μικρότερες, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται αρνητικά οι μετακινήσεις των ειδών και, γενικότερα η σταθερότητα του φυσικού περιβάλλοντος (Andrews 1990, Forman and Alexander 1998).

Αν και η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια σοβαρή απειλή για την παγκόσμια βιοποικιλότητα (Thomas et al. 2004, Agaújo and Rahbek 2006), η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή μπορεί, επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις, να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Η κυριότερη ανησυχία που προκύπτει από τη λειτουργία των αιολικών πάρκων αφορά τις επιπτώσεις τους στα πτηνά - ιδιαίτερα όταν η χωροθέτησή τους αφορά περιοχές ορνιθολογικού ενδιαφέροντος (κυρίως Ζώνες Ειδικής Προστασίας) - αλλά και τις νυχτερίδες (Γεωργιακάκης και Παπαδάτου 2011). Πολλές είναι οι περιπτώσεις αρνητικής επίδρασης των αιολικών πάρκων στα πτηνά (Council of Europe 2003, Drewitt and Langston 2006, Whitfield and Madders 2006, de Lucas et al. 2007, Percival 2007, European Commission 2008, Cárcamo et al. 2011). Οι σοβαρότερες επιπτώσεις στα πτηνά είναι οι εξής (WWF Ελλάς 2008, Δημαλέξης κ.ά. 2008, 2010):

- 1) Θνησιμότητα, εξαιτίας πρόσκρουσης στα κινούμενα πτερύγια, στους πύργους ή στις συνοδές εγκαταστάσεις, όπως τα αιωρούμενα καλώδια μεταφοράς ρεύματος.
- 2) Παρεμπόδιση σύνδεσης μεταξύ περιοχών ζωτικής σημασίας για τον κύκλο ζωής των πουλιών (περιοχές τροφοληψίας, αναπαραγωγής, διαχείμασης κ.ά.). Το πρόβλημα αυτό ενδέχεται να επιταθεί όταν σε ζωτικές για τις μετακινήσεις περιοχές χωροθετηθούν πυκνά αιολικά πάρκα.
- 3) Ενδεχόμενη αλλαγή χρήσης βιότοπων, τόσο εξαιτίας της λειτουργίας, όσο και παρεμβάσεων στη φάση της κατασκευής. Αύξηση της όχλησης και της προσβασιμότητας σε περιοχές που ήταν απροσπέλαστες στο παρελθόν, μπορεί να οδηγήσει στον εκτοπισμό ή στον αποκλεισμό ορισμένων ειδών από κάποιες περιοχές.

Κάποια από τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με κατάλληλο σχεδιασμό, τόσο κατά τη χωροθέτηση και κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία των εν λόγω έργων.

Οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών στην πανίδα είναι δύσκολο να αποτιμηθούν σε γενικό επίπεδο. Οι πυρκαγιές επηρεάζουν την πανίδα με έναν ιδιαίτερα σύνθετο τρόπο, που εξαρτάται από τα επηρεαζόμενα είδη, την ένταση της φωτιάς και τον αριθμό και τη διάταξη καμένων και άκαυτων χωροσηφίδων. Σε γενικές γραμμές, τα περισσότερα μεγάλα θηλαστικά, όπως και τα πουλιά, έχουν τη δυνατότητα να διαφύγουν από την περιοχή της πυρκαγιάς, ενώ πολλά είδη ερπετών προφυλάσσονται από αυτήν καλυπτόμενα στο έδαφος ή στα βράχια. Αντίθετα, τα μικρότερα θηλαστικά, τα αρθρόποδα, αλλά και πολλά είδη ερπετών και μικρών δασόβιων πουλιών, δεν προλαβαίνουν, συνήθως, να διαφύγουν. Αντίστοιχα, οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη βλάστηση ωφελούν μεγάλο αριθμό ειδών που προτιμούν τους ανοικτούς χώρους ή βόσκουν, ενώ θίγουν τα τυπικά δασόβια είδη πουλιών και μικρών θηλαστικών. Η ανάκαμψη της βιοποικιλότητας σε καμένες δασικές περιοχές αποτελεί μια αργή και σταδιακή διαδικασία, και η παρουσία άκαυτων νησίδων μέσα στην καμένη περιοχή αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τη διαδικασία αυτή, ιδιαίτερα για ομάδες ζώων όπως τα ερπετά και τα αμφίβια (Σφενδουράκης 2010). Παρά τις επιπτώσεις που παρατηρούνται μετά από μια δασική πυρκαγιά (διάβρωση, μετατροπή χρήσης κ.λπ.), τα μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν αναπτύξει εξαιρετικούς μηχανισμούς επιβίωσης (παραμονή σπερμάτων στο έδαφος, αναβλαστήματα κ.ά.), εξασφαλίζοντας σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα κατάλληλες συνθήκες τροφικών διαθέσιμων για κάποια είδη (π.χ. βοσκήσιμη ύλη για το λαγό).

Η διαχείριση της δασικής πανίδας

Η διαχείριση της άγριας πανίδας (*wildlife management*) είναι η εφαρμογή επιστημονικά τεκμηριωμένων μέτρων για την ικανοποίηση των αναγκών, τόσο της άγριας πανίδας, όσο και των ανθρώπων (Caughley and Sinclair 1994). Ενός διαχειριστικού σχεδίου, πρέπει να προηγηθεί η καταγραφή παραμέτρων που σχετίζονται τόσο με τα είδη της πανίδας (κατανομή, έκταση ενδιαίτηματος, χρήση ενδιαίτηματος, πληθυσμιακό μέγεθος, εποχιακές μετακινήσεις κ.ά.), όσο και με τα ενδιαίτημά τους (είδος βλάστησης, διαθεσιμότητα τροφής, ανάγλυφο, καταλληλότητα, καθεστώς προστασίας, όχληση, ανθρώπινες δραστηριότητες, απειλές κ.ά.). Παραδείγματα διαχείρισης ειδών της πανίδας στην Ελλάδα αποτελούν οι προσπάθειες διατήρησης απειλούμενων αρπακτικών πουλιών (μαυρόγυπας *Aegypius monachus*, γυπαετός *Gypaetus barbatus* κ.ά.) και μεγάλων σαρκοφάγων (αρκούδα και λύκος). Τα διαχειριστικά μέτρα μπορεί να περιλαμβάνουν θεσμοθέτηση προστατευόμενων περιοχών, εντατικοποίηση της φύλαξης, αναπαραγωγή σε αιχμαλωσία, βελτίωση του ενδιαίτηματος, ρύθμιση του πληθυσμού, τοποθέτηση ταϊστρών, διατήρηση παλαιών οπωρώνων, δημιουργία διάκενων και αποκατάσταση υγρότοπων, διατήρηση της βόσκησης, τοποθέτηση τεχνητών φωλιών, εγκατάσταση ηλεκτροφόρων περιφράξεων, ορθή χωροθέτηση των ΑΠΕ, κατασκευή ειδικών διαβάσεων για την πανίδα σε μεγάλους οδικούς άξονες, ενημέρωση του κοινού κ.ά. (Καζαντζίδης κ.ά. 2002). Για τη σύνταξη και την αποτελεσματική υλοποίηση ενός διαχειριστικού σχεδίου απαιτείται συνδυασμός ειδικοτήτων και επιστημονικών κλάδων.

Σημαντική παράμετρο της διαχείρισης αποτελεί η συστηματική παρακολούθηση (*monitoring*). Η συστηματική παρακολούθηση είναι η περιοδική, ανά τακτά ή μη τακτά χρονικά διαστήματα, παρακολούθηση των διακυμάνσεων κάποιων παραμέτρων, με σκοπό να εξακριβωθεί είτε ο βαθμός συμφωνίας με κάποια προκαθορισμένη διακύμανση, είτε ο βαθμός απόκλισης από έναν αναμενόμενο τρόπο διακύμανσης (Hellawell 1991). Τα δεδομένα της παρακολούθησης χρησιμεύουν για την αναγνώριση μακρόχρονων περιβαλλοντικών αλλαγών-τάσεων και την ερμηνεία αυτών, καθώς και για την παροχή βοήθειας κατά τη λήψη αποφάσεων από τους φορείς διαχείρισης (Κατσαδωράκης 2003). Η συστηματική παρακολούθηση επιτρέπει στους διαχειριστές τόσο την αξιολόγηση των διαχειριστικών μέτρων, όσο και τη ρύθμιση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να αυξηθούν οι πιθανότητες επιτυχίας του διαχειριστικού σχεδίου.

Είναι κοινά αποδεκτό, τα τελευταία χρόνια, ότι οι υφιστάμενες προδιαγραφές εκπόνησης δασικών διαχειριστικών μελετών χρειάζονται βελτίωση και εκσυγχρονισμό, σύμφωνα με τις απαιτήσεις όχι μόνο της ίδιας της φύσης, αλλά και της ελληνικής κοινωνίας, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της παγκόσμιας κοινότητας. Οι νέες προδιαγραφές σύνταξης των διαχειριστικών σχεδίων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη κοινοτικές οδηγίες (79/409/ΕΟΚ, 92/43/ΕΟΚ κ.ά.), αποτελέσματα ερευνών, καθώς και τις ανάγκες διατήρησης της βιοποικιλότητας (Γκατζογιάννης 1999).

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τους Δρα Έλενα Παπαδάτου, Δρα Γιώργο Μερτζάνη και Δρα Παναγιώτα Μαραγκού για τα πολύ εποικοδομητικά σχόλιά τους και συμπληρώσεις στο παρόν κεφάλαιο.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Γεωργιακάκης, Π., και Ε. Παπαδάτου. 2011. Επιπτώσεις της λειτουργίας των αιολικών πάρκων της Θράκης στα Χειρόπτερα (νυχτερίδες) κατά την περίοδο Ιουλίου 2008 - Αυγούστου 2010. WWF Ελλάς, Αθήνα.

Γεωργιακάκης, Π., και Κ. Παραγκαμιάν. 2009. *Pipistrellus hanaki* (Hulva & Benda, 2004). Σελ. 399-400 στο Α. Λεγάκης, και Π. Μαραγκού, επιμ. έκδοσης. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας, Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Γκατζογιάννης, Στ. 1999. Σχέδιο Προδιαγραφών Εκπόνησης Σχεδίων Διαχείρισης Δασών/Δασικών Οικοσυστημάτων. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Τομέας Δασικής Διαχειριστικής. Θεσσαλονίκη.

Γρυμπηλάκου, Α. 2005. Ανάπτυξη συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών για την επιλογή ενδιαίτηματος ορνιθοπανίδας: πιλοτική εφαρμογή στον Τουρκοσοπανάκο (*Sitta krueperi*) στη Λέσβο. Μεταπτυχιακή εργασία. Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Δημαλέξης, Α., V. Saravia Mullin, Στ. Ξηρουχάκης, και Κ. Γρίβας. 2008. Εκτίμηση των επιπτώσεων στην ορνιθοπανίδα από τη δημιουργία και λειτουργία αιολικών πάρκων: οδηγίες για την εκπόνηση Ειδικής Ορνιθολογικής Μελέτης. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Δημαλέξης, Α., Θ. Καστρίτης, Α. Μανωλόπουλος, Μ. Κορμπέτη, J. Fric, V. Saravia Mullin, Στ. Ξηρουχάκης, και Δ. Μπούσμπουρας. 2010. Προσδι-

ορισμός και χαρτογράφηση των ορνιθολογικά ευαίσθητων στα αιολικά πάρκα περιοχών της Ελλάδας. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Καζαντζίδης Σ., Α. Δημαλέξης, Σ. Στάης, Δ. Χατζηλάκου, Κ. Ποϊραζίδης, και Σ. Γκατζογιάννης. 2002. Διαχείριση ορνιθοπανίδας σε ορεινές-δασικές περιοχές. WWF Ελλάς και Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών - ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Θεσσαλονίκη.

Κατσαδωράκης, Γ. 2003. Σύστημα επιστημονικής (περιβαλλοντικής) παρακολούθησης μιας προστατευόμενης περιοχής. Σελ. 71-103 στο Δ. Καραβέλλας, Γ. Κατσαδωράκης, Π. Μαραγκού, Θ. Νάντσου και Ε. Σβορώνου. Διαχείριση προστατευόμενων περιοχών: Οδηγός ορθής πρακτικής. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), Αθήνα.

Λεγάκις, Α. 2004. Πόσα είδη ζώων υπάρχουν στην Ελλάδα; Πανελλήνιο Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Οικολόγων και Ελληνικής Ζωολογικής Εταιρείας, 18-21 Νοεμβρίου 2004, Μυτιλήνη Διαθέσιμο από http://users.uoa.gr/~alegakis/index_el_files/PDFfiles/LesvosPosaEidi.pdf (πρόσβαση Δεκέμβριος 2011).

Λεγάκις, Α. και Π. Μαραγκού (επιμ. έκδοσης). 2009. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Παπαδάτου, Ε., Κ. Παραγκαμιάν, και Π. Γεωργιακάκης. 2009. *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774). Σελ. 370-371 στο Α. Λεγάκις, και Π. Μαραγκού, επιμ. έκδοσης. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Παραγκαμιάν, Κ., Π. Γεωργιακάκης, και Ε. Παπαδάτου. 2009. *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Σελ. 397-398 στο Α. Λεγάκις, και Π. Μαραγκού, επιμ. έκδοσης. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Ποϊραζίδης, Κ. 1989. Μελέτη της κατανομής και οικολογίας του αγριόκουρκου (*Tetrao urogallus*) στην Ελλάδα. Πτυχιακή Διατριβή. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Σφενδουράκης, Σ. (επιμ. έκδοσης). 2010. Παρακολούθηση ανάκαμψης βιοποικιλότητας σε καμένες δασικές περιοχές από άκαυτες νησίδες. Πρόγραμμα «Το Μέλλον των Δασών», WWF Ελλάς.

Σφουγγάρης, Α. 2009. Θηλαστικά. Σελ. 356-425 στο Α. Λεγάκις, και Π. Μαραγκού, επιμ. έκδοσης. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Θωμαΐδης, Χ., Γ. Λογοθέτης, Γ. Χριστοφορίδου, και Θ. Καραμπατζάκης. 1996. Χαρακτηριστικά της

κυνηγετικής κάρπωσης στην Ελλάδα για την κυνηγετική περίοδο 1994-1995. Σελ. 743-753 στο Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Δασοπονίας «Αξιοποίηση Δασικών Πόρων». Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Καρδίτσα 11-13 Οκτωβρίου 1995.

ΥΠΕΚΑ. 2010. Απολογισμός δραστηριοτήτων δασικών υπηρεσιών έτους 2005. Αθήνα.

Χανδρινός, Γ. 2009. Πουλιά. Σελ. 214-353 στο Α. Λεγάκις, και Π. Μαραγκού, επιμ. έκδοσης. Το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα.

WWF Ελλάς. 2008. Πρόταση για την ορθή χωροθέτηση αιολικών πάρκων στη Θράκη. Κείμενο θέσης. Διαθέσιμο από http://www.wwf.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=t=blog&id=60&Itemid=81 (πρόσβαση Δεκέμβριος 2011).

B. Ξενόγλωσση

Alatalo, R.V., and J. Moreno. 1987. Body size, interspecific interactions, and use of foraging sites in tits (*Paridae*). *Ecology* 68:1773-1777.

Allendorf, F.W., and R.F. Leary. 1986. Heterozygosity and fitness in natural populations of animals. Pages 57-76 in M. Soule, editor. *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer, Sunderland, MA.

Andrén, H. 1994. Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review. *Oikos* 71: 355-366.

Andrews, A. 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. *Australian Zoologist* 26:130-141.

Angelstam, P., J.-M. Roberge, A. Löhmus, M. Bergmanis, G. Brazaitis, M. Dönnz-Breuss, L. Edenius, Z. Kosinski, P. Kurlavicius, V. Lärmanis, M. Lūkins, G. Mikusiński, E. Račinskis, M. Strazds, and P. Tryjanowski. 2004. Habitat modelling as a tool for landscape-scale conservation - a review of parameters for focal forest birds. *Ecological Bulletins* 51:427-453

Araújo, M., and C. Rahbek. 2006. How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* Vol. 313 no. 5792:1396-1397

Askins, R.A., and M.J. Philbrick. 1987. Effects of changes in regional forest abundance on the decline and recovery of a forest bird community. *Wilson Bulletin* 99:7-21.

Avery, M., and R. Leslie. 1990. *Birds and forestry*. T & AT Poyser, London.

- Barbanera F., C. Marchi, M.P. Guerrini, P. Panayides, C. Sokos, and P. Hadjigerou. 2009. Genetic structure of Mediterranean chukar (*Alectoris chukar*, Galliformes) populations: conservation and management. *Naturwissenschaften* 96:1203-1212
- Barillani M., A. Sfougaris, A. Giannakopoulos, N. Mucci., C. Tabarroni, and E. Randi. 2007. Detecting introgressive hybridisation in rock partridge populations (*Alectoris graeca*) in Greece through Bayesian admixture analyses of multilocus genotypes. *Conservation Genetics* 8:343-354.
- Beier, P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology* 7:94-108.
- Bell S., K. Hampshire, and S. Topalidou. 2007. The political culture of poaching: a case study from northern Greece. *Biodiversity and Conservation* 16:399-418.
- Benkman, C.W., and T.L. Parchman. 2009. Coevolution between crossbills and black pine: the importance of competitors, forest area and resource stability. *Journal of Evolutionary Biology* 22:942-953.
- Bersier, L-F., and D.R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forests: The relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. *Acta Oecologica* 15:561-576.
- Betts, M.G., A.W. Diamond, G.J. Forbes, K. Frego, J.A. Loo, B. Matson, M.R. Roberts, M. Villard, R. Wissink, and L. Wuest. 2005. Plantations and biodiversity: a comment on the debate in New Brunswick. *Forestry Chronicle* 81:265-269.
- Bilton, D.T., P.M. Mirol, S. Mascheretti, K. Fredga, J. Zima, and J.B. Searle. 1998. Mediterranean Europe as an area of endemism for small mammals rather than a source for northwards postglacial colonization. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* 265:1219-1226.
- Brown, K., D. Pearce, Ch. Perrings, and T. Swanson. 1993. Economics and the conservation of global biological diversity. Global Environment Facility (GEF) Working Paper, Number 2. Washington D.C.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346-352.
- Canterbury, G.E., T.E. Martin, D.R. Petit, L.J. Petit, and D.F. Bradford. 2000. Bird Communities and Habitat as Ecological Indicators of Forest Condition in Regional Monitoring. *Conservation Biology* 14:544-558.
- Cárcamo, B., E. Kret, C. Zografou, and D. Vasilakis. 2011. Assessing the impact of nine established wind farms on birds of prey in Thrace, Greece. Technical Report. WWF Greece. Athens. Available at: <http://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF-wind-farms-vultures2011.pdf> (accessed on December 2011).
- Caughley, G., and A.E. Sinclair. 1994. *Wildlife Ecology and Management*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Cody, L.M. 1985. *Habitat selection in birds*. Academic Press Inc., New York.
- Collette, L., A. Giese, and F.J. Cuthbert. 2003. Influence of surrounding vegetation on woodpecker nest tree selection in oak forests of the Upper Midwest, USA. *Forest Ecology and Management* 179:523-34.
- Council of Europe. 2003. Windfarms and birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Standing Committee Meeting No 23, Strasbourg, 1-4 December 2003 {T-PVS/Inf 2003}12. Available from: http://www.birdlife.org/eu/pdfs/BirdLife_Bern_windfarms.pdf (accessed on December 2011).
- Couvet, D. 2002. Deleterious effects of restricted gene flow in fragmented populations. *Conservation Biology* 16:276-369.
- Crooks, K.R., and M. Sanjayan. 2006. *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Croonquist, M.J., and R.P. Brooks. 1991. Use of avian and mammalian guilds as indicators of cumulative impacts in riparian-wetland areas. *Environmental Management* 15:701-714.
- DeGraaf, M.D., J.B. Hestbeck, and M. Yamasaki. 1998. Associations between breeding bird abundance and stand structure in the White Mountains, New Hampshire and Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 103:217-33.
- DesGranges J.-L. 1987. Forest birds as biological indicators of the progression of Maple dieback, in Quebec. Pages 249-257 in A.W. Diamond and F.L. Filion, editors. *The value of birds*. ICBP Technical Publication No 6.
- De Lucas, M., G. Janss, and M. Ferrer. 2007. Wind farm effects on birds in the Strait of Gibraltar. Pages 219-227 in M. de Lucas, G.F.E., Janss and M. Ferrer, editors. *Birds and wind farms: risk assessment and mitigation*. Quercus, Madrid.
- Dietz, C., O. von Helversen, and D. Nill. 2009. *Bats of Britain, Europe and Northwest Africa*. A & C Black Publishers Ltd, London.

- Drewitt, A.L., and R.H.W. Langston. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. In R.H.W. Langston, guest editor. *Wind, Fire and Water: Renewable Energy and Birds*. Proceedings of the BOU Conference, University of Leicester, 1-3 April 2005. *Ibis* 148: 29-42.
- European Commission. 2008. Guidelines on Wind Energy Development, and EU Nature Conservation Requirements. Draft 17 June 2008.
- Farina. 2006. Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape. Landscape series, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Fauna Europaea. 2011. Fauna Europaea version 2.4. Available from <http://www.faunaeur.org> (accessed on December 2011).
- Fedriani, M.J., F. Palomares, and M. Delibes. 1999. Niche relations among three sympatric Mediterranean carnivores. *Oecologia* 121:138-148.
- Felton, A., M. Lindbladh, J. Brunet, and O. Fritz. 2010. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management* 260:939-947.
- Forman, R.T., and L.E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:207-231.
- Fuller, R.J. 1995. *Bird life of woodland and forest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gaston, K.J., and R. David. 1994. Hotspots across Europe. *Biodiversity Letters* 2:108-116.
- Giannakopoulos, A., T. Akriotis, Y. Mertzanis, S. Riegler, A. Riegler, C. Godes, A. Tragos, Y. Iliopoulos, Y. Tsaknakis, and C. Pilidis. 2009. Barrier effect of the Egnatia highway upon brown bear (*Ursus arctos*) sub-population in NE Pindos range – Greece, poster. 2nd European Congress of Conservation Biology (ECCB), Prague, Czech Republic, 01-05 September 2009.
- Handrinos, G., and T. Akriotis. 1997. *The birds of Greece*. Helm, London.
- Harris, L.D. 1984. *The fragmented forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. University of Chicago Press, Chicago.
- Harvey, D.J., A.C. Gangle, C.J. Hawes, and M. Rink. 2011. Bionomics and distribution of the stag beetle, *Lucanus cervus* (L.) across Europe. *Insect Conservation and Diversity* 4:3-38.
- Heikkinen, R.K., M. Luoto, R. Virkkala, and K. Rainio. 2004. Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural–forest mosaic. *Journal of Applied Ecology* 41:824-835.
- Hellawell, J.M. 1991. Development of a rationale for monitoring. Pages 1-14 in F. B. Goldsmith. *Monitoring for Conservation and Ecology*. 1st edition. Chapman & Hall.
- Hewitt, G.M. 1996. Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society* 58:247-276.
- Hewson, C.M., E.A. Graham, S.J. Gough, and R.J. Fuller. 2011. Species-specific responses of woodland birds to stand-level habitat characteristics: The dual importance of forest structure and floristics. *Forest Ecology and Management* 261:1224-1240.
- Hovardas, T., and K. Poirazidis. 2006. Evaluation of the environmentalist dimension of ecotourism at the Dadia Forest Reserve (Greece). *Environmental Management* 38:810-822.
- Hunter, M. 1999. *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huston, M.A. 1994. *Biological Diversity. The coexistence of species in changing landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Iliopoulos, Y., A. Giannakopoulos, Y. Lazarou, H. Pillides, H. Aravidis, S. Sgardelis, Y. Mertzanis, and T. Tragos. 2009. Effects on wolf movement patterns and habitat use caused by construction works and function of the “Egnatia” highway in Northern Greece, poster. 2nd European Congress of Conservation Biology (ECCB), 01-05 September 2009, Prague, Czech Republic.
- James, F.C., and N.O. Wamer. 1982. Relationships between temperate forest bird communities and vegetation structure. *Ecology* 63:159-71.
- Kazantzidis, S. 2007. Trends in current ornithology in Greece. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 8:139-149.
- Kati, V., P. Devillers, M. Dufrêne, A. Legakis, D. Vokou, and P. Lebrun. 2004. Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology* 18:667-675.
- Kati, V., and C. Sekercioglu. 2006. Diversity, ecological structure, and conservation of the land-bird community of Dadia reserve, Greece. *Diversity and Distributions* 12:620-629.
- Kati, V., J. Foufopoulos, Y. Ioannidis, H. Papaioannou, K. Poirazidis, and P. Lebrun. 2007. Diversity, ecological structure and conservation of herpetofauna in a Mediterranean area (Dadia National Park, Greece). *Amphibia-Reptilia* 28:517-529.

- Klein, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70:1715-25.
- Kryštufek, B. 2004. A quantitative assessment of Balkan mammal biodiversity. Pages 79-102 in H.I. Griffiths, B. Kryštufek and K.M. Reed, editors. *Balkan Biodiversity: Pattern and process in the European hotspot*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Kusak, J., D. Huber, T. Gomerčić, G. Schwaderer, and G. Gužvica. 2009. The permeability of highway in Gorski kotar (Croatia) for large mammals. *European Journal of Wildlife Research* 55:7-21.
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241: 1455-1460.
- Landmann, G. 1985. Silviculture et Grand Tetras dans le massif Vosgien un constat-des perspectives, *Nature, Loisirs et Foret - R.F.F. XXXVII: 135-152*.
- Lammertink, M. 2004: A multiple-site comparison of woodpecker communities in Bornean lowland and hill forests. *Conservation Biology* 18:746-757.
- Lindenmayer, D.B., C.R. Margules, and D.B. Botkin. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology* 14:941-950.
- Lovejoy, T.E., J.M. Rankin, R.O. Bierregaard, K.S. Brown, L.H. Emmons, and M.E. Van der Voort. 1984. Ecosystem decay of Amazon forest remnants. Pages 295-325 in M. Nitecki, editor. *Extinctions*. University of Chicago Press, Chicago.
- MacArthur, R.H., and J.W. MacArthur. 1961. On Bird Species Diversity. *Ecology* 42:594-598.
- Mace, R.D., and J.S. Waller. 1997. Spatial and temporal interaction of male and female grizzly bears in northwestern Montana. *Journal of Wildlife Management* 61:39-52.
- Mamouris Z., A.I. Sfougaris, and C. Stamatis. 2001. Genetic structure of Greek brown hare (*Lepus europaeus*) populations as revealed by mtDNA RFLP-PCR analysis: implications for conserving genetic diversity. *Biological Conservation* 101:187-196.
- McNeely, J. 1988. *Economics and Biological Diversity: Developing and Using Economic Incentives to Conserve Biological Resources*. IUCN, Gland, Switzerland.
- McNeely, J., K. Miller, W. Reid, R. Mittermeier, and T. Wermer. 1990. *Conserving the world's biological diversity*. IUCN, World Resources Institute, Conservation International, WWF US and World Bank.
- Mertzanis, G., I. Ioannis, A. Mavridis, O. Nikolaou, S. Riegler, A. Riegler, and A. Tragos. 2005. Movements, activity patterns and home range of a female brown bear (*Ursus arctos*, L.) in the Rodopi Mountain Range, Greece. *Belgian Journal of Zoology* 135:217-221.
- Michel, A.K., and S. Winter. 2009. Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management* 257:1453-1464.
- Mikusiński, G. 2006. Woodpeckers: distribution, conservation, and research in a global perspective. *Annales Zoologici Fennici* 43:86-95.
- Moore, N.W., and M.D. Hooper. 1975. On the number of bird species in British woods. *Biological Conservation* 8:239-50.
- Odum, E., and G. Barrett. 2004. *Fundamentals of Ecology* (5th edition). Brooks Cole, Florence, KY.
- Olson, D.M., and E. Dinerstein, 1998. *The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions*. *Conservation Biology* 12:502-515.
- Opdam, P. 1991. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. *Landscape Ecology* 5:93-106.
- Percival, S.M. 2007. Predicting the effect of wind farms on birds in the UK: The development of an objective assessment method. Pages 137-152 in M. de Lucas, G.F.E. Janss, and M. Ferrer, editors. *Birds and windfarms: Risk assessment and mitigation*. Quercus, Madrid.
- Perea, R., A. San Miguel, and L. Gil. 2011. Flying vs. climbing: Factors controlling arboreal seed removal in oak-beech forests. *Forest Ecology and Management* 262:1251-1257.
- Pianka, E. 1999. *Evolutionary Ecology* (6th edition). Benjamin Cummings, San Francisco.
- Poirazidis, K., V. Goutner, T. Skartsi, and G. Stamou. 2004. Modelling nesting habitat as a conservation tool for the Eurasian black vulture (*Aegypius monachus*) in Dadia Nature Reserve, northeastern Greece 2004. *Biological Conservation* 118:235-248.
- Poirazidis, K., V. Goutner, E. Tsachalidis, and V. Kati. 2007. Comparison of nest site selection patterns of different sympatric raptor species as a tool for their conservation. *Animal Biodiversity and Conservation* 30:131-145.
- Poirazidis, K., V. Kati, S. Schindler, D. Kalivas, D. Triantakontantis, and S. Gatzoyannis. 2010. Landscape and biodiversity in Dadia-Lefkimi-Soufli Forest National Park. Pages 103-114 in G.Catsadorakis and H. Källander, editors. *The Dadia-Lefkimi-Soufli Forest National Park: Biodiversity, Management and Conservation*. WWF Greece, Athens.

- Raphael, M.G., and M. White. 1984. Use of snags by cavity nesting birds in the Sierra Nevada. *Wildlife Monographs* 86:1-66.
- Reed, R.A., J. Barnard, and W.L. Baker. 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10:1098-1106.
- Rosenvald, R., A. Lohmus, A. Kraut, and L. Remm. 2011. Bird communities in hemiboreal old-growth forests: The roles of food supply, stand structure, and site type. *Forest Ecology and Management* 262:1541-1550.
- Sakoulis, A. 1994. Forest birds, a component of forest ecosystems, their requirements and how to integrate them in forest management. MSc Thesis. Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Crete, Greece.
- Saunders, D.A. 1989. Changes in the avifauna of a region, district and remnant as a result of fragmentation of native vegetation: the wheatbelt of Western Australia. A case study. *Biological Conservation* 50:99-135.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs, and C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Seaman, D.E., and R.A. Powell. 1996. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology* 77:2075-2085.
- Segelbacher, G., J. Höglund, and I. Storch. 2003. From connectivity to isolation: genetic consequences of population fragmentation in capercaillie across Europe. *Molecular Ecology* 12:1773-1780.
- St.-Laurent, M.-H., J. Ferron, C. Hins, and R. Gagnon. 2007. Effects of stand structure and landscape characteristics on habitat use by birds and small mammals in managed boreal forest of eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 37:1298-1309.
- Stribling, H.L., H.R. Smith, R.H. Yahner. 1990. Bird community response to timber stand improvement and snag retention. *Norwegian Journal of Applied Forestry* 7: 35-38.
- Storch, I. 2001. Capercaillie. *BWP Update* 3:1-24.
- Sullivan, T.P., D.S. Sullivan, P.M.F. Lindgren, and D.B. Ransome. 2009. Stand structure and the abundance and diversity of plants and small mammals in natural and intensively managed forests. *Forest Ecology and Management* 258:127-141.
- Taylor, A.D. 1990. Metapopulations, dispersal, and predator-prey dynamics: an overview. *Ecology* 71: 429-433.
- Tews, J., U. Brose, and V. Grimm. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79-92.
- Thomas, J.W. (ed.) 1979. *Wildlife Habitats in Managed Forests. The Blue Mountains of Oregon and Washington*. United States Department of Agriculture. Forest Service, Agricultural Handbook no 553.
- Thomas, C., A. Cameron, R. Green, M. Bakkenes, L. Beaumont, Y. Collingham, B. Erasmus, M. Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. Jaarsveld, G. Midgley, L. Miles, M. Ortega-Huerial, T. Peterson, O. Phillips, and S. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
- Thompson, I.D., J.A. Baker, and M. Ter-Mikaelian. 2003. A review of the long-term effects of post-harvest silviculture on vertebrate wildlife, and predictive models, with an emphasis on boreal forests in Ontario, Canada. *Forest Ecology and Management* 117:441-69.
- Tucker, M.G., and M.I. Evans. 1997. *Habitats for Birds in Europe: A conservation strategy for the wider environment*. Cambridge UK, BirdLife International. BirdLife Conservation Series No 6.
- Tufto, J., R. Andersen, and J. Linnell. 1996. Habitat Use and Ecological Correlates of Home Range Size in a Small Cervid: The Roe Deer. *Journal of Animal Ecology* 65:715-724.
- Valakos, E.D., P. Pafilis, K. Sotiropoulos, P. Lymberakis, P. Maragou, and J. Foufopoulos. 2008. The Amphibians and Reptiles of Greece. Chimaïra, Frankfurt am Main.
- Verschuyf, J.P., A.J. Hansen, D.B. McWethy, R. Salabanks, and R.L. Hutto. 2008. Is the effect of forest structure on bird diversity modified by forest productivity? *Ecological Applications* 18:1155-1170.
- Virgos, E., and F. Garcia. 2002. Patch occupancy by stone martens *Martes foina* in fragmented landscapes of central Spain: the role of fragment size, isolation and habitat structure. *Acta Oecologica* 23:231-237.
- Wesołowski, T. 2011. "Lifespan" of woodpecker-made holes in a primeval temperate forest: A thirty year study. *Forest Ecology and Management* 262:1846-1852.
- Whitfield, D.P., and M. Madders. 2006. A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural Research Information Note 1 (revised). Natural Research Ltd, Banchory, UK.
- Wilcove, D.H., and A.P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Pages 237-256 in M. E. Soulé, editor. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

5. Οι λειτουργίες των δασών στη γη: υδατικό στρες και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Καλλιόπη Ραδόγλου, Ευαγγελία Κορακάκη

Τα δάση του πλανήτη φιλοξενούν μοναδική βιοποικιλότητα και παρέχουν κοινωνικο-οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η συγκράτηση των εδαφών, ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα, η σταθεροποίηση του μικροκλίματος, η δέσμευση CO₂, με τη φωτοσύνθεση και την παραγωγή βιομάζας. Καθώς οι παγκόσμιες κλιματικές συνθήκες αναμένεται να μεταβληθούν, θα υπάρξουν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στις δασικές μας περιοχές στο προσεχές μέλλον. Η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών, σε συνδυασμό με κακές πρακτικές και μη βιώσιμες αλλαγές χρήσης της γης, είναι πιθανό να αυξήσει τη συχνότητα και την ένταση των επιδημιών από έντομα, των ανεξέλεγκτων πυρκαγιών και άλλων, μεγάλης κλίμακας διαταραχών στα δάση. Η παρούσα εργασία ασχολείται με την επίδραση των κλιματικών αλλαγών στα δασικά οικοσυστήματα και αποσκοπεί στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, αλλά και στην ορθή διαμόρφωση διαχειριστικών στόχων. Γίνεται μια συνοπτική ανασκόπηση των βασικών λειτουργιών των οικοσυστημάτων που επηρεάζουν τον κύκλο του άνθρακα και του νερού. Συζητούνται, επίσης, οι σχέσεις των λειτουργιών αυτών με τους παράγοντες του περιβάλλοντος και παρουσιάζεται ο παγκόσμιος κύκλος του άνθρακα. Τέλος, γίνεται ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα.

Λέξεις κλειδιά: φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή, υδατικές σχέσεις, κύκλος άνθρακα, φυτά και κλιματική αλλαγή

Εισαγωγή

Τα δάση, παγκοσμίως, καλύπτουν 42 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, που αντιστοιχούν περίπου στο 30% της επιφάνειας του πλανήτη (Dixon et al. 1994, FAO 2005). Στην Ευρώπη καταλαμβάνουν περίπου το 44% και στην Ελλάδα το 54% της χερσαίας επιφάνειας. Το ποσοστό αυτό περιλαμβάνει: 42% εκτάσεις πολύ χαμηλής βλάστησης, ενώ το υπόλοιπο διαιρείται ίσα, περίπου, μεταξύ των υψηλών δασών και των θαμνότοπων (περίπου 29% έκαστη κάλυψη)¹ (Λιαρικός και Κορακάκη 2010). Η βιόσφαιρα, δηλαδή το σύνολο όλων των οικοσυστημάτων, έχει έναν ουσιαστικό ρόλο στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα, της ανταλλαγής μεγάλων ποσοτήτων άνθρακα με την ατμόσφαιρα.

Η φωτοσύνθεση των δένδρων δεσμεύει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από την ατμόσφαιρα. Μέρος αυτού εκλύεται με την αναπνοή και την αποσύνθεση, ενώ ένα άλλο μεγάλο μέρος δεσμεύεται στην υπέργεια και υπόγεια βιομάζα των δασών, καθώς επίσης στο νεκρό ξύλο και στο έδαφος. Τα δασικά δένδρα είναι η μεγαλύτερη σε διαστάσεις φυτική μορφή ζωής στον πλανήτη. Διαχειρίζονται τη δέσμευση και την κατανομή του άνθρακα κατά τρόπο που εξασφαλίζει τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους. Από όλα τα οικοσυστήματα της γης, τα δάση είναι αυτά που αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα ανά μονάδα επιφάνειας. Τα δάση, γενικά, συνεισφέρουν περίπου το 70% της συνολικής παραγόμενης βιομάζας από τα χερσαία οικοσυστήματα του πλανήτη (Melillo et al. 1993).

¹ Για τις ανάγκες της σχετικής χαρτογράφησης, ως υψηλό δάσος ορίστηκε ομοιογενής επιφάνεια που καλύπτεται από κωνοφόρα ή πλατύφυλλα (αειφύλλα ή φυλλοβόλα) είδη με πυκνή κάλυψη και ύψος από 2 μέτρα και πάνω.

Η αύξηση των δένδρων είναι εκτεθειμένη στην επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων. Τα δασικά είδη έχουν μεγάλη ποικιλότητα και εξαπλώνονται ευρέως στον πλανήτη. Κατάφεραν να κυριαρχούν σε ένα μεγάλο εύρος από περιβάλλοντα με βάση την προσαρμογή των λειτουργιών τους και, κυρίως, την αποτελεσματικότητα της φωτοσυνθετικής τους λειτουργίας. Τα περιβάλλοντα (σταθμοί) δεν είναι σταθερά πουθενά στην επιφάνεια της γης. Όλοι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μεταβάλλονται διαρκώς γύρω από ένα μέσο όρο που χαρακτηρίζει κάθε τόπο, ενώ υπάρχουν διακυμάνσεις και ακραίες τιμές (συνθήκες που δεν εμφανίζονται συχνά). Επιπλέον, τα δένδρα πρέπει να αντέχουν στις αλλαγές πολλών παραμέτρων ως προς το μέσο όρο ή το εύρος διακύμανσης, αλλά και στις ακραίες τιμές που μπορούν να συμβούν στη διάρκεια της ζωής τους. Έτσι, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες προκαλούν καταπόνηση (stress) και μειώνουν την αύξηση και την αναπαραγωγική ικανότητα των δένδρων. Ένας παράγοντας προκαλεί καταπόνηση όταν ένας οργανισμός είναι ανίκανος να λειτουργήσει με τη μέγιστη αποτελεσματικότητα υπό τις επικρατούσες συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο είδος πιθανόν να μπορεί. Η ικανότητα των ατόμων κάθε είδους να προσαρμόζονται στις επικρατούσες συνθήκες καθορίζει την κατανομή των ειδών στις ζώνες βλάστησης. Η μικρή προσαρμοστική ικανότητα ενός είδους μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης και συμμετοχής του στην κοινότητα, στο οικοσύστημα και στη συνολική παραγόμενη βιομάζα. Η αδυναμία ενός είδους να προσαρμοστεί στις μεταβολές μιας περιοχής έχει ως αποτέλεσμα την ολική εξάλειψη του είδους από την περιοχή αυτή (Van Straalen and Roelofs 2006).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες από την έναρξη της βιομηχανικής εποχής, όπως είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων και η αποδόσωση, έχουν προκαλέσει αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Υπάρχει αύξηση στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου όπως μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στη γη έχει αυξηθεί κατά 30% από τα μέσα του 1800 (IPCC 2001). Η αύξηση αυτή επηρεάζει τα δασικά οικοσυστήματα άμεσα, καθώς το CO₂ συμμετέχει στη φωτοσύνθεση και σε όλες τις βιολογικές διεργασίες που εκφράζουν την παραγωγικότητα.

Οι αυξανόμενες αυτές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου έχουν ήδη επηρεάσει το κλίμα (IPCC 2007). Οι θερμοκρασίες αλλάζουν τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο. Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία έχει ήδη αυξηθεί κατά 0,7°C

και στην Ευρώπη κατά 0,95°C σε σχέση με τα επίπεδα της προβιομηχανικής εποχής (IPCC 2001). Η αλλαγή της έντασης και κατανομής των βροχοπτώσεων είναι ένα αναμενόμενο επακόλουθο της παγκόσμιας θέρμανσης. Στο παρελθόν, το κλίμα γινόταν θερμότερο ή ψυχρότερο εξαιτίας των φυσικών διεργασιών. Σήμερα, επιπλέον των φυσικών διεργασιών, οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν αλλαγές του κλίματος με τη χρήση ορυκτών καυσίμων και τη διαρκή αποδόσωση περιοχών. Η νότια Ευρώπη και το σύνολο της λεκάνης της Μεσογείου συγκαταλέγονται στις πλέον ευάλωτες περιοχές, εξαιτίας αφενός της υψηλής αύξησης των θερμοκρασιών και αφετέρου της μείωσης των βροχοπτώσεων σε περιοχές όπου ήδη παρατηρείται λειψυδρία. Μία ακόμη συνέπεια της κλιματικής αλλαγής είναι η εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων με υψηλότερη συχνότητα (καύσωνες, πλημμύρες, ανεμοστρόβιλοι) (Schaer et al. 2004, Senéviratne et al. 2006).

Το φαινόμενο, λοιπόν, του θερμοκηπίου αναμένεται να έχει άμεσες και έμμεσες επιδράσεις στα δασικά οικοσυστήματα. Οι αλλαγές των κλιματικών παραγόντων επηρεάζουν τις λειτουργίες των δένδρων και έτσι μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγικότητα και την ισορροπία των δασικών οικοσυστημάτων. Κάθε δασοπονικό είδος, βέβαια, αντιδρά διαφορετικά, ανάλογα με το γενότυπο και το εύρος προσαρμογής του. Η διατήρηση, όμως, και η μεταβολή των οικοσυστημάτων εξαρτάται από την προσαρμοστικότητα των ειδών στις μεταβολές των κλιματικών παραγόντων. Πολλά από τα υπάρχοντα οικοσυστήματα θα οδηγηθούν πέρα από τη φυσική ικανότητα να προσαρμόζονται στις αλλαγές, θα εμφανίσουν έντονη εξασθένηση και νεκρώσεις δένδρων (Fischlin et al. 2007, Alcamo et al. 2007).

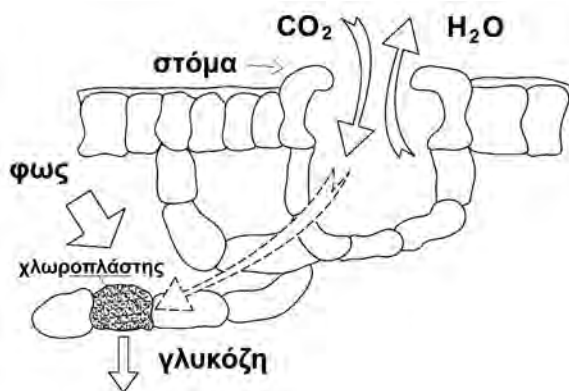
Τα δάση, όμως, παίζουν έναν ακόμα ρόλο επειδή μπορούν να δράσουν ως ρυθμιστές του φαινομένου του θερμοκηπίου, με τη δυνατότητά τους να απορροφούν CO₂ από την ατμόσφαιρα. Έτσι, μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, αν επιτευχθεί επέκταση της δασοκάλυψης ή εφαρμοσθούν διαχειριστικά μέτρα που θα έχουν στόχο την αποθήκευση του άνθρακα στη βιομάζα των δασών. Ταυτόχρονα τα δάση μπορούν να παρέχουν και άλλα περιβαλλοντικά οφέλη όπως η διάθεση νερού, η προστασία των εδαφών, η διατήρηση και ενίσχυση της βιοποικιλότητας (IPCC 2007). Τα δάση, λοιπόν, δέχονται την επίδραση των κλιματικών αλλαγών, διαθέτουν προσαρμοστικότητα και, τέλος, μπορούν να αμβλύνουν τις συνέπειες του φαινομένου και να δεσμεύουν περισσότερο CO₂ από την ατμόσφαιρα.

Βασικές λειτουργίες των φυτών

Οι βασικές λειτουργίες της φωτοσύνθεσης, αναπνοής και διαπνοής περιγράφονται αναλυτικά σε άλλα συγγράμματα (Καράταγλης 1992, Κωνσταντινίδου 2002). Στα κεφάλαια αυτού του άρθρου δίνεται η οικοφυσιολογική προσέγγιση των λειτουργιών και συζητείται κυρίως η επίδραση των εξωτερικών παραγόντων του περιβάλλοντος στις λειτουργίες, με σκοπό να γίνει κατανοητή η επίδραση της κλιματικής αλλαγής μέσω των λειτουργιών του οικοσυστήματος.

Φωτοσύνθεση και περιβάλλον

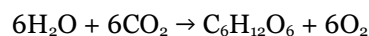
Φωτοσύνθεση είναι η φυτικοχημική διαδικασία με την οποία οι φυτικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια και το νερό, ώστε να συνθέσουν οργανικές ουσίες. Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης γίνεται κυρίως στα φύλλα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας με το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται από τα στόματα και διαχέεται στο μεσόφυλλο και στους χλωροπλάστες, όπου γίνεται η ανταλλαγή των αερίων του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, μεταξύ των χλωροπλάστων και του αέρα, στα μεσοκυττάρια διαστήματα (Σχήμα 1). Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει χημικές διεργασίες οι οποίες συμβαίνουν παρουσία φωτός, αλλά και ενζυματικές διεργασίες που δεν απαιτούν φως (σκοτεινές αντιδράσεις). Κάθε μία από τις ανωτέρω διεργασίες επηρεάζεται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Ο βαθμός με τον οποίον η ακτινοβολία αξιοποιείται, εξαρτάται από τη συγκέντρωση χλωροφύλλης, δηλαδή από την ποσότητα της φωτοσυνθετικά ενεργής χρωστικής ουσίας που απορροφά την ηλιακή ενέργεια. Κάτω από μεγάλη ένταση ηλιακή ακτινοβολία, φαινόμενο σύνηθες στα Μεσογειακά περιβάλλοντα, η ποσό-



Σχήμα 1. 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).

τητα της χρωστικής μπορεί να είναι ο περιοριστικός παράγοντας της φωτοχημικής διεργασίας. Η έλλειψη χλωροφύλλης αποδεικνύεται από την αλλαγή του χρώματος των φύλλων, όταν γίνεται λιγότερο πράσινο ή κίτρινο (χλώρωση - chlorosis).

Για τη φωτοσύνθεση απαιτείται ακόμα νερό, που εισέρχεται στα κύτταρα του φύλλου από το αγγειακό σύστημα, από το ξύλωμα (xylem). Μετακινείται από κύτταρο σε κύτταρο. Σε απλή διατύπωση, τα τρία αυτά συστατικά, το φως, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό, απαιτούνται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.



Τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης είναι οι υδατάνθρακες και το οξυγόνο που αποδίδεται στην ατμόσφαιρα. Οι υδατάνθρακες που παράγονται από τη φωτοσύνθεση χρησιμοποιούνται από τα δένδρα με διάφορους τρόπους:

- Ως πηγή άμεσα αξιοποιήσιμης ενέργειας (διάμεσου της αναπνοής) για την αύξηση, αναπαραγωγή και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων κ.ά.
- Για αποθήκευση ενέργειας. Για παράδειγμα, πριν το χειμώνα τα δένδρα αποθηκεύουν υδατάνθρακες με τη μορφή του αμύλου. Αυτή η αποθήκευση καθιστά ικανά τα δένδρα να επιβιώσουν το χειμώνα και να διατηρούν την ικανότητα να λειτουργούν γρήγορα ξανά την άνοιξη.
- Για το σχηματισμό των φυτικών ιστών, οι υδατάνθρακες (σάκχαρα) μπορούν να μετατρέπονται σε πρωτεΐνες, λιπίδια ή σύνθετα σάκχαρα για την παραγωγή φύλλων, ξύλου, ανθέων, καρπών και ριζών.

Τα φυτικά είδη κατατάσσονται, ανάλογα με τον τρόπο που φωτοσυνθέτουν, σε C_3 (δασικά είδη, σπυροφόρα, σιτάρι, ρύζι κ.ά.), σε C_4 (καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο κ.ά.) και στα CAM (κακτοειδή, ορχεοειδή) (Larcher 1980).

Η φωτοσύνθεση και, κυρίως, η ανταλλαγή των αερίων επηρεάζεται από έναν αριθμό εξωτερικών παραγόντων. Η φωτοσύνθεση, βέβαια, επηρεάζεται άμεσα από τη διαθεσιμότητα του φωτός. Οι σκοτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης και η αναπνοή είναι καθαρά βιοχημικές διεργασίες και περιορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία και τον ανεφοδιασμό με CO_2 .

Μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανταλλαγή των αερίων στη φωτοσύνθεση είναι:

- **Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας:** Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από την ένταση του φωτός. Μεγαλύτερες εντάσεις ακτινοβολίας συ-

νοδεύονται από ισχυρότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης. Σε πολύ ισχυρό φως, η έλλειψη διοξειδίου του άνθρακα σταματά τον αυξημένο ρυθμό φωτοσύνθεσης. Δένδρα ή φύλλα που μεγαλώνουν σε συνθήκες σκίασης (μικρές εντάσεις ακτινοβολίας) προσαρμόζονται και επιβιώνουν.

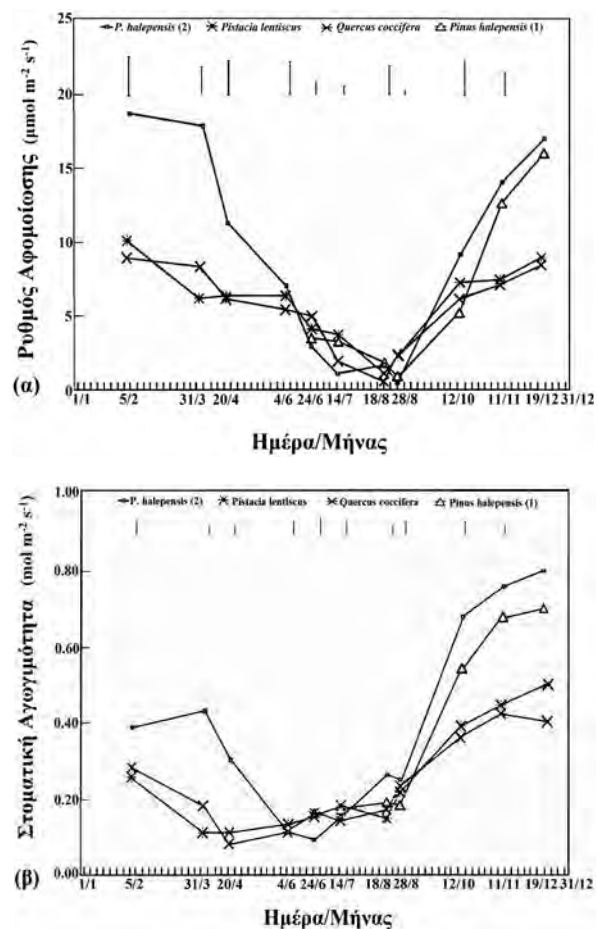
- **Θερμοκρασία:** Η βέλτιστη θερμοκρασία είναι μεταξύ 20°C και 35°C. Φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα και σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C, διότι ελέγχεται από άλλες φυσιολογικές λειτουργίες του δένδρου.
- **Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αέρα:** Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στα μεσοκυττάρια διαστήματα και αυτή από τη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα. Υψηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ οδηγούν σε υψηλούς ρυθμούς φωτοσύνθεσης. Όταν υπάρχει περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα, αλλά έλλειψη φωτός, η φωτοσύνθεση σταματά.
- **Διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος:** Η πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα γίνεται μέσω των στομάτων, καθώς και η απώλεια νερού μέσω της διαπνοής. Εάν η τροφοδοσία νερού από το έδαφος ελαττωθεί, τα στόματα κλείνουν. Έτσι, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης επηρεάζεται πολύ από τη διαθεσιμότητα του νερού. Σε συνθήκες έλλειψης εδαφικής υγρασίας, αρχικά τα στόματα κλείνουν για να σταματήσει η απώλεια νερού μέσω της διαπνοής, αυτό όμως εμποδίζει το διοξείδιο του άνθρακα να εισέρχεται μέσω των στομάτων στα φύλλα και, έτσι, σταματά η φωτοσύνθεση. Σε πολύ ξηρές συνθήκες τα δένδρα νεκρώνονται.
- **Σχετική υγρασία και έλλειμμα κόρου ή κοροπλήρωμα:** Η σχετική υγρασία του αέρα επηρεάζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων και κατά συνέπεια το ρυθμό φωτοσύνθεσης. Σε συνδυασμό με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας αέρα, διαμορφώνεται το καθεστώς ξηρότητας του αέρα, μέτρο της οποίας αποτελεί το έλλειμμα τάσης υδρατμών ή κοροπλήρωμα. Έτσι, σε μεγάλες τιμές κοροπληρώματος, η ατμόσφαιρα είναι έντονα ξηρή και η ζήτηση της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς ιδιαίτερα αυξημένη, προκαλώντας έντονη αύξηση των ρυθμών εξάτμισης και διαπνοής από τους φυτικούς ιστούς.

Γενικά, μπορεί να αναφερθεί ότι αβιοτικοί παράγοντες όπως το φως, η θερμοκρασία, το CO₂, το κοροπλήρωμα (vapor-pressure deficit), η εδαφική υδατοδιαθεσιμότητα, καθώς και η θρεπτική κατάσταση του φυτού, έχουν μεγάλη επίδραση στη φωτοσύνθεση και, κατά συνέπεια, στην αύξηση και παραγωγικότητα των φυτών. Στην περίπτωση έστω και ενός ελλειμματικού περιβαλλο-

ντικού παράγοντα, τα φυτά μπορούν να μειώσουν τη φωτοσύνθεση και τη δέσμευση άνθρακα (χαμηλό φως, χαμηλή θερμοκρασία, λίγα διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία). Ιδιαίτερα η έλλειψη διαθέσιμου εδαφικού νερού επηρεάζει τη φωτοσύνθεση, την αύξηση και την αποθήκευση άνθρακα, σύνθητες φαινόμενο στα Μεσογειακά οικοσυστήματα.

Η φωτοσυνθετική ικανότητα των δένδρων διαφέρει όχι μόνο ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, αλλά διαφοροποιείται επίσης ανάλογα με την ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης και τη θέση του φύλλου στην κόμη. Η εξέλιξη της φωτοσύνθεσης ανάλογα με την ηλικία του φύλλου διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ειδών. Σε μερικά είδη, η μέγιστη φωτοσυνθετική ικανότητα επιταχύνεται γρήγορα, πριν το φύλλο ολοκληρώσει την αύξηση και πετύχει το μέγιστο μέγεθός του. Αυτό συμβαίνει κυρίως στη Μεσογειακή και Ευκρατική ζώνη. Υπάρχει δε πάντα εποχιακή και ημερήσια μεταβολή της φωτοσύνθεσης σε όλα τα δασικά είδη.

Η φωτοσύνθεση των δασικών δένδρων έχει μελετηθεί λιγότερο από ό,τι των καλλιεργούμενων φυτών.



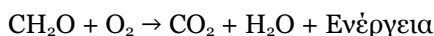
Σχήμα 2. Εποχιακή μεταβολή του ρυθμού αφομοίωσης (α) και της στοματικής αγωγιμότητας (β) σε είδη ενός φυσικού οικοσυστήματος χαλεπίου πεύκης, κατά τη διάρκεια ενός έτους, στις ώρες 11:00 έως 15:00 και σε μέρες με ηλιοφάνεια. (2) υποδηλώνει διετεείς βελόνες, (1) μονοετείς (πηγή: Ραδόγλου 1995).

Το μέγεθος των ενήλικων δασικών δένδρων κάνει την πραγματοποίηση των μετρήσεων αρκετά δύσκολη. Ο μεγάλος αριθμός δασικών ειδών, καθώς και η δυσκολία να αναχθούν οι μετρήσεις φωτοσύνθεσης ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας σε επίπεδο δένδρου ή συστάδας, έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν λίγα διαθέσιμα στοιχεία (Ceulemans and Saugier 1991).

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης είναι εφικτή σε φυσικές συνθήκες στα δασικά οικοσυστήματα, συνήθως με τη χρήση φορητών συστημάτων ανταλλαγής αερίων (portable gas exchange system). Η λειτουργία τους βασίζεται στον προσδιορισμό της διαφοράς συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα που προκαλείται μεταξύ δύο χρονικών στιγμών ως συνέπεια της φωτοσύνθεσης. Η τιμή φωτοσύνθεσης που λαμβάνεται είναι η τιμή καθαρής φωτοσύνθεσης ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας ανά δευτερόλεπτο. Στα ελληνικά δασικά οικοσυστήματα έχουν γίνει μετρήσεις και έχει καταγραφεί η ετήσια και ημερήσια μεταβολή της φωτοσύνθεσης σε δάση χαλεπίου πεύκης (Σχήμα 2), οξιάς και δρυός (Ραδόγλου 1995, Ραδόγλου 1996, Raftoyannis and Radoglou 2002).

Αναπνοή και περιβάλλον

Αναπνοή είναι η διεργασία με την οποία ενέργεια αποθηκευμένη στους υδατάνθρακες απελευθερώνεται σταδιακά (καθώς οι υδατάνθρακες οξειδώνονται). Πρακτικά, η αναπνοή είναι το αντίθετο της φωτοσύνθεσης: καταναλώνει οξυγόνο (οξείδωση των σακχάρων) και αποδεσμεύει διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O).



Η αναπνοή είναι κοινή σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς. Συμβαίνει σε αυτότροφους² και ετερότροφους οργανισμούς για να λαμβάνουν ενέργεια από υδατάνθρακες. Αυτή η ενέργεια είναι αναγκαία για την αύξηση του φυτού και για όλες τις ζωτικές λειτουργίες του.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αναπνοή των δένδρων είναι:

- **Η θερμοκρασία:** η αναπνοή ελαττώνεται στο ελάχιστο σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C και μεγιστοποιείται σε θερμοκρασίες 45-50°C.
- **Το στάδιο ανάπτυξης των δένδρων:** η αναπνοή αυξάνεται κατά τη διάρκεια της άνθισης των δένδρων.

Τα δένδρα αναπνέουν κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, αλλά η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, με την παρουσία φωτός.

Διαπνοή και περιβάλλον

Διαπνοή είναι όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η μεταφορά του νερού διαμέσου του δένδρου ή φυτού στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή είναι ένα σημαντικό μέρος της συνολικής εξατμισο-διαπνοής και ένας κύριος μηχανισμός του κύκλου του νερού. Η διαπνοή μπορεί να αναφέρεται στο ρυθμό μεταφοράς νερού ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας ή να αναφέρεται στο σύνολο της βλάστησης, δηλαδή στη συνολική φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (Larcher 1980).

Κατά τη διάρκεια της διαπνοής, μόρια νερού εκλύονται από την επιφάνεια των φύλλων διαμέσου των στομάτων. Υπάρχουν περισσότερα μόρια υδρατμών μέσα στα κενά μεταξύ των ιστών των φύλλων από ό,τι στον περιβάλλοντα χώρο του φύλλου. Έτσι, υδρατμοί πάντα θα εξέρχονται από το φυτό, ανάλογα με τη διαφορά συγκέντρωσης που υπάρχει μεταξύ δένδρων και ατμόσφαιρας. Καθώς περισσότερα μόρια υδρατμών εξέρχονται από τα φύλλα, τα εναπομείναντα μόρια, δεμένα το ένα με το άλλο, έλκουν όλη τη στήλη διαμέσου ειδικού ιστού, του ξυλώματος. Κατά τη διάρκεια μιας αυξητικής περιόδου, ένα φύλλο μπορεί να καταναλώσει σε διαπνοή μεγάλες ποσότητες νερού. Για παράδειγμα, ένα μεμονωμένο δένδρο διαπνέει 200-400 λίτρα νερό την ημέρα (Kozlowski and Pallardy 1997a), ενώ ένα δένδρο δρυός μπορεί να χρειάζεται για τη διαπνοή του 151.000 λίτρα ανά έτος.

Η διαπνοή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απορρόφηση άνθρακα, αφού τόσο η εκροή του νερού από το φύλλο, όσο και η εισροή του διοξειδίου του άνθρακα στο φύλλο πραγματοποιούνται από τους ίδιους πόρους, τα στόματα.

Η ποσότητα νερού που καταναλώνεται με τη διαπνοή διαφέρει, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο και το χρόνο. Υπάρχει δε πάντα εποχιακή και ημερήσια μεταβολή. Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τη διαπνοή:

- **Θερμοκρασία:** Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια της αυξητικής περιόδου εντείνει τη διαπνοή. Υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν το άνοιγμα των καταφρακτικών κυττάρων που ελέγχουν το άνοιγμα των στομάτων από όπου το νερό αποδεσμεύεται στην

² Αυτότροφος (autotroph) χαρακτηρίζεται ο οργανισμός που ο ίδιος κατασκευάζει τις οργανικές ουσίες τις οποίες χρειάζεται για να τραφεί, χρησιμοποιώντας ανόργανα υλικά και ανεξάρτητα από άλλες πηγές οργανικών υποστρωμάτων.

ατμόσφαιρα, ενώ χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν κλείσιμο των στομάτων.

- **Σχετική υγρασία:** Καθώς η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει τα φύλλα αυξάνεται, η διαπνοή ελαττώνεται.
- **Άνεμος και κίνηση αέρα:** Αυξημένη κίνηση αέρα γύρω από τα δένδρα θα έχει ως αποτέλεσμα υψηλούς ρυθμούς διαπνοής. Η αυξημένη διαπνοή δημιουργεί κεκορεσμένες σε υγρασία συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο του φύλλου. Ο άνεμος αναμιγνύει τον αέρα γύρω από τα φύλλα, με αποτέλεσμα ο πλούσιος σε υδρατμούς αέρας να αντικαθίσταται από ξηρότερο.
- **Έδαφος και διαθεσιμότητα νερού:** Όταν το έδαφος έχει λίγη υγρασία, τα δένδρα εμφανίζουν πρόωπη γήρανση, χάνουν μέρος της φυλλικής επιφάνειας και διαπνέουν λιγότερο.
- **Είδος δένδρων:** Ο ρυθμός διαπνοής είναι διαφορετικός για τα διάφορα δασικά είδη. Επηρεάζεται από τον αριθμό και το μέγεθος στομάτων στα φύλλα ή στις βελόνες. Τα περισσότερα δασοπονικά είδη έχουν στόματα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων τους, κάποια δε φέρουν στόματα και στην επάνω επιφάνεια, αλλά μόνο μικρό αριθμό. Γενικά, είδη που φύονται σε ξηρές περιοχές διαπνέουν λιγότερο ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας.
- **Βλαστητικό στάδιο:** Η θέση του φύλλου στην κόμη καθώς και η ηλικία του φύλλου έχουν σημαντική επίδραση στις τιμές διαπνοής.

Πρόσληψη και διακίνηση του νερού στα δένδρα

Υδατικό δυναμικό

Η ενεργειακή κατάσταση του νερού στο έδαφος, στα φυτά και στην ατμόσφαιρα συνήθως εκφράζεται ως το υδατικό δυναμικό (Ψ) με τις μονάδες της πίεσης (MPa). Το υδατικό δυναμικό εκφράζει το δυναμικό του νερού σε δεδομένη κατάσταση σε σχέση με αυτό του καθαρού ελεύθερου νερού (αποσταγμένο) υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση, το οποίο έχει τη μέγιστη τιμή και είναι 0 MPa.

Το υδατικό δυναμικό μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις συνιστώσες (Waring and Running 1998):

- Το **δυναμικό της πίεσης (Ψ_p)**, το οποίο αντιπροσωπεύει τη διαφορά υδροστατικής πίεσης από το ένα κύτταρο στο άλλο. Το δυναμικό αυτό μπορεί να πάρει είτε θετικές τιμές (κύτταρα σε σπαργή) είτε αρνητικές (έντονη διαπνοή αγγείων).
- Το **οσμωτικό δυναμικό (Ψ_s)**, το οποίο αντιπροσωπεύει την παρουσία των διαλυμένων σακχάρων και αλάτων, και είναι αρνητικό.

- Το **δυναμικό στρώματος (Ψ_m)**, το οποίο προκύπτει από τις μικρές αρνητικές δυνάμεις στην επιφάνεια υδρόφιλων στερεών (π.χ. τα κυτταρικά τοιχώματα συγκρατούν μόρια νερού) με αποτέλεσμα το δυναμικό να είναι αρνητικό. Το δυναμικό αυτό επηρεάζει, κυρίως, το υδατικό δυναμικό στο έδαφος.
- Το **δυναμικό οφειλόμενο στη βαρύτητα (Ψ_g)** η οποία αυξάνεται με το υπέργειο ύψος του φυτού από το έδαφος στα 0,01 MPa m⁻¹.

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m + \Psi_g \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση (Εξίσωση 1), το υδατικό δυναμικό καθορίζεται από την πίεση που ασκείται σε αυτό (εκτός της ατμοσφαιρικής), την παρουσία διαλυμένου σώματος, την ύπαρξη μεγάλων μορίων στο υδατικό σύστημα και την επίδραση της βαρύτητας. Επίσης, μπορεί να πάρει θετική ή αρνητική τιμή, ανάλογα με το αλγεβρικό άθροισμα της παραπάνω εξίσωσης.

Το διαφορετικό υδατικό δυναμικό μεταξύ δύο περιοχών του φυτού καθορίζει την κατεύθυνση της ροής του νερού μεταξύ δύο περιοχών, από περιοχές με υψηλότερο δυναμικό σε περιοχές με χαμηλότερο.

Πρόσληψη νερού από τα φυτά

Τα ανώτερα φυτά έχουν την ικανότητα να απορροφούν νερό με ολόκληρη την επιφάνειά τους, αλλά η πρόσληψη νερού από τα υπέργεια τμήματα του δένδρου είναι αμελητέα. Το πιο εξειδικευμένο όργανο που χρησιμοποιούν τα δένδρα για την πρόσληψη του νερού είναι το ριζικό τους σύστημα και αυτή πραγματοποιείται όταν το υδατικό δυναμικό στη ρίζα είναι χαμηλότερο από το δυναμικό του εδαφικού νερού (Lambers et al. 1998).

Η κίνηση του νερού στα δένδρα ελέγχεται αρχικά από τη φάση της εξάτμισης μεταξύ της διαπνεύσας επιφάνειας και του αέρα. Οι κύριοι ρυθμιστές της κίνησης αυτής είναι τα στόματα των φύλλων ή βελόνων, και οποιαδήποτε αύξηση στην αντίσταση της ροής του νερού θα οδηγούσε στη μείωση της διαπνοής, προκαλώντας το κλείσιμο των στομάτων (Kramer 1983).

Η διαπνοή της κόμης των δένδρων παρέχει την κινητήρια δύναμη για την πρόσληψη νερού από το έδαφος μέσα από τις ρίζες τους. Με τη διαπνοή δημιουργείται έλλειψη νερού στα φύλλα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ωσμωτικής πίεσης στα κύτταρα των φύλλων και τη δημιουργία υποπίεσης (αρνητικό δυναμικό πίεσης) στους αγωγούς του ξύλου. Η διαφορά ωσμωτικής πίεσης που δημιουργείται ανάμεσα στα ζωντανά κύτταρα του

φλοιού της ρίζας και του εδαφικού νερού οδηγεί στην εισχώρηση νερού στις ρίζες (Ντάφης 1986). Όταν η διαπνοή είναι πολύ έντονη, το νερό αντλείται από τα υδατικά αποθέματα του κορμού· για το λόγο αυτό παρατηρείται ημερήσια διακύμανση στην υγρασία του ξύλου, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται τις πρώτες πρωινές ώρες και τις ελάχιστες το μεσημέρι.

Καθώς η διαπνοή και η πρόσληψη νερού βρίσκονται σε στενή αλληλεξάρτηση, επηρεάζονται από κοινούς παράγοντες. Επιπλέον, όμως, αυτών των παραγόντων, η πρόσληψη του νερού από το δένδρο επηρεάζεται από τη δομή και σύσταση του εδάφους, την προσροφητική ικανότητα του ριζικού συστήματος και τα διαθέσιμα εδαφικά διαλύματα.

Ροή του νερού μέσα στα δένδρα

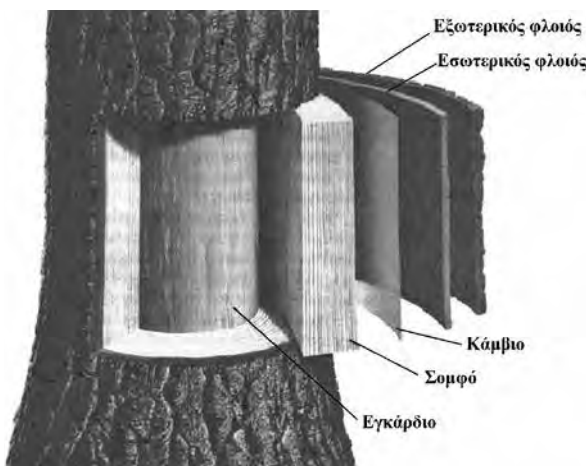
Η κίνηση του νερού από το έδαφος προς την κόμη των δένδρων γίνεται μέσω των αγωγών του σομφού (αγγεία ή τραχειίδες). Στα γυμνόσπερμα, τα κύτταρα που ειδικεύονται στην υδατική αγωγιμότητα ονομάζονται τραχειΐδες, τα άκρα των οποίων συνδέονται με τα βοθρία, ενώ στα αγγειόσπερμα η κίνηση του νερού γίνεται κυρίως μέσα από τα αγγεία (ή τραχείες), το μήκος των οποίων κυμαίνεται από 1 χιλιοστό μέχρι αρκετά μέτρα σε διαφορετικά είδη δένδρων (Zimmermann and Jeje 1981, Ewers et al. 1990). Οι τραχειΐδες είναι μικρότερες και στενότερες από τα αγγεία και κυμαίνονται, κατά μέσο όρο, από 2 χιλιοστά στο *Juniperus virginiana* μέχρι 6 χιλιοστά στη *Sequoia sempervirens* (Panshin and de Zeeuw 1980), με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο αποτελεσματικές στην αγωγιμότητα στοιχείων από τα αγγεία. Από την άλλη πλευρά, οι τρα-

χειΐδες είναι πιο αποτελεσματικές στην παγίδευση φυσαλίδων αέρα, γεγονός πολύ σημαντικό για την αποκατάσταση των στοιχείων μεταφοράς με εγκλωβισμένο αέρα (cavitated xylem elements) (Waring and Running 1998).

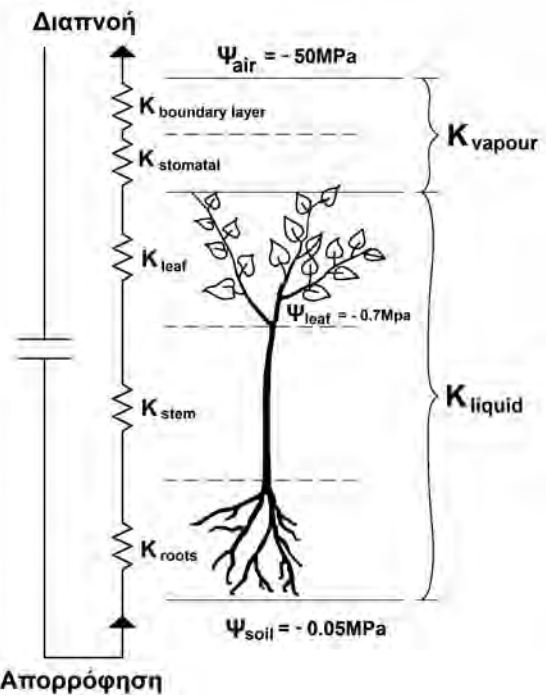
Η μεταφορά του νερού από τις ρίζες στην κόμη των δένδρων γίνεται μόνο μέσω του σομφού ξύλου. Το εγκάρδιο περιέχει κύτταρα τα οποία είναι γεμάτα με αέριο ή αδιαπέρατα προϊόντα του μεταβολισμού (Σχήμα 3).

Η κίνηση του νερού από το έδαφος προς την κόμη των δένδρων στηρίζεται σε αρχές ανάλογες με αυτές του νόμου του Ohm για τη ροή ηλεκτρισμού (ηλεκτρικό ανάλογο). Σύμφωνα με την αναλογία αυτή, η ροή του νερού από μια περιοχή Α σε μια άλλη Β (π.χ. από το έδαφος στην ατμόσφαιρα), F_{AB} , είναι ανάλογη του γινομένου της υδραυλικής αγωγιμότητας (K_{AB} , $kg\ s^{-1}\ MPa^{-1}$) της περιοχής αυτής και της διαφοράς υδατικού δυναμικού της δομής ($\Psi_A - \Psi_B$) (Σχήμα 4) (Tyree and Ewers 1991).

$$F_{AB} = K_{AB} (\Psi_A - \Psi_B) \quad (\text{Εξίσωση 2})$$



Σχήμα 3. Ανατομικά στοιχεία ενός κορμού δένδρου, όπου φαίνεται η θέση των μεγαλύτερων ιστών. Οι ιστοί περιλαμβάνουν τον εξωτερικό φλοιό (νεκρά κύτταρα), τον εσωτερικό φλοιό (φλοιώμα), το κάμβιο (μεριστικός ιστός που με διαίρεση των κυττάρων του παράγει ξύλο και φλοιό), το σομφό ξύλο (υδρο-αγώγιμο ξύλωμα) και το εγκάρδιο (εσωτερικός πυρήνας του ξυλώματος) (τροποποιημένο από: Barnes et al. 1998).

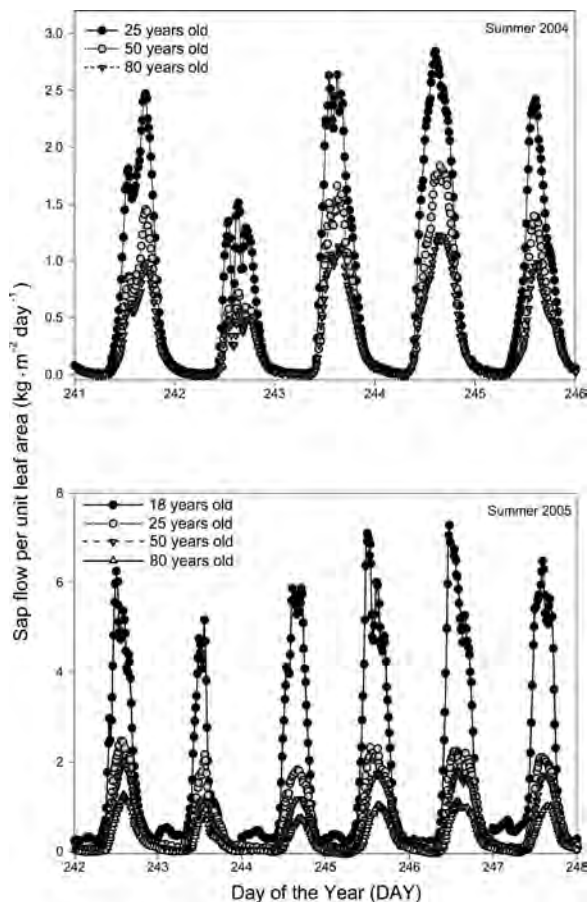


Σχήμα 4. Η συνολική αγωγιμότητα είναι η συνισταμένη αγωγιμότητα της ρίζας, του ξύλου, του ελάσματος του φύλλου, των στομάτων, των φύλλων και του οριακού στρώματος σε σειρά. Η ροή του νερού οδηγείται από τις διαφορές στο δυναμικό του νερού μεταξύ του εδάφους (Ψ_{soil}) και της ατμόσφαιρας (Ψ_{air}) (τροποποιημένο από: Tyree and Ewers 1991).

Παρότι στην παραπάνω εξίσωση θεωρείται ότι επικρατούν συνθήκες σταθερής κατάστασης στο φυτό, έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμη στη διερεύ-

νηση αλληλεξαρτήσεων μεταξύ της αγωγιμότητας των στομάτων, του υδατικού δυναμικού του εδάφους και των φύλλων και της υδραυλικής αγωγιμότητας των φυτών, όπως έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες (Meinzer and Grantz 1990, Sperry and Rockman 1993, Meinzer et al. 1997, Meinzer et al. 1999, Mencuccini and Comstock 1999, Comstock 2000).

Ωστόσο, η σταθερή κατάσταση στο φυτό δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί, επειδή οι μεταβολές στη διαπνοή του κατά τη διάρκεια της ημέρας επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, και το αποθηκευμένο νερό μέσα στο φυτό ποικίλει. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί η υδραυλική αγωγιμότητα ολόκληρου του φυτού, μέσω της μέτρησης της πυκνότητας ροής των φυτικών (ανιόντων) χυμών του (sapflow) σε διαφορετικές ώρες της ημέρας. Η ροή των φυτικών χυμών του δένδρου εμφανίζει ημερήσιες (Σχήμα 5) και εποχικές διακυμάνσεις και επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων, όπως το είδος του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης του, η θρεπτική του κατάσταση, τα οργανικά στοιχεία του εδάφους, κλιματικές παραμέτρους κ.ά.

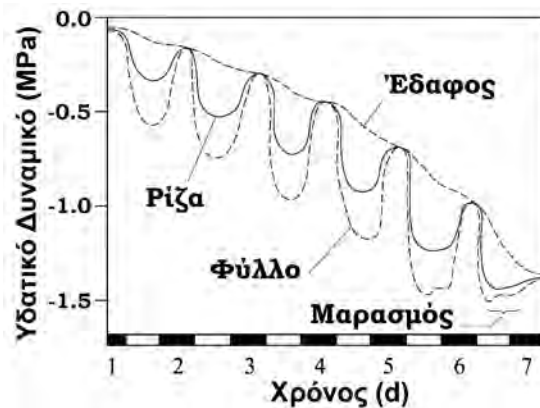


Σχήμα 5. Τυπική ημερήσια πυκνότητα ροής φυτικών χυμών του δένδρου ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης του, για δύο αυξητικές περιόδους (πηγή: Korakaki 2008).

Υδατική καταπόνηση

Η ανάπτυξη και επιβίωση των δένδρων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διαθεσιμότητα του νερού στο περιβάλλον. Η έλλειψη νερού προκαλεί μεταβολή (πτώση) της τιμής του υδατικού δυναμικού των κυττάρων του δένδρου, φαινόμενο το οποίο ονομάζεται υδατική καταπόνηση. Η υδατική καταπόνηση οφείλεται είτε στην περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού από το περιβάλλον, είτε στην ωσμωτική καταπόνηση των κυττάρων από υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων στο έδαφος.

Σε συνθήκες ξηρασίας, το υδατικό δυναμικό του ριζικού συστήματος, του εδάφους και των φύλλων, φθίνει διαρκώς (Σχήμα 6). Η μεγαλύτερη ημερήσια διακύμανση παρατηρείται στο υδατικό δυναμικό των φύλλων, καθώς τα φύλλα διαπνέουν εντατικά καθόλη τη διάρκεια της ημέρας. Το υδατικό ισοζύγιο δεν μπορεί να ανακάμψει κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε το μέγιστο υδατικό δυναμικό φθίνει σε συνάρτηση με το χρόνο (Kozlowski et al. 1991).



Σχήμα 6. Ημερήσια διακύμανση του υδατικού δυναμικού σε συνθήκες ξηρασίας (προποποιημένο από: Kozlowski et al. 1991).

Επιπλέον του μειούμενου υδατικού δυναμικού, η σχετική περιεκτικότητα σε νερό (RWC) και η σπαργή των κυττάρων είναι μειωμένες, ενώ οι συγκεντρώσεις των ιόντων και άλλων διαλυμένων ουσιών στα κύτταρα αυξάνονται, ελαττώνοντας έτσι το ωσμωτικό δυναμικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο των στομάτων στην επιφάνεια του φύλλου, το οποίο οδηγεί στην αύξηση των αντιστάσεων στη ροή των υδρατμών προς την ατμόσφαιρα, με σκοπό την οικονομία νερού στο φυτό. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα στόματα είναι πιο στενά συνδεδεμένα με τις μεταβολές της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος, συγκριτικά με την υδατική κατάσταση του φύλλου. Αυτό υποδηλώνει ότι τα στόματα ανταποκρίνονται σε

χημικά σήματα (π.χ. αμπισικό οξύ - ABA³) που παράγονται από τις αφυδατωμένες ρίζες, ενόσω η υδατική κατάσταση του φύλλου διατηρείται σταθερή (Gowing et al. 1990, Davies and Zang 1991).

Το κλείσιμο των στομάτων εμποδίζει την πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και, κατά συνέπεια, την αφομοίωσή του μέσω της φωτοσύνθεσης. Στο Σχήμα 7 που ακολουθεί διακρίνεται η μειούμενη φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών σε συνάρτηση με τη διάρκεια των ξηρικών συνθηκών.

Σε συνθήκες ξηρασίας μεταβάλλεται η φυσιολογία, μορφολογία, ανατομία και βιοχημεία του φυτού (Kozlowski and Pallardy 1997b). Το υδατικό έλλειμμα 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. Η ανάπτυξη των φύλλων και κλαδιών είναι πιο ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση από τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή. Συνεπώς, είναι δυνατό να περιοριστεί η ανάπτυξη ενός φυτού από την έλλειψη νερού, χωρίς να επηρεαστούν η φωτοσύνθεση και η επιβίωσή του.

Ευρύτερα στη Μεσογειακή λεκάνη, αλλά και στην Ελλάδα, η έλλειψη υγρασίας και η υψηλή εξατμισοδιαπνοή, κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, προκαλούν έντονη υδατική καταπόνηση στα περισσότερα είδη φυτών. Υπό αυτές τις δυσμενείς συνθήκες, η επιβίωση των φυτικών ειδών επιτυγχάνεται με την αξιοποίηση των μηχανισμών προσαρμογής που αυτά διαχρονικά έχουν αναπτύξει. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν συμβάλει στην υπάρχουσα ποικιλότητα των τύπων οικοτόπων που απαντώνται στη Μεσόγειο.

Τα αείφυλλα είδη και τα φρύγανα, τα οποία επικρατούν στα μεσογειακά οικοσυστήματα, έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς άμυνας σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, προκειμένου να

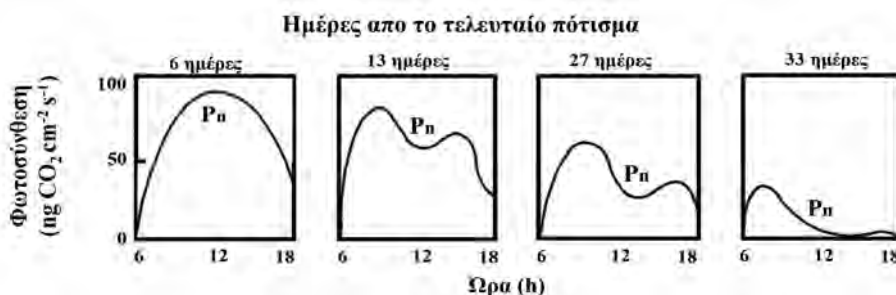
αντιμετωπίσουν την ξηρασία: φαινολογικές προσαρμογές, έλεγχο της υδατικής κατάστασης, μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά, τα οποία διαφοροποιούνται μεταξύ των ειδών. Για παράδειγμα, τα περισσότερα αείφυλλα σκληρόφυλλα είδη φέρουν μικρά, δερματώδη και παχιά φύλλα, τα οποία συνήθως έχουν μικρούς 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.

Επιπλέον, μηχανισμοί προσαρμογής στην ξηρασία αφορούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των φύλλων αείφυλλων ειδών, όπως ο μειωμένος λόγος επιφάνειας/όγκου, ο μειωμένος αριθμός στομάτων, μεγάλη συμμετοχή σκληροχυματικών ιστών, μεσημβρινή καταστολή της φωτοσύνθεσης κ.ά. Επίσης, στα φρύγανα παρατηρείται πυκνό στρώμα τριχώματος ή και κηρωδών ουσιών, ύπαρξη αδένων με αιθέρια έλαια, μερική φυλλόπτωση στο τέλος της υγρής περιόδου κ.ά.

Άλλοι προσαρμοστικοί μηχανισμοί των δένδρων είναι το κλείσιμο των στομάτων, η μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, η είσοδός τους σε ληθαργική κατάσταση, η διακίνηση ABA, η διακίνηση ανιόντων για λόγους ωσμωρύθμισης, απόπτωση οργάνων (κυρίως φύλλων) κ.ά.

Αύξηση, παραγωγικότητα και αποθήκευση άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα

Η αύξηση είναι, ως γνωστό, η ολοκληρωμένη απάντηση του δένδρου στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Από τα προϊόντα φωτοσύνθεσης μερικά καταναλώνονται για τις ανάγκες της αναπνοής και



Σχήμα 7. Ημερήσια διακύμανση της φωτοσύνθεσης σε συνθήκες ξηρασίας (τροποποιημένο από: Turner and Burch 1983).

³ Το αμπισικό οξύ (abscisic acid - ABA) είναι μια φυτοορμόνη η οποία προκαλεί κλείσιμο των στομάτων του φυτού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

τη διατήρηση της θερμοκρασίας των φυτικών οργανισμών, άλλα χρησιμοποιούνται για την αύξηση της βιομάζας και, τέλος, μερικά αποταμιεύονται.

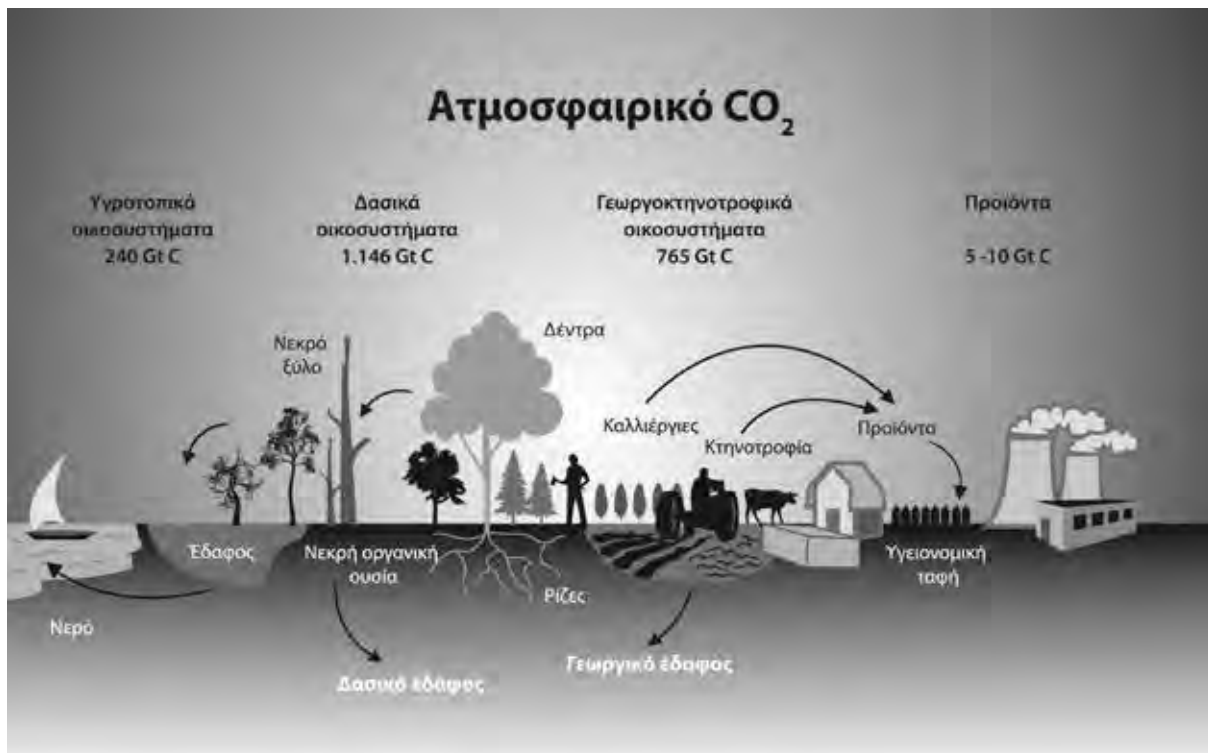
Ο άνθρακας δεσμεύεται στα μέρη των φυτών ή του εδάφους, γεγονός που αποτελεί και τη διαδικασία αποθήκευσης άνθρακα στο οικοσύστημα. Καθώς το δάσος αυξάνεται, είτε με επέκταση του δάσους (αύξηση της επιφάνειάς του) ή με την αύξηση της υπέργειας και υπόγειας βιομάζας, δημιουργεί μια αποθήκη-καταβόθρα (ή αλλιώς χοάνη) με τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα. Φαινόμενα αποδέσμευσης άνθρακα από τα δασικά οικοσυστήματα έχουμε λόγω των δασικών πυρκαγιών, της αποψίλωσης και της συσσώρευσης νεκρής βιομάζας, οπότε τα δάση πλέον λειτουργούν ως πηγή εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.

Βιογεωχημικός κύκλος του άνθρακα

Ο άνθρακας συναντάται σε πολλές μορφές και ανταλλάσσεται μεταξύ της ατμόσφαιρας, των ωκεανών και της γης, διαμορφώνοντας τον κύκλο του άνθρακα. Είναι το βασικό στοιχείο στο οποίο βασίζεται όλη η ζωή στη γη. Εμφανίζεται στην ατμόσφαιρα σε μικρή συγκέντρωση, κυρίως ως CO₂, αλλά επίσης ως CO και μεθάνιο. Υπάρχει διαλυμένο στους ωκεανούς και είναι κύριο στοιχείο του εδάφους, των ιζημάτων και των πετρωμάτων. Η

φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών δεσμεύει άνθρακα με τη μορφή του CO₂ από την ατμόσφαιρα και χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για τη μετατροπή του στις βασικές δομικές μονάδες της ζωής. Οι περισσότεροι από τους ζωντανούς οργανισμούς βασίζονται στην αποθηκευμένη χημική ενέργεια των ενώσεων άνθρακα για να στηρίξουν τις λειτουργίες της ζωής τους. Με την αναπνοή επιστρέφουν μέρος του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ως CO₂. Άνθρακας υπάρχει στα ζωντανά και νεκρά μέρη των φυτών στο έδαφος, με μια πληθώρα οργανικών ενώσεων.

Τα δάση καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στον πλανήτη και περιέχουν τα τρία τέταρτα του αποθηκευμένου άνθρακα στην επίγεια βλάστηση (Dixon et al. 1994). Αναλυτικά στο Σχήμα 8 φαίνεται ότι τα δασικά οικοσυστήματα περιέχουν 1.146 Gt άνθρακα, οι υδροβιότοποι 240 Gt C, τα γεωργοκτηνοτροφικά οικοσυστήματα 765 Gt, ενώ τα προϊόντα ξύλου μόνο 5-10 Gt (Apps 2003). Η έκταση των δασών θα ήταν μεγαλύτερη αν δεν ελαττωνόταν από ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα δάση έχουν έναν καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση του κύκλου του άνθρακα. Σημαντικό ποσοστό του ατμοσφαιρικού CO₂ δεσμεύεται από τα δάση και αποδεσμεύεται πάλι στην ατμόσφαιρα από την αναπνοή των δένδρων και την αποσύνθεση. Η αποτελεσματικότητα των δασών να δρουν ως αποθήκες άνθρακα οφείλεται σε μερικά ενδογε-



Σχήμα 8. Ο επίγειος κύκλος του άνθρακα (τροποποιημένο από: Apps 2003).

νή χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων αυτών. Ο άνθρακας παραμένει δεσμευμένος στα δένδρα για τη διάρκεια της ζωής τους, δηλαδή από 10 έως 500 χρόνια. Όταν ένα δένδρο νεκρώνεται ή χάνει μερικά κλαδιά, με τη φυσική αποκλάδωση, ή παρουσιάζει πτώση των φύλλων του, συνήθως κείται στον δασικό τάπητα και αποσυντίθεται σταδιακά από τα βακτήρια και τους μύκητες, και είτε εκλύεται με την αναπνοή στην ατμόσφαιρα ή μεταφέρεται στον εδαφικό άνθρακα. Άνθρακας επιστρέφει στην ατμόσφαιρα καθημερινά με την αναπνοή των οργανισμών του εδάφους, αλλά ο περισσότερος παραμένει σε πολύπλοκες χημικές μορφές για εκατοντάδες έως χιλιάδες χρόνια. Ο εδαφικός άνθρακας αποτελεί μια σημαντική αποθήκη άνθρακα. Γενικά, η ποσότητα του CO₂ η οποία αποδεσμεύεται στην ατμόσφαιρα είναι μικρότερη από αυτή που δεσμεύεται, καθώς μεγάλο μέρος του αποθηκεύεται στα δένδρα. Ο ρυθμός αποσύνθεσης δεν επηρεάζεται από την αύξηση της βιομάζας, και είναι μια από τις κύριες αιτίες που η δέσμευση του άνθρακα είναι πάντα μεγαλύτερη από την αποδέσμευση στην ατμόσφαιρα (De Angelis 2000).

Ο παγκόσμιος κύκλος του άνθρακα επηρεάζεται όμως από τις αποδασώσεις, όταν μεγάλες εκτάσεις δασών αποψιλώνονται ή καίγονται και αλλάζουν χρήση. Σύμφωνα με τους Dixon et al. (1994), το ποσοστό της αποψίλωσης των δασών ανέρχεται σε 150-170 χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα ανά έτος, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας παρατηρείται σε τροπικές περιοχές. Επίσης, έχει εκτιμηθεί ότι η παγκόσμια απώλεια δασών αντιστοιχεί σε ροή άνθρακα της τάξης των 0,9 Gt C ανά έτος, αν και οι περισσότερες αρχές πλέον εκτιμούν ότι είναι μεγαλύτερη και πιθανά ανέρχεται σε 2,0 Gt C ανά έτος (Grace 2001).

Μετά από μια δασική πυρκαγιά, ένας μεγάλος αριθμός δένδρων καίγεται και μεγάλη ποσότητα της βιομάζας μετατρέπεται σε CO₂ και εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια μιας δασικής πυρκαγιάς, 10-20% της δασικής βιομάζας καταστρέφεται. Η υπόλοιπη παραμένει ως νεκρή ιστάμενη βιομάζα. Τα νεκρά ιστάμενα δένδρα, όταν υλοτομούνται, διατηρούν δεσμευμένο τον άνθρακα σε μορφές δασικών προϊόντων - συνήθως αυτό είναι το 1/10 της ιστάμενης νεκρής βιομάζας. Το υπόλοιπο ιστάμενο νεκρό ξύλο αποσυντίθεται σταδιακά, αποδεσμεύει CO₂ στην ατμόσφαιρα ή εμπλουτίζει τον εδαφικό άνθρακα. Η φυσική αναγέννηση μετά τη φωτιά δεσμεύει ξανά CO₂ από την ατμόσφαιρα.

Οι βιομηχανικές κοινωνίες επίσης καταναλώνουν ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα για την κίνηση αυτοκινήτων, εργοστασίων

και θέρμανση σπιτιών, και αποδίδουν στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα. Τα ορυκτά καύσιμα είναι η βιομάζα που συσσωρεύτηκε σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές, με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα φυτών και δένδρων, και μετατράπηκε, υπό την επίδραση του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης, σε ορυκτά καύσιμα. Για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιούμε τα προϊόντα του άνθρακα τα οποία αποθηκεύτηκαν για χιλιάδες έτη και, έτσι, επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αλλάζουν ποσοτικά μερικές από τις ροές του άνθρακα και αλλάζουν την ισορροπία του παγκόσμιου κύκλου του άνθρακα, και απελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες C στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων.

Υπάρχουν γρήγορες και αργές μετακινήσεις μεταξύ της μίας ή της άλλης δεξαμενής του κύκλου του άνθρακα. Κάθε μετακίνηση αφαιρεί άνθρακα από μια δεξαμενή και προσθέτει σε μία άλλη. Οι μετακινήσεις αυτές απελευθερώνουν άνθρακα σε αέρια μορφή στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη θέρμανση του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Ο γρήγορος κύκλος του άνθρακα περιλαμβάνει τη μετακίνηση του άνθρακα διαμέσου των ζωντανών μορφών ζωής, δηλαδή της βιόσφαιρας. Μεταξύ 10¹⁵ και 10¹⁷ g (1.000 έως 100.000 εκατομμύρια τόνοι ή 1-100 Gt) άνθρακα μετακινούνται κάθε χρόνο. Τα φυτά και το φυτοπλαγκτόν είναι τα κύρια συστατικά του γρήγορου κύκλου. Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί για να αποδεσμευθεί ο άνθρακας από τη βλάστηση και να επιστρέψει στην ατμόσφαιρα. Σε όλες τις περιπτώσεις των μηχανισμών, οξυγόνο ενώνεται με τα σάκχαρα και εκλύονται νερό, διοξείδιο του άνθρακα και ενέργεια. Στους μηχανισμούς αυτούς συγκαταλέγονται η αναπνοή ανθρώπων και ζώων, η αποσύνθεση φυτών και φυτοπλαγκτού (με τη δράση των βακτηρίων) και οι δασικές πυρκαγιές. Σε όλες τις περιπτώσεις, το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται καταλήγει στην ατμόσφαιρα. Ο γρήγορος κύκλος του άνθρακα είναι συνδεδεμένος με τη ζωή των φυτών, έτσι ώστε η αυξητική περίοδος των φυτών να διακρίνεται από τις διακυμάνσεις του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Στο βόρειο ημισφαίριο, το χειμώνα, όταν μόνο λίγα φυτικά είδη εξακολουθούν να αναπτύσσονται και η αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων επιταχύνεται, κυρίως σε περιοχές όπου το επιτρέπουν οι θερμοκρασιακές συνθήκες, η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνεται. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης, όταν αρχίζει εκ νέου η αυξητική περίοδος των φυτών, η συγκέντρωση του CO₂ ελαττώνεται.

Ο αργός κύκλος του άνθρακα περιλαμβάνει μια σειρά από χημικές αντιδράσεις και τεκτονικές δραστηριότητες. Ο άνθρακας χρειάζεται στον κύκλο αυτόν 100-200 εκατομμύρια χρόνια για να μετακινηθεί από τα πετρώματα και το έδαφος στους ωκεανούς και στην ατμόσφαιρα. Κατά μέσο όρο, 10^{13} έως 10^{14} g (10-100 εκατομμύρια τόνοι ή 0,01-0,1 Gt) άνθρακα μετακινούνται μέσω του αργού κύκλου κάθε έτος. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκκλύουν στην ατμόσφαιρα 10^{15} g C ετησίως, ενώ κατά τον γρήγορο κύκλο άνθρακα, 10^{16} έως 10^{17} g C (Lal 2008). Η μετακίνηση άνθρακα από την ατμόσφαιρα στη λιθόσφαιρα αρχίζει με τη βροχή. Ο άνθρακας με το νερό σχηματίζουν ένα ελαφρύ οξύ (carbonic acid) που πέφτει στην επιφάνεια της γης. Το οξύ διαβρώνει τα πετρώματα και αποδεσμεύει ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο, και οι ποταμοί μεταφέρουν τα ιόντα στους ωκεανούς.

Ο κύκλος του άνθρακα στη γη διατηρεί τη θερμοκρασία του πλανήτη σχετικά σταθερή, λειτουργώντας ως θερμοστάτης. Αυτός ο θερμοστάτης λειτουργεί ως μέρος του αργού κύκλου του άνθρακα. Για μικρότερα χρονικά διαστήματα, από δέκα ως εκατό χιλιάδες χρόνια, η θερμοκρασία της γης μπορεί να διαφέρει. Έτσι, πράγματι, στη γη εμφανίζονται παγετώδεις περίοδοι, και μεταξύ αυτών θερμά διαστήματα σε αυτήν την κλίμακα χρόνου.

Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα δένδρα και τα δασικά οικοσυστήματα άμεσα και έμμεσα. Στις άμεσες επιδράσεις της αυξημένης συγκέντρωσης CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι η αύξηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης και η μείωση της διαπνοής (Poorter and Navas 2003). Η αύξηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης οφείλεται στην καταστολή της οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης και στην αύξηση εφοδιασμού με CO_2 από το υπόστρωμα (substrate supply), ενώ η μείωση της διαπνοής οφείλεται στο μερικό κλείσιμο των στομάτων των φύλλων (Lambers et al. 1998). Η διαδικασία αυτή αφορά ειδικά την κατηγορία των C_3 φυτών, στην οποία ανήκουν τα περισσότερα δασικά είδη (Ραδόγλου 1989, Eamus and Ceulemans 2001), τα οποία φαίνεται να ανταποκρίνονται πιο έντονα από άλλα φυτικά είδη στην αυξημένη ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO_2 (Jarvis 1989, Karnosky 2003). Σε βάθος χρόνου, η επίδραση στη φυσιολογία και στην ανάπτυξη του φυτού δεν είναι τόσο ξεκάθαρη. Για παράδειγμα, η αυξημένη ανάπτυξη των φυτών υπό συνθήκες αυξημένου ατμοσφαιρικού CO_2 μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φυτών με μεγαλύτερη φυλ-

λική επιφάνεια και, ενδεχομένως, τη μείωση κατανάλωσης νερού που δημιουργήθηκε στη φυλλική επιφάνεια ή την ακύρωσή της (Field et al. 1995, Samarakoon and Giggord 1996). Δευτερεύουσες αλλαγές στη μορφολογία, κατανομή και χημική σύσταση μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών (Poorter et al. 1997). Η αύξηση των δένδρων μπορεί να μην είναι ανάλογη της φωτοσύνθεσης, διότι άλλοι περιοριστικοί παράγοντες (όπως διαθεσιμότητα νερού ή αζώτου) μπορεί να γίνουν πιο σημαντικοί. Η φωτοσύνθεση αυξάνει κατά 50-60% σε κωνοφόρα και πλατύφυλλα είδη όταν δεν υπάρχουν καταπονήσεις, και η αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης CO_2 επιταχύνει την αύξηση των δένδρων, ιδιαίτερα σε νεαρή ηλικία. Η αύξηση της συγκέντρωσης CO_2 προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων, ελαττώνοντας την απώλεια νερού από τη διαπνοή (Medlyn et al. 2001). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της δέσμευσης του άνθρακα ανά μονάδα καταναλισκόμενου νερού που ονομάζεται «αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού» (water use efficiency). Έχει αναφερθεί, ακόμα, αύξηση της υπόγειας βιομάζας και περισσότερο αναπτυγμένο ριζικό σύστημα σε δένδρα που μεγάλωσαν σε αυξημένη ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO_2 . Αυτό ενδέχεται να βοηθά τα δένδρα να εκμεταλλευτούν καλύτερα το εδαφικό νερό και να προσεγγίζουν βαθύτερα στρώματα εδάφους, πράγμα που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη Μεσογειακή περιοχή.

Οι έμμεσες συνέπειες για τα δασικά οικοσυστήματα θα προέλθουν μέσω των κλιματικών αλλαγών και από την επίδραση που θα έχουν στα οικοσυστήματα η αύξηση της θερμοκρασίας και η μεταβολή της κατανομής των βροχοπτώσεων. Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει μεν τη φωτοσύνθεση, αλλά τα δένδρα έχουν μια σημαντική ικανότητα να προσαρμόζονται στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και να λειτουργούν ακόμα και κάτω από ακραίες υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, αν υπάρχει διαθέσιμο εδαφικό νερό. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία μειώνεται, η διαπνοή αυξάνεται ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της συνολικής διαπνοής των συστάδων. Αν, όμως, τα στόματα κλείσουν ως ανταπόκριση στην αύξηση του CO_2 ή αν υπάρχει μείωση στο ημερήσιο εύρος θερμοκρασιών, τότε η διαπνοή μπορεί να μειωθεί, και οι συνολικές απαιτήσεις σε νερό να ελαττωθούν σημαντικά.

Ο ρυθμός αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι πιθανόν να επιταχυνθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας· έτσι, θα υπάρχουν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία διαθέσιμα στα δένδρα. Αυτό μπορεί να αυξήσει τη φωτοσύνθεση, ιδιαίτερα σε οικοσυστήματα που είχαν έλλειψη θρεπτι-

κών στοιχείων. Όλοι οι παράγοντες που αναφέρονται παραπάνω βρίσκονται σε ισχυρή αλληλεπίδραση. Για τις ίδιες κλιματικές αλλαγές και για ένα συνδυασμό αύξησης θερμοκρασίας και των συγκεντρώσεων του CO₂, η φωτοσύνθεση μπορεί να διαφοροποιείται, αναλόγως των τύπων των δασικών οικοσυστημάτων σε σχέση με το υδατικό ή θρεπτικό έλλειμμα που εμφανίζουν οι περιοχές.

Διαφορετικές ζώνες βλάστησης έχουν διαφορετικούς περιοριστικούς παράγοντες στην παραγωγικότητα των δασών σε σχέση με τις κλιματικές μεταβολές. Στη νότια Ευρώπη και στη λεκάνη της Μεσογείου προβλέπεται ότι οι κλιματικές αλλαγές θα προκαλέσουν υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, με αποτέλεσμα την ένταση των ξηροθερμικών συνθηκών. Οι αναμενόμενες αλλαγές, όμως, μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από τόπο σε τόπο και από έτος σε έτος (Körner et al. 2005).

Στη Μεσόγειο, η διαθεσιμότητα του νερού είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που περιορίζει την αύξηση των δένδρων· έτσι προβλέπεται ότι η αύξηση και η παραγωγικότητα των δασικών οικοσυστημάτων θα μειωθεί εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών. Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα δασικά οικοσυστήματα θα ανταποκριθούν με μείωση της δέσμευσης άνθρακα από την ατμόσφαιρα, που θα προκαλέσει μείωση της παραγωγής βιομάζας. Είναι πιθανόν η ξηρασία να μειώσει την παραγωγικότητα σε ευαίσθητα είδη όπως η οξιά (*Fagus sylvatica*), ενώ άλλα είδη, όπως τα ξηρόφυλλα δρυοδάση, να εμφανιστούν περισσότερο ανθεκτικά σε ξηροθερμικές συνθήκες. Τέτοιες συνθήκες αναμένεται να επηρεάσουν και τη σύνθεση των δασών.

Εκτός από τη διαθεσιμότητα του νερού, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων παίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη, δομή και εξάπλωση των μεσογειακών οικοσυστημάτων (Sardans et al. 2008). Ο φώσφορος και το άζωτο είναι περιοριστικοί παράγοντες αυτών των οικοσυστημάτων (Fernández et al. 2006). Οι βιολογικές διεργασίες και η λειτουργία του οικοσυστήματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις αλλαγές του ατμοσφαιρικού αέρα, τη θερμοκρασία του εδάφους, τη συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού CO₂ και την ξηρασία. Η προοδευτική μείωση στο διαθέσιμο άζωτου-φωσφόρου, λόγω της αύξησης της βιομάζας από την αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂, μπορεί να έχει ως επακόλουθο τη μείωση του αποθηκευμένου άνθρακα. Η απελευθέρωση άνθρακα κατά τη μικροβιακή αποσύνθεση είναι διαδικασία που παρουσιάζει ευαισθησία στην αλλαγή της θερμοκρασίας και στις υδατικές συνθήκες και, συνεπώς, επηρεάζεται από την κλιματική

αλλαγή (Andresen et al. 2010). Γενικά, ο ρυθμός της νιτροποίησης, ο ρυθμός μετατροπής σε ανόργανη μορφή (mineralization) του αζώτου και του φωσφόρου και η απώλεια του ανόργανου αζώτου εντείνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας (van Meeteren et al. 2008). Κατά συνέπεια, η πιθανή ένταση της κινητοποίησης των θρεπτικών στοιχείων (απαραίτητης για την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής) λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, θα οδηγήσει στην αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων άνθρακα από χερσαίους οργανισμούς. Όμως, η ξηρασία ενδέχεται να φέρει τα αντίθετα αποτελέσματα σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αποτελέσματα μοντέλων που συμπεριλαμβάνουν οικοσυστήματα από διαφορετικές κλιματικές ζώνες προέβλεψαν τη μείωση της πρωτογενούς παραγωγικότητας, της αναπνοής και της μετατροπής του άνθρακα σε ανόργανη μορφή σε εύκρατα οικοσυστήματα (mesic ecosystems) (Gerten et al. 2008).

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται επίσης να επηρεάσει την κατανομή των ειδών. Βιοκλιματικοί θύλακες (συνθήκες στις οποίες κάποιο είδος μεγαλώνει άριστα) θα μετακινηθούν βόρεια ή σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Εξαιτίας της μεταβολής στο εύρος των θερμοκρασιών, της μείωσης της εδαφικής υγρασίας και της περίσσειας του CO₂, ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών αναμένεται να περιοριστεί και να απλοποιηθούν τα μεσογειακά οικοσυστήματα. Η αλλαγή της δυναμικής του ανταγωνισμού των ειδών θα επηρεάσει σημαντικά τις μεικτές συστάδες και τα φυσικά οικοσυστήματα. Σε σύντομα χρονικά διαστήματα θα επηρεαστούν τα φυσικά όρια εξάπλωσης των δασικών ειδών, καθώς αλλάζουν τα θερμότερα και ξηρότερα όρια εξάπλωσής τους. Σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα αναμένεται να παρατηρηθεί μετανάστευση ειδών. Έτσι, η δασική πεύκη πιθανόν να εκλείψει από τις νοτιότερες περιοχές εξάπλωσής της στη χώρα μας. Η οξιά και άλλα πλατύφυλλα είδη θα μετακινηθούν βορειότερα, ενώ τα ψυχρόδρια αναμένεται να ανέλθουν. Στη Μεσογειακή περιοχή οι δασικές πυρκαγιές θα αυξηθούν και θα θίγουν ψηλότερα καταναμεμένα οικοσυστήματα, και πιθανόν να οδηγήσουν στο σχηματισμό περισσότερων θαμνώνων αείφυλλων πλατύφυλλων και υποβαθμισμένων, γενικώς, οικοσυστημάτων.

Εν κατακλείδι, η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα θα αλλάξει το κλίμα της γης και τον κύκλο του άνθρακα. Τα δασικά οικοσυστήματα θα δεχτούν σημαντικές πιέσεις, θα υποχρεωθούν σε συνθετικές και λειτουργικές μεταβολές αμφίβολης χρονικής διάρκειας και, ενδεχομένως, να οδηγήσουν σε μεγάλες απώλειες. Κατ'επέκταση, οι διαχειριστικοί στόχοι θα πρέπει να προσαρμοστούν στη διατήρηση υγιών δασών, ώστε να επιτελούν το φυ-

σικό τους ρόλο, εν προκειμένω να δεσμεύουν CO₂ μέσω της φωτοσύνθεσης και να το αποθηκεύουν ως βιομάζα. Αντίστοιχα θα πρέπει να προσαρμοστούν τα διαχειριστικά μέτρα, ώστε τα δάση να προστατεύονται αποτελεσματικά από τις πυρκαγιές, η εκμετάλλευση του ξύλου και της βιομάζας να ακολουθεί τις αρχές της αειφορίας, η αποκατάσταση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων να είναι μόνιμη μέριμνα, όπως επίσης και η προστασία τους από τις πιθανές αλλαγές χρήσης.

Βιβλιογραφία

A. Ελληνική

Καράταγλης, Σ. 1992. Φυσιολογία Φυτών. Art of Text, Θεσσαλονίκη.

Κωνσταντινίδου, Ε.-Ι.Α. 2002. Φυσιολογία φυτού. Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ.

Λιαρικός, Κ., και Ε. Κορακάκη (επιμ. έκδοσης) 2010. Το αβέβαιο μέλλον των ελληνικών δασών. Αποτελέσματα από το πρόγραμμα του WWF Ελλάς «Το Μέλλον των Δασών», WWF Ελλάς, Αθήνα.

Ντάφης, Σ. 1986. Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Ραδόγλου, Κ. 1989. Άμεσες συνέπειες της αύξησης της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO₂ στα δένδρα και στα δασικά οικοσυστήματα. Σελ. 55-72 στο Πρακτικά Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Βελτίωση της Παραγωγικότητας στην Ελληνική Δασοπονία», Δράμα, 4-7 Οκτωβρίου 1989. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα.

Ραδόγλου, Κ. 1995. Εποχιακή μεταβολή της φωτοσύνθεσης σε δενδρύλλια φυσικής αναγέννησης χαλεπίου πεύκης και των ειδών της υποβλάστησης. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ. (Τόμος αφιερωμένος στον ομότιμο καθηγητή Σπ. Αθ. Ντάφη) ΔΗ/1:284-301.

B. Ξενόγλωσση

Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, and A. Shvidenko. 2007. Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Pages 541-580 in M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson, editors. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Andresen, L., A. Michelsen, S. Jonasson, I. Schmidt, T. Mikkelsen, P. Ambus, and C. Beier. 2010. Plant nutrient mobilization in temperate heathland responds to elevated CO₂, temperature and drought. *Plant Soil* 328:381-96.

Apps, M.J. 2003. Forests, the global carbon cycle and climate change. Pages 139-147 in: Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), editors. Proceedings (Vol. b) of the XII World Forestry Congress, 21-28 September 2003, Quebec, Canada.

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

Ceulemans, R., and B. Saugier. 1991. Photosynthesis. Pages 21-50 in A.S. Raghavendra, editor. *Physiology of Trees*. John Wiley & Sons., New York.

Comstock, J. 2000. Variation in hydraulic architecture and gas exchange in two desert sub-shrubs, *Hymenoclea salsola* and *Ambrosia dumosa*. *Oecologia* 125:1-10.

Davies, W.J., and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology* 42:55-76.

De Angelis, P., K.S. Chigwerewe, and G.E.S. Mugnossa. 2000. Litter quality and decomposition in a CO₂ enriched Mediterranean forest ecosystem. *Plant and Soil* 224:31-41.

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

Eamus, D., and R. Ceulemans. 2001. Effects of greenhouse gases on the gas exchange of forest trees. Pages 17-56 in D.F. Kornosky, R. Ceulemans, J.L. Scarascia – Mugnozza, and J.L. Innes, editors. *The impact of carbon dioxide and other greenhouse gases on forest ecosystems*. CABI Press, Wallingford.

Ewers, F.W., J.B. Fisher, and S.T. Chiu. 1990. A survey of vessel dimensions in stems of tropical lianas and other growth forms. *Oecologia* 84:544-552.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. *Global Forest Resource Assessment 2005: Progress towards sustainable forest management* FAO Forestry Paper 147. Rome.

Fernández, M., C. Novillo, and J.A. Pardos, 2006. Effects of water and nutrient availability in *Pinus pinaster* Ait. Open pollinated families at an ear-

- ly age: growth, gas exchange and water relations. *New Forest* 31:321-342.
- Field, C.B., R.B. Jackson, and H.A. Mooney. 1995. Stomatal responses to increased CO₂: implications from the plant to the global scale. *Plant, Cell and Environment* 18:1214-25.
- Fischlin, A., G.F. Midgley, J.T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M.D.A. Rounsevell, O.P. Dube, J. Tarazona, and A.A. Velichko. 2007. Ecosystems, their properties, goods, and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Pages 211-272 in M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, editors. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gerten, D., Y. Luo, G. Le Maire, W.J. Partons, C. Keough, E. Weng, C. Beier, P. Ciais, W. Cramer, J.S. Dukes, P.J. Hanson, A.A.K. Knapp, S. Linder, D. Nepstad, L. Rustad, and A. Sowerby. 2008. Modeled effects of precipitation on ecosystem carbon and water dynamics in different climatic zones. *Global Change Biology* 14:1-15.
- Gowing, D.J.G., W.J. Davies, and H.G. Jones. 1990. A positive root source signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus domestica*. *Journal of Experimental Botany* 41:1535-1540.
- Grace, J. 2001. Carbon cycle. Pages 609-629 in S.A. Levin, editor. *Encyclopedia of Biodiversity* 1. Academic Press, San Diego, USA. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. A report of working group I of IPCC. Available from <http://www.ipcc.ch/> (accessed on December 2011).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and A. Reisinger (eds) IPCC. Geneva, Switzerland.
- Jarvis, P.G. Atmospheric carbon dioxide and forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences* 324:369-392.
- Karnosky, D.F. 2003. Impact of elevated atmospheric CO₂ on forest trees and forest ecosystems: knowledge gaps. *Environment International* 29: 161-169.
- Korakaki, E. 2008. The role of size and age in the physiological ecology of Scots pine and poplar trees. PhD Thesis. Institute of Atmospheric and Environmental Sciences, School of GeoSciences, Edinburgh University, Edinburgh.
- Körner, C., D. Sarris, and D. Christodoulakis. 2005. Long-term increase in climatic dryness in the East Mediterranean as evidenced for the island of Samos. *Regional Environment Change* 5:27-36.
- Kozlowski, T.T., and S.G. Pallardy. 1997a. *Growth control in woody plants*. Academic Press, San Diego.
- Kozlowski, T.T., and S.G. Pallardy. 1997b. *Physiology of Woody Plants*. 2nd edition. Academic Press, San Diego.
- Kozlowski, T.T., P.J. Kramer, and S.G. Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, San Diego.
- Kramer, P.J. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, Florida.
- Lambers, H., F.S. Chapin III, and T.L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer, New York.
- Lal, R. 2008. Sequestration of atmospheric CO₂ in global carbon pools. *Energy and Environmental Science* 1:86-100.
- Larcher, W. 1980. *Physiological Plant Ecology*. 2nd, totally revised edition. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- Medlyn, B.E., C.N.V. Barton, M.S.J. Broadmeadow, R. Ceulemans, P. DeAngelis, and M. Forstreuter. 2001. Stomatal conductance of forest species after long-term exposure to elevated CO₂ concentration: a synthesis. *New Phytologist* 149:247-64.
- Meinzer, F.C., J.L. Andrade, G. Goldstein, N.M. Holbrook, J. Cavelier, and P. Jackson. 1997. Control of transpiration from the upper canopy of a tropical forest: the role of stomatal, boundary layer and hydraulic architecture components. *Plant, Cell and Environment* 20:1242-1252.
- Meinzer, F.C., G. Goldstein, A.C. Franco, M. Bustamante, E. Iglar, P. Jackson, and P.W. Rundel. 1999. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. *Functional Ecology* 13:273-282.
- Meinzer, F.C., and D.A. Grantz. 1990. Stomatal and hydraulic conductance in growing sugarcane: stomatal adjustment to water transport capacity. *Plant, Cell and Environment* 13:383-388.
- Melillo, J.M., D.A. Mc Guire, D.W. Kichlighter, B. Moore, C.J. Vorosmarty, and A.L. Schoss. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature* 363:234-240.
- Mencuccini, M., and J. Comstock. 1999. Variability in hydraulic architecture and gas exchange of common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under well-watered conditions: interactions with

- leaf size. *Australian Journal of Plant Physiology* 26:115-124.
- Panshin, A.J., and C. De Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology*, 4th edition. McGraw-Hill, New York.
- Poorter H., and M.-L. Navas. 2003. Plant growth and competition at elevated CO₂: on winners, losers and functional groups. *New Phytology* 157: 175-98.
- Poorter, H., Y. van Berkel, B. Baxter, J. den Hertog, P. Dijkstra, R.M. Gifford, K.L. Griffin, C. Roumet, J. Roy, and S.C. Wong. 1997. The effect of elevated CO₂ on the chemical composition and construction costs of leaves of 27 C3 species. *Plant, Cell and Environment* 20:472-82.
- Radoglou, K.M. 1996. Environmental control of CO₂ assimilation rates and stomatal conductance in five oak species growing under field conditions in Greece. *Annals of Forest Science* 53:269-278.
- Raftoyannis, Y., and K. Radoglou. 2002. Physiological response of beech and sessile oak in a natural mixed stand during a dry summer. *Annals of Botany* 89:723-730.
- Samarakoon, A.B., and R.M. Gifford. 1996. Water Use and Growth of Cotton in Response to Elevated CO₂ in Wet and Drying Soil. *Australian Journal of Plant Physiology* 23:63-74.
- Sardans, J., J. Peñuelas, and M. Estiarte. 2008. Changes in soil enzymes related to C and N cycle and in soil C and N content under prolonged warming and drought in a Mediterranean shrubland. *Applied Soil Ecology* 39:223-35.
- Schaer, C., P.L. Vidale, D. Luthi, C. Frei, C. Haberli, M.A. Liniger, and C. Appenzeller. 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427:332-336.
- Seneviratne, S.I., D. Luthi, M. Litschi, and C. Schaer. 2006. Land-atmosphere coupling and climate change. *Nature* 443:205-209.
- Sperry, J.S., and W.T. Pockman. 1993. Limitation of transpiration by hydraulic conductance and xylem cavitation in *Betula occidentalis*. *Plant, Cell and Environment* 16:279-287.
- Turner, N.C., and G.J. Burch. 1981. The role of water in plants. Pages 73-126 in I. D. Teare, and M.M. Peer, editors. *Crop-water relations*. Wiley Interscience, New York.
- Tyree, M.T., and F.W. Ewers. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist* 119:345-360.
- Van Meeteren, M.J.M., A. Tietema, E.E. van Loon, and J.M. Verstraten. 2008. Microbial dynamics and litter decomposition under a changed climate in a Dutch heathland. *Applied Soil Ecology* 38: 119-127.
- Van Straalen, N.M., and D. Roelofs. 2006. *An introduction to ecological genomics*. Oxford University Press, Oxford.
- Waring, R.H., and S.W. Running. 1998. *Forest Ecosystems. Analysis at multiple scales*. Academic Press, San Diego.
- Zimmermann, M.H., and A.A. Jeje. 1981. Vessel-length distribution in stems of some American woody plants. *Canadian Journal of Botany* 59: 1882-1892.

6. Το έδαφος στα δάση

Παναγιώτης Μιχόπουλος, Αναστάσιος Οικονόμου

Τα δασικά εδάφη αποτελούν πολύτιμο φυσικό πόρο των χερσαίων οικοσυστημάτων. Ο μεγάλος χρόνος δημιουργίας τους αποδεικνύει και τη δυσκολία ανανέωσης στην περίπτωση διατάραξής τους. Η δασική εδαφολογία αποτελεί πλήρη επιστημονικό κλάδο και μία περίληψή της αποτελεί ιδιαίτερα δύσκολο έργο. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κυριότερες έννοιες της δασικής εδαφολογίας, με εστίαση, βέβαια, στην ελληνική πραγματικότητα.

Λέξεις κλειδιά: δασικά εδάφη, πέτρωμα, ιδιότητες εδαφών, θρεπτικά στοιχεία, κλιματική αλλαγή

Τι είναι το δασικό έδαφος;

Έδαφος είναι το χαλαρό υλικό της επιφάνειας της γης όπου τα φυτά αναπτύσσονται. Αυτός είναι ο πλέον απλός και σύντομος ορισμός του εδάφους. Ένας ευρύτερος ορισμός ορίζει το έδαφος ως το χαλαρό υλικό (ανόργανο και οργανικό) της γης που υπόκειται και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως το μητρικό υλικό (πέτρωμα), το κλίμα, οργανισμούς παντός είδους, την τοπογραφία και το χρόνο στον οποίο οι προηγούμενοι παράγοντες άσκησαν την επίδρασή τους (SSSA 1973). Στη γεωργία ο άνθρωπος επηρεάζει το έδαφος σε μεγάλο βαθμό με την καλλιέργειά του (όργωμα, λίπανση κ.λπ.). Αντίθετα, τα δασικά εδάφη επηρεάζονται κυρίως από δασοκομικούς χειρισμούς και σε ορισμένες περιπτώσεις από λιπάνσεις, κυρίως σε ταχυναυξείς συστάδες (φυτείες). Το κύριο χαρακτηριστικό των δασικών εδαφών είναι ο δασικός τάπητας που προέρχεται από τη φυλλάδα και άλλα νεκρά υλικά των δένδρων. Σε ένα γεωργικό έδαφος ο τάπητας απουσιάζει, εξαιτίας της επεξεργασίας του εδάφους από τον άνθρωπο. Ωστόσο, και για τα δασικά εδάφη υπάρχουν διαφορετικές απόψεις από τους εμπλεκόμενους. Στη δασοπονία το έδαφος είναι ο φυσικός πόρος, ενώ τα δένδρα είναι απλώς η σοδειά. Για τη δασική οικολογία το έδαφος είναι ένα από τα σπουδαιότερα συστατικά των δασικών οικοσυστημάτων, καθώς συμμετέχει στη σταθερότητα και δυναμική τους.

Γένεση των δασικών εδαφών

Τα δασικά εδάφη δημιουργούνται από τα πετρώματα της επιφάνειας της γης. Η δημιουργία αυτή είναι πολύ αργή και διαρκεί εκατοντάδες χρόνια. Η αρχική διεργασία είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων. Η αποσάθρωση είναι ταυτόχρονα καταστροφή του αρχικού υλικού και σύνθεση νέου. Η πρώτη φάση αποτελείται από τη θραύση των πετρωμάτων με την επίδραση φυσικών δυνάμεων όπως θερμότητας, πάγου, νερού και ανέμου. Η δεύτερη αποτελείται από χημικές διεργασίες. Οι χημικές διεργασίες αρχίζουν με τη δράση του νερού και, στη συνέχεια, με την επίδραση του ανθρακικού οξέος που δημιουργείται από τη διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό. Το διοξείδιο του άνθρακα προέρχεται είτε από την ατμόσφαιρα είτε από την αναπνοή των μικροοργανισμών και των ριζών στο έδαφος. Νερό και ανθρακικό οξύ αντιδρούν χημικά με τα πετρώματα, αλλάζουν τη σύνθεσή τους και δημιουργούν νέα ορυκτά. Όσο ανθεκτικό είναι ένα πέτρωμα στη χημική αποσάθρωση, τόσο λιγότερες νέες συνθέσεις δημιουργούνται ή προκύπτουν. Με την πάροδο του χρόνου, το αρχικό υλικό των πετρωμάτων θρυμματίζεται, και με τη χημική αποσάθρωση ελευθερώνονται θρεπτικά συστατικά στο εδαφικό διάλυμα. Οι πρώτοι οργανισμοί που αποικούν ένα έδαφος είναι τα βακτήρια που δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο, καθώς και λειχήνες που προσλαμβάνουν το άζωτο από το νερό της βροχής. Το άζωτο είναι

στοιχείο που δεν υπάρχει στα πετρώματα. Με το θάνατό τους και την αποσύνθεση οι οργανισμοί αυτοί εμπλουτίζουν το νεαρό έδαφος με θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία και το κάνουν κατάλληλο για την εγκατάσταση ποών, θάμνων και δενδρώδους βλάστησης. Η νέα βλάστηση επιταχύνει την αποσάθρωση του εδάφους με την έκκριση οργανικών οξέων στην περιοχή των ριζών. Η κλίση της πλαγιάς μιας περιοχής παίζει επίσης βασικό ρόλο. Τα προϊόντα της αποσάθρωσης μεταφέρονται με την επίδραση της βαρύτητας και του νερού προς τα κατόπη και σχηματίζουν βαθύτερα εδάφη σε σχέση με τα υψηλότερα σημεία. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι παράγοντες που συντελούν καθοριστικά στο σχηματισμό των δασικών εδαφών είναι η φύση του μητρικού πετρώματος, το κλίμα, οι μικροοργανισμοί, η τοπογραφία μιας περιοχής και ο χρόνος μέσα στον οποίο όλοι οι παράγοντες αλληλεπιδρούν.

Όσο παλαιότερο είναι ένα έδαφος, τόσες περισσότερες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται σε μία εγκάρσια διατομή του (εδαφικό προφίλ). Οι διαφοροποιήσεις αυτές εκφράζονται με την ύπαρξη στρώματων (οριζόντων) το κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες. Σε ένα εδαφικό προφίλ μπορούμε να διακρίνουμε τα παρακάτω κύρια στρώματα ή οριζόντες: τον οργανικό οριζόντα, τον A, τον B και τον C οριζόντα. Ο οργανικός οριζόντας, χαρακτηριστικό των δασικών εδαφών, αποτελείται από μη αποσυντεθειμένη φυλλάδα (L στρώμα), μερικώς αποσυντεθειμένη (F στρώμα) και πλήρως αποσυντεθειμένη φυλλάδα (H στρώμα). Στην πλήρως αποσυντεθειμένη φυλλάδα δεν μπορεί να γίνει διάκριση στην προέλευση των φυτικών υπολειμμάτων. Ο οργανικός οριζόντας ενός δασικού εδάφους είναι το πιο δραστήριο βιολογικά μέρος του. Εκεί συναντάται η μεγαλύτερη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και η μεγαλύτερη πυκνότητα θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Ο οριζόντας A έχει σκοτεινότερο χρώμα από τους υποκείμενους οριζόντες, εξαιτίας της περιεκτικότητάς του σε οργανική ουσία. Ο A οριζόντας έχει και αυτός μεγάλη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων (λιγότερη, βέβαια, του οργανικού) και έχει μεγάλη σπουδαιότητα στη θρέψη των φυτών. Ο B οριζόντας έχει καφέ ή και κόκκινο χρώμα και χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση οξειδίων του αργιλίου και του σιδήρου. Ο C οριζόντας έχει ανοιχτό χρώμα και η βιολογική του δραστηριότητα είναι μικρή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να υπάρξουν περισσότεροι ή λιγότεροι οριζόντες από αυτούς που προαναφέρθηκαν.



Φωτογραφία 1. Προφίλ εδάφους με βλάστηση φυλλοβόλου δρυός στην περιοχή της Οσσας.

Κατηγορίες μητρικού υλικού των εδαφών

Από τους παράγοντες γένεσης των εδαφών, το μητρικό υλικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα ελληνικά δασικά εδάφη, περισσότερο από ό,τι στα αντίστοιχα γεωργικά. Ο πρώτος λόγος είναι το βαθύ ριζικό σύστημα των δασικών δένδρων· ο δεύτερος είναι η μικρή ηλικία των ελληνικών δασικών εδαφών. Σε παλαιά εδάφη, όπως αυτά των τροπικών δασών, το μητρικό υλικό δεν παίζει ιδι-



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Εδάφη από αποσάθρωση σκληρών ασβεστολιθών 32%
- Εδάφη από αποσάθρωση μεταμορφωμένων πετρωμάτων 16%
- Εδάφη από αποσάθρωση τριπογενών 21%
- Εδάφη από αποσάθρωση φλύσχης 9%
- Εδάφη από αποσάθρωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων 2%
- Εδάφη από αποσάθρωση όξινων πυριγενών πετρωμάτων (γρανιτών) 3%
- Αλλουβιακά εδάφη 17%

Εικόνα 1. Ομαδοποιημένες (ή γενικές) κατηγορίες των πετρωμάτων της χώρας (πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1992).

αίτερο ρόλο λόγω της ισχυρής έκπλυσης των εδαφικών οριζόντων από τα θρεπτικά στοιχεία τους.

Το μητρικό υλικό των εδαφών ταξινομείται σύμφωνα με τη γεωλογική του ιστορία ως πυριγενές, μεταμορφωμένο ή ιζηματογενές (Παπαμίχης 1985).

Τα πυριγενή πετρώματα προέρχονται από την ψύξη του μάγματος. Αργή ψύξη του μάγματος έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία χονδρόκοκκων πλουτωνικών πετρωμάτων, όπως ο γρανίτης, οι γρανοδιორίτες, οι περιδοτίτες και οι γάβροι, ενώ γρήγορη ψύξη οδηγεί στη δημιουργία λεπτόκοκκων ηφαιστειακών πετρωμάτων ή γυαλιού, όπως οι τραχείτες, λιπαρίτες, βασάλτες, ανδεσίτες, η κίσηρη και ο οψιδιανός.

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα είναι το αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής πίεσης που ασκείται σε ιζηματογενή και πυριγενή πετρώματα, με αποτέλεσμα τη μεταμόρφωσή τους σε άλλα πετρώματα με διαφορετικές ιδιότητες από τα αρχικά. Τα κυριότερα μεταμορφωμένα πετρώματα είναι τα μάρμαρα, οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι και οι γενέσιοι. Οι αργιλικό σχιστόλιθοι προέρχονται από απόθεση και συμπίεση πηλωδών και αργιλωδών ιζημάτων.

Τα ιζηματογενή πετρώματα είναι τα πιο σημαντικά, καθώς αυτά επικαλύπτουν τους περισσότερους πυριγενείς και μεταμορφωσιγενείς σχηματισμούς. Τα πετρώματα αυτά προέρχονται από την αποσάθρωση πυριγενών και μεταμορφωσιγενών που μεταφέρθηκαν και εναποτέθηκαν στις εκβολές ποταμών ή στο βυθό λιμνών και θαλασσών. Ανθρακικά πετρώματα προέρχονται από αποθέσεις ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου, συνήθως σε θαλάσσια περιβάλλοντα, και τελική συμπίεση σε σκληρό πέτρωμα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες). Άλλες κοινές μορφές ανθρακικών πετρωμάτων είναι οι μάργες (άργιλος και ανθρακικό ασβέστιο), ενώ έχουμε και ηφαιστειακά ιζήματα (ηφαιστειακοί τόφφοι και θηραϊκή γη). Οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και τα λατυποπαγή πετρώματα προέρχονται από απόθεση και συμπίεση χονδρόκοκκων υλικών. Χαλαρά υλικά απροσδιόριστης προέλευσης, αλλουβιακά, αποθέσεις πλαγιών κ.ά., εμπιπτουν και αυτά σε αυτήν την κατηγορία υλικών.

Τα εδάφη της χώρας είναι αλλουβιακά (προερχόμενα από αποθέσεις ποταμών) στο επίπεδο πεδινό τμήμα, και αυτόχθονα στο λοφώδες και ορεινό, προερχόμενα, στη δεύτερη περίπτωση, από την επιτόπου αποσάθρωση των διαφόρων κατηγοριών μητρικού υλικού του εδάφους (πετρώματος). Η ανάλυση των κατηγοριών που ακολουθεί στηρίζεται στη διαπίστωση ότι στην Ελλάδα, προκειμένου περί αυτόχθονων εδαφών, οι ιδιότητες και

η παραγωγικότητά τους καθορίζεται, σε μεγάλο βαθμό, από τη φύση και τις ιδιότητες του υποκείμενου μητρικού υλικού (Οικονόμου κ.ά. 2007). Τα στοιχεία προέρχονται, κυρίως, από την επεξεργασία των πληροφοριών του έργου της ταξινόμησης, χαρτογράφησης και αξιολόγησης των γαιών της χώρας, οι τεχνικές προδιαγραφές του οποίου έγιναν από τον Νάκο (1991).

Εδάφη από σκληρούς ασβεστόλιθους. Οι ασβεστόλιθοι είναι σκληρυνθείσες αποθέσεις (ιζήματα) αργίλου, άμμου και κρυπτοκρυσταλλικού πυριτίου, εμπλουτισμένες με ανθρακικό ασβέστιο και άλλα ορυκτά. Το ανθρακικό κλάσμα προέρχεται από ασβεστούχους σκελετούς ή όστρακα μαλακίων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών και, σε ορισμένες περιπτώσεις, και από χημικά ιζήματα ανθρακικού ασβεστίου. Η σχετική τους σκληρότητα, καθώς και η περιεκτικότητα αργίλου και άλλων ορυκτών, είναι παράγοντες που καθορίζουν την παραγωγική ικανότητά τους. Είναι αποθέσεις της Μεσοζωικής γεωλογικής περιόδου. Καλύπτουν το 27,41% της χώρας, με τη μεγαλύτερη εμφάνιση στις περιοχές της νότιας Ελλάδας και της Ηπείρου, ήτοι Κρήτη, Πελοπόννησο, Αττική, Βοιωτία, Ήπειρο, ως και στην κεντρική και νότια Πίνδο, όπου εμφανίζονται μαζί με φλύσχη. Το ανάγλυφο των ασβεστολιθικών περιοχών είναι συνήθως έντονο, με μέτριες και ισχυρές κλίσεις. Το έδαφος είναι προϊόν χημικής, κυρίως, αποσάθρωσης των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και απαντάται, συνήθως, σε σχισμές, θύλακες, αλλά και στην επιφάνεια του μητρικού πετρώματος.

Τα εδάφη αυτής της προέλευσης είναι αργιλοπηλώδη έως αργιλώδη, ελαφρά αλκαλικά έως ελαφρά όξινα ($pH \cong 7,5-6,5$) και καλά εφοδιασμένα με μεταλλικά κατιόντα. Στις χαμηλότερες ξηρές περιοχές έχουν χρώμα κοκκινωπό, ενώ στις ψηλότερες το χρώμα γίνεται σκοτεινό κόκκινο έως ορφνό, στις υπαλπικές περιοχές, λόγω και της αυξημένης ποσότητας οργανικής ουσίας που περιέχουν.

Εδάφη από τριτογενείς αποθέσεις. Η ευρεία αυτή κατηγορία μητρικού υλικού του εδάφους περιλαμβάνει θαλάσσια και λιμναία ή και χερσαία (ποτάμια), χαλαρά κυρίως αλλά και συμπαγή (κροκαλοπαγή) ιζήματα, καθώς και ηφαιστειακούς τόφφους με χαρακτηριστικό ανάγλυφο, της Τριτογενούς αλλά και της Τεταρτογενούς γεωλογικής περιόδου, εκτός από τα πρόσφατα αλλουβια. Καλύπτουν το 23,27% της έκτασης της χώρας και εμφανίζονται σε μεγάλη συχνότητα στην Κρήτη, στους νομούς Λακωνίας, Κορινθίας, Αχαΐας και Ηλείας, Αττικής, Βοιωτίας, στη Βόρεια Εύβοια, Γρεβενά, Καστοριά, Χαλκιδική, Λήμνο, Δράμα και στο νομό Έβρου.

Το ανάγλυφο των περιοχών από τριτογενείς αποθέσεις είναι συνήθως λοφώδες, με ελαφρές και μέτριες κλίσεις. Δίνουν εδάφη, κατά κανόνα, βαθιά, με ποικίλη υφή, όξινα ($pH < 7$) ή αλκαλικά ($pH > 7$). Τα τελευταία περιέχουν μεγάλες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου. Μεγάλες εκτάσεις αυτής της κατηγορίας των εδαφών καλλιεργούνται γεωργικά στις χαμηλότερες κυρίως περιοχές ή είναι βοσκότοποι χωρίς μέτρα προστασίας, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν, κατά θέσεις, φαινόμενα διάβρωσης ή φέρουν δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης, φυλλοβόλων δρυών και ορεινών κωνοφόρων, καθώς και πλατύφυλλων.

Εδάφη από αλλούβια. Οι πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις (πεδιάδες) καλύπτουν το 14,72% της έκτασης της χώρας και έχουν ως ακολούθως: Θεσσαλικός κάμπος, πεδιάδα της κεντρικής Μακεδονίας, πεδιάδα του ποταμού Στρυμόνα και της Δράμας, πεδιάδα της Ξάνθης και της Κομοτηνής, ως και αυτή του Έβρου. Μικρότερες σε έκταση είναι αυτές του Αγρινίου, Μεσολογγίου, Ηλείας, Κωπαΐδας, Μεσσηνίας, Αργολίδας και άλλες.

Η κατηγορία αυτή δίνει σχεδόν επίπεδα εδάφη, κατά κανόνα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, βαθιά και ποικίλης υφής. Είναι τα πλέον ενδεδειγμένα εδάφη για εντατική γεωργική εκμετάλλευση.

Εδάφη από γνεύσιους. Οι γνεύσιμοι είναι έντονα μεταμορφωμένα πετρώματα χωρίς εμφανή σχιστότητα, στην τυπική τους μορφή. Καταλαμβάνουν το 5,95% της έκτασης της χώρας. Είναι περισσότερο διαδεδομένοι στη βόρεια Ελλάδα και κυρίως σε περιοχές των νομών Ξάνθης, Χαλκιδικής και στα όρη της Ροδόπης. Οι περιοχές που καταλαμβάνονται από γνεύσιους παρουσιάζουν σχετικά έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο, με μέτριες και απότομες κλίσεις. Τα εδάφη τους είναι προΐοντα φυσικής, κυρίως, αποσάθρωσης, έχουν αρκετό βάθος, αμμώδη υφή και όξινη χημική αντίδραση ($pH < 6$).

Τα εδάφη των γνευσίων παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στη διάβρωση, με αποτέλεσμα να φέρουν, κατά θέσεις, αβαθή εδάφη και χαραδρωτικές διαβρώσεις. Γνευσιακές περιοχές χωρίς υποβάθμιση φέρουν κλειστά και καλής ποιότητας δάση οξιάς, ερυθρελάτης, μαύρης και δασικής πεύκης, καθώς και φυλλοβόλων δρυών.

Εδάφη από γρανίτη. Ο γρανίτης είναι όξινο πυριγενές πέτρωμα. Τα εδάφη από γρανίτη καταλαμβάνουν το 3,46% της έκτασης της χώρας και συναντώνται δυτικά της Φλώρινας στα όρη Βαρνούς και Βέρνο, στα όρη Βροντούς, στην περιοχή Αρναίας (όρος Χολομώντας), στη χερσόνησο της Σιθωνίας και του Αγίου Όρους, στα όρη της Δυτικής Ροδόπης και με μικρότερες εμφανίσεις στα

νησιά Σαμοθράκη, Ικαρία, Μύκονο, Σέριφο και Νάξο. Έχουν αμμοπηλώδη έως αμμώδη υφή και όξινη χημική αντίδραση ($pH < 6$). Φέρουν αξιόλογα δάση οξιάς, ερυθρελάτης, μαύρης και δασικής πεύκης και φυλλοβόλων δρυών. Όπου τα εδάφη αυτά έχασαν την προστατευτική δασική βλάστηση, παρουσιάζουν συνήθως φαινόμενα χαραδρωτικής διάβρωσης και έντονη υποβάθμιση.

Εδάφη από σχιστόλιθους. Οι σχιστόλιθοι είναι μεταμορφωμένα πετρώματα των οποίων ο βαθμός μεταμόρφωσης διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Έχουν σχιστώδη ή φυλλοειδή δομή (διάταξη) και χαρακτηρίζονται, ανάλογα με το ορυκτό που κυριαρχεί στη σύνθεσή τους, ως μαρμαρυγιακοί, χλωριτικοί, ταλκικοί κ.λπ.

Η παραγωγική ικανότητα των εδαφών από σχιστόλιθους επηρεάζεται σημαντικά από τη φύση, δομή και χημική σύσταση του μητρικού υλικού, το βαθμό αποσάθρωσής του, αλλά και από την κατεύθυνση των στρώσεών του που, όταν είναι οριζόντιες, εμποδίζουν τη διείσδυση του νερού και των ριζών, σε αντίθεση με τις κατακόρυφες ή ισχυρά κεκλιμένες στρώσεις. Τα εδάφη από σχιστόλιθους καταλαμβάνουν το 7,6% της έκτασης της χώρας και συναντώνται στη δυτική Κρήτη, στον Πάρωνα, στον Ταΰγετο, στο Πήλιο, στην Όσσα, στα όρη Οξιάς και Ζάρκου, στον κάτω Όλυμπο, στα Καμβούνια, στο όρος Βαρνούς, στο Βόρα και αλλού. Οι σχιστολιθικές περιοχές έχουν σχετικά έντονο ανάγλυφο, με μέτριες και απότομες κλίσεις. Έχουν σχετικά μεγάλο βάθος, πηλώδη υφή και όξινη χημική αντίδραση ($pH < 6$). Φέρουν αξιόλογα δάση, κυρίως οξιάς, μαύρης και δασικής πεύκης, καθώς και φυλλοβόλων δρυών.



Φωτογραφία 2. Συστάδα οξιάς σε έδαφος από μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο στην περιοχή της Όσσας.

Εδάφη από περιδοτίτες. Οι περιδοτίτες είναι βασικά πυριγενή πετρώματα, πλούσια σε μαγνήσιο και ορισμένα βαριά μέταλλα (χρώμιο, νικέλιο), αλλά φτωχά σε ασβέστιο και κάλιο. Η κατηγορία αυτή μητρικού υλικού του εδάφους κατα-

λαμβάνει το 3,55% της έκτασης της χώρας. Έχει τη μεγαλύτερη εμφάνιση στη βόρεια Πίνδο (νομοί Γρεβενών, Καστοριάς), στο νομό Φθιώτιδας, καθώς και στην Εύβοια και τη Χαλκιδική. Το ανάγλυφο των περιδοτιτών είναι έντονο, με απότομες κλίσεις, και εδάφη συνήθως πηλώδη, όξινα ($\text{pH} < 7$) και μετρίου βάθους. Εδάφη αυτής της κατηγορίας φέρουν δάση μαύρης πεύκης και φυλλοβόλων δρυών, καθώς και αειθαλείς θάμνους.

Εδάφη από φλύσχη. Ο φλύσχος είναι ιζηματογενής σχηματισμός αποτελούμενος από εναλλασσόμενες στρώσεις αμμώδους, πηλώδους ή αργιλώδους υλικού, ποικίλου πάχους και συχνότητας εμφάνισης. Χαρτογραφικά, διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες: τον ψαμμιτικό, τον αργιλικό και το μεικτό φλύσχη. Στις περισσότερες των περιπτώσεων ο φλύσχος έχει χαρτογραφηθεί ως μεικτός (5,72%), διότι αποτελείται από τις παραπάνω δύο κύριες κατηγορίες, σε τέτοια εμφάνιση και μίξη, που να μην είναι δυνατός ο διαχωρισμός του χαρτογραφικά.

Τα εδάφη από φλύσχη καλύπτουν το 10,18% της έκτασης της χώρας (5,72%, 2,84% και 1,55%, μεικτός, ψαμμιτικός και αργιλικός, αντίστοιχα). Ο φλύσχος απαντάται κυρίως στην οροσειρά της Πίνδου και της δυτικής Ελλάδας, γενικότερα, και επίσης στην κεντρική και δυτική Πελοπόννησο και στη νήσο Ρόδο. Το ανάγλυφο των περιοχών από φλύσχη είναι λοφώδες και ορεινό, με μέτριες κλίσεις. Τα εδάφη από φλύσχη είναι αρκετά βαθιά, όταν προστατεύονται με φυσική βλάστηση, έχουν πηλώδη έως αργιλώδη υφή και όξινη αντίδραση ($\text{pH} < 7$). Στη Φωτογραφία 3 απεικονίζεται θαμνώδης βλάστηση σε έδαφος από φλύσχη στην περιοχή της Αμφιλοχίας.



Φωτογραφία 3. Θαμνώδης βλάστηση σε έδαφος από φλύσχη στην περιοχή της Αμφιλοχίας.

Εδάφη από κολλούβια. Τα κολλούβια (και οι παλιές σάρρες) είναι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί ανάμεικτοι από λιθάρια και γαιώδες υλικό, που αποσπάστηκαν από τα υψηλότερα σημεία

των πλαγιών και μετακινήθηκαν προς τα χαμηλότερα σημεία του ανάγλυφου, με τη δράση κυρίως της βαρύτητας και του νερού. Τα εδάφη από κολλούβια καλύπτουν περιορισμένη έκταση, 2,35%, εκ των οποίων 1,45% είναι κολλούβια ασβεστολίθων, 0,53% φλύσχη, 0,15% σχιστόλιθου, 0,12% γνεύσιου κ.λπ. Τοπικά παρουσιάζουν κάποιο γεωργικό ενδιαφέρον επειδή πρόκειται για βαθιά και με ήπιες κλίσεις εδάφη.

Λοιπές κατηγορίες. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις δολίνες, τους αλλουβιακούς κώνους, τις κοίτες των ποταμών και τις σάρρες, και καλύπτει το 1,51% της έκτασης της χώρας. Παρουσιάζουν κάποιο ενδιαφέρον σε τοπικό επίπεδο, αλλά μικρό ενδιαφέρον από οικονομικής πλευράς, σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.

Φυσικές ιδιότητες των δασικών εδαφών

Α. Μηχανική σύσταση. Το έδαφος είναι συνδυασμός σωματιδίων ανόργανων και οργανικών. Οι διαστάσεις των σωματιδίων ποικίλουν. Στην εδαφολογία τα σωματίδια κατατάσσονται σύμφωνα με τις διαστάσεις τους σε τρία κλάσματα· στην άμμο, με διαστάσεις 2-0,02 mm, στην ιλύ, με διαστάσεις 0,02-0,002 mm και, τέλος, στην άργιλο, με διαστάσεις μικρότερες από 0,002 mm. Τα σωματίδια της άργιλου είναι ιδιαίτερα σημαντικά, διότι οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό της άργιλου. Ανάλογα με τη μηχανική σύσταση, τα εδάφη κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως αμμοπηλώδη, αργιλώδη κ.λπ. Για τα γεωργικά εδάφη, η μηχανική σύσταση είναι σημαντικότερη από τα δασικά, γιατί από αυτήν εξαρτάται και η διαχείριση των εδαφών. Στα δασικά εδάφη υπάρχει πληθώρα λίθων και χαλικιών και, παρόλα αυτά, οι ρίζες των δένδρων μπορούν και διεισδύουν για να πάρουν θρεπτικά στοιχεία.

Β. Δομή του εδάφους. Τα διάφορα σωματίδια ενώνονται σε συσσωματώματα και σχηματίζουν μία ορισμένη δομή. Η δομή του εδάφους είναι αποτέλεσμα φυσικών και χημικών διεργασιών. Η συγκολλητική ουσία των σωματιδίων είναι άλλοτε η οργανική ουσία και άλλοτε τα οξειδία του σιδήρου και του αργιλίου. Η ύπαρξη δομής είναι πολύ σημαντική, διότι από αυτήν εξαρτάται η κίνηση του αέρα και του νερού στο έδαφος.

Γ. Το πορώδες του εδάφους. Το πορώδες του εδάφους είναι το ποσοστό του εδάφους που καταλαμβάνεται από κενούς χώρους. Το ποσοστό αυτό έχει σχέση με τη δομή και τη μηχανική σύσταση

του εδάφους. Ένα έδαφος με σταθερή δομή έχει αρκετούς κενούς χώρους, οπότε η κίνηση του νερού και του αέρα γίνεται ανεμπόδιστα. Ωστόσο, η κατανομή των πόρων έχει μεγαλύτερη σημασία από το ολικό πορώδες του εδάφους. Ένα έδαφος με μεγάλο πορώδες και μόνο μεγάλους πόρους χάνει εύκολα νερό. Αντίθετα, ένα έδαφος μόνο με μικρούς πόρους συγκρατεί το νερό με ισχυρές δυνάμεις και φράσσει διεξόδους για το οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα που δημιουργείται από την αναπνοή των μικροοργανισμών. Το ιδανικό έδαφος έχει μεγάλους πόρους μεταξύ των συσσωματωμάτων, και μικρούς εντός αυτών.

Χημικές ιδιότητες των δασικών εδαφών

Μία βασική ιδιότητα των εδαφών είναι η όξινη ή βασική αντίδρασή τους, δηλαδή το pH. Το pH είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα. Αποτελεί μία παράμετρο που μετράται εύκολα και δίνει μία πρώτη εικόνα της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων. Εδάφη με $\text{pH} > 7$ θεωρούνται αλκαλικά, ενώ εδάφη με $\text{pH} < 7$ θεωρούνται όξινα. Χαμηλό pH σημαίνει αυξημένη κινητικότητα των ιχνοστοιχείων αλλά και των βαρέων μετάλλων και μείωση της διαθεσιμότητας ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου και φωσφόρου. Υψηλό pH σημαίνει χαμηλή διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων και του φωσφόρου και υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου, συχνά σε ανταγωνισμό με το μαγνήσιο.

Η συγκράτηση των κατιόντων από τα εδάφη είναι επίσης σπουδαία χημική ιδιότητα. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στα αρνητικά φορτία που υπάρχουν τόσο στην οργανική ουσία όσο και στα κολλοειδή της αργίλου. Χωρίς αυτήν την ιδιότητα, τα θρεπτικά στοιχεία θα εκπλένονταν από το νερό και θα χάνονταν για πάντα από τα δασικά οικοσυστήματα. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται «Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων» και μετράται σε όλα τα εδαφολογικά εργαστήρια.

Πανίδα και μικροχλωρίδα των δασικών εδαφών

Το έδαφος αποτελεί ένα τεράστιο βιολογικό εργαστήριο. Χωρίς τους μικροοργανισμούς δεν θα υπήρχε διάσπαση των οργανικών ενώσεων και, συνεπώς, απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων που δεν βρίσκονται σε αφθονία στα ανόργανα εδάφη. Η πανίδα αποτελείται από τα μικρά θηλαστικά, έντομα, γεωσκώληκες και αρθρόποδα, νη-

ματώδεις και πρωτόζωα. Η δράση της πανίδας συνίσταται στο κομμάτισμα της φυλλάδας και στο ανακάτεμά της με το ανόργανο έδαφος. Η μικροχλωρίδα αποτελείται από τέσσερις ομάδες: τα βακτήρια, τους ακτινομύκητες, τους μύκητες και τα άγη. Όλοι αυτοί οι μικροοργανισμοί διασπών τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις σε απλούστερες και, τελικά, σε ανόργανες, που είναι και αφομοιώσιμες από τα φυτά. Μία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα κατηγορία βακτηρίων για τα δασικά εδάφη είναι αυτή που περιέχει βακτήρια ικανά να δεσμεύσουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Το άζωτο δεν είναι συστατικό του ανόργανου εδάφους και, ταυτόχρονα, είναι απαραίτητο συστατικό σε όλους τους οργανισμούς. Δεν είναι υπερβολή ότι όλα τα έμβια όντα χρωστούν την ύπαρξή τους σε αυτά τα βακτήρια. Για τα δασικά φυτά, τα σπουδαιότερα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια είναι εκείνα που σχηματίζουν συμβίωση με τις ρίζες ορισμένων δασικών ειδών, όπως η ακακία και το σκλήθρο (Pritchett and Fisher 1987). Μία από τις σπουδαιότερες συμβιώσεις μεταξύ των ριζών και μικροοργανισμών είναι εκείνη με ορισμένα είδη μυκήτων. Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται μυκώριζα και έχει πολύ μεγάλη σημασία για την επιβίωση των δασικών φυτών. Με τη μυκώριζα οι ρίζες αποκτούν πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια και μήκος και μπορούν να εκμεταλλευτούν βάθη εδάφους που διαφορετικά θα ήταν αδύνατο. Η συμβίωση αυτή είναι ωφέλιμη και για τα δύο μέρη. Το φυτό προμηθεύει υδατάνθρακες στο μύκητα και ο μύκητας θρεπτικά στοιχεία. Ειδικότερα, σε φτωχά εδάφη, η πρόσληψη φωσφόρου είναι δυνατή μόνο με τη δημιουργία μυκώριζας (Harley and Smith 1983). Τα μυκώριζα φυτά προσλαμβάνουν επίσης περισσότερο άνθρακα από τα φυτά που δεν σχηματίζουν μυκώριζα, γιατί διατηρούν ανοιχτά τα στόματα στην επιφάνεια των φύλλων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια ξηρασίας. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σπουδαίο για τα δασικά φυτά που διατηρούν φύλλα όλο το χρόνο. Ο άνθρακας αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση ή τη διατήρηση του φυτού (Allen 1996).

Θρέψη δασικών φυτών

Τα δασικά φυτά, όπως και όλα τα φυτά, χρειάζεται να προσλαμβάνουν ορισμένα στοιχεία από το έδαφος για τη διατήρηση και αύξησή τους. Για να γίνει η πρόσληψη των στοιχείων θα πρέπει αυτά να εισέλθουν στο εδαφικό διάλυμα και, στη συνέχεια, να δεσμευθούν από τις ρίζες των φυτών. Μερικά στοιχεία απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες και άλλα σε λιγότερες. Τα πρώτα ορίζονται ως μακροστοιχεία και τα δεύτερα ως ιχνοστοιχεία. Τα μακροστοιχεία είναι: ασβέστιο, μαγνήσιο, κά-

λιο, άζωτο, θείο, φώσφορος και τα ιχνοστοιχεία είναι: σίδηρος, μαγγάνιο, ψευδάργυρος, χαλκός, βόριο, μολυβδένιο, κοβάλτιο και χλώριο. Από όλα τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν, τα δασικά φυτά, στην εύκρατη ζώνη, εξαρτώνται κυρίως από τη διαθεσιμότητα του αζώτου. Το άζωτο στο έδαφος υπάρχει σε τρεις αφομοιώσιμες μορφές: σε αμμωνιακό άζωτο, σε νιτρικό άζωτο και σε οργανικό άζωτο. Σε όξινα εδάφη η πλέον διαθέσιμη μορφή είναι το αμμωνιακό άζωτο, ενώ σε αλκαλικά εδάφη το νιτρικό. Η πρόσληψη αζώτου σε οργανική μορφή έχει επιβεβαιωθεί σε ψυχρά κλίματα (Raab et al. 1996) αλλά δεν έχει γίνει σχετική έρευνα στα μεσογειακά εδάφη.

Η θρέψη των δασικών φυτών θα ήταν αδύνατη χωρίς τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων. Στη γεωργία γίνεται απόληψη της φυτικής βιομάζας και ενίσχυση της γονιμότητας των εδαφών με λιπάσματα. Τα δασικά φυτά, αντίθετα, είναι μόνα τους και πρέπει να τα βγάλουν πέρα με όλες τις εδαφικές συνθήκες. Ο κύκλος των θρεπτικών στοιχείων μεταβάλλεται από χρόνο σε χρόνο σε νεαρές συστάδες, αλλά σε ώριμα δάση είναι σταθερός (Cole and Rapp 1981) και για το λόγο αυτό αποτελεί δείκτη υγείας ενός δασικού οικοσυστήματος. Η διαχείριση των δασών επηρεάζει τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων και συνεπώς πρέπει να γίνεται λελογισμένα και με βάση τα μοντέλα που έχουν επαληθευτεί και βαθμονομηθεί (Blanco et al. 2005).

Κύκλος θρεπτικών στοιχείων σε δασικά οικοσυστήματα

Για να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα του κύκλου θρεπτικών στοιχείων στα δασικά οικοσυστήματα θα πρέπει να γίνει πρώτα κατανοητή η ροή της ενέργειας γενικά στα οικοσυστήματα. Οι άνθρωπινες αισθήσεις αντιλαμβάνονται την ύπαρξη φυτών, ζώων και όλων των συστατικών των οικοσυστημάτων, αλλά δεν αντιλαμβάνονται τη ροή της ενέργειας μέσω αυτών. Όλοι οι οργανισμοί είναι το αποτέλεσμα συσσώρευσης ηλιακής ενέργειας συνδεδεμένης με μερικά χημικά στοιχεία που προέρχονται από την ατμόσφαιρα και το έδαφος. Η αρχή της ζωής έγινε με το συνδυασμό ηλιακής ενέργειας και ατόμων των χημικών στοιχείων. Χωρίς την ενέργεια, τα άτομα δεν θα μπορούσαν να σχηματίσουν οργανικά μόρια απαραίτητα στη ζωή και, αντίστροφα, χωρίς τα άτομα αυτά, η ηλιακή ενέργεια δεν θα μπορούσε να δεσμευτεί και να χρησιμοποιηθεί για τη ζωή. Στα οργανικά μόρια που σχηματίζονται, δεσμεύονται τα θρεπτικά στοιχεία τα απαραίτητα για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, η δε μελέτη της κατανομής και της δυναμικής αυτών των θρεπτικών στοιχείων

είναι το κύριο αντικείμενο ενός κλάδου της οικολογίας της βιογεωχημείας (Kimmins 1996).

Ο κύκλος των θρεπτικών στοιχείων στα οικοσυστήματα είναι πολύπλοκος. Μερικά στοιχεία ανακυκλώνονται μεταξύ ατμόσφαιρας και οργανισμών, ενώ άλλα μεταξύ εδάφους και οργανισμών ή και σε συνδυασμό των δύο. Υπάρχει επίσης ένας εσωτερικός κύκλος στοιχείων εντός των φυτών και ζώων. Με βάση τις διαφορές αυτές, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κύκλους στοιχείων στα οικοσυστήματα:

1. Το γεωχημικό κύκλο που είναι ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ οικοσυστημάτων, π.χ. μεταφορά στοιχείων μέσω ανέμου και εναπόθεσή τους σε δάσος, είτε με την επίδραση της βαρύτητας, είτε με βροχή. Ο γεωχημικός κύκλος περιλαμβάνει και απώλειες στοιχείων από τα οικοσυστήματα, π.χ. οι απώλειες στοιχείων από ένα δάσος μέσω του νερού της απορροής.
2. Το βιογεωχημικό κύκλο που είναι ανταλλαγές θρεπτικών στοιχείων μέσα σε ένα οικοσύστημα, π.χ. το ασβέστιο που απορροφάται από το έδαφος εισέρχεται στα φύλλα ενός δένδρου και ξαναπέφτει με τη φυλλόπτωση στο έδαφος. Εκεί το φύλλο θα αποσυντεθεί, το ασβέστιο θα ελευθερωθεί στην ιοντική του μορφή, θα εισέλθει στο εδαφικό διάλυμα και θα προσληφθεί πάλι από το δένδρο.
3. Το βιοχημικό κύκλο που περιλαμβάνει τις μετακινήσεις στοιχείων εντός των ζωντανών οργανισμών, π.χ. τη μετακίνηση θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες ενός δένδρου προς τα φύλλα. Επίσης, οι μετακινήσεις θρεπτικών στοιχείων από παλιές βελόνες κωνοφόρων σε καινούργιες αποτελεί τμήμα του βιοχημικού κύκλου με μεγάλη σημασία στη θρέψη των φυτών.

Για τη θρέψη των δασικών φυτών και οι τρεις κύκλοι έχουν μεγάλη σημασία και στο εξής δεν θα γίνεται διάκριση μεταξύ τους. Η γνώση, όμως, των ορισμών τους βοηθά στην κατανόηση του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων στα δασικά οικοσυστήματα.

Εισαγωγή θρεπτικών στοιχείων στα δασικά οικοσυστήματα μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων

Τα δασικά οικοσυστήματα δέχονται πάντοτε υγρές αποθέσεις από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Επίσης, η κομοστέγη των δένδρων είναι πολύ καλός συλλέκτης ξηρών αποθέσεων. Οι ξηρές αποθέσεις αποτελούνται είτε από αιωρούμενα σωματίδια είτε από αέρια. Η βροχή απομακρύνει και μεταφέρει τις ξηρές αποθέσεις στο δασικό έδαφος. Στο έδαφος μεταφέρονται όχι μόνο

ουσίες που έχουν απομακρυνθεί από την επιφάνεια των φύλλων (wash off), αλλά και ανόργανες ή οργανικές ενώσεις που προέρχονται από τη βιοχημική δραστηριότητα των φυτών με τη διαδικασία της έκπλυσης (leaching). Ο ρόλος της κομοστέγης στην αλλαγή της χημείας της βροχής είναι πλέον αναγνωρισμένος (Lindberg et al. 1986, Michopoulos et al. 2001, Parker 1983).

Στη δασική υδρολογία η βροχή που διέρχεται μέσω της κομοστέγης των δασικών ειδών λέγεται διαπερώσα (throughfall). Η διαπερώσα βροχή εισέρχεται στο έδαφος και μέρος της συγκρατείται με τριχοειδείς δυνάμεις. Το νερό αυτό σχηματίζει το εδαφικό διάλυμα το οποίο αποτελεί το μέσο πρόσληψης των περισσότερων απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για τη θρέψη και επιβίωση των φυτών. Η υπόλοιπη ποσότητα του νερού με την επίδραση της βαρύτητας, είτε διαμέσου των μακροπόρων του εδάφους είτε και δια διεισδύσεως στα βαθύτερα στρώματα αυτού, εισέρχεται στην κοίτη των υδατορευμάτων και σχηματίζει την απορροή (stream flow) των υδατορευμάτων του δάσους. Η απορροή μεταφέρει ουσίες που έχουν απολεσθεί οριστικά από τα δασικά οικοσυστήματα.

Οι αλλαγές στη χημεία της βροχής κατά τη διάρκεια της από δασικές συστάδες και οι εισροές και απώλειες θρεπτικών στοιχείων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το βιογεωχημικό κύκλο των δασικών οικοσυστημάτων (Likens and Bormann 1995). Στον Πίνακα 1 υπάρχουν πληροφορίες για τις ροές (kg/ha/έτος), το έτος 2005, μερικών θρεπτικών στοιχείων από τέσσερις αντιπροσωπευτικές δασικές πειραματικές επιφάνειες της Ελλάδας, μίας αείφυλλων πλατύφυλλων, στην περιοχή της Αμφιλοχίας, μίας φυλλοβόλων δρυών, στην περιοχή της Όσσας, μίας οξιάς, επίσης στην περιοχή

της Όσσας, και μίας ελάτης, στην περιοχή Καρπενησίου. Τα στοιχεία αυτά έχουν συλλεχθεί από το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων.



Φωτογραφία 4. Συλλεκτήρες διαπερώσας βροχής σε δάσος δρυός στην περιοχή της Όσσας.

Φυλλόπτωση

Η εισροή θρεπτικών στοιχείων (εκτός του Κ, που γίνεται μέσω της διαπερώσας βροχής) στο δασικό τάπητα γίνεται κυρίως από τη φυλλόπτωση. Η ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων στη φυλλόπτωση ποικίλλει, ανάλογα με την ποιότητα του τόπου. Για το ίδιο δασοπονικό είδος είναι μεγαλύτερη σε τόπους καλής ποιότητας (Kimmmins 1996). Ο λόγος είναι ότι τα φυτά, μέσω της πρόσληψης στοιχείων, θα πρέπει να ανακτήσουν ό,τι έχασαν μέσω της φυλλόπτωσης. Στους Πίνακες 2 και 3 απεικονίζονται οι ποσότητες μερικών θρεπτικών στοιχείων στη φυλλόπτωση σε συστάδα οξιάς στην Όσσα και σε συστάδα ελάτης στην περιοχή Καρπενησίου.

Πίνακας 1. Ροές στοιχείων (kg/ha/έτος) συνολικής (B) και διαπερώσας βροχής (ΔB) σε τέσσερις πειραματικές επιφάνειες στην Ελλάδα το 2005 (πηγή: πειραματικές επιφάνειες Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, αδημοσίευστα δεδομένα).

*	Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		SO ₄ ²⁻ -S		NH ₄ ⁺ -N		NO ₃ ⁻ -N	
1	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB
	22,7	21,5	2,70	3,42	3,0	26,2	11,8	9,85	2,70	3,59	2,62	1,59
2	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB
	7,81	14,0	1,62	3,23	3,83	22,1	13,1	14,2	10,1	7,4	3,66	3,77
3	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB
	9,0	9,4	1,78	2,06	4,04	11,5	13,7	8,2	10,1	5,5	3,7	2,4
4	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB	B	ΔB
	29,9	38,5	3,14	6,7	5,1	45,3	17,2	22,4	5,2	3,2	3,4	3,2

* 1. αείφυλλα πλατύφυλλα, 2. φυλλοβόλες δρυές, 3. οξιά, 4. ελάτη



Φωτογραφία 5. Φυλλοπαγίδες για τη μέτρηση της ποσότητας της φυλλόπτωσης τοποθετημένες εντός των δασοσυστάδων σε δάσος ελάτης στην περιοχή του Καρπενησίου.

Μέχρι τώρα στη διεθνή βιβλιογραφία υπολογίζονται οι ποσότητες της φυλλόπτωσης πάνω από το δασικό έδαφος. Υπάρχει και ένα άλλο είδος φυλλόπτωσης, όμως, αυτό κάτω από το έδαφος. Προέρχεται από τις λεπτές ρίζες των δένδρων και από τις οργανικές ουσίες που παράγουν οι ρίζες των φυτών. Οι Vogt et al. (1983) βρήκαν ότι σε ελάτη (*Abies alba*) στην Αμερική οι ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στη φυλλόπτωση κάτω από το έδαφος ήταν μέχρι τέσσερις φορές μεγαλύτερες από εκείνες πάνω από το έδαφος. Συνεπώς, και οι ποσότητες πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων πρέπει να είναι μεγαλύτερες από εκείνες που οι ερευνητές υπολόγιζαν μέχρι τώρα. Η εύρεση της φυλλόπτωσης, όμως, κάτω από το έδαφος αποτελεί μία δαπανηρή και επίπονη εργασία. Για το λόγο αυτόν οι ερευνητές προσπαθούν να βρουν μοντέλα από τα οποία θα υπολογίζεται η φυλλόπτωση κάτω από το έδαφος.

Πίνακας 2. Μάζα φυλλόπτωσης ($kg ha^{-1}$) και στοιχείων ($mg ha^{-1}$) στην επιφάνεια της οξιάς σε 5 χρόνια παρατήρησης (πηγή: πειραματικές επιφάνειες Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, αδημοσίευτα δεδομένα).

ΟΞΙΑ						
Έτος	Μάζα	Ca	Mg	K	N	P
2002	4,11	50,4	8,49	19,4	29	1,38
2003	7,01	93,3	19,2	55,1	51,6	3,28
2004	3,69	42,7	5,54	12	29,8	1,5
2005	3,76	55,7	5,48	13,1	29	1,24
2006	3,38	52,5	5,23	12	36,7	1,47

Πίνακας 3. Μάζα φυλλόπτωσης ($kg ha^{-1}$) και στοιχείων ($mg ha^{-1}$) στην επιφάνεια της ελάτης σε 5 χρόνια παρατήρησης (πηγή: πειραματικές επιφάνειες Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, αδημοσίευτα δεδομένα).

ΕΛΑΤΗ						
Έτος	Μάζα	Ca	Mg	K	N	P
2002	3,61	78,2	5,35	14,1	40,7	3,49
2003	5,87	109	6,91	31,7	65,4	2,9
2004	5,6	94,5	6,79	22,2	54,5	3,72
2005	5,41	122	5,55	23,8	50,3	3,46
2006	3,86	106	7,15	25,9	61,1	5,13

Αποσύνθεση οργανικής ουσίας του δασικού τάπητα

Η αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων στο δασικό τάπητα είναι το κλειδί για τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων στα δασικά οικοσυστήματα. Χωρίς αυτήν, τα θρεπτικά στοιχεία θα έμεναν για πάντα δεσμευμένα στις οργανικές ενώσεις και δεν θα γινόταν αναπλήρωση των απωλειών. Η αποσύνθεση μετράται ως ο ρυθμός οξείδωσης του οργανικού άνθρακα των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων. Η μικροπανίδα (έντομα, σκουλήκια) παίζει σπουδαίο ρόλο στον αρχικό τεμαχισμό των φυτικών υπολειμμάτων. Οι δύο καθοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση είναι η ποιότητα των φυτικών υπολειμμάτων και το κλίμα (Meentemeyer 1978). Σε φρέσκα υπολείμματα η σχέση άνθρακα προς άζωτο έχει μελετηθεί πολύ σε σχέση με την επίδρασή της στο ρυθμό αποσύνθεσης (Brady 1984). Στη δασική εδαφολογία, η σχέση της συγκέντρωσης αζώτου προς τη συγκέντρωση της λιγνίνης φαίνεται να είναι σπουδαιότερη (Berg 1986). Όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα αποσύνθεσης.

Η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζουν το ρυθμό αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας. Σε ψυχρά και ξηρά κλίματα η αποσύνθεση είναι αργή και έχουμε συσσώρευση οργανικών υπολειμμάτων στο δασικό τάπητα. Στα Ελληνικά δασικά εδάφη ο Nakos (1984) βρήκε ότι το ποσοστό της οργανικής ουσίας στο ανόργανο έδαφος διπλασιάζεται σε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 10 βαθμούς Κελσίου. Σε τροπικά δάση η ταχύτητα αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας είναι μεγάλη, εξαιτίας των υψηλών βροχοπτώσεων και των υψηλών θερμοκρασιών.

Βιοχημικός κύκλος

Τα δασικά φυτά μπορούν να μετακινούν θρεπτικές ουσίες από παλαιότερους φυτικούς ιστούς σε νεότερους. Με αυτόν τον τρόπο κάνουν οικονομία αφενός στο συνολικό απόθεμα θρεπτικών ουσιών, αλλά και εξαρτώνται λιγότερο από το έδαφος. Οι Cole και Rapp (1981) δίνουν την εξίσωση: μετακίνηση θρεπτικών στοιχείων = απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία - πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Οι δύο παράγοντες της εξίσωσης μπορούν να υπολογισθούν, και να καταρτιστούν πίνακες για τα δασοπονικά είδη.

Δασικά εδάφη και κλιματική αλλαγή

Ο οργανικός άνθρακας στα δασικά εδάφη αποτελεί τη μεγαλύτερη ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα στα χερσαία οικοσυστήματα. Ο άνθρακας του εδάφους φτάνει το 80% του συνολικού άνθρακα (δεσμευμένου στη βιομάζα και το έδαφος) στα δάση της βόρειας ζώνης, 60% στα δάση της εύκρατης ζώνης και 50% στα τροπικά δάση (Dixon et al. 1994). Ο Lal (2005) παραθέτει τους μέσους όρους των αποθεμάτων του άνθρακα παγκοσμίως. Στη δασική βλάστηση τα αποθέματα φτάνουν τους 54 τόνους ανά εκτάριο και στα δασικά εδάφη τους 189. Στα ελληνικά δασικά εδάφη το μέσο απόθεμα του οργανικού άνθρακα βρέθηκε να ανέρχεται στους 87,5 τόνους ανά εκτάριο (Νάκος κ.ά. 2009).

Το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας αυξάνει κατά 0,4% το χρόνο. Οι επιπτώσεις αυτής της αύξησης στα δασικά εδάφη δεν είναι εύκολο να προβλεφθούν. Η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι αν τα δασικά εδάφη θα αποτελέσουν στο μέλλον χώρο δέσμευσης ή εκπομπής του άνθρακα. Οι ερευνητές κατασκευάζουν μοντέλα όπου λαμβάνονται υπόψη η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας, η αύξηση της θερμοκρασίας και η ελάττωση της βροχόπτωσης. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι θα υπάρξει αλλαγή στην κατανομή της βιομάζας των δασικών φυτών. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα προκαλέσουν αύξηση της υπέργεια βιομάζας, με συνέπεια την αύξηση των οργανικών ουσιών που επιστρέφουν στο έδαφος. Όλο και περισσότερη βιομάζα θα αποθηκεύεται στις ρίζες και στη ριζόσφαιρα των δασικών εδαφών. Οι Ceulemans et al. (1999) υποστηρίζουν ότι σε επίπεδο οικοσυστήματος, ο εμπλουτισμός της ριζόσφαιρας με άνθρακα θα οδηγήσει σε αύξηση του μεγέθους των ριζών, της μικροβιακής δραστηριότητας της ριζόσφαιρας, αλλά και σε αύξηση των απωλειών του άνθρακα εξαιτίας της αυξημένης αναπνοής των μικροοργανισμών του εδάφους.

Η δέσμευση του άνθρακα εξαρτάται και από τη διαθεσιμότητα και άλλων στοιχείων και, κυρίως, του αζώτου. Οι Hu et al. (2001) υποστήριξαν ότι εάν δεν υπάρξει περίσσεια διαθέσιμου αζώτου, η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας θα φτάσει ένα ανώτατο όριο. Τα δασικά φυτά, οι ρίζες των οποίων δημιουργούν συμβίωση με βακτήρια που δεσμεύουν τα άζωτο της ατμόσφαιρας, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες εδάφους για μεγαλύτερη δέσμευση του άνθρακα (Resh et al. 2002). Η εφαρμογή βιολογικών λιπασμάτων στα δασικά εδάφη (λάσπη βιολογικού καθαρισμού και κομπόστας) μπορεί επίσης να αυξήσει την ικανότητα των εδαφών για τη δέσμευση του άνθρακα (Harrisson et al. 1995).

Στα δάση των ψυχρών περιοχών, η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ρυθμού της αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και, συνεπώς, στην απώλεια του άνθρακα. Το φαινόμενο αυτό θα είναι έντονο καθόσον ένα μεγάλο μέρος της ποσότητας της οργανικής ουσίας στα εδάφη των δασών της βόρειας ζώνης δεν είναι χουμοποιημένο και συνεπώς δεν περιέχει μεγάλες ποσότητες λιγνίνης, που είναι ανθεκτική στη δράση των μικροοργανισμών (Neff and Hooper 2002). Οι Melillo et al. (2002) διεξήγαγαν ένα πείραμα σε δάσος πλατύφυλλων σε μεσαίο γεωγραφικό πλάτος. Βρήκαν ότι η θέρμανση του εδάφους προκάλεσε αύξηση του ρυθμού αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, αλλά αυτή η αύξηση ήταν πρόσκαιρη, καθόσον το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής ουσίας είχε ήδη χουμοποιηθεί.

Η αλλαγή χρήσης γης επηρεάζει τη μάζα του οργανικού άνθρακα στο έδαφος. Η μετατροπή των δασών σε αγρούς ελαττώνει το ποσό του αποθηκευμένου άνθρακα στο έδαφος σε ποσοστό 20-50% (Davidson and Ackerman 1993). Οι αναδασώσεις γεωργικών γαιών, αντίθετα, συμβάλλουν στη δέσμευση του οργανικού άνθρακα (Ross et al. 2002). Οι Paul et al. (2002) υποστηρίζουν ότι το είδος που φυτεύεται, το κλίμα και το παρελθόν της περιοχής παίζουν ρόλο στη δέσμευση του άνθρακα. Οι παραπάνω ερευνητές βρήκαν ότι η μεγαλύτερη δέσμευση εμφανίζεται όταν οι αναδασώσεις γίνονται με πλατύφυλλα είδη και ιδίως με είδη οι ρίζες των οποίων σχηματίζουν συμβιωτικές υφές με βακτήρια που δεσμεύουν το άζωτο.

Γενικά, όμως, η δέσμευση του άνθρακα της ατμόσφαιρας πρέπει να θεωρείται σε όλο το δασικό οικοσύστημα (βιομάζα και έδαφος) και όχι μόνο στο έδαφος. Τα μοντέλα που κατασκευάζονται αναφέρονται στην ολότητα του δάσους. Οι Davi et al. (2006) εφάρμοσαν μοντέλα που καλύπτουν την περίοδο από το 1960 μέχρι το 2100 σε δάση της Γαλλίας. Βρήκαν ότι τα δάση των σκλη-

ρόφυλλων πλατύφυλλων (αριά) της μεσογειακής ζώνης, καθώς και των πλατύφυλλων, μπορούν να δεσμεύουν άνθρακα μέχρι το τέλος της περιόδου του 2100. Τα δάση των κωνοφόρων εμφανίζουν μείωση της ικανότητας αυτής, αν και αυτά παραμένουν αποθηκευτές του άνθρακα.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Νάκος, Γ. 1991. Ταξινόμηση, χαρτογράφηση και αξιοποίηση των γαιών: τεχνικές προδιαγραφές. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.

Νάκος, Γ., Π. Μιχόπουλος, Α. Οικονόμου, και Κ. Καούκης. 2009. Εκτίμηση της ποσότητας οργανικού άνθρακα στα ελληνικά δασικά εδάφη. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.

Οικονόμου Α., Π. Μιχόπουλος, Μ. Βουλαλά, Ουρ. Μαυρουδή, και Τρ. Δασκαλάκης. 2007. Αποτελέσματα Ταξινόμησης, Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης των Γαιών. Αυτοτελής έκδοση του Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.

Παπαμίχος, Ν. 1985. Δασικά Εδάφη. Σχηματισμός, Ιδιότητες, Συμπεριφορά. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών & Φυσικού Περιβάλλοντος. 1992. Αποτελέσματα Πρώτης Εθνικής Απογραφής Δασών. Έκδοση Υπουργείου Γεωργίας, Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Allen, M. 1996. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Australia.

Berg, B. 1986. Nutrient release from litter and humus from coniferous forest soils- a mini review. Scandinavian Journal of Forest Research 1:359-369.

Blanco, J.A., M.A. Zavala, J.B. Imbert, and F.J. Castillo. 2005. Sustainability of forest management practices: Evaluation through a simulation model of nutrient cycling. Forest Ecology and Management 213:209-228.

Brady, N. 1984. The Nature and Properties of Forest Soils. Macmillan Publishing Company, New York.

Cole, D.W., and M. Rapp. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. Pages 341-409 in D.E. Reichle, editor. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge University Press, London.

Davi, H., E. Dufrêne, C. Francois, G. Le Maire, D. Loustau, A. Bosc, S. Rambal, A. Granier, and E.J. Moors. 2006. Sensitivity of water and carbon fluxes to climate changes from 1960 to 2100 in European forest ecosystems. Agricultural and Forest Meteorology 141:35-36.

Davidson, E.A., and I.L. Ackerman. 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry 20:161-193.

Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler, and J. Wissiniewski. 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. Science 263:185-190.

Harley, J., and S.E. Smith. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.

Harrisson, R.B, C.L. Henry, D.W. Cole, and D. Xue. 1995. Long term changes in organic matter in soils receiving applications of municipal biosolids. Pages 139-153 in W. McFee, and J.M. Kelly, editors. Carbon Forms and Functions in Forest Soils. Soil Science Society American Madison.

Hu, S., F.S. Chapin III, M.K. Firestone, C.B. Field, and N.R. Chiariello. 2001. Nitrogen limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO₂. Nature 409:188-191.

Kimmins, J.P. 1996. Forest Ecology. A Foundation for Sustainable Management. Prentice Hall, New Jersey.

Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management 220:242-258.

Likens, E., and E.H. Bormann. 1995. Biogeochemistry of a Forested Ecosystem. 2nd edition. Springer-Verlag, New York.

Lindberg, S.E., G.M. Lovett, D.D. Richter, and D.W. Johnson. 1986. Atmospheric deposition and canopy interactions of major ions in a forest. Science 231:141-145.

Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. Ecology 59: 465-472.

Melillo, J.M., P.A. Steudler, J.D. Aber, K. Newkirk, H. Lux, F.P. Bowles, C. Catricala, A. Magill, T. Ahrens and S. Morrisseau. 2002. Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. Science 298:2173-2176.

Michopoulos, P., G. Baloutsos, G. Nakos, and A. Economou. 2001. Effects of bulk precipitation pH and growth period on cation enrichment in precipitation beneath the canopy of a beech (*Fagus moesiaca*) forest stand. Science of the Total Environment 281:79-85.

- Nakos, G. 1984. Relationships of bioclimatic zones and lithology with various characteristics of forest soils in Greece. *Plant Soil* 79:101-121.
- Neff, J.C., and D.U. Hooper. 2002. Vegetation and climate controls on potential CO₂, DOC and DON production in northern latitude soils. *Global Change Biology* 8:872-884.
- Parker, G.G. 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Advances in Ecological Research* 13:57-133.
- Paul, K.I., P.J. Polglase, J.G. Nyakuengama, and P.K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168:241-257.
- Pritchett, L., and R. Fisher. 1987. *Properties and Management of Forest Soils*. John Wiley and Sons, New York.
- Raab, T.K., D.A. Lipson, and R.K. Monson. 1996. Non-mycorrhizal uptake of organic N by the alpine dry meadow sedge, *Kobresia myosuroides*. Implications for the alpine nitrogen cycle. *Oecologia* 108:488-496.
- Resh, S.C., D. Binkley, and J.A. Parrotta. 2002. Greater soil carbon sequestration under nitrogen fixing trees compared with eucalyptus species. *Ecosystems* 5:217-231.
- Soil Science Society of America. 1973. *Glossary of Soil Science Terms*. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Vogt, C.C., C.E. Greier, M.R. Meier, and R. Keyes. 1983. Organic matter and nutrient dynamics in forest floors of young and mature *Abies amabilis* stands in Western Washington. *Ecology* 63:370-380.

7. Το νερό στα δάση

Αθανάσιος Μπουρλέτσικας, Νικόλαος Προύτσος

Το νερό είναι, αδιαμφισβήτητα, το κύριο στοιχείο για την ύπαρξη ζωής. Η φύση έχει έναν μοναδικό αλλά και πολύπλοκο τρόπο να το διαχειρίζεται, εξασφαλίζοντας την ισορροπία. Συχνά, όμως, οι ανθρώπινες παρεμβάσεις προκαλούν έντονες διαταραχές αυτής της ισορροπίας, καθώς και πλήθος προβλημάτων, τις συνέπειες των οποίων δέχονται τόσο ο ίδιος ο άνθρωπος, όσο και οι υπόλοιποι οργανισμοί. Σε μια ανθρωποκεντρική θεώρηση με στόχο τη διατήρηση της ποιότητας ζωής του, ο άνθρωπος θα πρέπει να παρεμβαίνει με αντισταθμιστικές ενέργειες και να αποκαθιστά, κατά το δυνατό, ό,τι καταστρέφει. Βέβαια, στην περίπτωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων και για την εξασφάλιση της αειφορίας τους, ο ρόλος της φύσης και ειδικότερα των δασών είναι αναντικατάστατος. Η ενίσχυση αυτού του ρόλου απαιτεί ήπιες παρεμβάσεις που να αποσκοπούν στην προστασία και στην επιτάχυνση της αποκατάστασης των καταπονημένων, από ανθρωπογενή αίτια, δασικών περιοχών.

Λέξεις κλειδιά: δασική υδρολογία, υδατοδιαθεσιμότητα, υδατικές ανάγκες, ροές νερού, προβλήματα, διαχείριση δασικών υδάτων

Εισαγωγή

Η έλλειψη νερού είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί σοβαρά την παγκόσμια κοινότητα και τη χώρα μας ιδιαίτερα. Καθημερινά και από πολλούς φορείς τονίζεται η ανάγκη δημιουργίας συνθηκών αειφορικής διαχείρισης που θα εξασφαλίζουν ποσοτική επάρκεια και ποιοτική καταλληλότητα του νερού, τώρα και στο μέλλον, με παράλληλη προστασία των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος. Πρόσφατα και στη χώρα μας έχουν καταγραφεί σοβαρές συγκρούσεις για την εξασφάλιση νερού κυρίως για άρδευση, οι οποίες σίγουρα στο άμεσο μέλλον θα ενταθούν, με σοβαρότατες κοινωνικοπολιτικές και οικονομικές συνέπειες.

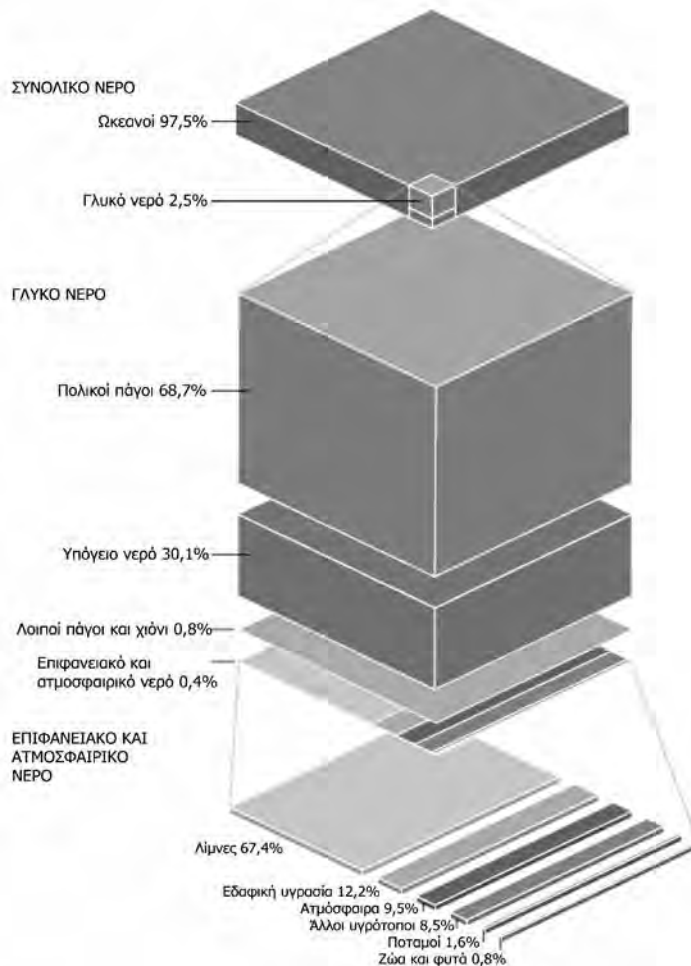
Στο υφιστάμενο πλαίσιο οικονομικής ανάπτυξης και προκειμένου να αμβλυνθούν οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών χρηστών νερού, τα δάση καλούνται να παίξουν τον ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο του διαχειριστή των υδατικών πόρων σε κάθε περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν να αυξηθεί η διαθεσιμότητα νερού σε περιόδους αιχμής και, ταυτόχρονα, να αμβλυνθούν ακραία φαινόμενα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες.

Ο κύκλος του νερού στη γη

Η γήινη επιφάνεια καλύπτεται κατά 71% από νερό και μόλις το 29% είναι ξηρά. Εντούτοις, οι ποσότητες γλυκού νερού είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και αφορούν μόνο το 2,5% των συνολικών υδατικών αποθεμάτων. Από αυτήν την ποσότητα, μόνο 3.500 km³ βρίσκονται σε απολήψιμα βάθη έως 800 m (Κωτούλας 2001).

Από υδρολογικής άποψης, το σύστημα γη-ατμόσφαιρα είναι κλειστό και το νερό διαρκώς ανακυκλώνεται, χωρίς να μειώνεται η συνολική του ποσότητα (Baumgartner and Reichel 1975), η οποία εκτιμάται περίπου σε 1,385 x 10⁶ km³ (UNESCO 1978, Shiklomanov and Rodda 2003, UNEP 2007, Σχήμα 1).

Η συνεχής διαδικασία ροής νερού από την υδρόσφαιρα στην ατμόσφαιρα και αντίστροφα είναι γνωστή ως υδρολογικός κύκλος (Σχήμα 2). Ο υδρολογικός κύκλος (USGA 2012) έχει τεράστια βιολογική σπουδαιότητα για την επιβίωση των έμβιων οργανισμών και συνοδεύεται από συνεχείς μεταπτώσεις του νερού μεταξύ των διαφόρων φάσεων του (στερεό, υγρό και αέριο) με ταυτόχρονη έκλυση ή απορρόφηση ενέργειας. Έτσι, μέσω των διεργασιών εξάτμισης, συμπύκνωσης, εξάχνωσης,



Σχήμα 1. Ποσοτική κατανομή του νερού στη Γη (πηγή: UNEP 2007, δεδομένα από Shiklomanov and Rodda 2003).

πήξης και τήξης, το νερό μετατρέπεται από υγρό σε αέριο, από αέριο σε υγρό ή στερεό, από στερεό σε αέριο, από υγρό σε στερεό και από στερεό σε υγρό, αντίστοιχα.

Ξεκινώντας από τον ωκεανό, όπου βρίσκεται σε τεράστια αποθέματα (περίπου 1,3 δισεκατομμύρια km³), το νερό απορροφά ηλιακή ενέργεια και εξατμίζεται. Με τη μορφή υδρατμών μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με μέσο ετήσιο ρυθμό περίπου 319.000 km³ και, έτσι, για την πλήρη ανακύκλωσή του απαιτούνται περί τα 4.000 χρόνια. Οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα, ακολουθώντας ανοδική πορεία, ψύχονται, υγροποιούνται και με τη μορφή κατακρημισμάτων (χιόνι, χαλάζι, βροχή) επιστρέφουν είτε στους ωκεανούς (283.000 km³/έτος), είτε στην ξηρά (36.000 km³/έτος) (Palmer 2005) και παρουσιάζουν μέσο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα περίπου 10 ημέρες (Perlman et al. 2005).



Σχήμα 2. Ο υδρολογικός κύκλος (πηγή: USGA, 2012. Ο υδρολογικός κύκλος. Εικόνα από John M. Evans, Howard Perlman, USGS και μετάφραση στα Ελληνικά από Δ. Κουτσογιάννη Ε.Μ.Π. <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>, πρόσβαση 8 Μαρτίου 2012).

Σημαντική συνεισφορά στην περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς έχει η εξατμισοδιαπνοή. Το μέγεθός της καθορίζεται αφενός από την εξατμισμό νερού από τα επιφανειακά υδροσυστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) και το έδαφος και αφετέρου από τη διαπνοή των φυτών. Ο υδρολογικός κύκλος κλείνει με τη μεταφορά νερού από την ξηρά με επιφανειακή απορροή ή υπόγεια ροή πάλι στους ωκεανούς, συχνά μέσω πολύπλοκων διαδρομών, υδροδοτώντας υπόγεια και επιφανειακά υδροσυστήματα.

Στην ξηρά, κάθε έτος, ο υετός φτάνει κατά μέσο όρο τα 746 mm σε παγκόσμιο επίπεδο (Baumgartner and Reichel 1975, Kiely 1998). Σε μακροχρόνια κλίμακα, το 64% της ποσότητας των βροχοπτώσεων επανέρχεται στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής (εξατμισμό από τα επιφανειακά υδροσυστήματα και το έδαφος και διαπνοή από τα φυτά) και το υπόλοιπο 36% απορρέει προς τη θάλασσα. Τα ποσοστά αυτά διαφοροποιούνται έντονα στις διάφορες περιοχές της Γης. Έτσι, η εξατμισοδιαπνοή αντιστοιχεί μόνο στο 17% των ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην Ανταρκτική και στο 57% στην Ευρώπη, όπου ο μέσος ετήσιος υετός ανέρχεται σε 657 mm (Kiely 1998).

Σχετικά μεγάλες ποσότητες νερού βρίσκονται σε μεγάλα βάθη στο υπέδαφος, οι οποίες σε σχετικά βραχυχρόνια κλίμακα δεν συμμετέχουν στον υδρολογικό κύκλο, καθώς ο χρόνος ανανέωσής τους μπορεί να φτάσει έως και μερικά εκατομμύρια χρόνια (Molles 2002). Αυξημένους χρόνους παραμονής έχει και το νερό με μορφή χιονιού σε θέσεις της γήινης επιφάνειας όπου επικρατούν μόνιμα χαμηλές θερμοκρασίες, κυρίως στους πόλους και σε μεγάλα υψόμετρα (περιοχές αιωνίων χιονιών ή πάγων). Οι ποσότητες αυτές αποτελούν μια «αποθήκη» γλυκού νερού για τη γη, που όμως τα τελευταία χρόνια, υπό την επίδραση των κλιματικών μεταβολών, υγροποιούνται και μειώνουν το δυναμικό τους, ενώ εισερχόμενες στον υδρολογικό κύκλο προκαλούν μεταβολές στο υδατικό ισοζύγιο.

Το νερό στο δασικό οικοσύστημα

Στα φυσικά χερσαία οικοσυστήματα και, συνεπώς, στα δάση, κύρια πηγή νερού για την ικανοποίηση των φυσιολογικών αναγκών τους είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Το νερό εισέρχεται στο ανοιχτό σύστημα δένδρα-έδαφος, ακολουθεί διαφορετικά μονοπάτια και, τελικά, εξέρχεται στο μεγαλύτερο μέρος του ως απορροή (επιφανειακή, υποεπιφανειακή-υπεδάφια και υπόγεια) ή εξατμισοδιαπνοή. Μια ενδεικτική απεικόνιση της υδάτινης ροής μέσα στο δάσος δίνεται στο Σχήμα 3.

Κατά την κατακόρυφη κίνησή τους, οι σταγόνες της βροχής εισέρχονται στο δάσος και συναντούν την κομοστέγη. Εκεί, μέρος του νερού συγκρατείται από τα φύλλα και τους κλάδους, ενώ ποσότητες απορρέουν μέσω των κορμών (κορμοαπορροή) ή αποστραγγίζονται στο έδαφος. Από μετρήσεις στην Ελλάδα, η κορμοαπορροή αφορά περίπου το 6,1-7,4% της ετήσιας βροχόπτωσης σε δάσος αειφυλλων πλατύφυλλων της Δυτικής Ελλάδας (Balousos et al. 2010) και το 5,6-14,3% σε δάσος οξιάς (Μπαλούτσος κ.ά. 2004). Εναλλακτικά, οι υδροσταγόνες μπορούν να φτάσουν απευθείας στο έδαφος, όπως συμβαίνει σε πολύ αραιές φυτοκομίες ή την περίοδο που τα φυλλοβόλα πλατύφυλλα δεν διαθέτουν φύλλωμα. Οι ποσότητες νερού που τελικά καταλήγουν στο έδαφος, με εξαίρεση την κορμοαπορροή, συνιστούν τη διαπερώσα βροχή.

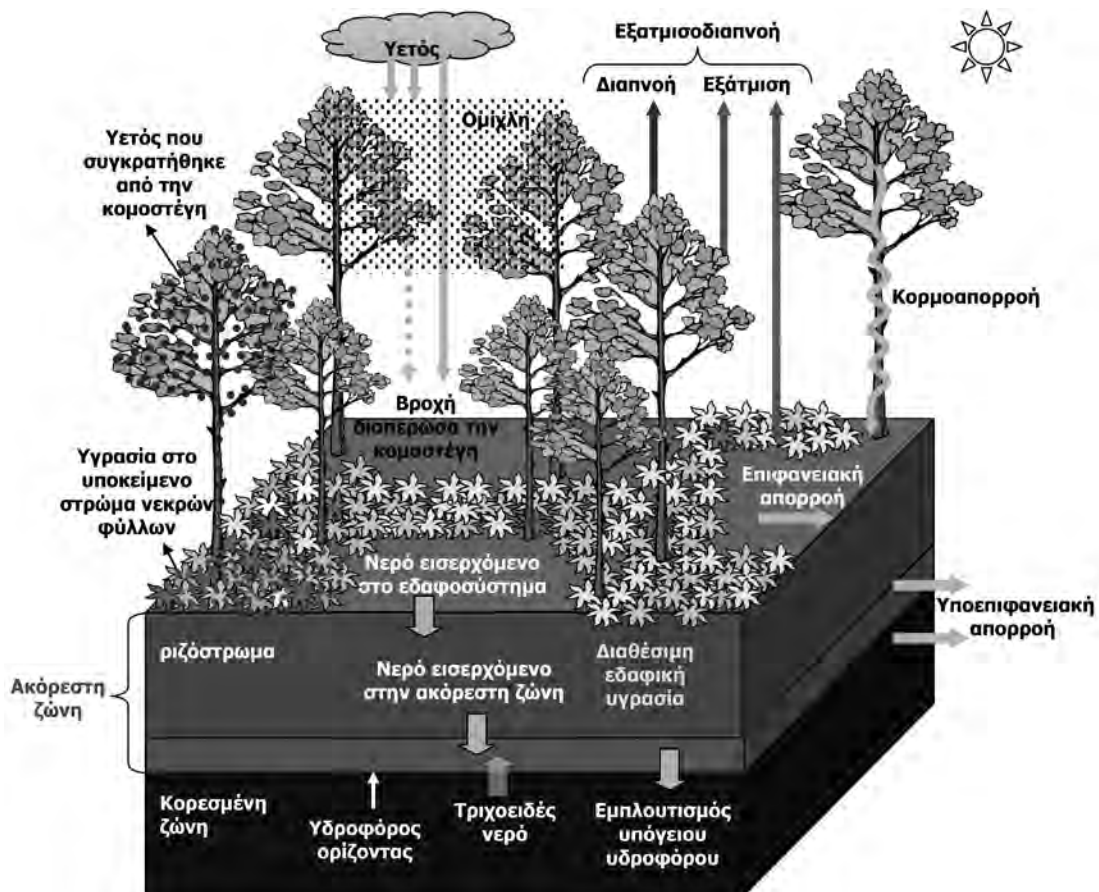
Το μικροκλίμα στο δάσος ευνοεί το σχηματισμό ομίχλης, μέσω της οποίας σημαντικές ποσότητες νερού εισέρχονται στα δασικά οικοσυστήματα με τη μορφή ομιχλοβροχής. Η βροχή που σχηματίζεται από την πρόσκρουση των σταγόνων της ομίχλης στην κόμη των δένδρων, την υγροποίησή τους και στη συνέχεια την πτώση τους στην επιφάνεια του εδάφους, είναι γνωστή ως ομιχλοβροχή (Loewe 1960, Kerfoot 1968). Καλείται, επίσης, «οριζόντια βροχή», καθώς δημιουργείται, κυρίως, από την οριζόντια μεταφορά της ομίχλης με τον άνεμο. Οι πλέον κατάλληλες περιοχές για το σχηματισμό της είναι οι παράκτιες δασωμένες, καθώς και οι ορεινές με μεγάλο υψόμετρο. Ιδιαίτερα οι δεύτερες είναι περισσότερο ευνοϊκές όταν η ομίχλη δημιουργείται επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και μεταφερόμενη προσκρούει στις πλαγιές των βουνών και βαθμιαία ανυψώνεται και υγροποιείται (Price 1992).

Η σημασία της ομιχλοβροχής είναι μεγάλη και πολύπλευρη. Καταρχήν αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την επιβίωση των φυτών και την ανάπτυξη της βλάστησης σε περιοχές όπου σπανίζει η «κατακόρυφη βροχή». Επίσης, η ύπαρξή της διαφοροποιεί, πολλές φορές αισθητά, τις παραμέτρους του υδρολογικού ισοζυγίου μιας λεκάνης απορροής και την εφαρμογή του στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών, εδαφικών και βλαστητικών της πόρων, αφού συμβάλλει στην αύξηση των υδατικών πόρων των περιοχών όπου δημιουργείται (Ingraham and Matthews 1988, Price 1992) και, επιπλέον, είναι σπουδαίος οικολογικός παράγοντας όσον αφορά τη θρέψη των φυτών, αφού η χημεία της είναι διαφορετική από τη βροχή εκτός του δάσους και την κανονική διαπερώσα βροχή (Draaijers and Erisman 1993, Wrzesinsky and Klemm 2000, Lange et al. 2003).

Πολλοί ερευνητές, σε πολλές χώρες και σε διαφορετικά υψόμετρα, ασχολήθηκαν με το φαινόμενο της δημιουργίας της ομιχλοβροχής στα δασικά οικοσυστήματα και την ποσοτικοποίησή της ανάλογα με το δασικό είδος. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο Keel (1987) υποστηρίζει πως η βλάστηση στο βόρειο Περού «πρασινίζει» μόνο από την ομιχλοβροχή που δημιουργείται εκεί. Από την ομιχλοβροχή εξαρτάται επίσης και το φημισμένο παράκτιο δάσος από σεκβόιες στην Καλιφόρνια, αφού συλλέγει μέχρι και 140 mm ημερησίως (Azevedo and Morgan 1974). Οι Elias et al. (1990), στην Πολωνία, βρήκαν πως σε μηνιαία βάση η ομιχλοβροχή σε συστάδες ερυθρελάτης κυμάνθηκε από 4-27% της συνολικής βροχής (βροχής εκτός του δάσους), χωρίς να ληφθεί υπόψη η ομιχλοβροχή που δημιουργείται συγχρόνως με την κατακόρυφη βροχή. Σε δύο άλλες θέσεις της ίδιας χώρας, η παράμετρος αυτή εκτιμήθηκε σε 13% και 80% της συνολικής βροχής (Blas et al. 2002). Η ομιχλοβροχή εκτιμήθηκε στην Ολλανδία, λόγω της τοπογραφίας, μόνο στο 5% της συνολικής βροχής (Vermeulen et al. 1997) και στη Γερμανία στο 20-28% (Zimmermann and Zimmermann 2002).

Αντίστοιχες εργασίες για τα δάση της Ελλάδας αναφέρουν ετήσιο ύψος ομιχλοβροχής ίσο με το 14,2% της συνολικής βροχής σε συστάδα οξιάς στην Όσσα (Μπαλούτσος κ.ά. 2004) και στο 13,8% σε συστάδα ελάτης στον Άγιο Νικόλαο Ευρυτανίας (Μπαλούτσος κ.ά. 2005), χωρίς να συμπεριληφθούν τα επεισόδια χιονιού και ομίχλης.

Οι σταγόνες νερού που πέφτουν στο έδαφος μηδενίζουν την ταχύτητά τους προσκρούοντας στην επιφάνεια, που συνήθως καλύπτεται από στρώμα νεκρών φύλλων. Από εκεί, το νερό με αργούς ρυθμούς διηθείται βαθύτερα, διαπερνώντας αρχικά το στρώμα της νεκρής οργανικής ύλης και αυξάνοντας, στη συνέχεια, την περιεχόμενη υγρασία των υποκείμενων εδαφικών στρωμάτων. Ιδιαίτερα σημαντική για τα φυτά είναι η αύξηση της υγρασίας στην επιφανειακή ζώνη του εδάφους όπου αναπτύσσεται το ριζικό τους σύστημα (ριζόσφαιρα). Το νερό αυτό είτε θα καταναλωθεί άμεσα από τους φυτικούς ιστούς, είτε θα αποθηκευτεί για να ικανοποιήσει τις φυσιολογικές ανάγκες τους (φωτοσύνθεση, αναπνοή) σε μετέπειτα περίοδο, όπως συμβαίνει με τις χειμερινές βροχοπτώσεις για τα περισσότερα φυτικά είδη.



Σχήμα 3. Ροές νερού σε δασικό οικοσύστημα (πηγή: Προύτσος 2010).

Στην περίπτωση που η βρόχοπτωση είναι αρκετά αυξημένη, το νερό μπορεί να κινηθεί σε μεγαλύτερα βάθη και εισερχόμενο στην κορεσμένη ζώνη εμπλουτίζει τα αποθέματα υπόγειου νερού. Η συμβολή του υπόγειου νερού σε περιπτώσεις φυσικών δασικών οικοσυστημάτων χαμηλών υψομέτρων είναι σημαντική για την υδατοδιαθεσιμότητα, επειδή πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα το νερό μπορεί να κινηθεί σε μικρού μεγέθους πόρους, μέσω τριχοειδών φαινομένων, από την κορεσμένη στην ακόρεστη ζώνη, αυξάνοντας την υγρασία στο ριζόστρωμα. Στις περιπτώσεις, μάλιστα, βαθύριζων δένδρων, είναι δυνατή η εκμετάλλευση του τριχοειδούς αυτού νερού, που ιδιαίτερα την ξηρή περίοδο μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο για την ανάπτυξη και, κυρίως, την επιβίωσή τους.

Οι κύριες εκροές νερού από το οικοσύστημα οφείλονται στην εξατμισοδιαπνοή και στην απορροή. Από την επιφάνεια του εδάφους ή του φυλλώματος το νερό εξατμίζεται ή, κινούμενο μέσω των φυτικών ιστών, διαπνέεται και τελικά μεταφέρεται ξανά στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών. Μπορεί, επίσης, να αρχίσει να απορρέει επιφανειακά, αν ο ρυθμός βροχοπτώσης (ένταση βροχής) είναι αυξημένος σε σχέση με την ταχύτητα διήθησής του στο έδαφος ή αν η διάρκεια της βροχοπτώσης είναι παρατεταμένη. Βέβαια, η εκροή μέσω απορροής μπορεί να γίνει και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (υπόγεια ή υπεδάφια). Σε κάθε περίπτωση, το απορρέον νερό εξέρχεται από το οικοσύστημα μεταφερόμενο στα κατάντη. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μεγάλες και έντονες βροχοπτώσεις, οι ποσότητες απορροής είναι ιδιαίτερα υψηλές, με συνέπεια την αύξηση των παροχών των ποταμών και των υδατορεμάτων, που πολλές φορές δεν μπορούν να παροχετευθούν το νερό προς τη θάλασσα, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται, κατά θέσεις, πλημμυρικά φαινόμενα.

Πέραν των βροχοπτώσεων, πολύ σημαντική στην αξιοποίηση του νερού από τα δάση είναι η συνεισφορά των στερεών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και ιδιαίτερα του χιονιού, που αποθηκεύεται στα ορεινά οικοσυστήματα μεγάλων υψομέτρων. Το χιόνι αυτό λιώνει σταδιακά κατά την ανοιξιάτικη ή ακόμα και την καλοκαιρινή περίοδο. Η παρατεταμένη χρονική περίοδος που το χιόνι παραμένει μέσα στο δάσος, αυξάνει το βαθμό αξιοποίησής του, είτε από τα δένδρα, παρέχοντας επαρκή υγρασία στο ριζόστρωμα, είτε από τα γειτονικά υδροσυστήματα, εμπλουτίζοντάς τα σε περιόδους περιορισμένης υδατοδιαθεσιμότητας. Επιπλέον, η βραδεία ροή του μέσω της σταδιακής τήξης του χιονιού καθιστά αποτελεσματικότερο τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

Αξιοποίηση του νερού από το δάσος

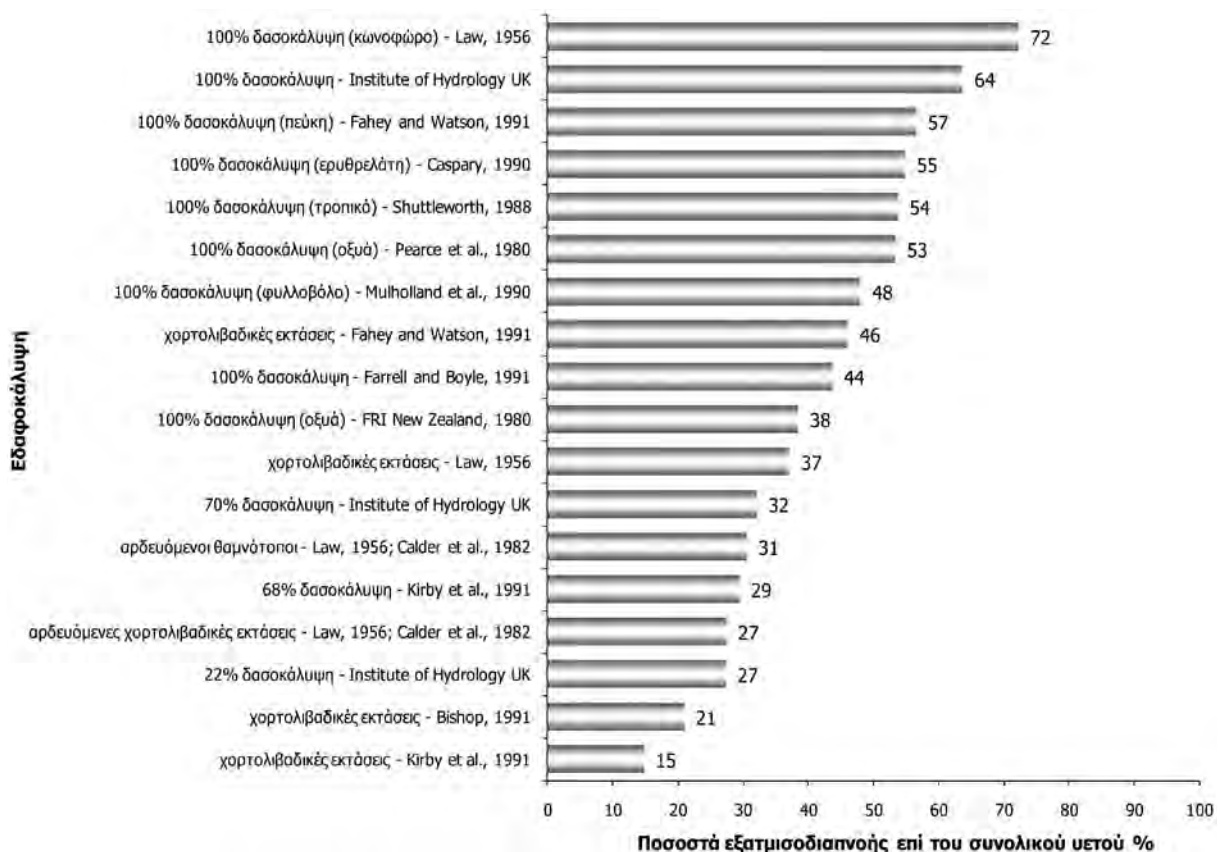
Ο μεγαλύτερος όγκος νερού στα δάση χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των φυτών σε εξατμισοδιαπνοή, η οποία συνδέεται στενά με την παραγωγικότητά τους και, κυρίως, με την αύξηση της ξυλώδους και φυλλώδους μάζας τους (Molchanov 1973). Αυτές οι ποσότητες νερού δεν αξιοποιούνται στο σύνολό τους για παραγωγή φωτοσυνθετικών προϊόντων, καθώς σημαντικό μέρος τους είναι απώλειες, εξαιτίας της εξάτμισης από την επιφάνεια του δασικού εδάφους και από το στρώμα νεκρών φύλλων που την καλύπτει, αλλά και από την επιφάνεια των φυλλωδών και ξύλινων στοιχείων της κόμης, ενώ πρόσθετες ποσότητες απαιτούνται για την ψύξη των φυτικών ιστών. Οι ρυθμοί κατανάλωσης νερού για εξατμισοδιαπνοή διαφοροποιούνται με τη δασοκάλυψη και το φυτικό είδος ενόσω υπάρχει επάρκεια νερού στο έδαφος. Σε παγκόσμιο επίπεδο αναφέρεται τάση αύξησης της εξατμισοδιαπνοής με την πυκνότητα της βλάστησης, αλλά και σημαντικές διαφορές μεταξύ των δασικών ειδών (Σχήμα 4). Σύμφωνα με μακροχρόνια στοιχεία του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας (Institute of Hydrology 1976, περίοδοι 1956-1970 και 1967-1970), το 64% του ετήσιου νερού στη Βρετανία χρησιμοποιείται για εξατμισοδιαπνοή από πλήρως δασοκαλυμμένο έδαφος (100%), ενώ το ποσοστό μειώνεται στο 32% και στο 27% όταν η κάλυψη ήταν 70% και 22%, αντίστοιχα. Ανάλογα αποτελέσματα για τη Βρετανία δίνουν και άλλοι ερευνητές, που σε δάσος κωνοφόρων με πλήρη κάλυψη αναφέρουν ότι το 72% του νερού των βροχοπτώσεων χρησιμοποιείται για εξατμισοδιαπνοή, όταν τα αντίστοιχα ποσοστά σε θαμνότοπους και χαμηλή ποώδη βλάστηση στην ίδια περιοχή είναι 31% και 28%, αντίστοιχα (Law 1956, Calder et al. 1982).

Σε ό,τι αφορά τις υδατικές ανάγκες των δασικών ειδών, αυτές διαφοροποιούνται με το είδος, την ηλικία αλλά και το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης, αλλά και τις μετεωρολογικές και εδαφικές συνθήκες. Γενικά, οι ρυθμοί της εξατμισοδιαπνοής είναι αυξημένοι στα πλατύφυλλα έναντι των κωνοφόρων, με εποχιακές μεταβολές, καθώς οι υδατικές ανάγκες μεγιστοποιούνται το καλοκαίρι και ελαχιστοποιούνται το χειμώνα. Η ανισοκατανομή αυτή γίνεται εντονότερη μεταξύ φυλλοβόλων και αιθαλών ειδών, αφού οι υδατικές απαιτήσεις των πρώτων είναι αυξημένες στο στάδιο του πλήρως αναπτυγμένου φυλλώματος και περιορισμένες στο λήθαργο, ενώ των δεύτερων κατανέμονται σχετικά πιο ομοιόμορφα, όλο το έτος, με εξάρσεις, βέβαια, στο φαινολογικό στάδιο της πλήρους βλαστικής ανάπτυξης. Επίσης, επειδή η εξατμισοδιαπνοή συνδέεται άμεσα με την απορρόφηση ηλιακής ακτινο-

βολίας για φωτοσύνθεση, οι υδατικές ανάγκες διαφοροποιούνται ακόμα και σε ωριαία βάση. Έτσι, για παράδειγμα, οι Pitacco et al. (1992) αναφέρουν σε δρυς (*Quercus ilex*), στην Ιταλία, ημερήσια κατανάλωση 3,5 mm το καλοκαίρι, με μέγιστο ρυθμό 0,6 mm/h το μεσημέρι. Αντίστοιχα μεγέθη μετρήθηκαν και στην Ελλάδα, με μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή 3,5 mm (για την *Quercus frainetto*) και μέγιστο ρυθμό 0,43 mm/h, τα μεσημέρια του καλοκαιριού (Προύτσος 2010).

Οι διαφορές στις υδατοαπαιτήσεις των φυτών εξαρτώνται επίσης και από τη γεωγραφική θέση των βιοθέσεών τους, εξαιτίας της επίδρασης αβιοτικών παραγόντων, όπως το κλίμα. Τα βόρεια οικοσυστήματα της εύκρατης ζώνης αναπτύσσονται σε υγρότερα και ψυχρότερα περιβάλλοντα σε σχέση με τα νότια, ενώ ανάλογη είναι η διαφοροποίηση μεταξύ μεγάλων και μικρών υψομέτρων. Ειδικότερα, στη Μεσόγειο, η διαθεσιμότητα νερού για τη δασική βλάστηση διαφοροποιείται κλιματικά κατά τη διάρκεια του έτους σε δύο περιόδους: μια υγρή και μια ξηρή. Κατά την υγρή υπάρχει πλεόνασμα νερού, όμως συμπίπτει με το χειμώνα, που άλλες μετεωρολογικές παράμετροι (θερμοκρασία, φωτοπερίοδος, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας κ.ά.) δεν ευνοούν την ανάπτυξη των

φυτών (Jolly et al. 2005). Αντίθετα, την ξηρή περίοδο, που επικρατούν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες, υπάρχει υδατικό έλλειμμα. Το εύρος των περιόδων, αλλά και η υδατοδιαθεσιμότητα, διαφέρουν με τη γεωγραφική θέση, το υψόμετρο, και εξαρτώνται σε μικρότερο βαθμό από τις εδαφικές εκθέσεις, την ικανότητα υδατοσυγκράτησης, το βάθος εδάφους και άλλους παράγοντες. Τα τελευταία χρόνια, μάλιστα, έχουν εντοπιστεί σημαντικές διαφοροποιήσεις στη διαθεσιμότητα νερού, ιδιαίτερα την ξηρή περίοδο, σε σχέση με παλαιότερα, εξαιτίας κλιματικών μεταβολών που προκάλεσαν μείωση των καλοκαιρινών βροχοπτώσεων (IPCC 2001, Todisco and Vergni 2008), σε συνδυασμό με αυξημένους ή μηδενικούς ρυθμούς μεταβολής της εξατμισοδιαπνοής (Milly and Dunne 2001, Xu et al. 2005, Todisco and Vergni 2008). Οι δυσμενείς υδατικές συνθήκες οξύνονται πρόσθετα με τη μείωση των δασικών εκτάσεων από δασικές πυρκαγιές και αποψιλώσεις. Έτσι, προκαλούνται επιζήμιες συνέπειες όπως η διαταραχή του μικροκλίματος των περιοχών, η αύξηση της έντασης της διάβρωσης και η μείωση του ρυθμού επαναπλήρωσης των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων, με αποτέλεσμα να εντείνεται το φαινόμενο της ερημοποίησης.



Σχήμα 4. Ποσοστά εξάτμισης νερού από διαφορετικής δασοκάλυψης επιφάνειες σε σχέση με τις ποσότητες υετού (πηγή: Kieley 1998).

Στην Ελλάδα, τα βορειότερα οικοσυστήματα δέχονται περισσότερες βροχοπτώσεις και είναι, γενικά, παραγωγικότερα από τα νότια. Αντίστοιχη διαφοροποίηση εντοπίζεται και στα δυτικά και ανατολικά της χώρας, ενώ δάση με διαφοροποιημένες βιοθέσεις σε μεγάλα υψόμετρα καταπονούνται υδατικά λιγότερο από αυτά που βρίσκονται κατάντη. Σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες, διαπιστώνεται μείωση της υδατοδιαθεσιμότητας για ανάπτυξη της φυσικής βλάστησης, που διαφέρει με τη γεωγραφική θέση και το υψόμετρο. Στα πολύ μεγάλα υψόμετρα παρατηρείται αύξηση της έντασης της υδατοκαταπόνησης το καλοκαίρι, σε σχέση με παλαιότερα, ενώ ακόμα δυσμενέστερες υδατικές συνθήκες επικρατούν χαμηλότερα όλες τις εποχές του έτους (Προύτσος κ.ά. 2008). Οι κλιματικές μεταβολές οδηγούν σε δυνητική αύξηση του εύρους της βλαστικής περιόδου, που στην πράξη, όμως, αναστέλλεται λόγω της μικρότερης διαθεσιμότητας νερού, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η ένταση της υδατικής καταπόνησης, κυρίως στο μέσο του καλοκαιριού (Προύτσος κ.ά. 2006). Αποτέλεσμα αυτών των μεταβολών είναι ο περιορισμός των ξηροθερμοορίων των δασών και σταδιακή αναρρίχσή τους σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου επικρατούν ευνοϊκότερες συνθήκες. Το υδατικό έλλειμμα κατά την ξηρά περίοδο εμποδίζει επίσης την ικανότητα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, με αποτέλεσμα τα ελληνικά και, γενικότερα, τα μεσογειακά δάση να αξιοποιούν λιγότερο αποτελεσματικά την ηλιακή ενέργεια σε σχέση με βορειότερα γεωγραφικά πλάτη (Rauner 1976, Liakatas et al. 2002), με ανάλογες επιπτώσεις στην παραγωγή βιομάζας. Βέβαια, η περιορισμένη ανάπτυξη φυλλώματος είναι ένας μηχανισμός προσαρμογής των δασών στις επικρατούσες ξηροθερμικές συνθήκες, καθώς μειώνει τις απώλειες νερού μέσω διαπνοής.

Υπό τέτοιες κλιματικές συνθήκες, ιδιαίτερα σημαντικός για την επιβίωση και ανάπτυξη των δασικών ειδών είναι ο ρόλος του εδάφους. Η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία, κυρίως στο ριζόστρομα, στην αρχή της βλαστικής περιόδου, θα πρέπει να είναι ικανοποιητική, προκειμένου τα φυτά να ολοκληρώσουν ομαλά το βιολογικό τους κύκλο. Σε διαφορετική περίπτωση και εφόσον δεν πραγματοποιηθούν επαρκείς καλοκαιρινές βροχοπτώσεις, παρατηρείται υδατικό έλλειμμα και, τότε, μόνο φυτά με βαθύ ριζικό σύστημα και ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι δυνατό να επιβιώσουν. Άτομα ή πληθυσμοί σε αβαθή εδάφη ή στα ξηροθερμοόρια των δασών, που συνήθως παρουσιάζουν αυξημένη εξαμισοδιαπνοή, βρίσκονται σε δυσμενέστερη θέση. Αρχικά περιορίζουν τους ρυθμούς ανάπτυξής τους, και, στη συνέχεια, αν το υδατικό έλλειμμα είναι έντονο, είναι τα πρώ-

τα που ξηραίνονται. Η ποσότητα του αποθηκευμένου νερού είναι άμεσα συνδεδεμένη με το βάθος και τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους. Τα εδάφη των ελληνικών δασών είναι συνήθως αβαθή, με μικρή ικανότητα υδατοσυγκράτησης, καθιστώντας τα λιγότερο ικανά να παρέχουν νερό στα φυτά σε μακρές περιόδους ανομβρίας. Από μετρήσεις στην Ελλάδα σε δρυοδάσος διαπιστώθηκε ότι σε αμμοπηλώδες έδαφος η κρίσιμη τιμή εδαφικής υγρασίας είναι 0,35, καθώς κάτω από αυτή παρατηρείται περιορισμός των ρυθμών ανάπτυξης των ενήλικων δένδρων (Προύτσος 2010).

Σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ανοχής στην ξηρασία παίζει και το πάχος του φυλλοτάπητα, το στάδιο αποσύνθεσης, αλλά και η ύπαρξη βρύων που αντλούν νερό από βαθύτερα εδαφικά στρώματα (Lafleur 1992, Kelliher et al. 1998). Ειδικότερα, το στρώμα νεκρών φύλλων, ιδιαίτερα όταν είναι ξηρό, δεν επιτρέπει την αύξηση της θερμοκρασίας στο υποκείμενο έδαφος, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της απώλειας νερού μέσω εξάτμισης (Black et al. 1987, Childs and Flint 1987, Flint and Childs 1987, Shaap and Bouten 1997, Baldocchi et al. 2000). Η ιδιότητα αυτή, μάλιστα, μπορεί να αποδειχτεί σωτήρια για την επιβίωση των ελληνικών και μεσογειακών δασών. Έτσι, εντός των δασικών οικοσυστημάτων οι ροές εξάτμισης από το έδαφος είναι περιορισμένες σε σχέση με αυτές εκτός δάσους, ενώ, αντίθετα, αυξημένη είναι η εδαφική υγρασία, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης, ακόμα και σχετικά υδατοαπαιτητικών δασικών ειδών.

Ένας άλλος ενισχυτικός μηχανισμός εξοικονόμησης νερού για τα δάση είναι η θερμοκρασιακή αναστροφή, που είναι σύνηθες φαινόμενο στα μεσογειακά κλίματα, ιδιαίτερα κατά τη νύχτα. Αποτέλεσμα του φαινομένου είναι ο σχηματισμός δρόσου στα φύλλα, κυρίως τα πρωινά και κατά τα απογεύματα του καλοκαιριού, επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο και παρέχοντας σχετικά μικρές αλλά ιδιαίτερα χρήσιμες ποσότητες νερού στο δάσος, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της θερμικής και της υδατικής καλοκαιρινής καταπόνησης, αλλά και τη βελτίωση του μικροπεριβάλλοντος τόσο μέσα στο δάσος όσο και γύρω από αυτό.

Δάσος και διαχείριση νερού

Πέρα από την αξιοποίηση του νερού για παραγωγή φωτοσυνθετικών προϊόντων, το δάσος αποτελεί έναν άρτιο φυσικό διαχειριστή νερού, καθώς περιορίζει την απορροή και τα πλημμυρικά φαινόμενα κατάντη, αυξάνει τα υπόγεια υδατικά αποθέματα, μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης και βελτιώ-

νει την ποιότητα του νερού των εκροών. Τα δάση έχουν σταθερή υδρολογική συμπεριφορά, η οποία όμως διαταράσσεται από ραγδαίες μεταβολές που μπορεί να προκύψουν από δασικές πυρκαγιές ή αποψιλώσεις (Nys 1959, Lavabre et al. 1991, Μπαλούτσος κ.ά. 2001). Σε τέτοιες περιπτώσεις παρατηρείται μια απότομη αύξηση της απορροής και της διάβρωσης για μερικά χρόνια από την καταστροφή της βλάστησης, οι οποίες όμως μειώνονται σταδιακά, καθώς το οικοσύστημα αποκαθίσταται (Molchanov 1973, Pobedinsky 1979, Rakhmanov 1981, Lebedev 1982).

Η διαδρομή που θα ακολουθήσει το νετήσιμο νερό επηρεάζεται από το δασικό οικοσύστημα και, κυρίως, από τη δασική κάλυψη και την πυκνότητα του φυλλώματος, ενώ καθοριστική είναι και η επίδραση του εδάφους και του ριζικού συστήματος, ιδιαίτερα στη διαμόρφωση της απορροής (Germane 1994). Το φύλλωμα των δένδρων μπορεί να συγκρατήσει μόνο μικρές ποσότητες νετού (FAO 1962, Duwig 1994, Biron 1994), όμως επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα την εξέλιξη μιας πλημμύρας, επιβραδύνοντας την ταχύτητα πρόσπτωσης των σταγόνων στο έδαφος. Έτσι, καθυστερεί την έναρξη και παρατείνει τη διάρκεια της απορροής, μειώνοντας τον όγκο της ενώ, ταυτόχρονα, περιορίζεται η διάβρωση και αυξάνεται η διήθηση. Είναι προφανές ότι η αποτελεσματικότητα της ύπαρξης βλάστησης στη μείωση της διάβρωσης αυξάνει με το βαθμό δασοκάλυψης (Meunier et al. 1995).

Σε γενικές γραμμές, η απορροή σε δασοκαλυμμένες περιοχές είναι ίση με το 1/5 εκείνης σε γυμνό έδαφος, υπό τις ίδιες συνθήκες νετού, ενώ η δασική βλάστηση αποτρέπει τις ακραίες εκροές τουλάχιστον κατά 80% και περιορίζει την ποσότητα των απορρεόντων νερών τουλάχιστον κατά 40%, σύμφωνα με πειράματα που έγιναν στη Γαλλία (Meunier 1996).

Η βροχή που φτάνει στο δασικό έδαφος απορροφάται από αυτό ή απορρέει επιφανειακά με ρυθμούς που καθορίζονται από τη διηθητικότητα του εδάφους. Το διηθούμενο νερό εμπλουτίζει τα υπόγεια ύδατα και αυξάνει την υγρασία στο ριζόστρωμα ανάλογα με την υδατοχωρητικότητα, την ικανότητα υδατοσυγκράτησης και την υδραυλική αγωγιμότητα, ενώ οι ροές του επηρεάζονται από την ύπαρξη βλάστησης. Ο Grèsillon (1994) διαπίστωσε την αυξημένη διηθητικότητα του δασικού εδάφους ακόμα και υπό ισχυρή βροχή έναντι της σημαντικά μειωμένης, όταν η βλάστηση (δένδρα και ρίζες) απομακρύνθηκε. Η διηθητικότητα, βέβαια, εξαρτάται και από το βάθος και τον τύπο του εδάφους. Σε βαθιά αμμώδη εδάφη η ύπαρξη βλάστησης μπορεί να μην είναι τόσο σημαντική στην απορρόφηση νερού, όσο στα αβαθή αργιλώδη. Λαμβά-

νοντας υπόψη ότι τα ελληνικά δασικά οικοσυστήματα, γενικά, αναπτύσσονται σε αβαθή, μειωμένης γονιμότητας και ικανότητας υδατοσυγκράτησης εδάφη, η συνεισφορά της βλάστησης στον περιορισμό της απορροής είναι καθοριστική και γίνεται σπουδαιότερη σε μικρής κλίμακας οικοσυστήματα. Εκεί, τα ακάλυπτα από βλάστηση εδάφη, μετά από βροχόπτωση, εμφανίζουν αυξημένη απορροή με μικρή χρονοκαθυστερήση στην έναρξη της και μειωμένη διήθηση. Από την άλλη, οι φυτοκαλυμμένες περιοχές ευνοούν την απορρόφηση έναντι της απορροής και αυξάνουν την υποεπιφανειακή ροή, οδηγώντας σε αύξηση της ποσότητας των υπόγειων νερών, στην τροφοδότηση των υδροσυστημάτων ή ακόμα και στην αύξηση της επιφανειακής απορροής κατάντη αλλά με μικρότερες παροχές αιχμής, καθώς η βλάστηση καθυστερεί και μειώνει τον όγκο της πλημμύρας. Βέβαια, αναφέρονται και περιπτώσεις που η ελεγχόμενη δασική διαχείριση μπορεί να βελτιώσει την υδρολογική συμπεριφορά των οικοσυστημάτων. Οι Callegari et al. (2003) αναφέρουν ότι σε δάσος πεύκης (*Pinus* sp.) η μείωση κατά 50% του αριθμού των δένδρων (ή του 30% της ξύλινης επιφάνειας) οδήγησε σε αύξηση της ροής προς τα υπόγεια νερά το καλοκαίρι και την άνοιξη, προτείνοντας την ελεγχόμενη δασική διαχείριση ως μέσο αύξησης της υδατοαποθήκευσης.

Η εδαφική υγρασία στο δασικό έδαφος επηρεάζει τη διαμόρφωση πλημμύρας. Έτσι, π.χ. μια μέτρια βροχή κατά την ξηρά περίοδο μπορεί να μη δώσει σημαντική απορροή ενώ, αντίθετα, μια ελαφριά ψιχάλα σε κορεσμένο έδαφος μπορεί να δώσει επιφανειακή απορροή ίση με τη βροχόπτωση. Κατά συνέπεια, δεν φαίνεται να υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ βροχής και απορροής.

Στα οφέλη της διαχείρισης του νερού από τα φυσικά δασικά οικοσυστήματα περιλαμβάνεται και η αναβάθμιση της ποιότητάς του. Κατά τη ροή του μέσα στο δασικό-μη καλλιεργούμενο έδαφος, το νερό φιλτράρεται, βελτιώνοντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Εκμεταλλεζόμενες αυτήν την ιδιότητα, πολλές χώρες, εδώ και δεκαετίες, χρησιμοποιούν τεχνητά ή και φυσικά δάση σε συστήματα διαχείρισης κυρίως υγρών αποβλήτων, βελτιώνοντας ταυτόχρονα τη γονιμότητα των δασικών εδαφών (Hernandez 1977) και την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων (FAO 1978). Στην Ισπανία, μάλιστα (Navarro 1977), αυτά τα δάση είναι γνωστά ως πράσινα φίλτρα (green filters) και έχουν ευρεία εφαρμογή.

Ο απορρέων υδάτινος όγκος και, κυρίως, αυτός της επιφανειακής απορροής, ανάλογα με τις επικρατούσες χρήσεις γης στα κατάντη, μπορεί να είναι ιδιαίτερα υποβαθμισμένος ποιοτικά, κυρίως όταν

κατά την κίνησή του διέρχεται από γεωργικές ή αστικές περιοχές, καθώς διαλυτοποιεί αλλά και συμπαρασύρει αυξημένες ποσότητες θρεπτικών συστατικών, φερτών υλικών και ρύπων που, εισερχόμενοι στα υδάτινα οικοσυστήματα, αυξάνουν τον κίνδυνο ευτροφισμού ή ρύπανσής τους, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την υγεία των οργανισμών που διαβιούν σ' αυτά.

Η δασική βλάστηση, λοιπόν, φαίνεται να λειτουργεί υδρολογικά ως μια δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης του νερού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που περιορίζει την απορροή και μειώνει την ταχύτητα ροής, βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητά του. Αυτό το αποθηκευμένο νερό, σε μετέπειτα χρονικά στάδια, θα χρησιμοποιηθεί από τα δασικά δένδρα, θα εμπλουτίσει τα υπόγεια νερά ή θα υδροδοτήσει τα κατάντη οικοσυστήματα. Σε ικανοποιητικά δασοκαλυμμένες περιοχές καταγράφηκε αύξηση της ετήσιας, ανοιξιάτικης και ελάχιστης παροχής των ποταμών (Bulancko 1971, Idzop 1980). Ενδεικτικά, αναφέρεται για τη Ρωσία αύξηση κατά 0,8-1,3 mm των ετήσιων παροχών των ποταμών για κάθε 1% αύξηση της δασοκάλυψης της λεκάνης απορροής τους (Rakhmanov 1981).

Προβλήματα

Από τη μελέτη της υδρολογικής συμπεριφοράς των δασών και τις διαδρομές που ακολουθεί το νερό όταν εισέρχεται σε αυτά, συνάγεται ότι όσο τα δάση δεν διαταράσσονται από εξωγενείς παράγοντες, μπορούν και λειτουργούν άρτια, όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Προβλήματα δημιουργούνται κυρίως στις περιπτώσεις καταπονημένων οικοσυστημάτων και τότε απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση, ώστε να αποφευχθεί η μόνιμη υποβάθμιση των ίδιων και των γειτνιαζόντων σε αυτά περιοχών. Τα σημαντικότερα διαπιστωμένα προβλήματα με βραχυχρόνιες και, αρκετά συχνά, μακροχρόνιες επιδράσεις, είναι συνολικά τα ακόλουθα:

Υδατική διάβρωση και πλημμύρες

Τα αίτια διάβρωσης σε μια περιοχή είναι οι χρήσεις γης, η απώλεια φυτοκάλυψης, η βροχή, η απορροή, η ξηρασία, οι πυρκαγιές, οι κατολισθήσεις, οι καθιζήσεις, τα επικλινή εδάφη, η καλλιέργεια του εδάφους και η εντατική βόσκηση. Τα εδαφικά τεμαχίδια, υπό την επίδραση του νερού των βροχών, αποσυγκολλούνται και, στη συνέχεια, μεταφέρονται κατάντη. Αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι η μείωση του βάθους του εδάφους ή ακόμα και η εξαφάνιση του επιφανειακού ορίζοντα, με ουσιαστικές επιδράσεις στην εδαφική γο-

νιμότητα. Η διάβρωση αποτελεί επίσης παράγοντα ρύπανσης, αφού αδρανοποιημένες ή δυσδιάλυτες στο νερό ουσίες, όπως ο φώσφορος και άλλα θρεπτικά στοιχεία και τοξικές ενώσεις, μεταφέρονται στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, προκαλώντας ευτροφισμό, φυτοτοξικότητες κ.ά. Η μακροχρόνια δράση των μηχανισμών διάβρωσης οδηγεί σε μη αναστρέψιμη ερημοποίηση. Ο κίνδυνος αυτός, μάλιστα, για την Ελλάδα, είναι υψηλός για το 35% των ελληνικών εδαφών και μέτριος για το 49% (GNCCD 2002).

Ο κίνδυνος καταστροφικών πλημμυρών εντείνεται με τη μείωση των δασικών εκτάσεων, καθώς τότε προκαλείται αύξηση της άμεσης απορροής. Το νερό παραμένει πολύ λίγο χρόνο στο δασικό έδαφος και δεν προλαβαίνει να διηθηθεί σε βαθύτερα στρώματα. Έτσι, μεγάλες ποσότητες του απορρέουν γρήγορα και παροχετεύονται σε υδάτινους αποδέκτες (ποτάμια, ρέματα), με τελικό προορισμό τη θάλασσα. Υπό αυξημένες ή μεγάλης έντασης βροχοπτώσεις, οι ποσότητες νερού που διοχετεύονται στους ποταμούς είναι εξαιρετικά μεγάλες, με αποτέλεσμα την πρόκληση πλημμυρών στα κατάντη.

Μείωση αποθεμάτων υπόγειου νερού και περιορισμένη υδροδότηση επιφανειακών και υπόγειων υδροσυστημάτων

Τα φαινόμενα αυτά γίνονται αντιληπτά κυρίως την ξηρή περίοδο του έτους και οφείλονται αφενός στις μειωμένες καλοκαιρινές βροχοπτώσεις και αφετέρου στη μειωμένη αποθήκευση των χειμερινών βροχοπτώσεων. Σχετίζονται άμεσα με τη δασοκάλυψη και τις πλημμύρες. Σε περιοχές με περιορισμένη δασική κάλυψη ευνοείται η απορροή και, έτσι, περιορίζεται ο όγκος του νερού, ο οποίος διηθούμενος θα εμπλουτίσει τα υπόγεια νερά, την κύρια, δηλαδή, πηγή υδροδότησης των ποταμών, λιμνών, ρεμάτων και πηγών.

Νεκρώσεις βλάστησης και αύξηση έντασης εντομολογικών και φυτοπαθολογικών προσβολών

Πολλές από τις νεκρώσεις ενήλικων δασικών δένδρων που αναφέρονται στην Ελλάδα θεωρείται ότι οφείλονται στην αυξημένη ένταση του υδατικού ελλείμματος της θερινής περιόδου και στη μειωμένη αποθήκευση νερού στο ριζόστρωμα την άνοιξη, σε συνδυασμό με την αύξηση της υδατοκαταπόνησης τα τελευταία χρόνια (λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων ή αύξησης της εξατμισοδιαπνοής). Το φαινόμενο παρουσιάζεται εντονότερα στα ξηροθερμοόρια, αλλά είναι εμφανές και βαθύτερα μέσα στο δάσος.

Εκτεταμένες περιόδους με μειωμένη διαθεσιμότητα νερού ή διαδοχικά έτη με μειωμένες βροχοπτώσεις, οδηγούν σε μείωση της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων σε φυτοπαθολογικές και εντομολογικές προσβολές, αυξάνοντας τις νεκρώσεις και απώλειες ατόμων ή ακόμα και πληθυσμών (Οικονόμου κ.ά. 2004, Economidou et al. 2007).

Περιορισμοί εκτάσεων δασικής φυτοκάλυψης

Οι ξηρότερες συνθήκες στα όρια των δασών προκαλούν περιορισμό των δασικών εκτάσεων και τάσεις «αναρρίχησης» των οικοσυστημάτων σε βιοθέσεις μεγαλύτερων υψομέτρων και γεωγραφικά βορειότερων, όπου επικρατούν ευνοϊκότερες υδατικές και θερμοκρασιακές συνθήκες. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ο αυξημένος ανταγωνισμός, που οδηγεί σε περιορισμό ή και εκτοπισμό φυτικών ειδών, εντείνοντας τον κίνδυνο εξαφάνισης κυρίως αλπικών ειδών, με βιοθέσεις στις κορυφές των βουνών και μειωμένη προσαρμοστικότητα.

Διαφοροποιήσεις στη διάρκεια των φαινολογικών σταδίων και στην εξέλιξη της οικολογικής διαδοχής

Υπό την επίδραση των κλιματικών μεταβολών, τα δασικά οικοσυστήματα και, κυρίως, τα μεσογειακά, αναπτύσσονται σε δυσμενέστερα περιβάλλοντα σε σχέση με παλαιότερα, με ξηρότερα και θερμότερα καλοκαίρια και πιο κρύους χειμώνες. Σε συνδυασμό, μάλιστα, με τη μείωση της δασοκάλυψης από ανθρωπογενείς παράγοντες, μπορεί να προκληθεί διαφοροποίηση των φαινολογικών σταδίων των φυτικών ειδών, με πρόωρη έναρξη της βλαστικής περιόδου την άνοιξη, καθυστέρηση στη λήξη και μεγέθυνση της διάρκειάς της. Σε μακροχρόνια κλίμακα, η διαφορετική φαινολογική συμπεριφορά των φυτών, σε συνδυασμό με τους υδατικούς περιορισμούς το καλοκαίρι και ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές, είναι δυνατό να προκαλέσει αλλοιώσεις στην υφιστάμενη σύσταση των φυτοκοινωνιών. Οι αλλαγές αυτές αφορούν ακόμα και τον πιο προστατευμένο δασικό υπόροφο, αφού η πρόωγη βλαστική ανάπτυξη των δένδρων είναι δυνατό να μειώσει την ποσότητα του ηλιακού φωτός στο δασικό έδαφος και, έτσι, τα ποώδη είδη να μην προλαβαίνουν να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο και να αντικαθίστανται με είδη βραχύτερου κύκλου. Πρόσθετα, ο περιορισμός του διαθέσιμου νερού μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ανταγωνισμού και, τελικά, αντικατάσταση των φυτικών ειδών από άλλα, λιγότερο υδατοαπαιτητικά.

Παρεμβάσεις και διαχειριστικά μέτρα

Το αποτέλεσμα ελλιπούς υδατικής διαχείρισης προκαλεί καταπονήσεις στα μεσογειακά φυσικά οικοσυστήματα. Ο σχεδιασμός και η λήψη μέτρων διαχείρισης του νερού, ιδιαίτερα σε υποβαθμισμένα δάση και δασικές εκτάσεις, καθίστανται επιβεβλημένες ενέργειες για να εξασφαλιστεί η επιβίωση και η αειφορία τους. Γενικά, τα μέτρα πρέπει να αποσκοπούν στην αύξηση του χρόνου παραμονής του νετρίσιμου νερού μέσα στο δάσος, με επιμέρους στόχευση: στον περιορισμό της επιφανειακής απορροής, στη διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων, στην αύξηση της διαθεσιμότητας νερού την καλοκαιρινή περίοδο με αύξηση της ποσότητας διηθημένου νερού και βελτίωση της ικανότητας υδατοσυγκράτησης των εδαφών, και στην αύξηση του υδατινού όγκου των υπόγειων υδροφόρων.

Έργα δασικής υδρονομίας (αντιδιαβρωτικά-αντιπλημμυρικά)

Η κατασκευή μικρών φραγμάτων μέσα στο δάσος ευνοεί τη φυσική τροφοδότηση των υπόγειων νερών, καθώς και τον περιορισμό της επιφανειακής απορροής, η οποία προκαλεί μεγάλες διαβρώσεις. Στην περίπτωση των δασικών εκτάσεων με περιορισμένη φυτοκάλυψη, όπως συμβαίνει μετά από πυρκαγιά, η συγκράτηση του εδάφους έχει πρωταρχική σημασία για την εξασφάλιση της ομαλής πορείας της αποκατάστασης και τη θωράκιση του οικοσυστήματος από επιπλέον υποβάθμιση. Σε τέτοιες περιπτώσεις συνίσταται η κατασκευή κορμοφραγμάτων και κλαδοπλεγμάτων, η εγκατάσταση υφασμάτινων πλεγμάτων, η τοποθέτηση συρμάτινων λιθοκιβωτίων και η κατασκευή ξηρολιθίων κάθετα στις γραμμές ροής, ώστε να συγκρατηθούν τα παρασυρόμενα από το νερό εδαφοτεμαχίδια. Η κατασκευή τους θα πρέπει να περιορίζεται σε επικλινείς θέσεις με χαλαρά εδάφη και να γίνεται μόνο και εφόσον κρίνεται απαραίτητο από εξειδικευμένους επιστήμονες, οι οποίοι και θα καθορίσουν τις προδιαγραφές κατασκευής σε κάθε περίπτωση.

Αναδασώσεις-φυτεύσεις-εγκατάσταση χορτοτάπητα

Η ενίσχυση της βλάστησης κατά θέσεις σε καταπονημένα οικοσυστήματα, με φυτεύσεις εγκλιματισμένων φυτικών ειδών σε κατάλληλες θέσεις, ανάλογα με τις υδατικές τους ανάγκες, είναι ένα ακόμα μέτρο που έμμεσα ευνοεί την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνει η πυκνότητα της βλάστησης και η δασοκάλυψη της περιοχής, ενώ τα φυτευθέντα εί-

δη σε υδατικά διαφοροποιημένες θέσεις επιτυγχάνουν μέγιστους ρυθμούς ανάπτυξης και αυξημένες πιθανότητες επιβίωσης, αξιοποιώντας καλύτερα το διαθέσιμο νερό.

Στα άμεσα μέτρα προστασίας του εδάφους από διάβρωση και πλημμύρες εντάσσεται και η εγκατάσταση χορτοτάπητα, με σκοπό την ανακοπή της ταχύτητας πρόσπτωσης των σταγόνων της βροχής. Έτσι, αποφεύγεται το σπάσιμο των εδαφικών συσσωματωμάτων και ο σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια, που ευνοεί την απορροή. Ταυτόχρονα, αναστέλλονται οι αρνητικές επιδράσεις του ανέμου, του ήλιου και της θερμοκρασίας, που σε γυμνά έδαφη δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες αποσταθεροποίησής τους. Τέτοιες τεχνικές έχουν ευρεία εφαρμογή τα τελευταία χρόνια, με την υδροσπορά γυμνών από βλάστηση επιφανειών, ακόμα και με μεγάλες κλίσεις, όπου εκεί, συμπληρωματικά, τα έδαφη πριν υδροσπαρούν καλύπτονται με γεωϋφασμα. Μέσω τέτοιων μέτρων, το έδαφος προστατεύεται από την αιολική και υδατική διάβρωση, αυξάνεται η υδατοαποθήκευση, και το επιφανειακό έδαφος διατηρεί τη γονιμότητά του, ώστε να επιταχυνθεί η εξελικτική διαδικασία διαδοχής και να σχηματιστεί ένα αναπτυσσόμενο δασικό οικοσύστημα.

Εφαρμογή ενισχυτικών αρδεύσεων

Ο σημαντικότερος παράγοντας καταπόνησης των μεσογειακών οικοσυστημάτων είναι η περιορισμένη υδατοδιαθεσιμότητα την καλοκαιρινή περίοδο, με το φαινόμενο να εντείνεται τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της μεταβολής των κλιματικών συνθηκών. Έτσι, στη δασική διαχείριση θα πρέπει να ενταχθούν πρόσθετα μέτρα με στόχο τη βελτίωση του υδατικού δυναμικού το καλοκαίρι, οπότε παρατηρούνται και τα εντονότερα υδατικά ελλείμματα. Τέτοια μέτρα θα πρέπει να αυξάνουν τις υδατικές εισροές και να βελτιώνουν την υδατοσυγκράτηση και την υδατοϊκανότητα των δασικών εδαφών. Η εφαρμογή νερού, ακόμα και με τη μορφή υγρών αποβλήτων, μέσω ενισχυτικών καλοκαιρινών αρδεύσεων, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται σε πολλές περιοχές του κόσμου, προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιβίωση των φυσικών οικοσυστημάτων. Μάλιστα, η εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων, ακόμα και στερεών, εκτός από την κάλυψη των υδατικών-θρεπτικών αναγκών των δασικών φυτών και τη βελτίωση των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους, επιλύει σε σημαντικό βαθμό και το οξύ πρόβλημα της διάθεσής τους. Η χρήση ιδιαίτερα σε ερημικές και ημερημικές περιοχές ή σε περιαστικά και αστικά δάση που δέχονται αυξημένες περιβαλλοντικές καταπονήσεις, μπορεί να ενισχύσει, πέρα των άλλων, την ανεμοπροστασία και να βελτιώσει

τις θερμοκρασιακές συνθήκες και τη σκίαση, δημιουργώντας, ταυτόχρονα, καλύτερες συνθήκες διαβίωσης του ντόπιου ανθρώπινου πληθυσμού.

Παρόλα αυτά, ανάλογα μέτρα θα πρέπει να εφαρμόζονται με μεγάλη προσοχή και υπό αυστηρούς περιορισμούς, ώστε να μη δημιουργούνται νέα, μακροχρόνια και δυσεπίλυτα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως αλατώσεις εδαφών, υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Δασική προστασία και διαχείριση

Η δασοπροστασία είναι, ίσως, το σημαντικότερο μέτρο διασφάλισης του σπουδαίου ρόλου του δάσους στη διαχείριση των υδατικών πόρων, δεδομένου ότι μετά από μια πυρκαγιά ή από ανεξέλεγκτη υλοτομία, και μέχρι την αποκατάσταση του οικοσυστήματος, το υδατικό ισοζύγιο διαταράσσεται έντονα και μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται αναξιοποίητες, συχνά προκαλώντας μεγάλες καταστροφές. Άλλωστε, από όσα ήδη αναφέρθηκαν, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι καλύτερη αξιοποίηση του νερού μπορεί να γίνει από το ίδιο το δάσος, με μόνες ανθρώπινες παρεμβάσεις αυτές που θα στοχεύουν στην προστασία του.

Συμπεράσματα

Μέσα από ένα εκτεταμένο δίκτυο διαδρομών, το νερό των βροχών που φτάνει στο δάσος χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση των αναγκών του ίδιου αλλά και των οικοσυστημάτων που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του. Η αυξημένη δασοκάλυψη ευνοεί την αξιοποίηση του νερού, ενώ ο περιορισμός της εντείνει την απορροή. Το δάσος αποτελεί έναν άρτιο διαχειριστή νερού, όμως η υποβάθμισή του δημιουργεί πλήθος περιβαλλοντικών και υδρολογικών προβλημάτων, επιτάσσοντας τη λήψη μέτρων από τον άνθρωπο, προκειμένου να αμβλυνθούν οι επιπτώσεις τους. Πλημμυρικά φαινόμενα, διάβρωση, ερημοποίηση, περιορισμένη αναπλήρωση του υπόγειου νερού, αύξηση του κινδύνου πυρκαγιών και αύξηση των εντομολογικών προσβολών και φυτοασθενειών, είναι προβλήματα που οφείλονται στην ελλειπή υδατική διαχείριση στα καταπονημένα, από τον άνθρωπο, δασικά οικοσυστήματα. Τα μέτρα για την αμβλυνση των προβλημάτων πρέπει να είναι ήπια και ενισχυτικά του ρόλου του δάσους, στοχεύοντας στον περιορισμό της επιφανειακής απορροής, στη διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων, στην αύξηση της υδατοδιαθεσιμότητας για τη βλάστηση και στη βελτίωση της ικανότητας υδατοσυγκράτησης των δασικών εδαφών. Βέβαια, κύριος σκοπός όλων των ανθρώπινων παρεμβάσεων

πρέπει να είναι η γρήγορη αποκατάσταση του δάσους, στις περιπτώσεις που εξαιτίας του ανθρώπου έχει υποβαθμιστεί, ώστε να μπορέσει να επιτελέσει τον πολύπλοκο, σημαντικό και, πολλές φορές, αναντικατάστατο υδρολογικό του ρόλο.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Κωτούλας, Δ. 2001. Υδρολογία και Υδραυλική Φυσικού Περιβάλλοντος. Τμήμα Εκδόσεων ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.

Μπαλούτσος, Γ., Α. Οικονόμου, και Κ. Καούκης. 2001. Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά: Ανάλυση του προβλήματος και άμεσα μέτρα μείωσης των επιπτώσεων. Σελ. 79-104 στο: Πρακτικά της διημερίδας του Υπουργείου Εσωτερικών με θέμα Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων. 13-14 Δεκεμβρίου 2001. Αθήνα.

Μπαλούτσος, Γ., Αθ. Μπουρλέτσικας, και Κ. Καούκης. 2004. Υδατοσυγκράτηση, διαπερώσα βροχή και κορμοαπορροή με συνθήκες ομιχλοβροχής σε συστάδα οξιάς της ΒΑ Όσσας. Δασική Έρευνα 17:55-72.

Μπαλούτσος, Γ., Αθ. Μπουρλέτσικας, και Κ. Καούκης. 2005. Μελέτη και διερεύνηση χαρακτηριστικών ομιχλοβροχής στο ελατοδάσος Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά II, 16:34-45.

Οικονόμου, Α., Π. Μιχόπουλος, Ασ. Σκουτέρη, και Α. Μπουρλέτσικας. 2004. 1988-2002: 15 χρόνια παρακολούθησης της φυτοϋγειονομικής κατάστασης των ελληνικών δασών. Δασική Έρευνα 17:99-110.

Προύτσος, Ν. 2010. Μικρομετεωρολογία και διαθεσιμότητα νερού φυλλοβόλου δάσους. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Προύτσος, Ν., Κ. Τσαγκάρη, Γ. Καρέτσος, Σ. Αλεξανδρής, και Α. Λιακατάς. 2006. Χρήση δεικτών για τη μελέτη επίδρασης του κλίματος στην ανάπτυξη της βλάστησης στον Ελλαδικό χώρο. Σελ. 94-102 στο Πρακτικά 8ου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 24-26 Μαΐου 2006, Αθήνα.

Προύτσος, Ν., Κ. Τσαγκάρη, Γ. Καρέτσος, Σ. Αλεξανδρής, Α. Λιακατάς, και Θ. Κρητικός. 2008. Διαχρονική και υψομετρική μεταβολής της διαθεσιμότητας νερού για την ανάπτυξη βλάστησης στον Ελληνικό χώρο. Σελ. 945-952 στο Πρακτικά 9ου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 28 Απριλίου - 1 Μαΐου 2008, Θεσσαλονίκη.

Β. Ξενόγλωσση

Azevedo, J., and D.L. Morgan. 1974. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology* 55: 1135-1141.

Baldocchi, D.D., B.E. Law, and P.M. Anthoni. 2000. On measuring and modeling energy fluxes above the floor of a homogeneous and heterogeneous conifer forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 102:187-206.

Baloutsos, G., A. Bourletsikas, and E. Baltas. 2010. Interception, throughfall and stemflow of maquis vegetation in Greece. *WSEAS Transactions on Environment and Development* 6:21-32.

Baumgartner, A., and E. Reichel. 1975. *The world water balance*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam and New York.

Biron, P. 1994. *Le cycle de l'eau en forêt de moyenne montagne: flux de sève et bilans hydriques stationnels (Bassin versant du Strengbach á Audure Hautes Vosges)*. PhD dissertation, Louis Pasteur University, Strasbourg.

Black, T.A., R.L. Flemming, R.J. Stathers, and K.K.S. Chan. 1987. Site preparation and planting procedures to minimize seedling water and temperature stress in backlog areas in the southern interior. *British Columbia Ministry of Forests, Victoria, British Columbia*.

Blas, M., M. Sobik, F. Quiel, and P. Netzel. 2002. Temporal and spatial variations of fog in the Western Sudety Mts, Poland. *Atmospheric Research* 64:19-28.

Bulavko, A.G. 1971. *Vodny balans rechnykh vodosborov (Water balance of river basins)*. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).

Calder, I.R., M.D. Newson, and P.D. Walsh. 1982. The application of catchment lysimeter and hydrometeorological studies of coniferous afforestation in Britain to land use planning and water management. Pages 853-863 in *Proceedings of Symposium on Hydrological Research Basins and their use in water resources planning*, 21-23 September 1982, Bern.

Callegari G., E. Ferrari, G. Garfi, F. Iovino, and A. Veltri. 2003. Impact of thinning on the water balance in a Mediterranean environment. *Forestry Chronicle* 72:301-306.

Childs, S.W., and L.E. Flint. 1987. Effect of shade-cards, shelterwoods and clearcuts on temperature and moisture environments. *Forest Ecology Management* 18:205-217.

Draaijers, G.P.J., and J.W. Erisman. 1993. Atmospheric deposition to forest stands: Throughfall es-

- timates compared to estimates from inference. *Atmospheric Environment* 27A:43-51.
- Duwig, C. 1994. Elément de modélisation de l'interception des pluies par quatre espèces d'arbres de type méditerranéen. DEA Mécanique des Milieux Géophysiques et Environnement. UJF, CEMA-GREF, Aix-en-Provence, France.
- Economou, A., P. Michopoulos, M. Voulala, and A. Bourletsikas. 2007. Defoliation of Fir on an Intensive Monitored Plot in Central Greece. *Fresenius Environmental Bulletin* 16:770-775.
- Elias, V., M. Tesar, and B. Moldan. 1990. Cloud and fog water deposition as a process affecting water balance and chemistry. Pages 221-227 in L. Molnar, editor. *Hydrology of Mountainous Areas*. IAHS Publication No 190.
- FAO. 1962. *Forest influences: an introduction to ecological forestry*. FAO Forestry Series No. 9. Rome.
- FAO. 1978. Municipal recycling in forest ecosystems. In *Proceedings of the 8th World Forestry Congress*, Jakarta. Rome.
- Flint, L.E., and S.W. Childs. 1987. Effect of shading, mulching and vegetation control on Douglas-fir seedling growth and soil water supply. *Forest Ecology Management* 18:189-203.
- Germane, P.F. 1994. Do forests control runoff? *Beiträge zur Hydrologie der Schweiz* 35:105-110.
- GNCCD. 2002. Second national report of Greece on the implementation of the United Nation convention to combat desertification. Greek National Committee for Combating Desertification (GNCCD) - UN Convention to Combat Desertification (UNCCD). (Available from <http://www.uncd.int/cop/reports/developed/2002/greece-eng.pdf>, accessed on November 2011).
- Grésillon, J.M. 1994. Contribution à l'étude de la formation des écoulements de crue sur les petite bassins versants. Approches numériques et expérimentales 3 différentes échelles. Diplôme d'habilitation 3 diriger des recherches. Laboratoire des Transferts en Hydrologie et en Environnement. Joseph Fourier University, Grenoble, France.
- Hernandez, L.M. 1977. Las riberas del Rio Cinca en Monzón (Huesca). *Montes* (1977):243-247.
- Idzon, P.E. 1980. Les i vodnye resursy (Forest and water resources). *Lesnaya promyshlennost*, Moscow (in Russian).
- Ingraham, N.L., and R.A. Matthews. 1988. Fog drip as a source of groundwater recharge in Northern Kenya. *Water Resources Research* 24:1406-1410.
- Institute of Hydrology. 1976. Water balance of the headwater in catchments of the Wye and Severn, 1970-1975. Report No. 33, Institute of Hydrology, UK.
- IPCC. 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of the Working Group 1 to the third Assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jolly, W.M., R. Nemani, and S.W. Running. 2005. A generalized, bioclimatic index to predict foliar phenology in response to climate. *Global Change Biology* 11:619-632.
- Keel, S. 1987. The ephemeral lomas of Perou. *Nature Conservancy Magazine* 37:16-20.
- Kelliher, F.M., J. Lloyd, A. Arneth, J.N. Byers, T.M. McSeveny, I. Milukova, S. Grigoriev, M. Panfyorov, A. Sogatchev, A. Varlargin, W. Ziegler, G. Bauer, and E.D. Schulze. 1998. Evaporation from a central Siberian pine forest. *Journal of Hydrology* 205:279-296.
- Kerfoot, O. 1968. Mist precipitation on vegetation. *Forestry Abstracts* 29:8-20.
- Kiely, G. 1998. *Environmental engineering*. McGraw-Hill international editions.
- Lafleur, P.M. 1992. Energy balance and evapotranspiration from a subarctic forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 58:163-175.
- Lange, C.A., J. Matschullat, F. Zimmermann, G. Sterzik, and O. Wienhaus. 2003. Fog frequency and chemical composition of fog water – a relevant contribution to atmospheric deposition in the eastern Erzgebirge, Germany. *Atmospheric Environment* 37:3731-3739.
- Lavabre, J., D. Sempere-Torres, and F. Cernesson. 1991. Etude du comportement hydrologique d'un petit bassin versant méditerranéen après la destruction de l'écosystème forestier par un incendie. Premières analyses. *Hydrologie Continentale* 6:121-132.
- Law, F. 1956. The effect of afforestation upon the yield of water catchment areas. *British Association for Advancement of Science*, Sheffield.
- Lebedev, A.V. 1982. *Cidrologicheskaya rol gornyykh lesov Sibiri* (Hydrological role of Siberian mountain forests). Nauka, Novosibirsk (in Russian).
- Liakatas, A., N. Proutsos, and S. Alexandris. 2002. Optical properties affecting radiant energy of an Oak Forest. *Meteorological Applications* 9:433-436.
- Loewe, F. 1960. Fog precipitation (A review). Australia Bureau of Meteorology, Seminar on Rain, August 1960, Session 2, paper 3. Sydney.

- Meunier, M. 1996. Forest cover and flood water in small mountain watersheds. *Unasylva* (FAO) 47(185):29-37.
- Meunier, M., N. Mathys, and J.P. Cambon. 1995. Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur trois bassins du site expérimental de Draix. Compte rendu de recherches No. 3. BVRE de Draix. Série Etudes No. 21. Département Equipements pour l'Eau et l'Environnement, Draix France.
- Milly, P.C., and K.A. Dunne. 2001. Trends in evaporation and surface cooling in the Mississippi river basin. *Geophysical Research Letters* 28:1219-1222.
- Molchanov, A.A. 1973. Vlianie lesa na okruchaiushchuiu sredu (Forest effects on the environment). Nauka, Moscow (in Russian).
- Molles, M.C.Jr. 2002. Ecology, Concepts and applications. Mc Graw Hill Press.
- Navarro, A.M. 1977. El concepto de filtro vivo forestal en saneamiento. *Montes* (1977): 269-273.
- Nys, L. 1959. Remarques sur l'effet hydrologique d'une coupe à blanc. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen* 35:81-84.
- Palmer, M. 2005. Pathways of Nutrients in the ecosystem-Pathways of Elements in Ecosystem. Available from <http://www.okstate.edu/artsce/botany/bisc3034/notes/nutrient.htm>. Oklahoma State University (accessed on January 2005).
- Perlman, H., C. Makropoulos, and D. Koutsoyianis. 2002. The water cycle, Available from <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html> (accessed on 8/3/2012).
- Pitacco, A., N. Gallinaro, and C. Giulivo. 1992. Evaluation of actual evapotranspiration of a *Quercus ilex* L. stand by the Bowen Ratio – Energy Budget method. *Vegetatio* 99 – 100:163-168.
- Pobedinsky, A.V. 1979. Vodookhrannaya i pochvozashchitnaya rol lesov (Water-protection and soil-conservation role of forests). *Lesnaya promyshlennost*, Moscow (in Russian).
- Price, J.S. 1992. Blanket bog in Newfoundland, Part 1. The occurrence and accumulation of fog-water deposits. *Journal of Hydrology* 135:87-101.
- Rakhmanov, V.V. 1981. *Lesnaya hydrologia* (Forest hydrology). Results in science and technics. *Lesovedenie i lesovodstvo*, Moscow, VINITI, vol. 3 (in Russian).
- Rauner, Ju.L. 1976. Deciduous forests. Pages 241-264 in J.L. Monteith, editor. *Vegetation and the atmosphere*, Vol. II, Case studies. Academic Press, New York.
- Schaap, M.G., and W. Bouten. 1997. Forest floor evaporation in a dense Douglas fir stand. *Journal of Hydrology* 193:97-113.
- Shiklomanov, I.A., and J.C. Rodda. 2003. *World water resources at the beginning of the 21st century*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Todisco, F., and L. Vergni. 2008. Climatic changes in central Italy and their potential effects on corn water consumption. *Agricultural and Forest Meteorology* 148:1-11.
- UNEP. 2007. *Fourth Global Environment Outlook, GEO4: Environment for development assessment report*. United Nations Environment Programme.
- UNESCO. 1978. *World water balance and water resources of the earth*. UNESCO Press, Paris.
- Vermeulen, A.T., G.P. Wyers, E.G. Romer, N.F.M. Van Leeuwen, G.P.J. Draaijers, and J.W. Erisman. 1997. Fog deposition on a coniferous forest in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 31:375-386.
- Wrzesinsky, T., and O. Klemm. 2000. Summer-time fog chemistry at a mountainous site in central Europe. *Atmospheric Environment* 34:1487-1496.
- Xu, J., S. Haginoya, K. Saito, and K. Motoya. 2005. Surface heat balance and pan evaporation trends in eastern Asia in the period 1971-2000. *Hydrological Processes* 19:2161-2186.
- Zimmermann, L., and F. Zimmermann. 2002. Fog deposition to Norway Spruce stands at high-elevation sites in the Eastern Erzgebirge (Germany). *Journal of Hydrology* 256:166-175.

8. Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας

Μαργαρίτα Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Δημήτριος Καζάνης

Το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από ποικιλία τύπων χερσαίων οικοσυστημάτων, οι οποίοι ακολουθούν την αντίστοιχη ποικιλία κλιματικών τύπων. Η εναλλαγή της υγρής, χειμερινής περιόδου με την ξηρή θερινή περίοδο, που χαρακτηρίζει το Μεσογειακό κλίμα, ευνοεί την εκδήλωση πυρκαγιών καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού. Έχοντας υιοθετήσει την επανειλημμένη δράση της φωτιάς στην πορεία της εξέλιξής τους, τα φυτικά είδη των Μεσογειακών περιβαλλόντων έχουν αναπτύξει ειδικές προσαρμογές αντιμετώπισης της δράσης της, εξασφαλίζοντας την παρουσία τους στο χώρο και στο χρόνο. Τα φυτά διαθέτουν δύο βασικούς μηχανισμούς απόκρισης στη δράση της φωτιάς: α) βλαστητική αναγέννηση του ίδιου καμένου ατόμου (αναβλάστηση) και β) εγκατάσταση νέων ατόμων μετά τη φύτευση σπερμάτων, που παραμένουν προστατευμένα από τη φωτιά είτε στο έδαφος είτε στους κώνους των δένδρων. Οι οικολογικές επιπτώσεις της φωτιάς καθορίζονται από το καθεστώς της, δηλαδή τη συνδυασμένη δράση της συχνότητας, της έντασης, της εποχής και του μεγέθους της. Από αυτά, η συχνότητα και η ένταση είναι οι κρίσιμότερες παράμετροι που καθορίζουν τις αποκρίσεις των φυτικών ειδών. Εάν, παραδείγματος χάριν, συμβεί ένα δεύτερο περιστατικό φωτιάς πριν την αναπαραγωγική ωρίμανση των σπερμοαναγεννώμενων φυτών, τότε αναμένονται δραματικές αλλαγές στη σύνθεση της χλωρίδας και στη δομή της βλάστησης. Ο απαιτούμενος χρόνος επανάκαμψης και αποκατάστασης των φυτοκοινοτήτων των Μεσογειακών οικοσυστημάτων κυμαίνεται από λίγα χρόνια για τους θαμνώνες (φρύγανα και μακί) έως τρεις με τέσσερις δεκαετίες για τα πευκοδάση. Εάν οι προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή επιβεβαιωθούν, πρέπει να αναμενουμε τροποποίηση του καθεστώτος της φωτιάς, που με τη σειρά της αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα και στην ικανότητα μεταλυρικής επανισσορότησής τους, ιδιαίτερα σε αυτά που δεν είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά, όπως τα ορεινά. Η μεταλυρική διαχείριση των συστημάτων πρέπει να στηρίζεται στην επιστημονικά τεκμηριωμένη γνώση, προκειμένου να αποφεύγονται δράσεις οι οποίες ενδεχομένως να έχουν σοβαρότερες συνέπειες από τη φωτιά αυτή καθαυτή.

Λέξεις κλειδιά: μεταλυρική αναγέννηση, καθεστώς φωτιάς, κλιματική αλλαγή

Εισαγωγή

Η χώρα μας αντιμετωπίζει κάθε χρόνο, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, συχνά περιστατικά πυρκαγιών. Τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι κάθε χρόνο καίγονται σημαντικές εκτάσεις, άλλοτε μεγάλες και άλλοτε μικρές. Αναλυτικά δεδομένα παρέχονται στο 5^ο κεφάλαιο του Β' μέρους. Σύμφωνα με τους Τσαγκάρη κ.ά. (2011), στο διάστημα 1983-2008 συνέβησαν στη χώρα 38.085 περιστατικά που έκαψαν 13.613.121 στρέμματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των περιστατικών (19%) κατανέμεται στη γεωγραφική ενότητα της Πελοποννήσου, ενώ το μικρότερο (περίπου 7%) στη

Θεσσαλία. Από τη συνολική καμένη έκταση, περίπου 79% αντιστοιχεί σε δασική, ενώ το υπόλοιπο σε γεωργική γη. Αν και το φαινόμενο είναι συχνό, ορισμένα χρόνια είναι ιδιαίτερα οξεί, τόσο λόγω της εκδήλωσης πολλών και μεγάλων περιστατικών πυρκαγιών (2000, 2007, 2009), όσο και από το είδος της βλάστησης που καίγεται (2007).

Η Ελλάδα παρουσιάζει μια διαβάθμιση κλιματικών τύπων, από το Μεσογειακό μέχρι το μεταβατικό μεσευρωπαϊκό και ηπειρωτικό. Τη διαβάθμιση αυτή των κλιματικών τύπων ακολουθεί και μια αντίστοιχη διαβάθμιση στους τύπους χερσαίων διαπλάσεων και, κατ' επέκταση, στους τύπους οικοσυστημάτων που αυτές καθορίζουν. Έτσι, στις

περιοχές με Μεσογειακό κλίμα απαντούν τα χαρακτηριστικά Μεσογειακά οικοσυστήματα, δηλαδή οι θαμνώνες αείφυλλων σκληρόφυλλων (μακί) και εποχιακά διμορφικών θάμνων (φρύγανα), καθώς και δάση ή δασικές εκτάσεις των κωνοφόρων: χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis*), τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*), κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*) και άρκευθος (*Juniperus* spp.). Το Μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από χειμωνιάτικες κυρίως βροχοπτώσεις, οι οποίες, μάλιστα, παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση από χρόνο σε χρόνο, χωρίς ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες, από ζεστά και κυρίως άνυδρα καλοκαίρια, και έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ιδίως το καλοκαίρι. Με άλλα λόγια, σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή έως ανύπαρκτη και αντιστρόφως, δημιουργώντας περιόδους ξηρασίας σχετικά μεγάλης διάρκειας. Η βλάστηση η οποία αναπτύσσεται υπό τις συνθήκες αυτές είναι σε μεγάλο βαθμό ξηροφυτική, προκειμένου να μπορεί να αντιμετωπίσει τη χαμηλή διαθεσιμότητα νερού τη θερμή περίοδο του θέρους. Ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό της χερσαίας επιφάνειας της χώρας (~40%) καλύπτεται από αυτό το είδος της βλάστησης των Μεσογειακών οικοσυστημάτων.

Μεταβαίνοντας από τις θέσεις με Μεσογειακό κλίμα προς εκείνες όπου επικρατούν υγρότερες και ψυχρότερες συνθήκες (μεσευρωπαϊκού ή/και ηπειρωτικού τύπου κλίμα), περιορίζεται η έκταση των θαμνώνων και επικρατούν δάση φυλλοβόλων και κωνοφόρων ειδών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα δάση βελανιδιάς (*Quercus* spp.), οξιάς (*Fagus* spp.) και καστανιάς (*Castanea sativa*), ενώ στη δεύτερη τα ορεινά δάση πεύκης (*Pinus* spp.) και ελάτης (*Abies* spp.).

Η φωτιά στα Μεσογειακά οικοσυστήματα

Τα Μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν εξελιχθεί σε άμεση σχέση με τη φωτιά. Οι ισχυρά εναλλασσόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν το Μεσογειακό κλίμα, δηλαδή υψηλές θερμοκρασίες που συνοδεύονται από εκτεταμένες περιόδους ανομβρίας, προκαλούν αποξήρανση της βλάστησης, καθιστώντας την ιδιαίτερα εύφλεκτη σ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού. Οι πηγές που αναφέρουν τη δράση της φωτιάς ως ενός περιβαλλοντικού παράγοντα στις Μεσογειακού τύπου περιοχές (Μεσογειακή λεκάνη, Καλιφόρνια στο βόρειο ημισφαίριο, Χιλή, Ν. Αφρική και ΝΔ Αυστραλία στο νότιο) είναι πολλές.

Ιστορικά στοιχεία για τη δράση της φωτιάς υπάρχουν για όλες τις περιοχές όπου απαντούν τα Με-

σογειακά οικοσυστήματα. Για την Καλιφόρνια, οι σχετικές αναφορές εμφανίζουν ως πρώτα αίτια τους κεραυνούς και τις εκρήξεις των ηφαιστειών. Συχνά, γίνεται μνεία για τους Ινδιάνους που άναβαν φωτιές για να προετοιμάσουν το έδαφος για καλλιέργεια, έτσι ώστε να διευκολύνουν τις κυνηγετικές εξορμήσεις τους και τις μετακινήσεις τους. Στη Μεσογειακή λεκάνη αναφέρονται περιπτώσεις δράσης της φωτιάς από το τέλος της τελευταίας μεσοπαγετώδους περιόδου. Στην Ελλάδα, η παλαιότερη αρχαιολογική απόδειξη παρουσίας της φωτιάς ανάγεται στο τέλος της Μεσολιθικής εποχής και είναι ευρήματα στάχτης ξύλου στη σπηλιά Καστρίτσα, κοντά στη λίμνη Ιωαννίνων.

Συστηματικές μετρήσεις για τη συχνότητα δράσης της φωτιάς στο ίδιο σύστημα στην Ελλάδα δεν υπάρχουν. Εκτιμάται ότι αυτή αντιστοιχεί σε μεσοδιάστημα 30-40 χρόνων. Οι εκτάσεις που καίγονται κάθε χρόνο ποικίλλουν, ωστόσο είναι χαρακτηριστικό ότι το 90% της έκτασης που καίγεται ετησίως αντιστοιχεί σε Μεσογειακά οικοσυστήματα [24% σε πευκοδάση και 66% σε φρύγανα και μακί (*maquis*) για το διάστημα 1965-1990].

Το μεγαλύτερο ποσοστό πυρκαγιών, τόσο ως προς τον αριθμό όσο και ως προς την έκταση που καίγεται, αποδίδεται σε απροσεξία και σε άγνωστες αιτίες. Είναι προφανές ότι οι πυρκαγιές που συνέβαιναν στο μακρινό παρελθόν δεν μπορούν να αποδοθούν στα ίδια αίτια με αυτά που συμβαίνουν τώρα. Κεραυνοί και αστραπές προκαλούσαν τις περισσότερες από τις φωτιές που γνώρισαν τα οικοσυστήματα από την αρχή της εγκατάστασής τους στον πλανήτη.

Σήμερα πιστεύουμε ότι τόσο ο αριθμός όσο και η έκταση των καιομένων εκτάσεων σχετίζεται και με τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες μιας περιοχής. Η οικονομία της χώρας μας παλαιότερα στηριζόταν περισσότερο σε πρακτικές όπως η δασοκομία, η ρητινοσυλλογή ή η ξύλευση, και οι κοινωνικές δομές ήταν διαφορετικές από τις σημερινές. Οι άνθρωποι «περιποιούνταν» τα δάση και τις δασικές εκτάσεις περισσότερο, γιατί ζούσαν άμεσα από τους πόρους που τους προσέφεραν (ξύλο, ρετσίνι, μελισσοκομία). Σήμερα, πολλές δασικές εκτάσεις έχουν την «ατυχία» να γειτονεύουν - τουλάχιστον στην Αττική - με μεγάλα αστικά κέντρα και να υφίστανται την πίεση της μετατροπής τους σε χώρους δεύτερης κατοικίας, ή να βρίσκονται κοντά σε τουριστικές μονάδες και συγκροτήματα, οπότε κινδυνεύουν από την τουριστική τους «αξιοποίηση». Οι εκτάσεις με μακί (*maquis*) ή φρύγανα, θεωρούμενες κλασικά ως «χαμηλότερου» αισθητικού κάλλους, χρησιμοποιούνται πολύ συχνά και ως βοσκότοποι, με όλες τις παρεπόμενες συνέπειες (Moreira et al. 2011).

Ένας άλλος κίνδυνος που διατρέχουν αυτές οι θαμνώδεις περιοχές προκύπτει από τη μη θεώρησή τους ως δάση (που δεν είναι) ή δασικές εκτάσεις (που είναι) σύμφωνα με το ισχύον Σύνταγμα. Αυτό έχει ως συνέπεια την ισχυρή πιθανότητα αλλαγής χρήσης γης μετά από φωτιά, κάτι που εκμεταλλεύονται πολλοί, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για διακατεχόμενες εκτάσεις.

Πώς επηρεάζει η φωτιά τα φυσικά συστήματα;

Έδαφος

Οι μεταβολές που προκαλεί η φωτιά στο έδαφος αμέσως μετά το πέρασμά της είναι πολλές. Αρχικά, η θερμοκρασία μεταβάλλεται σημαντικά στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Ωστόσο, μόνο μικρό ποσοστό της εκλυόμενης θερμότητας μεταδίδεται στα βαθύτερα στρώματα, όπου βρίσκονται και οι ρίζες των φυτών. Τόσο οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες όσο και η διάρκεια διατήρησής τους σε υψηλά επίπεδα εξαρτώνται από την υφή του εδάφους και την περιεκτικότητά του σε νερό, και προσδιορίζουν, μαζί με την ποσότητα της καιόμενης ύλης, την ένταση της φωτιάς. Συνήθως, με τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, προκαλείται απανθράκωση της οργανικής ύλης, μείωση του αερισμού και της διαβρεξιμότητας του εδάφους (Vallejo et al. 2006).

Μια από τις ενδεχόμενες έμμεσες επιπτώσεις της φωτιάς στο έδαφος είναι η διάβρωση. Η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από τη συχνότητα της φωτιάς στην ίδια περιοχή, την κλίση και τη φύση του εδάφους, τα χαρακτηριστικά του κλίματος που επικρατεί στην περιοχή και τη διαχείριση που εφαρμόζεται στην καμένη περιοχή. Είναι προφανές ότι στα Μεσογειακά περιβάλλοντα, που χαρακτηρίζονται από έντονες κλίσεις και συνήθως ραγδαίες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις, η πιθανότητα διάβρωσης είναι μεγάλη. Ωστόσο, ο κίνδυνος μειώνεται με την ταχύτερη αποκατάσταση της βλάστησης, αν δεν επακολουθήσει μία δεύτερη διαταραχή σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Φυτά

Έχοντας υποστεί την επανειλημμένη δράση της φωτιάς στην πορεία της εξέλιξής τους, τα φυτικά είδη των Μεσογειακών περιβαλλόντων έχουν αναπτύξει ειδικές προσαρμογές αντιμετώπισης της δράσης της, εξασφαλίζοντας την παρουσία τους στο χώρο και στο χρόνο. Τα φυτά διαθέτουν δύο βασικούς μηχανισμούς απόκρισης στη δράση της φωτιάς: α) βλαστητική αναγέννηση (resprouting) του ίδιου καμένου ατόμου και β) εγκατάσταση νέων ατόμων μετά τη φύτευση σπερμάτων (Whelan 1995, Bond and van Wilgen 1996, Arianoutsou 1999). Η

γνώση των μηχανισμών των φυτικών ειδών που απαντούν σε ένα δασικό οικοσύστημα ή σε ένα θαμνώνα είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιολόγηση της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και, επίσης, για το σχεδιασμό των εναλλακτικών σεναρίων της μεταπυρικής διαχείρισης.

Τα είδη των πυρογενών περιβαλλόντων που δεν διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς αναγέννησης μετά τη φωτιά είναι ελάχιστα. Στις περιπτώσεις αυτές, η ανάκαμψη των πληθυσμών τους εξασφαλίζεται με αποίκηση από γειτονικές άκαυτες περιοχές, σε χρόνους που εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα των άκαυτων περιοχών και τις ιδιότητες των φυτών. Τυπικά παραδείγματα αυτών είναι το θυμάρι (*Coridothymus capitatus*) και η άρκευθος (*Juniperus phoenicea*).

Η αναβλάστηση είναι μια ιδιότητα που τη συναντάμε σε πολλά δικοτυλήδονα φυτά (Pausas and Keeley 2009). Τα αναβλαστήματα εμφανίζονται συνήθως στο ανώτερο τμήμα της ρίζας, από οφθαλμούς που παραμένουν άθικτοι και ανεπηρέαστοι από τη φωτιά, καλυμμένοι από το προστατευτικό στρώμα του εδάφους. Αναβλάστηση εμφανίζουν και τα φυτά που διαθέτουν ξυλοκόκδυλους, όπως η γαλαστοιβή (*Eurphorbia acanthothamnus*), τα ρείκια (*Erica arborea*, *E. australis*, *E. multiflora*), ή υπόγειους βολβούς, όπως τα κυκλάμινα (*Cyclamen* spp.), ο βολβός (*Muscari comosum*), η σκυλοκρεμμύδα (*Urginea maritima*) και οι κρόκοι (*Crocus* spp.).



Φωτογραφία 1. Αναβλάστηση σκυλοκρεμμύδας (*Urginea maritima*).

Η αναβλάστηση είναι μια διαδικασία η οποία, γενικά, προχωρά απρόσκοπτα, καθώς οι νέοι βλαστοί υποστηρίζονται από την άθικτη υπόγεια ζώσα βιομάζα. Τα αναβλαστήματα ωριμάζουν σύντομα, παράγοντας άνθη και καρπούς από ένα (π.χ. βολβόφυτα) έως και λίγα χρόνια μετά τη φωτιά. Όλα τα θαμνώδη είδη των μακί (*maquis*), π.χ. πουρνάρι (*Quercus coccifera*), σχίνος (*Pistacia lentiscus*) και κουμαριές (*Arbutus* spp.), και τα περισσότερα θαμνώδη είδη των φρυγάνων, π.χ. αστοιβή (*Sar-*

copoterium spinosum), γαλαστοιβή (*Euphorbia acanthothamnus*) και αφάνα (*Genista acanthoclada*), είναι αναβλαστώντα είδη.



Φωτογραφία 2. Αναβλάστηση πουρνναριού (*Quercus coccofera*).

Τα είδη που διαθέτουν την αναβλάστηση ως το μοναδικό μηχανισμό απόκρισης απέναντι στη φωτιά ονομάζονται *υποχρεωτικώς αναβλαστώντα* είδη (*obligatory resprouters*). Ως *προαιρετικώς αναβλαστώντα* είδη θεωρούνται αυτά που πρωταρχικά αναγεννώνται με φύτευση σπερμάτων, αλλά μπορούν και να αναβλαστήσουν, π.χ. τα είδη *Sarcopoterium spinosum* και *Erica* spp. Τα είδη των οικοσυστημάτων με αειφύλλα σκληρόφυλλα (μακί) αναγεννώνται σχεδόν αμέσως μετά τη φωτιά, ενώ των φρυγάνων μπορεί και να περιμένουν τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Η διαφορά έχει αποδοθεί στο διαφορετικό βάθος των ριζικών τους συστημάτων (Arianoutsou 1999). Σε κάθε περίπτωση, η αναβλάστηση μπορεί να συμβεί μόνον εφόσον υπάρχουν επαρκή αποθέματα υδατανθράκων στις ρίζες, στους ξυλοκόνδυλους ή στους βολβούς των φυτών, ώστε να υποστηρίξουν την εμφάνιση των νέων αυτών βλαστικών δομών (Jones and Laude 1960).

Η δεύτερη προσαρμοστική στρατηγική των μεσογειακών φυτών απέναντι στη φωτιά είναι η φύτευση σπερμάτων. Τα πεύκα της θερμομεσογει-



Φωτογραφία 3. Φύτευση σπέρματος χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*).

ακής ζώνης (π.χ. *Pinus halepensis* και *Pinus brutia*), τα περισσότερα είδη λαδανιάς (*Cistus* spp.) και πολλά ποώδη ψυχανθή (υπο-οικογένεια Papilionidae), είναι *υποχρεωτικώς σπερμoαναγεννώμενα* είδη (*obligatory seeders*).



Φωτογραφία 4. Φύτευση σπερμάτων λαδανιάς (*Cistus creticus*) και ψυχανθών (*Fabaceae*).

Τα αρτίβλαστα εμφανίζονται μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου από τα σπέρματα, τα οποία είτε είχαν διασπαρεί πριν τη φωτιά, παραμένοντας ληθαργικά στο έδαφος, σχηματίζοντας μόνιμες εδαφικές τράπεζες σπερμάτων, είτε διασπείρονται μετά τη φωτιά, από επίγεια τράπεζα σπερμάτων στην οποία παρέμειναν προστατευμένα, όπως στους κώνους των πεύκων της θερμομεσογειακής ζώνης. Ο λήθαργος των σκληροπεριβληματικών σπερμάτων που συγκροτούν τις μόνιμες εδαφικές τράπεζες αίρεται είτε με θερμικό ερέθισμα (Keeley and Fotheringham 2000, Ferrandis et al. 2001, Papavassiliou and Arianoutsou 1993, Doussi and Thanos 1994), είτε λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων (Thanos and Rundel 1995, Pérez-Fernández and Rodríguez-Echeverría 2003), που αφθονούν στα καμένα εδάφη (Arianoutsou-Faraggitaki and Margaritis 1982), είτε με την αλλαγή που προκαλείται εξαιτίας της απομάκρυνσης της κόμης των φυτών στην ποιότητα του φωτός που φτάνει στο έδαφος, επηρεάζοντας τη φύτευση των σπερμάτων (κόκκινο/σκοτεινό κόκκινο μήκος κύματος) (Roy and Arianoutsou-Faraggitaki 1985) ή υπό την επίδραση του καπνού της φωτιάς (Dixon et al. 1995, Pérez-Fernández and Rodríguez-Echeverría 2003).

Ορισμένα είδη των Μεσογειακών πεύκων διατηρούν τα σπέρματά τους σε κώνους που παραμένουν κλειστοί σχηματίζοντας επίγεια τράπεζα σπερμάτων. Τα πεύκα αυτά εμφανίζουν βραδύχωρη διασπορά σπερμάτων (*serotinous pines*). Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην κόμη των δένδρων, κατά τη διάρκεια της φωτιάς, αποξηραίνουν τους κώνους και η ρητίνη που διατηρεί τα λέπια των κώνων κλειστά λιώνει, επιτρέποντας τη διασπορά των σπερμάτων (Leone et al.

1999, Thanos and Daskalaku 2000, Ne'eman et al. 2004). Η φύτευση των σπερμάτων γίνεται το φθινόπωρο, μετά τις πρώτες βροχές, αφού επιτευχθεί η διάβρεξή τους. Ο αριθμός των εμφανιζόμενων αρτιβλάστων είναι ιδιαίτερα υψηλός, ωστόσο, μετά την πρώτη περίοδο ξηρασίας καταγράφεται μεγάλη θνησιμότητα (Arianoutsou and Margaritis 1981, Papavassiliou and Arianoutsou 1993, Daskalaku and Thanos 2004). Τυπικά παραδείγματα βραδύχωρης διασποράς σπερμάτων εμφανίζουν τα είδη *Pinus halepensis* (χαλέπιος πεύκη) και *Pinus brutia* (τραχεία πεύκη).

Οι οικολογικές επιπτώσεις της φωτιάς καθορίζονται από το καθεστώς της, δηλαδή τη συνδυασμένη δράση της συχνότητας, της έντασης, της εποχής και του μεγέθους της (Gill and Bradstock 2003). Από αυτά, η συχνότητα και η ένταση είναι οι κρίσιμότερες παράμετροι που καθορίζουν τις αποκρίσεις των φυτικών ειδών. Προκειμένου να εκτιμήσουμε τη δυνατότητα μακρόχρονης επιβίωσης των φυτών, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε όχι μόνον τις προσαρμοστικές στρατηγικές τους απέναντι σε ένα κανονικό καθεστώς φωτιάς, αλλά και πώς αυτά επηρεάζονται από ένα τροποποιημένο καθεστώς, π.χ. συχνότερες φωτιές με μικρότερο μεσοδιάστημα μεταξύ τους. Η ικανότητα των ειδών να αποκρίνονται στη φωτιά είναι συνάρτηση του μεσοδιαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών περιστατικών, δεδομένου ότι κάθε είδος απαιτεί συγκεκριμένο χρόνο προκειμένου να αναπληρώσει είτε τα αποθέματα υδατανθράκων του - αν αναγεννάται βλαστικά - είτε το αναπαραγωγικό του δυναμικό - αν αναγεννάται με φύτευση σπερμάτων (Arianoutsou 1998). Ο χρόνος αυτός ποικίλλει, μεταξύ του ενός έτους, όπως είναι στα ποώδη ψυχανθή, μέχρι 6-8 έτη, όπως στα πεύκα, τα οποία φθάνουν στην αναπαραγωγική τους ηλικία μόλις σε αυτήν την ηλικία. Εάν συμβεί ένα δεύτερο περιστατικό φωτιάς πριν την αναπαραγωγική ωρίμανση των σπερμοαναγεννώμενων φυτών, τότε αναμένονται δραματικές αλλαγές στη σύνθεση της χλωρίδας και στη δομή της βλάστησης (Arianoutsou et al. 2002, 2011, Goudelis et al. 2008). Το ίδιο ισχύει και για τα είδη που αναβλαστάνουν, για τα οποία απαιτείται χρόνος αναπλήρωσης των αποθεμάτων υδατανθράκων τους. Ωστόσο, κάποια είδη έχουν ιδιαίτερα υψηλή ικανότητα αναβλάστησης, ανεξάρτητα από τη συχνότητα της φωτιάς. Το πουνράρι (*Quercus coccifera*) είναι μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση (Trabaud 1991a, Delitti et al. 2005).

Η ένταση της φωτιάς είναι η άλλη κρίσιμη παράμετρος του καθεστώτος της. Επηρεάζει την πορεία της αναγέννησης αλλά, ενδεχομένως, και τη δυνατότητα φύτευσης των σπερμάτων. Οι έντονες φωτιές μπορεί να καταστρέψουν τα όργανα

αναβλάστησης των φυτών, αν και αυτό δεν έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά. Αντίθετα, έχει βρεθεί πως η φύτευση των σπερμάτων αρκετών ειδών προωθείται από την σχετικά υψηλή θερμοκρασία που μπορεί να αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια της φωτιάς (π.χ. Arianoutsou and Margaritis 1981, Thanos and Georgiou 1988, Doussi and Thanos 1994, Keeley and Bond 1997).

Το διάστημα για να αρχίσουν και να ολοκληρωθούν οι κρίσιμες αυτές φάσεις στην ανάκαμψη του οικοσυστήματος είναι περίπου δύο χρόνια. Στο διάστημα αυτό τα φυτά που αναγεννώνται παρουσιάζουν ιδιαίτερα ενεργοποιημένους ρυθμούς αύξησης, εκμεταλλευόμενα τον ανοιχτό χώρο και αξιοποιώντας την αυξημένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ιόντων που βρίσκονται στη στάχτη. Αν στο διάστημα αυτό δεν συμβεί καμιά δευτερογενής παρέμβαση, οι φυτοκοινότητες θα επανέλθουν στην προ-πυρική κατάσταση. Ο απαιτούμενος χρόνος επανάκαμψης και αποκατάστασης των φυτοκοινοτήτων των Μεσογειακών οικοσυστημάτων κυμαίνεται από λίγα χρόνια για τους θαμνώνες (φρύγανα και μακί) έως τρεις με τέσσερις δεκαετίες για τα πευκοδάση (Arianoutsou 1998, Zagas et al. 2004). Σε κάθε, πάντως, περίπτωση, η πορεία της αναγέννησης και ανάκαμψής τους δεν ακολουθεί το τυπικό πρότυπο της διαδοχής διαφορετικών ομάδων φυτών από τα αρχικά έως και τα τελικά στάδια, αλλά το πρότυπο της λεγόμενης «αυτοδιαδοχής» (Hanes 1971), σύμφωνα με το οποίο η πλειονότητα των ειδών που συνθέτουν τις φυτοκοινότητες των τελικών σταδίων αναγεννώνται αμέσως μετά τη φωτιά, συμμετέχοντας στη σύνθεση των φυτοκοινοτήτων καθ' όλη την πορεία της μεταπυρικής αναγέννησής τους. Κατά συνέπεια, η δυναμική της βλάστησης είναι κυρίως αποτέλεσμα των διαδοχικών μεταβολών στην αφθονία και την κάλυψη των ειδών αυτών. Υπάρχουν ομάδες φυτών, όπως τα ετήσια ψυχανθή, που παρουσιάζουν υψηλή αφθονία και κάλυψη κατά τα πρώτα μεταπυρικά έτη (Παπαβασιλείου 2001), αφού η φύτευσή τους ευνοείται από τη δράση της φωτιάς, και των οποίων η συμμετοχή στη δομή των φυτοκοινοτήτων περιορίζεται στη συνέχεια, ενώ η ομάδα των ξυλωδών αναρριχώμενων ειδών [π.χ. ο αρκουδόβατος (*Smilax aspera*)] παρουσιάζει το αντίθετο πρότυπο, με παρουσία από το πρώτο μεταπυρικό έτος, αλλά μέγιστη αφθονία και κάλυψη στα τελικά στάδια (Καζάνης 2005).

Αν, για κάποιο λόγο, οι μηχανισμοί επανάκαμψης «μπλοκαριστούν», το πρότυπο της αυτοδιαδοχής παύει να ισχύει και προκύπτει υποβάθμιση των οικοσυστημάτων λόγω υπο-εκπροσώπησης κάποιων φυτικών ομάδων, λόγω αδυναμίας ή ανεπαρκούς αναγέννησης (Kazanis and Arianoutsou 2004b). Στην Ελλάδα, δυστυχώς, λείπει η σοβα-

ρή πολιτική διαχείρισης των καμένων εκτάσεων. Έτσι, πολύ συχνά, η φυσική πορεία αναγέννησης των Μεσογειακών οικοσυστημάτων ανακόπτεται από την ξύλευση και την ανεξέλεγκτη βόσκηση που γίνονται στα πρώτα κρίσιμα στάδια της μεταπυρικής αναγέννησης, με αποτέλεσμα την ανασχεση της πορείας επανάκαμψης. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι δεν είναι η φωτιά που προκαλεί υποβάθμιση στα χερσαία οικοσυστήματα της χώρας μας, αλλά η ανυπαρξία σωστής μεταπυρικής διαχείρισής τους.

Ζωά

Η επίδραση της φωτιάς στην πανίδα των οικοσυστημάτων της Ελλάδας δεν είναι μελετημένη το ίδιο διεξοδικά όσο η επίδραση στη χλωρίδα και τη βλάστηση. Ωστόσο, από τις μέχρι τώρα διαθέσιμες δημοσιευμένες εργασίες (Sgardelis and Margaris 1983, Sgardelis et al. 1995, Radea and Arianoutsou 2000, Radea et al. 2011) προκύπτουν τα εξής:

Η φωτιά προκαλεί μείωση των πυκνοτήτων των πληθυσμών της εδαφικής πανίδας, η οποία, όμως, επανέρχεται σύντομα στα προ της φωτιάς επίπεδα. Η μείωση αυτή σχετίζεται με την απώλεια της τροφής αλλά και την τροποποίηση του ενδιαίτηματος αρκετών ομάδων. Ωστόσο, επειδή σημαντικός αριθμός ειδών της εδαφικής πανίδας κατά την περίοδο του θέρους έχει μεταναστεύσει σε βαθύτερα στρώματα εδάφους, προς αναζήτηση καλύτερων συνθηκών υγρασίας, η επίδραση αυτή μετριάζεται.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η αναγέννηση της φυτοκοινότητας και η πορεία ανάκαμψης της δομής και της παραγωγικότητάς της επηρεάζουν το μέγεθος των πληθυσμών, την επιβίωση και αναπαραγωγή των περισσότερων ομάδων της εδαφικής πανίδας, αλλά και άλλων ομάδων ζώων, π.χ. της ορνιθοπανίδας, όπως διαπιστώνουμε από μελέτες που έχουν γίνει σε παρόμοια με τα ελληνικά οικοσυστήματα (π.χ. Pons et al. 2000).

Εδαφικές λειτουργίες

Οι φυσικοχημικές μεταβολές που συμβαίνουν στο έδαφος (π.χ. στη δομή, την οξύτητα και το οργανικό περιεχόμενο) επηρεάζουν, προφανώς, και τους μικροοργανισμούς, οι οποίοι επιτελούν τις εδαφικές λειτουργίες που σχετίζονται με την αποικοδόμηση και την ανοργανοποίηση των βιολογικών δομών.

Η αύξηση του pH του εδάφους που συνήθως ακολουθεί τη φωτιά ευνοεί την ανάπτυξη των βακτηριακών πληθυσμών, ενώ για μικρό χρονικό διάστημα οι πληθυσμοί των μυκήτων εμφανίζονται μειωμένοι (Arianoutsou and Margaris 1982). Ιδιαίτερα ευνοημένα φαίνονται τα νιτροποιητικά βακτήρια, εκείνα δηλαδή που συμμετέχουν στον

κύκλο του αζώτου και συγκεκριμένα στις μετατροπές των αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων σε νιτρικά, που τελικά προσλαμβάνουν τα φυτά κατά τη θρέψή τους. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, μιας και η παραγωγή νιτρικών ιόντων, που χρειάζονται τα φυτά για την ανάπτυξή τους, είναι - μέσα από αυτήν τη διαδικασία - ταχύτερη (Arianoutsou and Margaris 1982). Η λειτουργία της αποικοδόμησης έχει βρεθεί πως παραμένει ανεπηρέαστη από τη δράση της φωτιάς, ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο τόσο σε άκαυτες όσο και σε καμένες περιοχές Μεσογειακών οικοσυστημάτων (Arianoutsou and Margaris 1982, Radea and Arianoutsou 2000, 2004).

Νέα πρότυπα εκδήλωσης πυρκαγιών ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής

Το κλίμα έχει σαφή επίδραση στα πρότυπα (καθεστώς - regime) των δασικών πυρκαγιών (Pausas et al. 2004a). Κατά συνέπεια, εάν οι προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή (IPCC 2007) επιβεβαιωθούν μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, πρέπει να αναμένουμε τροποποίηση του καθεστώτος της φωτιάς, που με τη σειρά της αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα και στην ικανότητα επανισορόπησής τους απέναντι στη φωτιά (resilience). Σύμφωνα με τις αναλύσεις των Liu et al. (2010), οι τάσεις εκδήλωσης πυρκαγιών σε παγκόσμια κλίμακα αναμένεται να αυξηθούν στη Βόρεια και Νότια Αμερική, στην κεντρική Ασία, στη νότια Ευρώπη, στη δυτική Αφρική και στην Αυστραλία. Οι σοβαρότερες μεταβολές αναμένονται στη νότια Ευρώπη.

Εάν η φωτιά συμβεί εκτός του «κανονικού» παράθυρου χρόνου για τα οικοσυστήματα, θα ασκηθεί πίεση προς την επικράτηση αυτών των ειδών που μπορούν να αποκριθούν εντός του συγκεκριμένου παράθυρου χρόνου, περιορίζοντας αυτά τα οποία δεν μπορούν να ακολουθήσουν (Flannigan et al. 2000). Για την πρόβλεψη των τάσεων υποχώρησης και επικράτησης των διαφόρων ειδών, χρήσιμο εργαλείο μπορεί να αποδειχθεί το σχήμα των «ζωτικών παραμέτρων» (vital attributes) που αναπτύχθηκε από τους Noble και Slatyer (1980) και επί του οποίου στηρίχτηκε η διάκριση των ειδών σε λειτουργικές ομάδες με διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας στα ποικίλα καθεστώτα φωτιάς (Pausas 1999, Arianoutsou 1999, Lloret and Vilà 2003, Arianoutsou 2004, Pausas et al. 2004, Kazanis and Arianoutsou 2004a, Arianoutsou et al. 2011). Οι πλέον ευαίσθητες λειτουργικές ομάδες είναι αυτές των οποίων τα εγκατεστημένα άτομα (νεαρά και ώριμα) είναι ευάλωτα στη φωτιά, δηλαδή δεν έχουν ικανότητα βλαστητικής αναγέννησης, ή τα αποθέματα των τραπεζών σπερμάτων τους εξαντλούνται από τη φωτιά.

Η φωτιά στα ορεινά δασικά οικοσυστήματα

Όπως προκύπτει από όσα αναφέρονται παραπάνω, η σχέση των Μεσογειακών οικοσυστημάτων με τη φωτιά αποτέλεσε αντικείμενο διεξοδικών ερευνών και μελετών. Αντιθέτως, στην περίπτωση των δασών κωνοφόρων και φυλλοβόλων ειδών που εξαπλώνονται σε περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου της ορεινής ζώνης της Ελλάδας, αλλά και άλλων Μεσογειακών χωρών, οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι περιορισμένες, δεδομένου ότι τα περιστατικά πυρκαγιάς ήταν, μέχρι το πρόσφατο παρελθόν, σπανιότερα και μικρότερης έκτασης. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, πιθανότατα λόγω και της κλιματικής αλλαγής αλλά και της αλλαγής στους τρόπους χρήσεις γης (Piñol et al. 1998, Pausas 2004), έχει διαπιστωθεί αύξηση των περιστατικών φωτιάς στα υγρότερα και ψυχρότερα περιβάλλοντα των ορεινών δασικών οικοσυστημάτων, που συγκροτούνται από είδη που δεν είναι προσαρμοσμένα στην περιοδική δράση της φωτιάς (Ordóñez et al. 2006, Arianoutsou et al. 2010, Αριανούτσου κ.ά.-υπό έκδοση). Ενδεικτικές για την Ελλάδα είναι οι πυρκαγιές της θερινής περιόδου του έτους 2007, όταν αποτεφρώθηκαν συνολικά 1.962 τετραγωνικά χιλιόμετρα δασών και δασικών εκτάσεων (JRC 2008), εκ των οποίων ένα σημαντικό ποσοστό αφορά σε αποτεφρωμένα ορεινά δάση κωνοφόρων και φυλλοβόλων (Ευβοία, Αττική, Πιερία, Πελοπόννησος, Ήπειρος).



Φωτογραφία 5. Καμένες δασικές εκτάσεις μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) στον Ταύγετο.

Είναι τα ορεινά δάση φυλλοβόλων προσαρμοσμένα στη φωτιά;

Καταγράφοντας τη μεταπυρική αναγέννηση των φυτοκοινοτήτων δασών βελανιδιάς στην ορεινή Αρκαδία, το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τόσο τα κυρίαρχα είδη, όσο και η πλειονότητα των ειδών του υπορόφου, παρουσιάζουν

ικανοποιητική αναγέννηση μετά τη δράση της φωτιάς (Αριανούτσου κ.ά.-υπό έκδοση). Όσον αφορά στα κυρίαρχα δασικά είδη, οι βελανιδιές αναγεννώνται αναβλαστάνοντας από οφθαλμούς που βρίσκονται επί του κορμού (επικορμικά) ή στο ανώτερο μέρος των ριζών, ενώ καταγράφεται και περιορισμένη φύτευση σπυριών. Ο βαθμός και ο τύπος αναγέννησης φαίνεται να σχετίζεται με την κατά τόπους ένταση της φωτιάς και τα χαρακτηριστικά της κάθε θέσης. Όσον αφορά στα είδη του υπορόφου, η πλειονότητα αναγεννάται μετά από φύτευση σπυριών. Για ένα σημαντικό αριθμό ειδών (κυρίως μονοτείς πόες), τα σπέρματα αυτά δεν φαίνεται να προκύπτουν από μόνιμη εδαφική τράπεζα (δεν είναι σκληροπεριβληματικά), αλλά έχουν διασπαρεί από γειτονικές, άκαυτες θέσεις.

Είναι τα ορεινά δάση κωνοφόρων προσαρμοσμένα στη φωτιά;

Οι κύριοι τύποι ορεινών δασών κωνοφόρων που κάηκαν κατά τις μεγάλης κλίμακας δασικές πυρκαγιές των τελευταίων ετών, ιδιαίτερα το 2007, ήταν δάση μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) και Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*), ενός ελληνικού ενδημικού είδους δένδρου. Στα ορεινά δάση κωνοφόρων κατά κανόνα τα συνήθη περιστατικά φωτιάς λαμβάνουν χώρα ως συνέπεια της δράσης κεραυνών κατά τις θερινές ξηρές καταιγίδες. Ως αποτέλεσμα, δεδομένων των συνθηκών που επικρατούν στη στρωμνή αλλά και στα ίδια τα δένδρα αυτών των συστημάτων, που είναι περισσότερο υγρά, η φωτιά δεν μεταδίδεται εύκολα. Έτσι, καίγονται λιγοστά δένδρα δημιουργώντας ένα διάκενο στη δασική βλάστηση, στο οποίο, στην πορεία του χρόνου, εγκαθίστανται νεαρά άτομα μαύρης πεύκης ή ελάτης από σπέρματα που παρήγαγαν γειτονικά, άκαυτα δένδρα (Fyllas et al. 2010). Επιπροσθέτως, ο κορμός της μαύρης πεύκης διαθέτει παχύ φλοιό, ο οποίος προστατεύει το δένδρο σε περιπτώσεις περιστατικών έρπουσας φωτιάς (Fulé et al. 2008).

Σε περιπτώσεις περιστατικών δασικών πυρκαγιών μεγάλης έκτασης, όπως αυτή του 2007, τα επιστημονικά δεδομένα από μελέτες στον ελληνικό χώρο (Αριανούτσου et al. 2010, Αριανούτσου κ.ά.-υπό έκδοση,) αλλά και αντίστοιχες στην Ευρώπη (Retana et al. 2002, Ordóñez et al. 2006) συνηγορούν στο ότι η αναγέννηση της μαύρης πεύκης εξαρτάται άμεσα από τη διαθεσιμότητα άκαυτων νησίδων που διαθέτουν ενήλικα, αναπαραγωγικά ώριμα άτομα, που συνεισφέρουν στον αποικισμό των καμένων εκτάσεων μέσω της διασποράς σπυριών. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός της ανεύρεσης των περισσότερων αρτιβλάστων και νεαρών

ατόμων μαύρης πεύκης σε μικρή απόσταση από άκαυτους πυρήνες. Παράλληλα, η εγκατάσταση των αρτιβλάστων φαίνεται να ευνοείται από ορισμένα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων μικροθέσεων και μικροενδιαιτημάτων. Σε επίπεδο φυτοκοινότητας, η μεταπυρική αναγέννηση είναι ικανοποιητική για τα περισσότερα είδη του υπορόφου. Όπως και στην περίπτωση των δασών βελανιδιάς, η πλειονότητα των ειδών που καταγράφονται στον υπόροφο κατά τα πρώτα μεταπυρικά έτη αναγεννήθηκε μετά από φύτευση σπερμάτων.

Όσον αφορά στην Κεφαλληνιακή ελάτη, συστηματικές δειγματοληψίες στα καμένα ελατοδάση του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας και στον ορεινό όγκο του Ταΰγετου αποδεικνύουν την πρακτικά μηδενική αναγέννηση της Κεφαλληνιακής ελάτης και αναδεικνύουν τη σημαντική συνεισφορά άκαυτων πυρήνων στη μελλοντική επανάκαμψη του οικοσυστήματος, μέσω της διασποράς των σπερμάτων (Χριστοπούλου κ.ά. 2008, Arianoutsou et al. 2009). Κατά συνέπεια, η διατήρηση των άκαυτων νησίδων κρίνεται απαραίτητη. Σε επίπεδο φυτοκοινότητας, η μεταπυρική αναγέννηση είναι ικανοποιητική για τα περισσότερα είδη του υπορόφου. Χαρακτηριστικότερη περίπτωση είδους του υπορόφου με αδυναμία μεταπυρικής αναγέννησης αποτελεί η άρκευθος (*Juniperus oxycedrus*), είδος που σε ορισμένες θέσεις αποτελεί κυρίαρχη συνιστώσα του υπορόφου, το οποίο καταγράφηκε να εγκαθίσταται τρία χρόνια μετά τη φωτιά από φύτευση σπερμάτων που διεσπάρησαν από τις άκαυτες συστάδες.

Μεταπυρική διαχείριση

Η περίπτωση των θερμόβιων Μεσογειακών οικοσυστημάτων

Τα Ελληνικά φυσικά Μεσογειακά οικοσυστήματα είναι προσαρμοσμένα να αντιμετωπίζουν τη φωτιά. Η φωτιά είναι, όμως, ταυτόχρονα, και μία μορφή καταστροφής. Ωστόσο, επειδή υπό «κανονικές» συνθήκες μια Μεσογειακή περιοχή μπορεί να καεί χωρίς μακροπρόθεσμα να υποστεί υποβάθμιση ως προς την ποικιλότητα των ειδών της, τη δομή των κοινοτήτων της και τη γονιμότητα των εδαφών της, με μια περιοδικότητα 40 χρόνων περίπου, η φωτιά αυτή καθαυτή δεν είναι καταστροφή, αλλά κυκλική διαταραχή.

Τα επιστημονικά δεδομένα μάς υποδεικνύουν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η καλύτερη τακτική είναι να αφήσουμε το οικοσύστημα να ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς του για να αντιμετωπίσει τη διαταραχή. Ωστόσο, το γεγονός ότι τα Με-



Φωτογραφία 6. Αναγέννηση χαλεπιού πεύκης (*Pinus halepensis*).

σογειακά οικοσυστήματα διαθέτουν προσαρμοστικούς μηχανισμούς αποτελεσματικής απόκρισης στη φωτιά δεν σημαίνει ότι οι μηχανισμοί αυτοί ενεργοποιούνται ανεξάρτητα της μεταπυρικής διαχειριστικής πολιτικής που θα εφαρμοστεί. Τα πρώτα στάδια της μεταπυρικής διαδοχής είναι ιδιαίτερα εύθραυστα και κρίσιμα για την επιτυχημένη επανάκαμψη του οικοσυστήματος. Για να μπορέσει το οικοσύστημα να αρχίσει και να ολοκληρώσει μόνο του με επιτυχία τη φυσική πορεία επανάκαμψης μετά τη φωτιά, πρέπει να αφαιρεθεί χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, που σχετίζεται συνήθως με την ξύλευση και απομάκρυνση της καμένης βιομάζας, τις αναδασώσεις, τη βοσκή ή την αλλαγή χρήσης γης.

Η ξύλευση στα καμένα πευκοδάση γίνεται, στις περισσότερες των περιπτώσεων, με μηχανικά μέσα και κατά τη διάρκεια του πρώτου και δεύτερου χρόνου μετά τη φωτιά, όταν τα αναβλαστήματα και τα αρτίβλαστα είναι ακόμη ιδιαίτερα ευάλωτα. Το αποτέλεσμα είναι, να μην να γίνεται εκμετάλλευση των καμένων κορμών, αλλά να καταστρέφονται οι δομές που θα εξασφάλιζαν τη συνέχιση της ύπαρξης του δάσους.

Οι αναδασώσεις, από την άλλη, δεν λύνουν κανένα πρόβλημα, για πολλούς λόγους. Συνήθως χρησιμοποιούνται είδη ξενικά προς την περιοχή, τα οποία διαταράσσουν τη φυσική ισορροπία που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων οργανισμών, με μοιραίο επακόλουθο σε πολλές περιπτώσεις τις εκρήξεις εντόμων ή την εξαφάνιση ειδών του υπορόφου από το δασικό οικοσύστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η «αναδάσωση» του Υμηττού με τραχεία πεύκη ή κουκουναριά (*Pinus pinea*), τα οποία είναι μεν ελληνικά είδη, αλλά βρίσκονται εκτός των ορίων φυσικής εξάπλωσής τους. Ακόμη χειρότερη είναι η αναδάσωση που συντελείται με είδη ξενικά όπως ο ευκάλυπτος, το κυπαρίσσι της Αριζόνας, οι ακακίες ή ακόμη και οι φραγκοσυκιές. Τα τελευταία έχουν καταγραφεί σε αναδασώσεις στο Πεντελικό όρος!

Η παρουσία των ειδών αυτών σε θέσεις εκτός των φυσικών ορίων εξάπλωσής τους προκαλεί τροποποίηση της βιοποικιλότητας της περιοχής, πιθανότατα ανταγωνισμό με τα ιθαγενή είδη και πολύ συχνά αλλαγή της φυσικής όψης του τοπίου.

Αν και τυπικά απαγορεύεται από το νόμο, πολλές φορές έντονη βόσκηση ακολουθεί την εμφάνιση της φωτιάς. Τα νεαρά αναβλαστήματα και τα αρτίβλαστα - και ανάμεσά τους κυρίως τα ψυχανθή - είναι ιδιαίτερα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και κυρίως άζωτο. Έτσι, θεωρούνται εξαιρετικές ζωοτροφές. Η εκμετάλλευση του γεγονότος αυτού από τους βοσκούς είναι μία πραγματικότητα την οποία δεν μπορούμε να αγνοήσουμε. Η βόσκηση, όμως, στα κρίσιμα στάδια της έναρξης της μεταπυρρικής διαδοχής είναι καταστρεπτική, γιατί ανακόπτει την πορεία φυσικής αναγέννησης των οργανισμών, προκαλείται συμπίεση του εδάφους, απομακρύνεται ζωτικής σημασίας οργανική ουσία, το έδαφος διαβρώνεται και το οικοσύστημα καταρρέει.

Αξίζει να τονιστεί ότι οι επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές σε συνδυασμό με την έντονη βόσκηση είναι από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η Ελλάδα, και συχνά οδηγεί σε υποβάθμιση του τοπίου και ερημοποίηση. Αντίθετα, η φωτιά από μόνη της δεν είναι απειλή για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα και ο άνθρωπος δεν θα μπορέσει να αποτρέψει την εμφάνισή της σε τακτά χρονικά διαστήματα, όποια μέτρα πρόληψης και να λάβει. Ένας διαφορετικός τρόπος αντιμετώπισης του θέματος θα ήταν προτιμότερος και αποδοτικότερος τελικά.

Η αλλαγή χρήσης γης των καμένων εκτάσεων είναι, τέλος, μια σύγχρονη μάστιγα του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ελλάδα, που στερούνται Εθνικού Κτηματολογίου (και δασικού κτηματολογίου), αλλά και όπου οι περιβαλλοντικές πολιτικές ή δεν υπάρχουν ή και αν υπάρχουν αμφισβητούνται ως προς την πληρότητά τους. Σύμφωνα με το νόμο, τα δάση που καίγονται κηρύσσονται αναδασωτέα, με την έννοια ότι δεν μπορεί να γίνουν τίποτε άλλο εκτός από δάση. Συχνά αυτό δεν συμβαίνει, δεδομένου ότι είτε οικοπεδοποιούνται άμεσα είτε έμμεσα μετά τη μετατροπή τους σε αγροτεμάχια, αν βρίσκονται σε προνομιούχο θέση. Αυτό είναι, πλέον, καθεστώς στις «διακατεχόμενες εκτάσεις», εκεί δηλαδή όπου αμφισβητείται το ιδιοκτησιακό καθεστώς και διεκδικούνται οι εκτάσεις παράλληλα από το δημόσιο και τους ιδιώτες. Οι κατά το Σύνταγμα δασικές εκτάσεις είναι σε χειρότερη θέση, δεδομένου ότι η παρουσία δένδρων σε αυτές είναι αραιή, ενώ πολύ περισσότερο επικίνδυνη είναι η κατάσταση για τις καμένες εκτάσεις με μακί (*maquis*) και φρύγανα, που θεωρούνται περιθωριακές ή χαρακτηρίζονται ως «χορτολιβαδικές» και χάνουν τη νομική τους προστασία.

Η περίπτωση των ορεινών δασικών οικοσυστημάτων

Δεδομένου ότι η αναγέννηση των δασών φυλλοβόλων δρυών είναι στην πλειονότητα των θέσεων ικανοποιητική, δεν κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή αναδασώσεων και εκτεταμένων διαχειριστικών επεμβάσεων, οι οποίες στην πραγματικότητα μπορούν να οδηγήσουν σε υποβάθμιση την αναγεννώμενη μεταπυρρική φυτοκοινότητα. Η λήψη διαχειριστικών μέτρων θα πρέπει να περιορίζεται σε δράσεις που αφορούν στην προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, ειδικότερα σε θέσεις όπου η κλίση είναι μεγάλη και ο κίνδυνος διάβρωσης αυξημένος. Πριν την υλοποίηση των δράσεων αυτών, είναι απαραίτητη η σύνταξη μελέτης αντιδιαβρωτικής προστασίας, ενώ τα αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας και συγκράτησης του εδάφους θα πρέπει να υλοποιούνται πριν την έναρξη των βροχοπτώσεων και με τρόπο που να μην προκαλείται υποβάθμιση της αναγεννώμενης φυτοκοινότητας. Επιπλέον, κατά τα πρώτα στάδια της μεταπυρρικής αναγέννησης των φυλλοβόλων δρυών, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να απαγορεύεται η βόσκηση, καθώς έχει βρεθεί ότι επηρεάζει σημαντικά τη χλωριδική σύνθεση των οικοσυστημάτων αυτών (Chaideftou et al. 2006) και αποτελεί, γενικά, έναν αρνητικό παράγοντα για τις αναγεννώμενες φυτοκοινότητες.

Για τη διαχείριση και την αποκατάσταση των καμένων δασών μαύρης πεύκης έχουν εκφραστεί πρόσφατα νέες προσεγγίσεις (Κακούρος και Χρυσολίτου 2010). Κοινό χαρακτηριστικό των προσεγγίσεων αυτών αποτελεί η ανάγκη διατήρησης και προστασίας των άκαυτων νησίδων. Γενικά, ως προς την επιλογή και την εφαρμογή μεταπυρρικών διαχειριστικών μέτρων μπορούν να διακριθούν διάφορες περιπτώσεις, οι οποίες και παρουσιάζονται συνοπτικά ακολούθως. Η πρώτη περίπτωση είναι αυτή της έρπουσας πυρκαγιάς, χαμηλής έντασης, στην οποία δεν είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων αναδάσωσης. Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή των επικόρυφων πυρκαγιών, μεγάλης έντασης και έκτασης, δίχως την παρουσία άκαυτων νησίδων. Στην περίπτωση αυτή, και λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεταπυρρική αναγέννηση του είδους αναμένεται να είναι εξαιρετικά χαμηλή (Trabaud and Campant 1991), θα πρέπει να υλοποιηθούν αναδασώσεις. Από τις τεχνικές αποκατάστασης που χρησιμοποιούνται συνήθως (σπορά ή φύτευση), η σπορά θεωρείται ως η πιο φυσική μέθοδος αποκατάστασης, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζει πλήθος συγκριτικών πλεονεκτημάτων (Ντάφης 2010). Απαραίτητη, ωστόσο, προϋπόθεση για την επιτυχία των αναδασώσεων είναι ο καθορισμός της προέλευσης και η εξασφάλιση καλής ποιότητας δασικού πολλαπλασιαστικού υλικού (Παϊτα-

ρίδου 2010). Η συλλογή των σπερμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στη σπορά θα πρέπει να γίνεται από όσο το δυνατόν πιο κοντινή περιοχή. Η τρίτη περίπτωση είναι αυτή όπου ο βαθμός επίδρασης της φωτιάς είναι κατά τόπους διαφορετικός, με αποτέλεσμα να έχουν απομείνει κάποιες άκαυτες συστάδες, μεγαλύτερου ή μικρότερου μεγέθους. Στην περίπτωση αυτή και λαμβάνοντας υπόψη τη συνεισφορά των άκαυτων νησίδων στην αποίκιση της καμένης έκτασης, θα πρέπει πρώτα να υλοποιούνται μελέτες παρακολούθησης της φυσικής μεταπυρικής αναγέννησης και, στη συνέχεια, να επιλέγεται το πού, πώς και ποια μέτρα αναδάσωσης θα πρέπει να εφαρμοστούν. Προτείνεται πάντως, σε κάθε περίπτωση, η τεχνητή αναδάσωση να μην πραγματοποιείται σε απόσταση μικρότερη των 150 m από τις άκαυτες νησίδες, ακόμα και σε περίπτωση διτλοκαμένων εκτάσεων (Αριανούτσου 2010). Επιπλέον, για τις τεχνικές αποκατάστασης θα πρέπει να ακολουθούνται τα όσα αναφέρθηκαν συνοπτικά για την περίπτωση των επικόρυφων πυρκαγιών, μεγάλης έντασης και έκτασης. Και στις τρεις αυτές διακριτές περιπτώσεις, τα αντιδιαβρωτικά μέτρα και τα μέτρα προστασίας του εδάφους κρίνονται απαραίτητα σε περίπτωση που ο κίνδυνος διάβρωσης είναι αυξημένος και ανάλογα με τα εκάστοτε τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Επίσης, όσον αφορά στις υλοτομίες και στη διαχείριση της καμένης ξυλείας, αυτές θα πρέπει να γίνονται ύστερα από σύνταξη πίνακα υλοτομίας και μετά από τη σύμφωνη γνώμη του εκάστοτε αρμόδιου Δασαρχείου. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στον έλεγχο της βιωσιμότητας των δένδρων. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό είναι να απαγορεύεται η βόσκηση, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια των πρώτων μεταπυρικών χρόνων, καθώς μπορεί να μειώσει την επιβίωση και την ανάπτυξη των αρτιβλάστων και των νεαρών φυταρίων μαύρης πεύκης (Ordóñez and Retana 2004, Tavsanoğlu 2008).

Η αναγέννηση της Κεφαλληνιακής ελάτης, ακόμα και με την προϋπόθεση της παρουσίας άκαυτων νησίδων με ώριμα άκαυτα άτομα που μπορούν να συνεισφέρουν στην αναγέννηση της περιοχής μέσω της διασποράς των σπερμάτων, αναμένεται να είναι εξαιρετικά αργή και δύσκολη διαδικασία. Για το λόγο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές πιέσεις και κινδύνους για αλλαγή της χρήσης γης, αλλά και τον ανθρώπινο συναισθηματικό παράγοντα, φαίνεται να είναι απαραίτητη η υλοποίηση δράσεων αναδάσωσης. Στην περίπτωση αυτή, όπως αντίστοιχα αναφέρθηκε για τη μαύρη πεύκη, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τις αναδασώσεις, το οποίο θα πρέπει να προέρχεται από την ίδια περιοχή (για παράδειγμα, συλλογή κώνων και σπερμάτων από γειτονικές άκαυτες συστάδες κ.ά.).

Ωστόσο, η επιτυχία των αναδασώσεων δεν είναι εγγυημένη, καθώς τα ποσοστά επιβίωσης των αρτιβλάστων και των νεαρών φυταρίων Κεφαλληνιακής ελάτης είναι ιδιαίτερα χαμηλά (Politi et al. 2009, Τσιαμήτας κ.ά. 2009). Δοκιμές χρήσης σκιάστρων που πραγματοποιήθηκαν στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας δεν έχουν αξιολογηθεί πλήρως ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πρώτων ερευνών που έγιναν για την αξιολόγηση της επιβίωσης και αύξησης των δενδρυλλίων ελάτης που χρησιμοποιήθηκαν για την αναδάσωση της καμένης έκτασης, βρέθηκε ότι αν και παρατηρούνται διαφορές στην επιβίωση μεταξύ των διαφόρων θέσεων, κυρίαρχο στοιχείο αποτελεί η ποιότητα του φυτευτικού υλικού (Θεοδωροπούλου κ.ά. 2010).

Σε πολλές περιπτώσεις, σε αναδασώσεις δασών Κεφαλληνιακής ελάτης φυτεύεται μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*), με στόχο τη δημιουργία κατάλληλου ενδιαιτήματος για τη φύτευση των σπερμάτων της ελάτης και την εγκατάσταση των νεαρών ατόμων της, καθώς, γενικά, η ελάτη θεωρείται είδος σκιάφιλο, τουλάχιστον στα πρώτα στάδια ανάπτυξής της. Η δράση αυτή ήταν ιδιαίτερα κοινή κατά το παρελθόν, ενώ συνεχίζει να προτείνεται και να υλοποιείται αρκετές φορές μέχρι και σήμερα. Ωστόσο, η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητά της δεν έχουν επιβεβαιωθεί επιστημονικά. Κρίνεται σκόπιμο να αποφεύγεται, πάντως, η δημιουργία «προδάσους» δεδομένου ότι: 1) τούτο ποτέ δεν απομακρύνεται από την περιοχή, 2) τα μαυρόπευκα που συνήθως χρησιμοποιούνται έχουν ταχύτερους ρυθμούς αύξησης και μπορούν να δράσουν ανταγωνιστικά ως προς τα νεαρά αρτιβλάστα ή φυτάρια ελάτης. Πρόσφατα άρχισε να συζητείται στους κόλπους της επιστημονικής κοινότητας η φύτευση θάμνων που θα λειτουργούν ως φυσικά σκιάστρα στα αναπτυσσόμενα νεαρά φυτά (Vallejo et al. 2011). Στην περίπτωση των αναδασώσεων στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας, έχει διαπιστωθεί ότι η γειτνίαση των φυτεμένων δενδρυλλίων ελάτης με άτομα γλιστροκουμαριάς (*Arbutus andrachne*) ή αριάς (*Quercus ilex*) οδηγεί σε αυξημένο ποσοστό επιβίωσης, σε σχέση με δενδρύλλια φυτεμένα σε ανοιχτές θέσεις (Θεοδωροπούλου κ.ά. 2010).

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Αριανούτσου, Μ., Δ. Καζάνης, Ι. Κόκκορης Ι. Μπαζός, Α. Χριστοπούλου, και Π. Κωνσταντινίδης-Γεωργίου. Υπό έκδοση. Διερεύνηση της επίδρασης της φωτιάς σε ορεινά δασικά οικοσυστήματα της Πελοποννήσου στο Κ.Α. Θάνος κ.ά.

επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 11ου Συνεδρίου της Ελληνικής Βοτανικής Εταιρείας. 8-11 Οκτωβρίου 2009, Αθήνα.

Αριανούτσου, Μ. 2010. Κριτήρια επιλογής σκοπών και μέτρων μεταπυρικής διαχείρισης των δασών μαύρης πεύκης με βάση την επιστήμη της οικολογίας. Σελ. 51-59 στο Π. Κακούρος και Β. Χρυσοπολίτου, συντονιστές έκδοσης. Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση των δασών μαύρης πεύκης. Πρακτικά Συνεδρίου, 15-16 Οκτωβρίου 2009, Σπάρτη. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Θεοδωροπούλου, Ο., Β. Δέτσης, και Γ. Ευθυμίου. 2010. Αναδάσωση ελάτης στην Πάρνηθα: πότε έχει σημασία η θέση και πότε το φυτευτικό υλικό; Σελ. 147 στο Περιλήψεις 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Οικολογίας - «Οικολογικές διεργασίες στο χώρο και το χρόνο». 7 - 10 Οκτωβρίου 2010, Πάτρα (ηλεκτρονική έκδοση).

Καζάνης, Δ. 2005. Μεταπυρική διαδοχή σε δάση *Pinus halepensis* Mill.: πρότυπα στη δυναμική της βλάστησης. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Κακούρος, Π., και Β. Χρυσοπολίτου (συντονιστές έκδοσης). 2010. Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση των δασών μαύρης πεύκης. Πρακτικά Συνεδρίου, 15 -16 Οκτωβρίου 2009, Σπάρτη. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Ντάφης, Σ. 2010. Το πρόβλημα της αποκατάστασης των καμένων δασών μαύρης πεύκης – Αρχές αποκατάστασης δασικών οικοσυστημάτων. Σελ. 13-16 στο Π. Κακούρος, Π. και Β. Χρυσοπολίτου, συντονιστές έκδοσης. Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση των δασών μαύρης πεύκης. Πρακτικά Συνεδρίου, 15-16 Οκτωβρίου 2009, Σπάρτη. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Παϊταρίδου, Δ. 2010. Ο ρόλος της κεντρικής αποθήκης δασικών σπόρων στην αποκατάσταση των δασών. Σελ. 21-28 στο Π. Κακούρος και Β. Χρυσοπολίτου, συντονιστές έκδοσης. Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση των δασών μαύρης πεύκης. Πρακτικά Συνεδρίου, 15-16 Οκτωβρίου 2009, Σπάρτη. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Παπαβασιλείου, Σ. 2001. Η σημασία των ψυχανθών στη μεταπυρική αναγέννηση Μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τσαγκάρη, Κ., Γ. Καρέτσος, και Ν. Προύτσος. 2011. Δασικές πυρκαγιές Ελλάδας, 1993-2008. WWF Ελλάς και ΕΘΙΑΓΕ-ΙΜΔΟ & ΤΔΠ, Αθήνα.

Τσαμής, Χ., Ε.Ν. Δασκαλάκου, και Κ.Α. Θάνος. 2009. Μελέτη της φύτευσης της κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica* Loudon) - εγκατάσταση αρτιβλάστων στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Αναρτημένη ανακοίνωση. Σελ. 164 στο Μ.Α. Δούση και Κ.Α. Θάνος, επιμ. έκδοσης. Πρόγραμμα και Περιλήψεις. 11ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνική Βοτανική Εταιρεία. Αθήνα, 8-11 Οκτωβρίου 2009. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

Χριστοπούλου, Α., Γ. Κόκκορης, Δ. Καζάνης, και Μ. Αριανούτσου. 2008. Μεταπυρική διασπορά των σπερμάτων *Abies cephalonica* Loudon στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας: ο ρόλος των άκαυτων πυρήνων του πληθυσμού. Σελ. 233 στο Σ. Παρασκευόπουλος, Α. Σφουγγάρης, Κ. Γουργουλιάνης, Ν. Δαλέζιος, Β. Παπαδημητρίου, Χ. Καραγιαννίδης, και Δ. Βαβουγιός, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Οικολογικής Εταιρείας, Βοτανικής Εταιρείας, Ζωολογικής Εταιρείας και Φυκολογικής Εταιρείας «Σύγχρονες τάσεις της έρευνας στην οικολογία», Βόλος.

Β. Ξενόγλωσση

Arianoutsou, M., N. Christopoulou, E. Ganou, Y. Kokkoris, and D. Kazanis. 2009. Post-fire response of the Greek endemic *Abies cephalonica* forests in Greece: the example of a NATURA 2000 site in Mt Parnitha National Park. Page 184 in L. Miko, and L. Boitani, editors. Proceedings of the 2nd European Congress of Conservation Biology, Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Prague.

Arianoutsou M., A. Christopoulou, Th. Tountas, E. Ganou, D. Kazanis, I. Bazos, and I. Kokkoris. 2010. Effects of fire on high altitude coniferous forests of Greece. In D.X. Viegas, editor. Book of Proceedings of the VIth International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, Portugal (electronic edition).

Arianoutsou, M. 1998. Aspects of demography in post-fire Mediterranean plant communities of Greece. Pages 273-295 in P.W. Rundel, G. Montenegro and F. Jaksic, editors. Landscape degradation in Mediterranean –Type Ecosystems. Ecological Studies 136, Springer-Verlag.

Arianoutsou, M. 1999. Effects of fire on vegetation demography. Pages 265-273 in Proceedings of the International Symposium on Forest Fires: Needs and Innovations, (DELFI). 18-19 November 1999, Athens.

Arianoutsou, M. 2004. Predicting the post-fire regeneration and resilience of Mediterranean plant

- communities. In M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis, editors. Ecology, Conservation and Management of Mediterranean Climate Ecosystems of the World. Proceedings of the MEDECOS 10th International Conference, April 25 – May 1 2004, Rhodes, Greece. Millpress, Rotterdam (electronic edition).
- Arianoutsou, M., D. Kazanis, Y. Kokkoris, and P. Skourou. 2002. Land-use interactions with fire in Mediterranean *Pinus halepensis* landscapes of Greece: patterns of biodiversity. In D.X. Viegas, editor. Proceedings of the IV International Forest Fire Research Conference, 18-23 November, Luso, Coimbra, Portugal, Millpress Rotterdam (electronic edition).
- Arianoutsou, M., S. Koukoulas, and D. Kazanis. 2011. Evaluating Post-Fire Forest Resilience Using GIS and Multi-Criteria Analysis: An Example from Cape Sounion National Park, Greece. Environmental Management 47:384-397.
- Arianoutsou, M., and N.S. Margaris. 1981. Producers and the fire cycle in a phryganic ecosystem. Pages 181-190 in N.S. Margaris, and H.A. Mooney, editors. Components of productivity in Mediterranean climate regions - basic and applied aspects. Dr W. Junk, The Hague.
- Arianoutsou-Faraggitaki, M., and N.S. Margaris. 1982. Decomposers and the fire cycle in a phryganic (East Mediterranean) ecosystem. Microbial Ecology 8:91-98.
- Bond, W.J., and B.W. van Wilgen. 1996. Fire and plants. Chapman and Hall, London.
- Chaideftou, E., C.A. Thanos, and P. Dimopoulos. 2006. Plant functional traits in relation to seedling recruitment and light conditions in sub-Mediterranean oak forests of Greece. Pages 597-601 in: D. Ivanova, editor. Proceedings of IV Balkan Botanical Congress, "Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation", 20–26 June 2006, Institute of Botany, Sofia.
- Daskalakou, E.N., and C.A. Thanos. 2004. Post-fire regeneration of Aleppo pine - the temporal pattern of seedling recruitment. Plant Ecology 171:81-89.
- Delitti, W., A. Ferran, L. Trabaud, and V.R. Vallejo. 2005. Effects of fire recurrence in *Quercus coccifera* L. shrublands of the Valencia Region (Spain): I. Plant composition and productivity. Plant Ecology 177:57-70.
- Dixon, K.W., S. Roche, and J.S. Pate. 1995. The promotive effect of smoke derived from burnt native vegetation on seed germination of Western Australian plants. Oecologia 101:185-192.
- Doussi, M.A., and C.A. Thanos. 1994. Post-fire regeneration of hardseeded plants: ecophysiology of seed germination. Pages 1035-1044 (Vol. II) in D.X. Viegas, editor. Proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research, 21-24 November 1994, Coimbra, Portugal.
- Ferrandis, P., J. de las Heras, J.J. Martínez Sanchez, and J.M. Herranz. 2001. Influence of a low-intensity fire on a *Pinus halepensis* Mill. forest seed bank and its consequences on early stages of plant succession. Israel Journal of Plant Science 49:105-114.
- Flannigan, M.D., B.J. Stocks, and M.B. Wotton. 2000. Climate change and forest fires. The Science of the Total Environment 262:221-229.
- Fulé, P.Z., M. Ribas, E. Gutiérrez, R. Vallejo, and M.W. Kaye. 2008. Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest eastern Spain. Forest Ecology and Management 255:1234-1242.
- Fyllas, N.M., P.I. Politi, A. Galanidis, P.G. Dimitrakopoulos, and M. Arianoutsou. 2010. Simulating Regeneration and Vegetation Dynamics in Mediterranean Coniferous Forests. Ecological Modelling 221:1494–1504.
- Gill, A.M., and R.A. Bradstock. 2003. Fire regimes and biodiversity: a set of postulates. Proceedings of the Australian National University Fire Forum, February 2002, CSIRO Publishing, Melbourne.
- Goudelis, G., P. Ganatsas, T. Tsitsoni, Y. Spanos, and E. Daskalakou. Effect of two successive wildfires in *Pinus halepensis* stands of Central Greece. Web Ecology 8:30-34.
- Hanes, T.L. 1971. Succession after fire in the chaparral of southern California. Ecological Monographs 41:27-52.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson, editors. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones, M.R., and H.M. Laude. 1960. Relations between sprouting in chamise and the physiological condition of the plant. Journal of Range Management 13:210-214.
- JRC. 2008. Forest fires in Europe 2007. Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability, EUR23492 EN.
- Kazanis, D., and M. Arianoutsou. 2004a. Long-term post-fire vegetation dynamics in *Pinus ha-*

- lepis* forests of central Greece: a functional-group approach. *Plant Ecology* 171:101-121.
- Kazanis, D., and M. Arianoutsou. 2004b. Factors determining low Mediterranean ecosystems resilience to fire: The case of *Pinus halepensis* forests. In M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis, editors. *Ecology, Conservation and Management of Mediterranean Climate Ecosystems*. Millpress (electronic edition).
- Keeley, J.E., and W.J. Bond. 1997. Convergent seed germination in South African fynbos and Californian chaparral. *Plant Ecology* 133:153-167.
- Keeley, J.E., and C.J. Fotherigam. 2000. The role of fire in regeneration from seed. Pages 311-330 in M. Fenner, editor. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, CAB International.
- Leone, V., A. Logiurato, and A. Saracino. 1999. Serotiny in *Pinus halepensis* Mill., recent issues. In: G. Ne'eman, and I. Izhaki, editors. *Abstracts of MEDPINE, International Workshop on Mediterranean Pines*. Beit Oren, Israel.
- Liu, Y., J. Stanturf, and S. Goodrick. 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259:685-697.
- Lloret, F., and M. Vilà. 2003. Diversity patterns of plant functional types in relation to fire regime and previous land use in Mediterranean woodlands. *Journal of Vegetation Science* 14:387-398.
- Moreira, F., O. Viedma, M. Arianoutsou, C. Curt, N. Koutsias, E. Rigolot, A. Barbati, P. Corona, P. Vaz, G. Xanthopoulos, F. Mouillot, and E. Bilgili. 2011. Landscape-wildfire interactions in Southern Europe: implications for landscape management. *Journal of Environmental Management* 92:2389-2402.
- Ne'eman, G., S. Goubitz, and R. Nathan. 2004. Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire - a critical review. *Plant Ecology* 171:69-79.
- Noble, I.R., and R.O. Slatyer. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43:5-21.
- Ordóñez, J.L., and J. Retana. 2004. Early reduction of post-fire recruitment of *Pinus nigra* by post-dispersal seed predation in different time-since-fire habitats. *Ecography* 27:449-458.
- Ordóñez, J.L., R. Molowny-Horas, and J. Retana. 2006. A model of the recruitment of *Pinus nigra* from unburned edges after large wildfires. *Ecological Modelling* 197:405-417.
- Papavassiliou, S., and M. Arianoutsou. 1993. Regeneration of the leguminous herbaceous vegetation following fire in a *Pinus halepensis* forest of Attica, Greece. Pages 119-126 in L.Trabaud and R.Prodon, editors. *Fire in Mediterranean Ecosystem, Ecosystem Research Report no 5*, Commission of the European Communities.
- Pausas, J.G. 1999. Mediterranean vegetation dynamics: modelling problems and functional types. *Plant Ecology* 140:27-39.
- Pausas, J.G., R.A. Bradstock, D.A. Keith, J.E. Keeley, and Global Change and Terrestrial Ecosystem (GCTE) Fire Network. 2004. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. *Ecology* 85:1085-1100.
- Pausas, J.G., and J.E. Keeley. 2009. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. *BioScience* 59:593-601.
- Pérez-Fernández, M.A., and S. Rodríguez-Echeverría. 2003. Effect of smoke, charred wood, and nitrogenous compounds on seed germination of ten species from woodland in central-western Spain. *Journal of Chemical Ecology* 29:237-251.
- Politi, P.I., M. Arianoutsou, and G.P. Stamou. 2009. Patterns of *Abies cephalonica* seedling recruitment in Mount Aenos National Park, Cephalonia, Greece. *Forest Ecology and Management* 258:1120-1136.
- Pons, P., P.Y. Henry, G. Gargallo, R. Prodon, and D. Lebreton. 2000. Local survival after fire in Mediterranean shrublands: combining capture-recapture data over several bird species. *Population Ecology* 45:187-196.
- Radea, C., and M. Arianoutsou. 2000. Decomposition processes and soil arthropod community in a *Pinus halepensis* Mill. forest of Greece after a wildfire. *European Journal of Soil Biology* 36:57-64.
- Radea, C., and M. Arianoutsou. 2004. Decomposition rates of legumes and cellulose in a *Pinus halepensis* Mill. Forest of Greece after a wildfire. In M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis, editors. *Ecology, Conservation and Management of Mediterranean Climate Ecosystems*. Millpress (electronic edition).
- Radea, C., D. Kazanis, and M. Arianoutsou. 2011. Effects of fire upon soil macroarthropod communities in *Pinus halepensis* stands in Attica, Greece. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 56:165-179.
- Retana, J., J.M. Espelta, A. Habrouk, J.L. Ordóñez, and F. de Solà-Morales. 2002. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain. *Ecoscience* 9:89-97.

- Roy, J., and M. Arianoutsou-Faraggitaki. 1985. Light quality as the environmental trigger for the germination of the post-fire species *Sarcopoterium spinosum* L. *Flora* 177:345-349.
- Sgardelis, S.P., and N.S. Margaritis. 1983. Effects of fire on soil microarthropods of a phryganean ecosystem. *Pedobiologia* 37:83-94.
- Sgardelis, S.P., J.D. Pantis, M.D. Argyropoulou, and G.P. Stamou. 1995. Effects of fire on soil macroinvertebrates in a Mediterranean ecosystem. *International Journal of Wildland Fire* 5:113-121.
- Tavsanoglou, C. 2008. The Effect of Aspect on Post-Fire Recovery of a Mixed Lebanon Cedar-Anatolian Black Pine Forests: After the First 5 Years. *Asian Journal of Plant Sciences* 7:696-699.
- Thanos, C.A., and E.N. Daskalaku. 2000. Reproduction in *Pinus halepensis* and *P. brutia*. Pages 79-90 in G. Ne'eman and L. Trabaud, editors. *Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia*. Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden.
- Thanos, C.A., and K. Georghiou. 1988. Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *Cistus salvifolius* L. *Plant Cell and Environment* 11:841-849.
- Thanos, C.A., and P.W. Rundel. 1995. Fire-followers in chaparral: nitrogenous compounds trigger seed germination. *Journal of Ecology* 83:207-216.
- Trabaud, L. 1991. Fire regimes and phytomass growth dynamics in a *Quercus coccifera* garrigue. *Journal of Vegetation Science* 2:307-314.
- Trabaud, L., and C. Campant. 1991. Difficulté de Recolonisation Naturelle du Pin de Salzman *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco Après Incendie. *Biological Conservation* 58:329-343.
- Vallejo, R., J. Aronson, J. Pausas, and J. Cortina. 2006. Restoration of Mediterranean woodlands. Pages 193-207 in J. van Andel and J. Aronson, editors. *Restoration Ecology: The New Frontier*. Blackwell Science, Oxford.
- Vallejo, R., M. Arianoutsou, and F. Moreira. 2011. Fire ecology and post-fire restoration approaches in Southern European forest types. Pages 93-119 in F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona and J. de las Heras, editors. *Post-fire Management and Restoration of Southern European Forests*. Springer, Rotterdam.
- Whelan, R.J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zagas, T., P. Ganatsas, T. Tsitsoni, and M. Tsakalidimi. Post-fire regeneration of *Pinus halepensis* Mill. Stands in the Sithonia peninsula, northern Greece. *Plant Ecology* 171:91-99.

Σύνοψη Μέρους Α΄

Αριστοτέλης Χ. Παπαγεωργίου

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται στο πρώτο μέρος του τόμου αυτού εξετάζουν το δασικό οικοσύστημα από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Ο ορισμός του δάσους που παρουσιάζεται στον πρόλογο δίνει βαρύτητα στην οικοσυστημική πλευρά της έννοιας αυτής και στην ιδιαιτερότητα που τα δάση και οι δασικές εκτάσεις εμφανίζουν. Όσο και αν αρχικά ακούγεται απλό, τα προβλήματα των δασών στον κόσμο και στην Ελλάδα ξεκινούν από τους διαφορετικούς τρόπους που ο καθένας κατανοεί και προσεγγίζει το δασικό οικοσύστημα. Έτσι, ένας βορειοευρωπαίος αδυνατεί να αντιληφθεί ότι μπορεί, π.χ., να υπάρξουν δάση χωρίς δένδρα, ή ένας νοτιοευρωπαίος να συνειδητοποιήσει ότι το δάσος μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στο ΑΕΠ μιας αναπτυσσόμενης χώρας. Μέσα σε κάθε χώρα, η αντίληψη επίσης ποικίλλει, ανάλογα με τις παραστάσεις, την καταγωγή, τις ανάγκες και την κουλτούρα του καθενός. Στην Ελλάδα, ο ορισμός του δάσους αναφέρεται ως σημείωση στο Σύνταγμα, προκειμένου να καθιερώσει μία νομική και διοικητική προσέγγιση που πρέπει να έχει η Πολιτεία για το δάσος και τη χρήση του. Μια ματιά γύρω μας θα μας πείσει ότι αυτό απέτυχε. Είναι, όμως, σημαντικό να δεχτούμε την αναπόφευκτη πολυπλοκότητα της έννοιας του δασικού οικοσυστήματος, από επιστημονική, νομική, κοινωνική και οικονομική πλευρά.

Στα κεφάλαια που γράφτηκαν για το πρώτο αυτό μέρος παρουσιάζονται οι κύριες επιστημονικές κατευθύνσεις που σχετίζονται με το δασικό οικοσύστημα, κυρίως σε ό,τι αφορά τη δομή και τη λειτουργία του. Μέσα στον περιορισμένο αυτό χώρο είναι, φυσικά, αδύνατο να εξαντληθούν όλες οι γνώσεις, απόψεις και προσεγγίσεις που υπάρχουν. Τα επιστημονικά πεδία που εδώ παρατίθενται αποτελούν κάποιες από τις πλευρές που μπορεί κανείς να θεωρήσει το δασικό οικοσύστημα, ενώ σίγουρα πολλές άλλες ειδικότητες της δασικής επιστήμης προσεγγίζονται έμμεσα, μέσα από την εξειδίκευση ή το συνδυασμό των πεδίων αυτών. Στο κεφάλαιο για την εξέλιξη της χλωρίδας γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στον τρόπο με τον οποίο τα είδη των φυτών μεταβάλλονται στο χρόνο και στο χώρο και, ειδικότερα, στους παράγοντες που διαμόρφωσαν τα πρότυπα εξάπλωσης και προσαρμογής των δασικών φυτών στη χώρα μας. Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή της ελληνικής χλωρίδας και η κατάταξή της σε δασικούς τύπους, ζώνες βλάστησης και οικοτύπους, με βάση κυρίαρχες επιστημονικές προσεγγίσεις και πρόσφατα κείμενα ευρωπαϊκής και ελληνικής περιβαλλοντικής πολιτικής. Με όποιον τρόπο και να θεωρήσει κανείς την ελληνική χλωρίδα, εντυπωσιάζει ο πλούτος σε taxa και βιοκοινότητες, ειδικά σε μία περιοχή όπου η παρουσία του ανθρώπου είχε πάντα έντονες επιπτώσεις στην έκταση και στην ποιότητα των δασικών οικοσυστημάτων.

Εκτός από τον πλούτο τους σε φυτικά taxa, τα δασικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται και από μία αξιοσημείωτη ποικιλότητα σε είδη πανίδας. Στο σχετικό κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ρόλος της δασικής πανίδας για τη σταθερότητα και διατήρηση των δασικών οικοσυστημάτων, καθώς και η αξία της για τον άνθρωπο, μέσα από πολύπλοκους μηχανισμούς αλληλεπιδράσεων. Παρά την αξία τους, τα ζώα του δάσους έρχονται αντιμέτωπα με ένα φάσμα ανθρωπογενών απειλών που δρουν σε τοπική, εθνική ή και παγκόσμια κλίμακα. Γίνεται αντιληπτό ότι οποιαδήποτε επιστημονική προσέγγιση του δασικού οικοσυστήματος, τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε πρακτικό επίπεδο, οφείλει να συμπεριλαμβάνει τη δασική πανίδα, τη θέση της στις οικοσυστημικές διεργασίες και τις αλληλεπιδράσεις της με τα άλλα μέρη του οικοσυστήματος.

Μετά από τις αναφορές στις παλαιές κλιματικές αλλαγές των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων και στην επίδρασή τους στη δασική βλάστηση σήμερα, συναντούμε, στο κεφάλαιο της λειτουργίας και του ρόλου των δασών της Γης, τη σύγχρονη κλιματική αλλαγή, ένα θέμα που αποτελεί το κυριότερο, ίσως, αντικείμενο προβληματισμού, τόσο στο χώρο της δασικής επιστήμης όσο και στο πεδίο της πολιτικής και της εφαρμοσμένης διαχείρισης των δασών σε διεθνές και εθνικό επίπεδο. Η επίδραση της αλλα-

γής του κλίματος στα δασικά οικοσυστήματα και η έγκαιρη διαμόρφωση διαχειριστικών στόχων για τη μετρίαση των δυσμενών συνεπειών της είναι η ισχυρότερη πρόκληση που θα αντιμετωπίσει ο δασικός και περιβαλλοντικός, γενικότερα, κλάδος στο άμεσο μέλλον. Η κατανόηση και αντιμετώπιση των ζητημάτων αυτών δεν αφορά μόνο τη διαχείριση και προστασία των δασών, αλλά ένα ευρύ σύνολο οικολογικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ένας πολύτιμος πόρος του δασικού οικοσυστήματος, το έδαφος, που αποτελεί συχνά τον πιο καθοριστικό οικολογικό παράγοντα για τη διαμόρφωση των δασικών τύπων και τη δυνατότητα των οικοσυστημάτων αυτών να παρέχουν πολύτιμα προϊόντα και υπηρεσίες προς την κοινωνία. Εξετάζονται ο ορισμός και η πορεία εξέλιξης του δασικού εδάφους, παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι των εδαφών και οι φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Επιπλέον, το έδαφος έχει τη δική του χλωρίδα και πανίδα, που συμβάλλουν στον κύκλο των θρεπτικών συστατικών όλου του οικοσυστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και εδώ στην κλιματική αλλαγή, καθώς στο έδαφος συγκρατείται το μεγαλύτερο ποσοστό του άνθρακα ενός δασικού οικοσυστήματος. Στενή σχέση με το έδαφος έχει ο κύκλος του νερού στο δάσος, που με τη σειρά του επηρεάζει το συνολικό υδατικό ισοζύγιο του πλανήτη. Προκειμένου να διαφυλάξει την ποιότητα ζωής του, ο άνθρωπος θα πρέπει να αποτρέψει τη διατάραξη του κύκλου του νερού και να αποκαθιστά ό,τι καταστρέφει. Ο ρόλος του δασικού οικοσυστήματος είναι αδιαμφισβήτητος, ειδικά σε μια Μεσογειακή χώρα όπως είναι η Ελλάδα, όπου το νερό και η διαθεσιμότητά του αποτελούν τον πιο κρίσιμο παράγοντα επιβίωσης των οργανισμών.

Το τελευταίο κεφάλαιο του πρώτου μέρους πραγματεύεται την παρουσία και το ρόλο της φωτιάς στα δασικά οικοσυστήματα, με έμφαση σε αυτά της Ελλάδας. Τα φυτά των ελληνικών δασών έχουν υποστεί την επανειλημμένη δράση της φωτιάς στην πορεία της εξέλιξής τους και, για το λόγο αυτόν, επιδεικνύουν διαφορετικές στρατηγικές αποφυγής ή ανοχής του φαινομένου αυτού. Υπό το πρίσμα αυτό, το μεγαλύτερο ποσοστό των δασών της χώρας έχει διαμορφωθεί σημαντικά από την περιοδική εμφάνιση της πυρκαγιάς. Η δράση του ανθρώπου επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη συχνότητα της φωτιάς στο δάσος. Η διατάραξη της περιοδικότητας αυτής και η μείωση των χρονικών διαστημάτων ανάμεσα σε διαδοχικές πυρκαγιές διαταράσσουν με τη σειρά τους άλλους ζωτικούς κύκλους των δασικών οικοσυστημάτων οδηγώντας, τελικά, στην υποβάθμισή τους και στην απερίθωσή τους. Οι σύγχρονες αναπτυξιακές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες στη ζώνη της Μεσογείου και ιδιαίτερα στην πατρίδα μας έχουν πυκνώσει πολύ τα φαινόμενα των δασικών πυρκαγιών και έχουν αυξήσει έμμεσα ή άμεσα την έντασή τους. Επιπλέον, μία από τις κύριες - άμεσες - επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να είναι και η τροποποίηση του καθεστώτος της φωτιάς, με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στα φυσικά χερσαία οικοσυστήματα, ιδιαίτερα δε σε αυτά που δεν είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά, όπως τα ορεινά. Η φωτιά στο δάσος είναι παράγοντας που μπορεί να προβλεφτεί. Η αντιμετώπισή της πριν και μετά την εκδήλωσή της είναι επιβεβλημένη και για να γίνει αυτή με επιτυχία πρέπει να υπάρχει επιστημονικά τεκμηριωμένη, ολοκληρωμένη και πολύπλευρη θεώρηση του προβλήματος.

Το δασικό οικοσύστημα μπορεί κανείς να το προσεγγίσει από διαφορετικές οπτικές γωνίες και μέσα από διαφορετικά επιστημονικά αντικείμενα. Η πολυπλοκότητά του - που είναι εμφανής στο πρώτο μέρος του τόμου αυτού - είναι ίσως η πιο σημαντική του ιδιότητα. Στενά συνδεδεμένο με διάφορους κύκλους ανόργανων και οργανικών στοιχείων, γενετικής και οικολογικής πληροφορίας, κλιματικών και γεωλογικών φαινομένων, αλλά και της σύνθεσης όλων αυτών, γίνεται ξεκάθαρο ότι η όποια ενασχόληση με το δασικό οικοσύστημα δεν μπορεί να γίνει μονοδιάστατα. Είναι αδύνατο να θεωρήσουμε το ένα μέρος ή τη μία λειτουργία του δάσους χωρίς να ενδιαφερθούμε και για τις συσχετίσεις και τα πλέγματα που δημιουργούνται. Για το λόγο αυτόν, τα επιστημονικά πεδία που αφορούν τα δάση δεν μπορεί να στέκουν μοναχά και ασύνδετα, χαμένα σε μια βαθιά ακαδημαϊκή εξειδίκευση. Σε θεωρητικό αλλά και σε εφαρμοσμένο επίπεδο, το ζητούμενο για την επιστήμη στην εποχή μας είναι η σύνθεση και η συνολική θεώρηση των συστημάτων και των πλεγμάτων αλληλεπίδρασης, όχι μόνο σε οικολογικό επίπεδο, αλλά και σε κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό. Η πολυπλοκότητα των δασικών οικοσυστημάτων, τα προβλήματα που αυτά αντιμετωπίζουν και οι διαχειριστικές προτεραιότητες που διαγράφονται, απαιτούν από τα επιστημονικά αντικείμενα που σχετίζονται με τα φυσικά χερσαία οικοσυστήματα να ξεπεράσουν τους φραγμούς που θέτουν οι παλαιές επιστημονικές οριοθετήσεις και να οδηγηθούν σε μια οριζόντια σύνθεση που θα μπορέσει, τελικά, να αποδώσει θεωρητική και πρακτική γνώση. Μια γνώση σύγχρονη, πολυδιάστατη και πλήρης, που θα μπορεί, με τη σειρά της, να τεκμηριώσει μια άποψη για το μέλλον των δασικών οικοσυστημάτων και τη διαφύλαξη των ωφελειών που αυτά έχουν για την κοινωνία.



B

ΜΕΡΟΣ

Σύγχρονα θέματα
εφαρμοσμένης δασοπονίας
και δασικής πολιτικής

1. Αειφορική διαχείριση των δασών

Στυλιανός Γκατζογιάννης

Η αειφορία των δασών αποτέλεσε βασική αρχή και κανόνα από τα πρώτα βήματα της δασοπονίας, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Η εφαρμογή τής αρχής αυτής στην πράξη προστάτευσε τα ευρωπαϊκά δάση από την υπερεκμετάλλευση και την καταστροφή και επηρέασε θετικά την οικονομία των περιοχών όπου τα δάση έπαιξαν σημαντικό ρόλο. Για να εφαρμοστεί η αρχή αυτή αποτελεσματικά, αναπτύχθηκε και ειδική προς τούτο θεωρία (η θεωρία του κανονικού δάσους), η οποία έδωσε και αντίστοιχα πρότυπα, ικανά να ερμηνεύσουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί η αειφορία. Τα πρότυπα αυτά κάλυψαν μέχρι σήμερα με επάρκεια τις ανάγκες σχεδιασμού της διαχείρισης των δασών πάνω σε αειφορικές βάσεις, όταν στο πλέγμα των σκοπών τής δασοπονίας κυριαρχούσε η ξυλοπαραγωγή. Σήμερα, όμως, οι ανάγκες έχουν διευρυνθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μιλούμε για δασοπονία πολλαπλών σκοπών χωρίς, επιπλέον, να προεξοφλείται η κυριαρχία της ξυλοπαραγωγής στο φάσμα των σκοπών της δασοπονίας. Η στροφή αυτή έθεσε, όπως ήταν επόμενο, και σοβαρά ερωτηματικά ως προς τις βασικές αρχές που κατηύθυναν το έργο της δασοπονίας και μεταξύ αυτών και την αειφορία, όχι ως προς τη σκοπιμότητα και αναγκαιότητά τους, αλλά, κυρίως, ως προς τον τρόπο εφαρμογής αυτών στην πράξη. Στη συνέχεια αναλύεται η θέση και ο ρόλος της αειφορίας στο σύστημα αξιών της δασοπονίας, και ακολουθεί μια σύντομη ανασκόπηση του τρόπου με τον οποίο αυτή εφαρμόστηκε. Οι σύγχρονες τάσεις που υπάρχουν στον τομέα αυτόν αναλύονται επίσης, κάνοντας ταυτόχρονη αναφορά και στα βήματα που κάνει η δασοπονία σήμερα για την προσαρμογή των μεθόδων της στις σύγχρονες αναγκαιότητες. Η αναφορά στα θέματα της αειφορίας ολοκληρώνεται με την ανάλυση των εξαρτήσεων της εφαρμογής αειφορικών απόψεων από μηχανισμούς διοίκησης και διαχείρισης των δασών.

Λέξεις κλειδιά: διαχείριση δασών, αειφορία, στόχοι, αρχές δασοπονίας

Το σύστημα αξιών στη δασοπονία

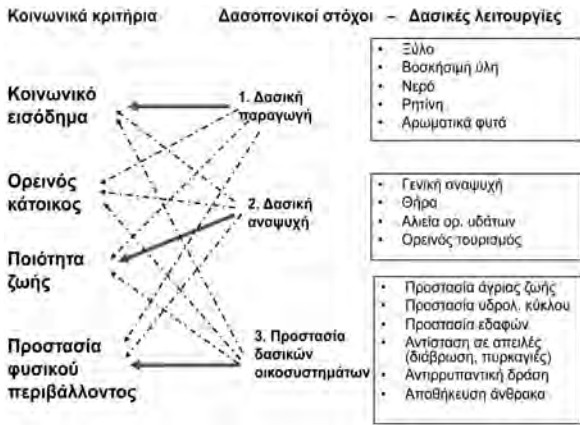
Η δασοπονία ως κλάδος της ελληνικής οικονομίας καθοδηγείται από συγκεκριμένους στόχους και συγκεκριμένες αρχές. Τα δυο αυτά στοιχεία διαμορφώνουν ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο προετοιμάζεται και λαμβάνεται μια σειρά αποφάσεων που μετουσιώνονται καθημερινά σε πράξη διαχείρισης και προστασίας των δασών. Οι στόχοι και οι αρχές διαχείρισης των δασών δίνουν επίσης και τα κριτήρια βάσει των οποίων αξιολογείται το έργο της δασοπονίας, και με την έννοια αυτή αποτελούν και το σύστημα αξιών της.

Αν επιχειρήσουμε μια εμβάθυνση στους στόχους της δασοπονίας, θα δούμε ότι αυτοί είναι πολλαπλοί. Αυτό ανάγεται αφενός μεν στην πολλαπλότητα των λειτουργιών του δάσους και αφετέρου στο γεγονός ότι πολλές από τις λειτουργίες αυτές αποτελούν σήμερα αντικείμενο οικονομικής δρα-

στηριότητας. Οι διαπιστώσεις αυτές μας οδηγούν στην έννοια της «πολλαπλής χρήσης των δασών», για την οποία γίνεται πολύς λόγος κατά τα τελευταία χρόνια και η οποία αναμένεται να παίξει καθοριστικό ρόλο και στο μέλλον της δασοπονίας.

Η πολλαπλότητα των στόχων, σε συνδυασμό με τον πολυλειτουργικό χαρακτήρα των δασικών οικοσυστημάτων, σηματοδοτεί την ανάγκη για συστηματική ταξινόμηση και αποσαφήνιση των κριτηρίων που κατευθύνουν σήμερα τη δασοπονική πράξη. Το παράδειγμα που δίνεται στο Σχήμα 1 είναι ένα σύστημα στόχων που απευθύνεται στην ελληνική δασοπονία και περιλαμβάνει αφενός μεν το πλέγμα των αντικειμενικών στόχων τής δασοπονίας, όπως δασική παραγωγή, δασική αναψυχή και προστασία, όπου ομαδοποιούνται τα δασικά αγαθά και υπηρεσίες στα οποία επικεντρώνει ο σημερινός άνθρωπος την προσοχή του, και αφετέρου τα κριτήρια εκείνα με τα οποία αξιο-

λογείται το συνολικό αποτέλεσμα της δασοπονικής δράσης σε κοινωνικό επίπεδο, όπως είναι η συνδρομή στη διαμόρφωση του κοινωνικού εισοδήματος, στην ποιότητα ζωής, στην ικανοποίηση αναγκών ελεύθερου χρόνου και στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.



Σχήμα 1. Το πλέγμα λειτουργιών και στόχων ως εργαλείο λήψης αποφάσεων στη δασοπονία (προσαρμογή από: Gatzojannis 1984).

Το σύστημα αξιών συμπληρώνουν οι βασικές αρχές που ακολουθεί η δασοπονία, οι οποίες προσδιορίζουν κανόνες συμπεριφοράς στην προσπάθεια υλοποίησης οποιωνδήποτε στόχων και έχουν να κάνουν με την πολυλειτουργικότητα και την πολλαπλή χρήση των δασών, την αειφορία, την οικονομικότητα, τη σφαιρική προσέγγιση και την ολοκληρωμένη διαχείριση.

Η πρώτη αρχή, ως προσπάθεια για διατήρηση και προαγωγή των πολλαπλών λειτουργιών του δάσους, απορρέει από το γεγονός ότι τα δάση παίζουν έναν πολλαπλό ρόλο στο χώρο του φυσικού περιβάλλοντος, χάρη στις λειτουργίες που τα χαρακτηρίζουν, αλλά και στην ικανότητά τους να συνεισφέρουν καθοριστικά στη διατήρηση της φύσης και της γενικότερης οικολογικής ισορροπίας. Η διατήρηση στο διηνεκές των λειτουργιών αυτών αποτελεί στοιχειώδη υποχρέωση, δεδομένου ότι αυτές είναι που εξασφαλίζουν αφενός μεν τη διατήρηση του δάσους ως φυσικού οικοσυστήματος και αφετέρου την ικανότητα παραγωγής και προσφοράς των πολλαπλών αγαθών και υπηρεσιών προς τον άνθρωπο. Δύο επιπλέον λόγοι επιβάλλουν την προώθηση της αρχής αυτής στη δασοπονική πράξη. Η πολλαπλή χρήση συντηρεί τον πολυδιάστατο χαρακτήρα και τη βιοποικιλότητα του δάσους και επιπλέον συμβάλλει ουσιαστικότερα στην κοινωνική ευημερία και ανάπτυξη απ' ό,τι η μονόπλευρη και μονή χρήση.

Η αειφορία, ως έννοια, επικεντρώνεται στην ικανότητα του δάσους να παράγει διαρκώς αγαθά και

υπηρεσίες κατά τρόπο άριστο, δηλαδή σύμφωνα με τους στόχους της δασοπονίας. Αποτέλεσε, μάλιστα, και αξίωμα της δασοπονίας που επέβαλαν αφενός μεν λόγοι διατήρησης του δάσους και αφετέρου η ανάγκη για διαρκή κάλυψη των αναγκών σε δασικά προϊόντα των παραδασόβιων πληθυσμών, αλλά και της κοινωνίας συνολικά.

Η οικονομική αρχή υποδεικνύει την ανάγκη να καταβάλλεται, κατά τη διαχείριση των δασών, διαρκής προσπάθεια για διαμόρφωση ευνοϊκής σχέσης μεταξύ διατιθέμενων μέσων (δαπανών) και αποτελέσματος (ωφέλειας).

Η σφαιρική και ολοκληρωμένη προσέγγιση πηγάζει από το χαρακτήρα των δασικών οικοσυστημάτων, ως ενιαίων και αδιαίρετων συνόλων (οικοσυστημάτων), καθώς και από την ανάγκη διατήρησης της ενότητας και συνέχειας αυτών κατά την άσκηση της δασοπονικής δραστηριότητας. Βασική απειλή υποβάθμισης και καταστροφής είναι κυρίως η διάσπαση, καθώς και η αποσπασματική και απρογραμματιστή παρέμβαση στα δασικά οικοσυστήματα.

Τα κλασικά πρότυπα αειφορικής οργάνωσης της δασικής διαχείρισης

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αειφορία κατέχει μια σημαντική θέση στο σύστημα αξιών της δασοπονίας και, μάλιστα, με ευρύτερη σημασία. Η έννοια της αειφορίας χρησιμοποιείται σήμερα όχι μόνο στον τομέα των δασών, αλλά προσφάτως και σε όλους τους τομείς της οικονομικής ανάπτυξης που έχουν να κάνουν με τους φυσικούς πόρους και το φυσικό περιβάλλον. Επειδή, όμως, η χρήση του όρου δεν είναι πάντοτε επιτυχής, ενώ ταυτόχρονα τείνει να αποτελέσει τη βάση για μια γενικότερη πολιτική με ευρύτερη σημασία σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, για το λόγο αυτό θα επιχειρηθεί εδώ μια σύντομη παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιείται σήμερα η αειφορία στη διαχείριση των δασών.

Η ιδέα της αειφορίας διατυπώθηκε ήδη από τον 16ο αιώνα σε ένα δασικό διάταγμα (Richter 1963), ενώ η έκφραση "nachhaltend" (αειφορικό) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά επίσημα από τον Carlowitz το 1713, ο οποίος έγραφε ότι «η μεγάλη τέχνη, επιστήμη και φιλοπονία της χώρας συνίσταται στη συντήρηση και ανόρθωση των δασών, κατά τρόπο ώστε να δίνουν αυτά διαρκείς, μόνιμες, αδιάλειπτες και αειφορικές προσόδους», προειδοποιώντας μάλιστα ότι «η μη τήρηση της αρχής αυτής οδηγεί σε ανέχεια και φτώχεια».

Η αειφορία αναπτύχθηκε στη συνέχεια, δηλαδή κατά τη διάρκεια του 18ου και του 19ου αιώνα, ως αξίωμα της δασοπονίας, και συνέβαλε στην ανόρθωση των κατεστραμμένων τότε από υπερκαρπώσεις δασών της Μεσευρώπης, αλλά και στη λύση του προβλήματος έλλειψης ξύλου που αντιμετώπιζαν την περίοδο εκείνη τόσο τα νοικοκυριά όσο και οι μικρές βιομηχανίες. Έκτοτε, αναγνωρίστηκε η «αειφορία» ως βασική αρχή κάθε «λελογισμένης» δασοπονίας και αποτέλεσε το βασικό εργαλείο «σε θεωρία και πράξη» για το μακροπρόθεσμο σχέδιο και τη λήψη αποφάσεων στη δασοπονία (Spreidel 1972).

Για την αρχή αυτή διατυπώθηκαν μέχρι σήμερα διάφορες απόψεις, οι οποίες έλαβαν συγκεκριμένη μορφή και αποτέλεσαν, κατά καιρούς, αντικείμενο ανάλυσης και πρακτικής εφαρμογής. Οι πιο ενδιαφέρουσες, όμως, μορφές για την ελληνική δασοπονία είναι η αρχή της συντήρησης και η αειφορία των καρπώσεων.

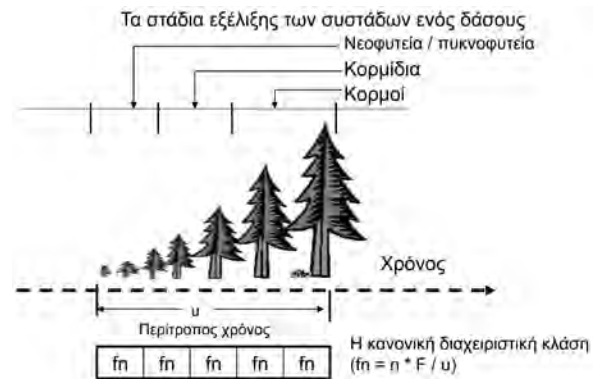
Η αρχή της συντήρησης, που στοχεύει στη διατήρηση του δάσους ως φυσικού οικοσυστήματος και ως πηγής διαρκούς ωφέλειας για τον άνθρωπο, εξειδικεύεται στην ξυλοπονία και διατυπώνεται και ως αειφορία της ξυλοπαραγωγής.



Σχήμα 2. Η αναγέννηση των συστάδων μετά από κάθε τελική υλοτομία αποτελεί την πρώτη και βασική υποχρέωση αειφορίας των δασών.

Κατ' αυτήν, ένα δάσος υπόκειται σε αειφορική διαχείριση όταν φροντίζει κανείς για την αναδάσωση-αναγέννηση των υλοτομούμενων συστάδων, έτσι ώστε το δασικό έδαφος να χρησιμοποιείται διαρκώς για παραγωγή ξύλου (Σχήμα 2). Η αρχή αυτή ορίζει μια ελάχιστη υποχρέωση προστασίας και διατήρησης του δάσους που πρέπει να τηρείται κατά την εκμετάλλευση των δασών.

Η αειφορία των καρπώσεων ορίζει ότι θα πρέπει να επιδιώκεται μια διαρκής παραγωγή (απόληψη) ίσων, κατ' έτος (αυστηρή έννοια της αειφορίας) ή κατά μικρές περιόδους, καρπώσεων. Η απαίτηση αυτή επέβαλε ένα συγκεκριμένο τρόπο συμπεριφοράς κατά την οργάνωση της δασικής παραγωγής και οδήγησε στη διαμόρφωση μιας ειδικής προς τούτο θεωρίας, «της θεωρίας του κανονικού δάσους».



Σχήμα 3. Η προσομοίωση της εξέλιξης και η ισοβαρής εκπροσώπηση των σταδίων εξέλιξης μιας συστάδας, στο επίπεδο μιας κανονικής διαχειριστικής κλάσης, ως εργαλεία σχεδιασμού και υλοποίησης της αειφορίας.

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, για να έχουμε σταθερές καρπώσεις από περίοδο σε περίοδο θα πρέπει να έχουμε στο δάσος μια συγκεκριμένη σύνθεση, στην οποία να εκπροσωπούνται ισοβαρώς όλα τα στάδια εξέλιξης από τα οποία διέρχεται μια συστάδα δάσους κατά τη διάρκεια ενός κύκλου ζωής της, δηλαδή κατά τη διάρκεια ενός περιτρώπου χρόνου (Σχήμα 3). Με την παρουσία όλων αυτών των σταδίων εξέλιξης σ' ένα δάσος εφαρμόζεται ταυτόχρονα, δηλαδή στη διάρκεια ενός μόνον έτους ή ανά μικρές περιόδους, το σύνολο των μέτρων καλλιέργειας και κάρπωσης που, κατά τα άλλα, λαμβάνουν χώρα στη συνολική διάρκεια του κύκλου ζωής μιας συστάδας. Με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζεται σταθερή κατ' έτος παραγωγή, αλλά και σταθερότητα ως προς βασικούς δείκτες του οικοσυστήματος, όπως είναι το ξυλαπόθεμα, το παραγωγικό δυναμικό κ.λπ.

Από την παραδοχή μιας τέτοιας κατάστασης αειφορίας (φερομένης και ως κανονικής) προκύπτουν και οι δείκτες εκείνοι (κανονικά μεγέθη) που μας επιτρέπουν α) να ελέγξουμε την απόκλιση της πραγματικής κατάστασης ενός συγκεκριμένου δάσους από την κανονική ή επιθυμητή και, σε τελευταία ανάλυση, απ' αυτήν που μας εξασφαλίζει την αειφορία και β) να σχεδιάσουμε τη μετάβαση του δάσους αυτού από την πραγματική στην επιδιωκόμενη κανονική κατάσταση.

Η ύπαρξη συνθηκών αειφορίας σ' ένα δάσος συνδέεται και με πλεονεκτήματα σχετικά με τη σταθερότητα του οικοσυστήματος όσο και με την οικονομία. Η ύπαρξη της υψηλότερης δυνατής ποικιλίας δομών, σε συνδυασμό με τη σταθερότητα σε βασικούς δείκτες, που αναφέρθηκαν παραπάνω, συνδέεται α) με υψηλούς δείκτες βιοποικιλότητας, β) με σταθερότερες συνθήκες λειτουργίας των φυσικών και βιολογικών κύκλων του δάσους, γ) με αυξημένη ικανότητα αντίδρασης του οικοσυστήματος απέναντι σε προσβολές και παρεμ-

βάσεις και δ) με υψηλότερο βαθμό ευελιξίας και ικανότητας προσαρμογής του οικοσυστήματος σε μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Από οικονομική άποψη, η σταθερή απόδοση από χρόνο σε χρόνο συνδέεται με σταθερό εισόδημα και απασχόληση, σταθερή τροφοδότηση της αγοράς με δασικά προϊόντα, αλλά και ευνοϊκές συνθήκες λειτουργίας των δασικών εκμεταλλεύσεων.

Η κανονική κατάσταση δεν είναι όμως η αναγκαία και ικανή συνθήκη για να χαρακτηριστεί ένα δάσος ως αειφορικά διαχειριζόμενο. Εκείνο που είναι πιο σημαντικό (και ισχυρό στην προκειμένη περίπτωση) είναι η αποδοχή του στόχου της αειφορίας και η απόφαση εφαρμογής μέτρων που οδηγούν μακροπρόθεσμα σε κατάσταση αειφορίας.

Σύγχρονες τάσεις

Οι ποσοτικοί δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι από μόνοι τους ικανοί να πιστοποιήσουν την κατάσταση λειτουργίας ενός δασικού οικοσυστήματος. Αυτοί πιστοποιούν, για παράδειγμα, ένα αποτέλεσμα παραγωγής (πραγματοποιηθέν ή και αναμενόμενο), όχι όμως την κατάσταση υγείας και εξέλιξης των δασικών σχηματισμών και των πληθυσμών πανίδας και χλωρίδας που ενδιαφέρονται σ' ένα δάσος, ούτε επίσης την κατάσταση λειτουργίας των φυσικών και βιολογικών κύκλων (υδρολογικός κύκλος, κύκλος του άνθρακα κ.λπ.), που λαμβάνουν χώρα σ' ένα δασικό οικοσύστημα και των οποίων η καλή ή κακή λειτουργία προδικάζει και τη δυνατότητα επιδίωξης αειφορικών απόψεων.

Και εδώ ακριβώς έρχεται η σύγχρονη αντίληψη ότι η αειφορία δεν πρέπει να επικεντρώνεται σε έναν πόρο, και εν προκειμένω στο ξύλο, αλλά να καλύπτει το σύνολο των δασικών λειτουργιών. Μια αντίληψη που ενσωματώθηκε και στη διακήρυξη της Υπουργικής Διάσκεψης των χωρών της ΕΕ στο Ελσίνκι (ΕΚ 1993) και μετατράπηκε ήδη σε δασική πολιτική που κατ' ανάγκη, πλέον, οι δασικές υπηρεσίες των χωρών της ΕΕ πρέπει να ενστερνιστούν και να κάνουν πράξη.

Για να γίνει, όμως, αυτό πρέπει η δασική έρευνα και πράξη να προσαρμόσουν τις μεθόδους τους, κατά τρόπο ώστε οι νέες ανάγκες να μπορούν και να ικανοποιηθούν, αλλά και να μπορούν να ελεγχθούν με συγκεκριμένα κριτήρια και συγκεκριμένους ποσοτικούς δείκτες. Η ανάγκη αυτή σηματοδοτεί και ένα πρόβλημα που υπάρχει σήμερα, δεδομένου ότι το σύνολο των δασικών λειτουργιών που αφορούν τους δυο από τους τρεις χώρους ωφέλειας του συστήματος στόχων (βλέπε λειτουργίες αναψυχής και προστατευτικές στο Σχήμα 1), κυριαρχούνται από ποιοτικά γνωρίσματα και, επιπλέον, δεν συνδέονται με προϊόντα ή υπηρεσίες

που κατά κανόνα διατίθενται στην αγορά. Τα γνωρίσματα αυτά σηματοδοτούν το γεγονός ότι έχουμε δυσκολία εφαρμογής των μέχρι τώρα κλασικών μεθόδων σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, καθώς και αδυναμία ελέγχου βασικών αρχών διαχείρισης, όπως είναι η οικονομικότητα και η αειφορία.

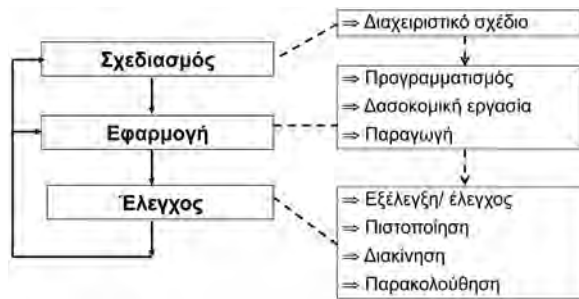
Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών καταβάλλεται τα τελευταία χρόνια μια σημαντική προσπάθεια ανάπτυξης μεθόδων και τεχνικών, και έχουμε ήδη και τα πρώτα αποτελέσματα τα οποία δημιουργούν αισιοδοξία για το μέλλον (Pelz 1995, Gatzojannis et al. 1997, Gatzojannis et al. 2001, Kalabokidis et al. 2002). Τα αποτελέσματα αυτά, αφού δοκιμάστηκαν στα πλαίσια διαφόρων πιλοτικών εφαρμογών (Γκατζογιάννης 2002), κωδικοποιήθηκαν και, υπό μορφή προδιαγραφών, υποβλήθηκαν ήδη στη Γενική Δ/νση Δασών του Υπουργείου Περιβάλλοντος για έγκριση και εφαρμογή κατά την εκπόνηση των διαχειριστικών σχεδίων των διαφόρων δασών (Γκατζογιάννης 2008).

Διαδικασίες αειφορικής διαχείρισης δασών

Πέρα από τους δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκείνο που έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία για την αειφορική διαχείριση των δασών είναι οι διοικητικές δομές και οι οργανωτικές προϋποθέσεις εφαρμογής αειφορικών απόψεων. Όταν αυτές δεν εγγυώνται μια αποτελεσματική διαχείριση δασών, τότε και η ίδια η αειφορία και οι δείκτες της δεν έχουν κανένα νόημα. Η υλοποίηση αειφορικών απόψεων προϋποθέτει αποφάσεις με πολύ μεγάλους ορίζοντες υλοποίησης, όπως επίσης και την ύπαρξη μηχανισμών που να εξασφαλίζουν μια διαρκή προσαρμογή της διαχείρισης ενός δάσους σε νέα δεδομένα, προκειμένου να επιτυγχάνεται ο μακροπρόθεσμος στόχος της αειφορίας.

Η Δασική Υπηρεσία στην Ελλάδα, ενστερνιζόμενη από τα πρώτα βήματά της την αειφορία και αναγνωρίζοντας έγκαιρα την ανάγκη για μια διαρκή διαδικασία σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, ανέπτυξε και συντήρησε μέχρι σήμερα έναν αντίστοιχο μηχανισμό, ο οποίος καλύπτει ολόκληρο το φάσμα εργασιών διαχείρισης και εκμετάλλευσης των δασών, από το σχεδιασμό και την εφαρμογή μέτρων μέχρι και την παρακολούθηση και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων διαχείρισης (Σχήμα 4). Αναπτύσσει, δηλαδή, και υλοποιεί μια διαρκή διαδικασία σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, τα αποτελέσματα της οποίας καταχωρούνται στα περιοδικώς (ανά 10ετία) συντασσόμενα διαχειριστικά σχέδια. Στα σχέδια αυτά, που για τη σύνταξή τους ισχύουν συγκεκριμένες προ-

διαγραφές, ενσωματώνονται τόσο τα μακροπρόθεσμα μέτρα που στοχεύουν στην αειφορία, όσο και τα μεσο- και βραχυπρόθεσμα μέτρα καλλιέργειας, αναγέννησης και κάρπωσης των δασών.



Σχήμα 4. Η διαρκής διαδικασία σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων προϋπόθεση για αειφορική διαχείριση των δασών (πηγή: Γκατζογιάννης 2007).

Για την υλοποίηση του διαχειριστικού σχεδίου καταρτίζεται σε κάθε Δασαρχείο ένας ετήσιος προγραμματισμός έργων και παρεμβάσεων και ακολουθούν κρίσιμες φάσεις, όπως της προσήμανσης των προς υλοτομία δένδρων και εν συνεχεία της υλοτόμησης των δένδρων και της συγκομιδής των δασικών προϊόντων. Από την ποιότητα εκτέλεσης των φάσεων αυτών εξαρτάται όχι μόνο το αποτέλεσμα εφαρμογής του σχεδίου και η τήρηση αειφορικών απόψεων, αλλά και αυτή καθαυτή η διατήρηση του οικοσυστήματος.

Τη φάση της παραγωγής ακολουθεί ο έλεγχος εκ μέρους της Δασικής Υπηρεσίας των προϊόντων (εξέλεγχη) και η έκδοση πιστοποίησης βάσει της οποίας διακινούνται τα προϊόντα στην αγορά. Η φύλαξη και παρακολούθηση των μεταβολών του οικοσυστήματος ολοκληρώνει αυτό που χαρακτηρίζει μια ορθολογική και αειφορική διαχείριση των δασών.

Η φάση αυτή του ελέγχου τείνει σήμερα να επεκταθεί ακόμα παραπέρα, με την προωθούμενη σε ευρωπαϊκό επίπεδο αειφορική πιστοποίηση των δασών. Μια τέτοια ενέργεια έρχεται να κατοχυρώσει την αειφορική διαχείριση των δασών, αλλά και να προστατέψει τα δασικά προϊόντα που παράγονται σε αειφορικά διαχειριζόμενα δάση.

Επίλογος

Αν και θα περίμενε κανείς ότι η διαδικασία αυτή, που για να κτιστεί στη χώρα μας χρειάστηκαν πάνω από 50 χρόνια δασοπονικής εμπειρίας και πράξης, θα προστατευόταν ως κόρη οφθαλμού από τους έχοντες την ευθύνη διοίκησης των Δασικών Υπηρεσιών, εντούτοις τα πράγματα δηλώνουν το αντίθετο. Οι εξελίξεις και οι αποφάσεις που πάρθηκαν κατά τα τελευταία είκοσι πέντε χρόνια για τη δασοπονία, οδήγησαν τις δασικές

υπηρεσίες, από θεματοφύλακες της προστασίας και του ορθολογισμού στη διαχείριση των δασών, σχεδόν σε πλήρη διάλυση, με προφανή αδυναμία να στηρίξουν την εφαρμογή όλων αυτών που αναπτύχθηκαν παραπάνω.

Η διάλυση αυτή της δασικής υπηρεσίας έχει αλλάξει τον τρόπο διαχείρισης των δασών της Ελλάδας (μείωση καλλιεργητικών υλοτομιών, υπερβάσεις κάρπωσης, καταστρατήγηση κανόνων κ.λπ.), με αποτέλεσμα όχι μόνο την απειλή υποβάθμισης των οικοσυστημάτων, αλλά και την κατάρρευση της οικονομίας στις ορεινές κοινότητες της χώρας. Η συνέχιση αυτής της κατάστασης είναι βέβαιο ότι θα προκαλέσει πρόσθετες δυσκολίες στην αειφορική πιστοποίηση των δασών, αλλά και πλήρη αναστολή κάθε υλοτομικής επέμβασης στα δάση, εξαιτίας των μη αναστρέψιμων επιπτώσεων που προκαλούν τέτοιες καταστάσεις στο φυσικό περιβάλλον της χώρας.

Υπάρχει, λοιπόν, ανάγκη επαγρύπνησης και εγρήγορης για τη σωτηρία της δασοπονίας και των θεσμών της που εξασφαλίζουν τη διατήρηση και την αειφορική διαχείριση του δασικού πλούτου της χώρας.

Είναι ανάγκη, επίσης, να διαμορφωθεί μια σύγχρονη δασική πολιτική που να εστιάζει στα επίκαιρα προβλήματα της ελληνικής δασοπονίας, να δίνει λύσεις σ' αυτά και να ενσωματώνει τις αποφάσεις και την πολιτική της ευρωπαϊκής ένωσης για τα δάση και το φυσικό περιβάλλον.

Είναι ανάγκη, τέλος, να δούμε αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο και στο διοικητικό μηχανισμό των δασικών υπηρεσιών της χώρας, ώστε να μπορούμε να ελπίζουμε σε μια αποτελεσματική προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και σε μια σύγχρονη και εναλλακτική οικονομική ανάπτυξη στην ορεινή Ελλάδα.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Γκατζογιάννης, Σ. 1989. Σημειώσεις Δασικής Διαχειριστικής (Βάσεις της δασικής διαχειριστικής). Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. ΑΠΘ.

Γκατζογιάννης, Σ. 2002. Η διαχείριση των οικοτόπων μαύρης πεύκης. Μια πιλοτική προσπάθεια διαχείρισης παραγωγικού δάσους υπό καθεστώς προστασίας (NATURA 2000) στην περιοχή του Β. Γράμμου, Καστοριάς. Θεσσαλονίκη. Αυτοτελής έκδοση ΕΘΙΑΓΕ, ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ.

Γκατζογιάννης, Σ. 2007. Η ανάκαμψη των Δασικών Υπηρεσιών, ως προϋπόθεση για τη σωτηρία της

δασοπονίας στην Ελλάδα. Σελ. 27-42 στο Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας «Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών», Καστοριά, 7-10 Οκτωβρίου 2007. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Γκατζογιάννης, Σ. 2008. Σχέδιο προδιαγραφών εκπόνησης σχεδίων διαχείρισης δασών/δασικών οικοσυστημάτων. Β' Έκδοση. Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Δασικής Οικονομικής του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Αυτοτελής έκδοση.

B. Ξενόγλωσση

Carlowitz, H.C. von. 1713. Sylvicultura oeconomica Oder Haußwirtliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum- Zucht. J. F. Braun, Leibzig.

Gatzojannis, S. 1984. Die Entwicklung eines ökonomischen Planungsinstrumentes für die multifunktionale Forstwirtschaft Griechenlands. Dissertation Forstwis. Fakultät der Georg-August Universität Göttingen (PhD Thesis, in German).

Gatzojannis, S., P. Stefanidis, and S. Galatsidas. 1997. An inventory and evaluation method for the water percolation function of forests. Pages 214-223 in D. Jović, M. Hamer, A. Winkler, V. Todorović,

editors. Proceedings of the 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science Technology, Volume 1, Belgrade.

Gatzojannis, S., P. Stefanidis, and K. Kalabokidis. 2001. An inventory and evaluation methodology for non-timber functions of forests. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau. Mitteilungen der Abteilung für Forstliche Biometrie 2001.

European Commission. 1993. General Guidelines for the sustainable management of forests in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993, Helsinki.

Kalabokidis, K., S. Gatzojannis, and S. Galatsidas. 2002. Introducing wildfire into forest management planning: towards a conceptual approach. Forest Ecology and Management 158: 41-50.

Pelz, D.R. 1995. Non-Timber Variables in Forest Inventories. Pages 103-109 in M. Köhl, M., P. Bachmann, P. Brassel, and G. Preto, editors. Proceedings «The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs», May 2-7, 1994. Ascona, Switzerland.

Richter, A. 1963. Einführung in die Forsteinrichtung. Neuman Verlag, Radebeul.

Speidel, G. 1972. Planung im Forstbetrieb. Verlag Paul Parey.

2. Δάση και κλιματική αλλαγή. Από τη βασική έρευνα στις διεθνείς πολιτικές αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής

Χαράλαμπος Πέτσικος

Η συνεχώς αυξανόμενη ανησυχία για την κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει κατά τις τελευταίες δεκαετίες την έντονη ερευνητική δραστηριότητα για τον κύκλο του άνθρακα και το ρόλο των δασών σε αυτόν. Η απορρόφηση και η αποθήκευση από τα δάση του 1/4 των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί μια πολύ σημαντική συνεισφορά στη ρύθμιση του παγκόσμιου κλίματος και την πιο πρόσφατα αναγνωρισμένη υπηρεσία που προσφέρουν τα δάση. Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δασών, της σύνθεσης της ατμόσφαιρας και του κλίματος είναι σημαντική για την κατανόηση και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα ευρήματα για το ρόλο των δασών στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα, περιγράφονται οι ροές και οι αποθήκες άνθρακα στα δάση και εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν το ισοζύγιο άνθρακα στο δασικό οικοσύστημα. Η αναγκαιότητα για μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και η δυνατότητα των δασών να δεσμεύουν και να αποθηκεύουν ατμοσφαιρικό άνθρακα, έχουν φέρει τη δασοπονία στο προσκήνιο των διεθνών διαπραγματεύσεων για την κλιματική αλλαγή. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι πολιτικές αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με τη δασοπονία και το πλαίσιο συμμετοχής των δασών στο Πρωτόκολλο του Κιότο και τη διεθνή αγορά άνθρακα. Εξετάζονται, επίσης, οι στρατηγικές μετριασμού στον δασικό τομέα και προτείνονται μέτρα προστασίας και αύξησης των αποθεμάτων άνθρακα στα δάση της Ελλάδας. Τέλος, περιγράφονται σε συντομία οι υποχρεώσεις των χωρών για τον υπολογισμό και την αναφορά των εκπομπών και απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και η ελληνική απογραφή για τις «Χρήσεις Γης, Αλλαγές Χρήσεων Γης και Δασοπονία» (LULUCF).

***Λέξεις κλειδιά:** κλιματική αλλαγή, κύκλος του άνθρακα, δάση, χοάνη, πρωτόκολλο του Κιότο, LULUCF*

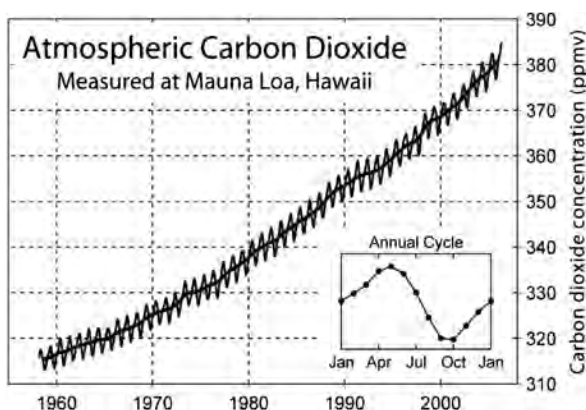
Κλιματική αλλαγή και κύκλος του άνθρακα

Το κλίμα της γης άλλαξε κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα και θα συνεχίσει να αλλάζει σημαντικά στους επόμενους αιώνες. Τα τέσσερα μεγαλύτερα παγκοσμίως ερευνητικά κέντρα για το κλίμα συμφωνούν ότι τα δέκα θερμότερα έτη, από τα τέλη του 19ου αιώνα, έχουν καταγραφεί μετά το 1998 (NOAA 2011, NASA 2011, UK-MetOffice 2011, JMA 2011). Οι προβλέψεις για τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές και θεωρείται η μεγαλύτερη και σημαντικότερη απειλή για την ανθρωπότητα και για τον πλανήτη όπως τον ξέρουμε.

Η σημερινή κλιματική αλλαγή οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, ως αποτέλεσμα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, όπως η καύση ορυκτών πόρων και η αποδάσωση (Solomon et al. 2007a, Matson et al. 2010, United States National Research Council 2008). Παρά τη σύγχυση που έχουν προσαπείσει να δημιουργήσουν ορισμένοι οικονομικοί και πολιτικοί κύκλοι σχετικά με τα ανθρωπογενή ή μη αίτια της κλιματικής αλλαγής, και με σκοπό την καθυστέρηση λήψης μέτρων (Monbiot 2009, Adam 2005), στην επιστημονική βιβλιογραφία υπάρχει συμφωνία στα συμπεράσματα αυτά. Τα ανθρωπογενή αίτια της κλιματικής αλλαγής, καθώς και η κρισιμότητα λήψης άμεσων μέτρων

μείωσης των εκπομπών έχουν αναγνωριστεί από τις Εθνικές Ακαδημίες Επιστημών των περισσότερων χωρών, ενώ δεν υπάρχει κανένας εθνικός ή διεθνής επιστημονικός φορέας που να τα αμφισβητεί (Oreskes 2004, Joint Science Academies' Statement 2010). Έχει ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι η πρόβλεψη για την παγκόσμια θέρμανση που προκαλείται από την καύση ορυκτών πόρων και την εκπομπή CO₂ έχει διατυπωθεί ήδη από το 1896, από τον Σουηδό φυσικό S. Arrhenius (Arrhenius 1896). Ωστόσο, ήταν το 1988, μετά τη μεγάλη ξηρασία στη βόρεια Αμερική, όταν η ανακοίνωση των ευρημάτων της NASA για την παγκόσμια θέρμανση από τον J. Hansen στο κογκρέσο των ΗΠΑ προκάλεσε την έντονη ανησυχία της κοινής γνώμης και της επιστημονικής κοινότητας (McCright and Dunlap 2000).

Ο άνθρακας αποτελεί τη βάση της ζωής ως δομικό συστατικό όλων των ζωντανών οργανισμών, ως τροφή και ως ενέργεια. Είναι επίσης ο βασικότερος συντελεστής του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι το σημαντικότερο από τα αέρια του θερμοκηπίου, ενώ το μεθάνιο (CH₄) είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας. Η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί δραματικά, λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα.



Σχήμα 1. Συγκέντρωση CO₂ (ppmv) στην ατμόσφαιρα από μετρήσεις στη Mauna Loa της Χαβάης (ετήσιοι και μηνιαίοι μέσοι όροι) (πηγή: Scripps Inst. Oceanography - NOAA ESRL/GMD <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>. Πρόσβαση Ιούλιος 2012).

Ο κύκλος του άνθρακα είναι ένας φυσικός βιογεωχημικός κύκλος, όπου ο άνθρακας, με τη μορφή CO₂, μεταφέρεται από την ατμόσφαιρα στη γη και στους ωκεανούς, όπου παραμένει υπό άλλες μορφές πριν ξαναγυρίσει στην ατμόσφαιρα ως CO₂. Οι κύριες διεργασίες μεταφοράς του από την ατμόσφαιρα είναι η απορρόφηση από τα φυτά, μέσω της φωτοσύνθεσης, και η διάλυσή του στους ωκεανούς. Οι διεργασίες μέσω των οποίων επιστρέφει στην ατμόσφαιρα είναι η οξείδωση

της οργανικής ουσίας μέσω της αναπνοής ή της φωτιάς και η απελευθέρωσή του από σημεία των ωκεανών που η επιφάνειά τους είναι κορεσμένη σε CO₂. Κατά τη διάρκεια των 10.000 χρόνων, από το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου και μέχρι την αρχή της βιομηχανικής περιόδου, οι φυσικές πηγές CO₂ ήταν σε ισορροπία με τις φυσικές χοάνες – οι εκπομπές, δηλαδή, αντισταθμιζονταν από τις απορροφήσεις – με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα να παραμείνει σταθερή, μεταξύ 260 και 280 ppm κατά όγκο (Solomon et al. 2007b).

Το 1958 ο C. Keeling με την ομάδα του ξεκίνησε τις πρώτες μετρήσεις ατμοσφαιρικού CO₂ στην τοποθεσία Mauna Loa της Χαβάης. Οι μετρήσεις αυτές καταγράφουν τη μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, από 315 ppm το 1960 σε 390 ppm το 2010. Η κλασική, πλέον, «καμπύλη του Keeling» είναι σημαντική όχι μόνο για τη γρήγορη αύξηση που παρουσιάζει η συγκέντρωση του CO₂, αλλά και για την ένδειξη της χοάνης που καταγράφει (Σχήμα 1). Αντί η συγκέντρωση να αυξάνεται σταθερά, παρουσιάζει μια εποχιακή διακύμανση, καταγράφοντας μεγαλύτερες τιμές την άνοιξη και μικρότερες το φθινόπωρο. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην εκτεταμένη απορρόφηση CO₂ κατά την αυξητική περίοδο των δασών του βορείου ημισφαιρίου – αφού το βόρειο ημισφαίριο έχει πολύ μεγαλύτερη δασοκάλυψη από το νότιο. Η καμπύλη αυτή δείχνει τη σημασία που έχουν τα δάση στον έλεγχο της συγκέντρωσης του CO₂, καθώς επίσης και ότι ο έλεγχος αυτός είναι περιορισμένος. Η διακύμανση είναι φανερή, αλλά ακόμα πιο φανερή είναι η αυξητική τάση στη συγκέντρωση του CO₂ – οι απορροφήσεις δεν αντισταθμίζουν πλέον τις εκπομπές.

Ανθρωπογενής διαταραχή στον κύκλο του άνθρακα

Ο κύκλος του άνθρακα έγινε αντικείμενο έντονης ερευνητικής δραστηριότητας, καθώς έγινε συνειδητό ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ είναι αρκετά μεγάλες ώστε να ανατρέψουν την ισορροπία και να προκαλέσουν επικίνδυνη αύξηση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα. Μέχρι τον 19ο αιώνα, οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ προέρχονταν κυρίως από την αποδάσωση στις εύκρατες περιοχές του πλανήτη (Ευρώπη και βόρεια Αμερική) και τη μετατροπή τους σε γεωργικές καλλιέργειες. Έκτοτε, το ισοζύγιο των εκπομπών άλλαξε, καθώς άρχισε η χρήση των ορυκτών καυσίμων, μειώθηκε η αποδάσωση στις εύκρατες περιοχές, αλλά αυξήθηκε η αποδάσωση στις τροπικές.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι γνώσεις μας για τον κύκλο του άνθρακα ήταν ελλιπείς. Παρά

τη βεβαιότητα ότι πρόκειται για έναν πρακτικά κλειστό κύκλο, αθροίζοντας τις υπολογισμένες ροές άνθρακα από και προς την ατμόσφαιρα, η ποσότητα άνθρακα που τελικά παρέμενε στην ατμόσφαιρα ήταν μικρότερη από ό,τι αναμενόταν. Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι οι ετήσιες εκπομπές άνθρακα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ήταν περισσότερες από το άθροισμα της ετήσιας αύξησης του CO₂ που μετρείται στην ατμόσφαιρα και αυτού που απορροφάται από τους ωκεανούς – διεργασίες και ροές οι οποίες είναι γνωστές και εκτιμούνται με σχετικά υψηλό βαθμό βεβαιότητας. Θεωρήθηκε, έτσι, ότι πρέπει να υπάρχει μια κρυφή χοάνη (the “missing sink” theory), της τάξης των 1-2 Gt άνθρακα. Η χοάνη αυτή θεωρήθηκε ότι βρίσκεται στη χερσαία βλάστηση (Tans et al. 1990, Gifford 1994, Fan et al. 1998).

Η έρευνα που ακολούθησε κατέδειξε ότι τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί μια χοάνη η οποία οφείλεται στην αυξημένη παραγωγικότητα των δασικών οικοσυστημάτων, ως συνέπεια τεσσάρων παραγόντων: 1) της αυξημένης συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσύνθεσης (CO₂ fertilisation effect), 2) της απόθεσης αζώτου στο έδαφος λόγω της αέριας ρύπανσης (N fertilisation), 3) της διεύρυνσης της αυξητικής περιόδου που οφείλεται στην κλιματική αλλαγή και 4) των ιστορικών πρακτικών διαχείρισης των δασών (αναγέννηση των δασών που υλοτομήθηκαν στα μέσα του 20ού αιώνα) (Schimel 1995, Myneni et al. 1997, Lloyd 1999, Schimel et al. 2000, Schimel et al. 2001, Hymus and Valentini 2007). Ωστόσο, το μέγεθος, η συνεισφορά και η χωρική κατανομή των διεργασιών αυτών παραμένουν σε μεγάλο βαθμό αβέ-

βαιες (Bellassen et al. 2011). Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ, το ποσοστό της χοάνης άνθρακα που αποδίδεται στις αλλαγές στη χρήση και στη διαχείριση της γης μπορεί να είναι από 98% (Caspersen et al. 2000) μέχρι 40% (Schimel et al. 2001).

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία από το Global Carbon Project (Σχήμα 2), τη δεκαετία 2000-2009, οι μέσες ετήσιες εκπομπές CO₂ από την καύση ορυκτών πόρων και την παραγωγή τσιμέντου ήταν 7,7±0,5 Gt C y⁻¹ και από την αποδάσωση 1,1±0,7 Gt C y⁻¹. Από αυτές, οι μισές περίπου παρέμειναν στην ατμόσφαιρα (4,1±0,1 Gt C y⁻¹, 47%), ενώ οι υπόλοιπες απορροφήθηκαν από τα δάση (2,4 Gt C y⁻¹, 27%) και τους ωκεανούς (2,3±0,4 Gt C y⁻¹, 26%) (Global Carbon Project 2010, ενημέρωση από Le Quéré et al. 2009).

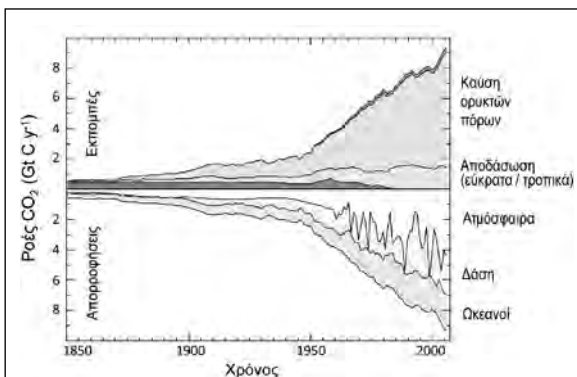
Δάση και διοξείδιο του άνθρακα

Ροές και αποθήκες άνθρακα

Τα δάση περιέχουν σημαντικά αποθέματα άνθρακα στη βιομάζα και στο έδαφος, και βρίσκονται σε μια συνεχή ανταλλαγή CO₂ με την ατμόσφαιρα. Περίπου το 50% των χερσαίων αποθεμάτων άνθρακα του πλανήτη βρίσκεται στα δασικά οικοσυστήματα, ενώ το περισσότερο από το υπόλοιπο βρίσκεται στους τυρφώνες και στους υγρότοπους. Τα δάση περιέχουν περίπου το 80% του παγκόσμιου υπέργειου άνθρακα και περίπου το 40% του συνολικού υπόγειου άνθρακα (Dixon et al. 1994).

Στη μελέτη της συμμετοχής των δασών στον κύκλο του άνθρακα, απαραίτητη είναι η αναγνώριση, η κατανόηση και η ποσοτικοποίηση των ροών άνθρακα μεταξύ των διάφορων αποθηκών του οικοσυστήματος και της ατμόσφαιρας. Οι αποθήκες που αναγνωρίζονται σε ένα δασικό οικοσύστημα είναι πέντε: η υπέργεια βιομάζα, η υπόγεια βιομάζα (το ριζικό σύστημα), το νεκρό ξύλο, η φυλλάδα και το έδαφος (η οργανική ουσία του εδάφους). Στο Σχήμα 3 απεικονίζονται οι αποθήκες και οι ροές άνθρακα σε ένα δασικό οικοσύστημα, ενώ στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι ροές άνθρακα και η σχέση μεταξύ των διαφορετικών εννοιών της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων, GPP, NPP, NEP και NBP.

Τα φυτά απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης αθροιζόμενοι για μερικά φυτά, ένα δάσος ή ολόκληρο τον πλανήτη αποτελούν τη Μεικτή Πρωτογενή Παραγωγικότητα (GPP, Gross Primary Productivity). Αυτή αποτελεί τη μεγαλύτερη ροή στον κύκλο του άνθρακα, και σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται σε 120 Gt C y⁻¹ περίπου (Prentice et al. 2001). Το μισό περίπου από αυτό το



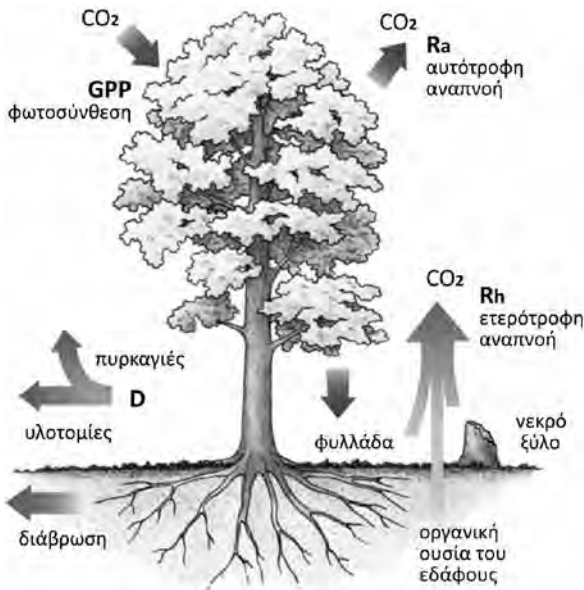
Σχήμα 2. Η ανθρωπογενής διαταραχή στον κύκλο του άνθρακα.

Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από το Global Carbon Project (2010, ενημέρωση από Le Quéré et al. 2009). Η συσσώρευση CO₂ στην ατμόσφαιρα προέρχεται από μετρήσεις, οι εκπομπές εκτιμώνται βάσει στατιστικών δεδομένων για την κατανάλωση ενέργειας και την αποδάσωση, οι απορροφήσεις από τους ωκεανούς εκτιμώνται από μοντέλα, ενώ η χοάνη στα δάση είναι το εναπομείναν ποσό.

CO₂ επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της κυτταρικής αναπνοής των φυτών (αυτότροφη αναπνοή – R_a, autotrophic respiration, περίπου 60 Gt C yr⁻¹ παγκοσμίως). Αυτό είναι το κόστος της ενέργειας που απαιτείται για τον μεταβολισμό των φυτών. Το υπόλοιπο CO₂ μετατρέπεται από το φυτό σε βιομάζα (φύλλα, ξύλο, καρπούς, άνθη, ρίζα) και αποτελεί την Καθαρή Πρωτογενή Παραγωγή (NPP, Net Primary Production).

$$NPP = GPP - R_a$$

Η NPP χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους, των επιπτώσεων της ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής, καθώς και την αξιολόγηση περιβαλλοντικών αλλαγών όπως η αποδάσωση, η υποβάθμιση των δασών και η ερημοποίηση.



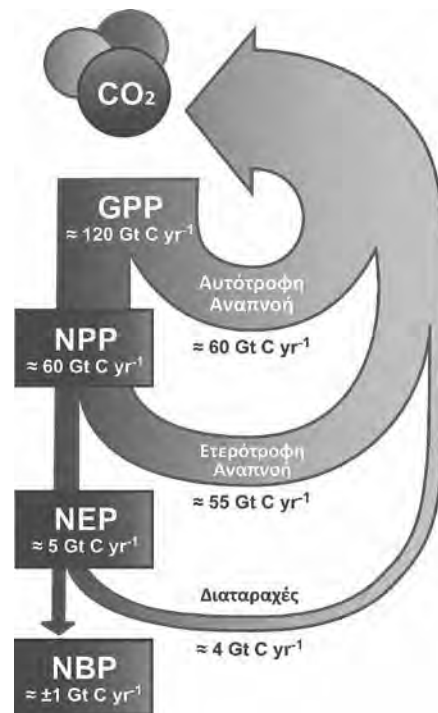
Σχήμα 3. Ροές και αποθήκες. Ο κύκλος του άνθρακα στο δασικό οικοσύστημα.

Καθώς η βιομάζα νεκρώνεται (είτε γρήγορα, π.χ. πτώση των φύλλων και των καρπών, είτε πιο αργά, με το θάνατο του δένδρου), ο άνθρακας μεταφέρεται στην αποθήκη του νεκρού ξύλου ή της φυλλάδας και από εκεί, στη συνέχεια, μέσω της χυμοποίησης, στην αποθήκη του οργανικού άνθρακα του εδάφους. Ο άνθρακας που είναι αποθηκευμένος στο έδαφος είναι το αποτέλεσμα της NPP επί χιλιάδες χρόνια, καθώς η οργανική ουσία του εδάφους μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η αποσύνθεση είναι μια διαδικασία που γίνεται σε διάφορα στάδια, όπου έντομα, βακτήρια και μύκητες επιδρούν στα διάφορα βιοχημικά συστατικά της οργανικής ύλης. Τα προϊόντα της αποσύνθεσης είναι CO₂, H₂O και ανόργανα ιόντα. Το CO₂ συγκεντρώνεται στους πόρους του εδάφους και διαχέεται στην ατμόσφαιρα ως

ετερότροφη αναπνοή (R_h, heterotrophic respiration), αποτελώντας τις μισές περίπου εκπομπές CO₂ από τις συνολικές εκπομπές από το έδαφος. Οι άλλες μισές προέρχονται από την αναπνοή των ριζών. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό μπορεί να κυμαίνεται από 10% μέχρι 90%, ανάλογα με το είδος της βλάστησης και τις ιδιαίτερες συνθήκες του οικοσυστήματος.

Τα διαφορετικά τμήματα της βιομάζας των φυτών έχουν διαφορετικές αντιστάσεις στην αποσύνθεση και διαφορετικούς ρυθμούς ανακύκλωσης, επιδρώντας στους ρυθμούς της παραγωγικότητας και στη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα. Κάποια τμήματα της βιομάζας, όπως οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες, είναι σημαντικές πηγές ενέργειας για τους οργανισμούς του εδάφους και καταναλώνονται γρήγορα· άλλα τμήματα, όπως η λιγνίνη και η κυτταρίνη, είναι πιο ανθεκτικά στην αποσύνθεση (Gleixner et al. 2001), ενώ ένα μικρό τμήμα παραμένει αναλλοίωτο, πρακτικά μόνιμα αποθηκευμένο στο έδαφος (“recalcitrant” material). Το υπόγειο τμήμα των χερσαίων οικοσυστημάτων (εδάφη και ρίζες) είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Περίπου τα δύο τρίτα του χερσαίου άνθρακα βρίσκονται υπογείως, ενώ ο υπόγειος άνθρακας έχει, γενικά, μικρότερους ρυθμούς ανακύκλωσης σε σχέση με τον υπέργειο. Έτσι, η αποθήκευση του άνθρακα διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Για την εκτίμηση της Καθαρής Παραγωγικότητας του Οικοσυστήματος (NEP, Net Ecosystem Productivity), η οποία είναι το μέτρο της καθαρής απορ-



Σχήμα 4. Διαγραμματική απεικόνιση των σχέσεων μεταξύ των ροών άνθρακα στο δασικό οικοσύστημα και οι τιμές τους σε παγκόσμια κλίμακα (προσαρμογή από: Steffen et al. 1998).

ρόφησης ή εκπομπής CO₂ από ένα δάσος, θα πρέπει να συνυπολογίσουμε και τις εκπομπές από την Ετερότροφη Αναπνοή (R_h, Heterotrophic Respiration).

$$NEP = NPP - R_h = GPP - R_a - R_h$$

Η Καθαρή Οικοσυστημική Παραγωγικότητα παγκοσμίως υπολογίζεται σε 5 Gt C yr⁻¹ περίπου. Σε ένα δάσος, η NEP εκτιμάται με δύο τρόπους: με τη μέτρηση των αλλαγών στα αποθέματα άνθρακα στη βλάστηση και στο έδαφος (στις αποθήκες του οικοσυστήματος, «μέθοδος της απογραφής») ή με την απευθείας μέτρηση των ροών CO₂ μεταξύ της βλάστησης και της ατμόσφαιρας (Net Ecosystem Exchange, NEE) με ειδικά όργανα (eddy covariance).

Για την εκτίμηση του ισοζυγίου άνθρακα σε μεγαλύτερες εκτάσεις και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους χρησιμοποιείται η Καθαρή Παραγωγή της Μεγαδιάπλασης (NBP, Net Biome Production) (Steffen et al. 1998). Η NBP είναι η καθαρή παραγωγή οργανικής ύλης σε μια ευρύτερη περιοχή που περιλαμβάνει ένα πλήθος οικοσυστημάτων και όπου συνυπολογίζονται, πέρα από την ετερότροφη αναπνοή, και άλλες διεργασίες που προκαλούν απώλειες στη ζωντανή ή νεκρή οργανική ύλη, ως αποτέλεσμα φυσικών, τυχαίων ή διαχειριστικών «διαταραχών» (D), όπως πυρκαγιές, υλοτομίες, αλλαγές χρήσης της γης, επιδημίες, διάβρωση του εδάφους κ.λπ.

$$NBP = NEP - D = GPP - R_a - R_h - D$$

Σε σχέση με τις συνολικές ροές άνθρακα μεταξύ ατμόσφαιρας και βιόσφαιρας, η παγκόσμια NBP είναι σχετικά μικρή. Για τη δεκαετία 1980-1989 υπολογίστηκε ότι ήταν περίπου 0,2±0,7 Gt C yr⁻¹ και για τη δεκαετία 1989-1998 υπολογίστηκε ότι ήταν περίπου 1,4 Gt C yr⁻¹. Η ετήσια παγκόσμια απορρόφηση CO₂ μέσω της φωτοσύνθεσης (GPP) – όπως επίσης και οι αντίστοιχες εκπομπές από την αναπνοή – είναι περίπου 14 φορές μεγαλύτερη από τις ετήσιες ανθρωπογενείς εκπομπές άνθρακα. Γίνεται, έτσι, φανερό ότι μικρές αλλαγές στις ροές αυτές μπορούν να μεταβάλουν σημαντικά το ισοζύγιο άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Παράγοντες που επιδρούν στο χερσαίο ισοζύγιο άνθρακα

Τα δάση μπορεί να λειτουργούν είτε ως χοάνη, είτε ως πηγή, ανάλογα με το ισοζύγιο μεταξύ απορροφήσεων άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης και των εκπομπών μέσω της αναπνοής των φυτών, της αποσύνθεσης (ετερότροφη αναπνοή), της καύσης ή της απομάκρυνσης μέσω των υλοτομιών. Ένα δάσος λειτουργεί ως χοάνη (καθαρή απορρόφηση CO₂ από την ατμόσφαιρα) όταν το συνολικό από-

θεμα άνθρακα σε όλες τις αποθήκες του οικοσυστήματος αυξάνεται. Σε αυτήν την περίπτωση, η NEP είναι θετική, δηλαδή η Καθαρή Πρωτογενής Παραγωγικότητα NPP είναι μεγαλύτερη από την Ετερότροφη Αναπνοή R_h.

Το παγκόσμιο ισοζύγιο του άνθρακα μεταξύ της χερσαίας βιόσφαιρας και της ατμόσφαιρας δεν είναι σε ισορροπία. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, τόσο σε άμεσα ανθρωπογενείς επιδράσεις (π.χ. αποδασώσεις και δασώσεις), όσο και σε έμμεσα ανθρωπογενείς επιδράσεις (π.χ. λίπανση διοξειδίου του άνθρακα και αζώτου, κλιματική αλλαγή). Οι παράγοντες αυτοί, όπως και οι φυσικοί παράγοντες (π.χ. κλιματική διακύμανση, ηλικία του δάσους), που επιδρούν στο ισοζύγιο του άνθρακα, περιγράφονται στη συνέχεια. Θα εξετάσουμε πώς ορισμένοι παράγοντες επιδρούν στο ισοζύγιο του άνθρακα σε παγκόσμιο, σε περιφερειακό και σε τοπικό επίπεδο.

Αλλαγές χρήσεων γης

Οι αλλαγές στη χρήση/κάλυψη της γης και οι πρακτικές διαχείρισης είναι η βασικότερη ανθρωπογενής αιτία της ανισορροπίας, και περιλαμβάνουν την αποδάσωση και την υποβάθμιση των δασών, τις δασώσεις και αναδασώσεις και τις αλλαγές στη διαχείριση των δασών και των αγροτικών καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει μεταβάλει το 1/3 με 1/2 της επιφάνειας της γης (Vitousek et al. 1997a). Ο ταχύς ρυθμός αποδάσωσης των τροπικών δασών είναι σήμερα ο πιο σημαντικός από αυτούς τους παράγοντες, καθώς ευθύνεται για την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων CO₂ από την καύση της βλάστησης και την ελακόλυθη αποσύνθεση της βιομάζας και της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Στον αντίποδα των εκπομπών CO₂ από την αποδάσωση, έχει δημιουργηθεί μια χοάνη CO₂ από την ανθρωπογενή ή τη φυσική αναγέννηση και ανάπτυξη δασών σε εγκαταλελειμμένες αγροτικές εκτάσεις, κυρίως στην εύκρατη ζώνη (Ευρώπη και βόρεια Αμερική). Οι Nabuurs et al. (2003) αναφέρουν ότι η σημερινή ηλικιακή δομή των ευρωπαϊκών δασών είναι το αποτέλεσμα μεγάλης κλίμακας δασώσεων εκτάσεων που μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα χρησιμοποιούνταν στη γεωργία και στην κτηνοτροφία, καθώς και πρακτικών διαχείρισης που επικεντρώνονταν στη φύτευση μετά την αποψίλωση και τις περιοδικές αραιώσεις ομήλικων φυτειών. Η ηλικιακή δομή των σχετικά νέων δασών της Ευρώπης (η μέση ηλικία εκτιμήθηκε σε 57 έτη το 2003, ενώ ελάχιστα από αυτά ήταν πάνω από 150 ετών) είναι σημαντική, αφού θεωρείται ότι είναι βασικότερος παράγοντας αύξησης της χοάνης άνθρακα στην Ευρώπη απ' ό,τι η επέκταση της συνολικής δασικής έκτασης.

Αντίστοιχα, στην Ελλάδα, η εγκατάλειψη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες στα ορεινά, κυρίως, της χώρας έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική δάσωση των εκτάσεων αυτών και τη δημιουργία μιας χοάνης η οποία αποθηκεύει σημαντικές ποσότητες άνθρακα στη βιομάζα και στο έδαφος τως δασών που αναπτύσσονται. Ωστόσο, το μέγεθος της χοάνης αυτής και των αποθεμάτων άνθρακα που έχουν αποθηκευτεί στις εκτάσεις αυτές δεν το γνωρίζουμε. Από την άλλη πλευρά, οι επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές και οι πιέσεις αλλαγής χρήσης των δασών στα χαμηλά, κυρίως, υψόμετρα έχουν ως αποτέλεσμα την αποδάσωση και υποβάθμιση των δασών, και, επομένως, την απώλεια άνθρακα στις εκτάσεις αυτές.

Σύμφωνα με την ελληνική απογραφή των αερίων του θερμοκηπίου (Petsikos 2012), οι αγροτικές εκτάσεις που δασώθηκαν μέσω του σχετικού επιδοτούμενου μέτρου δάσωσης γεωργικών γαιών απορροφούν σήμερα και αποθηκεύουν στη βιομάζα του δάσους περίπου 0,35 Mt CO₂ ετησίως. Στον γεωργικό τομέα, η αύξηση των δενδρωδών καλλιεργειών, η οποία λαμβάνει χώρα στην Ελλάδα κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχει δημιουργήσει μια χοάνη άνθρακα η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0,2-1,3 Mt CO₂ ετησίως κατά την περίοδο 1990-2010 – λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον άνθρακα που αποθηκεύεται στη βιομάζα και όχι στο έδαφος (Petsikos 2012).

Αίπωση διοξειδίου του άνθρακα

Η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί αύξηση στο ρυθμό φωτοσύνθεσης των φυτών, με επίδραση στην ποσότητα άνθρακα που αποθηκεύεται στη βιομάζα, στη νεκρή οργανική ουσία και στο έδαφος. Τα αποτελέσματα περισσότερων από 100 πειραμάτων, όπου νεαρά δένδρα εξετίθεντο σε διπλάσια συγκέντρωση CO₂ από την ατμοσφαιρική, για περιόδους μέχρι και δέκα χρόνια, έδειξαν αύξηση στο ρυθμό ανάπτυξης κατά 10-70% (Wullschlegel et al. 1995, Idso 1999). Πιο πρόσφατες μελέτες σε συστάδες μέσης και μεγάλης ηλικίας (Körner et al. 2005, Asshoff et al. 2006) έδειξαν ότι τα μεγαλύτερα δένδρα δεν αποκρίνονται στην αυξημένη συγκέντρωση ατμοσφαιρικού CO₂ στο βαθμό που αποκρίνονται τα νεαρότερα δένδρα. Ωστόσο, η επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης CO₂ σε ώριμα δάση παραμένει ελάχιστα μελετημένη και αβέβαιη.

Αίπωση αζώτου

Ο ρυθμός της εισροής αζώτου στο χερσαίο κύκλο του αζώτου έχει διπλασιαστεί (Vitousek et al. 1997b) από την ανθρώπινη δραστηριότητα με την

απελευθέρωση οξειδίων του αζώτου κατά την καύση ορυκτών πόρων και βιομάζας και την απελευθέρωση αμμωνίας από τη χρήση λιπασμάτων, την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία. Καθώς η παραγωγικότητα των φυτών συχνά περιορίζεται από την έλλειψη αζώτου, έχει βρεθεί ότι αυτή η αύξηση στη διαθεσιμότητα αζώτου στα εδάφη έχει προκαλέσει την αύξηση της ανάπτυξης των δασών στις εύκρατες ζώνες (Nadelhoffer et al. 1999), ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στις πηγές των εκπομπών.

Κλιματική διακύμανση

Οι ρυθμοί της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, της αποσύνθεσης και η συχνότητα των πυρκαγιών επηρεάζονται από κλιματικούς παράγοντες, όπως η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις. Οι ετήσιες διακυμάνσεις του κλίματος έχουν ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη ετήσια διακύμανση στο μέγεθος της παγκόσμιας χερσαίας χοάνης άνθρακα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2) και, επομένως, και στη συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η βιόσφαιρα – όπως και ένα δάσος – μπορεί να λειτουργεί ως χοάνη μια χρονιά και ως πηγή εκπομπών την επόμενη, λόγω της μεταβλητότητας του κλίματος (Bousquet et al. 2000).

Οι αλλαγές στη φωτοσύνθεση ή στην αναπνοή συχνά συνδέονται και με μεγάλης κλίμακας τοπικές καιρικές διαταραχές, οι οποίες επιδρούν στα χερσαία οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, η έκρηξη του ηφαιστείου Pinatubo το 1991 και η ηφαιστειακή σκόνη που διοχετεύθηκε στην ατμόσφαιρα προκάλεσαν αφενός τη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας, που είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσύνθεσης (Farquhar and Roderick 2003, Gu et al. 2002, 2003) και την πτώση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα τη μείωση της αναπνοής (Jones and Cox 2001). Η αυξημένη παραγωγικότητα των χερσαίων οικοσυστημάτων κατά την περίοδο 1991-1993 συγκράτησε την αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα για το διάστημα αυτό, επίδραση η οποία είναι ορατή στην καμπύλη του Keeling (Σχήμα 1).

Το φαινόμενο «El Niño» συνδέεται με υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασίες σε πολλές τροπικές περιοχές. Εκτιμάται ότι αν η συχνότητα του φαινομένου αυξηθεί στο μέλλον, ενδεχομένως πολλές τροπικές περιοχές να μετατραπούν σε πηγές άνθρακα. Τα έτη 1997 και 1998, κατά τη διάρκεια του «El Niño», οι ξηρασίες οδήγησαν σε εκτεταμένες πυρκαγιές σε πολλές περιοχές του πλανήτη, απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες CO₂, CH₄ και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα (Schimel et al. 2001, van der Werf et al. 2004).

Κλιματική αλλαγή

Δορυφορικά δεδομένα (Myneni et al. 1997) και φαινολογικές παρατηρήσεις (Cannell et al. 1999) καταδεικνύουν ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες έχουν ήδη οδηγήσει σε μεγαλύτερες αυξητικές περιόδους στη βόρεια (boreal) ζώνη και στην εύκρατη Ευρώπη. Ωστόσο, μετρήσεις των ροών CO₂ σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη δείχνουν ότι η χροάνη αυτή στη βιομάζα ισοσκελίζεται από εκπομπές εδαφικού άνθρακα που προκαλούνται από το λιώσιμο του μόνιμα παγωμένου εδάφους (permafrost) (Goulden et al. 1998).

Οι Nemani et al. (2003), αναλύοντας κλιματικά δεδομένα και παρατηρήσεις από δορυφόρους, εκτίμησαν ότι κατά την περίοδο 1982-1999 η παγκόσμια NPP αυξήθηκε κατά 6%. Η αύξηση αυτή οφείλεται στις μεταβολές στο κλίμα κατά την περίοδο αυτή, οι οποίες ήταν στην πλειοψηφία τους προς την κατεύθυνση μετριασμού των κλιματικών περιορισμών στην αύξηση των φυτών. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στις τροπικές ζώνες και αποδίδεται στη μείωση της νεφοκάλυψης, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της προσπιπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (η οποία αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα στην παραγωγικότητα των τροπικών δασών). Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε περιοχές της βόρειας Αμερικής και της βορειοδυτικής Ευρώπης, όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι ο περιοριστικός παράγοντας, προκάλεσε την πρώιμη έναρξη της αυξητικής περιόδου και τη δέσμευση και αποθήκευση επιπρόσθετου άνθρακα. Επίσης, αλλαγές στους μουσώνες επέδρασαν θετικά σε οικοσυστήματα της Αυστραλίας, της Αφρικής και της Ινδίας, όπου η παραγωγικότητα περιορίζεται από το διαθέσιμο νερό.

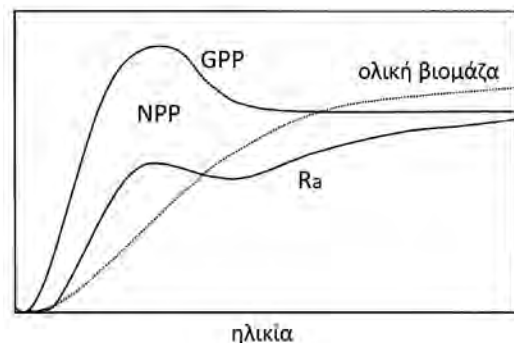
Αυτή η μακρόχρονη συσχέτιση της NPP με τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία οδήγησε στο συμπέρασμα πως η παγκόσμια θέρμανση αυξάνει την παραγωγή βιομάζας. Ωστόσο, σε πρόσφατη μελέτη οι Zhao and Running (2010), χρησιμοποιώντας παρόμοια δορυφορικά δεδομένα (MODIS Terra), υποστήριξαν, σε αντίθεση με το αναμενόμενο, ότι η παγκόσμια NPP μειώθηκε (οριακά) τη δεκαετία 2000-2009, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για θερμότερη δεκαετία από τις προηγούμενες. Ο κύριος λόγος της μείωσης αυτής πιστεύεται ότι είναι μια σειρά από εκτεταμένες ξηρασίες που παρατηρήθηκαν σε διάφορα μέρη του πλανήτη την περίοδο αυτή. Σε περίπτωση που οι εκτιμήσεις αυτές επαληθευτούν (προς το παρόν η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε έχει αμφισβητηθεί από άλλους ερευνητές, Samanta et al. 2011, Medlyn 2011), οι επιπτώσεις από την αντιστροφή αυτή στην επίδραση της θέρμανσης στη NPP θα είναι σημαντικές, δεδομένων των θερμότερων και ξηρότερων ετών που αναμένονται στο μέλλον – πέρα από τα προβλήματα στην επάρκεια των τροφίμων που θα προκληθούν από

τις μειωμένες σοδειές των αγροτικών προϊόντων, λιγότερος άνθρακας θα αποθηκεύεται στα χερσαία οικοσυστήματα, με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο καύσωνας του 2003 στην Ευρώπη, όπου οι θερμοκρασίες του Ιουλίου ήταν κατά 6°C μεγαλύτερες από τον μέσο όρο, και τα ετήσια κατακρημνίσματα μειωμένα κατά 300 mm, 50% λιγότερα από τον μέσο όρο. Οι Ciais et al. (2005), αναλύοντας δεδομένα από μετρήσεις ροών διοξειδίου του άνθρακα σε δασικά οικοσυστήματα, δορυφορικά δεδομένα και εθνικές στατιστικές παραγωγής αγροτικών προϊόντων, και χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης (DGVM), εκτίμησαν τις μεταβολές της πρωτογενούς παραγωγικότητας στην Ευρώπη κατά το 2003 και τις επιπτώσεις τους στο καθαρό ισοζύγιο άνθρακα. Υπολογίστηκε ότι το 2003 η μεικτή πρωτογενής παραγωγικότητα (GPP) ήταν μειωμένη κατά 30%, με αποτέλεσμα τη μετατροπή της επί τετραετίας ευρωπαϊκής χροάνης άνθρακα σε σημαντική πηγή εκπομπών άνθρακα (0,5 Pg C yr⁻¹). Τα αποτελέσματα του μοντέλου, επιβεβαιωμένα από τα ιστορικά στοιχεία αγροτικής παραγωγής, έδειξαν ότι η μείωση αυτή της πρωτογενούς παραγωγικότητας στην Ευρώπη ήταν άνευ προηγούμενου κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα.

Ηλικία του δάσους

Η ηλικία του δάσους, η οποία εξαρτάται συνήθως από τις διαταραχές που ανανεώνουν το οικοσύστημα, είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την παραγωγικότητα, τις ροές άνθρακα και την κατανομή των αποθηκών άνθρακα στα διάφορα δασικά οικοσυστήματα. Σε ένα δένδρο ή σε ένα ομήλικο δάσος, η αύξηση και η συσσώρευση βιομάζας είναι αργή στην αρχή, αυξάνει καθώς η φυλλική επιφάνεια αυξάνεται, φτάνει σε κορυφή καθώς η φυλλική επιφάνεια γίνεται μέγιστη και, στη συνέχεια, φθίνει (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Θεωρητική γραφική παράσταση της μεικτής πρωτογενούς παραγωγικότητας (GPP), της αυτότροφης αναπνοής (Ra) και της ολικής βιομάζας σε σχέση με την ηλικία ενός δένδρου ή μιας συστάδας. Η διαφορά μεταξύ της GPP και της αυτότροφης αναπνοής είναι η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα (NPP) (πηγή: Carey et al. 2001).

Η Καθαρή Πρωτογενής Παραγωγή (NPP) ενός δάσους βρίσκεται σε αντιστοιχία με τον όρο Μεικτή Ετήσια Προσαύξηση του ξυλαποθέματος (Gross Annual Increment in growing stock, GAI) που χρησιμοποιείται στη δασοπονία, με τη διαφορά ότι η πρώτη αφορά τη συνολική βιομάζα του δένδρου ή της συστάδας, ενώ η δεύτερη αφορά μόνο το κορμόξυλο. Έτσι, η Καθαρή Πρωτογενής Παραγωγή μιας συστάδας συσχετίζεται με τη Μεικτή Ετήσια Προσαύξηση του ξυλαποθέματος. Στα πρώτα έτη από την εγκατάσταση της συστάδας είναι μικρή, στη συνέχεια αυξάνεται, φθάνοντας σε ένα μέγιστο, όπου η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (carbon sequestration) γίνεται μέγιστη, και στη συνέχεια φθίνει.

Ενώ είναι γνωστός ο ρόλος των νεαρών δασών ως χοάνης άνθρακα, υπάρχει η άποψη ότι τα υπερώριμα, μη διαχειριζόμενα δάση είναι ανθρακικά ουδέτερα (carbon neutral), δηλαδή η φωτοσύνθεση αντισταθμίζεται από την αναπνοή και επομένως παύουν να αποθηκεύουν άνθρακα (Odum 1969, Jarvis 1989). Η θεωρία αυτή στηρίχθηκε στην παρατηρούμενη μείωση της NPP με το χρόνο σε ομήλικες φυτείες (Gower et al. 1996, Binkley et al. 2002) και οδήγησε στην αντίληψη ότι τα υπερώριμα δάση, ενώ είναι σημαντικά ως αποθήκες άνθρακα, δεν είναι σημαντικά ως χοάνες. Ωστόσο, καθώς τα δάση συνεχίζουν να μεγαλώνουν και γίνονται λιγότερο παραγωγικά, μπορεί να συνεχίσουν να συσσωρεύουν άνθρακα στη φυλλάδα, στο νεκρό ξύλο και στο έδαφος. Πρόσφατες έρευνες αποδεικνύουν ότι τα δάση αυτά συνεχίζουν να λειτουργούν ως χοάνες και να αποθηκεύουν άνθρακα για αιώνες. Οι Luysaert et al. (2008), μελετώντας τα δεδομένα από 519 εύκρατα και βόρεια δάση (ταίγκα), διαπίστωσαν μείωση της NPP μετά από κάποια ηλικία, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις δάση μεγαλύτερα από 120 χρόνων παρουσίαζαν ακόμη σημαντική NPP. Οι εκτιμήσεις τους για τη NEP στα δάση μεγαλύτερα των 200 ετών έδειξαν ότι απορροφούν και αποθηκεύουν κατά μέσο όρο $2,4 \pm 0,8 \text{ t C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$. Οι Knohl et al. (2003) κατέγραψαν καθαρές απορροφήσεις άνθρακα (NEP) ίσες με $4,9 \text{ t C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ σε εκτός διαχείρισης δάσος οξιάς στην κεντρική Γερμανία, ηλικίας 250 ετών. Μελέτη των Carey et al. (2001) έδειξε ότι η παραγωγικότητα ενός υποαλπικού δάσους στα Βραχώδη όρη των ΗΠΑ έφτασε στο μέγιστο μετά από 450 χρόνια – η NPP σε αυτές τις συστάδες ήταν σχεδόν $6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ – καταδεικνύοντας ότι η αύξηση και η αποθήκευση άνθρακα σε φυσικά, μεικτά, υπερώριμα δάση δεν μπορεί να προβλεφθεί από την παραγωγικότητα αμιγών, ομήλικων φυτειών.

Η μετα-ανάλυση των Pregitzer and Euskirchen (2004), με δεδομένα από μεγάλο αριθμό διαχει-

ριζόμενων και μη διαχειριζόμενων δασών, κατέδειξε ότι η μέση NEP εύκρατων δασών ηλικίας 0-10, 11-30, 31-70, 71-120, και 121-200 ήταν -1,9, 4,5, 2,4, 1,9, και $1,7 \text{ t C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ αντίστοιχα. Οι NPP και NEP ήταν μεγαλύτερες σε μέσης ηλικίας δάση (π.χ. 30-120 ετών), ενώ γηραιότερα δάση (>120 ετών) ήταν γενικά λιγότερο παραγωγικά. Η μέση NEP των νεαρών δασών (0-10 ετών) ήταν αρνητική, αποτελούσαν δηλαδή καθαρή πηγή άνθρακα προς την ατμόσφαιρα, τόσο στην εύκρατη όσο και στη βόρεια κλιματική ζώνη ($-0,1$ και $-1,9 \text{ t C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ αντίστοιχα).

Στην πραγματικότητα, τα νεαρά δάση, παρά τα υπερώριμα, αποτελούν πολύ συχνά πηγή CO₂. Αυτό συμβαίνει επειδή η ανάπτυξη ενός νέου δάσους (είτε φυσικά, είτε από τον άνθρωπο) συνήθως ακολουθεί τη διαταραχή της προηγούμενης βλάστησης και του εδάφους, η οποία έχει ως αποτέλεσμα ο ρυθμός της αποσύνθεσης του νεκρού ξύλου, της φυλλάδας και της οργανικής ουσίας του εδάφους (ο ρυθμός ανοργανοποίησης του περιεχόμενου C, μετρούμενος ως ετερότροφη αναπνοή) να υπερβαίνει την NPP της αναγέννησης (Luysaert et al. 2008).

Πυρκαγιές

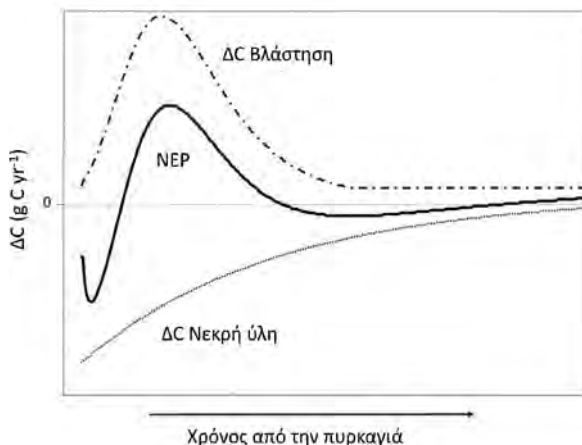
Οι πυρκαγιές είναι κύριο συστατικό πολλών οικοσυστημάτων και έχουν σημαντικές άμεσες, μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στον κύκλο και στην αποθήκευση του άνθρακα. Η κατανόηση της επίδρασης των πυρκαγιών είναι πολύ σημαντική στην πρόβλεψη των μελλοντικών αλλαγών στο ισοζύγιο του άνθρακα, καθώς μεγαλύτερη ένταση, έκταση και συχνότητα πυρκαγιών θα αυξήσουν τις δασικές εκτάσεις που λειτουργούν ως πηγές διοξειδίου του άνθρακα. Αν η κλιματική αλλαγή αυξήσει σημαντικά τις εκτάσεις που καίγονται κατά τις επόμενες δεκαετίες – όπως προβλέπεται (Neilson and Drapek 1998, Dale et al. 2001) – θα επηρεαστεί και η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα. Καθώς οι οικοσυστημικές διεργασίες που εμπλέκονται – καύση, αποσύνθεση, παραγωγή, διαδοχή κ.λπ. – λειτουργούν σε διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες, στη μελέτη της επίδρασης της πυρκαγιάς σημασία έχει η κλίμακα χρόνου που θα επλεχθεί.

Η άμεση επίδραση των πυρκαγιών είναι η απώλεια του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με την καύση. Οι πυρκαγιές νεκρώνουν τα δένδρα αλλά συνήθως καταναλώνουν ένα μικρό μόνο τμήμα της βιομάζας, αφήνοντας στο οικοσύστημα νεκρή οργανική ύλη, η οποία αποσυντίθεται τα επόμενα χρόνια ή δεκαετίες, ανάλογα με τις συνθήκες, αλλά και τη φύση και το μέγεθος των υλικών αυτών. Οι Auclair and Carter (1993) υπο-

λόγισαν πως οι εκπομπές αυτές από την αποσύνθεση είναι κατά μέσο όρο τριπλάσιες από τις άμεσες εκπομπές κατά τη διάρκεια της καύσης για τα δάση της βόρειας και δυτικής Αμερικής.

Η μεσοπρόθεσμη επίδραση των πυρκαγιών αφορά το ισοζύγιο μεταξύ του άνθρακα αυτού που εκπέμπεται από την αποσύνθεση της νεκρής ύλης και αυτού που δεσμεύεται από την αναγέννηση της βλάστησης μετά την πυρκαγιά. Καθώς η πυρκαγιά νεκρώνει τη ζωντανή βιομάζα και μειώνει τη φυλλική επιφάνεια στο μηδέν – στην περίπτωση ολοσχερούς καταστροφής της βλάστησης – η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα του οικοσυστήματος (NPP) αμέσως μετά την πυρκαγιά προσεγγίζει επίσης το μηδέν (Pearson et al. 1987). Στη φάση αυτή, όπου η απώλεια άνθρακα από την αποσύνθεση είναι μεγαλύτερη από την NPP, η καθαρή ετήσια αλλαγή στις αποθήκες άνθρακα (NEP) είναι αρνητική. Καθώς το δάσος επανεγκαθίσταται και η αποσύνθεση μειώνεται, η συσσώρευση άνθρακα στη βιομάζα τελικά αντισταθμίζει τις απώλειες από την αποσύνθεση και η NEP γίνεται θετική (Σχήμα 6).

Αντίστοιχη επίδραση με τις πυρκαγιές έχουν και άλλου είδους διαταραχές, όπως οι υλοτομίες, οι ανεμορριπίες, οι επιδημίες κ.λπ., οι οποίες προκαλούν καταστροφή της βλάστησης και – σε διαφορετικό βαθμό – διαταραχή του εδάφους, δεν παράγουν ωστόσο άμεσες εκπομπές από καύση. Σημαντικός παράγοντας όσον αφορά τον κύκλο του άνθρακα και τη διαχείρισή του είναι ο χρόνος που απαιτείται μετά την αρχική διαταραχή ενός δάσους, ώστε αυτό να μετατραπεί από πηγή εκπομπών σε ανθρακικά ουδέτερο και, στη συνέχεια, σε χοάνη άνθρακα. Πρόσφατα, ορισμένες εργασίες παρέχουν στοιχεία σχετικά με το αντικείμενο αυτό. Οι Thornton et al. (2002), συνδυ-



Σχήμα 6. Θεωρητική γραφική παράσταση της καθαρής οικοσυστημικής παραγωγικότητας (NEP) και των αποθηκών της βλάστησης (ζωντανή βιομάζα) και της νεκρής οργανικής ύλης μετά από πυρκαγιά (πηγή: Kashian et al. 2006).

άζοντας ένα μοντέλο (Biome-BGC) με βιομετρικές αναλύσεις και μετρήσεις ροών άνθρακα (eddy covariance), συμπέραναν ότι ο χρόνος αυτός είναι ιδιαίτερα μεταβλητός και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος και η ένταση της διαταραχής, αλλά και η διαχείριση μετά τη διαταραχή. Οι Howard et al. (2004) υπολόγισαν ότι είναι δέκα χρόνια για ένα δάσος πεύκης στον Καναδά που υλοτομήθηκε, οι Law et al. (2001) εκτίμησαν 15-20 χρόνια για ένα δάσος πεύκης που υλοτομήθηκε, οι Litvak et al. (2003) κατέγραψαν 11 χρόνια για μια συστάδα ερυθρελάτης στον Καναδά που κήκε, ενώ οι Knohl et al. (2002) κατέγραψαν θετική NEP 12 και 24 χρόνια μετά από ανεμορριπίες σε δύο δάση της ρωσικής τσίγκας.

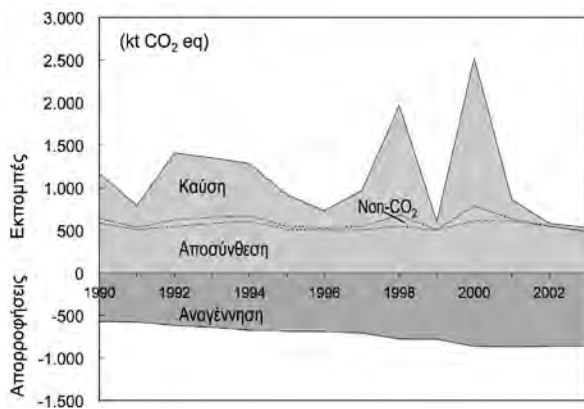
Μέχρι πρόσφατα, οι μελέτες για το παγκόσμιο ισοζύγιο του άνθρακα γενικά αγνοούσαν την επίδραση των πυρκαγιών (Houghton 2003), θεωρώντας ότι οι απώλειες άνθρακα σε κάποιες περιοχές που καίγονται αντισταθμίζονται από τις απορροφήσεις σε άλλες περιοχές που ανακάμπτουν (Crutzen and Andreae 1990). Η παραδοχή αυτή, ωστόσο, είναι ρεαλιστική μόνο στην περίπτωση που οι εκπομπές άνθρακα από τις πυρκαγιές παραμένουν σταθερές στο χρόνο – δεν μεταβάλλεται, δηλαδή, η συχνότητα των πυρκαγιών και οι εκτάσεις που καίγονται – και αν τα καμένα οικοσυστήματα ανακτούν πλήρως τη χαμένη βιομάζα. Αν το οικοσύστημα μετά την πυρκαγιά έχει φτωχή αναγέννηση, η ανάκαμψη του δάσους δεν θα αναπληρώσει την απώλεια άνθρακα από την καύση και την αποσύνθεση, και το καθαρό ισοζύγιο άνθρακα για το οικοσύστημα αυτό κατά τη διάρκεια ενός κύκλου επανάληψης της φωτιάς είναι αρνητικό.

Η αλλαγή στη συχνότητα των πυρκαγιών επιδρά, επίσης, στο καθαρό ισοζύγιο του άνθρακα. Μια αύξηση στη συχνότητα των πυρκαγιών – ή στις καμένες εκτάσεις – έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία καθαρής πηγής άνθρακα, ενώ, αντίθετα, η μείωση της συχνότητας – ή των καμένων εκτάσεων – έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία καθαρής χοάνης. Στην Ελλάδα, η μέση έκταση που καίγονταν κάθε χρόνο κατά τη δεκαετία του '60 αυξήθηκε κατά τέσσερις περίπου φορές στις δεκαετίες του '80 και '90, αύξηση η οποία έχει δημιουργήσει μια πηγή εκπομπών, καθώς ο αυξημένος άνθρακας που έχει απωλεσθεί, πρακτικά δεν έχει ακόμη απορροφηθεί από την αναγέννηση.

Οι μελέτες εκτίμησης του ισοζυγίου του άνθρακα βάσει των καμένων εκτάσεων εμπεριέχουν πολλές αβεβαιότητες, όπως για παράδειγμα σε σχέση με τον τύπο βλάστησης και τους συντελεστές καύσης. Εκτιμήσεις που βασίζονται σε μακρόχρονες αναλύσεις και περιέχουν, εκτός από τις άμε-

σες εκπομπές από την καύση, και το δυναμικό του άνθρακα ως αποτέλεσμα της αποσύνθεσης και της αναγέννησης, άρχισαν να εμφανίζονται στη βιβλιογραφία κατά την τελευταία δεκαετία.

Στην ελληνική απογραφή των αερίων του θερμοκηπίου (Petsikos 2005) παρουσιάζονται εκτιμήσεις για τις ετήσιες εκπομπές και απορροφήσεις διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και των εκπομπών άλλων αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 1990-2003, ως αποτέλεσμα των δασικών πυρκαγιών. Οι εκτιμήσεις αυτές εμπεριέχουν τις εκπομπές από την απευθείας οξείδωση κατά την καύση, τις εκπομπές από την αποσύνθεση της νεκρής οργανικής ύλης και τις απορροφήσεις από την αναγέννηση στις καμένες επιφάνειες (Σχήμα 7). Οι άμεσες εκπομπές από την καύση παρουσιάζουν μεγάλη ετήσια διακύμανση, αντίστοιχη της διακύμανσης των εκτάσεων που καίγονται κάθε έτος. Οι μέσες ετήσιες εκπομπές κατά την περίοδο αυτή ήταν 1.120 kt CO₂ eq (equivalent, μονάδες ισοδύναμου CO₂) περίπου, ενώ οι απορροφήσεις από την αναγέννηση ήταν 728 kt CO₂ eq. Στις εκτιμήσεις αυτές, ωστόσο, δεν έχει ληφθεί υπόψη η επίδραση των πυρκαγιών στα αποθέματα άνθρακα του εδάφους.



Σχήμα 7. Εκπομπές και απορροφήσεις CO₂ από την καύση, την αποσύνθεση της νεκρής οργανικής ύλης και την αναγέννηση από τις δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1990-2003. Παρουσιάζονται επίσης και οι εκπομπές CH₄ και N₂O σε μονάδες ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ eq) που εκπέμπονται κατά την καύση (πηγή: Petsikos 2005).

Η επίδραση της φωτιάς στον άνθρακα του εδάφους είναι λιγότερο μελετημένη και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση και τη διάρκεια της πυρκαγιάς, την ποσότητα και την κατανομή του άνθρακα στο εδαφικό προφίλ, το ποσό υγρασίας του εδάφους και το ρυθμό ανοργανοποίησης του εδαφικού άνθρακα μετά την πυρκαγιά. Χαμηλής έντασης πυρκαγιές προκαλούν απώλειες άνθρακα από τον οργανικό ορίζοντα, αλλά μικρές ή καθόλου αλλαγές στο ανόργανο έδαφος. Αντίθετα, μεγάλης έντασης πυρκαγιές μπορούν να προκα-

λέσουν μεγάλες απώλειες εδαφικού άνθρακα (Johnson 1992). Οι πυρκαγιές ακολουθούνται από σημαντικές αλλαγές στις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και τη διαδοχή των δασικών ειδών, με διαφορές στην ποσότητα και την ποιότητα της βιομάζας που επιστρέφει στο έδαφος και επιπτώσεις στο ρυθμό ανοργανοποίησης του εδαφικού άνθρακα και στην ετερότροφη αναπνοή. Σε μια από τις ελάχιστες μελέτες όπου μετρήθηκε ο εδαφικός άνθρακας πριν και μετά από πυρκαγιά, υπολογίστηκε η απώλεια άνθρακα σε 23 t C ha⁻¹, το 60% του οποίου ήταν από τους ανόργανους ορίζοντες του εδάφους (Bormann et al. 2008). Η μεγάλη αυτή απώλεια άνθρακα πιστεύεται ότι οφείλεται κυρίως στη διάβρωση μετά την πυρκαγιά, λόγω της απομάκρυνσης της βλάστησης και των μεγάλων κλίσεων του εδάφους.

Οι Savage and Mast (2005), μελετώντας δέκα πενκοδάση στις ΗΠΑ που κάηκαν, διαπίστωσαν ότι στο 50% των περιπτώσεων αυτών η έλλειψη επαρκούς αναγέννησης είχε ως αποτέλεσμα τα δάση να μετατραπούν σε θαμνώνες και χορτολίβαδα με μειωμένη ικανότητα να δεσμεύσουν και να αποθηκεύσουν άνθρακα. Η διάβρωση, η μείωση της οργανικής ουσίας και της παραγωγικότητας του εδάφους και η υποβάθμιση των δασών μέσω της πυρκαγιάς αποτελούν πραγματικότητα για τις ξηρές εύκρατες περιοχές, όπως η Ελλάδα. Η χαρτογράφηση των δασών και των αλλαγών χρήσεων γης κατά την περίοδο 1987-2007 του WWF Ελλάς και ΑΠΘ (2011), καταδεικνύει ότι ένα σημαντικό τμήμα των υψηλών δασών της Ελλάδας έχει μετατραπεί σε χαμηλό δάσος και θαμνότοπους, ως αποτέλεσμα των αυξανόμενων εκτάσεων που καίγονται. Η καταγραφή, η χαρτογράφηση και η παρακολούθηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών στα εδάφη αυτά και στα αποθέματα άνθρακα, η μεταπυρική εξέλιξη των οικοσυστημάτων καθώς και η μελέτη της πυρκαγιάς ως φορέα ερημοποίησης κρίνονται ως επείγουσα προτεραιότητα για την Ελλάδα.

Τα προϊόντα της καύσης της βιομάζας, πέρα από το διοξείδιο του άνθρακα, περιλαμβάνουν έναν αριθμό οργανικών ενώσεων οι οποίες αλληλεπιδρούν με διάφορους τρόπους με την τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα και οι οποίοι δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Andreae et al. 2002). Οι πυρκαγιές εκπέμπουν, επίσης, σημαντικές ποσότητες μαύρου άνθρακα, ο οποίος ως αερόλυμα που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Ο μαύρος άνθρακας θεωρείται, τελευταίως, ένας από τους σημαντικότερους ανθρωπογενείς παράγοντες της παγκόσμιας θέρμανσης (IPCC 2007, Ramanathan and Carmichael 2008, Ban-Weiss et al. 2011). Ο χρόνος παραμονής του

στην ατμόσφαιρα είναι λίγες μόνο εβδομάδες και γι' αυτόν το λόγο προτείνεται η μείωση των εκπομπών του ως ένα άμεσο μέτρο αντιμετώπισης της παγκόσμιας θέρμανσης. Γίνεται, έτσι, κατανοητή η σημασία του περιορισμού των δασικών πυρκαγιών για το παγκόσμιο και το τοπικό κλίμα.

Άλλες οργανικές ενώσεις

Πέρα από το CO₂ και τις οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται κατά την καύση, τα δάση ανταλλάσσουν με την τροπόσφαιρα και άλλες οργανικές ενώσεις, σε μικρότερα ποσά. Το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου με παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης 23 φορές μεγαλύτερο από του CO₂ σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών. Κάθυγρα εδάφη και υγρότοποι αποτελούν συνήθως πηγή μεθανίου (μεθανογένεση), ενώ ξηρά εδάφη συχνά απορροφούν μεθάνιο ως αποτέλεσμα της δράσης μεθανιότροφων βακτηρίων. Τα δάση εκπέμπουν, επίσης, ένα ποσοστό του άνθρακα που αφομοιώνουν με τη φωτοσύνθεση υπό τη μορφή διαφόρων πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) – κυρίως ισοπρένιο και μονοτερπένια – οι οποίες εξυπηρετούν σημαντικές βιολογικές λειτουργίες, όπως η προσέλκυση επικονιαστών ή η απομάκρυνση φυτοφάγων ζώων. Οι Kesselmeier et al. (2002) εκτίμησαν ότι οι εκπομπές VOCs ανέρχονται σε 0,1 - 4% της GPP. Ωστόσο, η παραγωγή και η απελευθέρωση VOCs δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς, απαιτούν διαφορετικές μεθόδους μέτρησης και σπάνια λαμβάνονται υπόψη στις μελέτες υπολογισμού του ισοζυγίου του άνθρακα.

Στρατηγικές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής από τον τομέα των δασών

Η χρήση της γης, και ιδιαίτερα η διαχείριση των δασών και η δασοπονία, μπορούν να συμβάλλουν στους στόχους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, επιβραδύνοντας τη συσσώρευση CO₂ στην ατμόσφαιρα. Το 50% περίπου της ξηρής βιομάζας των δασών είναι άνθρακας ο οποίος προέρχεται από την ατμόσφαιρα και το μεγαλύτερο μέρος του οποίου θα επιστρέψει, αργά ή γρήγορα, πάλι σε αυτή. Είναι, επομένως, σημαντική η προστασία και η αύξηση των δασών με σκοπό τη διατήρηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αποθεμάτων άνθρακα και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στη βιόσφαιρα.

Τα μέτρα στον δασικό τομέα ενδείκνυνται για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής γιατί α) τα δάση έχουν σημαντικό δυναμικό δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα, β) η τεχνολογία εγκατάστασης και αποκατάστασης των δασών υπάρχει και είναι δοκιμασμένη και γ) πολλές μελέτες δείχνουν ότι το κόστος των μέτρων στον δασικό τομέα σε πολλές περιπτώσεις είναι σχετικά μικρό (Sedjo et al. 1995). Επίσης, η χρήση των δασών ως χροανών άνθρακα εξυπηρετεί και άλλους περιβαλλοντικούς σκοπούς όπως η προστασία της βιοποικιλότητας, του εδάφους και των υδατικών πόρων.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα μέτρα στο δασικό τομέα, με ιδιαίτερη αναφορά σε εκείνα που έχουν ενδιαφέρον για την ελληνική πραγματικότητα. Αυτά μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες: α) προστασία και διατήρηση των υφιστάμενων αποθεμάτων άνθρακα (αντιμετώπιση της αποδόσωσης και της υποβάθμισης των δασών), β) μεγέθυνση των υφιστάμενων αποθεμάτων άνθρακα μέσω της κατάλληλης διαχείρισης των δασών, γ) δημιουργία νέων αποθεμάτων άνθρακα μέσω της επέκτασης των δασών και δ) αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από βιοκαύσιμα και χρήση προϊόντων ξύλου για την αντικατάσταση άλλων υλικών (Dixon et al. 1994).

Προστασία και διατήρηση των υφιστάμενων αποθεμάτων άνθρακα

Η αποδάσωση και η υποβάθμιση των δασών έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων άνθρακα από τις χερσαίες αποθήκες προς την ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με την Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC (2007), το ένα τρίτο των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 250 ετών προήλθαν από τις αλλαγές χρήσεων γης και κυρίως από την αποδάσωση. Στις μέρες μας, περίπου 13 εκατομμύρια εκτάρια τροπικών δασών (όσο το μέγεθος της Ελλάδας) αποψιλώνονται κάθε χρόνο, με σκοπό τη μετατροπή τους κυρίως σε γεωργική γη, και σε μικρότερο βαθμό λόγω της παράνομης υλοτομίας (FAO 2006). Οι εκπομπές που προκαλούνται από την καύση και την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας της βιομάζας και των εδαφών στις εκτάσεις αυτές αποτελούν τουλάχιστον το 15%¹ των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Van der Werf et al. 2009).

Η αποδάσωση δεν είναι όμως σημαντική μόνο για τις ποσότητες άνθρακα που απελευθερώνει στην

¹ Οι προηγούμενες εκτιμήσεις θεωρείται ότι ήταν υπερεκτιμημένες και έφθαναν στο 20% των παγκόσμιων εκπομπών (IPCC 2007). Οι Van der Werf et al. (2009) περιλαμβάνουν επίσης στις εκτιμήσεις τους και τις εκπομπές από τους τυρφώνες.

ατμόσφαιρα. Κλιματικά μοντέλα δείχνουν ότι η αποδάσωση στον Αμαζόνιο έχει επιπτώσεις στο τοπικό ισοζύγιο ενέργειας, προκαλώντας ένα πιο θερμό και ξηρό κλίμα. Επιπλέον, μέσω της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, η επίπτωση μπορεί να μεταδοθεί πολύ μακρύτερα από τον Αμαζόνιο. Τέτοιες τηλεσυνδέσεις είναι συχνές και δείχνουν πως οι κλιματικές διαταραχές μπορεί να έχουν επιπτώσεις χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά (Van den Dool 2000).

Η αντιμετώπιση της αποδάσωσης και της υποβάθμισης των δασών αναγνωρίζεται ως ένας άμεσος, αποτελεσματικός και φθηνός τρόπος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, με σημαντικά δευτερεύοντα οφέλη για την προστασία της βιοποικιλότητας. Υπογραμμίζοντας τη σημασία της αντιμετώπισης της αποδάσωσης, η έκθεση Stern για τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής (Stern 2006) αναφέρει ότι «απαιτείται επείγοντως η ανάληψη δράσης για τη διατήρηση των εκτάσεων φυσικού δάσους που έχουν απομείνει». Μέτρα για την αντιμετώπιση της αποδάσωσης στις τροπικές χώρες δεν προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (παρά μόνο για την αποδάσωση στα αναπτυσσόμενα κράτη – άρθρο 3.3). Ωστόσο, στις διαπραγματεύσεις για τη συνέχεια του Πρωτοκόλλου προβλέπεται να τεθεί σε λειτουργία ένας μηχανισμός για τη μείωση της αποδάσωσης και της υποβάθμισης των δασών στις αναπτυσσόμενες χώρες (REDD+, Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation).

Στην Ελλάδα, οι εκτάσεις που αποδασώνονται νόμιμα – π.χ. παραχωρήσεις για διάνοξη δρόμων, δημιουργία τεχνητών λιμνών, λατομεία κ.λπ. – και αντίστοιχα οι εκπομπές άνθρακα που προκαλούνται είναι μικρές (κυμαίνονται μεταξύ 2-20 Kt CO₂ yr⁻¹ κατά την περίοδο 1990-2010, Petsikos 2012). Σχετικά μικρές είναι, επίσης, και οι εκτάσεις που αποδασώνονται παράνομα – εκχερσώσεις, καταλήψεις – και αντίστοιχα μικρές αναμένεται να είναι και οι εκπομπές άνθρακα.

Ωστόσο, η υποβάθμιση των δασών στην Ελλάδα είναι γεγονός και ενδεχομένως αποτελεί μια σημαντική πηγή εκπομπών, η οποία όμως παραμένει απροσδιόριστη. Ως υποβάθμιση των δασών εννοείται η μείωση της βιομάζας του δάσους και της παραγωγικής ικανότητας του εδάφους μέσω της παράνομης υλοτομίας, της βόσκησης, των πυρκαγιών ή άλλων επεμβάσεων. Η υποβάθμιση των ελληνικών δασών συντελείται κυρίως μέσω των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών, συχνά ακολουθούμενων από βόσκηση, διάβρωση και απώλεια εδάφους, και πολλές φορές οδηγεί μέσω της σταδιακής υποβάθμισης στην ουσιαστική, *de facto* αποδάσωση. Τα εδάφη αυτά μπορεί να μη χάνουν τον δασικό τους χαρακτήρα – και τυπικά ή νομι-

κά να μην χαρακτηρίζονται αποδασωμένα – αλλά χάνουν ανεπίστρεπτα την παραγωγική τους ικανότητα και τα αποθέματα άνθρακα που ήταν αποθηκευμένα στη βιομάζα και στο έδαφος.

Αν και η παρακολούθηση των δασών και των αποθεμάτων άνθρακα σε όλη την επικράτεια της χώρας αποτελεί υποχρέωση της Ελλάδας προς τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, το Πρωτόκολλο του Κιότο και την ΕΕ, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ένα αξιόπιστο σύστημα καταγραφής της έκτασης και παρακολούθησης της κατάστασης των δασών και των αποθεμάτων άνθρακα. Καθώς η υποβάθμιση των δασών και η ερημοποίηση θεωρούνται η μεγαλύτερη περιβαλλοντική απειλή για την ελληνική ύπαιθρο, και υπό το πρίσμα των δυσσιώνων προβλέψεων για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της στην περιοχή μας (ξηρασία, συχνότερες και εντονότερες πυρκαγιές κ.λπ.), η λειτουργία της Εθνικής Απογραφής Δασών για την παρακολούθηση των δασών, πέρα από τυπική υποχρέωση, αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για την προστασία τους.

Εκτός των πιέσεων στα δάση που αναφέρθηκαν – πυρκαγιές, υπερβόσκηση, παράνομες υλοτομίες κ.λπ. – η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια επιπρόσθετη, πολύ σημαντική πίεση σε αυτά τα οικοσυστήματα, η οποία απειλεί, πέραν των άλλων προϊόντων και υπηρεσιών που προσφέρουν τα δάση, και τον άνθρακα που αυτά αποθηκεύουν. Επομένως, στα μέτρα προστασίας των δασών από τις υφιστάμενες πιέσεις θα πρέπει να περιληφθούν και μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Αυτά περιλαμβάνουν την αύξηση της ανθεκτικότητας απέναντι στην ξηρασία και τις πυρκαγιές, σε ασθένειες και προσβολές εντόμων, την αύξηση της ικανότητας ανάκαμψης μετά από διαταραχές, τη διατήρηση και ενίσχυση της γενετικής ποικιλότητας, της ποικιλότητας των ειδών και της μίξης των συστάδων, τη διευκόλυνση της μετανάστευσης, την αύξηση της συγκράτησης του νερού κ.λπ. (Regato 2010).

Μεγέθυνση των υφιστάμενων αποθεμάτων άνθρακα

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες πρακτικές σχετικά με το πώς μπορεί η διαχείριση των δασών να χρησιμοποιηθεί για το μετριασμό της αύξησης του ατμοσφαιρικού CO₂, και οι οποίες αποσκοπούν στην αύξηση της συγκέντρωσης του άνθρακα ανά μονάδα επιφάνειας (t C ha⁻¹) (Johnson and Curtis 2001, Guo and Gifford 2002, Jandl et al. 2007). Η συγκέντρωση του άνθρακα σε ένα δάσος μπορεί να αυξηθεί είτε μέσω της αύξησης των απορροφήσεων (εισροών) μεγιστοποιώντας την προσαύξηση, με μέτρα όπως κατάλλη-

λοι δασοκομικοί χειρισμοί, λίπανση και άρδευση των εδαφών, αλλαγή ή/και μίξη των δασικών ειδών, αύξηση του περιτρώπου χρόνου κ.ά., είτε μέσω της μείωσης των εκπομπών (εκροών), μειώνοντας τις απώλειες από τη βιομάζα, τη νεκρή οργανική ύλη και το έδαφος (π.χ. με τον περιορισμό του λήμματος, τη μείωση της διάβρωσης, την εφαρμογή υλοτομιών μειωμένων επιπτώσεων κ.ά.).

Διαχείριση πυρκαγιάς

Ένας σημαντικός παράγοντας που προκαλεί μεγάλες απώλειες άνθρακα είναι οι πυρκαγιές. Οι πυρκαγιές έχουν έναν εγγενή ρόλο στη δομή και στη λειτουργία των δασικών οικοσυστημάτων, ιδίως σε περιοχές με περιοδική ξηρασία όπως η Μεσόγειος. Επομένως, οποιοσδήποτε προτάσεις για τη διαχείριση των δασών θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τον παράγοντα αυτόν.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, οι δασικές πυρκαγιές διοχετεύουν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες άνθρακα κατά την καύση και μετατρέπουν για πολλά χρόνια το δάσος από χοάνη διοξειδίου του άνθρακα σε πηγή. Η καταστολή των πυρκαγιών που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα (Swetnam et al. 1999) έχει ως αποτέλεσμα αφενός τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αφετέρου την αύξηση της πυκνότητας των δασών (Conington et al. 1994). Αυτός θεωρείται ότι είναι ένας βασικός λόγος που τα δάση των ΗΠΑ αποτέλεσαν σημαντική χοάνη άνθρακα κατά το διάστημα αυτό (Houghton 1999, Tilman et al. 2000), ενώ το ίδιο θεωρείται ότι συμβαίνει σε πολλές χώρες της εύκρατης ζώνης και στην Ελλάδα. Ωστόσο, η καταστολή αυτή, μαζί με την εγκατάλειψη της διαχείρισης των δασών, συνετέλεσε στη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων καύσιμης ύλης με αποτέλεσμα τα πυκνά δάση που έχουν προκύψει να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε καταστροφικές, μεγάλης έντασης πυρκαγιές. Αυτό φάνηκε καθαρά από τις πολλές, μεγάλες πυρκαγιές των τελευταίων ετών, όπως και στις πυρκαγιές της Πελοποννήσου το 2007.

Στην πραγματικότητα, η πολιτική καταστολής της πυρκαγιάς μπορεί να καθυστερήσει, αλλά δεν μπορεί να αποτρέψει την πυρκαγιά σε βάθος χρόνου (Jandl et al. 2007). Η καταστολή οδηγεί στη συσσώρευση βιομάζας, η οποία αυξάνει το ρίσκο καταστροφικών πυρκαγιών μεγάλης έντασης, οι οποίες προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες άνθρακα, όχι μόνο από τη βιομάζα και τον δασικό τάπητα, αλλά και από το έδαφος. Για το λόγο αυτόν, και υπό το πρίσμα των προβλεπόμενων κλιματικών αλλαγών που θα επιφέρουν μεγαλύτερη ξηρασία και περισσότερες ημέρες το χρόνο με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιάς (WWF Ελλάς

2009), δεν προτείνεται να εφαρμοστούν στα μεσογειακά δάση μέτρα που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της συγκέντρωσης άνθρακα στη βιομάζα (Nabuurs et al. 2008). Αντίθετα, θα πρέπει να εφαρμόζεται διαχείριση η οποία θα αποτρέψει τη συσσώρευση καύσιμης ύλης και θα στοχεύει στη δημιουργία πυρανθεκτικών δασών, μειώνοντας τον κίνδυνο μεγάλης έντασης πυρκαγιάς. Η πυροπροστασία δεν θα πρέπει να επικεντρώνεται στην καταστολή αλλά στην πρόληψη, με την κατάλληλη διαχείριση του δάσους και της καύσιμης ύλης.

Για τη μεγιστοποίηση της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα στα ελληνικά δάση προτείνεται η καλλιέργεια του δάσους με κατάλληλες αραιώσεις, ώστε να διατηρούνται υψηλοί ρυθμοί προσαύξησης (και επομένως δέσμευσης CO₂), χωρίς να αυξάνεται υπερβολικά η πυκνότητα της βιομάζας και ο κίνδυνος πυρκαγιάς, και χρήση της παραγόμενης βιομάζας (λήμμα) σε μακράς διάρκειας προϊόντα ξύλου ή/και ως βιοκαύσιμα. Στα μη παραγωγικά δάση, τα οποία βρίσκονται εκτός διαχείρισης και τα οποία είναι συνήθως και τα πιο εύφλεκτα (π.χ. πευκοδάση χαμηλών υψομέτρων, αείφυλλα πλατύφυλλα), θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα πρόληψης των πυρκαγιών που περιλαμβάνουν τη διαχείριση της καύσιμης ύλης. Η μετα-ανάλυση των Fulé et al. (2012) έδειξε ότι οι αραιώσεις και η ελεγχόμενη φωτιά αποκαθιστούν το φυσικό καθεστώς του φαινομένου (συχνότητα και ένταση), οδηγώντας σε χαμηλής έντασης και επιπτώσεων πυρκαγιές, ιδιαίτερα όταν αυτές οι δύο μέθοδοι συνδυάζονται. Στη βιβλιογραφία περιγράφονται διάφορα μέτρα για τη διαχείριση της καύσιμης ύλης, όπως η μείωσή της και αύξηση της ασυνέχειας αυτής (με μηχανικές επεμβάσεις, με χρήση ελεγχόμενης φωτιάς ή με βόσκηση), η επιλογή ή ευνόηση λιγότερων εύφλεκτων ειδών, η δημιουργία αντιπυρικών ζωνών ή ζωνών με λιγότερο εύφλεκτα είδη (π.χ. πλατύφυλλα ανάμεσα σε κωνοφόρα), οι κλαδεύσεις των δένδρων για τον περιορισμό των επικόρυφων πυρκαγιών κ.ά. (Graham et al. 2004, Agee and Skinner 2005). Η εξαγόμενη βιομάζα (ξύλο, υπολείμματα υλοτομιών, κλαδεύσεων και καθαρισμών) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοενέργειας, αντικαθιστώντας άλλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση της δασικής βιομάζας ως βιοκαυσίμου είναι μια ευοίωνη προοπτική για να προαχθεί η διαχείριση της καύσιμης ύλης και να μειωθούν οι δαπάνες των επεμβάσεων (Rigolot et al. 2009).

Η μετάβαση σε ένα καθεστώς σπανιότερων πυρκαγιών με μικρότερη ένταση αποτρέπει τις μεγάλες απώλειες άνθρακα από το οικοσύστημα, οι οποίες προκαλούνται από τις μεγάλης έντασης πυρκαγιές με την καύση, την οξειδωση, την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και τη διάβρωση του εδάφους.

Ανόρθωση πρεμνοφυών δασών

Από την άλλη πλευρά, ένα μεγάλο μέρος των δασών της Ελλάδας έχει σοβαρά προβλήματα στη δομή, στο ύψος και στην ποιοτική σύνθεση του ξυλαποθέματός του. Τα δάση αυτά μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερο άνθρακα τις επόμενες δεκαετίες και σε αυτές τις περιπτώσεις ενδείκνυται η καλλιέργεια και η εφαρμογή μέτρων ανόρθωσης και πύκνωσης των δασών.

Τα δρυοδάση, τα οποία αποτελούν σημαντικότερους σχηματισμούς στον Ελλαδικό χώρο, έχουν υποστεί έντονη υποβάθμιση, τόσο της δομής και της σύνθεσης, όσο και του εδάφους τους, ενώ συνεχίζουν στην πλειοψηφία τους να διαχειρίζονται πρεμνοφυώς (Τσιτσώνη 2003). Η πρεμνοφυής διαχείριση διατηρεί το ξυλαπόθεμα σε χαμηλά επίπεδα, η απόληψη του υλικού λεπτών διαστάσεων έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση σημαντικών ποσοτήτων ανόργανων συστατικών από το οικοσύστημα, ενώ οι αποψιλωτικές υλοτομίες και η περιοδική αποκάλυψη του εδάφους προκαλούν την απώλεια άνθρακα από το δασικό τάπητα και το έδαφος.

Η αναγωγή των πρεμνοφυών δασών σε σπερμωφή, πέραν όλων των άλλων λόγων που την επιβάλλουν, έχει πολύ μεγάλο δυναμικό δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα. Η αναγωγή δε με καλλιεργητικά μέτρα εκτιμάται ότι αποτελεί ένα πολύ αποδοτικό οικονομικά μέτρο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με τον Βέργο (2000), το 1/3 των δρυοδασών της χώρας (περίπου 400.000 εκτάρια), στις καλύτερες ποιότητες τόπου, μπορεί να τεθεί σε αναγωγή άμεσα και χωρίς μεγάλες δαπάνες, με την παράταση του περιόδου χρόνου και εφαρμόζοντας τα κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα (αναγωγικές αραιώσεις). Οι ετήσιες απορροφήσεις CO₂, στην περίπτωση που τεθούν οι εκτάσεις αυτές σε αναγωγή, είναι της τάξης των 2.000-3.000 Kt CO₂ yr⁻¹ για τα επόμενα 70-100 χρόνια, υπολογίζοντας τον άνθρακα που αποθηκεύεται μόνο στη βιομάζα του δάσους. Οι απορροφήσεις αυτές αντιστοιχούν στο 10% περίπου των ετήσιων εκπομπών από όλες τις χερσαίες, θαλάσσιες και εναέριες μεταφορές στην Ελλάδα.

Πέρα από την αύξηση των αποθεμάτων άνθρακα στη δασική βιομάζα, η αναγωγή αναστέλλει τις απώλειες άνθρακα από τα εδάφη, που προκαλούνται κατά την πρεμνοφυή διαχείριση και τις αποψιλωτικές υλοτομίες, και αυξάνει τα αποθέματα άνθρακα στο έδαφος και στο δασικό τάπητα. Ενώ ο άνθρακας στη βιομάζα ελέγχεται απευθείας με τη διαχείριση του δάσους, η διαχείριση του άνθρακα των εδαφών γίνεται έμμεσα μέσω της βλάστησης. Οι στρατηγικές μετριασμού που στοχεύουν τον εδαφικό άνθρακα είναι αποτελεσματικές γιατί, πέραν του γεγονότος της αύξησης των απο-

θεμάτων άνθρακα, επιπλέον ο άνθρακας αυξάνει την παραγωγικότητα του εδάφους, βελτιώνοντας τα χαρακτηριστικά του (π.χ. υδατοσυγκράτηση, διαθεσιμότητα θρεπτικών).

Μελέτες σε συστάδες δρυός στον Χολομώντα (Σμύρης κ.ά. 1999) και στα Κερδύλλια όρη (Θανάσης και Ζάγκας 2001) έδειξαν ότι οι αναγωγικές αραιώσεις επιδρούν θετικά στην αύξηση του όγκου. Επίσης, τα αποτελέσματα των αναγωγικών αραιώσεων σε ένα δάσος αριάς στη Χαλκιδική έδειξαν ότι βελτιώθηκε η ποιότητα και η οικολογική σταθερότητα των συστάδων και αυξήθηκε η αντοχή τους έναντι των πυρκαγιών (Hatzistathis et al. 1996, Zagas et al. 1998). Σε γενικές γραμμές, οι χειρισμοί που αφήνουν τα υπολείμματα των υλοτομιών στο δάσος, καθώς και οι επιλεκτικές υλοτομίες όπου διατηρείται η συνεχής κάλυψη του εδάφους, έχουν μικρότερες επιπτώσεις στην αναπνοή και στα αποθέματα του εδαφικού άνθρακα (Johnson and Curtis 2001). Αντίθετα, οι αποψιλωτικές υλοτομίες μετατρέπουν το δάσος από χοάνη σε πηγή άνθρακα για πολλά χρόνια (Law et al. 2001). Για το λόγο αυτόν, η ομάδα εργασίας της ΕΕ για τις δασικές χοάνες (ECCP 2003) πρότεινε ότι η δασοπονία συνεχούς κάλυψης με επιλεκτικές υλοτομίες μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέτρο για τη μείωση των εκπομπών εδαφικού άνθρακα, σε αντιδιαστολή με τις αποψιλωτικές υλοτομίες.

Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση ενός προγράμματος δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα στη δασοπονία θα πρέπει να συνεκτιμηθούν και οι τυχόν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτός των ορίων του προγράμματος, σε άλλες τοποθεσίες ή σε άλλους τομείς δραστηριότητας (leakages). Για παράδειγμα, η αναγωγή ενός πρεμνοφυούς δάσους με την αύξηση του περιόδου χρόνου θα αυξήσει τις απορροφήσεις και τα αποθέματα άνθρακα στο δάσος, αλλά θα μειώσει τις διαθέσιμες ποσότητες καυσόξυλου. Αν για την κάλυψη των αναγκών σε καυσόξυλα χρησιμοποιηθούν καυσόξυλα από κάποιο άλλο δάσος ή ορυκτά καύσιμα, θα δημιουργηθούν εκπομπές οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Δημιουργία νέων αποθεμάτων άνθρακα

Η εγκατάσταση και η ανάπτυξη ενός δάσους έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα στις αποθήκες της βιομάζας και της νεκρής οργανικής ύλης, και σε μικρότερο βαθμό και με πιο αργό ρυθμό στο έδαφος. Για αυτόν το λόγο, έχει προταθεί η επέκταση των δασών ως ένα σημαντικό μέτρο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Η εγκατάσταση ενός δάσους διακρίνεται σε αναδάσωση ή δάσωση, ανάλογα με την προηγούμενη χρήση/κάλυψη της γης. Η αναδάσωση λαμβάνει

χώρα σε υποβαθμισμένες δασικές εκτάσεις, όπου το δάσος έχει καταστραφεί ύστερα από κάποια διαταραχή ή λόγω μακροχρόνιων ανθρωπογενών πιέσεων. Αν και με τον όρο αναδάσωση συνήθως εννοείται η τεχνητή ελάνδρυνση του δάσους, σε κάποιες περιπτώσεις αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέσω της φυσικής αναγέννησης με την άρση των αιτιών της υποβάθμισης, εκεί όπου οι συνθήκες είναι κατάλληλες. Σύμφωνα με τον Βέργο (2000), στην Ελλάδα υπάρχουν 1.500.000 εκτάρια γυμνών και μερικώς δασοσκεπών εκτάσεων που είναι κατάλληλα για αναδάσωση. Η αναδάσωση των εκτάσεων αυτών, εκτός από τις προστατευτικές, υδρονομικές, κοινωνικές, οικονομικές και άλλες ωφέλειες, μπορεί να δεσμεύσει και να αποθηκεύσει σημαντικές ποσότητες άνθρακα και να συμβάλει στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Με τον όρο δάσωση εννοούμε την εγκατάσταση του δάσους σε μη δασικές εκτάσεις (π.χ. γεωργικές εκτάσεις, λατομεία), οι οποίες εποικίζονται για πρώτη φορά από δασική βλάστηση. Η δάσωση γίνεται είτε φυσικά, ύστερα από την εγκατάλειψη της προηγούμενης χρήσης και τη φυσική αναγέννηση του δάσους μέσω της οικολογικής διαδοχής, είτε τεχνητά, με σπορά ή φύτευση. Η συσσώρευση άνθρακα στη βιομάζα μετά τη δάσωση διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το δασικό είδος και τις τοπικές συνθήκες, και κυμαίνεται παγκοσμίως μεταξύ 1 και 35 t CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ (Richards and Stokes 2004). Στο έδαφος, σύμφωνα με την επισκόπηση των Post and Kwon (2000), η συγκέντρωση του άνθρακα μετά τη δάσωση γεωργικών εδαφών αυξάνει περίπου 0,3 t C ha⁻¹ yr⁻¹ κατά μέσο όρο (κυμαίνεται μεταξύ 0-3 t C ha⁻¹ yr⁻¹) για τις διάφορες κλιματικές ζώνες και συνθήκες. Η μετα-ανάλυση των Guo and Gifford (2002) έδειξε αύξηση στον εδαφικό άνθρακα κατά 18% σε γεωργικά εδάφη που δασώθηκαν τεχνητά, ενώ η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη (53%) στα γεωργικά εδάφη που δασώθηκαν φυσικά.

Κατά την πολύχρονη παρακολούθηση μιας φυτείας πεύκης στη Β. Καρολίνα των ΗΠΑ, όπου το δάσος ήταν σημαντική χοάνη άνθρακα, βρέθηκε ότι το 80% του εισερχόμενου άνθρακα αποθηκεύθηκε στη βιομάζα, κάποιο μέρος στο δασικό τάπητα, και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό παρέμεινε στο ανόργανο έδαφος (Richter et al. 1999). Η μελέτη έξι χρονοσειρών δασωμένων γεωργικών εκτάσεων στη βόρεια Ευρώπη έδειξε ότι στο έδαφος αποθηκεύεται από 0% μέχρι 30% του δεσμευμένου άνθρακα (Vesterdal et al. 2006). Οι διαθέσιμες μακροχρόνιες μελέτες δείχνουν ότι, σε γενικές γραμμές, τα αποθέματα άνθρακα στο ανόργανο έδαφος αυξάνονται με την αύξηση της ηλικίας του δάσους (Brown and Lugo 1990, Richter et al. 1999, Post and Kwon 2000, Guo and Gifford 2002, Paul et al. 2003, DeGryze et al. 2004).

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης στο έδαφος σχηματίζει πιο σταθερές αποθήκες άνθρακα. Οι αποθήκες αυτές μπορεί να χρειάζονται πολύ χρόνο να αναπτυχθούν, αλλά έχουν μεγάλη σημασία στην εξασφάλιση της διάρκειας αποθήκευσης του άνθρακα. Μελέτες στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική έδειξαν ότι η χρήση ενδημικών δασικών ειδών, το ριζικό σύστημα των οποίων καταλαμβάνει διαφορετικά τμήματα του εδαφικού προφίλ, μπορεί να αυξήσει τον άνθρακα στα υποβαθμισμένα εδάφη (Pretzch 2005, Jandl et al. 2007). Είδη με ριζικό σύστημα αποθηκεύουν άνθρακα στον οργανικό ορίζοντα, ενώ βαθύριζα είδη αποθηκεύουν άνθρακα βαθύτερα, στο ανόργανο έδαφος.

Πολλές χώρες ανέπτυξαν μεγάλα προγράμματα δάσωσης/αναδάσωσης κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι ΗΠΑ διαθέτουν επιδοτήσεις στους γεωργούς που ενδιαφέρονται να μετατρέψουν τις εκτάσεις τους σε δάση, και ένας από τους βασικούς στόχους των προγραμμάτων αυτών είναι ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής. Στην Ελλάδα, περίπου 33 Kha εντάχθηκαν στο μέτρο της δάσωσης γεωργικών γαιών κατά την περίοδο 1994-2006 (καν. 2080/1992 και 1257/1999). Υπολογίζεται ότι στις εκτάσεις αυτές απορροφώνται σήμερα και αποθηκεύονται στη βιομάζα του δάσους περίπου 350 Kt CO₂ ετησίως, απορροφήσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται, σύμφωνα με το άρθρ. 3.3 του Πρωτοκόλλου του Κιότο, στις προσπάθειες της χώρας για επίτευξη του εθνικού στόχου μετριασμού των εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου (Petsikos 2010). Άλλες μεσογειακές χώρες εκμεταλλεύτηκαν στο πολλαπλάσιο το μέτρο αυτό (Ισπανία: 1.023 Kha, Ιταλία: 543 Kha), με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των δασικών εκτάσεων και των απορροφήσεων διοξειδίου του άνθρακα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο Cannell (2003) εκτίμησε τη δυνατότητα συνεισφοράς των δασώσεων στον κύκλο άνθρακα βάσει των διαθέσιμων εκτάσεων, και κατέληξε ότι υπάρχει μια θεωρητική δυνατότητα απορρόφησης 2-4 Gt C yr⁻¹, μια ρεαλιστική δυνατότητα 1-2 Gt C yr⁻¹ και μια επιτεύξιμη δυνατότητα 0,2-1 Gt C yr⁻¹.

Χρήση προϊόντων ξύλου και βιοενέργειας

Η αύξηση στη χρήση προϊόντων ξύλου και βιοενέργειας από αειφορικά διαχειριζόμενα δάση συμβάλλει στο μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι υλοτομίες μειώνουν τα αποθέματα άνθρακα στο δάσος, ο περιεχόμενος στο λήμμα άνθρακας, όμως, δεν επιστρέφει κατευθείαν στην ατμόσφαιρα. Ένα μεγάλο μέρος αυτού αποθηκεύεται, για μικρότερο ή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, στα προϊόντα του ξύλου, τα οποία αποτελούν μια επιπλέον, εκτός οι-

κοσυστήματος, αποθήκη άνθρακα. Ο χρόνος παραμονής ποικίλει ανάλογα με τη χρήση, από μερικές εβδομάδες (π.χ. χαρτί) μέχρι δεκαετίες ή αιώνες (π.χ. κατασκευαστική ξυλεία, έπιπλα). Επίσης, μια άλλη πολύ σημαντική ωφέλεια της χρήσης προϊόντων ξύλου είναι ότι αντικαθιστούν άλλα κατασκευαστικά υλικά, όπως τσιμέντο, αλουμίνιο, πλαστικά κ.ά., η παραγωγή και η επεξεργασία των οποίων παράγουν μεγάλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Μέχρι πρόσφατα, η σημασία των προϊόντων ξύλου ως αποθηκών άνθρακα δεν είχε αναγνωριστεί στις διεθνείς προσπάθειες μετριασμού των εκπομπών και συνήθως δεν υπολογίζονταν στις απογραφές αερίων του θερμοκηπίου. Προς το παρόν, κατά την πρώτη περίοδο δέσμευσης του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η συνεισφορά της αποθήκης αυτής δεν προσμετράται κατά την αξιολόγηση των χωρών ως προς την επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών τους, ωστόσο, στη συνδιάσκεψη της UNFCCC στο Durban το 2011 αποφασίστηκε η προσμέτρησή της κατά τη δεύτερη περίοδο δέσμευσης.

Στην περίπτωση που η δασική βιομάζα χρησιμοποιείται για παραγωγή βιοενέργειας, είτε ως καυσόξυλο είτε ως άλλης μορφής βιοκαύσιμο, δεν αυξάνονται τα αποθέματα άνθρακα, αλλά μειώνονται οι εκπομπές από τον τομέα της ενέργειας, με την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων που θα χρησιμοποιούνταν σε διαφορετική περίπτωση. Τα δάση μπορούν να αποτελέσουν, άμεσα ή έμμεσα, τον προμηθευτή βιομάζας για βιοενέργεια – και πέρα από τα καυσόξυλα – χρησιμοποιώντας τα υπολείμματα των υλοτομιών, των καθαρισμών του δάσους, των βιομηχανικών ξύλου κ.λπ., εφόσον αυτό δεν έρχεται σε αντίθεση με άλλες πολιτικές (π.χ. προστασία της βιοποικιλότητας, διατήρηση των θρεπτικών του εδάφους). Επίσης, η χρήση της δασικής βιομάζας για βιοενέργεια μπορεί να μειώσει τις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, να βελτιώσει την ποιότητα του περιβάλλοντος και να προωθήσει την εγχώρια οικονομική ανάπτυξη υποστηρίζοντας τις αγροτικές οικονομίες.

Δάση και διεθνείς πολιτικές μετριασμού της κλιματικής αλλαγής

Το Υπουργικό Συμβούλιο για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση και την Κλιματική Αλλαγή που έγινε το 1989 στο Noordwijk της Ολλανδίας, κατέληξε σε μια κοινή δήλωση που υπέγραψαν 67 υπουργοί περιβάλλοντος, αποτελώντας έτσι την πρώτη διακρατική συμφωνία ειδικά για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Μεταξύ άλλων, πρό-

τεινε την αύξηση της παγκόσμιας δασικής κάλυψης και την αειφορική διαχείριση των δασών, με σκοπό το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Λίγα χρόνια αργότερα, υιοθετήθηκε η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (στη συνέχεια Σύμβαση UNFCCC, 1992). Η Σύμβαση έχει ως απώτερο στόχο τη «σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες». Το άρθρο 4 της Σύμβασης αναφέρεται στη δέσμευση όλων των Μερών της Σύμβασης να εφαρμόσουν μέτρα για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής που στοχεύουν στις εκπομπές από τις πηγές και τις απορροφήσεις από τις χοάνες. Ειδικά τα Μέρη του Παραρτήματος I της Σύμβασης (βιομηχανικά κράτη και κράτη με οικονομία σε μετάβαση) θα πρέπει να υιοθετήσουν πολιτικές και να λάβουν μέτρα ώστε να περιορίσουν τις ανθρωπογενείς εκπομπές και να προστατεύσουν και να μεγεθύνουν τις χοάνες και τις αποθήκες αερίων του θερμοκηπίου (άρθρο 4.2a). Ο στόχος για τη μείωση των εκπομπών μέχρι το 2000 στα επίπεδα του 1990 περιλαμβάνει, επίσης, εκπομπές και απορροφήσεις (άρθρο 4.2b), ωστόσο δεν περιγράφεται στη Σύμβαση πώς ακριβώς οι απορροφήσεις θα συμμετέχουν στο στόχο αυτόν.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο (το Πρωτόκολλο, στη συνέχεια) υιοθετήθηκε το 1997 στο πλαίσιο της Σύμβασης και συνιστά τη νομική δέσμευση των αναπτυγμένων κρατών να περιορίσουν, μεμονωμένα ή σε συνεργασία με άλλες χώρες, τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (συγκεκριμένα CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs και SF₆). Αποτελεί το πρώτο σημαντικό βήμα των εθνών του κόσμου να περιορίσουν τις εκπομπές τους, δημιουργώντας τη μεγαλύτερη και πιο φιλόδοξη περιβαλλοντική νομοθεσία μέχρι σήμερα.

Το Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου περιλαμβάνει τους ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού των εκπομπών για κάθε Μέρος του Παραρτήματος I κατά την 1η περίοδο δέσμευσης (2008-2012) σε σχέση με ένα προκαθορισμένο έτος βάσης (συνήθως το 1990). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία αποτελεί Συμβαλλόμενο Μέρος του Πρωτοκόλλου, δεσμεύτηκε για μείωση των εκπομπών κατά 8%, ενώ η Ελλάδα, στο ευρωπαϊκό πλαίσιο «κατανομής των βαρών», έχει δεσμευτεί να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% σε σχέση με το έτος βάσης. Τα Συμβαλλόμενα Μέρη καλούνται να μειώσουν τις εκπομπές τους από πέντε τομείς δραστηριότητας: ενέργεια, βιομηχανικές διεργασίες, χρήση διαλυτών και άλλων προϊόντων, γεωργία και απόβλητα.

Το άρθρο 3.3 του Πρωτοκόλλου ορίζει ότι στην αξιολόγηση των Μερών ως προς το στόχο μείωσης των εκπομπών θα προσμετρηθούν και οι εκπομπές και οι απορροφήσεις από τις δραστηριότητες Δάσωση, Αναδάσωση και Αποδάσωση που έλαβαν χώρα από το 1990 και μετά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στα Μέρη να αυξήσουν τις δασώσεις/αναδασώσεις και να μειώσουν τις αποδασώσεις για την επίτευξη του στόχου τους. Το άρθρο 3.4 ορίζει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εθελοντική βάση και άλλες δραστηριότητες από τον τομέα των χρήσεων γης και της δασοπονίας, οι οποίες δεν ορίζονται από το Πρωτόκολλο αλλά θα αποφασισθούν στη συνέχεια από τη Σύνοδο των Συμβαλλόμενων Μερών.

Επιφυλάξεις για τη χρήση μέτρων στον δασικό τομέα

Ενώ η προστασία των χερσαίων αποθεμάτων άνθρακα και η μείωση των εκπομπών από τις αποδασώσεις αναγνωρίζονται ευρέως ως απαραίτητες για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, η ένταξη στο Πρωτόκολλο του Κιότο δράσεων στη δασοπονία για την αύξηση των απορροφήσεων εγείρει αντιρρήσεις και αποτέλεσε και αποτελεί σημείο έντονης αντιπαράθεσης στις διεθνείς διαπραγματεύσεις για τις πολιτικές αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Πολλά κράτη, εμπειρογνώμονες και μη κυβερνητικές οργανώσεις, εξέφρασαν από νωρίς τις επιφυλάξεις τους ότι κάποιες επιλογές μπορεί να αποδειχθεί ότι δεν συντελούν στην καθαρή αύξηση των απορροφήσεων και, τελικά, υπονομούν τις προσπάθειες μείωσης των εκπομπών από την πηγή τους.

Οι Sanz et al. (2004) περιγράφουν τις επιφυλάξεις που έχουν εκφραστεί, οι οποίες υπήρξαν κομβικές στις διαπραγματεύσεις για τη συμμετοχή των δασών στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Καθώς η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αγγίζει το σύστημα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, προτάθηκε, αντί αυτού, η αύξηση των απορροφήσεων διοξειδίου του άνθρακα από τα δάση. Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα των μέτρων αποθήκευσης άνθρακα στη βιομάζα και στο έδαφος των δασών είναι η μη μονιμότητά τους (non-permanence), αφού ο άνθρακας αυτός μπορεί να διοχετευθεί μελλοντικά πάλι στην ατμόσφαιρα αν το δάσος καταστραφεί. Με τη χρήση των μέτρων αυτών, στην ουσία επιτρέπεται ορυκτός άνθρακας, μόνιμα αποθηκευμένος στο υπέδαφος, να μεταφερθεί σε ασταθείς βιολογικές αποθήκες και να εισέλθει στον δυναμικό κύκλο του άνθρακα.

Για το λόγο αυτόν, και παρά τα λοιπά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη που έχουν οι δράσεις στη δασοπονία, για το σκοπό της αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου η αποφυγή εκπομπής ενός τόνου άνθρακα είναι ασφαλέστερη και, επομένως, προτιμότερη από τη δημιουργία μιας ασταθούς αποθήκης ενός τόνου άνθρακα στο δάσος. Οι χερσαίες χοάνες είναι σημαντικές αλλά προσωρινές αποθήκες άνθρακα, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν πολύτιμο χρόνο για τη μείωση των εκπομπών, αλλά δεν μπορούν να αποτελέσουν μόνιμες αντισταθμίσεις των εκπομπών. Η ένταξη της διάστασης της προστασίας των υφιστάμενων αποθεμάτων άνθρακα των δασών και της επαύξησης της δυναμικότητας της χερσαίας χοάνης άνθρακα στη διαχειριστική πρακτική και στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής είναι απαραίτητη. Ωστόσο, μέτρα αύξησης των απορροφήσεων από δράσεις δάσωσης και διαχείρισης δασών θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως επικουρικά και επιπρόσθετα, και δεν θα πρέπει να αποσπάσουν οικονομικούς ή πολιτικούς πόρους από οριστικές λύσεις μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την πηγή τους.

Πολλοί εξέφρασαν, επίσης, τη σοβαρή επιφυλάξη ότι οι εγγενείς επιστημονικοί και τεχνικοί περιορισμοί στην εκτίμηση και την επαλήθευση του μεγέθους των απορροφήσεων άνθρακα, μπορεί να προκαλέσουν ισχυρισμούς από κάποιες χώρες για μεγεθυμένες απορροφήσεις (Sanz et al. 2004), ενώ ο Victor (2001) αναφέρει ότι οι δασικές χοάνες προσφέρουν τεράστιες δυνατότητες στις κυβερνήσεις για «μαγείρεμα των στοιχείων». Επίσης, αν δεν προσμετρηθούν μόνο οι άμεσα ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως ορίζει το Πρωτόκολλο, υπάρχει ο κίνδυνος μέρος της δασικής χοάνης που έχει αναπτυχθεί φυσικά ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής και της ανθρωπογενούς δραστηριότητας (π.χ. από τη λίπανση CO₂ και N) να προσμετρηθεί ως μέρος των δράσεων που αναπτύχθηκαν για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Ο διαχωρισμός μεταξύ των φυσικών φαινομένων και των ανθρώπινων δράσεων παραμένει ένα από τα πιο δύσκολα θέματα στο διάλογο για τις χοάνες (Schlamadinger et al. 2007).

Σημαντικές επιφυλάξεις διατυπώθηκαν επίσης σχετικά με τη συμμετοχή της Δασοπονίας στους Ευέλικτους Μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου και την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων δημιουργίας αντισταθμίσεων άνθρακα (carbon offsets) από το δασικό τομέα, για χρήση είτε στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου ή άλλων σχημάτων εμπορίας άνθρακα, είτε στην εθελοντική αγορά άνθρακα². Για

² Τα προγράμματα αυτά εφαρμόζονται σε αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες δεν έχουν υποχρεώσεις μείωσης ή περιορισμού των εκπομπών, και η απογραφή εκπομπών και απορροφήσεων γίνεται σε επίπεδο προγράμματος.

την επιτυχία των προγραμμάτων αυτών σημαντική είναι η εξασφάλιση ότι η δέσμευση και η αποθήκευση άνθρακα είναι επιπρόσθετη αυτής που θα υπήρχε χωρίς την εφαρμογή του προγράμματος (additionality) και ότι η αύξηση των αποθεμάτων άνθρακα που επιτυγχάνει ένα πρόγραμμα δεν θα προκαλέσει τη μείωση των αποθεμάτων κάπου αλλού (leakages).

Κανονιστικό πλαίσιο για τη συμμετοχή των LULUCF στο Πρωτόκολλο

Στην αντιπαράθεση σχετικά με τη συμμετοχή της δασοπονίας στις πολιτικές μετριασμού, μεγάλη σημασία για την αποτελεσματικότητα των μέτρων έχει το κανονιστικό πλαίσιο για το σύστημα προσμέτρησης που θα εφαρμοστεί (για τον έλεγχο της συμμόρφωσης σε σχέση με τους ποσοτικούς στόχους μείωσης ή περιορισμού των εκπομπών). Καθώς οι στόχοι μείωσης των εκπομπών του Πρωτοκόλλου είχαν τεθεί πριν αποφασισθεί πώς και σε ποιο βαθμό οι δραστηριότητες από τον τομέα των χρήσεων γης και δασοπονίας (και κυρίως η διαχείριση δασών) θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη των στόχων, καθώς και λόγω των ιδιαιτεροτήτων και αβεβαιοτήτων που συνδέονται με τον τομέα αυτό, την υιοθέτηση του Πρωτοκόλλου ακολούθησε μια περίοδος έντονων διαπραγματεύσεων, η οποία οδήγησε τελικά σε ένα πολύπλοκο σύστημα προσμέτρησης για τις LULUCF (Fry 2002, Schulze et al. 2002, Schlamadinger et al. 2007). Η γλώσσα δε που χρησιμοποιείται για τις LULUCF έχει χαρακτηριστεί ως «περίτλοκη, δυσνόητη και απρόσιτη» (Yamin 1998), ενώ η Γραμματεία της Σύμβασης προειδοποίησε ότι η ορολογία σχετικά με τις χοάνες μπορεί να προκαλέσει σύγχυση, και για το λόγο αυτόν η ακρίβεια στη χρήση της είναι πολύ σημαντική. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή ανέλαβε να συγκεντρώσει την απαραίτητη επιστημονική και τεχνική πληροφόρηση για το θέμα των Χρήσεων Γης, των Αλλαγών Χρήσεων Γης και της Δασοπονίας σε μια Ειδική Αναφορά (Special Report on LULUCF, IPCC, 2000).

Μετά το ναυάγιο των διαπραγματεύσεων στη Χάγη (COP6, 2000), το κανονιστικό πλαίσιο για τη συμμετοχή και την προσμέτρηση των LULUCF αποφασίστηκε με τις συμφωνίες της Βόννης (COP6bis, 2001) και του Μαρακές (COP7, 2001). Η απόφαση 11/CP.7 καθόρισε τις δραστηριότητες που θα συμμετέχουν, τους ορισμούς αυτών, και τον τρόπο και τους κανόνες προσμέτρησης, προσπαθώντας να συμβιβάσει τις διαφορετικές αντιλήψεις και να εξασφαλίσει την περιβαλλοντική

ακεραιότητα του Πρωτοκόλλου. Οι δραστηριότητες που αποφασίστηκε να είναι επιλέξιμες στο πλαίσιο του άρθρου 3.4 για την πρώτη περίοδο δέσμευσης είναι: α) η διαχείριση δασών, β) η διαχείριση καλλιιεργειών, γ) η διαχείριση βοσκοτόπων και δ) η επαναβλάστηση. Η Ελλάδα, όπως και τα περισσότερα Μέρη του Παραρτήματος I, επέλεξε μόνο τη Διαχείριση Δασών. Καθώς ο διαχωρισμός μεταξύ άμεσης και έμμεσης ανθρωπογενούς επίδρασης στην αύξηση των δασών είναι πολύ δύσκολος και δεν υπάρχει γενικά αποδεκτή μεθοδολογία για να επιτευχθεί αυτός, αλλά και για την κάλυψη των υπόλοιπων επιφυλάξεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, η απόφαση προβλέπει ένα ανώτατο όριο (cap) στο ποσό που μπορεί να προσμετρήσει κάθε Μέρος από τη δραστηριότητα της Δασικής Διαχείρισης. Το όριο αυτό είναι το 15% περίπου των προηγούμενως αναφερόμενων απορροφήσεων κάθε χώρας, και για την Ελλάδα ορίστηκε σε 330 kt CO₂ για κάθε έτος της περιόδου δέσμευσης. Το όριο αυτό περιλαμβάνει επίσης απορροφήσεις από προγράμματα δάσωσης και αναδάσωσης που εφαρμόζονται από κοινού με άλλα Μέρη του Παραρτήματος I (υπό το μηχανισμό της «από κοινού εφαρμογής», joint implementation).

Για την προσμέτρηση των δραστηριοτήτων του άρθρου 3.3 και της Διαχείρισης Δασών δεν γίνεται σύγκριση των καθαρών εκπομπών/απορροφήσεων κατά την περίοδο δέσμευσης με αυτές του έτους βάσης (net-net accounting), όπως ισχύει για τους υπόλοιπους τομείς δραστηριότητας και για τις υπόλοιπες δραστηριότητες του άρθρου 3.4, αλλά προσμετράται η αλλαγή στα αποθέματα άνθρακα και οι εκπομπές άλλων αερίων του θερμοκηπίου³ κατά τη διάρκεια της περιόδου δέσμευσης (gross-net accounting). Αν οι δραστηριότητες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα καθαρές απορροφήσεις, τα Μέρη εκδίδουν, ύστερα από έλεγχο και επαλήθευση από τις Ελεγκτικές Ομάδες Εμπειρογνομόνων, «μονάδες απορρόφησης» (removal units, RMUs). Σε περίπτωση που οι δραστηριότητες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα Μέρη ακυρώνουν αντίστοιχες μονάδες (πιστώσεις άνθρακα).

Στο πλαίσιο του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης, μόνο οι δράσεις Δάσωσης/Αναδάσωσης είναι επιλέξιμες, ενώ οι πιστώσεις που μπορεί ένα Μέρος να αποκτήσει από τέτοια προγράμματα περιορίζεται στο 1% των εκπομπών του έτους βάσης. Οι πιστώσεις αυτές έχουν περιορισμένη χρονική διάρκεια, με τη λήξη της οποίας πρέπει να αντικα-

³ Εννοούνται τα λοιπά αέρια του θερμοκηπίου εκτός του CO₂ (non - CO₂ GHG).

τασταθούν (temporary CERs και long-term CERs). Με τον τρόπο αυτόν αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της μη μονιμότητας και της πιθανής μελλοντικής εκπομπής του δεσμευμένου άνθρακα. Στα Μέρη του Παραρτήματος Ι, οι επιφυλάξεις, όσον αφορά τη μονιμότητα των αποθηκών, αντιμετωπίζονται με την ετήσια απογραφή αερίων του θερμοκηπίου.

Απογραφές αερίων του θερμοκηπίου και LULUCF

Η Σύμβαση απαιτεί από τα Συμβαλλόμενα Μέρη να υποβάλλουν ετήσιες εθνικές απογραφές ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές και απορροφήσεων από χόανες αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και περιοδικές εθνικές αναφορές για την εφαρμογή της Σύμβασης. Οι ετήσιες απογραφές αερίων του θερμοκηπίου είναι ένα απαραίτητο εργαλείο στη χάραξη και εφαρμογή πολιτικών μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη των εκπομπών αναφορικά με ένα προεπιλεγμένο έτος βάσης, ενώ επίσης συνεισφέρουν στη διαδικασία λήψης πολιτικών και μέτρων μείωσης των εκπομπών, καθώς και στην παρακολούθηση των αποτελεσμάτων των μέτρων αυτών. Το Πρωτόκολλο ορίζει ότι όλα τα Συμβαλλόμενα Μέρη της Σύμβασης που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης θα πρέπει να αναπτύξουν ένα Εθνικό Σύστημα (National System) για την απογραφή των εκπομπών και απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει όλες τις θεσμικές, νομοθετικές και διαδικαστικές ρυθμίσεις που εφαρμόζονται σε ένα Συμβαλλόμενο Μέρος για την εκτίμηση εκπομπών και απορροφήσεων των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και για την αναφορά και αρχειοθέτηση των πληροφοριών σχετικά με τις ετήσιες απογραφές εκπομπών και απορροφήσεων.

Οι βασικές αρχές εκπόνησης και σύνταξης των εθνικών απογραφών εκπομπών/απορροφήσεων ανά πηγή/χόανη για τις χώρες του Παραρτήματος Ι της Σύμβασης, καθορίζονται από τις σχετικές αποφάσεις της Συνόδου των Συμβαλλομένων Μερών (αποφάσεις 3/CP.5, 22/CP.7, 18/CP.8, 15/CP.10, 14/CP.11 και 6/CMP.3). Στις αποφάσεις αυτές ορίζεται ότι ο υπολογισμός των εκπομπών/απορροφήσεων θα πρέπει να γίνεται με συγκρίσιμες μεθοδολογίες, οι οποίες περιγράφονται: α) στις Αναθεωρημένες Κατευθυντήριες Οδηγίες της IPCC για τις Εθνικές Απογραφές Αερίων του Θερμοκηπίου (IPCC 1997), β) στον Οδηγό Βέλτιστων Πρακτικών και Διαχείρισης Αβεβαιοτήτων για τις Εθνικές Απογραφές Αερίων του Θερμοκηπίου (IPCC 2000) και γ) στον Οδηγό Βέλτιστων Πρακτικών για τις Χρήσεις Γης, Αλλαγές Χρήσεων Γης

και Δασοπονία (IPCC 2003). Για την απογραφή υπό τη Σύμβαση ορίζονται έξι γενικές κατηγορίες χρήσεων γης (Δασικές εκτάσεις, Γεωργικές εκτάσεις, Χορτολιβάδα, Υγρότοποι, Οικισμοί και Άλλες εκτάσεις), για τις οποίες θα πρέπει να υπολογίζονται και να αναφέρονται οι αλλαγές στα αποθέματα σε πέντε αποθήκες άνθρακα (υπέργεια βιομάζα, υπόγεια βιομάζα, νεκρό ξύλο, φυλλάδα και εδαφική οργανική ουσία) και οι εκπομπές άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Αντικείμενο, δηλαδή, της απογραφής είναι η εκτίμηση και η παρακολούθηση της καθαρής παραγωγικότητας (NBP – όπως αναλύεται παραπάνω) σε όλη την επικράτεια της χώρας, από το 1990 μέχρι σήμερα.

Καθώς στην προσμέτρηση δεν συμμετέχει όλος ο τομέας των LULUCF αλλά μόνο οι δραστηριότητες των άρθρων 3.3 και 3.4, τα Μέρη που έχουν επικυρώσει το Πρωτόκολλο πρέπει, από το 2010 και μετά, να περιλαμβάνουν στην απογραφή τους συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές και απορροφήσεις από τις δραστηριότητες αυτές. Η αναφορά στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου αποτελεί τμήμα της απογραφής στο πλαίσιο της Σύμβασης, ωστόσο οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί είναι υψηλότερες (ανώτερες μέθοδοι υπολογισμού, αναφορά σε μεγαλύτερη χωρική κλίμακα κ.λπ.). Οι απογραφές αυτές υφίστανται ετήσιους ελέγχους από τις Ελεγκτικές Ομάδες Εμπειρογνομόνων, σύμφωνα με τις διαδικασίες του άρθρου 8 του Πρωτοκόλλου και τις σχετικές αποφάσεις της Συνόδου, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ορθότητα και η διαφάνεια των χρησιμοποιούμενων μεθόδων και η πληρότητα και ακρίβεια των εκτιμήσεων.

Η ελληνική απογραφή για τις LULUCF

Η πρώτη προσπάθεια εκτίμησης των εκπομπών και απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα «Χρήσεις Γης, Αλλαγές Χρήσεων Γης και Δασοπονία» στην Ελλάδα έγινε στην απογραφή του 2005 (Petsikos 2005). Σε αυτήν εκτιμήθηκαν οι ετήσιες εκπομπές και απορροφήσεις διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου από την προσαύξηση των δασών, τις πυρκαγιές, τις υλοτομίες, τις δασώσεις και τις γεωργικές εκτάσεις. Το 2010 η απογραφή αυτή βελτιώθηκε και συμπληρώθηκε, έτσι ώστε να καλυφθούν οι αυξημένες υποχρεώσεις αναφοράς για το Πρωτόκολλο. Η μεθοδολογία για την εκτίμηση των εκπομπών και απορροφήσεων από τα δάση άλλαξε, από τη μέθοδο των ροών στη μέθοδο της αλλαγής των αποθεμάτων άνθρακα, η οποία εφαρμόστηκε στα πρωτογενή δεδομένα των διαχειριστικών μελετών των δασών της χώρας. Οι εκτιμήσεις εκπομπών και απορροφήσεων έγιναν σε επίπεδο νομού – όπως ορίζεται για την αναφορά υπό το Πρωτό-

κόλλο του Κιότο – και συμπληρώθηκαν με στοιχεία για τις αποδασώσεις και τις αλλαγές χρήσεων γης. Ο τομέας των LULUCF εκτιμήθηκε ότι απορροφά περίπου 2,2-3,3 Mt CO₂ eq το χρόνο, για την περίοδο 1990-2010, το οποίο αντιστοιχεί στο 2-3% περίπου των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών της Ελλάδας. Η χοάνη αυτή οφείλεται κατά 2/3 περίπου στον δασικό τομέα και στην αύξηση της βιομάζας των δασών, και κατά 1/3 περίπου στον γεωργικό τομέα και στην αύξηση των δενδρωδών καλλιεργειών (Petsikos 2012).

Οι εκτιμήσεις των εκπομπών και απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου υπόκεινται σε τυχαία και συστηματικά σφάλματα, που δεν μπορούν πάντα να ποσοτικοποιηθούν. Η αβεβαιότητα των εκτιμήσεων για τις συνολικές εκπομπές/απορροφήσεις για τον τομέα αυτόν υπολογίστηκε σε 59%⁴ για την απογραφή του 2005 και σε 29% για την απογραφή του 2010. Ωστόσο, η πραγματική αβεβαιότητα είναι μεγαλύτερη, καθώς στις εκτιμήσεις αυτές υπολογίστηκαν τα σφάλματα των πρωτογενών δεδομένων (π.χ. ξυλαπόθεμα, καμένες εκτάσεις) και των συντελεστών μετατροπής των πρωτογενών δεδομένων στις ζητούμενες ποσότητες (π.χ. ξυλαπόθεμα σε άνθρακα), αλλά όχι τα σφάλματα που εισάγονται από τις παραδοχές που έγιναν και τις κατηγορίες που δεν εκτιμήθηκαν (π.χ. απώλειες άνθρακα από την υποβάθμιση των δασών, αποθήκευση άνθρακα από φυσικές δασώσεις σε εγκαταλελειμμένες εκτάσεις κ.ά.).

Το σχέδιο βελτίωσης της απογραφής αερίων του θερμοκηπίου έχει ως σκοπό την κάλυψη των κενών και τη μείωση των αβεβαιοτήτων των εκτιμήσεων, και βασίζεται στην Ανάλυση Βασικών Κατηγοριών, μια διαδικασία θέσπισης προτεραιοτήτων με σκοπό την αποτελεσματικότερη βελτίωση

της απογραφής. Οι απογραφές αερίων του θερμοκηπίου για τις LULUCF βασίζονται σε στοιχεία από τις Εθνικές Απογραφές Δασών (ΕΑΔ) (Löwe et al. 2000). Την τελευταία δεκαετία οι περισσότερες χώρες τροποποίησαν και συμπλήρωσαν τις προδιαγραφές των ΕΑΔ (π.χ. κατάλληλη χρονική κάλυψη, παρακολούθηση όλων των αποθηκών άνθρακα κ.λπ.), έτσι ώστε να βελτιώσουν την πληρότητα της απογραφής αερίων του θερμοκηπίου για τις LULUCF, να μειώσουν τις αβεβαιότητες των εκτιμώμενων μεγεθών και να καλύψουν τις υποχρεώσεις αναφοράς. Στην Ελλάδα, όπου δεν λειτουργεί σύστημα ΕΑΔ, για την απογραφή του 2005 χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της 1ης ΕΑΔ για την προσαύξηση των δασών και ετήσια στατιστικά στοιχεία για τις υλοτομίες και τις πυρκαγιές, τα οποία υπήρχαν συγκεντρωμένα στην κεντρική διοίκηση. Για την απογραφή του 2010, καθώς οι απαιτήσεις αναφοράς έγιναν αυστηρότερες, συγκεντρώθηκαν στοιχεία που δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα, αλλά υπήρχαν στη διοίκηση (π.χ. για τις αλλαγές χρήσεων γης και τα διαχειριζόμενα δάση). Για να μπορέσουμε, ωστόσο, να έχουμε μια καλή εκτίμηση του ισοζυγίου του άνθρακα στον ελλαδικό χώρο και να καλυφθούν τα σημαντικά κενά της απογραφής, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύστημα παρακολούθησης των δασών στο πλαίσιο μιας σύγχρονης και διευρυμένης Εθνικής Απογραφής Δασών, η οποία πέρα από τα κλασικά στοιχεία καταγραφής (έκταση, σύνθεση, ξυλαπόθεμα κ.λπ.), θα πρέπει να επεκταθεί και να καλύπτει τις σύγχρονες ανάγκες παρακολούθησης των δασών (αποθέματα άνθρακα σε όλες τις αποθήκες, αλλαγές χρήσεων γης, υγεία των δασών και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, εδάφη και ερημοποίηση).

⁴ Για διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Λεξιλόγιο – Βασικοί Όροι

LULUCF, Land Use, Land use Change and Forestry. Τομέας δραστηριότητας και κατηγορία της απογραφής αερίων του θερμοκηπίου που περιλαμβάνει τις εκπομπές και απορροφήσεις που προέρχονται από τις χρήσεις της γης, τις αλλαγές χρήσεων γης και τη δασοπονία. Όρος που χρησιμοποιείται από το 2000 και συμπλήρωσε και αντικατέστησε τον όρο Land Use Changes and Forestry. Οι εκπομπές από την κτηνοτροφία και τα αγροτικά λιπάσματα απογράφονται στον τομέα της Γεωργίας, ενώ οι αλλαγές στα αποθέματα άνθρακα στη βιομάζα και τα εδάφη των γεωργικών εκτάσεων στον τομέα των LULUCF. Στο μέλλον, οι δύο αυτοί τομείς θα συγχωνευθούν σε Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU).

Afforestation/Reforestation: Δάσωση/Αναδάσωση. Για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, ως Δάσωση/Αναδάσωση ορίζεται η άμεσα ανθρωπογενής μετατροπή μη δασικής γης σε δασική, μέσω φύτευσης, σποράς και/ή ανθρωπογενούς προώθησης της φυσικής αναγέννησης. Η διαφορά των δύο όρων έγκειται μόνο στο χρονικό διάστημα της προηγούμενης χρήσης, και για αυτό συνήθως οι δύο όροι αναφέρονται μαζί. Η Δάσωση λαμβάνει χώρα σε εδάφη όπου δεν υπήρχε δάσος για τουλάχιστον 50 χρόνια, ενώ η Αναδάσωση σε εδάφη που δεν ήταν δάσος στις 31 Δεκεμβρίου 1989. Κατά τη χρήση των ορισμών αυτών στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου δεν θα πρέπει να υπάρχει σύγχυση με τους ορισμούς που χρησιμοποιούνται στη δασική πράξη ή τη νομοθεσία.

Mitigation: Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής. Δράση για τη μείωση των εκπομπών ή την αύξηση των απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου. Αναφέρεται και ως μετριασμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ή μετριασμός της αύξησης της συγκέντρωσης των αερίων αυτών στην ατμόσφαιρα.

Adaptation: Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Δράση για τη μείωση της ευπάθειας και την αύξηση της ανθεκτικότητας των φυσικών ή των ανθρωπίνων συστημάτων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Ο μετριασμός αφορά τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής, ενώ η προσαρμογή αφορά τις επιπτώσεις της.

CO₂ Emissions: Εκπομπές CO₂ από μια αποθήκη προς την ατμόσφαιρα (π.χ. από καύσεις ορυκτών πόρων, την αναπνοή των φυτών, πυρκαγιές).

CO₂ Removals: Απορροφήσεις CO₂ από την ατμόσφαιρα, που πραγματοποιούνται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης.

Carbon Pool (C reservoir): Αποθήκη άνθρακα. Ένα σύστημα το οποίο έχει τη δυνατότητα να συσσωρεύει αλλά και να απελευθερώνει άνθρακα, π.χ. η δασική βιομάζα, το έδαφος, τα προϊόντα ξύλου, η ατμόσφαιρα.

Carbon Stock: Απόθεμα άνθρακα. Η ποσότητα άνθρακα που βρίσκεται σε μια αποθήκη σε μια χρονική στιγμή. Μονάδα μέτρησης είναι η μάζα (π.χ. t C).

Carbon Flux: Ροή άνθρακα. Η μεταφορά άνθρακα από μια αποθήκη σε μια άλλη, μετρούμενη συνήθως ως μάζα ανά μονάδα επιφανείας και χρόνου (π.χ. t C ha⁻¹ y⁻¹).

Sink: Χοάνη. Μια αποθήκη λειτουργεί ως χοάνη ατμοσφαιρικού άνθρακα, σε μια χρονική περίοδο, όταν ο άνθρακας που εισέρχεται σε αυτήν είναι περισσότερος από αυτόν που εξέρχεται. Οι κύριες φυσικές χοάνες είναι οι ωκεανοί και τα δάση.

Source: Πηγή. Το αντίθετο της χοάνης. Μια αποθήκη είναι πηγή άνθρακα προς την ατμόσφαιρα όταν ο άνθρακας που εισέρχεται είναι λιγότερος από αυτόν που εξέρχεται. Ένα δάσος μπορεί να λειτουργεί ως χοάνη (π.χ. τυπικά όταν αυξάνεται) ή ως πηγή (π.χ. όταν υποβαθμίζεται ή καίγεται).

Carbon sequestration: Δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα. Η διαδικασία κατά την οποία μια χοάνη άνθρακα απορροφά και αποθηκεύει διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Συνήθως, γίνεται λόγος για forest sequestration, για δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα, δηλαδή, στη βιομάζα και στο έδαφος των δασικών οικοσυστημάτων μέσω της φωτοσύνθεσης.

Carbon offset: Αντιστάθμιση άνθρακα. Είναι η μείωση των εκπομπών ή η αύξηση των απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου με σκοπό την αντιστάθμιση των εκπομπών από κάπου αλλού. Μετριέται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ eq).

Carbon neutral: Ανθρακικά ουδέτερο. Στην περίπτωση που μια αποθήκη άνθρακα δεν αυξάνεται ούτε μειώνεται, οι εισροές δηλαδή είναι ίσες με τις εκροές, τότε χαρακτηρίζεται ως ανθρακικά ουδέτερο. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται, επίσης, για να χαρακτηρίσει ότι ένα προϊόν ή μια ρυπογόνος διαδικασία έχουν μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα.

Accounting: Προσμέτρηση. Η ποσοτική αξιολόγηση της συμμόρφωσης των Μερών που επικύρωσαν το Πρωτόκολλο του Κιότο σε σχέση με τους στόχους μείωσης ή περιορισμού των εκπομπών τους, η οποία γίνεται με την έκδοση ή την ακύρωση πιστώσεων άνθρακα.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Βέργος, Στ. 2000. Σημειώσεις Μαθημάτων Δασοκομικής ΙΙ (Εφαρμοσμένη Δασοκομική). Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Τμήμα Δασοπονίας. Καρδίτσα.

Θανάσης, Γ.Α., και Θ.Δ. Ζάγκας. 2001. Συμβολή της αναγωγής των δρυοδασών της ανατολικής πλευράς των Κερδυλλίων ορέων στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της ευρύτερης περιοχής. Σελ. 609-619 στο Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Προστασία φυσικού περιβάλλοντος και αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών». Κοζάνη, 17-20 Οκτωβρίου 2000. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Regato, P. 2010. Τα Μεσογειακά Δάση απέναντι στην Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή (Μτφ. Χ. Πέτοικος, και Χ. Ζωγράφου). WWF Ελλάς, Αθήνα.

Σμύρης, Π., Μ. Ασλανίδου, και Η. Μήλιος. 1999. Αραιώσεις δρυός (*Quercus conferta*) στο Χολομώντα Χαλκιδικής. Σελ. 416-424 στο Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Σύγχρονα προβλήματα Δασοπονίας». Αλεξανδρούπολη, 6-8 Οκτωβρίου 1999. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Τσιτσώνη, Θ. 2003. Δασοκομική έρευνα των δρυοδασών στη Βόρεια Ελλάδα. Χωρίς σελίδες στο Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Πολιτική - Πρεμνοφυή Δάση - Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος». Αρχαία Ολυμπία, 1-3 Οκτωβρίου 2003. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

WWF Ελλάς. 2009. Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά τα άμεσο μέλλον. Αθήνα.

WWF Ελλάς, και ΑΠΘ. 2011. Πανελλαδική χαρτογράφηση των καλύψεων γης και των αλλαγών τους την περίοδο 1987-2007. Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Adam, D. 27/1/2005. Oil firms fund climate change denial. London: Guardian <http://www.guardian.co.uk/world/2005/jan/27/environment.science>, Accessed on March 2012.

Agee, J., and C. Skinner. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management* 211:83-96.

Andreae, M.O., P. Artaxo, C. Brandão, F.E. Carswell, P. Ciccioli, A.L. da Costa, A.D. Culf, J.L. Esteves, J.H.C. Gash, J. Grace, P. Kabat, J. Lelieveld, Y. Malhi, A.O. Manzi, F.X. Meixner, A.D. Nobre,

C. Nobre, M.d.L.P. Ruivo, M.A. Silva-Dias, P. Stefani, R. Valentini, J. von Jouanne, and M.J. Waterloo. 2002. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACHE experiments. *Journal of Geophysical Research* 107, 8066, doi:10.1029/2001JD000524, 2002.

Arrhenius, S. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (fifth series) 41: 237-275.

Asshoff, R., G. Zotz, and C. Körner. 2006. Growth and phenology of mature temperate forest trees in elevated CO₂. *Global Change Biology* 12:1-14.

Auclair, A.N.D., and T.B. Carter. 1993. Forest wildfires as a recent source of CO₂ at northern latitudes. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 1528-1536.

Ban-Weiss, G.A., L. Cao, G. Bala, and K. Caldeira. 2011. Dependence of climate forcing and response on the altitude of black carbon aerosols. *Climate Dynamics* doi: 10.1007/s00382-011-1052-y.

Bellassen, V., N. Viovy, S. Luyssaert, G. Le Maire, M. Schelhaas, and P. Ciais. 2011. Reconstruction and attribution of the carbon sink of European forests between 1950 and 2000. *Global Change Biology* 17:3274-3292.

Binkley, D., J.L. Stape, M.G. Ryan, H.R. Barnard, and J. Fownes. 2002. Age-related decline in forest ecosystem growth: an individual tree, stand-structure hypothesis. *Ecosystems* 5:58-67.

Bormann, B.T., P.S. Homann, R.L. Darbyshire, and B.A. Morrisette. 2008. Intense forest wildfire sharply reduces mineral soil C and N: The first direct evidence. *Canadian Journal of Forest Research* 38:2771-2738.

Bousquet, P., P. Peylin, and P. Ciais. 2000. Regional changes in carbon dioxide fluxes of land and oceans since 1980. *Science* 290:1342-1346.

Brown, S., and A.E. Lugo. 1990. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant Soil* 124:53-64.

Cannell, M.G.R., J.P. Palutikof, and T.H. Sparks. 1999. Indicators of climate change in the UK. DETR and CEH, London.

Cannell, M.G.R. 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the UK. *Biomass and Bioenergy* 24:97-116.

- Caspersen, J.P., S.W. Pacala, J.C. Jenkins, G.C. Hurtt, P.R. Moorcroft, and R.A. Birdsey. 2000. Contributions of land-use history to carbon accumulation in U.S. forests. *Science* 290:1148-1151.
- Carey, E.V., A. Sala, R. Keane, and R.M. Callaway. 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks? *Global Change Biology* 7:339-344.
- Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Ogee, V. Allard, M. Aubinet, N. Buchmann, C. Bernhofer, A. Carrara, F. Chevallier, N. De Noblet, A.D. Friend, P. Friedlingstein, T. Grünwald, B. Heinesch, P. Keronen, A. Knohl, G. Krinner, D. Loustau, G. Manca, G. Matteucci, F. Miglietta, J.M. Ourcival, D. Papale, K. Pilegaard, S. Rambal, G. Seufert, J.F. Soussana, M. J. Sanz, E.D. Schulze, T. Vesala, and R. Valentini. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437:529-533.
- Covington, W.W., R.L. Everett, R. Steele, L.L. Irwin, T.A. Daer, and A.N.D. Auclair. 1994. Historical and anticipated changes in forest ecosystems of the inland west of the United States. *Journal of Sustainable Forestry* 2:13-63.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Ireland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swanson, B.J. Stocks, and B.M. Wotton. 2001. Climate change and forest disturbances. *BioScience* 51:723-734.
- DeGryze, S., J. Six, K. Paustian, S.J. Morris, E.A. Paul, and R. Merckx. 2004. Soil organic carbon pool changes following land-use conversions. *Global Change Biology* 10:1120-1132.
- Dixon R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190.
- ECCP-Working group on forest sinks. 2003. Conclusions and Recommendations Regarding Forest Related Sinks and Climate Change Mitigation. Tech. Rep., EC-DG Environment http://ec.europa.eu/clima/policies/forests/docs/forest_sinks_final_report_en.pdf
- Fan, S., M. Gloor, J. Mahlman, S. Pacala, J. Sarmiento, T. Takahashi, and P. Tan. 1998. A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. *Science* 282:442-446.
- FAO. 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147.
- Farquhar, G.D., and M.L. Roderick, 2003. Pinatubo, diffuse light, and the carbon cycle. *Science* 209:1997-1998.
- Fry, I. 2002. Twists and turns in the jungle: exploring the evolution of land use. Land-use change and forestry decisions within the Kyoto Protocol. *Review of European Community and International Environmental Law* 11:159-168.
- Fulé, P.Z., J.E. Crouse, J. Roccaforte, and E.L. Kalies. 2012. Review. Do thinning and/or burning treatments in western USA ponderosa or Jeffrey pine-dominated forests help restore natural fire behavior? *Forest Ecology and Management* 269:68-81.
- Gifford, R.M. 1994. The global carbon cycle: a viewpoint on the missing sink. *Australian Journal of Plant Physiology* 21:1-15.
- Gleixner, G., C.J. Czimczik, C. Kramer, B. Lihker, and M.W.I. Schmidt. 2001. Plant Compounds and their Turnover and Stability as Soil Organic Matter. Pages 201-215 in E.D. Schulze, M. Heimann, S. Harrison, E. Holland, J. L. Lloyd, C. Prentice, and D. Schimel, editors. *Global biogeochemical cycles in the climate system*. Academic Press, San Diego.
- Goulden, M.L., S.C. Wofsy, J.W. Harden, S.E. Trumbore, P.M. Crill, S.T. Gower, T. Fries, B.C. Daube, S.M. Fan, D.J. Sutton, A. Bazzaz, and J.W. Munger. 1998. Sensitivity of boreal forest carbon balance to soil thaw. *Science* 279:214-217.
- Gower, S.T., R.E. McMurtrie, and D. Murty. 1996. Aboveground net primary production decline with stand age: Potential causes. *Trends in Ecology and Evolution* 11:378-382.
- Grace, J. 2004. Presidential address: understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 92:189-202.
- Graham, R., S. McCaffrey, and T. Jain. 2004. Science basis for changing forest structure to modify wildfire behavior and severity. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-120.
- Gu, L., D. Baldocchi, S.B. Verma, T.A. Black, T. Vesala, E.M. Falge, and P.R. Dwyer. 2002. Advantages of diffuse radiation for terrestrial ecosystem productivity. *Journal of Geophysical Research* 107(D6), 10.1029/2001JD001242.
- Gu, L., D.D. Baldocchi, S.C. Wofsy, J.W. Munger, J.J. Michalsky, S.P. Urbanski, and T.A. Boden. 2003. Response of a deciduous forest to the Mount Pinatubo eruption: Enhanced photosynthesis. *Science* 299:2035-2038.
- Guo, L.B., and R.M. Gifford. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8:345-360.

- Hatzistathis, A., T. Zagas, G. Goudelis, P. Ganatsas, and T. Tsitoni. 1996. Thinning treatment effects on stand structure and quality of holm oak coppice. Pages 11-16 in G. Tsankov, A. Alexandrov, I. Raev, N. Yossifov, E. Dimitrov, I. Michov, and E. Palamarev, editors. Proceedings of 2nd Balkan scientific conference on study, conservation and utilization of forest resources. Vol.I. Sofia.
- Houghton, R.A., J.L. Hackler, and K.T. Lawrence. 1999. The US carbon budget: contributions from land-use change. *Science* 285:574-578.
- Houghton, R.A. 2001. Global terrestrial productivity and carbon balance. Pages 499-519 in J. Roy, B. Saugier, and H.A. Mooney, editors. Terrestrial global productivity. Academic Press, San Diego, CA.
- Howard, E.A., S.T. Gower, J.A. Foley, and C. J. Kucharik. 2004. Effects of logging on carbon dynamics of a jack pine forest in Saskatchewan, Canada. *Global Change Biology* 10:1267-1284.
- Hymus, G., and R. Valentini. 2007. Terrestrial vegetation as a carbon dioxide sink. Page 11-30 in D. S., Reay, C.N. Hewitt, K.A. Smith, and J. Grace, editors. Greenhouse gas sinks. CABI Publishing, UK.
- Idso, S.B. 1999. The long-term response of trees to atmospheric CO₂ enrichment. *Global Change Biology* 5:493-495.
- IPCC. 2000 – R.T. Watson, I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, and D.J. Dokken, editors. Land Use, Land-Use Change and Forestry. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. 2007 - Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller, editors. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the 4th assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jandl, R., M. Lindner, L. Vesterdal, B. Bauwens, R. Bartiz, F. Hagedorn, D.W. Johnson, K. Minkinen, and K.A. Byrne. 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* 137:253-268.
- Jarvis, P.G. 1989. Atmospheric carbon dioxide and forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)* 324:369-392.
- JMA (Japan Meteorological Agency). 2011. Global Temperature in 2010. Tokyo Climate Center News. Tokyo climate Center. <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/tccnews23.pdf>
- Johnson, D.W. 1992. Effects of forest management on soil carbon storage. *Water, Air, Soil Pollution* 64:83-120.
- Johnson, D.W., and P.S. Curtis. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140: 227-238.
- Jones, C.D., and P.M. Cox. 2001. Modeling the volcanic signal in the atmospheric CO₂ record. *Global Biogeochemical Cycles* 15:453-465.
- Joint Science Academies' Statement. 2010. Global response to climate change. <http://nationalacademies.org/onpi/06072005.pdf>
- Kashian, D.M., W.H. Romme, D.B. Tinker, M.G. Turner, and M.G. Ryan. 2006. Carbon storage on landscapes with stand-replacing fires. *BioScience* 56: 598-606.
- Kesselmeier, J., P. Ciccioli, U. Kuhn, P. Stefani, T. Biesenthal, S. Rottenberger, A. Wolf, M. Vitullo, R. Valentini, A. Nobre, P. Kabat, and M.O. Andreae. 2002. Volatile organic compound emissions in relation to plant carbon fixation and the terrestrial carbon budget: *Global Biogeochemical Cycles* 16: 1126.
- Knohl, A., O. Kolle, T.Y. Minayeva, I. M. Milyukova, N.N. Vygodskaya, T. Foken, and E.-D. Schulze. 2002. Carbon dioxide exchange of a Russian boreal forest after disturbance by wind throw. *Global Change Biology* 8:231-246.
- Knohl, A., E.D. Schulze, O. Kolle, and N. Buchmann. 2003. Large carbon uptake by an unmanaged 250-year-old deciduous forest in Central Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 118:151-167.
- Körner, C., R. Asshoff, O. Bignucolo, S. Hättenschwiler, S.G. Keel, S. Peláez-Riedl, S. Pepin, R.T.W. Siegwolf, and G. Zotz. 2005. Carbon flux and growth in mature deciduous forest trees exposed to elevated CO₂. *Science* 309:1360-1362.
- Kowalski, A.S., D. Loustau, P. Berbigier, G. Manca, V. Tedeschi, M. Borghetti, R. Valentini, P. Kolari, F. Berninger, Ü. Rannik, P. Hari, M. Rayment, M. Mencuccini, J. Moncrieff, and J. Grace. 2004. Paired comparisons of carbon exchange between undisturbed and regenerating stands in four managed forests in Europe. *Global Change Biology* 10:1707-1723.
- Kurz, W.A., and M.J. Apps. 1999. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecological Applications* 9:526-547.
- Law, B.E., P.E. Thornton, J. Irvine, P.M. Anthony, and S. Van Tuyl. 2001. Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. *Global Change Biology* 7:755-777.
- Le Quéré, C., M.R. Raupach, J.G. Canadell, G. Marland, L. Bopp, P. Ciais, T.J. Conway, S.C. Doney,

- R. Feely, P. Foster, P. Friedlingstein, K. Gurney, R.A. Houghton, J.I. House, C. Huntingford, P.E. Levy, M.R. Lomas, J. Majkut, N. Metzler, J.P. Ometto, G.P. Peters, I.C. Prentice, J.T. Randerson, S.W. Running, J.L. Sarmiento, U. Schuster, S. Sitch, T. Takahashi, N. Viovy, G.R. van der Werf, and F.I. Woodward. 2009. Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2:831-836.
- Litvak, M., S. Miller, S.C. Wofsy, and M. Goulden. 2003. Effect of stand age on whole ecosystem CO₂ exchange in the Canadian boreal forest. *Journal of Geophysical Research* 108:8225 doi:10.1029/2001JD000854.
- Lloyd, J. 1999. The CO₂ dependence of photosynthesis, plant growth responses to elevated CO₂ concentrations and their interaction with soil nutrient status, II. Temperate and boreal forest productivity and the combined effects of increasing CO₂ concentrations and increased nitrogen deposition at a global scale. *Functional Ecology* 13:439-459.
- Löwe, H., H. Seufert, and F. Raes. 2000. Comparison of methods used within member states for estimating CO₂ emissions and sinks according to UNFCCC and EU monitoring mechanism: forest and other wooded land. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 4:315-319.
- Luyssaert, S., E.D. Schulze, A. Börner, A. Knohl, D. Hessenmöller, B.E. Law, P. Ciais, J. Grace. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455:213-215.
- Matson, P. A., T. Dietz, W. Abdalati, A.J. Busalacchi, K. Caldeira, R. Corell, R. Defries, I. Fung, and S. Gaines. 2010. *Advancing the Science of Climate Change. America's Climate Choices: Panel on Advancing the Science of Climate Change; National Research Council. The National Academies Press. Washington, D.C.*
- McCright, A.M., and R.E. Dunlap. 2000. Challenging Global Warming as a Social Problem: An Analysis of the Conservative Movement's Counter-Claims. *Social Problems* 47:499-522.
- Medlyn, B.E. 2011. Comment on "Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 through 2009". *Science* 333:1093.
- Mladenoff, D.J., M.A. White, J. Pastor, and T.R. Crow. 1993. Comparing spatial pattern in unaltered old-growth and disturbed forest landscapes. *Ecological Applications* 3:294-306.
- Monbiot, George. 19/9/2009. «The denial industry» London: Guardian (<http://www.guardian.co.uk/environment/2006/sep/19/ethicalliving.g2>)
- Myneni, R.B., C.D. Keeling, C.J. Tucker, G. Asrar, and R.R. Nemani. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386:698-702.
- Nabuurs, G.J., E. Thürig, N. Heidema, K. Armolaitis, P. Biber, E. Cienciala, E. Kaufmann, R. Mäkipää, P. Nilsen, R. Petritsch, T. Pristova, J. Rock, M.J. Schelhaas, R. Sievanen, Z. Somogyi, and P. Vallet. 2008. Hotspots of the European forests carbon cycle. *Forest Ecology and Management* 256: 194-200.
- Nadelhoffer, K.J., B.A. Emmett, P. Gundersen, O.J. Kjønaas, C.J. Koopmans, P. Schleppi, A. Tietema, and R.F. Wright. 1999. Nitrogen deposition makes a minor contribution to carbon sequestration in temperate forests. *Nature* 398:145-148.
- NASA. 2011. NASA Research Finds 2010 Tied for Warmest Year on Record. <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20110112/>
- Neilson, R.P., and R.J. Drapek. 1998. Potentially complex biosphere responses to transient global warming. *Global Change Biology* 4:505-521.
- Nemani, Ramakrishna, C.D. Keeling, H. Hashimoto, W.M. Jolly, S.C. Piper, C.J. Tucker, R.B. Myneni, and S.W. Running. 2003. Climate-Driven Increases in Global Terrestrial Net Primary Production from 1982 to 1999. *Science* 300:1560-3.
- NOAA. 2011. National Climatic Data Center, State of the Climate: Annual 2010 Report "Global Analysis. Published online January 2011. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/2010/13>.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164:262-270.
- Oreskes, N. 2004. Beyond the ivory tower: The scientific consensus on climate change. *Science* 306: 5702 p. 1686. DOI: 10.1126/science.1103618
- Pearson, J.A., D.H. Knight, and T.J. Fahey. 1987. Biomass and nutrient accumulation during stand development in Wyoming lodgepole pine forests. *Ecology* 68:1966-1973.
- Paul, K.I., P.J. Polglase, and G.P. Richards. 2003. Predicted change in soil carbon following afforestation or reforestation, and analysis of controlling factors by linking a C accounting model (CAMFor) to models of forest growth (3PG), litter decomposition (GENDEC) and soil C turnover (RothC). *Forest Ecology and Management* 177:485-501.
- Petsikos, C. 2005. Land Use, Land Use Change and Forestry. In: *Climate Change Emissions Inventory: National Inventory for greenhouse and other gases for the years 1990-2003. National Obser-*

- vatory of Athens. Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works. Greek Submission to the Secretariat of UNFCCC and the European Commission.
- Petsikos, C. 2012 Land Use, Land Use Change and Forestry. Pages 253-283 in Climate Change Emissions Inventory: National Inventory for greenhouse and other gases for the years 1990-2010. Ministry of Environment, Energy and Climate Change. Greek Submission to the Secretariat of UNFCCC and the European Commission.
- Post, W., and K. Kwon, 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6:317-328.
- Pregitzer, K.S. and E.S. Euskirchen. 2004. Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* 10:2052-2077.
- Prentice, I.C., G.D. Farquhar, M.J.R. Fasham, M.L. Goulden, M. Heimann, V.J. Jaramillo, H.S. Khesghi, C. Le Quéré, R.J. Scholes, and D.W.R. Wallace. 2001. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. Pages 183-237 in J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson, editors. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Pretzch, H. 2005. Diversity and productivity in forests: evidence from long-term experimental plots. Pages 41-64 In N. Schrer-Lorenzen, C. Körner, and E. Schulze, editors. *Forest diversity and function: temperate and boreal systems*. Springer Verlag, Berlin.
- Ramanathan, V., and G. Carmichael. 2008. Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience* 1:221-227.
- Richards, K.R., and C. Stokes. 2004. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research. *Climatic Change* 63:1-48.
- Richter, D.D., D. Markewitz, S.E. Trumbore, and C.G. Wells. 1999. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature* 400:56-58.
- Rigolot, E., P. Fernades, and F. Rego. 2009. Managing wildfire risk: Prevention, Suppression. Pages 49-52 in Y. Birot, editor. *Living with wildfires: What science can tell us*. Discussion Paper 15. European Forest Institute, Finland.
- Samanta, A., M.H. Costa, E.L. Nunes, S.A. Vieira, L. Xu, and R.B. Myneni. 2011. Comment on “Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009”. *Science* 333:1093.
- Sanz, M., E.-D. Schulze, and R. Valentini. 2004. International policy framework on climate change: sinks in recent international agreements. Pages 431-438 in C. Field and M. Raupach, editors. *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World*. Island Press, Washington DC.
- Savage, M., and J.N. Mast. 2005. How resilient are southwestern ponderosa pine forests after crown fires? *Canadian Journal of Forest Research* 35:967-977.
- Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1:77-91.
- Schimel, D., J. Melillo, H. Tian, A.D. McGuire, D. Kicklighter, T. Kittel, N. Rosenbloom, S. Running, P. Thornton, D. Ojima, W. Parton, R. Kelly, M. Sykes, R. Neilson, and B. Rizzo. 2000. Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States. *Science* 287:2004-2006.
- Schimel, D.S., J.I. House, J.I. Hibbard, P. Bousquet, P. Ciais, P. Peylin, B.H. Braswell, M.J. Apps, D. Baker, A. Bondeau, J. Canadell, G. Churkina, W. Cramer, A.S. Denning, C.B. Field, P. Friedlingstein, C. Goodale, M. Heimann, R.A. Houghton, J.M. Melillo, B. Moore III, D. Murdiyarso, I. Noble, S.W. Pacala, I.C. Prentice, M.R. Raupach, P.J. Rayner, R.J. Scholes, W.L. Steffen, and C. Wirth. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* 414:169-172.
- Schlamadinger, B., N. Bird, S. Brown, J. Canadell, L. Ciccarese, B. Clabbers, M. Dutschke, J. Fiedler, A. Fischlin, P. Fearnside, C. Forner, A. Freibauer, P. Frumhoff, N. Hoehne, T. Johns, M. Kirschbaum, A. Labat, G. Marland, A. Michaelowa, L. Montanarella, P. Moutinho, D. Murdiyarso, N. Pena, K. Pingoud, Z. Rakonczay, E. Rametsteiner, J. Rock, M. J. Sanz, U. Schneider, A. Shvidenko, M. Skutsch, P. Smith, Z. Somogyi, E. Trines, M. Ward, and Y. Yamagata. 2007. A synopsis of land use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto Protocol and Marrakech Accords. *Environmental Science Policy* 10:271-282.
- Schulze, E.-D., R. Valentini, and M.-J. Sanz. 2002. The long way from Kyoto to Marrakesh: implications of the Kyoto protocol negotiations for global ecology. *Global Change Biology* 8:505-518.
- Sedjo, R., J. Wisniewski, A. Sample, and J. Kinsman. 1995. The economics of managing carbon

- via forestry: Assessment of existing studies. *Environmental & Resource Economics* 6:139-165.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller (eds.). 2007a. Summary for policymakers. *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller (eds.). 2007b. Chapter 7. Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Steffen, W.L., I. Noble, J. Canadell, M. Apps, E.-D. Schulze, P.G. Jarvis, D. Baldocchi, P. Ciais, W. Cramer, J. Ehleringer, G. Farquhar, C.B. Field, A. Ghazi, R. Gifford, M. Heimann, R. Houghton, P. Kabat, C. Körner, E. Lambin, S. Linder, H.A. Mooney, D. Murdiyarso, W.M. Post, I.C. Prentice, M.R. Raupach, D.S. Schimel, A. Shvidenko, and R. Valentini (IGBP Terrestrial Carbon Working Group), editors. 1998. The terrestrial carbon cycle: implications for the Kyoto Protocol. *Science* 280:1393-1394.
- Stern, N. 2006. *Stern Review on The Economics of Climate Change*. HM Treasury, London.
- Swetnam, T.W., C.D. Allen, and J.L. Betancourt. 1999. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. *Ecological Applications* 9:1189-1206.
- Tans, P.P., I.Y. Fung, and T. Takahashi. 1990. Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science* 247:1431-1438.
- Thornton, P.E., B. Law, H. Gholz, K. Clark, E. Falge, D. Ellsworth, A. Goldstein, R. Monson, D. Hollinger, and M. Falk. 2002. Modelling and measuring the effects of disturbance history and climate on carbon and water budgets in evergreen needleleaf forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 113:185-222.
- Tilman, D., P. Reich, H. Phillips, M. Menton, A. Patel, E. Vos, D. Peterson, and J. Knops. 2000. Fire suppression and ecosystem carbon storage. *Ecology* 81:2680-2685.
- UNFCCC. 1992. United Nations General Assembly. United Nations Framework Convention on Climate Change. UNFCCC, United Nations, New York. In: <http://www.unfccc.int/resources> (Accessed on March 2012).
- United States National Research Council of the National Academies. 2008. *Understanding and Responding to Climate Change*. National Academy of Sciences.
- UK-MetOffice. 2011. 2010 - a near record year. <http://www.metoffice.gov.uk/news/releases/archive/2011/2010-global-temperature> (Accessed on March 2012).
- Van den Dool, H.M., S. Saha, and A. Johansson. 2000. Empirical orthogonal teleconnections. *Journal of Climate* 13:1421-1435.
- Van der Werf, G.R., J.T. Randerson, G.J. Collatz, L. Giglio, P.S. Kasibhatla, A.F. Arellano, S.C. Olsen, and E.S. Kasischke. 2004. Continental-scale partitioning of fire emissions during the 1997 to 2001 El Niño/La Niña period. *Science* 303:73-76.
- Van der Werf, G.R., D.C. Morton, R.S. Defries, J.G.J. Olivier, P.S. Kasibhatla, R.B. Jackson, G.J. Collatz, and J.T. Randerson. 2009. CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience* 2:737-738.
- Vesterdal, L., L. Rosenqvist, C. van der Salm, B.-J. Groenenberg, M.-B. Johansson, and K. Hansen. 2006. Carbon sequestration in soil and biomass following afforestation: experiences from oak and Norway spruce chronosequences in Denmark, Sweden, and the Netherlands. Pages 1-16 in G. Heil, B. Muys, and K. Hansen, editors. *Environmental Effects of Afforestation. Field Observations, Modelling and Spatial Decision Support*. Springer, Berlin.
- Victor, D.G. 2001. *The Collapse of the Kyoto Protocol and the Struggle to Slow Global Warming*. A Council on Foreign Relations Book. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco, and J.M. Melillo. 1997a. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-99.
- Vitousek, P.M., J. Aber, R.W. Howarth, G.E. Likens, P.A. Matson, D.W. Schindler, W.H. Schlesinger, and G.D. Tilman. 1997b. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences. *Issues in Ecology* 1:1-17.
- Wullschleger, S.D., W.M. Post, and A.W. King. 1995. On the potential for a CO₂ fertilisation effect in forests: estimates of the biotic growth factor based on 58 controlled exposure studies. Pages 85-107 in G.M. Woodwell, and F.T. McKenzie, editors. *Biotic Feedbacks in the Global Climatic System* Oxford University Press, Oxford.

Yamin, F. 1998. The Kyoto Protocol: origins, assessment and future challenges. Review of European Community and International Environmental Law 7:113-27.

Zagas, Th., P. Gkanatsas, Th. Tsitsoni, and A. Hatzistathis. 1998. Influence of silvicultural treatment on ecology, quality and fire resistance in *Quercus ilex* coppice stands, in North Greece.

Page 473 in A. Farina, J. Kennedy, and V. Boss, editors. Proceedings of 7th Global Congress of Ecology (INTECOL) «New Tasks For Ecologists After Rio 1992», 19-25 July 1998, Florence.

Zhao, M., and S.W. Running. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. Science 329: 940-943.

3. Προστατευόμενες περιοχές: βασικές έννοιες και η αποτελεσματικότητά τους στη διατήρηση της βιοποικιλότητας στην Ελλάδα

Παναγιώτα Μαραγκού, Ιόλη Χριστοπούλου

Οι προστατευόμενες περιοχές αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της διατήρησης της βιοποικιλότητας. Σε αυτές το βασικό ζητούμενο είναι η διατήρηση των οικολογικά σημαντικών χαρακτηριστικών, γεγονός που, ωστόσο, δεν συνεπάγεται την πλήρη απομάκρυνση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η ρύθμιση των δραστηριοτήτων εντός των προστατευόμενων περιοχών απαιτεί ολοκληρωμένη διαχείριση, η οποία οδηγεί στην αειφόρο και εναλλακτική ανάπτυξή τους. Η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των προστατευόμενων περιοχών αφορά τη θεσμική θωράκιση, τον καθορισμό και την υλοποίηση δράσεων διαχείρισής τους, όσο και την ύπαρξη μηχανισμών συντονισμού και εποπτείας στο πλαίσιο λειτουργίας ενός εθνικού συστήματος προστατευόμενων περιοχών.

***Λέξεις κλειδιά:** προστατευόμενες περιοχές, διαχείριση, βιοποικιλότητα, αειφόρος ανάπτυξη, Ελλάδα*

Ορισμός και ιστορικό των προστατευόμενων περιοχών διεθνώς και στην Ελλάδα

Η ιστορία των προστατευόμενων περιοχών κινείται, κατά κάποιον τρόπο, παράλληλα με την ιστορία της ανθρωπότητας, καθώς σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και σε πολλούς πολιτισμούς έχουμε ενδείξεις ή αναφορές σε φυσικούς ιερούς τόπους όπου οι δραστηριότητες των ανθρώπων ρυθμιζόνταν ανάλογα με την κάθε περίπτωση, όπως, για παράδειγμα, στο Στόουνχεντζ (Stonehenge) στην Αγγλία ή στο ιερό άλσος της Δωδώνης στην Ελλάδα. Κατά την Αναγέννηση, ορίζονταν στην Ευρώπη περιοχές που προστατεύονταν ως κυνηγότοποι για τους λίγους προνομιούχους της εποχής. Η νομική και θεσμική κατοχύρωση εκτάσεων, ωστόσο, με κύριο σκοπό την προστασία φυσικών χα-

ρακτηριστικών τους, ξεκίνησε διεθνώς στις ΗΠΑ. Το 1872 θεσπίστηκε το πρώτο εθνικό πάρκο στο Γιέλλοουστοουν (Yellowstone) ως «δημόσιο πάρκο ή περιοχή αναψυχής προς όφελος και απόλαυση των ανθρώπων». Το παράδειγμα των ΗΠΑ ακολούθησαν αρκετές χώρες, όπως ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Νότια Αφρική και η Νέα Ζηλανδία. Κοινά στοιχεία αυτών των πρώτων προστατευόμενων περιοχών ήταν ότι προέκυψαν ως αποτέλεσμα κυβερνητικής πρωτοβουλίας και περιελάμβαναν συνήθως μεγάλες εκτάσεις γης, κατά κύριο λόγο δασικές, που μπορεί να ήταν προσβάσιμες από τον άνθρωπο, αλλά παρέμεναν ακατοίκητες και άθικτες από ανθρώπινες δραστηριότητες. Από εκείνη την εποχή μέχρι σήμερα έχουν θεσπιστεί χιλιάδες προστατευόμενες περιοχές ανά τον κόσμο, οι οποίες, πλέον, καλύπτουν το 12,2% περίπου της χέρσου του πλανήτη μας¹. Η συνολική αυτή έκταση απο-

¹ Το 2008 είχαν καταγραφεί μέσω του UNEP-WCMC Protected Areas Data Unit περισσότερες από 120.000 χαρακτηρισμένες προστατευόμενες περιοχές (στοιχεία από 236 χώρες και επικράτειες) οι οποίες κάλυπταν περίπου 21 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα χέρσου και θάλασσας.

τελεί ήδη ένα επίτευγμα των προσπαθειών προστασίας και διατήρησης της βιοποικιλότητας, ακόμα και αν οι προστατευόμενες περιοχές δεν είναι κατανομημένες πάντα αναλογικά με τη βιοποικιλότητα ή τις απειλές που αντιμετωπίζει. Για παράδειγμα, οι θάλασσες και τα παράκτια οικοσυστήματα είναι από τα πλέον απειλούμενα αλλά από τα λιγότερο προστατευμένα, καθώς οι θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές δεν ξεπερνούν διεθνώς το 5,1% των εθνικών υδάτων (Coad et al. 2008).

Οι χώρες έχουν θεσπίσει διάφορα και διαφορετικά εθνικά ή περιφερειακά συστήματα προστατευόμενων περιοχών, ανάλογα με τη βιοποικιλότητα, τις ανάγκες προστασίας και διατήρησης αλλά και τους πόρους που διαθέτει η κάθε μια. Ως εκ τούτου, οι προστατευόμενες περιοχές ανά τον πλανήτη δεν είναι ομοιόμορφες οντότητες αλλά, ανάλογα με τη χώρα και το σύστημα, εμφανίζουν μεγά-

λες διαφορές όσον αφορά τους στόχους διατήρησης, το βαθμό προστασίας, την απουσία ή παρουσία ανθρώπινων δραστηριοτήτων και το πώς αυτές ρυθμίζονται εντός των ορίων τους, αλλά και τους φορείς που μπορεί να είναι υπεύθυνοι για τη διαχείρισή τους. Υπάρχουν περιοχές εξαιρετικά ευαίσθητες και σημαντικές για κάποιον οικότοπο ή είδος, στις οποίες απαγορεύεται η πρόσβαση ή επιτρέπεται μόνο η επιστημονική έρευνα, και άλλες, πολύ πιο μεγάλες, στις οποίες συμβαίνουν ή ίσως και να ενθαρρύνονται συγκεκριμένες ανθρώπινες δραστηριότητες, καθώς μπορεί η συνύπαρξη φυσικών στοιχείων με τον άνθρωπο να είναι καθοριστική για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας αυτών των εκτάσεων. Αυτή είναι η κατάσταση στην Ελλάδα και γενικότερα στην Ευρώπη, όπου οι «φυσικές» εκτάσεις και, κατά συνέπεια, και οι προστατευόμενες περιοχές που δημιουργή-



Εικόνα 1: Οι προστατευόμενες περιοχές της Ελλάδας (επεξεργασία Ν. Καλεβρά, WWF Ελλάς).

θηκαν ήταν ανέκαθεν μικρότερες σε έκταση και περιελάμβαναν, τουλάχιστον σε ένα μέρος τους, κατοικημένες περιοχές και ανθρώπινες δραστηριότητες. Όμως, και στην Ελλάδα υπάρχουν περιοχές στις οποίες, είτε λόγω της σημασίας τους είτε λόγω του κινδύνου που αντιμετωπίζουν τα εκάστοτε προστατευόμενα είδη και οικοτόποι, η ανθρώπινη παρουσία αποθαρρύνεται. Για παράδειγμα, η σημαντικότερη παραλία ωτοκίας της θαλάσσιας χελώνας *Caretta caretta* της Μεσογείου, τα Σεκάνια, στον Κόλπο του Λαγανά στη Ζάκυνθο, αποτελεί περιοχή απόλυτης προστασίας, στην οποία η πρόσβαση επιτρέπεται με άδεια και μόνο για ερευνητικούς σκοπούς.

Οι προστατευόμενες περιοχές αποτελούν το βασικό συστατικό όλων των προσπαθειών και στρατηγικών διατήρησης και προστασίας της βιοποικιλότητας, τόσο σε επίπεδο χώρας ή επικράτειας όσο και στο πλαίσιο των διεθνών συμβάσεων, όπως η Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα. Παρά τη σημασία τους, ωστόσο, είναι σαφές ότι η προστασία της βιοποικιλότητας δεν περιορίζεται στις προστατευόμενες περιοχές. Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διατήρησης και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος, οι προστατευόμενες περιοχές θα πρέπει να λειτουργούν συμπληρωματικά με άλλες δράσεις και πολιτικές. Διατηρούν, όμως, ένα σημαντικό και κομβικό ρόλο, καθώς οι εκτάσεις που προστατεύονται διαφοροποιούνται από άλλες εκτάσεις όσον αφορά το σκοπό δημιουργίας τους. Στις προστατευόμενες περιοχές, ο κυρίαρχος στόχος, αυτό που προέχει, είναι η διατήρηση των φυσικών και πολιτιστικών αξιών της περιοχής.

Πέρα, όμως, από την αρχική τους λειτουργία για την προστασία ειδών και οικοσυστημάτων, οι προστατευόμενες περιοχές, ιδιαίτερα οι μεγαλύτερες, παρέχουν πληθώρα βιολογικών αγαθών και οικοσυστημικών υπηρεσιών, εξασφαλίζουν χώρο και καταφύγιο για τα είδη ενόψει της κλιματικής αλλαγής και, γενικά, αποτελούν βασικά στοιχεία στις στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (CBD Secretariat 2008). Οι προστατευόμενες περιοχές επιτρέπουν τη διαχείριση των πόρων σε επίπεδο οικοσυστήματος, και με αυτόν τον τρόπο ενισχύουν την ανθεκτικότητά τους, καθώς τα υγιή οικοσυστήματα μπορούν πιο εύκολα να ανταποκριθούν σε πιέσεις που μπορεί να προκληθούν από φυσικές καταστροφές ή άλλα συμβάντα, όπως είναι ένα ατύχημα, π.χ. μια διαρροή πετρελαίου ή μια πυρκαγιά.

Παράλληλα, οι προστατευόμενες περιοχές κατέχουν βασικό ρόλο στη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων και συχνά συμβάλλουν στη διατήρησή τους. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τη συμβολή που μπορεί να έχει η διατήρηση των φυσικών πόρων στην αλιεία, στην παροχή καθαρού νερού και στη διατήρηση του γενετικού υλικού. Η Ελλάδα είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση που αναδεικνύει την αναπτυξιακή αυτή διάσταση των προστατευόμενων περιοχών, καθώς, ιστορικά, ο άνθρωπος συνυπήρξε για χιλιάδες χρόνια με το φυσικό του περιβάλλον και το συνδιαμόρφωσε μέσα από δραστηριότητες όπως η κτηνοτροφία, η γεωργία ή η αλιεία. Η δυναμική σχέση, όμως, μεταξύ ανθρώπου και φύσης έχει και άλλες μη χρηστικές εκφάνσεις. Έτσι, συχνά, οι προστατευόμενες περιοχές συνδέονται και με τη διατήρηση τόπων πολιτιστικής ή θρησκευτικής αξίας, αναδεικνύοντας το ρόλο του τοπίου ή του φυσικού περιβάλλοντος στην επιλογή του συγκεκριμένου χώρου, ή μπορεί να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικούς γεωλογικούς σχηματισμούς.

Με αυτά τα δεδομένα πρέπει να καταστεί σαφές ότι η θέσπιση προστατευόμενων περιοχών αποτελεί εργαλείο χωρικού σχεδιασμού, το οποίο επαναπροσδιορίζει τη χρήση, τους στόχους διαχείρισης και τις αναπτυξιακές προοπτικές μιας περιοχής. Η λειτουργία μιας προστατευόμενης περιοχής δεν εισάγει απαγορεύσεις, αλλά διαχειριστικές προσεγγίσεις στη βάση των επιστημονικών δεδομένων και των στόχων της περιβαλλοντικής πολιτικής. Υπό αυτό το πρίσμα, και με δεδομένο τον πολύπλευρο ρόλο τους, οι προστατευόμενες περιοχές αναγνωρίζονται και ως μέσα οικονομικής ανάπτυξης. Οι τουριστικές δραστηριότητες στη φύση είναι το πιο απλό παράδειγμα.

Προστατευόμενες περιοχές - Βασικές έννοιες και στόχοι

Πώς ορίζεται, τελικά, μια προστατευόμενη περιοχή; Ο ορισμός που δίνεται από τη Διεθνή Ένωση για την Προστασία της Φύσης [International Union for the Conservation of Nature (IUCN)] αναφέρει ότι πρόκειται για «ένα αναγνωρισμένο και σαφώς καθορισμένο γεωγραφικό χώρο για τον οποίο υπάρχει δέσμευση διατήρησης και ο οποίος υπόκειται σε διαχείριση μέσω νομικών ή άλλων αποτελεσματικών μέσων, ώστε να επιτευχθεί η μακροπρόθεσμη διατήρηση και προστασία της φύσης με τις συναφείς της οικοσυστημικές υπηρεσίες και πολιτιστικές αξίες»² (Dudley 2008).

² "A clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long-term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values". Dudley, N. (editor) (2008).

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, μια προστατευόμενη περιοχή μπορεί να είναι χερσαία, θαλάσσια, υδροτοπική, ή και συνδυασμός αυτών. Τα όριά της, είτε είναι φυσικά και ενίοτε και μετακινούμενα, όπως η κοίτη ενός ποταμού, είτε όχι, αλλά και οι ζώνες ρύθμισης δραστηριοτήτων εντός της προστατευόμενης περιοχής, πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένες, συμφωνημένες και γνωστές. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με τη δημοσιοποίηση λεπτομερούς χάρτη και τη διευκρίνιση των συγκεκριμένων γεωγραφικών συντεταγμένων αναφοράς. Μια προστατευόμενη περιοχή αφορά την προστασία της φύσης και συμβάλλει στην *in-situ* διατήρηση των οικοσυστημάτων, των φυσικών ή ημι-φυσικών οικοτόπων και των βιώσιμων πληθυσμών ειδών, δηλαδή αποσκοπεί σε δράσεις προστασίας και διατήρησης στο φυσικό τους περιβάλλον και τη φυσική περιοχή εξάπλωσής τους, σε αντιδιαστολή με δράσεις που πραγματοποιούνται *ex-situ*, δηλαδή σε άλλους χώρους (βοτανικούς ή ζωολογικούς κήπους, εργαστήρια κ.ο.κ.).

Μια προστατευόμενη περιοχή πρέπει να συνοδεύεται από μια δεσμευτική απόφαση για τη μακροπρόθεσμη προστασία και διατήρησή της, η οποία, ανάλογα με τα ισχύοντα σε κάθε χώρα, μπορεί να έχει τη μορφή ενός διεθνούς ή εθνικού νομικού κειμένου, μιας αναγνωρισμένης και αποδεκτής συμφωνίας διαφορετικών εταίρων, ή ακόμη και ενός ιδιωτικού συμφωνητικού. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι προστατευόμενες περιοχές είναι μια μόνιμη δομή και όχι ένα σποραδικό μέτρο με ημερομηνία λήξης. Βάσει του ορισμού, για να θεωρείται μια περιοχή προστατευόμενη, πρέπει επίσης σε αυτή να υλοποιούνται δράσεις διαχείρισης, βάσει συγκεκριμένου σχεδίου, το οποίο ωστόσο μπορεί να οδηγεί στη συνειδητή επιλογή να μη γίνεται κάποια ενεργή διαχείριση. Επιπλέον, πρέπει να θεωρείται αυτονόητη η εκπόνηση παρακολούθησης βάσει της οποίας θα παρατηρούνται οι τάσεις των προστατευτέων αντικειμένων και θα αξιολογείται η αποτελεσματικότητα της προστασίας.

Αν και η αποτελεσματικότητα των δράσεων διαχείρισης, που αφορά τελικά τη διατήρηση και προστασία της φύσης, δεν θεωρείται, ακόμη, κριτήριο χαρακτηρισμού μιας προστατευόμενης περιοχής, από τον ορισμό γίνεται σαφές ότι η αποτελεσματικότητα πρέπει να είναι βασικός στόχος. Το Πρόγραμμα των Προστατευόμενων Περιοχών της Διεθνούς Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα, που τέθηκε σε λειτουργία το 2004, προωθεί και ζητεί αξιολόγηση και βελτίωση της διαχειριστι-

κής αποτελεσματικότητας³ προκειμένου να αναδειχθεί η επάρκεια και η συμβολή των μέτρων διαχείρισης στην προστασία της βιοποικιλότητας.

Η αναφορά του ορισμού στις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχει μια προστατευόμενη περιοχή αφορά αυτές που σχετίζονται μεν με το στόχο της προστασίας της φύσης αλλά δεν τον ανταγωνίζονται. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι υποστηρικτικές (π.χ. δημιουργία και διατήρηση εδάφους), προμηθευτικές (π.χ. ξυλεία και νερό), ή ρυθμιστικές (όπως πρόληψη πλημμυρών). Το ίδιο ισχύει και για τις πολιτιστικές αξίες οι οποίες, μάλιστα, μπορεί να συνδέονται και με συγκεκριμένους παραδοσιακούς τρόπους διαχείρισης ή γενικά χρήσης των φυσικών πόρων. Δεν είναι τυχαίο ότι ο Όλυμπος και ο Παρνασσός ήταν οι πρώτες προστατευόμενες περιοχές της Ελλάδας, καθώς πέρα από τη σημαντική βιοποικιλότητα που χαρακτηρίζει τους δύο αυτούς Εθνικούς Δρυμούς, είναι συνδεδεμένοι με την ελληνική μυθολογία, αρχαιολογία και ιστορία.

Σε κάθε περίπτωση, ωστόσο, θα πρέπει να είναι σαφές ότι ενώ στις προστατευόμενες περιοχές μπορεί να είναι θεμιτή η ανθρώπινη παρουσία και να είναι εφικτή η οικονομική ανάπτυξη και η κοινωνική ευημερία, αυτό που παραμένει σημείο αναφοράς και προτεραιότητα είναι πάντα η διατήρηση των υφιστάμενων πολύτιμων φυσικών χαρακτηριστικών, για το σύνολο της κοινωνίας και για τις γενιές που θα ακολουθήσουν.

Προσεγγίσεις – από την απομάκρυνση των ανθρώπων ως την ολοκληρωμένη διαχείριση των οικοσυστημάτων

Σταδιακά, η έννοια της προστασίας των ευαίσθητων φυσικών περιοχών έχει μεταβληθεί. Όπως αναφέρθηκε, η αρχική αντίληψη εξίσωνε την προστασία με την απομάκρυνση των ανθρώπινων παρεμβάσεων, ακόμα και της ανθρώπινης παρουσίας. Στην Ελλάδα, η ίδρυση του Εθνικού Δρυμού Δευκών Ορέων (1962) συνοδεύτηκε από την εκκένωση του παλαιού χωριού της Σαμαριάς μέσα στο φαράγγι, παρόλο που η παρουσία του ανθρώπου στην περιοχή ανάγεται στην προϊστορική εποχή. Στην Ευρώπη, χαρακτηριστικό είναι επίσης το παράδειγμα του Εθνικού Πάρκου Ντονιάνα (Doñana), στις εκβολές του ποταμού Γκουανταλκιβίρ στην

³ PoWA, Programme Element 4., Goal 4.2. <http://www.cbd.int/programmes/pa/pow-goals-alone.pdf>. Τελευταία πρόσβαση 6 Απριλίου 2012.

Ισπανία, που ιδρύθηκε τη δεκαετία του '60, με την αγορά και περιφράξη όλης της περιοχής⁴. Σήμερα επιτρέπεται στο πάρκο μόνο η επίσκεψη μικρών ομάδων με ειδικά οχήματα και υπό συνοδεία, και μια ετήσια παραδοσιακή θρησκευτική πομπή που το διασχίζει έφιππα. Παρόλα αυτά τα αυστηρά μέτρα, το πάρκο απειλείται από ερημοποίηση, λόγω των γύρω εντατικών καλλιεργειών και των αντίστοιχων γεωτρήσεων, ενώ το 1998 η κατάρρευση ενός φράγματος που συγκρατούσε τοξικά υγρά από επεξεργασία ορυκτών προκάλεσε σοβαρότατες οικολογικές ζημιές πολύ κοντά του. Σε μια μεταγενέστερη προσέγγιση, το Εθνικό Πάρκο του Αμπρούτζο (Abruzzo), στην Ιταλία, έχει διαιρεθεί σε τέσσερις ζώνες. Το 90% των επισκεπτών συγκρατούνται στην πρώτη ζώνη, όπου υπάρχουν παραδοσιακοί οικισμοί και διάφορες εγκαταστάσεις ενημέρωσης και ψυχαγωγίας. Στη δεύτερη και τρίτη ζώνη η επίσκεψη περιορίζεται σταδιακά, ενώ στην τέταρτη επιτρέπεται μόνο σε επιστήμονες και με ειδική άδεια.

Στην Ελλάδα, το 1980 η ανακήρυξη της προστατευόμενης περιοχής της Δαδιάς συνοδεύτηκε από την αναστολή της υλοτομίας στην περιοχή των δύο πυρήνων, έκτασης 73,76 τ.χλμ. Η αναστολή θα ίσχυε ως την εκπόνηση Ειδικής Διαχειριστικής Μελέτης, με στόχο την προστασία της ορνιθοπανίδας και, ιδιαίτερα, των αρπακτικών ειδών πουλιών που απαντούν στην περιοχή και την χαρακτηρίζουν. Η υλοτομία ήταν μια βασική δραστηριότητα που παραδοσιακά αναπτυσσόταν στην περιοχή και η αναστολή της άλλαξε τη δομή του δάσους στους πυρήνες, καθώς η δασική βλάστηση ελεγκτάθηκε σε βάρος των ανοιγμάτων και των λιβαδιών, ενώ αυξήθηκε και η πυκνότητα των συστάδων. Σύντομα έγινε κατανοητό ότι επρόκειτο για αλλαγές με αρνητικές επιπτώσεις στο βιότοπο φωλιάσματος των αρπακτικών πουλιών (π.χ. δυσχέρεια στην πρόσβαση ιδιαίτερα των μεγάλων αρπακτικών στο εσωτερικό των συστάδων και αλλαγές στο μικροπεριβάλλον γύρω από τις φωλιές), χωρίς παράλληλα να ευνοείται η άγρια πανίδα της περιοχής γενικότερα (Gatzogiannis and Poiraziadis 2010). Για το λόγο αυτόν, στην Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη που εκπονήθηκε τελικά το 1995, προτάθηκε η αναγκαιότητα ενός σχεδίου διαχείρισης της βλάστησης για τους πυρήνες, που επιτρέπει και την ελεγχόμενη και προγραμματισμένη υλοτομία. Το σχέδιο, με ορίζοντα δεκαεπταετίας, εκπονήθηκε και υλοποιήθηκε για πέντε χρόνια. Μετά το πέρας, ωστόσο, της πρώτης πενταετίας υλοποίησης δεν ανανεώθηκε, με αποτέ-

λεσμα και πάλι σήμερα οι πυρήνες να μην υπόκεινται σε διαχείριση.

Παρόμοιο παράδειγμα αποτελεί και η περίπτωση της Πρέσπας: οι καθημερινές ανθρώπινες πρακτικές του παρελθόντος στην παραλίμνια ζώνη (βόσκηση με βοοειδή, κόψιμο και κάψιμο των καλαμιώνων κ.ά.) διαδραμάτιζαν καθοριστικό ρόλο για τη δημιουργία και διατήρηση εκτεταμένων υγρολιβαδικών εκτάσεων από τις οποίες εξαρτώνται πολλοί οργανισμοί. Η ανακήρυξη του Εθνικού Δρυμού συνοδεύτηκε από την πλήρη απαγόρευση του καψίματος των καλαμιών στον πυρήνα της Μικρής Πρέσπας (1974), ενώ και η αλλαγή στις ασχολίες των κατοίκων οδήγησε στη σταδιακή εγκατάλειψη της διαχείρισης της παραλίμνιας περιοχής. Αυτό προκάλεσε την επέκταση των καλαμιώνων εις βάρος των υγρών λιβαδιών αλλά και των ελεύθερων επιφανειών νερού της λίμνης, με αρνητικά αποτελέσματα στους χώρους ωοτοκίας και στους πληθυσμούς ψαριών, αλλά και σε είδη πουλιών που διατρέφονται σε αυτές τις περιοχές και τα οποία εξαφανίστηκαν ή μειώθηκαν, όπως η χαλκόκοτα και η χουλιανομούτα (Καζόγλου κ.ά. 2001). Η υλοποίηση προγράμματος για τη διαχείριση των υγρών λιβαδιών που ξεκίνησε πιλοτικά η Εταιρεία Προστασίας Πρεσπών το 1997 και εξελίχθηκε σε συνεργασία με τον τοπικό Δήμο, έχει ήδη συμβάλει θετικά, ενισχύοντας τους πληθυσμούς ψαριών και υδρόβιων πουλιών.

Τα παραπάνω είναι κάποια παραδείγματα παύσης ανθρώπινων δραστηριοτήτων που τελικά είχαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, συχνά σε βάρος των ίδιων των προστατευτέων αντικειμένων για τα οποία οι περιοχές ορίστηκαν ως προστατευόμενες. Την ίδια στιγμή, αναγνωρίζουμε το γεγονός ότι η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος σήμερα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι η μικρότερη κλίμακας και ηπιότερη χρήση από τις τοπικές κοινωνίες, μετατράπηκε σε εντατική εκμετάλλευση, την οποία ενισχύει η εκβιομηχάνιση της χρήσης των φυσικών πόρων. Η εμπειρία στη διαχείριση προστατευόμενων περιοχών αναδεικνύει όμως ότι, συχνά, η παρουσία του ανθρώπου, μέσα από τις παραδοσιακές του δραστηριότητες, ενισχύει τον φυσικό πλούτο και, επομένως, τη βιοποικιλότητα. Στην περιοχή της Δαδιάς, για παράδειγμα, η ελεγχόμενη υλοτομία την κατάλληλη εποχή και η κτηνοτροφία δημιουργούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εύρεση τροφής από τα αρπακτικά πουλιά. Παρόλο που το επίκεντρο των δράσεων διαχείρισης πρέπει να είναι τα κατά περίπτωση

⁴ Με πρωτοβουλία του νεοϊδρυθέντος τότε Παγκόσμιου Ταμείου για τη Φύση (WWF).

προστατευόμενα αντικείμενα, η διαχείριση μιας προστατευόμενης περιοχής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ανθρώπινη δραστηριότητα στην ιστορική διαμόρφωση της συγκεκριμένης περιοχής, αλλά και να αναζητεί τρόπους με τους οποίους θα μπορεί να καλύψει τόσο κοινωνικές ανάγκες όσο και να προωθήσει δραστηριότητες ρυθμισμένες έτσι ώστε να επιτευχθεί η αειφορική χρήση των φυσικών πόρων. Τελικά, ενώ η αιτία για την οποία κηρύχτηκε μια περιοχή προστατευόμενη έχει να κάνει με τα φυτά, τα ζώα και τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά της, ο τρόπος με τον οποίο αυτή θα προστατευτεί έχει κυρίως να κάνει με τον άνθρωπο και τη σχέση του με το περιβάλλον.

Λαμβάνοντας τα μηνύματα από παρόμοια παραδείγματα τόσο από την εθνική όσο και από τη διεθνή εμπειρία, σήμερα πλέον έχουν γίνει κατανοητές και, σε κάποιο βαθμό, αποδεκτές ορισμένες έννοιες που αφορούν την προστασία. Μία από αυτές αναγνωρίζει τη συνέχεια του χώρου – και επομένως της φύσης, που δεν μπορεί να περιοριστεί μέσα στα στενά πλαίσια κάποιων «προστατευόμενων» περιοχών (Παπαγιάννης και Μαραγκού 2001). Άλλωστε, οι κυριότερες απειλές παρατηρούνται συνήθως έξω από τα όρια των περιοχών αυτών, με αποτέλεσμα οι βασικές ανάγκες διαχείρισης μιας προστατευόμενης περιοχής να μην μπορούν να αντιμετωπιστούν αν δεν τροποποιηθούν κάποιες πρακτικές γύρω από αυτές. Τα δάση, για παράδειγμα, ακόμη και τα προστατευόμενα, απειλούνται από πυρκαγιές, όπως συνέβη με τον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας το 2007, τη διάβρωση, ακόμη και από την κλιματική αλλαγή. Επίσης, επηρεάζονται από διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης, από την ανάπτυξη άλλων δραστηριοτήτων και την πίεση που αυτές επιφέρουν, π.χ. λόγω της οικιστικής ανάπτυξης ή τη διάνοιξη νέων δρόμων και την κατασκευή νέων υποδομών. Για αυτό επισημαίνεται ότι οι προστατευόμενες περιοχές δεν είναι μικρές οάσεις στις οποίες η διατήρηση της βιοποικιλότητας επιτυγχάνεται μόνο από την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης εντός των ορίων τους. Η προστασία της βιοποικιλότητας εξαρτάται από τις δραστηριότητες τόσο εντός όσο και εκτός των ορίων της κάθε προστατευόμενης περιοχής, αλλά και συνολικά από τα μοντέλα ανάπτυξης που προωθούνται σε εθνικό επίπεδο. Για παράδειγμα, για να εξασφαλιστεί η προστασία της Πίνδου χρειάζεται οι οδικές υποδομές εθνικής σημασίας (π.χ. Εγνατία οδός), η αξιοποίηση των υδάτινων πόρων, αλλά και ο τουρισμός εντός του Εθνικού Πάρκου, να σχεδιάζονται και να χωροθετούνται με τρόπο που να διασφαλίζει την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος παράλληλα με την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Αντίστοιχα, και κατά την κατάρτιση

εθνικών στρατηγικών και του χωροταξικού σχεδιασμού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι ανάγκες προστασίας της βιοποικιλότητας, με προτεραιότητα στις προστατευόμενες περιοχές.

Η έννοια της αειφορίας υποστηρίζει ότι είναι επιθυμητή, αλλά και εφικτή, η χρήση των φυσικών πόρων, χωρίς την υποβάθμιση ή την καταστροφή τους, ώστε να παραμένουν διαθέσιμοι και στις επερχόμενες γενεές. Άλλωστε, ένα αναπτυξιακό μοντέλο που δεν προνοεί για τη διατήρηση ενός τέτοιου υπόβαθρου, του φυσικού κεφαλαίου, δεν μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμο. Το ζητούμενο είναι η διασφάλιση μιας εναλλακτικής, αειφορικής ανάπτυξης. Ενώ στόχος ήταν αρχικά η διαχείριση ενός πόρου ή χαρακτηριστικού, πλέον στόχος είναι η διαχείριση ολόκληρου του συστήματος, ενσωματώνοντας ως μέρος του την ανθρώπινη δραστηριότητα (Τογρίδου 2006). Η ευρύτερη αυτή προσέγγιση, ανταποκρινόμενη στα χαρακτηριστικά της Ευρώπης, εκφράζεται άλλωστε και στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Ενδεικτικά, η Οδηγία των Οικότοπων (92/43/ΕΟΚ) λαμβάνει υπόψη τις οικονομικές, κοινωνικές, πολιτιστικές και περιφερειακές απαιτήσεις, ενώ επιδιώκει την προστασία των σημαντικών και απειλούμενων ειδών και οικοτόπων της ΕΕ. Έτσι, αναγνωρίζει ότι η διατήρηση της βιοποικιλότητας ενδέχεται, σε ορισμένες περιπτώσεις, να απαιτεί τη διατήρηση ή και την ενθάρρυνση ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το ¼ περίπου των οικοτόπων του Παραρτήματος I της 92/43/ΕΟΚ, όπως, για παράδειγμα, οι φυσικές και ημιφυσικές χλοώδεις διαπλάσεις αλλά και οι οικοτόποι σκληρόφυλλης βλάστησης, εξαρτώνται ή συνδέονται με μη εντατικές γεωργικές δραστηριότητες και θα απειλούνταν σοβαρά σε περίπτωση που αυτές εγκαταλείπονταν.

Επιδιώκοντας την προστασία των φυσικών χαρακτηριστικών και την αειφόρο χρήση των πόρων στις προστατευόμενες περιοχές, δεν είναι δυνατή (ούτε ίσως επιθυμητή) η επιστροφή σε κάποιες εξιδανικευμένες συνθήκες του παρελθόντος. Απαιτείται η σημερινή γνώση και μέθοδοι προσαρμοσμένες στις συνθήκες του παρόντος και στις μελλοντικές προοπτικές. Η ενίσχυση της βιολογικής ή οικολογικής γεωργίας μέσα σε μια προστατευόμενη περιοχή και η αξιοποίηση συστημάτων που θα αναγνωρίζουν την προέλευση του προϊόντος, είναι μια δραστηριότητα με πολλά οφέλη που θα φτάνουν σε πολλές ομάδες στόχους: τους ίδιους τους αγρότες και τους κατοίκους της προστατευόμενης περιοχής μέχρι και τον τελικό καταναλωτή. Αντίστοιχα, μια προστατευόμενη περιοχή μπορεί να αποτελέσει έναν ποιοτικό τουριστικό προορισμό, που θα βασίζεται στην αξιοποίηση όλων των δυνάμει στοιχείων πλούτου της περιο-

χής (φυσικό κάλλος, οικολογικό ενδιαφέρον, μνημεία και παραδοσιακή αρχιτεκτονική, τοπική μαγειρική και παραδόσεις, φιλοξενία). Ο τουρισμός σε μια προστατευόμενη περιοχή, όμως, δεν μπορεί να αναπτύσσεται όπως σε οποιοδήποτε άλλο θέρετρο. Θα πρέπει να υπόκειται σε συγκεκριμένους κανόνες και όρους, που θα διευκρινίζονται τόσο στο γενικό σχέδιο διαχείρισης της περιοχής που θα ορίζει βασικές αρχές, όσο και σε ένα συγκεκριμένο σχέδιο διαχείρισης επισκεπτών που θα ορίζει, για παράδειγμα, τις προσβάσιμες περιοχές, τον τρόπο πρόσβασης, και ενδεχομένως θα καθορίζει συγκεκριμένα μονοπάτια, διαδρομές, ή ακόμα και περιόδους αποκλεισμού της πρόσβασης.

Σε όλες τις περιπτώσεις, ωστόσο, η διαχείριση μιας περιοχής πρέπει να ασκείται με βάση ένα ολοκληρωμένο σχέδιο, τον καταστατικό χάρτη, δηλαδή, και το απαραίτητο εργαλείο για την ορθολογική και αιεφόρο ανάπτυξη της. Με τα σχέδια διαχείρισης προσδιορίζονται, στο γενικότερο πλαίσιο που θέτει το νομικό κείμενο κήρυξης της κάθε προστατευόμενης περιοχής, οι κατευθύνσεις και οι προτεραιότητες ως προς την εφαρμογή των έργων, δράσεων και μέτρων που απαιτούνται για την αποτελεσματική προστασία και διαχείριση των κατά περίπτωση προστατευόμενων αντικειμένων. Συνοπτικά, το διαχειριστικό σχέδιο μιας προστατευόμενης περιοχής (Μαραγκού 2003):

- Παρέχει μια επιστημονική περιγραφή της περιοχής.
- Προσδιορίζει τους διαχειριστικούς στόχους.
- Επιλύει τις συγκρούσεις λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες της τοπικής κοινωνίας.
- Θέτει προτεραιότητες λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τα βιολογικά και οικολογικά της χαρακτηριστικά και την επιστημονική της αξία, αλλά και την κοινωνική, παιδαγωγική και πολιτιστική της σημασία.
- Προσδιορίζει και περιγράφει τις δράσεις που απαιτούνται προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι με άμεσο, μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές και ευρωπαϊκές στρατηγικές και σχέδια δράσης και θα επιτρέπει διορθωτικές κινήσεις και προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.
- Καθορίζει και περιγράφει το σύστημα παρακολούθησης που θα επιτρέψει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης.
- Διατηρεί τη συνέχεια στη διαχείριση.
- Συνεισφέρει στην εύρεση πόρων προτείνοντας πιθανές πηγές χρηματοδότησης των προτεινόμενων διαχειριστικών μέτρων πέραν της κρατικής επιχορήγησης.

- Αποτελεί απαραίτητο μέσο για την επικοινωνία μέσα στα όρια των προστατευόμενων περιοχών, καθώς και μεταξύ των προστατευόμενων περιοχών αλλά και των διαχειριστικών τους αρχών.
- Αποδεικνύει, τελικά, ότι η διαχείριση είναι αποτελεσματική και αποδοτική.

Το σχέδιο διαχείρισης, που είναι αποτέλεσμα επιστημονικών προσεγγίσεων αλλά και κατανόησης των ιδιοτήτων της κάθε περιοχής, αποσκοπεί στην εκπλήρωση των στόχων της κάθε προστατευόμενης περιοχής. Είναι, δηλαδή, το εργαλείο που επιδιώκει τη διατήρηση, αποκατάσταση και προστασία των σημαντικών οικολογικών χαρακτηριστικών, ενώ εξειδικεύει τους όρους και τις παραμέτρους για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων στην προστατευόμενη περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο ένα σχέδιο διαχείρισης είναι τελικά ένα τοπικό αναπτυξιακό σχέδιο και ως τέτοιο πρέπει, μέσα από δι-αβούλευση, να είναι αποδεκτό από ομάδες με συχνά διαφορετικές και ενίοτε αντικρουόμενες επιδιώξεις όπως οι τοπικές κοινωνίες και αρχές και οι όποιοι άλλοι χρήστες. Έχοντας την πράξη χαρακτηρισμού και το σχέδιο διαχείρισης, μια περιοχή καλύπτει τα τυπικά απαιτούμενα που την καθιστούν προστατευόμενη και μπορούν πλέον να εφαρμοστούν τα απαραίτητα μέτρα που θα διασφαλίσουν την αποτελεσματική προστασία της φύσης.

Νομοθεσία – διεθνής, ευρωπαϊκή και εθνική

Ο ρόλος της νομοθεσίας στην αναγνώριση και την κατοχύρωση των προστατευόμενων περιοχών είναι κομβικός. Πρέπει, όμως, να σημειώσουμε ότι πέρα από τις εξειδικευμένες προβλέψεις της διεθνούς, ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας που παρουσιάζονται παρακάτω, οι προστατευόμενες περιοχές ωφελούνται συνολικά από τις διατάξεις του περιβαλλοντικού δικαίου. Για παράδειγμα, η νομοθεσία που αφορά την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, όπως είναι οι διατάξεις της Οδηγίας-πλαίσιο για το Νερό (2000/60/ΕΚ) που αφορούν στην καλή οικολογική κατάσταση των υδάτινων πόρων, πρέπει να εφαρμοστούν συνολικά στην επικράτεια, άρα και στις προστατευόμενες περιοχές. Παράλληλα, ένα περιβαλλοντικό νομοθέτημα γενικής εφαρμογής, που αφορά, για παράδειγμα, την εκτίμηση των επιπτώσεων έργων και δραστηριοτήτων στο περιβάλλον ή καθορίζει κυρώσεις λόγω περιβαλλοντικής ζημίας, δύναται να θεσπίζει ειδικότερες ρυθμίσεις εάν πρόκειται να επηρεάσει μια προστατευόμενη περιοχή. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σαφές ότι ενώ κάποιοι φορείς έχουν αυξημένη και συγκεκριμένη ευθύνη για τις

προστατευόμενες περιοχές, τελικά η αποτελεσματική διατήρησή τους εξαρτάται από τη συνεργασία και συμβολή πολλών παραγόντων, όπως είναι η τοπική αυτοδιοίκηση, οι πολεοδομικές υπηρεσίες, οι τοπικοί συνεταιρισμοί κ.ο.κ. Η ιδιαιτερότητα των προστατευόμενων περιοχών είναι ότι επιπλέον του ευρύτερου περιβαλλοντικού δικαίου διέπονται και από ειδικότερες διατάξεις που ανταποκρίνονται στον ξεχωριστό χαρακτήρα τους και οι οποίες πρέπει να γίνουν σεβαστές από όλους τους θεσμικούς ή μη εμπλεκόμενους φορείς.

Διεθνές δίκαιο

Η Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα (1992) αποτελεί σήμερα την κορωνίδα της διεθνούς νομικής προστασίας της βιοποικιλότητας και για αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία το γεγονός ότι η Σύμβαση αναγνωρίζει τις προστατευόμενες περιοχές ως ένα από τα πλέον βασικά εργαλεία για την προστασία της βιοποικιλότητας. Με ορίζοντα το 2020, τα κράτη-μέλη της Σύμβασης έχουν θέσει ως παγκόσμιο στόχο τον ορισμό ως προστατευόμενων περιοχών το 17% της χέρσου και το 10% της θάλασσας⁵. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση με τον Ν.2204/1994 «Κύρωση Σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα».

Η Σύμβαση για τους Υγρότοπους Διεθνούς Σημασίας ως Ενδιατημάτων Υδροβίων Πουλίων (Σύμβαση Ραμσάρ, 1971) αποτελεί ένα από τα πρώτα παραδείγματα διεθνούς περιβαλλοντικής συμφωνίας, και πρόκειται για την πρώτη διεθνή σύμβαση που αφορά ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα. Κάθε χώρα-μέρος της Σύμβασης έχει την υποχρέωση να ορίζει τουλάχιστον έναν υγρότοπο Διεθνούς Σημασίας. Η Σύμβαση έχει κυρωθεί από την Ελλάδα με το Ν.Δ.191/20-11-1974 και το νόμο 1950/1991 «για την επικύρωση των τροποποιήσεων της Σύμβασης Ραμσάρ». Οι ελληνικοί Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας (Υγρότοποι Ραμσάρ) είναι δέκα και καλύπτουν έκταση 1.654 τ.χλμ. Σημειώνεται ότι η Ελλάδα, υπογράφοντας και επικυρώνοντας τη Σύμβαση Ραμσάρ, έχει δεσμευτεί για τη διατήρηση και ορθή χρήση όλων των υγρότοπων της χώρας μέσω τοπικών, περιφερειακών και διεθνών δράσεων και συνεργασίας.

Άλλες διεθνείς συμβάσεις που έχει κυρώσει η Ελλάδα οδηγούν στη δημιουργία και θέσπιση επιπλέον προστατευόμενων περιοχών. Συγκεκριμένα, σε εφαρμογή του Πρωτοκόλλου 4 της Σύμβασης της

Βαρκελώνης (1982) για την προστασία των σημαντικών θαλάσσιων και παράκτιων περιοχών και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της Μεσογείου, χαρακτηρίζονται περιοχές ως ειδικά προστατευόμενες. Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει εννέα τέτοιες περιοχές, όπως είναι ο Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς, το Αισθητικό Δάσος της Σκιάθου, το Αισθητικό Δάσος Βάι κ.ο.κ.

Οι Εθνικοί Δρυμοί Ολύμπου και Σαμαριάς έχουν ενταχθεί ως «Αποθέματα Βιόσφαιρας» στο πλαίσιο του προγράμματος της UNESCO «Άνθρωπος και Βιόσφαιρα».

Δεκαέξι περιοχές έχουν χαρακτηριστεί ως βιογενετικά αποθέματα, και έχουν ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Βιογενετικών Αποθεμάτων που θέσπισε το Συμβούλιο της Ευρώπης για τη διατήρηση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων χλωρίδας, πανίδας και φυσικών περιοχών της Ευρώπης. Στις περιοχές περιλαμβάνονται οι πυρήνες έξι Εθνικών Δρυμών, τα Παρθένα Δάση Κεντρικής Ροδόπης και Παρανεστίου, και Φυσικά Μνημεία κυρίως δασικού χαρακτήρα όπως το δάσος Οξιάς Χαϊντού Κούλα, το δάσος αειφυλλων πλατάνων Νήσου Σαπινέντζας κ.ο.κ.

Τέλος, σχετική είναι και η Σύμβαση UNESCO για την προστασία της Παγκόσμιας Κληρονομιάς (1972), με στόχο την προστασία μνημείων ιδιάζουσας πολιτιστικής ή φυσικής σημασίας για την κοινή κληρονομιά της ανθρωπότητας. Ως «φυσική κληρονομιά» θεωρούνται φυσικά μνημεία που αποτελούνται από φυσικούς πόρους ή βιολογικούς σχηματισμούς, γεωλογικοί και φυσιογραφικοί σχηματισμοί και ακριβώς οριοθετημένες περιοχές που αποτελούν ενδιατήματα απειλούμενων ειδών παγκοσμίου αξίας, καθώς και φυσικά τοπία.

Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Η ευρωπαϊκή, ή κοινοτική, νομοθεσία κατέχει σημαντικό ρόλο στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, δημιουργώντας ένα από τα πλέον πρωτοπόρα συστήματα περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Συγκεκριμένα, οι οδηγίες 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας» και 2009/147/ΕΚ «περί της διατήρησης των άγριων πτηνών»⁶ αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της προστασίας της βιοποικιλότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

⁵ Η συγκεκριμένη δέσμευση αποτελεί τον 11ο Στόχο του Στρατηγικού Σχεδίου της Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα για το 2020 που υιοθετήθηκε κατά τη 10η Συνδιάσκεψη της Σύμβασης (Απόφαση X/2. Στρατηγικό Σχέδιο για τη Βιοποικιλότητα 2011-2020, Οκτώβριος 2010. <http://www.cbd.int/sp/targets/>. Πρόσβαση: 8 Απριλίου 2012).

⁶ Η κωδικοποίηση της οδηγίας για τα άγρια πτηνά είναι πρόσφατη (2009), ωστόσο η οδηγία είναι από τις παλαιότερες της ΕΕ σχετικά με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και χρονολογείται από το 1979. Έτσι, είναι γνωστή και ως 79/409/ΕΟΚ.

Η Οδηγία 2009/147/EK⁷ ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την κοινή υπουργική απόφαση (ΚΥΑ) 414985/1985 (ΦΕΚ Β757/1985) και η Οδηγία των Οικοτόπων (92/43/ΕΟΚ) με την ΚΥΑ 33318/3028/98. Ωστόσο, η τυπική ενσωμάτωση μιας Οδηγίας δεν εξασφαλίζει την αποτελεσματική εφαρμογή της, ιδιαίτερα όταν σημειώνονται καθυστερήσεις ή ελλείψεις κατά τη μεταφορά στο εθνικό δίκαιο, οι οποίες έχουν οδηγήσει τη χώρα ενώπιον του Δικαστηρίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΔΕΚ). Σε κάθε περίπτωση, οι δεσμεύσεις που απορρέουν από τις δύο αυτές Οδηγίες ενίσχυσαν σημαντικά τη θεσμική προστασία των προστατευόμενων περιοχών.

Βασική πρόβλεψη της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ είναι η ίδρυση, λειτουργία και προστασία του ευρωπαϊκού οικολογικού δικτύου Natura 2000. Η ολοκλήρωση του δικτύου γίνεται κλιμακωτά, και σε κάθε στάδιο εφαρμογής της Οδηγίας προκύπτουν συγκεκριμένες απαιτήσεις που πρέπει να καλύψουν τα κράτη-μέλη. Συνολικά, η Οδηγία προβλέπει τα ακόλουθα βήματα:

- Απογραφή οικοτόπων και ειδών που εμφανίζονται στους καταλόγους των παραρτημάτων I & II της Οδηγίας, δηλαδή με οικοτόπους και είδη ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος που κινδυνεύουν με εξαφάνιση από την Ευρώπη και για τη διατήρηση των οποίων απαιτεί το χαρακτηρισμό περιοχών ως Τόπων Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ).
- Κατάρτιση εθνικού καταλόγου προτεινόμενων ΤΚΣ, περιοχών δηλαδή προς ένταξη στο δίκτυο Natura 2000.
- Έγκριση του καταλόγου ΤΚΣ ανά βιογεωγραφική περιοχή από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- Θεσμική κατοχύρωση σε εθνικό επίπεδο των ΤΚΣ ως Ειδικών Ζωνών Διατήρησης (ΕΖΔ) εντός μιας εξαετίας από την έγκριση του καταλόγου ΤΚΣ και καθορισμός προτεραιοτήτων διατήρησης (ή αποκατάστασης) καθώς και των αναγκαίων μέτρων διατήρησης (κανονιστικών, διοικητικών και συμβατικών, ενδεχομένως και σχεδίων διαχείρισης) που να ανταποκρίνονται στις οικολογικές απαιτήσεις του εκάστοτε οικοτόπου και που είναι συγκεκριμένα ανά τόπο.

- Επίτευξη ικανοποιητικής κατάστασης διατήρησης των προστατευόμενων ειδών και οικοτόπων και, κατά συνέπεια, των σημαντικών στοιχείων της βιοποικιλότητας της ΕΕ.

Ο χαρακτηρισμός των περιοχών Natura γίνεται βάσει επιστημονικών κριτηρίων που αφορούν την κατάσταση συγκεκριμένων τύπων οικοτόπων και ειδών που είναι σπάνια ή απειλούνται με εξαφάνιση σε ευρωπαϊκό επίπεδο, παρόλο που σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο μπορεί να θεωρούνται «κοινά». Σήμερα (2012), για τα περισσότερα κράτη-μέλη, και για την Ελλάδα, έχει ήδη εγκριθεί ο κατάλογος των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας⁸ που θεωρείται σχεδόν πλήρης για το χερσαίο χώρο, ενώ συνολικά για την ΕΕ έχει ξεκινήσει η διαδικασία επέκτασης του δικτύου Natura 2000 στο θαλάσσιο χώρο. Κατ' επέκταση, οι περισσότερες χώρες βρίσκονται σήμερα στο στάδιο θεσμικής κατοχύρωσης στο εθνικό επίπεδο και του καθορισμού των στόχων διατήρησής τους. Με την ολοκλήρωση του σταδίου αυτού, θα τεθούν σε εφαρμογή τα απαραίτητα μέτρα διαχείρισης που θα οδηγήσουν στην επίτευξη της ικανοποιητικής κατάστασης διατήρησης⁹. Όσον αφορά στην Ελλάδα, η καταληκτική ημερομηνία για τον ορισμό των ΕΖΔ είναι το 2012, έξι χρόνια μετά την έγκριση του καταλόγου των ΤΚΣ. Με την ψήφιση του Ν. 3737/2011 (ΦΕΚ Α160/2011), η χώρα εξασφάλισε τη νομική κατοχύρωση των ΕΖΔ, οι οποίες πλέον θεωρούνται ως τμήμα του εθνικού συστήματος προστατευόμενων περιοχών (αρθ. 5), ενώ εκκρεμεί ο προσδιορισμός των διαχειριστικών μέτρων.

Στο δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνονται και οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) που καθορίζονται από την Οδηγία 2009/147/EK. Συγκεκριμένα, η οδηγία ορίζει ότι για τα είδη του Παραρτήματος I και για τα μεταναστευτικά είδη που δεν περιλαμβάνονται σε αυτό, πρέπει να κατατάσσονται ως ΖΕΠ περιοχές που είναι πιο κατάλληλες σε αριθμό και επιφάνεια για τη διατήρηση των ειδών αυτών στη γεωγραφική θαλάσσια και χερσαία ζώνη στην οποία έχει εφαρμογή η Οδηγία. Ο χαρακτηρισμός των ΖΕΠ γίνεται με επιστημονικά κριτήρια που βασίζονται στον κατάλογο που καθορίζει τις Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά

⁷ Βλέπε προηγούμενη υποσημείωση.

⁸ Για την Ελλάδα: Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2006/613/EK, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L259/1, 21.9.2006.

⁹ Βάσει της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, η κατάσταση διατήρησης κρίνεται ως ικανοποιητική όταν η κατάσταση των πληθυσμών ενός είδους για το οποίο, σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα: α) το είδος εξακολουθεί και μπορεί να εξακολουθεί μακροπρόθεσμα να αποτελεί ζωτικό στοιχείο των φυσικών οικοτόπων στους οποίους ανήκει, β) η περιοχή της φυσικής κατανομής του δεν μεταβάλλεται ούτε υπάρχει κίνδυνος να μειωθεί κατά το προβλεπτό μέλλον και γ) υπάρχει και θα συνεχίσει πιθανώς να υπάρχει ένας οικοτόπος σε επαρκή έκταση ώστε οι πληθυσμοί του να διατηρηθούν μακροπρόθεσμα και όταν η κατάσταση ενός οικοτόπου, για τον οποίο: i) η περιοχή της φυσικής κατανομής του και οι εκτάσεις που περιέχει μένουν σταθερές ή αυξάνονται, ii) η δομή και οι ειδικές λειτουργίες που απαιτούνται για τη μακροπρόθεσμη συντήρησή του υφίστανται και είναι δυνατόν να συνεχίσουν να υφίστανται κατά το προβλεπτό μέλλον και iii) η κατάσταση της διατήρησης των χαρακτηριστικών ειδών κρίνεται ικανοποιητική.

που διαχειρίζεται η διεθνής ορνιθολογική οργάνωση Birdlife International. Ο χαρακτηρισμός δεν ακολουθεί τη διαδικασία των ΕΖΔ, καθώς αρκεί η αποστολή των στοιχείων από το κράτος μέλος στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ωστόσο, και σε αυτήν την περίπτωση, οι περιοχές οφείλουν να ενταχθούν σε ειδικό καθεστώς προστασίας σε εθνικό επίπεδο. Έτσι, ο χαρακτηρισμός προστατευόμενων περιοχών και η νομική τους κατοχύρωση αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας.

Εθνική νομοθεσία

Στην Ελλάδα, η ιστορία της κήρυξης προστατευόμενων περιοχών ουσιαστικά ξεκινά με τον αναγκαστικό νόμο 856/1937 «Περί Εθνικών Δρυμών» και την κήρυξη του Εθνικού Δρυμού Ολύμπου το 1938. Οι πρώτες προστατευόμενες περιοχές ήταν δασικές, και για πολλές δεκαετίες η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος ήταν προϊόν εφαρμογής της δασικής νομοθεσίας. Τα κριτήρια και η διαχείριση των περιοχών υπόκειντο στις προσαγωγές της δασικής επιστήμης, ενώ η εφαρμογή και η υλοποίηση υπάγονταν στη δασική υπηρεσία, η οποία αποτελούσε και το βασικό όργανο της πολιτείας για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Παρά την πολύτιμη συμβολή αυτού του συστήματος στην προστασία της φύσης της Ελλάδας, είναι κατανοητό πλέον ότι απαιτείται μια διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία να αποσκοπεί στη διασφάλιση όλων των πτυχών μιας προστατευόμενης περιοχής.

Ακολουθώντας τις διεθνείς εξελίξεις και αποτελώντας μέρος αυτών, σήμερα το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τις προστατευόμενες περιοχές της χώρας έχει διευρυνθεί και αντλεί, πέρα από την εθνική νομοθεσία, και από το ευρωπαϊκό και το διεθνές δίκαιο, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω. Το νομικό αυτό σύμπλεγμα δημιουργεί στη χώρα υποχρεώσεις που πρέπει να εκπληρώσει, χαρακτηρίζοντας συγκεκριμένες περιοχές ως προστατευόμενες και εφαρμόζοντας μέτρα για την προστασία και διαχείρισή τους.

Όσον αφορά στην εθνική νομοθεσία, ο πρώτος νόμος σχετικά με τις προστατευόμενες περιοχές,

με τη σύγχρονη έννοια, στην Ελλάδα, ήταν ο Ν. 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος». Με το νόμο αυτόν εκφράστηκε και νομοθετικά η επιταγή του άρθρου 24 του Συντάγματος για προστασία του περιβάλλοντος. Το 2011 ένας νέος νόμος για τη «Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις» (Ν.3937/2011, ΦΕΚ Α160/2011) αντικατέστησε πολλές από τις διατάξεις του Ν. 1650/1986 για τις κατηγορίες, το χαρακτηρισμό και τη διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών. Ουσιαστικά, αναθεώρησε εκ βάθρων το εθνικό σύστημα προστατευόμενων περιοχών.

Ο χαρακτηρισμός της εκάστοτε περιοχής βασίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια που αναπτύσσονται στο άρθρο 5 του Ν.3937/2011 (αντικαθιστά το άρθρο 19 του Ν.1650/1986), ενώ στο αρθ. 6 του Ν.3937/2011 ορίζεται η διαδικασία χαρακτηρισμού (αντικαθιστά το άρθρο 21 του Ν.1650/1986) της κάθε περιοχής. Μια από τις βασικές αλλαγές που έφερε ο νέος νόμος είναι ότι η διαδικασία διαφοροποιείται ανάλογα με την κατηγορία προστασίας, έτσι ώστε να μπορούν με τρόπο πιο εύλεκτο να διασφαλιστούν τα πολύτιμα φυσικά χαρακτηριστικά της χώρας. Ο χαρακτηρισμός απαιτεί αιτιολόγηση (κατά περίπτωση ειδική περιβαλλοντική μελέτη ή ειδική έκθεση) και συγκεκριμένη νομική πράξη (Προεδρικό διάταγμα ή απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης).

Οι κατηγορίες προστατευόμενων περιοχών είναι:

- Περιοχές απόλυτης προστασίας της φύσης
- Περιοχές προστασίας της φύσης
- Φυσικά πάρκα: εθνικά ή περιφερειακά πάρκα
- Περιοχές προστασίας οικότοπων και ειδών: ειδικές ζώνες διατήρησης (ΕΖΔ), ζώνες ειδικής προστασίας (ΖΕΠ) ή καταφύγια άγριας ζωής
- Προστατευόμενα τοπία και στοιχεία τοπίου ή προστατευόμενοι φυσικοί σχηματισμοί

Παρά τη σημαντική συμβολή του Ν.1650/1986 στη νομική κατοχύρωση των προστατευόμενων περιοχών, η ουσιαστική εφαρμογή του καθυστέρησε πολλά χρόνια. Πρώτο σημαντικό βήμα αποτέλεσε

Πίνακας 1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα (2012).

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΕΚΤΑΣΗ (τ.χλμ.)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΗΣ ΧΕΡΣΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΧΩΡΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ
ΤΚΣ	241	28.075,12	16,30%	5,70%
ΖΕΠ	202	29.532,30	21,10%	1,40%
Δίκτυο Natura		42.949,60	27,29%	6,12%

ο Ν.2742/1999, «Χωροταξικός σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη & άλλες διατάξεις», ο οποίος παρέχει τις απαραίτητες διατάξεις για την αποσαφήνιση προβλέψεων του Ν.1650, με κυριότερες τις ρυθμίσεις σχετικά με τη λειτουργία και τη διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών. Έτσι, από αυτή την ημερομηνία και ύστερα, ξεκινά πραγματικά η θέσπιση εθνικών πάρκων στην Ελλάδα. Οι προβλέψεις του Ν. 2742/1999 για τη διοίκηση και διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Συγκεκριμένα, προβλέπει την ίδρυση Φορέων Διαχείρισης (ΦΔ) ως νομικών προσώπων ιδιωτικού δικαίου, με συγκεκριμένες αρμοδιότητες οι οποίες εξειδικεύονται στο άρθρο 15, όπως είναι η κατάρτιση και εφαρμογή κανονισμών λειτουργίας και διοίκησης της προστατευόμενης περιοχής, η παρακολούθηση και αξιολόγηση του θεσμικού πλαισίου προστασίας της περιοχής, η συλλογή και επεξεργασία επιστημονικών δεδομένων, η παροχή γνωμοδοτήσεων για την αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, η ενημέρωση και εκπαίδευση σε θέματα σχετικά με το αντικείμενο προστασίας και η προώθηση οικοτουριστικών δράσεων, χορήγηση αδειών επιστημονικής έρευνας κ.ά.

Ο Ν.2742/1999 προβλέπει, επίσης, ότι για μια περιοχή μπορεί να υπάρξουν και εναλλακτικά σχήματα διαχείρισης, κυρίως μέσω της ανάθεσης της διαχείρισης σε ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα, δημόσια ερευνητικά ιδρύματα, άλλα νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου και μη κερδοσκοπικά νομικά πρόσωπα.

Μέχρι σήμερα, μόνο οι προβλέψεις για την ίδρυση Φορέων Διαχείρισης έχουν ενεργοποιηθεί. Συγκεκριμένα, με το Ν.3044/2002 (ΦΕΚ Α197/2002), στο διάστημα 2002-2003, ιδρύθηκαν 25 Φορείς Διαχείρισης που προστέθηκαν στις δύο περιοχές που είχαν ήδη κηρυχθεί ως προστατευόμενες, με βάση τους νόμους 1650/1986 και 2742/1999: το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου και το Εθνικό Πάρκο Σχινιά-Μαραθώνα. Σήμερα οι Φορείς Διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών αριθμούν τους 28. Οι Φορείς Διαχείρισης λειτουργούν ως συλλογικά όργανα διαβούλευσης και συναπόφασης, διοικούνται από επταμελή έως ενδεκαμελή διοικητικά συμβούλια στα οποία υπάρχει εκπροσώπηση από την κεντρική διοίκηση, την περιφερειακή και τοπική αυτοδιοίκηση, καθώς και από μη κυβερνητικές περιβαλλοντικές οργανώσεις. Έχουν αυτονομία σε περιβαλλοντικά ζητήματα αλλά λειτουργούν υπό την εποπτεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

(ΥΠΕΚΑ), και διάφορα θέματα (π.χ. ορισμός προέδρου ΔΣ, έγκριση κανονισμών κ.ά.) υπόκεινται στην έγκριση του Υπουργείου. Οι Φορείς Διαχείρισης προβλέπεται να έχουν επιστημονικό, τεχνικό και διοικητικό προσωπικό και πόρους που προέρχονται από εθνικές και κοινοτικές ή άλλες πηγές, όπως η εκμετάλλευση περιουσιακών στοιχείων ή/και δικαιωμάτων, πωλήσεις, άλλες επιχορηγήσεις κ.ο.κ.

Ο Ν.3937/2011 προσπάθησε να ενσωματώσει στις διατάξεις του κάποιες από τις διατάξεις προγενέστερων νομοθεσιών, και ειδικότερα της δασικής νομοθεσίας. Για παράδειγμα, η διάταξη για τα Καταφύγια Άγριας Ζωής που προβλέπονται από τη δασική νομοθεσία¹⁰ ενσωματώθηκε, αφού τροποποιήθηκε, στο άρθρο 5 του νόμου ως υποκατηγορία των «περιοχών προστασίας οικοτόπων και ειδών». Αντίστοιχα, τα Τοπία Φυσικού Κάλλους του Ν.1465/1950 προβλέπεται να ενταχθούν στην κατηγορία των προστατευόμενων τοπίων του νέου νόμου. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρήθηκε για πρώτη φορά η σταδιακή ενσωμάτωση παλαιότερων διατάξεων σε ένα ενιαίο σύστημα προστατευόμενων περιοχών, αποσκοπώντας στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων που προέκυπταν από την παράλληλη ισχύ δύο διαφορετικών, εν γένει προστατευτικών, νομοθετημάτων.

Τέλος, ένα επιπλέον εργαλείο είναι και η δημιουργία Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ), βάσει του Οικιστικού Νόμου 1337/1983.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η Ελλάδα σήμερα έχει ένα σύγχρονο νομικό πλαίσιο. Παρά την απόπειρα του πρόσφατου νόμου να συστηματοποιήσει τις σχετικές διατάξεις για τις προστατευόμενες περιοχές, γεγονός παραμένει ότι απαιτείται μια κωδικοποίηση της νομοθεσίας που θα παρουσιάζει με ξεκάθαρο και κατανοητό τρόπο όλες τις προβλέψεις της και θα εξασφαλίζει τη συνεργασία και το συντονισμό των αρμόδιων υπηρεσιών και φορέων.

Αποτελεσματικότητα διαχείρισης των προστατευόμενων περιοχών στην Ελλάδα

Η θεσμοθέτηση μιας προστατευόμενης περιοχής, μετά και από τις διαδικασίες διαβούλευσης, αποτελεί την επιλογή μιας κοινωνίας που ως σύνολο αποφάσισε για την ανάγκη διαφύλαξης της φυσικής της κληρονομιάς. Η επιτυχία, όμως, αυτής της

¹⁰ Ν.2637/1998 (ΦΕΚ 200 Α/27.08.1998), άρθρο 57.

επιλογής, η αποτελεσματική διαχείριση, δηλαδή, της περιοχής ώστε να καταστεί δυνατή η διατήρηση των οικολογικά σημαντικών χαρακτηριστικών της και της κοινής μας φυσικής κληρονομιάς είναι μια μεγάλη πρόκληση, η οποία απαιτεί τη συνεργασία και το συντονισμό τοπικών και κεντρικών υπηρεσιών και πολλών επιπέδων διοίκησης, καθώς και τη συμμετοχή της κοινωνίας των πολιτών. Χρειάζεται η ύπαρξη μιας εθνικής στρατηγικής διατήρησης η οποία, με τη σειρά της, προϋποθέτει σχεδιασμό σε επίπεδο χώρας, νομιμοποίηση, ενημέρωση, εφαρμογή και αξιολόγηση (Apostolopoulou and Pantis 2009).

Το πρώτο βήμα για την προστασία των ευαίσθητων περιοχών συντελείται με την υπαγωγή τους σε κάποιο νομικά κατοχυρωμένο καθεστώς. Αρχικά και ως ένα βαθμό, η ύπαρξη ενός σαφούς νομοθετικού πλαισίου, ακόμη και με ελλιπή εφαρμογή, μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά για παράνομες δραστηριότητες (WWF International 2004). Περιοχές μπορεί να έχουν διαφορετικούς χαρακτηρισμούς προστασίας, όπως απορρέουν από διαφορετικά επίπεδα προστασίας (εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές). Για παράδειγμα, η περιοχή των Πρεσπών είναι Εθνικός Δρυμός, υγρότοπος Ραμσάρ, περιοχή του δικτύου Natura 2000, ενώ έχει εκδοθεί και ΚΥΑ χαρακτηρισμού της ως Εθνικού Πάρκου. Το γεγονός αυτό δεν θα έπρεπε να προβληματίζει αλλά να αποτελεί έναυσμα για τον ορθό σχεδιασμό, έτσι ώστε οι μορφές διαχείρισης να λαμβάνουν υπόψη όλες τις υποχρεώσεις της χώρας. Κάθε διαφορετικό καθεστώς παρέχει υποχρεώσεις διαφορετικής βαθμίδας, που μπορεί να είναι νομικά δεσμευτικές ή να προβλέπουν κάποιου τύπου ηθική ή συναινετική δεσμευση. Για παράδειγμα, οι προβλέψεις των ευρωπαϊκών οδηγιών θέτουν συγκεκριμένες υποχρεώσεις επίτευξης απτών αποτελεσμάτων, οι οποίες, αν δεν τηρηθούν, οδηγούν μια χώρα στο ευρωπαϊκό δικαστήριο ή ακόμα και στην επιβολή οικονομικών κυρώσεων. Εξίσου, ωστόσο, αποτελεσματικά για τη συμμόρφωση των χωρών με τις υποχρεώσεις τους είναι και εργαλεία όπως η αρνητική δημοσιότητα και η διάχυση της πληροφορίας σχετικά με τη συμπεριφορά τους αλλά και η παροχή κινήτρων όπως η δημιουργία δικτύων συνεργασί-

ας και ανταλλαγής απόψεων (Trubek and Trubek 2005). Καμία χώρα δεν επιθυμεί τη διεθνή κατακραυγή ακόμα κι αν αυτή δεν έχει άμεσες νομικές συνέπειες, όπως είναι η περίπτωση του καταλόγου Μοντρέ της Σύμβασης Ραμσάρ, στον οποίο περιλαμβάνονται οι υγρότοποι διεθνούς σημασίας όπου συνέβησαν, συμβαίνουν ή πρόκειται πιθανά να συμβούν δυσμενείς και ανησυχητικές αλλαγές στην οικολογική τους κατάσταση.

Στην Ελλάδα, παρά την ύπαρξη των διαφορετικών αυτών νομικών καθεστώτων, η κατάσταση εφαρμογής της νομοθεσίας για τις προστατευόμενες περιοχές κρίνεται ιδιαίτερα προβληματική. Το πρώτο Εθνικό Πάρκο με Φορέα Διαχείρισης ιδρύθηκε το 1999, 13 χρόνια¹¹ μετά την ψήφιση του Ν.1650/1986, ενώ η θεσμοθέτηση των πρώτων Φορέων Διαχείρισης έγινε κατόπιν πίεσεων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Επρόκειτο για ένα αναμφίβολα θετικό αλλά, παρόλα αυτά, ανεπαρκές μέτρο, καθώς δεν συνοδεύτηκε από την έκδοση των πράξεων χαρακτηρισμού με τις οποίες οριοθετούνται οι περιοχές και καθορίζονται οι ζώνες και οι επιτρεπόμενες δραστηριότητες. Το κενό αυτό προσπάθησε να καλυφθεί με την εφαρμογή του Ν.2742/1999, όταν υπεγράφησαν σποραδικά κοινές υπουργικές αποφάσεις (ΚΥΑ) για την οριοθέτηση Εθνικών Πάρκων και τη συγκρότηση διοικητικών συμβουλίων Φορέων Διαχείρισης. Η πρακτική, όμως, έκδοσης ΚΥΑ, που είχε σκοπό την ταχύτερη θεσμική κατοχύρωση των περιοχών και την υλοποίηση κάποιων πρώτων μέτρων διαχείρισης, ήταν προβληματική, όπως διαφάνηκε και από δύο ακυρωτικές αποφάσεις του Συμβουλίου της Επικρατείας¹², το οποίο έκρινε ότι, όπως προβλέπει ο Ν.1650/1986, ο χαρακτηρισμός μιας περιοχής πρέπει να γίνει με προεδρικό διάταγμα και όχι με κοινή υπουργική απόφαση. Επιπλέον, τη στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές, εννέα από τις περιοχές που έχουν Φορέα Διαχείρισης δεν διαθέτουν θεσπισμένο καθεστώς προστασίας¹³. Συνολικά, η όλη διαδικασία έχει αντιμετωπιστεί περισσότερο ως μια προσπάθεια αποφυγής κυρώσεων και γραφειοκρατικής εφαρμογής των Κοινοτικών Οδηγιών και λιγότερο ως μια συνειδητή επιλογή προστασίας της βιοποικιλότητας (Νάντσου 2007, Apostolopoulou

¹¹ Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου - ΕΘΠΖ (ΦΕΚ 906Δ/22.12.1999).

¹² Αποφάσεις ΣτΕ 3595/2007 (ακύρωση της πράξης χαρακτηρισμού της λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων ως περιοχής οικοανάπτυξης) και ΣτΕ 3290/2009 (ακύρωση της ΚΥΑ χαρακτηρισμού του Δέλτα Έβρου ως εθνικού πάρκου).

¹³ Οι εννέα περιοχές με Φορέα Διαχείρισης για τις οποίες εκκρεμεί έκδοση πράξης χαρακτηρισμού και οριοθέτησης: Εθνικό Πάρκο Δρυμού Αίνου, Εθνικό Πάρκο Δρυμού Οίτης, Εθνικό Πάρκο Δρυμού Παρνασσού, Εθνικό Πάρκο Δρυμού Ολύμπου, Εθνικό Πάρκο Δρυμών Σαμαριάς και Λευκών Ορέων, Εθνικό Πάρκο Δρυμού Πάρνηθας (το εκδοθέν Προεδρικό Διάταγμα αφορά καθορισμό ζωνών του ορεινού όγκου και όχι του Εθνικού Πάρκου βάσει του Ν.1650/1986), Περιοχή Οικοανάπτυξης Ολύμπου Καρπάθου-Σαρίας, Περιοχή Οικοανάπτυξης Κάρλας-Μαυροβουνίου-Κεφαλόβρυσου Βελεστίνου, Περιοχή Οικοανάπτυξης Όρους Πάρνωνας και Υγρότοπου Μουστού. Για τις υπόλοιπες περιοχές με φορέα διαχείρισης, για τις οποίες έχει εκδοθεί ΚΥΑ θα πρέπει παρόλ' αυτά να εκδοθούν προεδρικά διατάγματα.

and Pantis 2009). Ως εκ τούτου, 25 χρόνια μετά την ψήφιση του κυριότερου νόμου για την προστασία του περιβάλλοντος, το εθνικό σύστημα των προστατευόμενων περιοχών ακόμη χρειάζεται θεσμική, νομική και πολιτική θωράκιση, ιδιαίτερα στο τοπικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, τα βασικά κριτήρια του ορισμού των προστατευόμενων περιοχών που αφορούν την αναγνώριση, τον σαφή γεωγραφικό καθορισμό και τη δέσμευση, δεν έχουν εκπληρωθεί επαρκώς στη χώρα μας.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι οι φορείς διαχείρισης καλύπτουν μόνο το 29% της συνολικής έκτασης των περιοχών του Δικτύου Natura της χώρας, γεγονός που σημαίνει ότι το υπόλοιπο 70% των περιοχών Natura προς το παρόν δεν εμπίπτει σε κάποιο σχήμα διαχείρισης που θα εξασφαλίσει την επίτευξη της ικανοποιητικής κατάστασης διατήρησης. Λόγω της ελλιπούς προστασίας των βιότοπων της χώρας και της ανεπαρκούς εφαρμογής της σχετικής με τη βιοποικιλότητα κοινοτικής νομοθεσίας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει κινήσει επανειλημμένως τη διαδικασία παράβασης κατά της Ελλάδας (Πίνακας 2).

Λόγω της ελλιπούς εφαρμογής των απαιτήσεων της νομοθεσίας, πολλές «προστατευόμενες» περιοχές παραμένουν απλώς «στα χαρτιά», χωρίς καμία απολύτως πρόβλεψη ή εφαρμογή διαχειριστι-

κών μέτρων. Χαρακτηριστικό είναι, ίσως, το παράδειγμα του καταλόγου του Μοντρέ, της «μαύρης λίστας» υγρότοπων Ραμσάρ. Ο κατάλογος καταρτίστηκε για πρώτη φορά το 1990 και σήμερα περιλαμβάνει 48 Υγρότοπους Διεθνούς Σημασίας¹⁴. Η Ελλάδα είχε ορίσει υγρότοπους Ραμσάρ από το 1975, αλλά δεν είχε λάβει άλλα μέτρα (θεσμική κατοχύρωση, σαφή όρια, δράσεις διαχείρισης κ.λπ.), με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η οικολογική τους κατάσταση και το 1990 να περιληφθούν όλοι στον νεοσυσταθέντα, τότε, κατάλογο Μοντρέ. Ακόμη και σήμερα, επτά από τους δέκα ελληνικούς υγρότοπους Ραμσάρ παραμένουν στον κατάλογο Μοντρέ, λόγω ανεπαρκούς διαχείρισης και οικολογικής υποβάθμισης.

Η ισχύς και η μακροπρόθεσμη χρησιμότητα ενός νομικού καθεστώτος εξαρτάται από την εφαρμογή του, η οποία προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιου αναγνωρισμένου σχήματος διαχείρισης και την εξασφάλιση της κοινωνικής συναίνεσης. Οι δύο αυτές προϋποθέσεις είναι οργανικά συναρτημένες. Η κοινωνική συναίνεση μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από την ενημέρωση, την πειθώ και την απόκτηση της εμπιστοσύνης των τοπικών κοινωνιών, χαρακτηριστικών δηλαδή που δεν αναπτύσσονται τυχαία, σποραδικά, ή από απόσταση. Η έλλειψη μιας επίσημης και διαφανούς διαδικα-

Πίνακας 2. Ενδεικτικές πρόσφατες καταδίκες της Ελλάδας από το Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΔΕΚ) σχετικά με την ορθή εφαρμογή της Οδηγίας «για την διατήρηση των αγρίων πτηνών» (2009/147/ΕΚ, πρώην 79/409/ΕΟΚ).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΘΕΣΗΣ (Ημερομηνία καταδίκης)	ΥΠΟΘΕΣΗ
C-259/08 (15-1-2009)	Μη θέσπιση όλων των αναγκαίων μέτρων για να ενσωματώσει πλήρως ή/και ορθώς στο ελληνικό δίκαιο τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τα άρθρα 3§1&§2, 4§1, 5 και 8§1, της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ «περί της διατήρησης των αγρίων πτηνών».
C-293/07 (11-12-2008)	Η Ελλάδα, κατά παράβαση των άρθρων 4§1&2, της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ «περί της διατήρησης των αγρίων πτηνών», σε συνδυασμό με το άρθρο 4§4, της εν λόγω οδηγίας, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 6§2-4, της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας», δεν έχει καθορίσει μέτρα που θα διασφαλίσουν την οριζόντια νομική και θεσμική προστασία των Ζωνών Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ).
C-334/04 (25-10-2007)	Οι ελληνικές αρχές είχαν υποχρέωση να καθορίσουν 186 ΖΕΠ. Όμως, καθόρισαν λιγότερες (151), ενώ σε πολλές περιπτώσεις η προστατευόμενη επιφάνεια είναι μικρότερη και δεν καλύπτει όλα τα είδη πτηνών. Σε συνέχεια της καταδίκης, η Ελλάδα απέστειλε 12 νέες περιοχές, αύξηση που κρίθηκε ανεπαρκής. Με την απειλή δεύτερης καταδίκης και της επιβολής προστίμου, το ΥΠΕΚΑ απέστειλε έναν πιο ολοκληρωμένο κατάλογο που περιλαμβάνει 42 νέες ΖΕΠ και επεκτάσεις και συγχωνεύσεις υφιστάμενων ΖΕΠ το 2010. Αναμένεται τελική έκβαση της υπόθεσης.

¹⁴ The Montreux Record. Ramsar Convention. http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-montreux-montreux-record/main/ramsar/1-31-118%5E20972_4000_0_. Τελευταία πρόσβαση: 4 Απριλίου 2012.

σίας επίλυσης διαφωνιών ενισχύει τις προκαταλήψεις και την αδιαφορία (Apostolopoulou and Pantis 2009). Η συμφωνία της κοινωνίας και η ορθή διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών απαιτεί την ύπαρξη ειδικών σχημάτων με συνεχή και συνεπή παρουσία στην κάθε περιοχή, με διεισθημονική στελέχωση και τοπική γνώση, που θα στηρίζουν ουσιαστικά και πρακτικά το θεσμό των προστατευόμενων περιοχών μέσα από την καθημερινή λειτουργία τους.

Σε κάθε περίπτωση, και όποιο και αν είναι το σχήμα διαχείρισης, είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί ότι αυτό θα είναι λειτουργικό. Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματική εφαρμογή της διαχείρισης είναι η στελέχωση των σχημάτων διαχείρισης με το απαραίτητο και κατάλληλα καταρτισμένο διοικητικό και επιστημονικό δυναμικό, και η επιχειρησιακή τους ικανότητα, η ύπαρξη ή η απουσία ικανοποιητικής και σταθερής χρηματοδότησης, πολιτικής βούλησης και κυβερνητικής δέσμευσης, οι δυσκαμψίες του νομοθετικού πλαισίου, καθώς και η άνιση κατανομή της δύναμης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παράλληλα, δεν πρέπει να αγνοείται το γεγονός ότι για να γίνουν ορατά τα αποτελέσματα των διαχειριστικών δράσεων απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα που, με τη σειρά του, μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία (Τογρίδου 2006).

Οι προστατευόμενες περιοχές με Φορέα Διαχείρισης στην Ελλάδα κινήθηκαν στα πρώτα τους βήματα χωρίς σχέδιο διαχείρισης ή σαφείς στόχους που να εντάσσονται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο για κάθε περιοχή. Μέχρι σήμερα, οι Φορείς Διαχείρισης υπολειτουργούν, καθώς δεν διαθέτουν επαρκές ή/και κατάλληλο προσωπικό, έχουν ελλιπή ή αποσπασματική χρηματοδότηση και, το κυριότερο, δεν ήταν πάντα σαφής η πολιτική βούληση για τη στήριξή τους. Συγκεκριμένα, η χρηματοδότηση εξαρτάται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τις ευρωπαϊκές χρηματοδοτήσεις. Ενδεικτικά, για την πλειονότητα των Φορέων, η ολοκλήρωση της σύνταξης σχεδίων διαχείρισης προγραμματίστηκε να ολοκληρωθεί εντός της περιόδου υλοποίησης του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς 2007-2013. Δηλαδή, η συστηματική διαχείριση βάσει σχεδίου και σχετικού προγραμματισμού ενδέχεται να ξεκινήσει σε κάποιες από τις προστατευόμενες περιοχές της χώρας κατά τη διάρκεια της τρίτης θητείας των διοικητικών συμβουλίων των Φορέων Διαχείρισης. Ωστόσο, ακόμα και αν τηρηθεί αυτό το χρονοδιάγραμμα, δεν θα καλύψει τις συνολικές ανάγκες οργάνωσης δράσεων δια-

χείρισης στις (υπόλοιπες) περιοχές του δικτύου Natura 2000 και, γενικά, για τη διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών χωρίς ΦΔ.

Για τα δάση αλλά και για όσες προστατευόμενες περιοχές ιδρύθηκαν με βάση το Δασικό Κώδικα (ΝΔ 86/69 - Εθνικοί Δρυμοί, αισθητικά δάση) προβλέπεται διαχείριση δεσμευτικά στη βάση δασοπονικών ή διαχειριστικών σχεδίων (μόνιμων ή προσωρινών) και εκθέσεων¹⁵. Το υφιστάμενο πλαίσιο προδιαγραφών εκπόνησης των μελετών αυτών ρυθμίζεται κυρίως από τις ακόλουθες δυο εγκυκλίους του πρώην Υπουργείου Γεωργίας: α) 10223/958/1953 «Οδηγία επί της συντάξεως των διαχειριστικών εκθέσεων των δημοσίων και μη δασών» και β) 158072/1120/1965 «Προσωρινά πρότυποι τεχνικά προδιαγραφά εργασιών συντάξεως δασοπονικών και λοιπών μελετών δασών και δασικών εκτάσεων». Πρόκειται για ένα σύστημα προδιαγραφών σαφώς προσανατολισμένο στις δασοπονικές διαχειριστικές εκθέσεις σύμφωνα με τις αντιλήψεις και τις συνθήκες των δεκαετιών '50 και '60. Οι δασοπονικές μελέτες περιορίζονται στον καθορισμό του ετήσιου λήμματος και δεν αποτελούν, δηλαδή, πραγματικά διαχειριστικά σχέδια με το σύγχρονο ορισμό, ώστε να διασφαλίζουν την ολοκληρωμένη προστασία μιας οικολογικά σημαντικής περιοχής. Από τις προδιαγραφές εκπόνησής τους απουσιάζει χαρακτηριστικά η συνολική περιγραφή της περιοχής, η οικολογική προσέγγιση του δάσους ως φυσικού οικοσυστήματος και συστήματος ανανεώσιμων φυσικών πόρων και, το κυριότερο, η στοχοθέτηση και ο σχεδιασμός με βάση το σύνολο των καλύψεων και των χρήσεων γης εντός των δασών και κυρίως η ρύθμιση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων του οικοσυστήματος.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι παρά τις αντίξοες συνθήκες, σε κάποιες προστατευόμενες περιοχές όπως είναι τα Εθνικά Πάρκα Πρεσπών, Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου, Λίμνης Κερκίνης, και στο Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Βορείων Σποράδων, περιβαλλοντικές οργανώσεις με την ελάχιστη συνδρομή της ελληνικής πολιτείας έχουν κατορθώσει, σε συνεργασία με τις τοπικές κοινωνίες, να επιτύχουν κάποιο βαθμό διαχείρισης. Τα συγκεκριμένα αυτά παραδείγματα επί της ουσίας λειτουργούν ως οι εξαιρέσεις που επιβεβαιώνουν τον κανόνα, που στην συγκεκριμένη περίπτωση αναδεικνύουν ότι άλλη μια πτυχή του ορισμού των προστατευόμενων περιοχών που απαιτεί τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων διαχείρισης δεν καλύπτεται επαρκώς.

¹⁵ Προβλέπονται, επίσης, «Πίνακες υλοτομίας» και «Δασικές απαγορευτικές διατάξεις».

Μια ακόμη σημαντική προϋπόθεση, προκειμένου να είναι αποτελεσματικό το εργαλείο των προστατευόμενων περιοχών, είναι η ύπαρξη μηχανισμών συντονισμού και εποπτείας που μεριμνούν συνολικά για την ενίσχυση του νομικού πλαισίου, την εξεύρεση και διάθεση των απαιτούμενων πόρων, την κατάρτιση των στελεχών και όσων λαμβάνουν αποφάσεις, την ανάπτυξη και λειτουργία υποδομών και τη δημιουργία επαρκούς διοικητικής δομής. Η ανάγκη διαμόρφωσης τέτοιων μηχανισμών έγινε εμφανής πολύ νωρίς στην ιστορία των προστατευόμενων περιοχών. Διεθνώς, ο πρώτος φορέας συντονισμού εμφανίστηκε το 1911 στον Καναδά, ενώ πέντε χρόνια αργότερα, στις ΗΠΑ συστάθηκε η Εθνική Υπηρεσία Πάρκων, η οποία και συνεχίζει να παίζει βασικό ρόλο στη διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών.

Στην Ελλάδα, όσο η θεσμοθέτηση προστατευόμενων περιοχών βασιζόταν στη δασική νομοθεσία, το σημαντικό ρόλο του συντονιστή είχε η δασική υπηρεσία. Με τη δομή της που έχει παρουσία σε τοπικό επίπεδο αλλά και εποπτικό κεντρικό ρόλο μπόρεσε για πολλές δεκαετίες να λειτουργήσει καταλυτικά για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της χώρας. Όταν η εθνική νομοθεσία προσαρμόστηκε στα νέα δεδομένα και ενσωμάτωσε την περιβαλλοντική διάσταση δημιουργώντας νέες δομές, και ιδιαίτερα μετά την ίδρυση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων το 1985, η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος διχοτομήθηκε. Κάποιοι αρμοδιότητες διατήρησε το Υπουργείο Γεωργίας και η δασική υπηρεσία και άλλες ανέλαβε το νέο, τότε, Υπουργείο. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ενώ το δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνει και τις ΖΕΠ, το ΥΠΕΧΩΔΕ, που είχε αναλάβει την Οδηγία των Οικότοπων, δεν είχε ουσιαστικό ρόλο στην παρακολούθηση της εφαρμογής της Οδηγίας για τα Πουλιά. Επιπλέον, ενώ γίνονταν προσπάθειες συγκρότησης ενός εθνικού συστήματος προστατευόμενων περιοχών, οι δασικές προστατευόμενες περιοχές και ειδικά οι εθνικοί δρυμοί δεν πληρούσαν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την υπαγωγή τους σε αυτό, και αντιμετωπίζονταν ως χωριστές περιοχές. Τα σημαντικά αυτά προβλήματα συντονισμού κλήθηκε να επιλύσει το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, το οποίο συστάθηκε το 2009 και πλέον έχει περιλάβει στις αρμοδιότητές του και τα δάση.

Η ορθή διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών απαιτεί, τέλος, την αντιμετώπισή τους στο πλαίσιο ενός ενιαίου συστήματος το οποίο επιτρέπει τη θέσπιση εθνικών προτεραιοτήτων διαχείρισης, διευκολύνει την περιβαλλοντική ενσωμάτωση, βοηθά στην προσέλκυση χρηματοδότησης αλλά και στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των

διαθέσιμων πόρων. Επιπλέον, η συστημική προσέγγιση, αντίθετα με την *ad hoc* και ανά περιοχή, οδηγεί τελικά σε μεγαλύτερη συμμετοχή και περιορισμένες συγκρούσεις με τους διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς. Σύμφωνα με το Ν.2742/1999 (άρθρο 17), τον κομβικό ρόλο του συντονιστή του εθνικού συστήματος των προστατευόμενων περιοχών έχει αναλάβει η Επιτροπή Φύση καθώς «ενεργεί και ως Εθνική Επιτροπή Προστατευόμενων Περιοχών, με σκοπό το συντονισμό, την παρακολούθηση και αξιολόγηση των διαδικασιών προγραμματισμού, οργάνωσης και λειτουργίας του Εθνικού Συστήματος Διοίκησης και Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών». Θα πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι η Επιτροπή Φύση δεν έχει λειτουργήσει με τρόπο που να της επιτρέπει να διαδραματίσει το σημαντικό της ρόλο, ενώ ήταν σε απραξία από το 2004 ως το Μάιο του 2010, οπότε επανασυγκροτήθηκε σε σώμα.

Το σχεδιασμό σε επίπεδο συστήματος προστατευόμενων περιοχών ζητεί επίσης το Άρθρο 8 της Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα. Η συγκρότηση και λειτουργία ενός Εθνικού Συστήματος Προστατευόμενων Περιοχών απαιτεί την κατάρτιση στρατηγικού σχεδίου, υποχρέωση που, ως την περίοδο συγγραφής του παρόντος, η Ελλάδα δεν έχει εκπληρώσει, αν και κύρωσε τη Σύμβαση το 1994. Η κατάρτιση εθνικής στρατηγικής για τη βιοποικιλότητα περιλαμβάνεται πάντως στο Ν.3937/28.3.2011 «Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις» (άρθρο 17). Η διαδικασία είναι σε εξέλιξη και στην υπό κατάρτιση Εθνική Στρατηγική περιλαμβάνονται στόχοι σχετικοί με την αποτελεσματική προστασία και διαχείριση των προστατευόμενων περιοχών.

Τα προβλήματα συντονισμού δεν αφορούν, ωστόσο, μόνο την κεντρική διοίκηση. Σε τοπικό επίπεδο, επίσης, η διαχείριση μιας προστατευόμενης περιοχής προϋποθέτει την εποπτεία και τη φύλαξη της, ώστε να ελέγχεται η τήρηση των κανόνων και των όρων που θα διασφαλίσουν την προστασία των φυσικών χαρακτηριστικών της. Όμως, ενώ οι φύλακες των Φορέων Διαχείρισης επωμίζονται, μετά το 2002, την εποπτεία των προστατευόμενων περιοχών, δεν έχουν θεσμικά αρμοδιότητα διενέργειας ελέγχων αλλά και άμεσης επιβολής κυρώσεων και προστίμων όταν διαπιστώσουν κάποια παράνομη πράξη. Αυτό το δικαίωμα το διατηρεί η Δασική Υπηρεσία, η οποία όμως λόγω ελλείψεων προσωπικού και εξοπλισμού αδυνατεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά. Στις θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές τη φύλαξη αναλαμβάνει το Λιμενικό Σώμα. Επιπλέον, η συνεργασία των υπηρεσιών και ο μεταξύ τους συντονισμός μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί ακανθώδης και, τελικά, εξαιρετικά αναποτελεσματική.

Παρά τα σημαντικά προβλήματα στην ουσιαστική προστασία των προστατευόμενων περιοχών, υπάρχει ένα παράδειγμα που δίνει κουράγιο και δείχνει τις μεγάλες δυνατότητες που εμπεριέχει η προστασία του φυσικού πλούτου. Στις 2 Φεβρουαρίου 2010, Παγκόσμια Ημέρα Υγροτόπων, οι υπουργοί Περιβάλλοντος Ελλάδας, Αλβανίας και της Πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της Μακεδονίας και ο Ευρωπαίος Επίτροπος Περιβάλλοντος συνυπέγραψαν Συμφωνία για την Προστασία και Αειφόρο Ανάπτυξη του Πάρκου Πρεσπών. Της υπογραφής είχε προηγηθεί κοινή ανακοίνωση των Πρωθυπουργών των τριών χωρών το Νοέμβριο 2009. Δέκα χρόνια από την υπογραφή πρωθυπουργικής κοινής διακήρυξης για την ίδρυση του Διασυνοριακού Πάρκου Πρεσπών (2000), η δεσμευτική αυτή συμφωνία κατοχυρώνει θεσμικά και νομικά μια πρωτοβουλία που έχει αποτελέσει παράδειγμα σταθερής διακρατικής περιβαλλοντικής συνεργασίας γύρω από τις θεσμοθετημένες εθνικά και διεθνώς προστατευόμενες περιοχές.

Συμπεράσματα

Η προστασία της βιοποικιλότητας, όπως και συνολικά του περιβάλλοντος, αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα που βασίζεται στη δημιουργική σύνθεση της επιστήμης, της νομοθεσίας και της πολιτικής. Ενεργή συμμετοχή έχουν πολλοί εμπλεκόμενοι φορείς, ενώ ο ρόλος των τοπικών κοινωνιών είναι καθοριστικός. Η παραπάνω παρουσίαση της λειτουργίας του εθνικού συστήματος των προστατευόμενων περιοχών της Ελλάδας φανερώνει την αδυναμία της χώρας να υιοθετήσει αυτή τη δυναμική που απαιτεί την ενσωμάτωση ευέλικτων επιλογών, έχοντας, ωστόσο, πάντα ως σταθερό σκοπό την προστασία της βιοποικιλότητας. Η αδυναμία αυτή κινδυνεύει να οδηγήσει σε υποβάθμιση, οικολογικά, σημαντικές περιοχές που αποτελούν το φυσικό κεφάλαιο της χώρας. Αναγνωρίζοντας ότι σε μεγάλο βαθμό η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των προστατευόμενων περιοχών εξαρτάται από τη μετάβαση της χώρας σε ένα μοντέλο αειφορικής ανάπτυξης, το μέλλον δεν είναι ακόμα προκαθορισμένο. Μέχρι σήμερα οι καθυστερήσεις ήταν σημαντικές, αλλά πολλές πρόσφατες εξελίξεις, όπως η ίδρυση του πρώτου ανεξάρτητου Υπουργείου Περιβάλλοντος της χώρας και η αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου με το Ν.3937 «Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις», δίνουν έναν τόνο αισιοδοξίας.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Καζόγλου, Ι., Β. Παπαναστάσης, Γ. Κατσαδωράκης, Μ. Μαλακού, Ι. Μαρίνος, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Λαμπρινού, και Η. Αποστολίδης. 2001. Μελέτη για την αποκατάσταση και διαχείριση των υγρών λιβαδιών στη λίμνη Μικρή Πρέσπα. Εταιρία Προστασίας Πρεσπών, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.

Μαραγκού, Π. 2003. Οι προστατευόμενες περιοχές του 21ου αιώνα: Η πορεία από τα περιφραγμένα καταφύγια στην αρμονική συνύπαρξη ανθρώπου και φύσης. Σελ. 35-70 στο Δ. Καραβέλλας, Γ. Κατσαδωράκης, Π. Μαραγκού, Θ. Νάντσου, Ε. Σβορώνου. Διαχείριση Προστατευόμενων Περιοχών: Οδηγός Ορθής Πρακτικής. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων & WWF Ελλάς. Αθήνα.

Νάντσου, Θ. 2007. Οι πολιτικές περιπέτειες της προστασίας της βιοποικιλότητας στην Ελλάδα. Από τους Εθνικούς Δρυμούς στο δίκτυο Natura 2000. Σελ. 337-345 στο R. Primack, Γ. Διαμαντόπουλος, Μ. Αριανούτσου, Δ. Δανηλίδης, Σ. Βαλάκος, Π. Παφίλης, Ι. Δ. Παντής. Διατήρηση και προστασία της βιοποικιλότητας. Εκδόσεις Αεΐ. Αθήνα.

Παπαγιάννης, Θ., και Π. Μαραγκού. 2001. Μεσογειακοί υγρότοποι και άλλες προστατευόμενες περιοχές. Σελ. 149-168 στο Μ. Μοδινός, επιμ. έκδοσης. Η οικογεωγραφία της Μεσογείου. Στοχαστής, Αθήνα.

Τογριδίου, Α. 2006. Ολοκληρωμένη διαχείριση προστατευόμενων περιοχών: Η περίπτωση του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Ζακύνθου. Διδακτορική διατριβή, Τομέας Οικολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών επιστημών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

WWF Ελλάς. 2005-2009. Δεσμεύσεις χωρίς εφαρμογή: Η περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ελλάδα. Ετήσιες εκθέσεις 2005-2009. Αθήνα.

WWF Ελλάς, Συνήγορος του Πολίτη. 2009. Οδηγός για το περιβάλλον: Νομικός Οδηγός. Αθήνα.

WWF Ελλάς. 2010-2011. Δεσμεύσεις για εφαρμογή: Η περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ελλάδα. Ετήσιες εκθέσεις 2010-2011. Αθήνα.

WWF Ελλάς, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία και Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού. 2009. Ελληνικοί Υγρότοποι Ραμσάρ: Αξιολόγηση Προστασίας και Διαχείρισης. Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Apostolopoulou, E., and J.D. Pantis. 2009. Conceptual gaps in the national strategy for the im-

plementation of the European Natura 2000 conservation policy in Greece. *Biological Conservation* 142:221-237.

Coad, L., N. Burgess, L. Fish, C. Ravillious, C. Corrigan, H. Pavese, A. Granziera, and Ch. Besançon. 2008. Progress towards the Convention on Biological Diversity terrestrial 2010 and marine 2012 targets for protected area coverage. *PARKS*, Vol. 17(2): 35-42. http://www.unep-wcmc.org/protected_areas/docs/2009PACoverage.pdf. Accessed on 4 April 2011.

Davey, A. G. 1998. National System Planning for Protected Areas. IUCN, World Commission on Protected Areas. Best practice protected area guidelines series No. 1. Series Editor A. Phillips. Gland, Switzerland.

Dudley, N. (ed.). 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN. Gland, Switzerland.

Gatzogiannis, S., and K. Poirazidis. 2010. The Dardia forest complex: stand development and forest management. Pages 95-102 in G. Catsadorakis, and H. Källander, editors. *The Dardia-Lefkimi-Soufli Forest National Park, Greece: Biodiversity, Management and Conservation*. WWF Greece, Athens.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2008. *Protected Areas in Today's World: Their Values and Benefits for the Welfare of the Planet*. Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 36.

Trubek, D.M., and L.G. Trubek. 2005. Hard and soft law in the construction of social Europe: the role of the open method of co-ordination. *European Law Journal* 11: 343-364.

WWF International. 2004. *Are protected areas working? An analysis of forest protected areas by WWF*. Gland, Switzerland.

4. Υγεία των δασικών οικοσυστημάτων

Παναγιώτης Τσόπελας, Παρασκευή Καρανικόλα

Η υγεία των δασικών οικοσυστημάτων αναφέρεται εδώ ως μια ισορροπία μεταξύ οικοσυστημικής διατήρησης και παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών στον άνθρωπο. Στο κεφάλαιο αυτό δίδεται έμφαση στα παθογόνα και στα βλαπτικά έντομα, τα οποία επηρεάζουν επιλεκτικά ένα ή περισσότερα, συνήθως συγγενή φυτικά είδη, σε αντίθεση με τους αβιοτικούς παράγοντες (φωτιά, ξηρασία) που προκαλούν γενικευμένες καταστροφές. Οι πλέον καταστρεπτικές προσβολές στα δάση προκαλούνται από αλλόχθονα παθογόνα και έντομα, που έχουν εισαχθεί από άλλες περιοχές του πλανήτη. Ασθένειες όπως το έλκος της καστανιάς, το έλκος του φλοιού του κυπαρισσιού και η Ολλανδική ασθένεια της φτελιάς έχουν δημιουργήσει τεράστιες καταστροφές στην Ελλάδα, ενώ μία οικολογική καταστροφή είναι σε εξέλιξη στα φυσικά οικοσυστήματα πλατάνου της χώρας από την ασθένεια του μεταχρωματικού έλκους. Σε αντίθεση με τα αλλόχθονα παθογόνα που έχουν δημιουργήσει εκτεταμένες καταστροφές στην Ελλάδα, τα έντομα που έχουν εισαχθεί μέχρι στιγμής δεν δημιουργούν μεγάλα προβλήματα στα δάση, με εξαίρεση το κόκκινο σκαθάρι των φοινικοειδών, που απειλεί με εξαφάνιση τους φοίνικες στη χώρα μας. Ωστόσο, μεγάλες ζημιές προκαλούνται συχνά από φυλλοφάγα έντομα, όπως το *Thaumetopoea pityocampa* και το *Lymantria dispar*, ενώ εκτεταμένες καταστροφές προξενούν τα φλοιοφάγα έντομα, που προσβάλλουν κυρίως κωνοφόρα δένδρα σε περιόδους ξηρασίας ή μετά από πυρκαγιές. Με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, οι επιδημίες φλοιοφάγων εντόμων αναμένεται να αυξηθούν, λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών και της συχνότερης εμφάνισης ξηροθερμικών περιόδων. Από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, το όζον έχει βρεθεί σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην Ελλάδα και θεωρείται ως ένας από τους αβιοτικούς παράγοντες που μειώνει τη ζωτικότητα των φυτών και τα καθιστά ευάλωτα σε προσβολές από παθογόνα και έντομα. Η αντιμετώπιση των βλαπτικών οργανισμών στα δασικά οικοσυστήματα βασίζεται περισσότερο στα μέτρα πρόληψης και στη χρήση κατάλληλων δασοκομικών χειρισμών και λιγότερο σε χημικές μεθόδους, που συχνά οδηγούν στη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Λέξεις κλειδιά: παθογόνα, έντομα, αυτόχθονα, αλλόχθονα, ατμοσφαιρική ρύπανση

Εισαγωγή

Ο όρος «υγεία των δασικών οικοσυστημάτων» χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια στη διεθνή βιβλιογραφία σε σχέση με τη διαχείριση των δασών. Ωστόσο, είναι μία πολυσύνθετη έννοια που δημιουργεί σύγχυση ορισμένες φορές. Στους ορισμούς της υγείας των δασικών οικοσυστημάτων, που έχουν δοθεί κατά καιρούς, μπορούμε να διακρίνουμε δύο διαφορετικές απόψεις. Η μία είναι η ωφελμιστική (anthropocentric, ανθρωποκεντρική) άποψη και η άλλη η οικοκεντρική (ecocentric, οικοσυστημική). Η ωφελμιστική άποψη δίνει έμφαση στις λειτουργίες του δάσους που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες, ενώ η οικοκεντρική άποψη δίνει έμφαση σε βασικές οικολογικές διεργασίες οι οποίες χαρακτηρίζουν τα δασικά οικοσυσ-

στήματα και συμβάλλουν στη διατήρησή τους στο διηνεκές (Kolb et al. 1994, Edmonds et al. 2000).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, για να γίνουν κατανοητές οι δύο αυτές διαφορετικές θεωρήσεις της υγείας των δασών, είναι η παρουσία του παρασιτικού φυτού *Viscum album* (ιξού) στα δάση ελάτης της Ελλάδας. Οι Kolb et al. (1994) αναφέρουν ένα ανάλογο παράδειγμα σε δάση πεύκης των ΗΠΑ. Από τη σκοπιά της ωφελμιστικής άποψης, το *Viscum album* προσβάλλει τα δένδρα ελάτης και μειώνει τη ζωτικότητά τους, καθιστώντας τα ευάλωτα σε προσβολές από φλοιοφάγα έντομα και νεκρώσεις (Tsopeles et al. 2004). Επίσης, οι προσβεβλημένοι κορμοί είναι ακατάλληλοι για χρήση ως πριστή ξυλεία. Ωστόσο, τα σπέρματα του *Viscum album* αποτελούν πολύτιμη τροφή για πολλά από τα πουλιά (κοτσύφια, τσίχλες κ.ά.)

και η παρουσία αυτού του φυτικού παρασίτου στα δάση ελάτης συμβάλλει στην αύξηση της βιοποικιλότητας του δασικού οικοσυστήματος. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με την οικοκεντρική άποψη, το *Viscum album* δεν δημιουργεί προβλήματα υγείας στο δασικό οικοσύστημα. Εντούτοις, το φυτικό αυτό παράσιτο θεωρείται επιβλαβές παθογόνο στα δάση ελάτης της Ελλάδας και άλλων χωρών της Ευρώπης από τη σκοπιά της διαχείρισης (ωφελιμιστική) και πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα καταπολέμησής του.

Οι Kolb et al. (1994) επισημαίνουν ότι θα πρέπει να υπάρξει συνδυασμός στοιχείων των δύο αυτών απόψεων σε έναν κοινό ορισμό της υγείας των δασικών οικοσυστημάτων. Σύμφωνα με τους O'Laughlin et al. (1994), υγεία των δασών είναι μια κατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων που συντηρεί την πολυπλοκότητά τους ενώ, παράλληλα, ικανοποιεί τις ανθρώπινες ανάγκες. Σύμφωνα με αυτήν την άποψη, θα πρέπει να θεωρήσουμε ένα δάσος ως μη υγιές όταν χάνει την ικανότητα να διατηρεί τα μοναδικά είδη και λειτουργίες του. Η ικανότητα ενός δάσους να διατηρείται οικολογικά, ενώ παράλληλα παρέχει στην κοινωνία αυτά που χρειάζεται, ορίζει ένα υγιές δάσος. Η διατήρηση αυτής της ισορροπίας μεταξύ αειφορίας και παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών είναι η πρόκληση της διαχείρισης των δασών (Kolb et al. 1994, Edmonds et al. 2000).

Ασθένειες, έντομα και αβιοτικοί παράγοντες όπως η φωτιά και τα δυσμενή καιρικά φαινόμενα (ξηρασία, δυνατοί άνεμοι κ.λπ.) είναι οι κύριοι παράγοντες που επιφέρουν μείζονες αλλαγές στα δασικά οικοσυστήματα. Η διαχείριση των δασών ως φυσικών οικοσυστημάτων επιβάλλει την εξέταση αυτών των παραγόντων ξεχωριστά, αλλά λαμβάνει υπόψη και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Οι παράγοντες αυτοί διατάραξης των δασικών οικοσυστημάτων έχουν όχι μόνον οικονομικές επιπτώσεις, με την απώλεια ξυλώδους κεφαλαίου, αλλά επηρεάζουν επίσης τη διαδοχή των ειδών, τη σύνθεση των ειδών, την εξάπλωση και την αφθονία, καθώς και τα ενδιαιτήματα της άγριας πανίδας (Edmonds et al. 2000). Η προστασία των δασικών οικοσυστημάτων από τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες έχει αποδοθεί στα ελληνικά με τον όρο «υλωρική», ήδη από το 19ο αιώνα (Χλωρός 1891). Σύμφωνα με τον Καϊλίδη (1981), «υλωρική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την προστασία του δάσους από κινδύνους που απειλούν την παραγωγικότητα και την ύπαρξή του».

Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει κυρίως στους βιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία των δασών, που είναι κατά βάση τα παθογόνα (μύκητες, βακτήρια, ιοί, νηματώδεις κ.λπ.) και τα έντομα. Αναφέρονται οι καταστρεπτικές συνέπειες συγκεκρι-

μένων παθογόνων και εντόμων και παρουσιάζονται οι μέθοδοι αντιμετώπισής τους, ενώ, παράλληλα, εξετάζονται οι πιθανές συνέπειες των επιβλαβών αυτών οργανισμών σε συνδυασμό με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή. Επίσης, γίνεται αναφορά στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους, που έχουν αναγνωριστεί ως παράγοντες που επιδεινώνουν την υγεία των δένδρων και των δασικών οικοσυστημάτων.

Σε αντίθεση με τους αβιοτικούς παράγοντες (φωτιά, ξηρασία, ισχυροί άνεμοι) που προκαλούν γενικευμένες καταστροφές στα δασικά οικοσυστήματα, τα παθογόνα και τα έντομα επηρεάζουν επιλεκτικά ένα ή περισσότερα, συνήθως συγγενή φυτικά είδη. Τα παθογόνα και τα έντομα εξετάζονται εδώ σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες: α) τα αυτόχθονα, που συνυπάρχουν μαζί με τα φυτικά είδη στα δάση της Ελλάδας για μεγάλες χρονικές περιόδους, κατ' ουσίαν έχουν συνεξελιχθεί με αυτά, και β) τα αλλόχθονα, τα οποία έχουν εισαχθεί στη χώρα μας από άλλες περιοχές του πλανήτη και είναι συνήθως περισσότερο καταστρεπτικά.

Αυτόχθονα έντομα και παθογόνα

Αυτόχθονα έντομα

Στα έντομα αυτά κατατάσσονται φυλλοφάγα, βλαστοφάγα, οφθαλμοφάγα και κωνοφάγα-σποροφάγα έντομα, τα οποία μειώνουν τη ζωτικότητα, την αύξηση αλλά και την αναγεννητική δραστηριότητα των δένδρων. Σπάνια, όμως, και μόνο σε μικρής ηλικίας δένδρα μπορούν να προκαλέσουν μετά από επαναλαμβανόμενες προσβολές τη θάμνοποίηση ή και τη νέκρωσή τους. Αντίθετα, τα φλοιοφάγα και ξυλοφάγα έντομα προσβάλλουν δευτερογενώς μειωμένης ζωτικότητας δένδρα, τα οποία υποφέρουν από άλλες αιτίες, όπως η έλλειψη υγρασίας στο έδαφος, η ρύπανση της ατμόσφαιρας και οι επιδημίες φυλλοφάγων εντόμων. Οι ζημιές που προκαλούν είναι συχνά τεράστιες και μπορούν να οδηγήσουν στην ολοκληρωτική νέκρωση των προσβεβλημένων δένδρων (Μαρκάλας 2010).

Έντομα φυλλοφάγα, βλαστοφάγα και οφθαλμοφάγα

Το έντομο *Thaumetopoea pityocampa* προσβάλλει τα περισσότερα είδη πεύκης στην Ελλάδα, δημιουργώντας συχνά εκτεταμένες ζημιές. Σε κάποιες περιπτώσεις τα τελευταία χρόνια οι προσβολές αυτές έχουν πάρει τη μορφή επιδημίας (Καλαπανίδα-Κανταρτζή 2005). Προβλήματα υπάρχουν όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε άλλες χώρες της Ν.Α. Ευρώπης και Β. Αφρικής και, μάλιστα, το έντομο θεωρείται ως το σημαντικότερο φυλλοφά-

γο όλων των Μεσογειακών χωρών (F.A.O. 2009). Βλαστοφάγα και οφθαλμοφάγα έντομα, επίσης, όπως τα *Tomicus piniperda*, *Evetria buoliana* και *E. thurificana*, προκαλούν σοβαρές ζημιές σε αναγεννήσιμες πεύκης που φύονται σε φτωχά και ξηρά εδάφη, ιδιαίτερα έξω από τη ζώνη εξάπλωσής τους. Τα δύο τελευταία επίσης προσβάλλουν και καταστρέφουν μονοετείς κώνους (Karanikola and Markalas 2001). Ένα άλλο έντομο, που προσβάλλει τις βελόνες και τους οφθαλμούς της ελάτης, είναι το *Choristoneura murinana*· πολύ συχνά παρατηρούνται επιδημικές εξάρσεις του εντόμου στα δάση της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας (Καϊλίδης 2004, Tsopelas et al. 2001).

Πλήθος φυλλοφάγων εντόμων απαντάται στα πλατύφυλλα είδη. Περισσότερο συχνά στην Ελλάδα συναντούμε είδη όπως τα: *Lymantria dispar*, *Stilpnotia salicis*, *Malacosoma neustria*, *Tortrix viridana* και *Dicranura vinula* (Avtzis and Avtzis 2001). Τα είδη αυτά, όμως, με εξαίρεση το πρώτο, δημιουργούν τοπικά επιδημίες οι οποίες συνήθως διαρκούν μικρό χρονικό διάστημα, 1-3 χρόνια, και σπάνια εφαρμόζεται κάποιο είδος καταπολέμησης από τη Δασική Υπηρεσία. Το έντομο *Lymantria dispar*, αντίθετα, αποτελεί το πιο βλαπτικό φυλλοφάγο έντομο των πλατύφυλλων, με εξάπλωση σε ολόκληρη την Ευρώπη, την Ασία και τη Β. Αμερική. Σε πολλές περιοχές των Βαλκανίων δημιουργεί πληθυσμιακές εξάρσεις και αποφυλλώνει τελείως τα δένδρα, προκαλώντας μείωση της αύξησης έως και 40% (Μαρκάλας 2010). Σε περιπτώσεις που οι εξάρσεις στον πληθυσμό του εντόμου παρατηρούνται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, δημιουργούνται επιπρόσθετα προβλήματα από την επιδρομή των προνυμφών του εντόμου σε αυλές όπου κατατρώνουν καρπούς οπωροφόρων δένδρων και καλλιεργούμενα λαχανικά (Καλαπανίδα-Κανταρτζή και Ζαρταλούδης 2005).

Φλοιοφάγα και ξυλοφάγα έντομα

Τα φλοιοφάγα έντομα προξενούν πολύ συχνά εκτεταμένες επιδημίες σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Αρκετά από αυτά θεωρούνται δευτερογενείς βλαπτικοί οργανισμοί που συνήθως προσβάλλουν και νεκρώνουν δένδρα που είναι καταπονημένα από άλλες αιτίες. Ωστόσο, όταν ο πληθυσμός αυτών των εντόμων αυξάνεται σημαντικά, μπορούν να νεκρώσουν και υγιή δένδρα και γίνονται πρωτογενείς παράγοντες επιδημιών. Εκτεταμένες νεκρώσεις κωνοφόρων δένδρων έχουν παρατηρηθεί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής κατά τη διάρκεια ξηροθερμικών περιόδων (Edmonds et al. 2000).

Στην Ελλάδα, έχουν παρατηρηθεί νεκρώσεις δένδρων σε δάση ελάτης και άλλων κωνοφόρων δέν-

δρων σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας, όταν οι πληθυσμοί των φλοιοφάγων εντόμων αυξάνονται σημαντικά. Υπάρχουν στοιχεία για εκτεταμένες νεκρώσεις ελάτης σε ορισμένες περιοχές της Πελοποννήσου ήδη από τη δεκαετία του 1930 (Μουλόπουλος 1956), καθώς επίσης και για τις δεκαετίες του 1950 και 1960 (Καϊλίδης και Γεώργεβιτς 1968). Το φαινόμενο είχε λάβει μεγάλες διαστάσεις τα έτη 1988-89, σε όλα σχεδόν τα ελατοδάση της Ελλάδας, από τον Ταΰγετο και τον Πάρωνα στην Πελοπόννησο, μέχρι τα βόρεια σύνορα της χώρας. Επίσης, επιδημίες φλοιοφάγων εντόμων έχουν σημειωθεί τα έτη 2000-2002 και 2007-2009 σε αρκετά ελατοδάση της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας (Markalas 1992, Τσόπελας κ.ά. 2003, Τσόπελας αδημοσίευτα). Τα πλέον κοινά φλοιοφάγα έντομα που έχουν βρεθεί στα δάση ελάτης της Ελλάδας είναι τα *Phaenops knoteki*, *Acanthocinus reticulatus*, *Pityokteines spinidens*, *P. curvidens* και *Cryphalus piceae* (Μαρκάλας 1992α, Τσόπελας κ.ά. 2003, Καϊλίδης 2004).

Στην πεύκη, πλήθος φλοιοφάγων εντόμων της οικογένειας Scolytidae προκαλεί επιδημίες. Στη δασική και μαύρη πεύκη, στα Πιέρια, σημαντικά προβλήματα τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργήσει τα *Ips sexdentatus*, *I. acuminatus*, *Pityogenes quadridens* και *Xyleborus eurygraphus*, με σημαντικότερο το *I. sexdentatus* το οποίο προκαλεί πολύ σοβαρές επιδημίες (Περλέρου κ.ά. 2010). Αξίζει, επίσης, να αναφερθούμε και πάλι στο *Tomicus piniperda* το οποίο δεν προσβάλλει μόνο τους οφθαλμούς αλλά δευτερογενώς, σε περιόδους ξηρασίας ή μετά από πυρκαγιά, είναι ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο φλοιοφάγο έντομο της τραχείας πεύκης. Σε συνδυασμό με άλλα φλοιοφάγα έντομα όπως τα *Ips acuminatus* και *I. sexdentatus* προκάλεσαν εκτεταμένες νεκρώσεις στη Β. Ελλάδα τη δεκαετία του 1980 (Μαρκάλας 1992β).

Σοβαρά προβλήματα παρουσιάστηκαν επίσης σε αστικά και περιαστικά δάση σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας όπως στην Αττική, Κορινθία, Εύβοια, Βοιωτία, Φθιώτιδα, Χαλκιδική και νησιά του Αιγαίου από το έντομο *Marchallina hellenica* (Μιχαηλάκης, Μυλωνάς και Σουλιώτης 2011). Το μυζητικό αυτό έντομο, γνωστό και ως «βαμβακιά» της πεύκης, μέχρι το 1996 βρισκόταν σε ισορροπία με το ωφέλιμο αρπακτικό του *Neulecorpis kartliana*. Οι μελισσοκόμοι, όμως, ενόησαν μονόπλευρα την αύξησή του κάνοντας συνέχεια εμβολιασμούς με το έντομο αυτό (Σουλιώτης 2011). Αποτέλεσμα της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού του εντόμου ήταν η εξασθένηση των δένδρων, η οποία, σε συνδυασμό με διάφορους επιβαρυντικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η ρύπανση και η ξηρασία, οδήγησαν στη σταδιακή νέκρωση των δένδρων.

Αναφορά επίσης θα πρέπει να γίνει και στα φλοιοφάγα-ξυλοφάγα έντομα της λεύκης, *Melanophila picta* και *Sciapteron tabaniformis*, τα οποία καταστρέφουν δενδρύλλια λεύκης σε φυτείες που δεν αναπτύσσονται σε σωστές εδαφικές συνθήκες ή υποφέρουν από την ξηρασία (Kailidis 1969).

Αυτόχθονα παθογόνα

Ασθένειες του ριζικού συστήματος

Από τις σημαντικότερες ενδημικές ασθένειες των δασών είναι οι σηψιρριζίες, που προκαλούνται από μύκητες οι οποίοι προσβάλλουν και καταστρέφουν το ριζικό σύστημα των δένδρων. Τα είδη μυκήτων που έχουν ευρεία εξάπλωση στα δάση της Ελλάδας ανήκουν στα γένη *Heterobasidion* και *Armillaria*.

Στα δάση των μεσογειακών ορεινών και ψυχρόβιων κωνοφόρων της χώρας μας έχουν καταγραφεί τρία είδη του γένους *Heterobasidion*, τα οποία μέχρι πρόσφατα θεωρούνταν ως ένα είδος *Heterobasidion annosum* (*Fomes annosus*). Κάθε ένα από αυτά επηρεάζει διαφορετικούς ξενιστές: α) Το *Heterobasidion annosum* προσβάλλει κυρίως τη δασική πεύκη, ενώ έχει βρεθεί και σε δάση μαύρης πεύκης σε μικρότερη κλίμακα. β) Το *Heterobasidion abietinum* είναι πολύ κοινό στα δάση ελάτης της Ελλάδας. γ) Το *Heterobasidion parviorum* έχει καταγραφεί στα δάση ερυθρελάτης στη δυτική Ροδόπη να δημιουργεί εκτεταμένες προσβολές (Tsopelas and Korhonen 1996, Niemela and Korhonen 1998).

Οι μύκητες του γένους *Armillaria* έχουν ένα τεράστιο εύρος ξενιστών, που συμπεριλαμβάνει εκατοντάδες διαφορετικά είδη κωνοφόρων και πλατύφυλλων δένδρων και θάμνων, αλλά και αρκετά ποώδη φυτά. Παλαιότερα, όλες οι προσβολές *Armillaria* αποδίδονταν σε ένα και μοναδικό είδος, το *Armillaria mellea*. Σήμερα είναι αποδεκτό ότι υπάρχουν περισσότερα από 30 είδη *Armillaria* σε όλο τον κόσμο. Στα δάση της Ελλάδας έχουν καταγραφεί πέντε είδη *Armillaria*: *Armillaria mellea*, *A. ostoyae*, *A. gallica*, *A. tabescens* και *A. cepistipes*. Τα δύο πρώτα είδη είναι ισχυρά παθογόνα και μπορούν να προσβάλουν και να νεκρώσουν υγιή και εύρωστα φυτά. Τα υπόλοιπα τρία είδη είναι ασθενή παράσιτα και πολύ συχνά η παρουσία τους στα δάση είναι μόνο σαπροφυτική. Τα είδη αυτά προσβάλλουν συνήθως νεαρά δένδρα, καταπιεσμένα στον υπόροφο των συστάδων, ή δένδρα καταπονημένα από άλλους παράγοντες (Tsopelas 1999).

Σημαντικές ασθένειες του ριζικού συστήματος σε αρκετά είδη φυτών προκαλούνται και από παθογόνα του γένους *Phytophthora*. Από τις πλέον καταστρεπτικές είναι η μελάνωση της καστανιάς, που προκαλεί εκτεταμένες νεκρώσεις δένδρων σε φυ-

τείες καστανιάς της χώρας μας (Καϊλίδης 1985). Τα είδη *Phytophthora cambivora*, *P. citricola* και *P. cryptogea* έχουν βρεθεί να προσβάλλουν το ριζικό σύστημα της καστανιάς στην Ελλάδα (Περγλέρου και Διαμαντής 2004).

Σκωριάσεις του κορμού και των κλάδων της πεύκης

Δύο μύκητες της τάξης Uredinales έχουν αναφερθεί να προκαλούν σκωριάσεις στον κορμό και στους κλάδους της δασικής πεύκης στην Ελλάδα: ο *Peridermium pini* και ο *Cronartium flaccidum* (Μαρκάλας και Καϊλίδης 1985, Diamandis and Kam 1986). Ο πρώτος, που φαίνεται ότι είναι και το επικρατέστερο είδος στη χώρα μας, είναι αυτόοικος μύκητας και ολοκληρώνει τον κύκλο του στην πεύκη, ενώ ο δεύτερος μύκητας είναι ετερόοικος και για την ολοκλήρωση του κύκλου του, εκτός από την πεύκη, είναι απαραίτητη και η παρουσία φυτών του γένους *Melampyrum*, που είναι ο δεύτερος ξενιστής του παθογόνου. Οι μύκητες αυτοί δημιουργούν επιμήκη έλκη (cankers) με έντονη εκροή ρητίνης στον κορμό και στους κλάδους της πεύκης, με αποτέλεσμα τη νέκρωση του ακραίου τμήματος της κόμης, όταν τα έλκη γίνουν περιφερειακά στον κορμό. Οι προσβολές μπορεί να νεκρώσουν και ολόκληρα δένδρα.

Ασθένειες του φυλλώματος των δένδρων

Πολύ συχνές στη χώρα μας είναι οι ασθένειες του φυλλώματος σε πλατύφυλλα είδη, γνωστές ως ωίδια, που προκαλούνται από μύκητες της τάξης *Erysiphales*. Από τις πλέον κοινές είναι το ωίδιο του πλατάνου και το ωίδιο της δρυός (Καϊλίδης 1985), τα οποία, σε κάποιες περιπτώσεις, προξενούν εκτεταμένες προσβολές, δημιουργώντας προβλήματα στην αύξηση των δένδρων, αλλά και στην αισθητική εμφάνιση της κόμης τους, δεν προκαλούν όμως νεκρώσεις δένδρων. Στις ασθένειες του φυλλώματος περιλαμβάνεται και η ανθράκωση του πλατάνου, που προκαλείται από το μύκητα *Arioglyphomyces veneta* και δημιουργεί νέκρωση των φύλλων και των λεπτών κλάδων (Καϊλίδης 1985). Ωστόσο, η ασθένεια αυτή προσβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό το δυτικό πλάτανο (*Platanus occidentalis*) και το σφενδαμόφυλλο πλάτανο (υβρίδιο), ενώ ο ανατολικός πλάτανος (*Platanus orientalis*) είναι περισσότερο ανθεκτικός στην ασθένεια.

Αρκετοί παθογόνοι μύκητες έχουν βρεθεί να προσβάλλουν τις βελόνες κωνοφόρων ειδών, προκαλώντας βελονόπτωση και, σε κάποιες περιπτώσεις, ακόμα και νεκρώσεις δένδρων. Από τους πλέον σημαντικούς μύκητες είναι ο *Mycosphaerella pini* (*Dothistroma pini* ή *Dothistroma septosporum*) που προσβάλλει κυρίως είδη πεύκης, προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές (Καϊλίδης 1985).

Παρασιτικά φυτά

Έχουν καταγραφεί περισσότερα από 2.500 είδη παρασιτικών φυτών σε όλο τον κόσμο, τα οποία προσβάλλουν και προκαλούν βλάβες σε άλλα είδη φυτών (Agrios 1997). Τα πλέον σημαντικά στα δάση της Ελλάδας είναι το *Viscum album* και το *Loranthus europaeus* (Καϊλίδης 1985). Έχουν διακριθεί τρία υποείδη του *Viscum album* τα οποία προσβάλλουν κωνοφόρα και πλατύφυλλα δασικά είδη. Σημαντικές ζημιές έχουν καταγραφεί σε δάση ελάτης από το υποείδος *abietis*, το οποίο καταπονεί σε μεγάλο βαθμό τα προσβεβλημένα δένδρα και τα καθιστά ευάλωτα σε προσβολές από φλοιοφάγα έντομα, που οδηγούν στη νέκρωση των δένδρων (Tsopelas et al. 2004). Το *Loranthus europaeus* είναι κοινό σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας, δημιουργώντας προσβολές κυρίως σε καστανιές και είδη δρυός (Καϊλίδης 1985).

Αλλόχθονα παθογόνα-έντομα

Η εισαγωγή αλλόχθονων φυτών, ζώων και μικροοργανισμών έχει δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα σε αρκετά από τα δασικά οικοσυστήματα του πλανήτη. Ιδιαίτερα καταστρεπτικά έχουν αποδειχθεί τα παθογόνα και τα βλαπτικά έντομα που προέρχονται από διαφορετικές ηπείρους και έχουν εισβάλει στα δάση. Αυτό συμβαίνει επειδή τα αυτόχθονα είδη φυτών δεν είχαν την ευκαιρία να αναπτύξουν ανεκτικότητα στους βλαπτικούς οργανισμούς μέσα από τις διαδικασίες της εξέλιξης. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η απουσία των φυσικών εχθρών των βλαπτικών οργανισμών, οι οποίοι περιόριζαν τους πληθυσμούς τους στα φυσικά τους περιβάλλοντα.

Αλλόχθονα παθογόνα

Κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα, ορισμένες ασθένειες, που προκαλούνται από αλλόχθονα εισβάλλοντα είδη παθογόνων μυκήτων, είχαν τεράστιες επιπτώσεις σε δασικά οικοσυστήματα αρκετών περιοχών του πλανήτη.

Η ασθένεια του έλκου της καστανιάς, που προκαλείται από το μύκητα *Cryphonectria (Endothia) parasitica*, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μαζικής καταστροφής αυτόχθονων δασών από ένα εισβάλλον είδος παθογόνου. Ο *C. parasitica* θεωρείται ιθαγενές είδος της Ανατολικής Ασίας και εισήχθη στη Β. Αμερική στο τέλος του 19ου αιώνα από την Ιαπωνία, με πολλαπλασιαστικό υλικό. Από το 1904 που καταγράφηκε η ασθένεια στην αμερικανική ήπειρο μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα, το παθογόνο κυριολεκτικά αφάνισε το αυτόχθονο είδος καστανιάς της Β. Αμερικής *Castanea dentata* σε όλη τη φυσική του εξάπλωση (Anagnostakis

1987). Από τη Β. Αμερική το παθογόνο διαδόθηκε στην Ευρώπη, όπου καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1938 στην Ιταλία, και το 1963 βρέθηκε στη Ελλάδα, σε φυσικές συστάδες καστανιάς στην περιοχή Πηλίου. Το παθογόνο βαθμιαία εξαπλώθηκε σχεδόν σε όλες τις περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν καστανοδάση και καστανεώνες, δημιουργώντας τεράστιες καταστροφές (Περλέρου κ.ά. 2002).

Δύο πανδημίες της Ολλανδικής ασθένειας της φτελιάς σημειώθηκαν στην Ευρώπη, στη Β. Αμερική και στη Νοτιοδυτική Ασία τον 20ό αιώνα, από μύκητες του γένους *Ophiostoma*. Η πρώτη πανδημία, που προκλήθηκε από το μύκητα *Ophiostoma ulmi* (αυτόχθονο είδος της Ανατολικής Ασίας), εμφανίστηκε στη Γαλλία στη δεκαετία του 1910 και εξαπλώθηκε σε όλη σχεδόν την Ευρώπη και την Ασία και, στη συνέχεια, το παθογόνο εισέβαλε στις ΗΠΑ. Η δεύτερη πανδημία ξεκίνησε στη δεκαετία του 1940 σε Ευρώπη και Β. Αμερική από ένα νέο είδος, το *Ophiostoma novo-ulmi*, το οποίο παρουσιάζει μεγαλύτερη παθογόνο δύναμη από το αρχικό. Αναγνωρίστηκαν δύο διαφορετικές φυλές (strains) αυτού του μύκητα, που στη συνέχεια χαρακτηρίστηκαν ως διαφορετικά υποείδη: *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* στην Ευρώπη και στην Ασία και *O. novo-ulmi* ssp. *americana* στη Β. Αμερική. Οι καταστρεπτικές συνέπειες αυτής της ασθένειας είναι τεράστιες, με εκατοντάδες εκατομμύρια νεκρών δένδρων φτελιάς σε Ευρώπη και Β. Αμερική (Brasier 2008). Στην Ελλάδα, η ασθένεια καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1968 σε περιοχές της Μακεδονίας και στη συνέχεια εξαπλώθηκε σε ολόκληρη τη χώρα, αφανίζοντας κυριολεκτικά τα δένδρα φτελιάς σε φυσική εξάπλωση και αυτά που είχαν χρησιμοποιηθεί ως καλλωπιστικά (Καϊλίδης 1985, Διαμαντής και Περλέρου 2005).

Το ίδιο καταστροφική με την Ολλανδική ασθένεια της φτελιάς είναι και η ασθένεια του μεταχρωματικού έλκου του πλατάνου, που προκαλείται από το μύκητα *Ceratocystis platani* (συνών. *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*). Ο μύκητας, αμερικανικής προέλευσης, εισήχθη στην Ευρώπη από τις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Έχει προκαλέσει μεγάλες καταστροφές στην Ιταλία και στη Γαλλία και έχει επίσης καταγραφεί στην Ελβετία. Το παθογόνο βρέθηκε στην Ελλάδα το φθινόπωρο του 2003. Μέχρι στιγμής έχει καταγραφεί σε αρκετές περιοχές της Πελοποννήσου, νεκρώνοντας χιλιάδες δένδρα πλατάνου (Tsopelas and Angelopoulos 2004, Ocasio-Morales et al. 2007), ενώ το 2010 η ασθένεια βρέθηκε στην Ήπειρο (Τσόπελας και Σουλιώτη 2010) και το 2011 στη Θεσσαλία (Τσόπελας, αδημοσίευτα). Εάν δεν ληφθούν δραστικά μέτρα αντιμετώπισης, το παθογόνο έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί σε όλη την Ελλάδα και να δημιουργήσει μια τεράστια οικολογική καταστροφή.

Η ασθένεια του έλκους του φλοιού του κυπαρισσιού αποτελεί μια τεράστια απειλή για τα κυπαρισσια και άλλα είδη της οικογένειας Cupressaceae, σε αρκετές περιοχές της Μεσογείου όπου έχει πάρει επιδημική έκταση (Graniti 1998). Ο μύκητας *Seiridium (Coryneum) cardinale*, που προκαλεί την ασθένεια, καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ το 1928, και το 1944 βρέθηκε στη Νότια Γαλλία, όπου πιθανόν είχε εισαχθεί από την Αμερική. Στην Ελλάδα, η ασθένεια παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στην Κάρυστο το 1961. Έκτοτε, έχει διαδοθεί σχεδόν σε όλη τη χώρα, νεκρώνοντας χιλιάδες δένδρα κυπαρισσιού, ιδιαίτερα σε περιοχές με υγρό κλίμα (Χενοπούλου 1990).

Ένα νέο επικίνδυνο παθογόνο, το *Phytophthora ramorum*, διαπιστώθηκε πρόσφατα στην Ελλάδα σε φυτά που είχαν εισαχθεί από το Βέλγιο καθώς και σε φυτά που είχαν παραχθεί στην Ελλάδα (Tsorelas et al. 2011, Τσόπελας αδημοσίευτα). Το *Phytophthora ramorum*, έχει προκαλέσει μια καταστρεπτική ασθένεια στην Καλιφόρνια και στο Όρεγκον των ΗΠΑ, γνωστή με το όνομα: «Sudden oak death»-SOD (αιφνίδιος θάνατος της δρυός). Εκτιμάται ότι από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 μέχρι το 2010 είχαν νεκρωθεί από την ασθένεια περισσότερα από ένα εκατομμύριο δένδρα δρυός (*Quercus* spp.) και *Lithocarpus densiflorus* στις ΗΠΑ (Kiejunas 2010). Στην Ευρώπη το παθογόνο έχει βρεθεί ως επί το πλείστον σε φυτώρια, προσβάλλοντας κυρίως καλλωπιστικά είδη φυτών, ενώ πρόσφατα έχει δημιουργήσει εκτεταμένες προσβολές σε φυτείες ιαπωνικής λάρικας (*Larix kaempferi*) στη Μεγάλη Βρετανία. Η διάδοση του παθογόνου *P. ramorum* στη χώρα μας είναι πιθανόν να δημιουργήσει, στο εγγύς μέλλον, μεγάλες καταστροφές, ιδιαίτερα σε δάση δρυός και οξιάς.

Ένα πολύ επικίνδυνο παθογόνο είναι ο νηματώδης της πεύκης *Bursaphelenchus xylophilus*, ο οποίος διαδίδεται με έντομα του γένους *Monochamus* και προκαλεί νεκρώσεις δένδρων. Ο νηματώδης αυτός είναι αυτόχθονο είδος της Βόρειας Αμερικής και έχει εισαχθεί σε αρκετές χώρες της Ασίας και στην Αυστραλία, ενώ στην Ευρώπη έχει βρεθεί μόνο στην Πορτογαλία και στην Ισπανία. Στην Αμερική το παθογόνο αυτό δε δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα, αλλά έχει προκαλέσει τεράστιες καταστροφές σε δάση πεύκης της Ιαπωνίας, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί σε αρκετές περιοχές της Πορτογαλίας, δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα (EPPO 2009). Ο *B. xylophilus* δεν έχει μέχρι στιγμής καταγραφεί στην Ελλάδα, ανήκει όμως στους οργανισμούς καραντίνας, και πραγματοποιούνται επισκοπήσεις για τη διαπίστωσή του. Τρία άλλα είδη νηματώδων του γένους *Bursaphelenchus* έχουν καταγραφεί στην Ελλάδα: *Bursaphelenchus sexdentati*, *B. leoni* και

B. hellenicus, τα οποία προσβάλλουν είδη πεύκης, ωστόσο δεν είναι ισχυρά παθογόνα όπως το *B. xylophilus* (Skarmoutsos and Michalopoulos-Skarmoutsos 2000).

Αλλόχθονα έντομα

Συνολικά 1.306 αλλόχθονα ή ξενικά είδη εντόμων έχουν εγκατασταθεί στην Ευρώπη και ανήκουν σε 16 διαφορετικές τάξεις εντόμων, οι οποίες ήταν ήδη γνωστές από τα αυτόχθονα είδη. Δύο τάξεις κυριαρχούν, τα *Coleoptera*, που αποτελούν το 29% και τα *Hemiptera* που αποτελούν το 26% του συνόλου των αλλόχθονων ειδών εντόμων αντίστοιχα. Τα έντομα αυτά είναι διεσπαρμένα σε 205 οικογένειες, εκ των οποίων μόνο η μία (*Lepidoptera: Castniidae*) ήταν άγνωστη μέχρι τώρα στην Ευρώπη, ενώ αυτή στην οποία ανήκουν τα περισσότερα (99 είδη) είναι αυτή των *Aphididae*. Από το σύνολο των αλλόχθονων εντόμων της Ευρώπης, μόνο 219 είδη (ποσοστό 12,3%) έχουν καταγραφεί σε δάση και δασικές εκτάσεις, ενώ 423 είδη (ποσοστό 23,7%) σε πάρκα και κήπους. Πιθανόν εξαιτίας της παγκοσμιοποίησης ο αριθμός των αλλόχθονων εντόμων που καταγράφονται κάθε χρόνο αυξάνεται. Κατά την περίοδο 1950-1974 καταγράφηκαν, κατά μέσο όρο, 10,4 είδη/έτος, ενώ την περίοδο 2000-2007 αναφέρθηκαν, κατά μέσο όρο, 19,1 είδη/έτος (Roques et al. 2009).

Σε αντίθεση με τα αλλόχθονα παθογόνα που έχουν δημιουργήσει εκτεταμένες καταστροφές στην Ελλάδα, τα έντομα που έχουν εισαχθεί μέχρι στιγμής στη χώρα δεν δημιουργούν μεγάλα προβλήματα σε δάση και δασικές εκτάσεις, αλλά κυρίως σε φυτείες και ιδιαίτερα σε πάρκα και κήπους. Υπάρχουν, επίσης, και αρκετά είδη αλλόχθονων εντόμων, τα οποία έχουν εισαχθεί και δημιουργήσει προβλήματα σε άλλες χώρες της Ευρώπης. Στην Ελλάδα έχει αναφερθεί η παρουσία τους, όμως η εγκατάστασή τους δεν έχει απόλυτα διαπιστωθεί. Γι' αυτό και στις εισόδους της χώρας μας γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι, σύμφωνα με το Π.Δ.152/2009, για την αποφυγή της εισαγωγής τους με διάφορα προϊόντα (ξυλεία, δενδρύλλια καλλωπιστικών φυτών κ.λπ.). Αυτά τα έντομα είναι γνωστά και ως «έντομα καραντίνας».

Δύο από τα αλλόχθονα είδη εντόμων που έχουν προκαλέσει τα τελευταία χρόνια σημαντικά προβλήματα στα φοινικοειδή στη νότια και νησιωτική, κυρίως, Ελλάδα είναι το *Rhynchophorus ferrugineus* και το *Paysandisia archon*. Το *R. ferrugineus*, γνωστό και ως «ρυγχωτός κάνθαρος», είναι το πιο επικίνδυνο έντομο των φοινικοειδών σ' όλο τον κόσμο. Καταγράφηκε πρώτη φορά στην Ελλάδα το Νοέμβριο του 2005 και έχει νεκρώσει χιλιάδες δένδρων (Kontodimas et al. 2005, Κοντο-

δήμας 2010). Κύριος ξενιστής του εντόμου είναι ο κανάριος φοίνικας (*Phoenix canariensis*), ενώ έχουν αναφερθεί και 2-3 προσβολές φοινίκων του Θεόφραστου (*Phoenix theophrasti*) στην Κρήτη, ένα από τα ελάχιστα δενδρώδη ενδημικά είδη που ανήκουν στο Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ειδών (Αγγελακόπουλος κ.ά. 2010). Το *P. archon* είναι ιθαγενές έντομο της Ν. Αμερικής και παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στη χώρα μας το 2006, στην Κρήτη (Βασαρμιδάκη κ.ά. 2005). Το έντομο αυτό είναι επίσης θανατηφόρο στα φοινικοειδή και έχει επεκταθεί σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας.

Το έντομο *Cameraria ohridella* είναι ένας υπονομευτής των φύλλων της ιπποκαστανιάς (*Aesculus hippocastanum*). Είναι ένα σχετικά νέο έντομο στην Ευρώπη. Πρώτη φορά παρατηρήθηκε στη λίμνη Αχρίδα το 1984 και από κει πήρε το όνομά του. Στην Ελλάδα προσβάλλει την ιπποκαστανιά σε φυσικές συστάδες και σε φυτείες και έχει 3-4 γενιές ετησίως. Στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη η εξάπλωσή του ήταν γρήγορη, σε αντίθεση με την Ελλάδα όπου, εξαιτίας της μικρής έκτασης που καταλαμβάνει η ιπποκαστανιά, η εξάπλωσή του είναι περιορισμένη (Avtzis and Avtzis 2002).

Τα φλοιοφάγα ξυλοφάγα έντομα *Dendroctonus micans*, *Ips amitinus*, *Ips duplicatus* και *Ips cembrae* (Coleoptera, Scolytidae), προσβάλλουν την πεύκη, την ελάτη, την ερυθρελάτη και την ψευδοτσούγκα (Καϊλίδης 2004). Τα έντομα αυτά ανήκουν στους οργανισμούς καραντίνας και η Ελλάδα αναγνωρίζεται «προστατευμένη ζώνη» ως προς αυτά. Παρόλο ότι υπάρχουν ανεπιβεβαίωτες πληροφορίες για την παρουσία τους στην Ελλάδα, μόνο το *Ips cembrae* έχει επίσημα καταγραφεί στο Νομό Σερρών το 2010 (Π. Πετράκης προσωπική επικοινωνία).

Το έντομο *Gonipterus scutellatus* προέρχεται από την Αυστραλία και έχει εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο. Έχει προτίμηση σε ορισμένα είδη ευκαλύπτου όπως *Eucalyptus globules*, *E. viminalis*, *E. cinerea* κ.λπ. Προκαλεί αποφύλλωση των ευκαλύπτων, μερική ή ολική, που μερικές φορές μπορεί να οδηγήσει στη νέκρωση του δένδρου.

Το έντομο *Gilpinia hercynia* έχει εισαχθεί στην Ευρώπη από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (Bilany and Brown 2011) και προσβάλλει αποκλειστικά τις βελόνες της ερυθρελάτης προκαλώντας την αποφύλλωσή της. Σε νεαρά αλλά και σε μεγαλύτερα δένδρα προκαλεί σοβαρές προσβολές, με αποτέλεσμα την εξασθένησή τους και την προσβολή τους δευτερογενώς από φλοιοφάγα και ξυλοφάγα έντομα.

Το έντομο *Dryocosmus kuriphilus* θεωρείται ο σημαντικότερος εχθρός της καστανιάς παγκοσμίως.

Σε φυτώρια, θερμοκήπια και μονάδες παραγωγής μοσχευμάτων προσβάλλει τα νεαρά φύλλα, τους βλαστούς, τους μίσχους και το κεντρικό νεύρο των φύλλων όπου εμφανίζονται κηλίδες ανοιχτού κόκκινου χρώματος. Επίσης, προσβάλλει καστανόδενδρα σε δασικές και καλλιεργούμενες εκτάσεις. Η μείωση της ζωτικότητας των δενδρυλλίων οδηγεί σταδιακά στην προσβολή τους από φλοιοφάγα και ξυλοφάγα έντομα (Τσιτσώνης 2010).

Το έντομο *Anoplophora chinensis* προσβάλλει τα φυτάρια, ιδιαίτερα τα bonsai, αλλά και μεγαλύτερα δένδρα των *Acer* sp., *Aesculus hippocastanum*, *Betula* sp., *Carpinus* sp., *Fagus* sp κ.λπ. Είναι ιθαγενές έντομο της Α. Ασίας και εισήχθη στη χώρα μας από ξυλώδες φυτευτικό υλικό και πιθανόν από υλικά συσκευασίας, τα οποία προσβάλλει το έντομο. Στην Ευρώπη (Γαλλία, Γερμανία, Κάτω Χώρες και Ιταλία) και στην Αμερική εμφανίστηκε την τελευταία δεκαετία (Sauvard 2006). Το έντομο τρέφεται με φύλλα, μίσχους, αλλά και νεαρούς φλοιούς από διάφορα δένδρα. Ανοίγει στοές στα κλαδιά και στον κορμό, πρώτα στο φλοιό και στο ξύλο, στο κατώτερο τμήμα του κορμού και των ριζών. Σύμπτωμα εξωτερικό της προσβολής αποτελεί το σχίσμο του φλοιού σε σχήμα ανάποδου T. Σε κάποια φυτά έξω από τη στοά προσβολής παρατηρείται εκροή χυμών.

Η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των δασών

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανία, μέσα μεταφοράς κ.λπ.), αλλά και από φυσικά φαινόμενα όπως είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Διακρίνεται σε δύο μορφές, σε αυτήν των πρωτογενών ρύπων, όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) κ.ά., που εκλύονται κυρίως από τη χρήση στερεών και υγρών καυσίμων, και σε αυτήν των δευτερογενών ρύπων όπως είναι το όζον (O₃) και τα νιτρικά υπεροξυακετύλια (PANs), που προέρχονται από φωτοχημικές αντιδράσεις των πρωτογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Οι πρωτογενείς αλλά, κυρίως, οι δευτερογενείς ρύποι μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από τη θέση παραγωγής τους και επηρεάζουν δασικά οικοσυστήματα άλλων περιοχών, ακόμα και άλλων χωρών (διασυννοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση) (Finlayson-Pitts and Pitts 2000).

Τα οξείδια του αζώτου και του θείου, διαλυόμενα στο νερό της ατμόσφαιρας, σχηματίζουν οξέα τα οποία καταλήγουν στην επιφάνεια της γης ως «όξινη

βροχή». Στον όρο αυτό συμπεριλαμβάνονται όλες οι μορφές κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι, ομίχλη) με μειωμένο pH. Η όξινη βροχή έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα, ιδιαίτερα στα υδρόβια είδη λιμνών και ποταμών. Οι αρνητικές επιπτώσεις της όξινης βροχής στα δάση σχετίζονται με την αλλαγή στην οξύτητα του εδάφους, αλλά και με την απευθείας επίδραση των οξέων στο φύλλωμα των δένδρων, ιδιαίτερα όταν έχει τη μορφή όξινης ομίχλης, που συχνά έχει μικρότερο pH από τη βροχή. Ωστόσο, το μοντέλο της «όξινης βροχής» δεν μπόρεσε να ερμηνεύσει το φαινόμενο που έχει περιγραφεί ως «Παρακμή του Δάσους» (Forest Decline, Waldsterben) (Sandermann et al. 1997).

Ένας από τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους, που επηρεάζει άμεσα την υγεία των δασικών δένδρων, είναι το τροποσφαιρικό όζον. Η οξειδωτική δράση του όζοντος στους ιστούς των φύλλων διαταράσσει τη φωτοσύνθεση και έχει αρνητικές επιπτώσεις σε μια σειρά λειτουργιών στη φυσιολογία του φυτού, προκαλώντας χρόνια τοξικότητα και πρόωρη γήρανση. Όταν οι συγκεντρώσεις του όζοντος είναι υψηλές, δημιουργούνται ορατά συμπτώματα στα φύλλα (Sandermann et al. 1997, Chappelka and Samuelson 1998).

Οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι ιδιαίτερα υψηλές στη νότια Ευρώπη (Fumagalli et al. 2001). Στην Ελλάδα έχουν μετρηθεί υψηλές συγκεντρώσεις του όζοντος σε διάφορες περιοχές και έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα σε δασικά και καλλιεργούμενα είδη φυτών (Velissariou et al. 1992, Μπαλούτσος κ.ά. 2005). Όλες οι ενδείξεις συνηγορούν στην άποψη ότι ο ρύπος αυτός έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα δάση της χώρας. Το όζον είναι ένας από τους αβιοτικούς παράγοντες που μειώνει τη ζωτικότητα των φυτών και τα καθιστά ευάλωτα σε προσβολές από παθογόνα και έντομα (Chappelka and Samuelson 1998, Fumagalli et al. 2001).

Η Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE), από κοινού με την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), εφαρμόζουν ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της κατάστασης των δασών στην Ευρώπη, για περισσότερες από δύο δεκαετίες, με στόχο τη διερεύνηση των ανθρωπογενών παραγόντων καταπόνησης των δασών, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα στοιχεία που έχουν προκύψει είναι πολλά και δείχνουν ότι τα δάση επηρεάζονται σημαντικά από την ατμοσφαιρική ρύπανση, ωστόσο, υπάρχει αβεβαιότητα σε ό,τι αφορά το βαθμό επίδρασης αυτών των παραγόντων στην υγεία των δασικών οικοσυστημάτων (Percya and Ferretti 2004).

Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στους επιβλαβείς οργανισμούς

Τα έντομα και τα παθογόνα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τη ζωτικότητα των ξενιστών τους. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τους βλαπτικούς αυτούς οργανισμούς στα δάση και την έκταση των ζημιών που προκαλούν με την απευθείας επίπτωση στην ανάπτυξή τους, την επιβίωση, την αναπαραγωγή, την εξάπλωση και τη διασπορά τους. Άλλες έμμεσες επιδράσεις αφορούν στην επιβίωση των ανταγωνιστικών οργανισμών και των φυσικών τους εχθρών, αλλά και στην ανάπτυξη των συμβιωτικών με τα φυτά οργανισμών, όπως είναι τα μυκόρριζα (Ayres and Lombardero 2000).

Παρότι υπάρχει αβεβαιότητα στον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργήσουν συγκεκριμένα έντομα και παθογόνα στην κλιματική αλλαγή, η υπάρχουσα γνώση μάς επιτρέπει να καταλήξουμε σε κάποια γενικά συμπεράσματα. Αλλαγές αναμένονται στον τρόπο επίδρασης των επιβλαβών αυτών οργανισμών, που σχετίζονται άμεσα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες, τη συχνότερη εμφάνιση ξηροθερμικών περιόδων και τις υψηλότερες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας τους θερινούς μήνες αναμένεται, γενικά, να επιταχύνει το ρυθμό ανάπτυξης ορισμένων βλαπτικών εντόμων και να αυξήσει την ικανότητα αναπαραγωγής τους, ενώ οι θερμότεροι χειμώνες μπορεί να αυξήσουν την επιβίωση κατά τους χειμερινούς μήνες. Τα όρια εξάπλωσης αυτών των εντόμων εκτιμάται ότι θα μετατοπιστούν σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και μεγαλύτερα υψόμετρα. Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η πευκοκάμπα (*Thaumetopoea pityocampa*) έχει ήδη επεκταθεί σε βορειότερα σημεία της Κεντρικής Γαλλίας, από τη δεκαετία του 1970 έως τα μέσα της δεκαετίας του 2000, εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών (Battisti et al. 2005).

Στο Δυτικό Καναδά έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των πληθυσμών του φλοιοφάγου εντόμου *Dendroctonus ponderosae* σε δάση *Pinus albicaulis*, που έχουν πάρει διαστάσεις επιδημίας για σειρά ετών. Οι επιδημίες αυτές αποδίδονται στην αύξηση των θερμοκρασιών στις περιοχές αυτές, που είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης του βιολογικού κύκλου του εντόμου από δύο έτη σε ένα (Ayres and Lombardero 2000, Logan and Powell 2001). Επίσης στο Δυτικό Καναδά, οι εκτεταμένες προσβολές από το μύκητα *Mycosphaerella pini* σε δάση *Pinus contorta* έχουν αποδοθεί στην αύξηση της θερμοκρασίας και στην αύξηση των θερινών βροχών (Woods et al. 2005).

Στη Μεσογειακή ζώνη, τα δάση ελάτης είναι από τα πλέον ευπαθή δασικά οικοσυστήματα σε ξηροθερμικές περιόδους, με μειωμένα κατακρημνίσματα και υψηλές θερμοκρασίες. Εκτεταμένες νεκρώσεις δένδρων ελάτης έχουν παρατηρηθεί στην Ελλάδα, καθώς και σε άλλες χώρες της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, σε περιόδους μειωμένων βροχοπτώσεων, ιδιαίτερα όταν οι ξηρές περίοδοι έχουν μεγάλη διάρκεια και εκτείνονται πέραν του ενός έτους (Ferrell and Hall 1975, Markalas 1992). Τα φαινόμενα αυτά σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας παίρνουν επιδημική έκταση, με αποτέλεσμα τη νέκρωση εκατοντάδων χιλιάδων δένδρων (Τσόπελας κ.ά. 2003).

Όπως προαναφέρθηκε, οι νεκρώσεις ελάτης οφείλονται κατά βάση σε προσβολή των δένδρων από φλοιοφάγα έντομα, που προσβάλλουν συνήθως δένδρα τα οποία έχουν καταπονηθεί από άλλους παράγοντες. Ο βασικός παράγοντας που προδιαθέτει τα δένδρα σε προσβολές από έντομα είναι η έλλειψη υγρασίας. Ο πληθυσμός των εντόμων αυτών κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας αυξάνεται σε επίπεδα επιδημίας, νεκρώνοντας πολλά δένδρα σε μικρό χρονικό διάστημα (Ferrell and Hall 1975, Paine and Baker 1993).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με την αύξηση της συχνότητας παρατεταμένων ξηροθερμικών περιόδων στη Μεσογειακή ζώνη, θα έχει ως αποτέλεσμα τη συχνότερη εμφάνιση φαινομένων με εκτεταμένες νεκρώσεις δένδρων στα δάση ελάτης και άλλων κωνοφόρων ειδών της χώρας μας. Επειδή οι νεκρώσεις αυτές συμβαίνουν, ως επί το πλείστον, στα κατώτερα όρια εξάπλωσης της ελάτης, αυτό συνεπάγεται τη μετατόπιση των ορίων σε μεγαλύτερα υψόμετρα και σε κάποιες περιπτώσεις τη δραματική μείωση των πληθυσμών αυτού του δασοπονικού είδους. Παράλληλα, αναμένονται εκτεταμένες νεκρώσεις δένδρων σε δάση πεύκης κατά τη διάρκεια ξηροθερμικών περιόδων. Κατά συνέπεια, στις πρακτικές διαχείρισης των δασών ελάτης και άλλων κωνοφόρων πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη αυτή η διάσταση του προβλήματος στις επόμενες δεκαετίες, με τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης και τον περιορισμό των νεκρώσεων δένδρων από τις προσβολές των φλοιοφάγων εντόμων.

Αντιμετώπιση-διαχείριση επιβλαβών οργανισμών

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης είναι η σωστή αναγνώριση του βλαπτικού παράγοντα και η επαρκής γνώση του βιολογικού του κύκλου. Οι ζημιές από προσβολές εντόμων και παθογόνων μπορεί να διαβαθμιστούν από ελαφρές προσβολές που δεν έχουν σημασι-

κή επίδραση στα δένδρα, έως σοβαρές προσβολές που μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και το θάνατο των δένδρων σε μικρή ή μεγάλη έκταση. Κατά συνέπεια, πριν από τη λήψη οποιασδήποτε απόφασης για την αντιμετώπισή τους, θα πρέπει να αξιολογηθούν η δυναμική της επέκτασης του βλαπτικού οργανισμού και οι αναμενόμενες μακροχρόνιες επιπτώσεις της προσβολής στο συγκεκριμένο δασικό οικοσύστημα, σε βάθος χρόνου. Ωστόσο, για τα δάση της Ελλάδας δεν υπάρχουν απογραφικά στοιχεία σε ό,τι αφορά την έκταση προσβολών από έντομα και παθογόνα, καθώς και τις απώλειες που αυτά προκαλούν. Και αυτό είναι ένα στοιχείο που δυσχεραίνει τη λήψη αποφάσεων για την εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης.

Στην πράξη, η διαχείριση των δασών γίνεται, ως επί το πλείστον, αγνοώντας τους κινδύνους από παθογόνα και έντομα. Όταν δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα, τότε μόνο καλούνται οι ειδικοί στη Δασική Εντομολογία και Δασική Παθολογία για να το επιλύσουν. Αυτή η προσέγγιση, όμως, δύσκολα επιλύει το πρόβλημα. Τα τελευταία χρόνια, σε χώρες με αναπτυσσόμενη δασοπονία, έχει επικρατήσει η άποψη ότι τα δάση πρέπει να θεωρούνται ως ένα ενιαίο οικοσύστημα, και για την εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που επιδρούν σε αυτά. Αρχίζει να γίνεται κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο τα έντομα, τα παθογόνα και οι αβιοτικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, καθώς και οι τρόποι διαχείρισης που τα επηρεάζουν (Tainter and Baker 1996).

Στη δασοπονία, αλλά και για τις γεωργικές καλλιέργειες, χρησιμοποιείται συχνά ο όρος «ολοκληρωμένη διαχείριση» (Integrated Pest Management - IPM) στην αντιμετώπιση προσβολών από παθογόνα και έντομα. Η ολοκληρωμένη διαχείριση αποτελεί μια αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση στην αντιμετώπιση των βλαπτικών οργανισμών, με το συνδυασμό προληπτικών μέτρων και επεμβάσεων (Edmonds et al. 2000). Αρκετές διαφορετικές μέθοδοι έχουν διεθνώς αναπτυχθεί για την προστασία των δασών από επιβλαβείς οργανισμούς, οι οποίες αναφέρονται εδώ εν συντομία.

Δασοκομικά μέτρα

Η πρόληψη των προσβολών από επιβλαβείς οργανισμούς επιτυγχάνεται με τη δημιουργία συνθηκών οικολογικής ισορροπίας στο δάσος, με τη χρήση κατάλληλων δασοκομικών χειρισμών. Βασικός στόχος αυτών των δασοκομικών χειρισμών είναι η βελτίωση των συνθηκών που καθιστούν το δάσος ακατάλληλο για την ανάπτυξη των επιβλαβών οργανισμών και οδηγούν στη μείωση του πληθυσμού τους (Καϊλίδης 2004).

Τα δασοκομικά μέτρα αποβλέπουν στη διατήρηση ή στη βελτίωση της φυτοϋγείας και της ζωτικότητας των δένδρων. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι εξυγιαντικές υλοτομίες, με την αφαίρεση προσβεβλημένων δένδρων από έντομα και παθογόνα, ή ακόμα και αποφιλωτικές υλοτομίες, για την αντιμετώπιση παρασιτικών φυτών (Edmonds et al. 2000). Επίσης, πραγματοποιούνται δασοκομικές παρεμβάσεις που ευνοούν δασοπονικά είδη ανθεκτικά σε συγκεκριμένες ασθένειες και έντομα. Στα δασοκομικά μέτρα περιλαμβάνονται και οι κλαδεύσεις, για τη μείωση της προσβολής από παρασιτικά φυτά και μυκητολογικές προσβολές σε κλάδους, ή ακόμα και η χρήση προδιαγεγραμμένου πυρός (Tainter and Baker 1996). Ωστόσο, στην Ελλάδα, τέτοιου είδους παρεμβάσεις γίνονται σε περιορισμένα πλαίσια.

Χημικές μέθοδοι

Η χημική αντιμετώπιση δεν χρησιμοποιείται στη δασοπονία στο βαθμό που χρησιμοποιείται στη γεωργία, είναι δε περισσότερο διαδεδομένη στην αντιμετώπιση προσβολών από έντομα και λιγότερο στην καταπολέμηση ασθενειών στα δάση. Σε πολλές περιοχές του πλανήτη έχουν χρησιμοποιηθεί ορισμένα εντομοκτόνα πάνω από εκτεταμένες περιοχές δασών για τη γρήγορη και αποτελεσματική αντιμετώπιση φυλλοφάγων εντόμων. Στην Ελλάδα, η χρήση εντομοκτόνων στη δασοπονία είναι γενικά περιορισμένη. Έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί διάφορα σκευάσματα για την καταπολέμηση της πευκοκάμπιας, όπως το ντιμιλίν (diflubenzuron) (Καϊλίδης 2004). Τα τελευταία χρόνια, όμως, έχουν σταματήσει οι αεροψεκασμοί και πραγματοποιούνται μόνο ψεκασμοί με επίγεια μέσα.

Αρκετά από τα οργανικά εντομοκτόνα, όμως, έχουν ορισμένα σοβαρά μειονεκτήματα, επειδή προκαλούν και ανεπιθύμητες παρενέργειες. Εκτός από το έντομο στόχο, συχνά σκοτώνουν τους φυσικούς εχθρούς του, καθώς επίσης και άλλα ζώα. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί έμφαση στην παραγωγή εντομοκτόνων καθώς και άλλων φυτοφαρμάκων, τα οποία είναι λιγότερο τοξικά στο περιβάλλον και στοχεύουν σε συγκεκριμένες ομάδες οργανισμών.

Η χρησιμοποίηση χημικών σκευασμάτων στην αντιμετώπιση ασθενειών συνήθως περιορίζεται σε φυτώρια, για την απολύμανση του εδάφους, καθώς και για την παραγωγή φυταρίων απαλλαγμένων από μυκητολογικές προσβολές. Σε μικρότερη κλίμακα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε σποροπαραγωγούς κήπους και φυτείες χριστουγεννιάτικων δένδρων (Tainter and Baker 1996). Ψεκασμοί με χημικές ουσίες για την αντιμετώπιση

ασθενειών σε δάση δεν συνηθίζονται, ωστόσο χρησιμοποιούνται άλατα του βορίου και ουρία με τοπική εφαρμογή σε πρέμνα κωνοφόρων δένδρων μετά από υλοτομίες, για την αντιμετώπιση σηψιρριζιών από το μύκητα *Heterobasidion annosum* (Tainter and Baker 1996, Τσόπελας 1999). Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί ζιζανιοκτόνα, με έκχυση στον κορμό, για τη θανάτωση προσβεβλημένων δένδρων πλατάνου από την ασθένεια του μεταχρωματικού έλκους (Grossclaude et al. 1989, Τσόπελας αδημοσίευτα).

Βιολογικές μέθοδοι

Η βιολογική αντιμετώπιση περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση άλλων οργανισμών ή τα προϊόντα τους που προσβάλλουν έντομα και παθογόνα ή καταστέλλουν τις δραστηριότητές τους. Στη γεωργική και τη δασική εντομολογία είναι περισσότερο συχνή η χρησιμοποίηση αρπακτικών εντόμων (*Coccinella septempunctata*, *Calosoma sycophanta*, *Neuleucopis kartliana*) και άλλων οργανισμών που προσβάλλουν τα βλαπτικά έντομα.

Το πιο γνωστό παθογόνο εντόμων είναι το βακτήριο *Bacillus thuringiensis*, το οποίο χρησιμοποιείται για αρκετές δεκαετίες με ιδιαίτερη επιτυχία στην αντιμετώπιση των προνυμφών διαφόρων λεπιδοπτέρων (Edmonds et al. 2000). Στην Ελλάδα έχουν χρησιμοποιηθεί σκευάσματα του *Bacillus thuringiensis* για την καταπολέμηση της πευκοκάμπιας (Γεώργεβιτς 1976, Αβτζής 1998).

Η βιολογική αντιμετώπιση ασθενειών δασικών δένδρων είναι περιορισμένη σε σχέση με αυτή που αφορά στα βλαπτικά έντομα. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετά παραδείγματα επιτυχούς αντιμετώπισης ασθενειών, όπως η χρησιμοποίηση του μύκητα *Phanerochaete (Peniophora) gigantea* στην αντιμετώπιση προσβολών του μύκητα *Heterobasidion annosum* (Tainter and Baker 1996). Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα βιολογικής αντιμετώπισης ασθένειας δασικών δένδρων είναι η χρησιμοποίηση υπομολυσματικών στελεχών του μύκητα *Cryphonectria parasitica*, για την αντιμετώπιση της ασθένειας του έλκους της καστανιάς, που χρησιμοποιείται και στη χώρα μας (Anagnostakis 1987, Perlerou and Diamandis 2006).

Στις βιολογικές μεθόδους περιλαμβάνεται και η χρησιμοποίηση γενετικά ανθεκτικών φυτών σε συγκεκριμένες ασθένειες και έντομα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την Ελλάδα αποτελεί η επιλογή κλώνων κυπαρισσιού ανθεκτικών στο έλκος του φλοιού του κυπαρισσιού (Xenopoulos 1990). Η χρησιμοποίηση ανθεκτικών κλώνων κυπαρισσιού είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης αυτής της ασθένειας σε χώρες της Μεσογείου.

Λήψη μέτρων καραντίνας

Η εισαγωγή επιβλαβών οργανισμών σε μία χώρα γίνεται συνήθως με το διεθνές εμπόριο φυτών και φυτικών προϊόντων. Η διακίνηση φυτευτικού υλικού από ξένες χώρες έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα εισόδου στη χώρα μας νέων παθογόνων (Τσόπελας 2009). Φυτά τα οποία διακινούνται σε χώρες της ΕΕ συνοδεύονται από πιστοποιητικά φυτοϋγείας (φυτοϋγειονομικά διαβατήρια). Χρησιμοποιώντας αυτά τα πιστοποιητικά, οι φυτοϋγειονομικές αρχές της χώρας που εξάγει τα φυτά βεβαιούν ότι αυτά δεν είναι προσβεβλημένα από συγκεκριμένες επικίνδυνες ασθένειες ή έντομα και η διακίνησή τους είναι νόμιμη. Ωστόσο, οι έλεγχοι είναι ελλιπείς και συνήθως βασίζονται σε μια απλή οπτική εξέταση των φυτών για συμπτώματα προσβολής από συγκεκριμένα παθογόνα. Σε αρκετές περιπτώσεις, όμως, έχουν βρεθεί φυτά προσβεβλημένα από ασθένειες, παρόλο που συνοδεύονταν από πιστοποιητικά φυτοϋγείας (Brasier 2008, Tsopelas et al. 2011).

Τα μέτρα καραντίνας σχετίζονται με το θεσμικό πλαίσιο που αφορά στην αποφυγή της διάδοσης επιβλαβών οργανισμών από χώρες του εξωτερικού ή από περιοχή σε περιοχή μέσα στην ίδια χώρα. Με βάση τους κανονισμούς της ΕΕ, έχουν θεσπιστεί και πραγματοποιούνται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα φυτοϋγειονομικοί έλεγχοι (επισκοπήσεις), για τον εντοπισμό και την επισήμανση προσβεβλημένων δένδρων και εστιών μόλυνσης από συγκεκριμένους επιβλαβείς οργανισμούς, οι οποίοι θεωρούνται επικίνδυνοι. Στη συνέχεια πρέπει να πραγματοποιείται καταστροφή όλων των προσβεβλημένων φυτών και να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την εκρίζωση του συγκεκριμένου επιβλαβούς οργανισμού.

Ένα σημαντικό στοιχείο στη λήψη μέτρων καραντίνας είναι η έγκαιρη ανίχνευση ενός νέου επιβλαβούς οργανισμού σε μια περιοχή, όταν η προσβολή βρίσκεται στα αρχικά στάδια και ο αριθμός των προσβεβλημένων δένδρων είναι περιορισμένος. Σε αυτό το στάδιο, τα μέτρα αντιμετώπισης είναι περισσότερο αποτελεσματικά και το κόστος περιορισμένο. Ωστόσο, η εφαρμογή των μέτρων καραντίνας στη δασική πράξη στην Ελλάδα είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα τη διασπορά επιβλαβών οργανισμών και τη δημιουργία εκτεταμένων προσβολών σε δασικά οικοσυστήματα, αλλά και σε καλλωπιστικά δένδρα σε πάρκα, πλατείες, δρόμους και ιδιοκτησίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επέκταση της ασθένειας του μεταχρωματικού έλκους του πλατάνου σε δασικά οικοσυστήματα της Πελοποννήσου και της Ηπείρου τα τελευταία χρόνια, που εξελίσσεται σε μεγάλη οικολογική καταστροφή (Τσόπελας και

Σουλιώτη 2010). Επίσης, ο ρυγχωτός κάρθαρος (*Rhynchophorus ferrugineus*) και η πεταλούδα (*Paysandisia archon*), που έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, απειλούν με εξαφάνιση τους φοίνικες στην Ελλάδα. Στην περίπτωση αυτή, η αντιμετώπισή τους γίνεται με τη χρήση εντομοπαθογόνων νηματωδών σε συνδυασμό με την ουσία χιτοζάνη, με πολύ καλά αποτελέσματα (Bioinsecta 2011). Τα συμπτώματα, όμως, από την παρουσία των εντόμων δεν είναι ορατά από την αρχή της προσβολής, και όταν αυτή γίνεται ορατή, η κατάσταση μπορεί να μην είναι αναστρέψιμη.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Αγγελακόπουλος, Κ., Ε. Ορφανάκη, Ε. Αλυσσανδράκης, και Δ. Κολλάρος. 2010. Δεδομένα για τη μετακίνηση ενός φυτικού εχθρού (*Rhynchophorus ferrugineus*) προς ένα απειλούμενο φυτικό είδος (*Phoenix theophrasti*). Σελ. 9 στο Περίληψεις του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Οικολογίας «Οικολογικές διεργασίες στο χώρο και το χρόνο», Πάτρα 5-7 Οκτωβρίου 2010. Ελληνική Οικολογική Εταιρεία, Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Ελληνική Βοτανική Εταιρεία, Αθήνα.

Βαρσαμιδάκη, Μ., Ν. Θυμάκης, και Δ.Χ. Κοντοδήμας. 2005. Πρώτη καταγραφή στην Ελλάδα του εχθρού των φοινικοειδών *Paysandisia archon*. *Entomologia Hellenica* 16:44-47.

Γεώργεβιτς, Ρ. 1976. Χρησιμοποίηση του NU-FILM εις την δια THURRICIDE-HP μικροβιολογική καταπολέμησης της πιτυοκάμπης της πεύκης (*Thaumatococcus ptyokampa*) κατά το έτος 1974 εν Αττική. Ανακοινώσεις Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών IV:152-164.

Διαμαντής, Σ., και Χ. Περλέρου. 2005. Δοκιμή ανθεκτικότητας ελληνικών γενοτύπων πεδινής φτελιάς (*Ulmus minor*) κατά της Ολλανδικής ασθένειας. Σελ. 157-163 στο Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δάσος και Νερό. Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος», Δράμα, 2-5 Οκτωβρίου 2005. Τόμος Ι. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Καϊλίδης, Δ. 1969. Τα έντομα της λεύκης και καταπολέμηση αυτών. Υπουργείου Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Δασών, Κέντρον Δασικών Ερευνών Βορείου Ελλάδας, Αριθ. 22.

Καϊλίδης, Δ. 2004. Δασική Εντομολογία και Ζωολογία. 4η Έκδοση. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Καϊλίδης, Δ., και Σ. Μαρκάλας. 1985. Παρατηρήσεις στη φλυκταινώδη σκωρίαση *Cronartium*

- flaccidum* της δασικής πεύκης στο Καταφύγιο της Κοζάνης. Εργαστήριο Υλωρικής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Καϊλίδης, Δ.Σ. 1981. Υλωρική, 1ο μέρος, Δασικές πυρκαγιές. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Καϊλίδης, Δ.Σ. 1985. Δασική Παθολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Καϊλίδης, Δ.Σ., και Ρ.Π. Γεώργεβιτς. 1968. Επιδημία φλοιοφάγων εντόμων επί της ελάτης της Πάρνηθος. Υπουργείο Γεωργίας, Εκδόσεις Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Νο 20, Αθήνα.
- Καλαπανίδα-Κανταρτζή, Μ. 2005. Συμπεριφορά του εντόμου *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) στην Ελλάδα. Σελ. 92-97 στο Πρακτικά του 11ου Εντομολογικού Συνεδρίου, Λίμνη Πλαστήρα, 11-14 Οκτωβρίου 2005. Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος, Αθήνα.
- Καλαπανίδα-Κανταρτζή, Μ., και Ζ. Ζαρταλούδης. 2005. Βιολογική αντιμετώπιση του εντόμου *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Lymantriidae) στο Νομό Χαλκιδικής. Σελ. 100-103 στο Πρακτικά του 11ου Εντομολογικού Συνεδρίου, Λίμνη Πλαστήρα, 11-14 Οκτωβρίου 2005. Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος, Αθήνα.
- Κοντοδήμας, Δ. 2010. Ο σημαντικότερος εχθρός των φοινικοειδών, το έντομο *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae, Dryophorinae) κόκκινος ρυγχωτός κάνθαρος των φοινικοειδών. Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Τμήμα Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, Γ.Ε. 1/2010. Διαθέσιμο στο <http://www.bpi.gr/files/pdf/Rhynchophorus-%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B1.pdf> (πρόσβαση 21 Ιουνίου 2012).
- Μαρκάλας, Σ. 1992α. Νέκρωση ελατοδασών το 1989. Μελέτη του φαινομένου στο δάσος Περγουλίου. Σελ. 232-250 στο Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δασοπονία και περιφερειακή ανάπτυξη», Καρπενήσι, 7-9 Νοεμβρίου 1990. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Μαρκάλας, Σ. 1992β. Βιολογία των εντόμων που προσβάλλουν δένδρα πεύκης μετά από πυρκαγιά. Επιστημονική Επετηρίς Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ 35:407-508.
- Μαρκάλας, Σ. 2010. Δασική Εντομολογία. Εκδόσεις Ζάνδης, Θεσσαλονίκη.
- Μιχαηλάκης, Α., Π. Μυλωνάς, και Κ. Σουλιώτης. 2011. Βαμβακάδα των πεύκων (*Marchalina hellenica*) και η αντιμετώπιση της. www.bpi.gr/photos/home/files/Marchalina%20hellenica.pdf.
- Μπαλούτσος, Κ. Καούκης, Ασ. Σκουτέρη, Γ. Καρέτσος, και Αθ. Μπουρλέτσικας. 2005. Επιπτώσεις των συγκεντρώσεων όζοντος στα δασικά είδη: Προκαταρκτικά αποτελέσματα. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα VI, 16:43-53.
- Μουλόπουλος, Χ. 1956. Μαθήματα Δασοκομικής, Γ' μέρος, Ειδική Εφημεροσμένη Δασοκομική. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Περλέρου, Χ., Σ. Διαμαντής, και Σ. Μαρκάλας. 2002. Η διασπορά της ασθένειας του έλκου της καστανιάς στην Ελλάδα. Σελ. 70-77 στο Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Έρευνα, προστασία και διαχείριση χερσαίων οικοσυστημάτων, περιαστικών δασών και αστικού πρασίνου», Τρίπολη, 26-29 Μαΐου 2002. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Περλέρου, Χ., και Σ. Διαμαντής. 2004. Είδη του γένους *Phytophthora* που σχετίζονται με την ασθένεια της μελάνωσης της καστανιάς στην Ελλάδα. Σελ. 227 στο Περίληψεις 12ου Πανελληνίου Φυτοπαθολογικού Συνεδρίου, Καστοριά, 12-15 Οκτωβρίου 2004. Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία, Αθήνα.
- Περλέρου, Χ., Γ. Σπύρογλου, Δ. Αβτζής, και Σ. Διαμαντής. 2010. Δασική Πεύκη Πιερίων SOS. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη.
- Σουλιώτης, Κ. 2011. Ανακοίνωση του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την «Βαμβακάδα» των πεύκων και την αντιμετώπιση της. www.anthorama.gr/files/marchalina_hellenica/souliotis%20Marchalina%20hellenic.pdf.
- Τσιτσώνης, Α. 2010. Φυτοϋγειονομική Νομοθεσία, Δασικός Φυτοϋγειονομικός Έλεγχος (Δ.Φ.Ε.). Διαθέσιμο στο http://www.geotee-anmak.gr/img/ekdiloseis/fytoygeionomikos_elenxos_ypoxreoi.pdf (τελευταία πρόσβαση 21 Ιουνίου 2012).
- Τσόπελας, Π. 1999. Επίδραση των υλοτομιών στη διασπορά των μυκήτων που δημιουργούν σηψιρριζίες σε δάση κωνοφόρων της Ελλάδας. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Αλεξανδρούπολη, 8-10 Απριλίου 1998. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Τσόπελας, Π. 2009. Επιπτώσεις σε δασικά οικοσυστήματα από αλλόχθονα εισβάλλοντα είδη παθογόνων μυκήτων. Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Πάτρα, 1-4 Νοεμβρίου 2009. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Τσόπελας, Π., Γ. Μπαλούτσος, Α. Οικονόμου, Ν. Σουλιώτη, και Α. Αγγελόπουλος. 2003. Νεκρώσεις ελάτης στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Σελ. 50-57 στο Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δασική πολιτική, πρεμνοφυή δάση,

προστασία φυσικού περιβάλλοντος», Αρχαία Ολυμπία, 30 Σεπτεμβρίου - 3 Οκτωβρίου 2003. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Τσόπελας, Π., και Ν. Σουλιώτη. 2010. Η επέκταση του μύκητα *Ceratocystis platani* στον ελληνικό χώρο: Μια απειλή για τα φυσικά οικοσυστήματα πλατάνου. Γεωργία-Κτηνοτροφία 7:56-60

Χλωρός, Ν. 1891. Εγκυκλοπαίδεια της Δασολογίας. Γενική Δασολογία. Βιβλιοθήκη των φυσικών και εφηρμοσμένων επιστημών, Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Agrios, G.N. 1997. Plant Pathology, Academic Press, San Diego.

Anagnostakis, S.L. 1987: Chestnut blight: the classical problem of an introduced pathogen. Mycologia 79:23-37.

Ayres, M.P., and M. J. Lombardero. 2000. Assessing the consequences of climate change for forest herbivores and pathogens. Science of the Total Environment 262:263-286.

Avtzis, N.D., and D.N. Avtzis. 2001. Control of the most dangerous insect of Greek forests and plantations. Pages 1-5 in A.M. Liebhold, M.L. McManus, I.S. Otvos, and S.L.C. Fosbroke, editors. Proceedings "Integrated management and dynamics of forest defoliating insects"; 1999 August 15-19; Victoria, BC. General Technical Report NE-277. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.

Avtzis, D. 1998. The use of *Bacillus thuringiensis* against *Thaumetopoea pityocampa* Sciff. (Lepidoptera: Thaumetopoidae) in Greece. Pages 311-316 in M.L. Mc Manus, and A.M. Liebhold, editors. Proceedings "Population Dynamics, Impacts and Integrated Management of Forest Defoliating Insects". General Technical Report NE-247: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.

Avtzis, N., and D. Avtzis. 2002. The attack of *Aesculus hippocastanum* L. by *Cameria ohridella* Descka and Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae) in Greece. Pages 1-5 in U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, General Technical Report NE-311.

Battisti, A., M. Stastny, S. Netherer, C. Robinet, A. Schopf, A. Roques, and S. Larsson. 2005. Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. Ecological Applications 15:2084-2096.

Bilany, D.J., and R.M. Brown. 1977. The geographical distribution of *Gilpinia hercyniae* Hymenop-

tera: Diprionidae in the United Kindom. Forestry 50:155-160.

Bio-insecta. 2011. www.bioinsecta.gr.

Brasier, C.M. 2008. The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. Letter to the editor. Plant Pathology 57:792-808.

Chappelka, A.H., and L. J. Samuelson. 1998. Ambient ozone effects on forest trees of the eastern United States: a review. New Phytologist 139:91-108.

Diamandis, S., and de M. Kam. 1986. A severe attack on Scots pine by the resin top disease in N. Greece. European Journal of Forest Pathology 16: 247-249.

EPPO/OEPP, 2009. EPPO Standards PM 7/4 (2) Diagnostic protocol for *Bursaphelenchus xylophilus*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 39:344-353.

Edmonds, R.L., J.K. Agee, and R.I. Gara. 2000. Forest Health and Protection. McGraw-Hill, Boston, MA.

Ferrell, G.T., and C.R. Hall. 1975. Weather and tree growth associated with white fir mortality caused by fir engraver and roundheaded fir borer. Research Paper PSW-109, USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Exp. Stn., Berkeley, California.

Finlayson-Pitts, B.J., and J.N. Pitts, Jr. 2000. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Academic Press, New York.

Fumagalli, I., B.S. Gimeno, D. Velissariou, L. De Temmerman, and G. Mills. 2001. Evidence of ozone-induced adverse effects on crops in the Mediterranean region. Atmospheric Environment 35:2583-2587.

Graniti, A. 1998. Cypress Canker: A pandemic in progress. Annual Review of Phytopathology 36:91-114.

Grosclaude, C., R. Olivier, J.C. Pizzuto, and C. Romiti. 1989. Contre le chancre colore du platane. Intérêt de la dévitalisation. Phytoma 410:36-37.

Karanikola, P., and S. Markalas. 2001. Insects attacking the cones of *Pinus brutia* Ten. in Northern Greece. Pages 337-341 in Proceedings of the International Conference "Forest Research: A Challenge for an Intergrated European Approach", Thessaloniki, 27 August-1 September 2001. Vol. I, NAGREF, Thessaloniki.

Kliejunas, J.T. 2010. Sudden oak death and *Phytophthora ramorum*: a summary of the literature. U.S. Department of Agriculture, Forest Service,

- Pacific Southwest Research Station. General Technical Report PSW-GTR-234. Albany, CA.
- Kolb, T.E., M.R. Wagner, and W.W. Covington. 1994. Utilitarian and ecosystem perspectives: concepts of forest health. *Journal of Forestry* 92:10-15.
- Kontodimas D.C, P.G. Milonas, V. Vassiliou, N. Thymakis, and D. Economou. 2005. The occurrence of *Rhynchophorus ferrugineus* in Greece and Cyprus and the risk against the native greek palm *Phoenix theophrasti*. *Entomologia Hellenica* 16:11-15.
- Logan, J.A., and J.A. Powell. 2001. Ghost forests, global warming, and the mountain pine beetle. *American Entomologist* 47:160-73
- Markalas, S., 1992. Site and stand factors related in mortality rate in a fir forest after a combined incidence of drought and insect attack. *Forest Ecology and Management* 47:357-347.
- Niemelä, T., and K. Korhonen. 1998. Taxonomy of the Genus *Heterobasidion*. Pages 27-33 in S.Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, and A. Hüttermann, editors. *Heterobasidion annosum*, Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, New York.
- Ocasio-Morales, R.G., P. Tsopeles, and T.C. Harrington. 2007. The Origin of *Ceratocystis platani* on Native *Platanus orientalis* in Greece and its Impact on Natural Forests. *Plant Disease* 91:901-904.
- O’Laughlin, J., R.L. Livingston, R. Thier, J. Thornton, D.E. Towell, and L. Morelan. 1994. Defining and measuring forest health. *Journal of Sustainable Forestry* 2:65-85.
- Paine, T.D., and F.A. Baker. 1993. Abiotic and biotic predisposition. Pages 61-79 in T.D. Scowalter, and G.M. Filip, editors. *Beetle-pathogen interactions in conifer forests*. Academic Press, London.
- Perlerou, C., and S. Diamandis. 2006. Identification and geographic distribution of vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* and occurrence of hypovirulence in Greece. *Forest Pathology* 36: 413-421.
- Roques, A., W. Rabitsch, J-Y. Rasplus, C.L. Vaamonde, N. Wolfgang, and M. Kenis. 2009. Pages 63-79 in J.A. Drake, editor. *Handbook of Alien Species in Europe. Alien Terrestrial Invertebrates of Europe*. Springer Science+ Business Media B.V.
- Sandermann, H., A.R. Wellburn, and R.L. Heath (eds). 1997. *Forest Decline and Ozone*. Ecological Studies 127, Springer, New York.
- Sauvard, D. 2006. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe: *Anoplophora chinensis*. http://www.europe-aliens.org/pdf/Anoplophora_chinensis.pdf
- Skarmoutsos, G., and Michalopoulos-Skarmoutsos, H. 2000. Pathogenicity of *Bursaphelenchus sexdentati*, *Bursaphelenchus leoni* and *Bursaphelenchus hellenicus* on European pine seedlings. *Forest Pathology* 30:149-156.
- Tainter, F.H., and F.A. Baker 1996. *Principles of Forest Pathology*. John Wiley & Sons, New York.
- Tsopeles, P., and K. Korhonen. 1996. Hosts and distribution of the intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in the highlands of Greece. *European Journal of Forest Pathology* 26:4-11.
- Tsopeles, P. 1999. Distribution and ecology of *Armillaria* species in Greece. *European Journal of Forest Pathology* 29:103-116.
- Tsopeles, P., A. Angelopoulos, A. Economou, M. Voulala, and E. Xanthopoulou. 2001. Monitoring crown defoliation and tree mortality in the fir-forest of Mount Parnis, Greece. Pages 253-258 in K. Radoglou, editor. *Proceedings of the International Conference “Forest Research, a Challenge for an Integrated European Approach”*. Thessaloniki, Greece, August 27-1 September 2001. NAGREF-Forest Research Institute, Thessaloniki.
- Tsopeles, P., and A. Angelopoulos. 2004. First report of canker stain disease of plane trees, caused by *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* in Greece. *Plant Pathology* 53:531.
- Tsopeles, P., A. Angelopoulos, A. Economou, and N. Soulioti. 2004. Mistletoe (*Viscum album*) in the fir forest of Mount Parnis, Greece. *Forest Ecology & Management* 202:59-65.
- Tsopeles, P., E.J. Paplomatas, S.E. Tjamos, N. Soulioti, and K. Elena. 2011. First report of *Phytophthora ramorum* on *Rhododendron* in Greece. *Plant Disease* 95:223.
- Velissariou, D., A.W. Davison, J.D. Barnes, T. Pfirmann, D.C. MacLean, and C.D. Holevas. 1992. Effects of air pollution on *Pinus halepensis* Mill. 1. Pollution levels in Attica, Greece. *Atmospheric Environment* 26A:373-380.
- Woods, A., K.D. Coates, and A. Hamann. 2005. Is an unprecedented *Dothistroma* needle blight epidemic related to climate change? *BioScience* 55: 761-769.
- Xenopoulos, S. 1990. Screening for resistance to cypress canker (*Seiridium cardinale*) in three Greek provenances of *Cupressus sempervirens*. *European Journal of Forest Pathology* 20:140-147.

5. Το φαινόμενο της δασικής πυρκαγιάς ως πρόβλημα: χαρακτηριστικά, προσεγγίσεις αντιμετώπισης και συνολική διαχείριση

Γαβριήλ Ξανθόπουλος

Aν και οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα φαινόμενο με σημαντικό φυσικό ρόλο στα Μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα, δεν παύουν, για μια σειρά από λόγους που έχουν να κάνουν με τον άνθρωπο, τις ενέργειές του και τις ανάγκες του, να είναι ένα σημαντικό πρόβλημα για τα σύγχρονα κράτη, ιδίως τα Μεσογειακά, όπως η Ελλάδα. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι παραπάνω λόγοι, εξηγείται το πρόβλημα και τα χαρακτηριστικά του και αναλύεται ο τρόπος διαχείρισής του. Ειδικότερα, αναλύονται η πρόληψη, η καταστολή και η μεταπυρική αποκατάσταση ως στοιχεία της διαχείρισης των πυρκαγιών και γίνεται σύντομη αναφορά στην κατάσταση όσον αφορά τη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα.

Λέξεις κλειδιά: δασική πυρκαγιά, δασοπυρόσβεση, διαχείριση πυρκαγιάς

Εισαγωγή

Ο φυσικός ρόλος της πυρκαγιάς στα Μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα, ο οποίος παρουσιάστηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, μπορεί να οδηγήσει σε ερωτηματικά ως προς το γιατί οι δασικές πυρκαγιές είναι πρόβλημα και γιατί όλες οι χώρες αφιερώνουν μεγάλη προσπάθεια για την κατάσβεσή τους. Οι λόγοι, βέβαια, είναι πολλοί και, αν και σε μεγάλο βαθμό έχουν να κάνουν με αντιλήψεις του σχετικά πρόσφατου παρελθόντος κατά το οποίο ο φυσικός ρόλος της πυρκαγιάς ήταν άγνωστος όχι μόνο στο ευρύ κοινό αλλά ακόμη και στους επιστήμονες, έχουν επίσης να κάνουν με πολύ συγκεκριμένα και πρακτικά θέματα (Shlisky 2007). Έτσι, ως κυριότεροι λόγοι από τους οποίους προκύπτει η ανάγκη για τον περιορισμό των δασικών πυρκαγιών μπορούν να αναφερθούν οι εξής:

- Η οικολογική καταστροφή που προκαλείται από την αυξημένη συχνότητα πυρκαγιών που παρατηρείται σήμερα λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που προκαλείται από πυρκαγιές φυσικής συχνότητας. Η καταστροφή αυτή περιλαμβάνει

την υποβάθμιση πολλών δασικών οικοσυστημάτων, ιδίως εκείνων που δεν είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά. Πολλαπλές επαναλήψεις πυρκαγιάς για μεγάλη χρονική περίοδο οδηγούν σε αλλαγές της σύνθεσης και της μορφής της βλάστησης (Pausas et al. 2008) και, κυρίως εξαιτίας της διάβρωσης του εδάφους, σε μείωση της παραγωγικότητας μεγάλων εκτάσεων, που σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνει ως την πλήρη απερήμωσή τους.

- Οι άμεσες και έμμεσες οικονομικές απώλειες από την καταστροφή δασικών προϊόντων (ξυλείας, ρητίνης κ.λπ.), οικονομική απαξίωση της γης κ.λπ.
- Η απώλεια άλλων μεγάλων ωφελειών του δάσους, όπως η αισθητική αξία, η προστασία από πλημμύρες, η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα, η βιοποικιλότητα κ.λπ. (Birot and Mavsar 2009).
- Το οικονομικό κόστος που απαιτείται για τη συντήρηση πληθώρας πυροσβεστικών δυνάμεων καταστολής (καύσιμα οχημάτων, αεροσκαφών, υπερωρίες μόνιμου προσωπικού, τροφή κ.λπ.).
- Η πιθανότητα καταστροφών σε ατομικές περιουσίες (οικίες, ποιμνιοστάσια, καλλιέργειες και

άλλες εγκαταστάσεις) και σε διάφορες υποδομές του κράτους (δρόμους, ηλεκτρικό δίκτυο, δίκτυο τηλεπικοινωνιών κ.λπ.).

- Η αίσθηση ανασφάλειας του πολίτη και, συχνά, ακόμη και ο κίνδυνος για απώλεια ζωών.

Με δεδομένα τα παραπάνω και θεωρώντας τις δασικές πυρκαγιές ως ένα σημαντικό πρόβλημα των σύγχρονων κοινωνιών στην Ελλάδα και στις άλλες Μεσογειακές χώρες, το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά του προβλήματος και τους τρόπους αντιμετώπισής του, για να ολοκληρωθεί με την παρουσίαση μιας προσέγγισης για την ολοκληρωμένη διαχείρισή του.

Χαρακτηριστικά του προβλήματος

Αυτό που κάνει τις δασικές πυρκαγιές ένα σημαντικό πρόβλημα είναι το ότι αποτελούν μία απειλή για τις σύγχρονες κοινωνίες. Έτσι, ένας καλός τρόπος για να κατανοηθεί το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του προβλήματος είναι να εξετασθεί με τη βασική προσέγγιση που χρησιμοποιείται διεθνώς για την ανάλυση μιας απειλής από φυσικό ή τεχνολογικό κίνδυνο, η οποία στηρίζεται στην αξιολόγηση των επί μέρους στοιχείων από τα οποία αυτή εξαρτάται. Τα στοιχεία αυτά είναι η πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου, η ένταση του φαινομένου και οι απειλούμενες αξίες, λαμβανομένης υπόψη της πιθανής έκθεσης στον κίνδυνο, της τρωτότητας, της οικονομικής και άλλης αξίας κ.λπ. Ειδικότερα για τις δασικές πυρκαγιές, τα στοιχεία αυτά είναι η πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, η δυναμική συμπεριφορά της πυρκαγιάς (εκφραζόμενη συνήθως με την ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς) και οι απειλούμενες αξίες (Pearce and Majorhazi 2003, Majorhazi 2006). Στα παραπάνω, επίσης, λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα αντιμετώπισης του φαινομένου (Alberta Sustainable Resource Development 2008).

Ως προς την πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, αυτή εξαρτάται από φυσικά αίτια, κυρίως τους κεραυνούς, και από ανθρωπογενή αίτια. Με δεδομένο ότι τα πρώτα μεταβάλλονται γενικά με πολύ αργούς ρυθμούς, ακολουθώντας τις αλλαγές του κλίματος, η πιθανότητα μεταβάλλεται κυρίως λόγω των πυρκαγιών που οφείλονται σε ατυχήματα, ανθρώπινη αμέλεια ή προμελετημένους εμπρησμούς. Οι μεταβολές στην παρουσία του ανθρώπου στο δάσος και στη σχέση του με αυτό έχουν προφανώς επίδραση στην εμφάνιση των πυρκαγιών. Τέτοιες αλλαγές ήταν ιδιαίτερα έντονες κατά τις τελευταίες δεκαετίες στην Ελλάδα. Παραδείγματα αποτελούν:

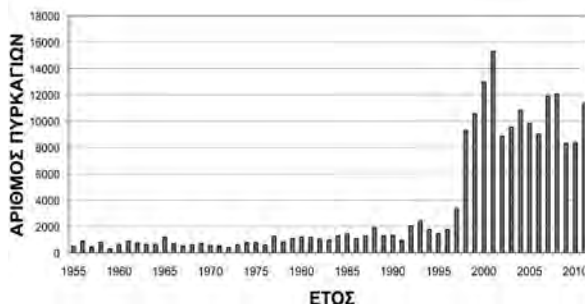
- Οι αλλαγές χρήσης γης με την εγκατάλειψη της ορεινής κυρίως υπαίθρου, με αντίστοιχη εγκατάλειψη πολλών οριακών αγροτικών εκτάσεων και τη μείωση της επιμελημένης καλλιέργειας ελαιώνων, αμπελώνων κ.λπ., και με την ανάπτυξη τουριστικών εγκαταστάσεων και ζωνών μίξης δασών-οικισμών κυρίως κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα που αυξάνουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες μέσα και κοντά στο δάσος.
- Η αύξηση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, σκουπιδοτόπων κ.λπ. μέσα σε δάση, συχνά σε συνάρτηση με τα παραπάνω.
- Η αυξημένη κίνηση ανθρώπων στο δάσος ως αποτέλεσμα της αύξησης του οδικού δικτύου και του αριθμού των αυτοκινήτων.
- Η αλλαγή νοοτροπίας των ανθρώπων που συχνά είναι στην κατεύθυνση της αδιαφορίας για τη φύση και της εξασφάλισης γρήγορου κέρδους από αυτή, αλλά και η απώλεια γνώσεων για το δάσος και τις πυρκαγιές που υπήρχαν στους παραδασόβιους πληθυσμούς.

Η πιθανότητα έναρξης μιας πυρκαγιάς εκτός της ύπαρξης πηγής θερμότητας επηρεάζεται και από τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης (ποσότητα, συνέχεια, ευφλεκτότητα) και την επίδραση των καιρικών συνθηκών σε αυτή (άνεμος, θερμοκρασία, ξηρότητα ατμόσφαιρας και βροχοπτώσεις) (Ubsysz and Valette 2010). Η συσσώρευση δασικής βιομάζας, εξαιτίας της μειωμένης χρήσης της από τους ανθρώπους, και η πιθανολογούμενη συχνότερη εμφάνιση ακραίων μετεωρολογικών συνθηκών ως αποτέλεσμα της αλλαγής κλίματος, είναι παράγοντες που μπορούν σαφώς να επηρεάσουν την έναρξη και γρήγορη εξάπλωση των πυρκαγιών.

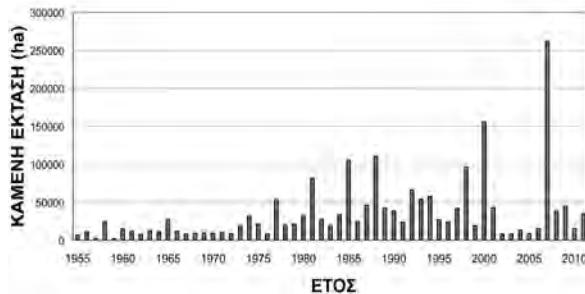
Τα δύο τελευταία στοιχεία (καύσιμη ύλη και καιρικές συνθήκες) επηρεάζουν άμεσα και τα χαρακτηριστικά των πυρκαγιών (ταχύτητα εξάπλωσης, μήκος φλόγας, ένταση μετώπου, πυρκαγιά επιφανείας ή κόμης κ.λπ.). Από αυτά, η ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς, εκφραζόμενη σε kw/m (εκλυόμενη ενέργεια ανά μέτρο μετώπου στη μονάδα χρόνου), αποτελεί το καλύτερο στοιχείο για την εκτίμηση της απειλής που αντιπροσωπεύει μια πυρκαγιά. Γενικά, όσο μεγαλύτερη η ένταση των πυρκαγιών τόσο δυσκολότερη γίνεται η καταστολή τους. Έτσι, οι πυρκαγιές καίνε μεγαλύτερες εκτάσεις και προξενούν μεγαλύτερες καταστροφές.

Η πιθανή καταστροφικότητα μιας πυρκαγιάς εξαρτάται σαφώς και από την αξία των στοιχείων που μπορούν να εκτεθούν σε κίνδυνο. Οι ανθρώπινες ζωές έχουν προφανώς τη μεγαλύτερη αξία, ακολουθούμενες από προσωπικές περιουσίες και δημόσιες υποδομές που μπορεί να καταστραφούν (κατοικίες, παραγωγικές εγκαταστάσεις, ζωικό κε-

φάλαιο, αγροτικές καλλιέργειες, δίκτυα κοινής ωφέλειας κ.λπ.). Οι άμεσες αξίες του δάσους, όπως το ξυλώδες κεφάλαιο, η παραγωγή ρητίνης και άλλων υλικών προϊόντων, αλλά και οι έμμεσες αξίες (συγκράτηση άνθρακα, βιοποικιλότητα, αισθητικές αξίες, προστατευτικές αξίες κ.λπ.), που δεν αποτιμώνται πάντοτε εύκολα, κατά κανόνα ακολουθούν.



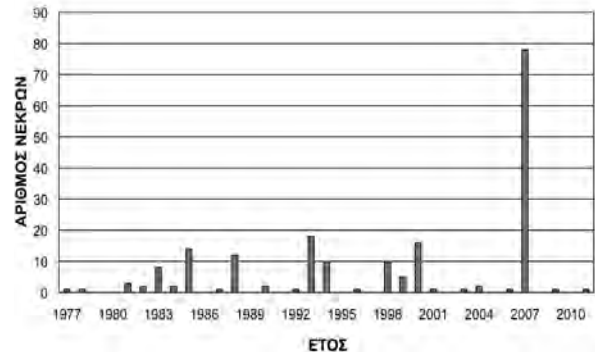
Σχήμα 1. Εξέλιξη του ετήσιου αριθμού των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1955-2011. Η μετά το 1998 απότομη αύξηση οφείλεται και στον διαφορετικό τρόπο καταγραφής από το Πυροσβεστικό Σώμα σε σχέση με εκείνον της Δασικής Υπηρεσίας (πηγή: Στοιχεία Δασικής Υπηρεσίας και Πυροσβεστικού Σώματος).



Σχήμα 2. Εξέλιξη της ετήσιως καείσας έκτασης δασών και δασικών εκτάσεων στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1955-2011 (πηγή: Στοιχεία Δασικής Υπηρεσίας και Πυροσβεστικού Σώματος).

Η παραπάνω προσέγγιση, σε συνδυασμό με τα στατιστικά στοιχεία των δασικών πυρκαγιών, κάνει εύκολα αντιληπτό το γιατί οι δασικές πυρκαγιές έχουν εξελιχθεί σε ένα μεγάλο πρόβλημα για την Ελλάδα. Η σταδιακή αύξηση του αριθμού των πυρκαγιών (Σχήμα 1) συνεπάγεται μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς. Η αύξηση της μέσης ετησίως καιγόμενης έκτασης (Σχήμα 2) οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην πιο έντονη συμπεριφορά των πυρκαγιών που, κατά κύριο λόγο, είναι αποτέλεσμα της συσσώρευσης βιομάζας στα δάση και στις δασικές εκτάσεις. Αν και δεν υπάρχουν επίσημα λεπτομερή στοιχεία για την αξία των προκαλούμενων καταστροφών, είναι αρκετά εύκολο να τεκμηριωθεί η κατακόρυφη αύξησή τους. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται μία ανεπίσημη καταγραφή θανάτων που σχετίζονται με δασικές πυρκαγιές, που δείχνει σαφή τάση αύξησης κατά τα τελευταία έτη. Επίση-

μαίνεται ότι δεν αναφέρονται θάνατοι πριν το 1977, γιατί δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές, εκτός από την περίπτωση μεγάλης πυρκαγιάς στα βασιλικά κτήματα στο Τατόι το 1910 (Xanthopoulos 1988).

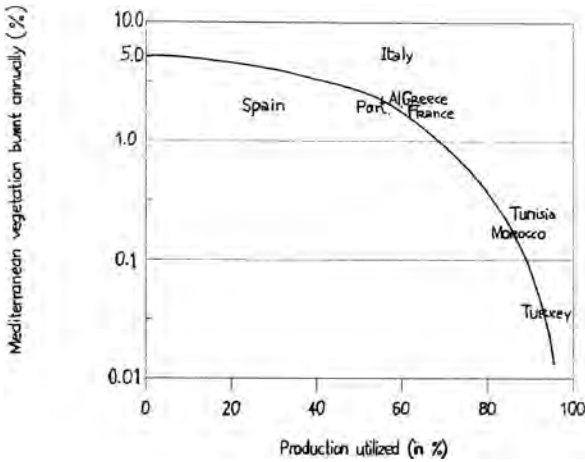


Σχήμα 3. Αριθμός νεκρών σε συμβάντα δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα στην περίοδο 1977-2010 (πηγή: Στοιχεία Δασικής Υπηρεσίας και Πυροσβεστικού Σώματος).

Όσον αφορά τις καταστροφές κτιρίων και περιουσιών, αυτές ήταν ιδιαίτερα σπάνιες πριν μερικές δεκαετίες, καθώς γύρω από τα χωριά οι πυρκαγιές σταματούσαν, ελλείψει καύσιμης ύλης· το σύνολο, σχεδόν, της νεκρής ξυλώδους βιομάζας χρησιμοποιείτο ως καύσιμο για θέρμανση και μαγείρεμα. Η εγκατάλειψη της υπαίθρου επέτρεψε την αύξηση της νεκρής βιομάζας γύρω από τα παραδοσιακά χωριά. Επιπλέον, οι κατοικίες στις περιοχές μίξης δασών-οικισμών που δημιουργήθηκαν κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες αύξησαν κατακόρυφα την πιθανότητα καταστροφών μεγάλης αξίας (Ξανθόπουλος και Caballero 2007, Xanthopoulos 2008a). Ως παράδειγμα ακραίας περίπτωσης μπορεί να αναφερθεί η ολική ή μερική καταστροφή περισσότερων από 3.000 κατοικιών κατά την ιδιαίτερα καταστροφική αντιπυρική περίοδο του 2007 στην Ελλάδα. Παράλληλα, κάηκαν 244.000 στρέμματα ελαιοδένδρων, 21.000 στρέμματα αμπελώνων, 14.000 στρέμματα λοιπών δένδρων, 24.000 αιγοπρόβατα, 472 βοοειδή, 20.671 κυψέλες κ.ά. Το συνολικό κόστος των καταστροφών ξεπέρασε τα 3,5 δισεκατομμύρια ευρώ, χωρίς να υπολογίζεται η απώλεια των υπηρεσιών που προσφέρει το δάσος, ενώ οι συνέπειες στην κοινωνική και οικονομική ζωή ήταν μακροχρόνιες (Xanthopoulos 2007a).

Τα παραπάνω δεν αφορούν μόνο την Ελλάδα. Υπάρχει πλήθος παραδειγμάτων στον διεθνή χώρο που επιβεβαιώνουν τη σύνδεση μεταξύ των κοινωνικών και οικονομικών αλλαγών και της χειροτέρευσης του προβλήματος των πυρκαγιών. Παραδείγματος χάριν, ως προς τα αποτελέσματα της έλλειψης απόληψης και χρήσης της βιομάζας, ο Rego (1992) συνέδεσε το ποσοστό της παραγόμε-

νης δασικής βιομάζας που αξιοποιείται σε κάθε Μεσογειακή χώρα με το ποσοστό της έκτασης των δασών της που καίγεται ετησίως (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Σχέση μεταξύ του ποσοστού της ετησίως καείσας έκτασης και του ποσοστού της δασικής βιομάζας που καταναλώνεται ετησίως στις Μεσογειακές χώρες, βασισμένη σε στοιχεία για την περίοδο 1980-1985 (πηγή: Rego 1992).

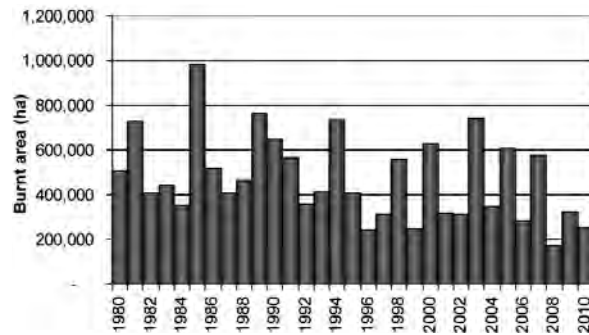
Ακόμη, ο Goldammer (1992) ήταν ανάμεσα σε εκείνους που αναγνώρισαν από νωρίς το πρόβλημα της ανάπτυξης ζωνών μίξης δασών-οικισμών που άρχιζε να χειροτερεύει εκείνη την εποχή, τις κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους που το επηρέαζαν και τα αποτελέσματα που θα είχε στο μέλλον, όσον αφορά στις δασικές πυρκαγιές. Επίσης, αναφερόμενος στη μείωση του ρυθμού αξιοποίησης της δασικής βιομάζας και των αλλαγών στο περιβάλλον όσον αφορά στις δασικές πυρκαγιές, ο Goldammer κατέληγε στο συμπέρασμα ότι «εξαιτίας των αυξανόμενων κοινωνικο-πολιτισμικών, οικολογικών, οικονομικών και ακόμη και αισθητικών απαιτήσεων για τα τοπία μας, οι πυρκαγιές γίνονται όλο και λιγότερο ανεκτές. Το πρόβλημα των πυρκαγιών δεν είναι πια ένα φαινόμενο ή ένα πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπιστεί από έναν μόνο φορέα με την ιδιαίτερη φιλοσοφία του».

Σύμφωνα με τον Velez (1993), «η κατάσταση στις Ευρωπαϊκές Μεσογειακές χώρες μπορεί να χαρακτηριστεί από τα παρακάτω:

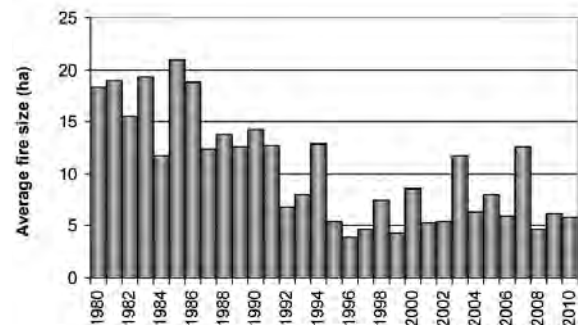
- Μείωση του πληθυσμού των αγροτικών περιοχών λόγω μεγαλύτερων κινήτρων στις αστικές περιοχές.
- Εγκατάλειψη παραδοσιακών χρήσεων στο αγροτικό περιβάλλον, ως αποτέλεσμα της μείωσης του πληθυσμού.
- Τάση για εξαφάνιση της χρήσης των δασών ως παραγωγών πρώτων υλών ή, τουλάχιστον, αισθητής μείωσής της.
- Τάση για εγκατάλειψη παραδοσιακών χρήσεων (βόσκηση και καυσόξυλα).

- Τάση για αύξηση ψυχαγωγικών χρήσεων του δάσους όπως πεζοπορία, κυνήγι και ψάρεμα σε ποτάμια.
- Συνεχής ανάπτυξη των ζωνών μίξης δασών-οικισμών.»

Τα αποτελέσματα των παραπάνω αποτυπώνονται στα στατιστικά στοιχεία των δασικών πυρκαγιών για τις χώρες του νότου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως αυτά καταγράφονται από το Κοινό Ερευνητικό Κέντρο [Joint Research Center (JRC)] Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Ενώ στο Σχήμα 5, που αφορά την εξέλιξη της ετησίως καμένης έκτασης, το ύψος των καμένων εκτάσεων φαίνεται περίπου σταθερό έως ελαφρά μειούμενο, το οποιοδήποτε συμπέρασμα πρέπει να λάβει υπόψη του και το Σχήμα 6. Σε αυτό αποτυπώνεται η μείωση της καμένης έκτασης ανά πυρκαγιά, η οποία όμως μπορεί να αποδοθεί στη σημαντική ενίσχυση των δυνάμεων καταστολής με τεχνολογικά μέσα και προσωπικό. Έτσι, συνολικά και κατά μέσο όρο, η αυξημένη δασοπυροσβεστική δυνατότητα κρατάει προς το παρόν την κατάσταση υπό έλεγχο, χωρίς όμως να αποφεύγονται ιδιαίτερα καταστροφικές αντιπυρικές περιόδους, όπως εκείνες της Πορτογαλίας το 2003 και της Ιταλίας το 2007 (Schmuck et al. 2010), αλλά και πολλές μεμονωμένες μεγάλες πυρκαγιές που προξενούν πολύ μεγάλες καταστροφές και συχνά κοστίζουν ζωές.



Σχήμα 5. Εξέλιξη της ετησίως καείσας δασικής έκτασης στις χώρες του Νότου της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά τα τελευταία 30 έτη (πηγή: Schmuck et al. 2010).



Σχήμα 6. Εξέλιξη της μέσης καμένης έκτασης ανά πυρκαγιά στις χώρες του Νότου της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά τα τελευταία 30 έτη (πηγή: Schmuck et al. 2010).

Συνοψίζοντας, οι αλλαγές των συνθηκών που περιγράφηκαν έχουν επιδεινώσει το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών, καθώς έχουν αυξηθεί η συχνότητα των πυρκαγιών και η δυσκολία αντιμετώπισης, ενώ έχουν, παράλληλα, αυξηθεί οι αξίες που κινδυνεύουν. Η αύξηση, λοιπόν, της απειλής οδηγεί στην ανάγκη βελτίωσης της αντιμετώπισης των πυρκαγιών, κάτι που επιχειρήθηκε διαχρονικά, με αμφιλεγόμενα, όμως, αποτελέσματα, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών

Η αντιμετώπιση του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών δεν είναι μία απλή διαδικασία που στηρίζεται στη δημιουργία και βελτίωση ενός δασοπροσβεστικού μηχανισμού με πολύ προσωπικό και ισχυρά επίγεια και εναέρια μέσα, ανάλογα με το μέγεθος του προβλήματος. Ο λόγος είναι ότι το πρόβλημα των πυρκαγιών είναι δυναμικό και ιδιαίτερα περίπλοκο, καθώς επηρεάζεται από πλήθος βιολογικών, άλλων περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών, αλλά και τεχνικών παραμέτρων, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε μεγάλο βαθμό. Αντίστοιχα και η πολιτική διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών δεν μπορεί να είναι μονοδιάστατη. Λανθασμένες επιλογές στον τομέα αυτόν αργά ή γρήγορα οδηγούν σε μεγάλες καταστροφές (Xanthopoulos 2007b).

Για να γίνουν τα παραπάνω καλύτερα αντιληπτά πρέπει να διευκρινιστεί ο όρος «διαχείριση των δασικών πυρκαγιών». Αν και συχνά η διαχείριση των δασικών πυρκαγιών συνδέεται, από πολλούς, αποκλειστικά με την καταστολή τους, στη διεθνή βιβλιογραφία, κατά κανόνα, ο όρος αφορά το σύνολο των ενεργειών που γίνονται σχετικά με τις πυρκαγιές, δηλαδή την πρόληψη, την καταστολή και τη μεταπυρική αποκατάσταση (Chandler et al. 1983, FAO 1986).

Ως *πρόληψη* των δασικών πυρκαγιών ορίζεται το σύνολο των ενεργειών που γίνονται πριν από την έναρξη μιας πυρκαγιάς, με σκοπό:

- τη μείωση ή *εξάλειψη* της πιθανότητας εκδήλωσης πυρκαγιών,
- τη μείωση της πιθανότητας *εξάπλωσης* κάθε εκδηλούμενης πυρκαγιάς και
- την ύπαρξη ενός μηχανισμού ικανού να εντοπίσει γρήγορα κάθε νέα πυρκαγιά, αποστέλλοντας τις απαιτούμενες δυνάμεις για άμεση καταστολή της.

Ως *καταστολή* ορίζεται το σύνολο των ενεργειών που γίνονται από τη στιγμή που εντοπίζεται μία πυρκαγιά μέχρι τον πλήρη έλεγχο και κατάσβεσή της.

Μέρος της πρόληψης, καθώς λαμβάνει χώρα πριν την έναρξη των πυρκαγιών, και συνδετικός της κρίκος με την καταστολή, είναι οι *προκατασταλτικές δραστηριότητες*. Αυτές περιλαμβάνουν το σχεδιασμό και όλες τις ενέργειες προετοιμασίας που γίνονται πριν από την εκδήλωση των πυρκαγιών και στοχεύουν στη δημιουργία ή στην καλύτερη αξιοποίηση ενός μηχανισμού ικανού για το γρήγορο εντοπισμό κάθε πυρκαγιάς και την ταχεία αποστολή των κατάλληλων δυνάμεων για τον άμεσο έλεγχο της.

Η *μεταπυρική αποκατάσταση* καμένων περιοχών αφορά τις δράσεις που στοχεύουν στην αντιμετώπιση των συνεπειών των πυρκαγιών, όπως η προστασία του εδάφους, η πρόληψη πλημμυρών και κατολισθήσεων, η επαναφορά της καμένης περιοχής ως προς τη βλάστηση, τις υποδομές, αλλά και τη συνολική της λειτουργία στα ίδια (ή και καλύτερα) επίπεδα με εκείνα που υπήρχαν πριν την πυρκαγιά.

Για να μην αποτελούν οι πυρκαγιές πρόβλημα και πηγή καταστροφών για μια περιοχή ή μία χώρα, η διαχείριση πρέπει να είναι συνολική και να αφορά όλα τα παραπάνω (επίπεδα ή στάδια), εξασφαλίζοντας, μάλιστα, ένα σημαντικό επίπεδο ισορροπίας μεταξύ τους. Για να γίνει αυτό σωστά απαιτείται η προσέγγιση να ξεφύγει από προκαταλήψεις και προειλημμένες αποφάσεις και να βασιστεί σε μια ολοκληρωμένη ανάλυση του προβλήματος, στηριγμένη σε επιστημονικές βάσεις και αξιόπιστα στοιχεία (Ξανθόπουλος 2007α). Η σύνομη αναφορά, παρακάτω, στα επί μέρους στοιχεία της διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών βοηθάει στο να γίνει κατανοητό το εύρος του περιεχομένου τους, αλλά και η πολυπλοκότητα του ισορροπημένου συνδυασμού τους, ιδίως υπό το πρίσμα περιορισμών στη χρηματοδότηση.

Η πρόληψη των δασικών πυρκαγιών

Για τους περισσότερους πολίτες η έννοια της πρόληψης των δασικών πυρκαγιών είναι συνυφασμένη με τα τηλεοπτικά φιλμάκια ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης που παρακολουθούν κάθε καλοκαίρι στην τηλεόραση. Για πολλά από τα στελέχη των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης η πρόληψη είναι συνυφασμένη με έργα, όπως η κατασκευή και συντήρηση δρόμων, δεξαμενών κ.λπ. και ο καθαρισμός της παρόδιας βλάστησης. Όμως, οι ενέργειες που περιλαμβάνονται στην πρόληψη είναι πολύ περισσότερες και περιλαμβάνουν (Chandler et al. 1983, Velez 1997, FAO 2006):

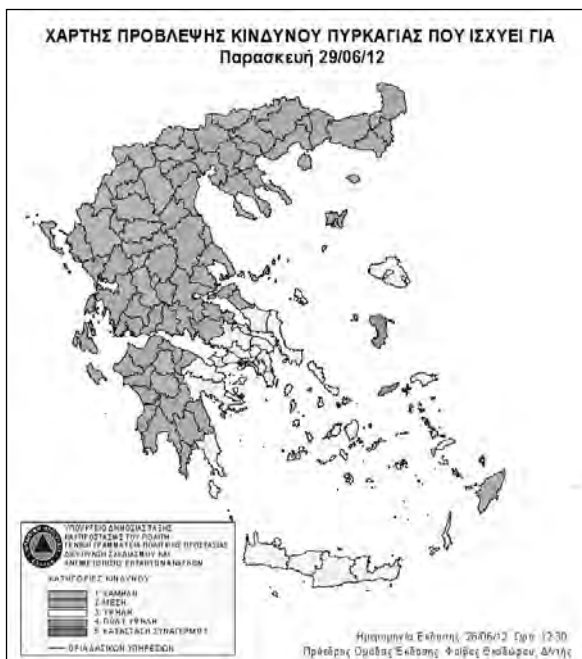
→ **Διερεύνηση των αιτίων** και ανάλυση στατιστικών. Η διερεύνηση των αιτίων των πυρκαγιών από εκπαιδευμένα στελέχη, ακολουθούμενη από σύλληψη και τιμωρία των εμπρηστών, η συλλο-

γή στατιστικών στοιχείων για κάθε πυρκαγιά, η οργάνωση, επεξεργασία και ανάλυση βάσεων δεδομένων, αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο για την οργάνωση της πρόληψης στη σωστή κατεύθυνση.

- **Εναισθητοποίηση και ενημέρωση** των πολιτών. Αυτή είναι ιδιαίτερα πολυσχιδής, καθώς ξεκινάει από τους μαθητές και το σχολείο, όπου και μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, και επεκτείνεται σε μηνύματα και πληροφορίες που μπορεί να λάβει ο πολίτης από το πλήθος των διαθέσιμων μέσων επικοινωνίας (τηλεόραση, ραδιόφωνο, ντοκιμαντέρ, εφημερίδες, περιοδικά, βιβλία, διαδίκτυο, σήματα κ.λπ.), αλλά και από προσωπικές επαφές. Το περιεχόμενο της είναι αντίστοιχα πολυσχιδές, προσαρμοζόμενο στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Μάλιστα, πρέπει να τονισθεί ότι η σωστή στόχευση προϋποθέτει καλή γνώση του προφίλ εκείνων που αποτελούν το στόχο της ενημέρωσης.
- **Τεχνικά μέτρα.** Ορισμένα αίτια των πυρκαγιών μπορούν να προληφθούν με τεχνολογικές βελτιώσεις σε χρησιμοποιούμενα μέσα και πρακτικές που προκαλούν συχνά πυρκαγιές. Παραδείγματα αποτελούν οι καταλύτες των αυτοκινήτων, οι σπινθηροπαγίδες των κινητήρων εσωτερικής καύσης, τα υλικά των φρένων των συρμών του σιδηροδρόμου, τα καπνιστήρια που χρησιμοποιούνται από τους μελισσοκόμους για το κάπνισμα των μελισσών κ.λπ. Τόσο η τεχνολογική εξέλιξη όσο και η προώθηση της βελτιωμένης λύσης στην πράξη αποτελούν σημαντικά στοιχεία πρόληψης.
- **Νομοθετικά μέτρα.** Αυτά είναι απολύτως απαραίτητα όταν η υπάρχουσα νομοθεσία (κενά, σφάλματα στο ποινολόγιο, μη εφαρμογή της) επιτρέπει να δημιουργούνται στρεβλώσεις, αντιπαραθέσεις, συγκρούσεις πολιτών-κράτους, ή ευκαιρίες πλουτισμού που οπλίζουν το χέρι εμπρηστών. Παραδείγματα αποτελούν η νομοθεσία για τη δημιουργία δασολογίου και δασικών χαρτών, η αντίστοιχη σχετικά με τα ιδιοκτησιακά προβλήματα και το πλαίσιο ανάπτυξης του μη αστικού χώρου, οι κατευθύνσεις της δασικής πολιτικής, η εφαρμογή της κείμενης δασικής και περιβαλλοντικής νομοθεσίας για τις τιμωρίες των παραβατών κ.λπ.
- **Κατάλληλη διαχείριση του δάσους.** Η διαχείριση του δάσους είναι ο κεντρικός άξονας της επιστήμης της δασολογίας. Πρόκειται για ένα πολύ μεγάλο αντικείμενο, καθώς με βάση τη γνώση για το πώς λειτουργεί και αυξάνεται ένα δασικό οικοσύστημα, ο διαχειριστής καθορίζει τον τρόπο για την απόληψη της μέγιστης δυνατής παραγόμενης βιομάζας και των άλλων ωφελειών του δάσους με αειφορικό τρόπο. Με

δεδομένο ότι η διαχείριση του δάσους αποτελεί παραγωγική διαδικασία, ο συνδυασμός της με την πρόληψη των πυρκαγιών είναι καθοριστικός για να παραμείνει υπό έλεγχο το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών σε μία χώρα, χωρίς υπέρμετρη αύξηση των συνολικών δαπανών διαχείρισης των πυρκαγιών.

- **Προκατασταλτικός (αντιπυρικός) σχεδιασμός.** Ο σχεδιασμός αυτός αφορά το σύνολο των εμπλεκόμενων φορέων. Βασίζεται σε μία «ανάλυση απειλής» με την προσέγγιση που περιγράφηκε παραπάνω, από την οποία προκύπτουν οι προτεραιότητες προστασίας. Η ανάλυση αυτή λαμβάνει υπόψη της τόσο τη χωρική κατανομή της καύσιμης ύλης, όσο και τα ιστορικά στοιχεία των πυρκαγιών, τα κλιματικά δεδομένα, την κατανομή των «αξιών» στο χώρο κ.λπ. Με βάση αυτές, καθορίζονται η οργάνωση, δράσεις και έργα που πρέπει να γίνουν, τρόποι κινητοποίησης κ.λπ. Ο αντιπυρικός σχεδιασμός έχει στατικά στοιχεία, όπως γενικότερη οργάνωση και έργα, αλλά και δυναμικά στοιχεία, όπως το επίπεδο κινητοποίησης, οι περιπολίες κ.λπ., που καθορίζονται εκ των προτέρων, συνδεδεμένα με το επίπεδο του ημερήσιου προβλεπόμενου κινδύνου.
- **Προκατασταλτικά έργα** (δρόμοι, δεξαμενές, ελικοδρόμια, αντιπυρικές ζώνες κ.λπ.). Αυτά προκύπτουν από τον αντιπυρικό σχεδιασμό, από τον οποίο καθορίζονται όχι μόνο τα έργα, αλλά και το επίπεδο προτεραιότητάς τους. Έτσι, γίνεται δυνατός ο καθορισμός της σειράς με την οποία πρέπει αυτά να γίνουν στο πλαίσιο του διατιθέμενου προϋπολογισμού.
- **Ετοιμότητα - σύστημα εκτίμησης κινδύνου.** Στόχος ενός τέτοιου συστήματος είναι η δυνατότητα πρόβλεψης του κινδύνου εκδήλωσης και εξέλιξης πυρκαγιών για την επόμενη χρονική περίοδο (ημέρα ή ημέρες). Αποτελεί στοιχείο στο οποίο βασίζεται το δυναμικό μέρος του αντιπυρικού σχεδιασμού. Με την κατάλληλη αξιοποίησή του επιτυγχάνεται αυξημένη επιφυλακή και μέτρα κατά τις κρίσιμες ημέρες, ενώ εξοικονομούνται δυνάμεις και πόροι όταν ο κίνδυνος είναι σχετικά ήπιος. Έτσι, αυξάνεται η αποτελεσματικότητα ενώ, ταυτόχρονα, περιστελλονται οι δαπάνες. Ακόμη, η πρόγνωση του κινδύνου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ενημέρωση των πολιτών, ώστε να επιδεικνύουν αυξημένη προσοχή. Στην Ελλάδα, μέχρι τις 13:00 κάθε ημέρας, εκδίδεται ένας ημερήσιος χάρτης πρόγνωσης κινδύνου πυρκαγιάς για την επόμενη ημέρα από τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ). Ο χάρτης αυτός αποστέλλεται αμέσως σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς και δημοσιοποιείται από τον δικτυακό τόπο της ΓΓΠΠ (www.gsep.gr) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Ημερήσιος χάρτης πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς της ΓΓΠΠ.

- **Επίγειες περιπολίες στο δάσος.** Είναι σημαντικό στοιχείο της πρόληψης γιατί αφενός εγείρουν την προσοχή των πολιτών, αφετέρου μπορεί να προλάβουν το ξεκίνημα πυρκαγιών από αμέλειες (π.χ. άναμμα ψησταριάς) ή και κακόβουλους εμπρησμούς. Ιδανικά, ο αριθμός και η συχνότητα περιπολιών των διατιθέμενων δυνάμεων, καθώς και τα δρομολογία τους, προκαθορίζονται από το αντιπυρικό σχέδιο, με βάση το επίπεδο κινδύνου πυρκαγιάς.
- **Εντοπισμός των πυρκαγιών από το έδαφος, τον αέρα και το διάστημα.** Ο άμεσος εντοπισμός μιας πυρκαγιάς και η γρήγορη αναγγελία της αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την αποτελεσματική αντιμετώπισή της. Ένα επίγειο δίκτυο πυροφυλακίων αποτελεί, κατά κανόνα, το βασικό μέσο του επίγειου εντοπισμού των πυρκαγιών. Συνεπικουρείται από τις ομάδες φορέων και εθελοντών που κάνουν περιπολίες, τα πληρώματα πυροσβεστικών οχημάτων που είναι διεσπαρμένα σε δασικές περιοχές, αλλά και τους πολίτες που αναφέρουν καινούριες πυρκαγιές που πέφτουν στην αντίληψή τους στον τηλεφωνικό αριθμό 199. Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες, στα μέσα εντοπισμού πυρκαγιών έχουν προστεθεί και επίγεια συστήματα με κάμερες. Αυτά περιλαμβάνουν οπτικές κάμερες που στέλνουν εικόνα σε οθόνες σε ένα κέντρο επιτήρησης, οι οποίες ελέγχονται από παρατηρητή, αλλά και εξελιγμένα συστήματα ψηφιακών καμερών που λειτουργούν με διάφορες αρχές (υπέρυθρη ακτινοβολία, πολυφασματική ει-

κόνα, αναγνώριση κίνησης καπνού) και έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίζουν αυτόματα πιθανές εστίες πυρκαγιάς και να σημαίνουν συναγερμό (Ollero et al. 1998, Matthews et al. 2010). Επίσης, βρίσκονται υπό δοκιμή και άλλα επίγεια συστήματα εντοπισμού, αποτελούμενα από ειδικούς αισθητήρες (θερμοκρασίας, ήχου, χημικούς) διεσπαρμένους στο υπό παρατήρηση δάσος, που στοχεύουν επίσης στον αυτόματο εντοπισμό κάθε εκδηλούμενης πυρκαγιάς (Markatos et al. 2007). Από τον αέρα, όλοι οι πιλότοι, περιλαμβανομένων εκείνων της πολιτικής αεροπορίας, έχουν την υποχρέωση να αναφέρουν πυρκαγιές που παρατηρούν. Επιπλέον, κατά τις ημέρες και ώρες υψηλού κινδύνου γίνονται περιπολίες επιτήρησης-εντοπισμού από μικρά, συνήθως, αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας, αερολεσχών, κ.λπ. Σε φάση δοκιμών βρίσκονται τεχνολογίες που αξιοποιούν ειδικά μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs). Τέλος, προσπάθειες εντοπισμού γίνονται και από δορυφόρους, που έχει αποδειχτεί ότι μπορούν να συμβάλουν στο έργο αυτό (Sifakis et al. 2011). Βασικό περιορισμό, όμως, αποτελεί ότι η συχνότητα με την οποία οι διάφοροι εμπορικοί δορυφόροι σαρώνουν κάθε περιοχή της γης και η διακριτική τους ικανότητα δεν συμπίπτουν με τις ανάγκες, κυρίως ως προς την ταχύτητα, εντοπισμού των πυρκαγιών. Οι προσπάθειες για δημιουργία σμήνους ειδικών δορυφόρων για το σκοπό αυτό (π.χ. Ευρωπαϊκό πρόγραμμα FUEGO) δεν έχουν μέχρι σήμερα ευοδωθεί. Στην επιλογή της μεθόδου εντοπισμού των πυρκαγιών πρέπει να συνυπολογίζονται πολλοί παράγοντες [σημασία δασών (π.χ. εθνικός δρυμός), μορφολογία εδάφους, κόστος, τεχνολογική ικανότητα φορέων για αξιοποίηση και συντήρηση προηγμένων συστημάτων κ.λπ.].

Η καταστολή των δασικών πυρκαγιών

Η καταστολή των πυρκαγιών είναι ένα δύσκολο, ακριβό και επικίνδυνο έργο. Η επιτυχία της απαιτεί έναν καλά οργανωμένο και συντονισμένο δασοπυροσβεστικό μηχανισμό με επαρκή μέσα και κυρίως με προσωπικό που διαθέτει γνώσεις, αφοσίωση, πειθαρχία, θάρρος και καλή φυσική κατάσταση. Οι επιλογές οργάνωσης της δασοπυροσβεστικής είναι πάρα πολλές και αφορούν μία σειρά από θέματα όπως:

- Χαρακτηριστικά του φορέα που έχει την κύρια ευθύνη της καταστολής των πυρκαγιών. Βασική επιλογή αποτελεί το αν την κύρια ευθύνη θα έχει ο φορέας διαχείρισης του δάσους (Δασι-

κή Υπηρεσία) ή κάποιος φορέας που ασχολείται με την αντιμετώπιση καταστροφών (Πολιτική Προστασία) ή εξειδικευμένα με την κατάσβεση των πυρκαγιών (Πυροσβεστική Υπηρεσία). Η επιλογή αυτή επηρεάζει άμεσα τόσο το κόστος όσο και τη φιλοσοφία της συνολικής διαχείρισης των πυρκαγιών. Ο τύπος του οικοσυστήματος πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για την επιλογή αυτή, αλλιώς μπορεί να γίνουν σημαντικά λάθη (Xanthopoulos 2008b).

- Τρόποι συνεργασίας του κύριου φορέα δασοπυρόσβεσης με τους άλλους φορείς. Οι επιλογές ξεκινούν από την αποκλειστική ευθύνη ενός κρατικού φορέα, προχωρούν στον καθοριστικό ρόλο της συμβολής εθελοντών όπως η Rural Fire Service στην Αυστραλία και φθάνουν μέχρι την ύπαρξη ενός συστήματος που καθορίζει τη συνεργασία πολλών φορέων όπως το Εθνικό Διαφορετικό Σύστημα Διαχείρισης Συμβάντων (National Interagency Incident Management System – NIIMS) στις ΗΠΑ, κάτω από το οποίο συνεργάζονται για όλους τους τύπους καταστροφών έξι ομοσπονδιακοί φορείς, πολιτειακοί φορείς και εθελοντές (Ξανθόπουλος 2000).
- Επιλογές και βαθμός έμφασης στα επίγεια ή εναέρια μέσα δασοπυρόσβεσης. Και εδώ οι επιλογές είναι πολλές. Η ορθολογική επιλογή δασοπυροσβεστικών μέσων πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στις υπάρχουσες συνθήκες περιβάλλοντος (βλάστηση, τοπογραφία, οδικό δίκτυο, ύπαρξη νησιών κ.λπ.) και στο επίπεδο γνώσεων του προσωπικού, αλλά και να λαμβάνει υπόψη πολύ σοβαρά το κόστος.
- Συγκεντρωτική ή αποκεντρωμένη φιλοσοφία οργάνωσης, κινητοποίησης και συντονισμού μέσων.
- Προσεγγίσεις στην επιλογή και τον τρόπο λειτουργίας και αξιοποίησης των εναέριων μέσων. Βασική επιλογή αποτελεί η χρήση αεροπλάνων ή ελικοπτέρων. Τα πρώτα μπορεί να είναι από μικρά μονοκινητήρια (όπως τα PZL M18 Dromader και Air-Tractor AT-802, με δυνατότητα ρίψης έως 2,2 και 3 τόνων υγρού αντίστοιχα), που χρησιμοποιούνται κυρίως για περιολίες και αρχική προσβολή των πυρκαγιών, έως μεγάλα τετρακινητήρια ελικοφόρα αεροσκάφη (όπως τα Lockheed C-130 Hercules, P-2V Neptune και P-3 Orion και τα παλαιότερα τα DC-7 της Douglas Aircraft Company) που χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά και σε μεγάλες πυρκαγιές. Στα μεγάλα αεροπλάνα πρόσφατα προστέθηκαν και τεράστια μετασκευασμένα αεριωθούμενα αεροσκάφη όπως το McDonnell Douglas DC-10, το Il'yushin Il-76 και το Boeing

747, με δυνατότητα ρίψης 45, 49 και 77 τόνων υγρού αντίστοιχα. Ακόμη, ξεχωριστή κατηγορία υψηλού κόστους αλλά εξαιρετικής αποτελεσματικότητας για κατάσβεση πυρκαγιών κοντά σε μεγάλες λίμνες, ποταμούς ή στη θάλασσα, καθώς μπορούν να κάνουν υδροληψία από εκεί, αποτελούν τα ειδικά αμφίβια αεροσκάφη όπως τα Καναδικά Canadair (Bombardier) CL-215 και CL-415 και το Ρωσικό Beriev Be-200 με δυνατότητα ρίψης 5,3, 6,1 και 12 τόνων νερού αντίστοιχα. Ως προς τα ελικόπτερα, αυτά μπορούν να μεταφέρουν και να ρίξουν με μεγάλη ακρίβεια στη φωτιά από 0,5 έως περισσότερους από 15 τόνους υγρού. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι πολλοί, καθώς σχεδόν σε κάθε ελικόπτερο μπορεί να προσαρμοστεί ένας ειδικός κάδος για υδροληψία και μεταφορά νερού, με χωρητικότητα ανάλογη με την ανυψωτική ικανότητα του ελικοπτέρου. Ο πιο γνωστός τύπος κάδου είναι ο ονομαζόμενος Bambi bucket της Αμερικανικής εταιρείας SEI Industries. Ακόμη, αντί για τον κάδο, μπορεί να προσαρμοστεί μία ειδική δεξαμενή στην «κοιλιά» του ελικοπτέρου η οποία γεμίζει μέσω αναρροφητικής αντλίας και σωλήνα, καθώς το ελικόπτερο υπερίπταται του νερού. Ιδιαίτερη μνεία αξίζουν το ιδιαίτερα αποτελεσματικό αλλά και ακριβό ελικόπτερο Erickson S-64 Aircrane, το οποίο μπορεί να ανεφοδιασθεί με ευκολία τόσο από πηγές γλυκού νερού όσο και από τη θάλασσα, ρίχνοντας, ανάλογα με το συγκεκριμένο τύπο, 7 έως 9,5 τόνους υγρού, και το γιγαντιαίο Mil Mi-26 που κατέχει το ρεκόρ, με χωρητικότητα 19,6 τόνων υγρού σε δύο κάδους “Bambi” που αναρτώνται από το σώμα του. Σημαντικό στοιχείο της χρήσης των ελικοπτέρων, ιδίως εκείνων μικρότερου σχετικά μεγέθους, είναι και η δυνατότητά τους να μεταφέρουν άμεσα, κοντά στην πυρκαγιά, ακόμη και σε απομακρυσμένα σημεία χωρίς δρόμους, ομάδες ειδικά εκπαιδευμένων δασοπυροσβεστών και, στη συνέχεια, να υλοστηρίξουν τις προσπάθειές τους με ρίψεις νερού μεγάλης ακρίβειας. Επιπλέον όλων των ανωτέρω επιλογών πρέπει να προστεθεί και η δυνατότητα επιλογής χρήσης απλού νερού, που είναι το ευρύτερα διαδεδομένο και χαμηλότερου κόστους υλικό, ή δασοπυροσβεστικού αφρού που προστίθεται ως πυκνό υγρό σε μικρή αναλογία στο νερό ή, τέλος, ειδικών επιβραδυντικών ουσιών που προετοιμάζονται με ανάμιξη του βασικού υλικού (υγρού ή σκόνης που έχει χημική σύνθεση παρόμοια με τα φωσφορικά λιπάσματα) με νερό, σε επίγειες βάσεις, φορτώνονται στο αεροσκάφος, ρίχνονται στη βλάστηση κοντά στην πυρκαγιά και είναι αποτελεσματικές ακόμη και όταν εξατμισθεί το νερό. Η χρήση

των υλικών αυτών αυξάνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα αλλά και το κόστος. Από όλα τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι τα εναέρια μέσα μπορούν να συμβάλουν καταλυτικά στην πρόληψη και στην καταστολή των πυρκαγιών, ιδιαίτερα στα πλαίσια της άμεσης επέμβασης με την αναγγελία της πυρκαγιάς. Ταυτόχρονα, όμως, λόγω του υψηλού τους κόστους, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το κόστος της διαχείρισης των πυρκαγιών. Έτσι, γίνεται προφανές ότι η ορθολογική επιλογή των μέσων και η βέλτιστη αξιοποίησή τους μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα αλλά και στην αποδοτικότητα του μηχανισμού καταστολής των πυρκαγιών.

- Βαθμός στον οποίο οι δασοπυροσβεστικές δυνάμεις είναι επαγγελματικές, ποσοστό εθελοντικών δυνάμεων, εκπαίδευση και οργάνωση αυτών και βαθμός εμπλοκής τους.
- Χαρακτηριστικά (ηλικία, ικανότητες, εκπαίδευση, φυσική κατάσταση) των δασοπυροσβεστών αλλά και των επικεφαλής τους.
- Προτίμηση στις μεθόδους δασοπυρόσβεσης (άμεση ή έμμεση προσβολή, βαθμός αξιοποίησης του νερού και των χειρωνακτικών μεθόδων στη δασοπυρόσβεση).
- Χρήση της φωτιάς ως εργαλείου στη δασοπυρόσβεση. Αν και το νερό είναι το αποτελεσματικότερο μέσο δασοπυρόσβεσης, σε πολλές περιπτώσεις, όπως όταν δεν είναι διαθέσιμο ή όταν δεν μπορεί να φθάσει εύκολα στη φωτιά, απαιτείται η χρήση εναλλακτικών τρόπων δασοπυρόσβεσης. Ένας τέτοιος τρόπος, χρησιμοποιούμενος ευρέως από παλιά, όταν δεν υπήρχαν πυροσβεστικά οχήματα και, πολύ περισσότερο, εναέρια μέσα, ήταν η αξιοποίηση της φωτιάς είτε με τη μέθοδο της κατάκαυσης της καύσιμης ύλης από δρόμους και αντιπυρικές ζώνες ως την περίμετρο της φωτιάς, είτε με την εφαρμογή του αντί-πυρός μπροστά από το μέτωπο της πυρκαγιάς. Αν και ιδιαίτερα αποτελεσματική, η χρήση της φωτιάς στη δασοπυρόσβεση εμπειρεύει κινδύνους και απαιτεί καλή γνώση και εμπειρία. Έτσι, σε πολλές χώρες, η χρήση της φωτιάς έχει περιοριστεί σημαντικά ή και τελείως, αφαιρώντας ένα σημαντικό εργαλείο δασοπυρόσβεσης από το οπλοστάσιο των σύγχρονων δασοπυροσβεστικών μηχανισμών (Montiel et al. 2010).

Από όλα τα παραπάνω γίνεται προφανές ότι οι επιλογές είναι πολλές και η οργάνωση απαιτεί πολύ καλή μελέτη και αποφασιστικότητα για εφαρμογή ορθολογικών και τεκμηριωμένων λύσεων χωρίς προκαταλήψεις.

Η μεταπυρική αποκατάσταση

Η μεταπυρική αποκατάσταση περιλαμβάνει όλα τα μέτρα που έχουν σκοπό να επουλώσουν τυχόν πληγές που δημιουργήθηκαν από τις πυρκαγιές, να προλάβουν δευτερογενείς καταστροφές και να επαναφέρουν τις καμένες περιοχές στην προηγούμενη ή και σε βελτιωμένη κατάσταση. Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως:

- Την τύχη των ιστάμενων καμένων κορμών δένδρων που, βάσει κριτηρίων, μπορεί να συγκομισθούν προς χρήση, να παραμείνουν ιστάμενα ή να ριχθούν στο έδαφος για λόγους ασφάλειας και ταχύτερης σήψης, ή να χρησιμοποιηθούν για την προστασία από τη διάβρωση (Ξανθόπουλος κ.ά. 2007).
- Την προστασία του απογυμνωμένου από βλάστηση εδάφους από τη διάβρωση, μέχρι να ξανακαλυφθεί από βλάστηση, την παράλληλη προστασία από πλημμύρες που μπορεί να προκληθούν από την αύξηση της επιφανειακής απορροής των νερών της βροχής που έχει ως συνέπεια τη μεταφορά εδάφους και άλλων στερεών υλικών, καθώς και την προστασία από κατολισθήσεις. Η προστασία επιτυγχάνεται κυρίως με τη δημιουργία κορμοδεμάτων και κλαδοπλεγμάτων στις καμένες πλαγιές, τη δημιουργία κορμοφραγμάτων, λιθοφραγμάτων ή και φραγμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε ρέματα για τη συγκράτηση των φερτών υλικών, με κάλυψη της καμένης περιοχής με άχυρο για την προστασία του εδάφους, με σπορά ποώδους βλάστησης για τη γρήγορη κάλυψη της περιοχής κ.λπ. (Μπαλούτσος κ.ά. 2007).
- Την επαναφορά της βλάστησης στην καμένη περιοχή με σπορά ή αναδάσωση. Αυτή απαιτείται μόνο εκεί όπου η φυσική αναγέννηση δεν είναι εξασφαλισμένη, όπως συμβαίνει σε πολλαπλά καμένες εκτάσεις, ή εάν απαιτείται επιτάχυνση της αποκατάστασης της εικόνας του δάσους για ειδικούς λόγους (Μελισσάρη και Ξανθόπουλος 2005, Ξανθόπουλος 2007β, Lyrintzis et al. 2010).

Σε περιπτώσεις μεγάλων πυρκαγιών και ιδιαίτερα εκτεταμένων καταστροφών, δημιουργούνται και σοβαρά οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα, η επίλυση των οποίων περιλαμβάνεται, επίσης, στο πλαίσιο της μεταπυρικής αποκατάστασης (Στάμου 2007). Τέτοιου είδους παρεμβάσεις έχουν γίνει συχνές κατά τα τελευταία έτη, σε όλο τον κόσμο, ακολουθώντας την αυξημένη συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου των μεγα-πυρκαγιών (Williams et al. 2011).

Με δεδομένο ότι τα Μεσογειακά οικοσυστήματα είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά, πρέπει να τονι-

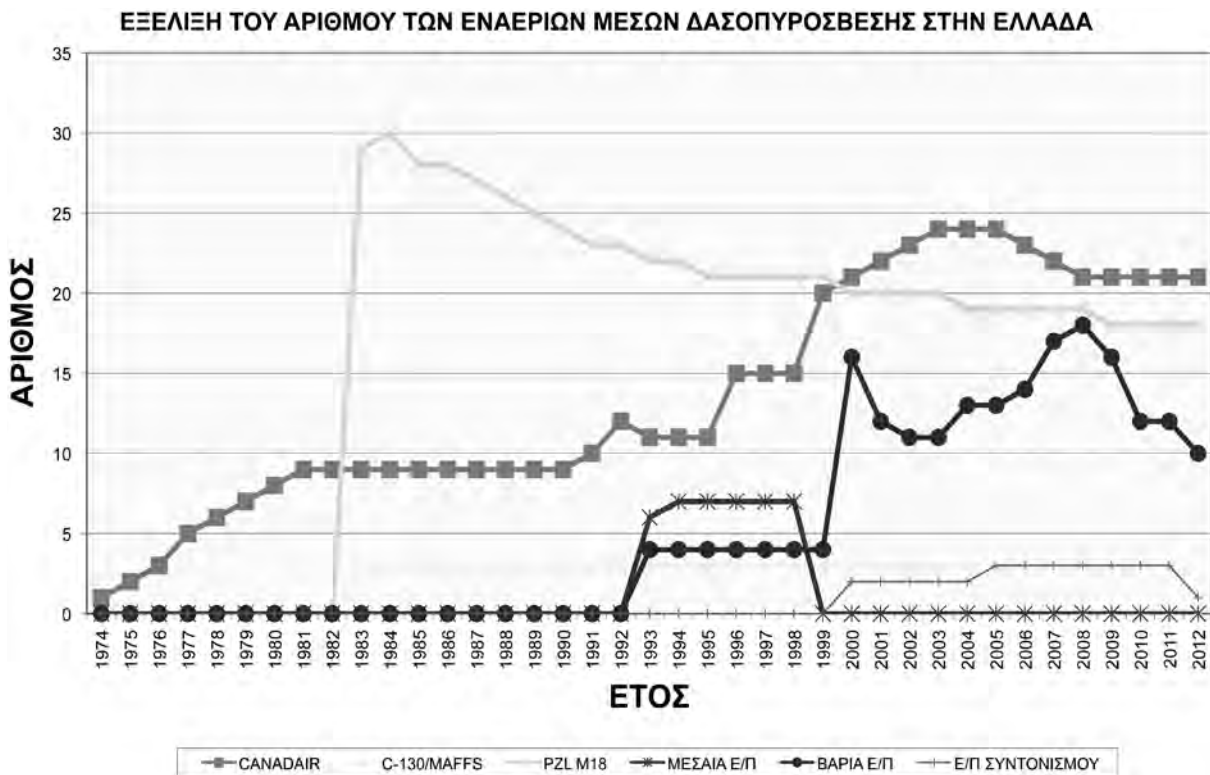
σθεί ότι μικρής κλίμακας πυρκαγιές κατά κανόνα δεν απαιτούν ιδιαίτερα μέτρα αποκατάστασης εκτός της προστασίας από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καταπάτηση, η αλλαγή χρήσης της γης, η βόσκηση κατά τα πρώτα έτη μετά την πυρκαγιά, η ανεξέλεγκτη κατασκευή δρόμων κ.λπ. Εξαιρεση αποτελεί η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων εκεί όπου υπάρχει κίνδυνος για κατοικημένες περιοχές στα κατάντη της καμένης έκτασης. Η εφαρμογή συγκεκριμένων γενικών επιστημονικών κριτηρίων για το πού απαιτούνται παρεμβάσεις αποκατάστασης, του τύπου τους και της έκτασής τους, είναι επιβεβλημένη. Η χωρίς κριτήρια και προδιαγραφές εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης, εκτός του ότι αποτελεί σπατάλη, οδηγεί συχνά σε αντίθετα αποτελέσματα (Ξανθόπουλος και Αριανούτσου 2007).

Η διαχείριση των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα

Το μέγεθος του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών που αντιμετωπίζει η χώρα μας κατά τα τελευταία έτη αποτελεί ένδειξη σαφών αδυναμιών ως προς τον τρόπο διαχείρισής τους: Η μέση

ετησίως καείσα έκταση στην περίοδο 1985-1997 ανήλθε στα 50.980 ha, ενώ στα δεκατρία έτη που ακολούθησαν (1998-2010) ανήλθε στα 56.142 ha (Σχήμα 1). Αυτό έγινε, μάλιστα, ενώ οι δαπάνες για την καταστολή των πυρκαγιών μετά το 1998 υπερτριπλασιάστηκαν (Σχήμα 7).

Μετά το 1998, ο κυρίαρχος ρόλος για τις πυρκαγιές δόθηκε στο Πυροσβεστικό Σώμα και κατ' επέκταση η έμφαση δόθηκε στην καταστολή των πυρκαγιών. Το Πυροσβεστικό Σώμα ενισχύθηκε σημαντικά με προσωπικό και μέσα, δίνοντας όμως έμφαση στα εναέρια μέσα και μη αξιοποιώντας τη συσσωρευμένη εμπειρία και επιτεύγματα προηγούμενων ετών, όπως οι ομάδες αερομεταφερόμενων με ελικόπτερα δασοπυροσβεστών που οργανώθηκαν και λειτούργησαν κατά την περίοδο 1993-1997 (Ξανθόπουλος κ.ά. 2010). Τα εναέρια μέσα που επιλέχθηκαν, όντας από τα καλύτερα αλλά και ακριβότερα του είδους (Σχήμα 8), αποδείχθηκαν ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις σχετικά εύκολες αντιπυρικές περιόδους. Κατά τις δύσκολες, όμως, αντιπυρικές περιόδους, όπως εκείνες του 2000 και του 2007, δεν στάθηκε δυνατό να καλύψουν τις αδυναμίες των επίγειων δυνάμεων και του αναποτελεσματικού συντονισμού, με αποτέλεσμα να υπάρξουν μεγάλες καταστροφές. Μετά το 2009, ξεκί-



Σχήμα 7. Εξέλιξη των δαπανών πυροπροστασίας της Δασικής Υπηρεσίας (1989-1997), του προϋπολογισμού της Μονάδας Αεροπορικής Εξυπηρέτησης Δημοσίων Υπηρεσιών (ΜΑΕΔΥ) της Πολεμικής Αεροπορίας (1989-2012) η οποία έχει την ευθύνη λειτουργίας των αεροσκαφών PZL και GRUMMAN, και του συνολικού ετήσιου προϋπολογισμού του Πυροσβεστικού Σώματος (1989-2012), σε τιμές του 2009 (πηγές: Δασική Υπηρεσία, ετήσιοι προϋπολογισμοί του Ελληνικού κράτους).

νησε μία σημαντική προσπάθεια διόρθωσης των αδυναμιών που παρατηρήθηκαν, της οποίας όμως τα αποτελέσματα μένει να αποδειχθούν.

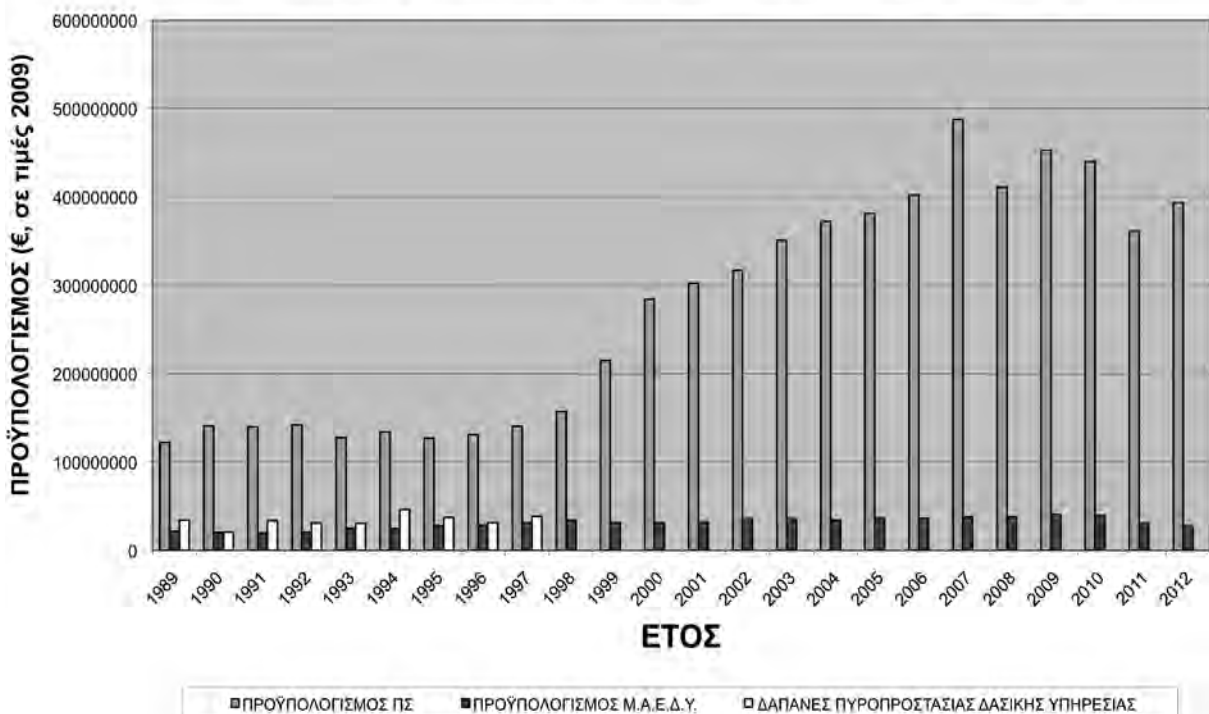
Η Δασική Υπηρεσία αποδυναμώθηκε και διασπάσθηκε, με την κεντρική υπηρεσία, ως Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, να ανήκει αρχικά στο Υπουργείο Γεωργίας, και από το 2009 στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, και τις Διευθύνσεις Δασών και τα Δασαρχεία της χώρας να υπάγονται στους Γενικούς Γραμματείς των Περιφερειών. Χωρίς κεντρικό έλεγχο, υποχρηματοδοτούμενη, υποστελεχωμένη και με χαμηλό ηθικό, κλήθηκε από το νόμο να αναλάβει ένα σημαντικό μερίδιο της πρόληψης των πυρκαγιών, χωρίς εκ των πραγμάτων να έχει τη δυνατότητα ουσιαστικής συμβολής. Η συσσωρευμένη της εμπειρία σταδιακά χάθηκε σε μεγάλο βαθμό, αν και δεν υπάρχει καλύτερος γνώστης των δασών μας, της κατάστασής τους και των προβλημάτων τους (π.χ. διεκδικήσεις δασικών περιοχών από πολίτες, χρήσεις γης κ.λπ.), ούτε εναλλακτικός φορέας για τη διαχείριση των δασών.

Αντίθετα με τα παραπάνω, κατά τη δεκαετία του 2000 και ιδιαίτερα μετά το 2007, μεγάλη ήταν η έμφαση και χρηματοδότηση που δόθηκε στους ΟΤΑ

για τη συμβολή τους στην πρόληψη των δασικών πυρκαγιών. Τα διατεθέντα κονδύλια έφθασαν και τα 32 εκατομμύρια ευρώ κατά το 2009, αλλά χωρίς καλές γνώσεις, σχεδιασμό και έλεγχο αξιοποίησής τους, τα περισσότερα σπαταλήθηκαν χωρίς να έχουν ουσιαστικό αποτέλεσμα.

Όσον αφορά τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, η οποία δημιουργήθηκε περί τα μέσα της δεκαετίας του 1990 με στόχο το συντονισμό των φορέων για την αντιμετώπιση καταστροφών, με εξαίρεση την έκδοση του χάρτη πρόγνωσης κινδύνου πυρκαγιάς και την έκδοση ορισμένων οδηγιών για τον αντιπυρικό σχεδιασμό, έχει να επιδείξει, ως και εκ του ρόλου της, σχετικά μικρό έργο στο πεδίο της διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών. Ζητούμενα παραμένουν η υποστήριξη και αξιοποίηση των εθελοντικών ομάδων και η ουσιαστική συνεργασία και συντονισμός των φορέων μεταξύ τους, περιλαμβανομένων και εκείνων που η σχέση τους με τις πυρκαγιές δεν είναι τόσο προφανής, όπως οι σχετιζόμενες με τη χωροταξία υπηρεσίες (Sapountzaki et al. 2011). Η ένταξή της στο Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη το 2009 πιθανόν θα την φέρει πλησιέστερα στην καταστολή παρά στην πρόληψη των δασικών πυρκαγιών.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΑΣΟΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ (1989-2012)



Σχήμα 8. Εξέλιξη του αριθμού των εναέριων δασοπυρσβεστικών μέσων (αμφίβιων αεροσκαφών Canadair CL-215 και CL-415, μεταφορικών αεροσκαφών C-130 της Πολεμικής Αεροπορίας με προσθήκη συστήματος ρίψης επιβραδυντικών MAFFS, μονοκινητήριων αεροσκαφών PZL M-18, ελικοπτέρων μεσαίας ανυψωτικής ικανότητας, ελικοπτέρων βαρέως τύπου και ελικοπτέρων συντονισμού δασοπυρσβεσης) στην Ελλάδα (πηγή: Στοιχεία Δασικής Υπηρεσίας και Πυροσβεστικού Σώματος).

Οι αδυναμίες, όσον αφορά στη διαχείριση των πυρκαγιών, μπορούν να αποδοθούν σε πολλά επί μέρους σφάλματα, αλλά στη βάση τους υπάρχει η μη εφαρμογή μιας συνεκτικής και επιστημονικά βασισμένης συνολικής πολιτικής διαχείρισης, την οποία θα εφαρμόζον όλοι οι φορείς που εμπλέκονται στο αντικείμενο. Χωρίς μια τέτοια πολιτική, η επιδεινωση του προβλήματος ήταν προβλέψιμη (Ξανθόπουλος 1998, 2007γ).

Για το μέλλον μπορεί να υπάρξει κάποια αισιοδοξία καθώς, σταδιακά, από τη δεκαετία του 1990 και μετά, οι γνώσεις για τις δασικές πυρκαγιές στη χώρα βελτιώθηκαν με τη βοήθεια ειδικών επιστημόνων και του διαδικτύου, αυξήθηκε ο αριθμός των εθελοντών, δημιουργήθηκαν αρκετά αντιπυρικά σχέδια, ξεκίνησε η δημιουργία δασικών χαρτών κ.λπ. Προϋπόθεση, βέβαια, για ένα καλύτερο μέλλον αποτελεί η αναγνώριση των σφαλμάτων του παρελθόντος και η εκπόνηση και εφαρμογή, χωρίς αγκυλώσεις οποιουδήποτε είδους, της συνολικής πολιτικής διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών που προαναφέρθηκε.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Μελισσάρη, Β., και Γ. Ξανθόπουλος. 2005. Η επανάκαμψη της βλάστησης μετά από πυρκαγιά στον Υμηττό σε σχέση με τα έργα αποκατάστασης. Σελ. 165-174 στα Πρακτικά του 12ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δάσος και νερό», 2-5 Οκτωβρίου 2005, Δράμα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Μπαλούτσος, Γ., Α. Οικονόμου, και Κ. Καούκης. 2007. Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά. Ανάλυση του προβλήματος και άμεσα μέτρα μείωσης των επιπτώσεων. Σελ. 79-104 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά του Επιστημονικού Συνεδρίου «Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων», 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος και ΕΘΙΑΓΕ.

Ξανθόπουλος, Γ. 1998. Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα: Παρελθόν, παρόν και μέλλον. Επικεντρα 6:62-71.

Ξανθόπουλος, Γ. 2000. Αρχές συνεργασίας φορέων για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών. Το παράδειγμα των ΗΠΑ. Σελ 176-185 στα Πρακτικά της ημερίδας 18 κρατικών και μη κυβερνητικών φορέων με θέμα «Η σωτηρία των δασών της Αττικής μια επιτακτική κοινωνική ανά-

γκη», 18 Ιανουαρίου 1999, Αθήνα. Εργατοϋπαλληλικό Κέντρο Αθήνας.

Ξανθόπουλος, Γ. 2007α. Αναδιοργάνωση με βάση την επιστημονική γνώση. Περιβάλλον 21 18:14-15.

Ξανθόπουλος, Γ. 2007β. Συμπεράσματα-Διαπιστώσεις Συνεδρίου για την «Αποκατάσταση των Καμένων Εκτάσεων». Σελ. 215-219 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά του Επιστημονικού Συνεδρίου «Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων», 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος και ΕΘΙΑΓΕ.

Ξανθόπουλος, Γ. 2007γ. Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα: 10 χρόνια αργότερα ΕΘΙΑΓΕ. Τριμηνιαία έκδοση του ΕΘΙΑΓΕ 28: 6-9.

Ξανθόπουλος Γ., και Μ. Αριανούτσου. 2007. Εισαγωγή. Σελ. 7-8 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά του Επιστημονικού Συνεδρίου «Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων», 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος και ΕΘΙΑΓΕ.

Ξανθόπουλος Γ., και D. Caballero. 2007. Πυρκαγιές στη ζώνη μίξης δασών-οικισμών: μαθήματα από πρόσφατες καταστροφές. Σελ. 131-156 στο Κ. Σαπουντζάκη, επιμ. έκδοσης. «Το αύριο εν κινδύνω: Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα». Gutenberg, Αθήνα.

Ξανθόπουλος Γ., Π. Γκαγκάρη, Γ. Λυριντζής, και Γ. Μπαλούτσος. 2007. Διαχείριση καμένης ξυλείας μετά την πυρκαγιά. Σελ. 67-78 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά του Επιστημονικού Συνεδρίου «Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων», 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος και ΕΘΙΑΓΕ.

Ξανθόπουλος, Γ., Γ. Λυριντζής, και Γ. Μάντακας. 2010. Οργάνωση των πρώτων αερομεταφερόμενων δυνάμεων δασοπυρόσβεσης στην Ελλάδα. ΕΘΙΑΓΕ. Τριμηνιαία έκδοση του ΕΘΙΑΓΕ 39:13-19.

Στάμου, Ν. Ι. 2007. Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών. Σελ. 9-18 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά του Επιστημονικού Συνεδρίου «Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων», 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος και ΕΘΙΑΓΕ.

B. Ξενόγλωσση

Alberta Sustainable Resource Development. 2008. Chapter 3 - Landscape Wildfire Threat Assessment. Pages 107-120 in Forest Management Unit E8 Forest management plan. Available online at: <http://www.srd.alberta.ca/LandsForests/ForestManagement/ForestManagementPlans/documents/ForestManagementUnitE8/toc.pdf>.

Birot, Y., and R. Mavsar. 2009. Wildfires impact in 3D. Environment, economy society. Pages 33-37 in Y. Birot, editor. Living with wildfires: What science can tell us, Discussion paper 15. European Forest Institute. Joensuu, Finland.

Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud, and D. Williams. 1983. Fire in Forestry: Volume II. Forest Fire Management and Organization. John Wiley & Sons, New York.

FAO. 1986. Wildland Fire Management Terminology. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Forestry Paper 70.

FAO. 2006. Fire management: voluntary guidelines. Principles and strategic actions. Fire Management Working Paper 17. Rome (also available at www.fao.org/forestry/site/35853/en).

Goldammer, J. 1992. Land use and fire risk: The interface of forest, agricultural land, wildlands and residential areas. Pages 65-72 in Proceedings of the seminar «Forest Fire Prevention, Land Use and People», October 29 - November 2, 1991, Athens, Greece. Ministry of Agriculture, Secretariat General for Forests and Natural Environment, Athens, Greece

Lyrantzis, G., G. Baloutsos, G. Karetzos, E.N. Daskalaki, G. Xanthopoulos, C. Tsagari, G. Mantakas, and A. Bourletsikas. 2010. Olympic Rebirth. Wildfire 19:12-20. <http://wildfiremag.com/tactics/olympic-fire-restoration-201001>.

Majorhazi, K.W. 2006. New Zealand Wildfire Threat Analysis – Workbook. Version 2.2, May 2006. National Rural Fire Authority, Wellington.

Markatos, N., V. Vescoukis, C. Kiranoudis, and P. Balatsos. 2007. Towards an integrated system for planning and decision support in forest fire management. Page 243 in Book of abstracts of the IV International Wildland Fire Conference, May 13-17, 2004, Seville, Spain. (Full paper in electronic edition).

Matthews, S., A. Sullivan, J. Gould, R. Hurley, P. Ellis, and J. Larmour. 2010. Evaluation of three fire detection systems. Report Number: CSE-BDA-002. Bushfire Cooperative Research Centre. CSIRO, Australia.

Montiel, C., P. Costa, and M. Galan. 2010. Overview of suppression fire policies and practices in

Europe. Pages 177-187 in J. S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, and E. Rigolot, editors. Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox. Research Report 23. European Forest Institute, Joensuu, Finland.

Ollero, A., J.R. Martinez-de Dios, and B.C. Arrue. 1998. Integrated systems for early forest-fire detection. Pages 1977-1988 in D.X. Viegas, editor. Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Forest Fire Research. November 16-20, 1998, Luso-Coimbra, Portugal. Published by ADAI, Coimbra, Portugal.

Ohlson, D.W., B.A. Blackwell, B. Hawkes, and D. Bonin. 2003. A Wildfire Risk Management System – An Evolution of the Wildfire Threat Rating System in International Forest Fire News, editor. Proceedings of the 3rd International Wildland Fire Conference in Sydney, Australia, 3-6 October 2003. Available at: <http://www.fire.uni-freiburg.de/summit-2003/3-IWFC/Papers/3-IWFC-131-Ohlson.pdf>.

Pausas, J.G., J. Llovet, A. Rodrigo, and R. Vallejo. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? –A review. International Journal of Wildland Fire 17:713-723.

Pearce, H.G., and K. Majorhazi. 2003. Application of Fire Behaviour to Fire Danger and Wildfire Threat Modelling in New Zealand. In Proceedings of the 3rd International Wildland Fire Conference in Sydney, Australia, 3-6 October 2003. Available at: <http://www.fire.uni-freiburg.de/summit-2003/3-IWFC/Papers/3-IWFC-053-Pearce.pdf>

Rego, F.C. 1992. Fuel management. Pages 209-221 in Proceedings of the United Nations ECE/FAO seminar on «Forest Fire Prevention, Land Use and People», October 29 - November 2, 1991, Athens, Greece. Ministry of Agriculture, Secretariat General for Forests and Natural Environment, Athens.

Sapountzaki, K., S. Wanczura, G. Casertano, S. Greiving, G. Xanthopoulos, and F. F. Ferrara. 2011. Disconnected policies and actors and the missing role of spatial planning throughout the risk management cycle. Natural Hazards 59 (3): 1445-1474, DOI: 10.1007/s11069-011-9843-3 (published online 03 June 2011, <http://www.springerlink.com/content/vok32583hj5m4628>).

Schmuck, G., J. San-Miguel-Ayanz, A. Camia, T. Durrant, S. Santos de Oliveira, R. Boca, C. Whitmore, C. Giovando, G. Libertà, and E. Schulte. 2010. Forest Fires in Europe 2009. EUR 24502 EN – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Shlisky, A., J. Waugh, P. Gonzalez, M. Gonzalez, M. Manta, H. Santoso, E. Alvarado, A. Ainuddin Nuruddin, D. A. Rodríguez-Trejo, R. Swaty, D. Schmidt, M. Kaufmann, R. Myers, A. Alencar, F. Kearns, D. Johnson, J. Smith, D. Zollner, and W. Fulks. 2007. *Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation*. GFI Technical Report 2007-2. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Sifakis, N., C. Iossifidis, C. Kontoes, and I. Keramitsoglou. 2011. Wildfire Detection and Tracking over Greece Using MSG-SEVIRI Satellite Data. *Remote Sensing* 3:524-538.
- Ubysz, B., and J.C. Valette. 2010. Flammability: Influence of fuel on fire initiation. Pages 23-34 in J. S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, and E. Rigolot, editors. *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*, Research Report 23, 2010. European Forest Institute, Joensuu, Finland.
- Velez, R. 1993. High intensity forest fires in the Mediterranean Basin: Natural and socioeconomic causes. *Disaster Management* 5:16-20.
- Velez, R. 1997. Principles of fire prevention and risk reduction. Pages 107-118 in P. Balabanis, G. Eftichidis, and R. Fantechi, editors. *Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards “Forest Fires Risk and Management”* May 27 - June 4 1992, Halkidiki, Greece.
- Williams, J., D. Albright, A. A. Hoffmann, A. Eritsov, P.F. Moore, J.C. Mendes De Morais, M. Leonard, J. San Miguel-Ayanz, G. Xanthopoulos, and P. Van Lierop. 2011. Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment of Recent Selected Mega-Fires. Presented at the V International Wildland Fire Conference “Wildfire 2011”, 9-13 May, 2011, Sun City, South Africa. FAO, United Nations, Rome.
- Xanthopoulos, G. 1988. Greek forest fires and property damage: A brief history. Pages 199-200 in *Proceedings of Symposium and Workshop on “Protecting People and Homes from Wildfire in the Interior West”*, October 6-8, 1987, Missoula, Montana, USA. USDA Forest Service General Technical Report INT-251.
- Xanthopoulos, G. 2007a. Olympic Flames. *Wildfire* 16:10-18.
- Xanthopoulos, G. 2007b. Forest fire policy scenarios as a key element affecting the occurrence and characteristics of fire disasters. Page 129 in *Book of Abstracts of the “IV International Wildland Fire Conference”*, May 13-17, 2004, Seville, Spain. (Full paper on the CD accompanying the book of abstracts).
- Xanthopoulos, G. 2008a. Parallel lines. *Wildfire*. 17:8-20.
- Xanthopoulos, G. 2008b. Who should be responsible for forest fires? Lessons from the Greek experience. Pages 189-202 in *Proceedings of the “II International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View”*, April 19-22, 2004, Cordoba, Spain. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. PSW-GTR-208.

6. Το πλαίσιο διαχείρισης των ελληνικών δασών

Σπύρος Γαλατσίδας

Στο παρόν κεφάλαιο δίνεται μια εικόνα της κατανομής της έκτασης των δασοπονικών ειδών στην Ελλάδα και ορισμένα στοιχεία παραγωγής ξυλωδών προϊόντων των ελληνικών δασών, που δείχνουν την άμεση συμβολή της δασοπονίας στην οικονομία της χώρας, και παρουσιάζονται εν συντομία οι λειτουργίες που επιτελούν τα δασικά οικοσυστήματα. Στη συνέχεια, δίνεται το πλαίσιο δασικής πολιτικής που διέπει τη διαχείριση των δασών σε ευρωπαϊκό επίπεδο και περιγράφονται η διαδικασία παραγωγής των βασικών διαχειριστικών μορφών και τα αντίστοιχα πρότυπα αειφορικής διαχείρισης της παραγωγής ξύλου, ενώ εξετάζεται και ο βαθμός ικανοποίησης των ευρωπαϊκών οδηγιών για την αειφορική διαχείριση από τα εφαρμοζόμενα σχέδια διαχείρισης στην Ελλάδα. Τέλος, παρουσιάζεται ένα σκεπτικό αειφορικής διαχείρισης των πέραν της παραγωγής ξύλου λειτουργιών του δάσους.

Λέξεις κλειδιά: διαχείριση δασών, πρότυπα διαχείρισης, δασικές λειτουργίες, αειφορία, μη ξυλοπαραγωγικές λειτουργίες του δάσους

Τα δάση της Ελλάδας και οι λειτουργίες που επιτελούν

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Πρώτης Εθνικής Απογραφής Δασών (Υπουργείο Γεωργίας 1992), τα ελληνικά δάση καλύπτουν συνολικά περίπου 6,5 εκατ. εκτάρια, επιφάνεια που αντιστοιχεί στο 49,3% της έκτασης της χώρας μας. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, λίγο περισσότερο από το μισό αυτής της έκτασης (51,6%) καλύπτεται από ξυλοπαραγωγικά είδη, ενώ το υπόλοιπο 48,4% από είδη που δεν παράγουν εμπορεύσιμα προϊόντα ξυλείας (κυρίως αείφυλλα πλατύφυλλα). Στα ξυλοπαραγωγικά είδη, το 57% της έκτασης αφορά πλατύφυλλα (με κυρίαρχα τα είδη δρυός) και το 43% κωνοφόρα είδη (κυρίως ελάτη, μαύρη πεύκη και θερμόβια κωνοφόρα).

Από τον Απολογισμό Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2007 (ΥΠΑΑΤ 2009) συνάγεται ότι η παραγωγή ξυλείας από τα ελληνικά δάση βαίνει συνεχώς μειούμενη τις τελευταίες δεκαετίες. Από τις 600-650 χιλ. κυβικά μέτρα (κ. μ.) τεχνικής ξυλείας των αρχών τις δεκαετίας του 1990 μειώθηκε στα επίπεδα των 380-400 χιλ. κ. μ. στο τέλος της δεκαετίας του 2000. Αντίστοιχη μείωση εμφανίζει και η παραγωγή καυσόξυλων στο

Πίνακας 1. Κατανομή της έκτασης των ελληνικών δασών κατά δασοπονικό είδος (πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1992).

Δασοπονικό είδος	Έκταση (ha)	Ποσοστό (%)
Ελάτη	543.308	8,3%
Πεύκη Χαλέπιοσ, Τραχεία, Κουκουναριά	567.839	8,7%
Πεύκη Μαύρη	281.692	4,3%
Πεύκη Δασική	20.955	0,3%
Πεύκη Λευκόδερμος	8.300	0,1%
Ελάτη-Πεύκη Μαύρη	4.762	0,1%
Ερυθρελάτη	2.754	0,0%
Δρυς	1.471.839	22,6%
Οξιά	336.640	5,2%
Καστανιά	33.081	0,5%
Πλάτανος	86.579	1,3%
Σημύδα	1.437	0,0%
Μη ξυλοπαραγωγικά δάση	3.153.882	48,4%
ΣΥΝΟΛΟ	6.513.068	100,0%

ίδιο χρονικό διάστημα, από τις 1.650 χιλ. κ. μ. στις 1.250 χιλ. κ. μ. Η παραγωγή τεχνικής ξυλείας δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της χώρας και, έτσι, εισάγεται μια διαρκώς αυξανόμενη ποσότητα ξύλου (από τις 1.550 χιλ. κ. μ. το 1990 στις 2.650 χιλ. κ. μ. το 2004).

Εκτός από την παραγωγή ξύλου, η οποία συμβάλει άμεσα στην εθνική οικονομία με την πρωτογενή παραγωγή προϊόντων ξύλου και την εξασφάλιση εισοδήματος σε παραδασόβιους πληθυσμούς, τα δάση επιτελούν και μια σειρά από άλλες λειτουργίες. Ένας ενδεικτικός κατάλογος των λειτουργιών¹ που επιτελεί το δάσος δίνεται στον Πίνακα 2.

Παραδοσιακά, οι λειτουργίες του δάσους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: την παραγωγή αγαθών (με πρωτεύον το ξύλο), τις προστατευτικές επιδράσεις και τη δασική αναψυχή. Μια τέταρτη κατηγορία, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις, ήρθε να προστεθεί μετά τη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε παγκόσμια κλίμακα και τις επιπτώσεις που έχει στον πλανήτη το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών του δάσους στη διαδικασία διαχείρισης των δασών αποτελεί σήμερα τη μεγαλύτερη πρόκληση της δασοπονίας.

Από την αρχή της αειφορίας στην αειφόρο ανάπτυξη

Βασική αρχή της διαχείρισης των δασών αποτελεί η αρχή της αειφορίας (Nachhaltigkeit, sustainability). Ο Hans Carl von Carlowitz αναφέρεται (Lexikon der Nachhaltigkeit 2010) ως ο εισηγητής της αρχής αυτής το 1713. Στο έργο του «Sylvicultura oeconomica» έγραψε ότι «πρέπει να υλοτομείται μόνο τόση ποσότητα ξύλου όση μπορεί να αναπτυχθεί και πάλι μέσω ενός μεθοδικού σχεδίου αναγέννησης-αναδάσωσης». Οι ιδέες του von Carlowitz για μια οργανωμένη διαχείριση του δάσους, με συνεπή αναγέννησή του και αειφορική χρήση του, οδήγησαν στην καθιέρωση της «αειφορίας» ως βασικής αρχής της οργανωμένης, μέσω ενός σχεδίου, διαχείρισης των δασών.

Κατά το 18ο και 19ο αιώνα, η αρχή της αειφορίας έλαβε διάφορες μορφές έκφρασης στη δασοπονική πράξη. Με βασικό σκοπό τη διαρκή παραγωγή ξύλου, γεγονός που δικαιολογείται από τη σημασία που είχε το ξύλο τότε ως βασική πρώτη ύλη, εκφράστηκε ως «αειφορία των καρπώσεων», δηλαδή απαίτηση ίσων καρπώσεων (παραγωγή της ίδιας ποσότητας ξύλου) από έτος σε έτος ή μεταξύ περιόδων (5ετών ή 10ετών) στο διηνεκές και

Πίνακας 2. Ταξινόμηση των λειτουργιών που επιτελεί ένα δάσος (πηγή: Σύνθεση από Anonymous 1982, Wullschlegler 1982, Gatzojannis 1984, FAO 1995, Gottle and Sène 1997 και Führer 2000).

Λειτουργία	Προϊόν ή υπηρεσία (ωφέλεια)
Παραγωγικές λειτουργίες	Στρογγύλη ξυλεία, καυσόξυλα, άλλα προϊόντα ξύλου, βοσκήσιμη ύλη, ρητίνη, φελλός, καρποί, μανιτάρια, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, θηράματα κ.ά.
Προστατευτικές λειτουργίες	Προστασία ανθρώπινων εγκαταστάσεων από φυσικούς κινδύνους (πτώσεις βράχων, γεωλισθήσεις, χιονοστιβάδες, ανέμους κ.λπ.) και από οχλήσεις (θόρυβος, καυσαέρια, σκόνη κ.λπ.). Προστασία του εδάφους από διάβρωση (νερού ή ανέμου). Προστασία και εμπλουτισμός των υδάτινων πόρων.
Αναψυχικές λειτουργίες	Ικανοποίηση αναγκών ελεύθερου χρόνου, φυσικές εμπειρίες, απόλαυση του τοπίου, περιβαλλοντική εκπαίδευση.
Περιβαλλοντικές λειτουργίες	Διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας, των ενδιαιτημάτων τους και της βιοποικιλότητας. Ρύθμιση του κλίματος (τοπικά αλλά και παγκόσμια), συμβολή στον κύκλο του νερού, στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, στον κύκλο του άνθρακα (δέσμευση CO ₂).

¹ Ο όρος δασική λειτουργία (forest function) περιλαμβάνει τις βιοοικολογικές επιδράσεις και τις κοινωνικοοικονομικές υπηρεσίες του δάσους (Brüning and Mayer 1980), οι οποίες, κατά περίπτωση, μπορεί να αποδοθούν ως επιδράσεις, ωφέλειες ή σκοποί διαχείρισης του δάσους (Wullschlegler 1982).

οδήγησε τη δασολογική επιστήμη στην ανάπτυξη του μοντέλου του «κανονικού δάσους» (Spreidel 1972), ενός προτύπου αειφορικής διαχείρισης με σκοπό την ξυλοπαραγωγή, που βρίσκει εφαρμογή μέχρι σήμερα στη διαχείριση των ομηλικών δασών.

Με την ελακόλουθη μείωση της σημασίας του ξύλου ως πηγής ενέργειας και την ανάπτυξη συνθετικών υποκατάστατων του, αλλά και την αυξανόμενη συνειδητοποίηση, από τις σύγχρονες κοινωνίες, των πολλαπλών λειτουργιών που επιτελεί το δάσος, η αειφορία εκφράστηκε ως βασική απαίτηση προστασίας-διατήρησης των πολλαπλών ωφελειών που προσφέρει το δάσος στο διηνεκές. Έτσι, η αειφορία επικεντρώνεται στη διατήρηση της ικανότητας του δάσους να παράγει διαρκώς αγαθά και ωφέλειες κατά τρόπο ορθολογικά άριστο, δηλαδή σύμφωνο με τους πολλαπλούς στόχους της δασοπονίας (Γκατζογιάννης 2005).

Το 1987 η επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (World Commission On Environment and Development 1987), θέτοντας τα περιβαλλοντικά θέματα στο πλαίσιο κάθε αναπτυξιακής πολιτικής, υιοθέτησε τον όρο αειφόρος ανάπτυξη (sustainable development), ορίζοντάς την ως την «ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες». Το 1992 η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED, Rio de Janeiro, Βραζιλία) υιοθέτησε τον παραπάνω ορισμό της αειφορικής ανάπτυξης και δέσμευσε τις συμμετέχουσες χώρες με δύο συνθήκες, που αφορούν στην κλιματική αλλαγή και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, οι οποίες έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων. Επιπλέον, στη διάσκεψη του Ρίο υιοθετήθηκε μια Δήλωση Αρχών για τα Δάση (Statement on Forest Principles), η οποία προτρέπει τις επιμέρους χώρες να λάβουν μέτρα αειφορικής χρήσης των δασικών πόρων.

Τα αποτελέσματα της διάσκεψης του Ρίο εξειδικεύθηκαν σε ευρωπαϊκό επίπεδο στα πλαίσια της 2ης Υπουργικής Συνόδου για την Προστασία των Δασών στην Ευρώπη, όπου ορίστηκε ως αειφορική διαχείριση δασών «η φροντίδα και χρήση του δάσους κατά τέτοιον τρόπο και με τέτοιον ρυθμό, ώστε να διατηρείται η βιοποικιλότητά του, η παραγωγικότητά του, η ικανότητα αναγέννησής του, η ζωτικότητα του και οι δυνατότητές του να καλύπτει, σήμερα και στο μέλλον, τις οικολογικές, οικονομικές και κοινωνικές του λειτουργίες σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, χωρίς να επιφέρει ζημιές σε άλλα οικοσυστήματα» (MCPFE 1993). Στον ορισμό αυτόν της αειφορικής διαχείρισης είναι φανερό ότι το δάσος δεν εξετάζεται πλέ-

ον ως ένας φυσικός πόρος με πολλαπλές χρήσεις, που πρέπει να οργανωθούν ώστε να εξυπηρετούν τις ανθρώπινες ανάγκες, αλλά ως ένα φυσικό οικολογικό σύστημα, το οποίο εξελίσσεται και χρειάζεται φροντίδα (stewardship). Αντί να εστιάζουμε στο τελικό προϊόν από το δάσος, τώρα εστιάζουμε στο ίδιο το δασικό οικοσύστημα (Kennedy et al. 1998), το οποίο αλληλεπιδρά με άλλα γειτονικά του ή μη οικοσυστήματα. Η φροντίδα αλλά και η χρήση του δάσους αποσκοπούν στη διατήρηση όλου του φάσματος των δασικών λειτουργιών σήμερα και στο μέλλον.

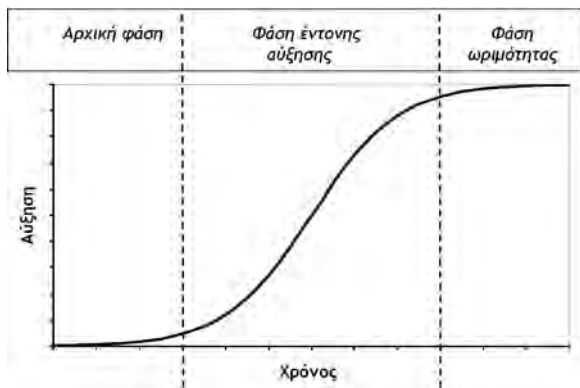
Σε επόμενες υπουργικές συνόδους καθιερώθηκαν πανευρωπαϊκά κριτήρια και δείκτες αειφορικής διαχείρισης των δασών (MCPFE 1998a, MCPFE 2002) και εκδόθηκαν οδηγίες – κατευθυντήριες γραμμές σε επιχειρησιακό επίπεδο, στο επίπεδο της δασικής εκμετάλλευσης δηλαδή – για την αειφορική διαχείριση των δασών στην Ευρώπη (MCPFE 1998b).

Τα παραπάνω κείμενα καθορίζουν το πλαίσιο της ασκούμενης ευρωπαϊκής δασικής πολιτικής και καλούν σε ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών του δάσους στα διαχειριστικά σχέδια, με την αξιοποίηση της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης για κάθε λειτουργία, μελετώντας τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μέτρων διαχείρισης στο σύνολο των δασικών λειτουργιών, συγκεράζοντας τις απόψεις των επηρεαζόμενων από τη διαχείριση κοινωνικών ομάδων και παρακολουθώντας επιστημονικά την εφαρμογή των σχεδίων διαχείρισης.

Η διαδικασία παραγωγής και τα πρότυπα αειφορικής διαχείρισης της παραγωγής ξύλου

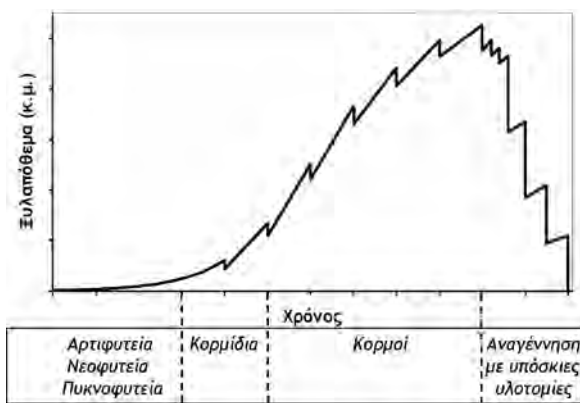
Ομήλικες συστάδες

Ομήλικη θεωρείται μια συστάδα της οποίας τα δένδρα έχουν πρακτικά την ίδια ηλικία ή η διαφορά ηλικίας των δένδρων της δεν ξεπερνά τα 10-20 έτη. Ομήλικες συστάδες δημιουργούν τα φωτόφιλα είδη της χώρας μας (όλα τα είδη πεύκης και πολλά είδη δρυός). Η φυσική πορεία αύξησης μιας ομήλικης συστάδας με την πάροδο του χρόνου ακολουθεί μια τυπική σιγμοειδή καμπύλη που παρατηρείται σε μεγάλο αριθμό φυσικών διεργασιών (Σχήμα 1), με μια αρχική φάση όπου η αύξηση είναι μικρή, ακολουθούμενη από μια φάση μεγαλύτερης διάρκειας με έντονο ρυθμό αύξησης και κλείνοντας με τη φάση της ωριμότητας, οπότε ο ρυθμός αύξησης είναι και πάλι μειωμένος.



Σχήμα 1. Σχηματική τυπική σιγμοειδής καμπύλη της φυσικής πορείας αύξησης μιας ομήλικης συστάδας.

Σε μια διαχειριζόμενη ομήλικη συστάδα, η παραπάνω πορεία τροποποιείται από τις δασοκομικές επεμβάσεις που αποσκοπούν στην καλλιέργεια και στην κάρπωση της συστάδας. Οι φάσεις ανάπτυξης ή αλλιώς τα στάδια εξέλιξης της συστάδας περιλαμβάνουν (Σχήμα 2): την αρτιφυτεία - νεοφυτεία - πυκνοφυτεία (στα στάδια αυτά τα φυτάρια αναπτύσσονται από τον όροφο των ποών μέχρις ότου ξεπεράσουν τον όροφο των θάμνων), το στάδιο των κορμιδιών (το κάτω μέρος της ζωντανής κόμης έχει φτάσει τα 1,5-2 μ.) και το στάδιο των κορμών (η μέση στηθαία διάμετρος των δένδρων είναι μεγαλύτερη από 20 εκ.).



Σχήμα 2. Σχηματική καμπύλη αύξησης μιας διαχειριζόμενης ομήλικης συστάδας και η αντιστοιχία με τα στάδια εξέλιξης της συστάδας.

Κάθε στάδιο ανάπτυξης συνδέεται με συγκεκριμένα δασοκομικά μέτρα καλλιέργειας, τα οποία από το στάδιο των κορμιδιών και μετά φτάνουν σε αξιολογικό ύψος καρπώσεων σε ξύλο. Στις καλλιεργητικές επεμβάσεις χρησιμοποιείται το μόνο εργαλείο που έχει στη διάθεσή του ο δασολόγος – η «λελο-

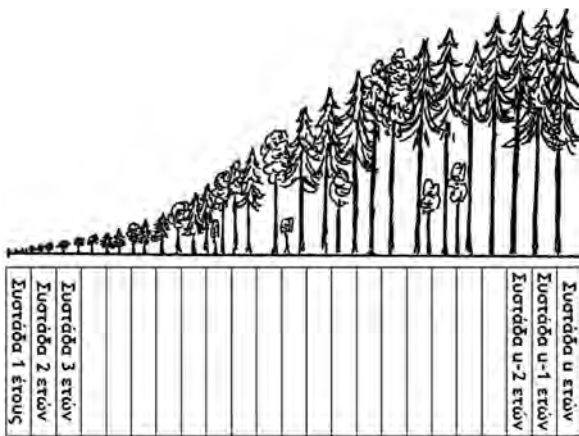
γισμένη υλοτομία», η επιλεκτική, δηλαδή, υλοτομηση συγκεκριμένων δένδρων, με στόχο την επιτάχυνση της φυσικής εξέλιξης της συστάδας και τη βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου ξύλου (για λεπτομερή περιγραφή των καλλιεργητικών επεμβάσεων κάθε σταδίου βλ. Leibundgut 1986). Οι καλλιεργητικές επεμβάσεις επαναλαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (10 ετών για την ελληνική δασική πράξη), οδηγώντας σε μικρές μειώσεις του ξυλαποθέματος της συστάδας, το οποίο ανακάμπτει στα ενδιάμεσα διαστήματα ακολουθώντας τη σιγμοειδή πορεία αύξησης (βλ. Σχήμα 2). Όταν η συστάδα φτάσει στο στάδιο της ωριμότητας², τα δένδρα της έχουν αποκτήσει τις κατάλληλες διαστάσεις για την παραγωγή των επιθυμητών προϊόντων ξύλου και αρχίζει η φάση ανανέωσης της συστάδας. Στην πλειονότητα των ελληνικών δασών, η ανανέωση γίνεται με φυσική αναγέννηση μέσω διαδοχικών υπόσκιων υλοτομιών. Το ξυλαπόθεμα της συστάδας μειώνεται σταδιακά μέχρι μηδενισμού στο τέλος της φάσης αναγέννησης (Σχήμα 2), οπότε και έχει εγκατασταθεί επιτυχώς η νέα συστάδα (αρτιφυτεία - νεοφυτεία) και ο κύκλος επαναλαμβάνεται από την αρχή.

Οι ποσότητες ξύλου που απολαμβάνονται από τη συστάδα κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών επεμβάσεων αποτελούν τις ενδιάμεσες καρπώσεις, ενώ οι ποσότητες που απολαμβάνονται κατά τη φάση της αναγέννησης συγκροτούν τις τελικές καρπώσεις. Η αξία των ενδιάμεσων και των τελικών καρπώσεων, κεφαλαιοποιούμενων σε επιθυμητό χρονικό σημείο, αποτελεί την πρόσοδο από προϊόντα ξύλου της συστάδας και σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες δαπάνες δίνει την αποδοτικότητα της συστάδας και, κατ' επέκταση, της δασικής επιχείρησης.

Τα φαινόμενα που παρατηρούνται σε μια ομήλικη συστάδα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, εμφανίζονται ταυτόχρονα στην έκταση ενός ιδανικού ομήλικου δάσους κάθε χρονική στιγμή. Το ιδανικό αυτό δάσος ονομάζεται στη δασική βιβλιογραφία «κανονικό δάσος» (Normalwald, normal forest) και αναπτύχθηκε ως πρότυπο-μοντέλο διαχείρισης των ομήλικων δασών στην κεντρική Ευρώπη (Speidel 1972). Προϋποθέσεις ισχύος του μοντέλου είναι στο δάσος να επικρατεί ένα μόνο δασοπονικό είδος (ή ομοιόμορφη μίξη ειδών), η παραγωγικότητα και οι συνθήκες αύξησης να είναι παρόμοιες σε όλη την έκταση του δάσους και το δάσος να αποτελείται από συστάδες όλων των ηλικιών, οι οποίες πρέπει να καταλαμβάνουν και την ίδια έκταση.

² Ο χρόνος ωριμότητας μιας συστάδας εκφράζεται στη δασοπονία ως «περίτρητος χρόνος», ο οποίος έχει οικονομικό περιεχόμενο καθώς δηλώνει το χρόνο στον οποίο η συστάδα θα επιτύχει συγκεκριμένη απόδοση σε ποσότητα ξύλου ή αξία προϊόντων (βλ. Γκατζογιάννης 1987, Ελευθεριάδης 2003).

Το κανονικό δάσος μπορεί να παρασταθεί σχηματικά με μια λωρίδα χωρισμένη σε συστάδες ίδιας έκτασης, χωροθετημένες σε σειρά ανάλογα με την ηλικία τους (Σχήμα 3). Οι μέσες διαστάσεις των δένδρων κάθε συστάδας φαίνονται στο άνω μισό του σχήματος. Η κάθε συστάδα έχει το ύψος του ξυλαποθέματος που αντιστοιχεί στην ηλικία της (παράβαλε με Σχήμα 2) και υπόκειται στα αντίστοιχα καλλιεργητικά μέτρα. Η συστάδα που βρίσκεται στην ηλικία ωριμότητας (u ετών στο Σχήμα 3) τίθεται υπό αναγέννηση και έτσι μεταφέρεται ηλικιακά στα αριστερά του σχήματος και τη θέση της παίρνει η επόμενη συστάδα, διαιωνίζοντας μια αειφορική κατάσταση στο δάσος.



Σχήμα 3. Σχηματική παράσταση ενός κανονικού ομηλικού δάσους (προσαρμογή από: Speidel 1972).

Στην κανονική αυτή κατάσταση, το δάσος εμφανίζει σταθερό ξυλαπόθεμα, ίδια ετήσια αύξηση, ίδιες ετήσιες καρπώσεις, απαιτεί ίδιες δαπάνες και αποφέρει ίδια πρόσοδο κάθε έτος. Επίσης, η ετήσια κάρπωση από το δάσος αποδεικνύεται ότι ισούται με την ετήσια προσαύξησή του, δηλαδή η ποσότητα ξύλου που απολαμβάνεται ανά έτος από το δάσος ισούται με την ποσότητα ξύλου που προστίθεται ανά έτος στο δάσος λόγω της αύξησης των δένδρων του.

Για την εφαρμογή του μοντέλου του κανονικού δάσους στη διαχείριση των ομηλικών δασών απαιτείται η ικανοποίηση των προϋποθέσεων ισχύος του. Απαιτείται, αρχικά, χαρτογράφηση των συστάδων του δάσους, της σύνθεσής τους σε δασοπονικά είδη και της παραγωγικότητάς τους, εκτίμηση της ηλικίας τους και της έκτασης που καταλαμβάνουν. Με βάση το δασοπονικό είδος και την κλάση παραγωγικότητας, ομαδοποιούνται, στη συνέχεια, οι συστάδες σε συσταδικούς τύπους, σε ομάδες δηλαδή με παρόμοιες δυνατότητες αύξησης, οι οποίες θα ακολουθήσουν μια μέση πορεία εξέλιξης όπως αυτή που προβλέπεται από το μοντέλο του κανονικού δάσους. Η κατανομή της έκτασης ως προς την ηλικία δίνει μια πρώτη ει-

κόνα της απόκλισης από την κανονική κατάσταση (όπου κάθε ηλικία εκπροσωπείται με την ίδια έκταση). Ανάλογα με το εύρος και τη μορφή των αποκλίσεων από την κανονικότητα, λαμβάνονται μέτρα ώστε να οδηγηθεί το δάσος σε μια κατάσταση όσο γίνεται πιο κοντινή στην κανονική.

Η κατανομή της έκτασης δεν είναι, φυσικά, το μοναδικό κριτήριο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόκλισης ενός δάσους από την κανονική κατάσταση. Το μοντέλο του κανονικού δάσους περιλαμβάνει μια σειρά μαθηματικών σχέσεων μεταξύ των βασικών μεγεθών του δάσους, με τις οποίες μπορούν να ελεγχθούν όλες οι δασοαποδοτικές παράμετροι του δάσους (ξυλαπόθεμα, προσαύξηση, δείκτες ηλικίας - μάζας - επιφανειών, ποσοστό κάρπωσης κ.ά., βλ. Γκατζογιάννης 1987, Ελευθεριάδης 2003) και να σταθμιστούν οι επιπτώσεις αποφάσεων ως προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση.

Κηπευτές συστάδες

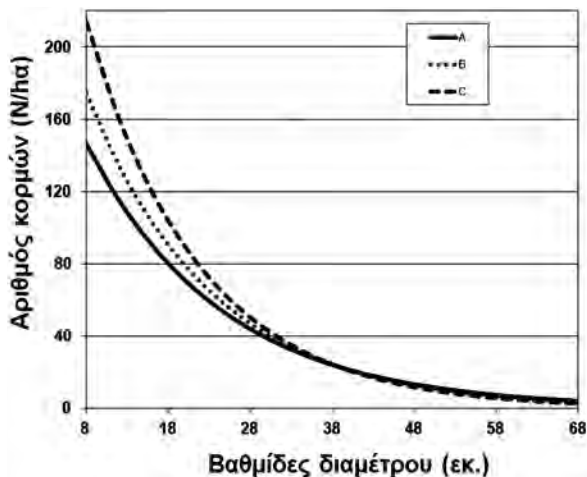
Κηπευτές χαρακτηρίζονται οι συστάδες οι οποίες περιλαμβάνουν δένδρα όλων των ηλικιών και όλων των βαθμίδων διαμέτρου και ύψους (Σχήμα 4). Τέτοιας μορφής συστάδες δημιουργούν τα σκιάφιλα είδη (ελάτη και οξιά), των οποίων τα νεαρότερα δένδρα μπορούν να αναπτυχθούν κάτω από τη σκίαση των μεγαλύτερων.



Σχήμα 4. Σχηματική δομή μιας κηπευτής συστάδας (πηγή: Γκατζογιάννης 1987).

Στις κηπευτές συστάδες η ηλικία χάνει το ρόλο της βασικής ερμηνευτικής παραμέτρου της εξέλιξης των συστάδων και αντικαθίσταται από τη διάμετρο. Συγκεκριμένα, η δομή μιας κηπευτής συστάδας μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια της κατανομής του αριθμού των δένδρων σε βαθμίδες διαμέτρου, η οποία έχει τη μορφή κλάδου υπερβολής και εκφράζεται με εξίσωση της μορφής $y = k \cdot e^{-ax}$ (y είναι ο αριθμός δένδρων στο εκτάριο, x η τάξη της βαθμίδας διαμέτρου, e η βάση των φυσικών λογαρίθμων και k , a συντελεστές της εξίσωσης). Τρεις μορφές της καμπύλης, για τρεις κλάσεις παραγωγικότητας, φαίνονται στο Σχήμα 5, από το μοντέλο για τα δάση ελάτης της Ελλάδος (Παναγιωτίδης 1978). Η μορφή της ιδανικής καμπύλης μιας κηπευτής συστάδας εξαρτάται από το δασοπονικό είδος (ρυθμός

αύξησης), την κλάση παραγωγικότητας και τη μέγιστη διάμετρο (δεξιό άκρο της καμπύλης). Εκτός από την εξίσωση της ιδανικής καμπύλης, ένα μοντέλο για κηπευτές συστάδες συνοδεύεται κατ'ελάχιστον και από τα αντίστοιχα ιδανικά μεγέθη ξυλαποθέματος και προσαύξησης για κάθε βαθμίδα διαμέτρου.



Σχήμα 5. Ιδανική κατανομή αριθμού δένδρων σε βαθμίδες διαμέτρου για τρεις σταθμικές κατηγορίες (A: προέχουσα, B: μέτρια, C: υστερούσα) των κηπευτών συστάδων ελάτης (πηγή: Παναγιωτίδης 1978).

Για τη διατήρηση της κηπευτής δομής μιας συστάδας επιστρατεύεται ένα ιδιαίτερο είδος υλοτομικών επεμβάσεων, οι ονομαζόμενες «κηπεύσεις». Με αυτές επιδιώκεται η διαρκής αναγέννηση στη συστάδα, ώστε να τροφοδοτείται η μικρότερη βαθμίδα διαμέτρων (αριστερό άκρο της καμπύλης) με νέα δένδρα, η επιλογή και ανατροφή των δένδρων στις ενδιάμεσες βαθμίδες, ώστε να διατηρείται ο κατάλληλος αριθμός δένδρων σε κάθε βαθμίδα και η κάρπωση, η παραγωγή δηλαδή προϊόντων ξύλου από τα υλοτομούμενα δένδρα.

Για την εφαρμογή ενός μοντέλου κανονικής (ιδανικής) κατάστασης σε ένα κηπευτό δάσος απαιτείται και πάλι η δημιουργία συσταδικών τύπων, η ομαδοποίηση, δηλαδή, συστάδων με όμοια σύνθεση ειδών και παρόμοια παραγωγικότητα. Στη συνέχεια, εκτιμώνται οι πραγματικές κατανομές του αριθμού των δένδρων στις βαθμίδες διαμέτρου καθώς και τα πραγματικά μεγέθη ξυλαποθέματος και προσαύξησης για κάθε συσταδικό τύπο. Η σύγκριση των πραγματικών μεγεθών με τα ιδανικά που δίνει το μοντέλο οδηγούν σε αποφάσεις για τη λήψη των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης.

Εκτός από τις ομηλικές και τις κηπευτές, στα δάση μας απαντώνται επίσης υποκηπευτές συστάδες, καθώς και συστάδες ακανόνιστης μορφής. Οι μεν πρώτες είναι, στην ουσία, ομηλικές στο επίπεδο της ομάδας ή λόχμης και η διαχείρισή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με εφαρμογή του προτύπου

του κανονικού ομηλικού δάσους, στις δε ακανόνιστες, ανάλογα με τη μορφή τους και την πορεία δασοκομικής εξέλιξής τους, μπορεί να εφαρμοστεί είτε το πρότυπο του κανονικού ομηλικού είτε του κηπευτού δάσους.

Καθώς στα φυσικά δάση είναι δυνατόν να εμφανίζονται συστάδες όλων των μορφών που αναφέρθηκαν, η δασική διαχειριστική χρησιμοποιεί την έννοια της «διαχειριστικής κλάσης» για να ομαδοποιήσει συστάδες παρόμοιας μορφής που η διαχείρισή τους γίνεται με εφαρμογή κοινού προτύπου. Οι διαχειριστικές κλάσεις πρέπει να έχουν μεγάλη έκταση (πάνω από 500 ha στα υψηλά δάση) ώστε να αποτελούν μονάδες αειφορικού σχεδιασμού της παραγωγής και ως κριτήρια διαχωρισμού τους χρησιμοποιούνται, εκτός της δασοκομικής μορφής, η δασοπονική ή διαχειριστική μορφή (σπερμοφυής - πρεμνοφυής - διφυής) και ο σκοπός διαχείρισης (παραγωγή ξύλου, βοσκήσιμης ύλης, προστασία κ.λπ.).

Μια μεγάλη κατηγορία που καλύπτει σχεδόν το 50% των ελληνικών δασών (βλ. Πίνακα 1) είναι τα μη ξυλοπαραγωγικά δάση, που περιλαμβάνουν κυρίως τα δάση αειφυλλων πλατύφυλλων. Τα δάση αυτά δίνουν μικρή παραγωγή ξύλου χαμηλής αξίας και, πρακτικά, βρίσκονται «εκτός διαχείρισης». Η έκφραση αυτή, κατάλοιπο της εποχής που η παραγωγή ξύλου ήταν ο μοναδικός, ουσιαστικός, στόχος της διαχείρισης, χαρακτηρίζει εκτάσεις εκτός ξυλοπαραγωγικής διαδικασίας και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίζει τμήματα δάσους που είτε λόγω της πολύ χαμηλής παραγωγής τους είτε για άλλους λόγους (π.χ. προστασία οικισμών στα κατάντη από κατολισθήσεις, χιονοστιβάδες κ.ά.) δεν είναι αποδοτικά ή δεν επιτρέπεται να υλοτομηθούν. Στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης που, όπως αναφέρθηκε, αποσκοπεί στη διατήρηση του συνόλου των λειτουργιών του δασικού οικοσυστήματος, δεν νοείται έκταση δάσους «εκτός διαχείρισης». Ανεξάρτητα από την ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής τους σε ξύλο, όλες οι δασικές εκτάσεις επιτελούν πολύ σημαντικές μη ξυλοπαραγωγικές λειτουργίες, οι οποίες πρέπει να αναδειχθούν μέσω της καταγραφής και αξιολόγησης των βασικών παραμέτρων τους (βλ. επόμενο κεφάλαιο) και να επιδιωχθεί η ενσωμάτωσή τους στα σχέδια διαχείρισης.

Η διαχείριση των μη ξυλοπαραγωγικών λειτουργιών του δάσους

Οι διαδικασίες ενσωμάτωσης των εκτός της παραγωγής ξύλου λειτουργιών του δάσους στα σχέδια διαχείρισης έχουν δρομολογηθεί στις πανευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές αειφορικής

διαχείρισης των δασών (MCPFE 1998b). Το κείμενο αυτό, όπως αναφέρθηκε, δίνει τους βασικούς άξονες της ευρωπαϊκής δασικής πολιτικής και, συνεπώς, αποτελεί τη βάση για επιλογή και εξειδίκευση των στόχων διαχείρισης στο επίπεδο του δάσους.

Για τη σωστή απογραφή και ορθολογική αξιολόγηση των δασικών λειτουργιών στα πλαίσια των σχεδίων διαχείρισης των δασών πρέπει να αναλυθούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Τα βασικά χαρακτηριστικά των δασικών λειτουργιών που επηρεάζουν τον τρόπο διαχείρισης του δάσους είναι τα ακόλουθα (Galatsidas 2001):

- Οι δασικές λειτουργίες είναι αλληλοσυνδεόμενες. Μια συγκεκριμένη δασική έκταση επιτελεί περισσότερες από μια (αν όχι όλες τις) λειτουργίες. Παράγει ξυλώδη και άλλα προϊόντα, προστατεύει το έδαφος από διάβρωση, φιλοξενεί και άλλους οργανισμούς, αποτελεί αντικείμενο επίσκεψης για αναψυχή, συμβάλλει στη διαμόρφωση του μικροκλίματος. Έτσι, οι δασικές λειτουργίες είναι σε μεγάλο βαθμό συμπληρωματικές. Ανταγωνισμός μεταξύ των λειτουργιών εμφανίζεται από τη στιγμή που χρειάζεται να επενδυθούν πόροι για την οργάνωση της παραγωγής μιας λειτουργίας (Γκατζογιάννης 1988).
- Οι δασικές λειτουργίες υφίστανται ανεξάρτητα από την ανθρώπινη χρήση. Το γεγονός ότι κάποιες λειτουργίες είναι περισσότερο σημαντικές για τον άνθρωπο και επενδύονται πόροι για την ορθολογική οργάνωσή τους δεν σημαίνει ότι οι υπόλοιπες λειτουργίες παύουν να υφίστανται. Το δάσος έχει ένα δυναμικό (δυνατοτήτων) να επιτελεί όλες τις λειτουργίες, αδιάφορα αν ο άνθρωπος χρησιμοποιεί ή όχι μια λειτουργία.
- Οι δασικές λειτουργίες μεταβάλλονται τόσο χωρικά όσο και στο χρόνο. Ο βαθμός εκπλήρωσης μιας λειτουργίας από ένα συγκεκριμένο δάσος μεταβάλλεται εξαιτίας του γεγονότος ότι οι συστάδες του δάσους εξελίσσονται και τροποποιούν τις οικολογικές συνθήκες ή διότι η στάση του ανθρώπου μεταβάλλεται σε σχέση με τη σημασία που αποδίδει στις επιμέρους λειτουργίες του δάσους.
- Οι δασικές λειτουργίες, με την εξαίρεση των παραγωγικών, εμφανίζουν δυσκολίες στην ποσοτική αποτίμησή τους. Ενώ οι παραγωγικές λειτουργίες μπορούν να αποτιμηθούν σε φυσικές μονάδες (π.χ. κ. μ. ξύλου ή Kg βοσκήσιμης ύλης), δεν υπάρχει φυσική μονάδα για την αποτίμηση π.χ. της προστασίας του εδάφους από διάβρωση ή της συμβολής μιας συστάδας στην αισθητική απόλαυση του τοπίου.

Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά των δασικών λειτουργιών γίνεται σαφές ότι για μια ολοκληρω-

μένη διαχείριση των δασών, που θα λαμβάνει υπόψη το σύνολο των δασικών λειτουργιών, απαιτείται να αποτιμηθεί ποσοτικά η παραγωγή-ωφέλεια που προκύπτει από κάθε λειτουργία, να καθοριστεί η σημασία-σημαντικότητα της κάθε λειτουργίας στο υπό διαχείριση δάσος και να προσδιοριστούν οι σχέσεις μεταξύ των λειτουργιών – πώς, δηλαδή, η βελτίωση της κατάστασης ως προς μια λειτουργία επιδρά στις υπόλοιπες. Το επόμενο βήμα είναι να βρεθεί εκείνος ο συνδυασμός μέτρων διαχείρισης που θα αποφέρει τη μέγιστη δυνατή ωφέλεια από το δάσος. Τέλος, επειδή το δάσος είναι ένα ζωντανό οικοσύστημα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου, απαιτείται και ένας μηχανισμός παρακολούθησης των μεταβολών αλλά και των επιπτώσεων των εφαρμοζόμενων μέτρων στις δασικές λειτουργίες.

Μια συστημική προσέγγιση στο θέμα της διαχείρισης των λειτουργιών του δάσους έχει γίνει από τον Wullschleger (1982). Ο συγγραφέας θεωρεί μια λειτουργία του δάσους ως συνδυασμένη έκφραση των βασικών παραγόντων του οικοσυστήματος, τους οποίους διαχωρίζει σε δύο ομάδες: εξωτερικούς ως προς το δάσος και εσωτερικούς του δάσους (των δασικών συστάδων) παράγοντες, προτείνοντας έναν κύριο παράγοντα και ορισμένους συμπληρωματικούς από κάθε ομάδα, ανάλογα με τη δασική λειτουργία που πραγματεύεται και εφαρμόζοντας ένα σύστημα ποιοτικής αξιολόγησης των δασικών λειτουργιών.

Ο συστηματικός τρόπος προσέγγισης του θέματος των δασικών λειτουργιών του Wullschleger χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού προγράμματος για την ανάπτυξη ενός συστήματος απογραφής και αξιολόγησης της αειφορικής διαχείρισης των λειτουργιών της διήθησης, του κινδύνου διάβρωσης και του κινδύνου δασικών πυρκαγιών (Gatzojannis et al. 2001), της βόσκησης, της θήρας και της προστασίας της άγριας ζωής (Martínez-Millán J. 1998). Το σύστημα αυτό έχει εφαρμοστεί σε πιλοτικές έρευνες αλλά και στη δασική πράξη με θετικά αποτελέσματα (Galatsidas 2001, Γκατζογιάννης 2002, Παπαδόπουλος και Γκατζογιάννης 2011) και μπορεί να βρει εφαρμογή στην αξιολόγηση του συνόλου των μη ξυλοπαραγωγικών δασικών λειτουργιών, γι' αυτό παρουσιάζονται στη συνέχεια τα βασικά σημεία του.

Η ορολογία που χρησιμοποιεί ο Wullschleger ως προς τους παράγοντες που διαχωρίζει (εξωτερικούς και εσωτερικούς) διατηρήθηκε και στο προτεινόμενο σύστημα. Στους εξωτερικούς παράγοντες περιλαμβάνονται οι βασικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες (γεωλογικό υπόθεμα, έδαφος, τοπογραφία, κλίμα, βλάστηση και χρήσεις γης) που επιδρούν σε μεγάλη χωρική κλίμακα και διαμορ-

φώνουν μια κατάσταση σχετικά σταθερή στο χρόνο. Οι εξωτερικοί αυτοί παράγοντες ταυτίζονται με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που χρησιμοποιούνται στην οικολογική ταξινόμηση γαιών σε ευρεία χωρική κλίμακα (Galatsidas 2001), όπου μια μονάδα ταξινόμησης συνδέεται με συγκεκριμένες δομές και διαδικασίες των παραγόντων του οικοσυστήματος, οι οποίες παραμένουν σχετικά σταθερές με το χρόνο (Avers et al. 1994, Cleland et al. 1997). Οι παράγοντες αυτοί επιδέχονται γενικά μικρότερη επίδραση από τον άνθρωπο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χωροταξικό σχεδιασμό μιας ευρείας περιοχής (χρήσεις γης).

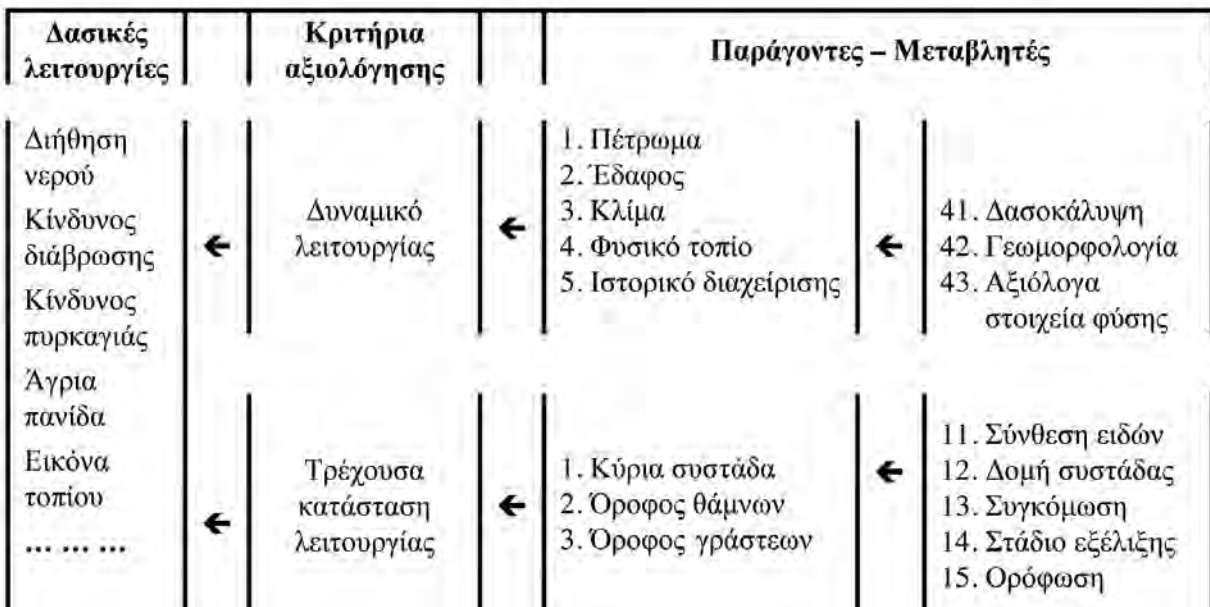
Εντός του πλαισίου που διαμορφώνουν οι εξωτερικοί παράγοντες δρα η ομάδα των εσωτερικών παραγόντων, που περιλαμβάνει χαρακτηριστικά των δασικών συστάδων (ανάλογα με την υπό θεώρηση λειτουργία), όπως κάλυψη του εδάφους, σύνθεση ειδών, οριζόντια και κατακόρυφη δομή της συστάδας. Οι παράγοντες αυτοί απεικονίζουν μια πρόσθετη μεταβλητότητα σε επίπεδο που οι εξωτερικοί εμφανίζουν ομοιογένεια. Σε μια έκταση δάσους, δηλαδή, με όμοιες κλιματικές, γεωλογικές, μορφολογικές κ.λπ. συνθήκες (εξωτερικοί παράγοντες), η κάλυψη μπορεί να είναι μικρή ή μεγάλη, οι συστάδες μπορεί να είναι νεαρές ή μεγάλης ηλικίας, μονώροφες ή πολώροφες, με μικρή ή μεγάλη συγκόμωση. Οι εσωτερικοί παράγοντες επηρεάζονται άμεσα από τον άνθρωπο μέσω των δασοκομικών και άλλων επεμβάσεων που εφαρμόζει στις συστάδες.

Τόσο οι εξωτερικοί όσο και οι εσωτερικοί παράγοντες αναλύονται με τη μορφή ιεραρχικής ταξινό-

μησης σε επιμέρους παράγοντες, καταλήγοντας, στο τελευταίο επίπεδο ιεράρχησης, σε μεταβλητές που μπορούν να απογραφούν (Σχήμα 6). Τόσο οι παράγοντες αλλά κυρίως οι μεταβλητές διαφοροποιούνται ανάλογα με την υπό θεώρηση δασική λειτουργία. Μέσω των εξωτερικών παραγόντων αξιολογείται το δυναμικό του οικοσυστήματος ως προς τη λειτουργία που εξετάζεται, και μέσω των εσωτερικών εκτιμάται η τρέχουσα κατάσταση που έχει διαμορφωθεί στις συστάδες από τα εφαρμοζόμενα μέτρα διαχείρισης.

Τα δεδομένα των μεταβλητών που αφορούν στους εξωτερικούς παράγοντες προέρχονται κυρίως από χάρτες (γεωλογικούς, εδαφολογικούς, κλιματικούς κ.λπ.) ή και αεροφωτογραφίες, ορθοφωτοχάρτες, δορυφορικές εικόνες, καθώς και από αρχειακό υλικό (κλιματικά στοιχεία, ιστορικό πυρκαγιών, διαχείρισης κ.ά.). Τα δεδομένα που σχετίζονται με τους εσωτερικούς παράγοντες κατά μεγάλο μέρος αποτελούν στοιχεία που συγκεντρώνονται κατά τις απογραφές διαχείρισης των δασών (δειγματοληψία επιφανειών). Τα επιπλέον στοιχεία μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν στα έντυπα απογραφής και να συγκεντρωθούν κατά τις απογραφές διαχείρισης χωρίς μεγάλο χρονικό ή χρηματικό κόστος.

Για την αξιολόγηση τόσο του δυναμικού μιας λειτουργίας όσο και της τρέχουσας κατάστασής της ακολουθείται η πορεία σύνθεσης των αποτελεσμάτων που υποδηλώνεται με τα βέλη στο Σχήμα 6. Η σύνθεση των τιμών των μεταβλητών ενός παράγοντα οδηγεί στην αξιολόγηση του ίδιου του παράγοντα στο επόμενο επίπεδο της ιεράρχησης και η



Σχήμα 6. Ένα σύστημα παραγόντων (εξωτερικών και εσωτερικών) για την απογραφή και αξιολόγηση των μη ξυλοπαραγωγικών δασικών λειτουργιών (πηγή: απόσπασμα από Γαλατσίδας και Γκατζογιάννης 2011).

σύνθεση των τιμών όλων των παραγόντων οδηγεί στην εκτίμηση του δυναμικού ή της τρέχουσας κατάστασης της λειτουργίας στο τελικό επίπεδο ιεράρχησης. Η σύνθεση των τιμών των παραγόντων από το κατώτερο προς τα ανώτερα επίπεδα ιεράρχησης γίνεται με εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης της αξίας ωφέλειας (Zangemeister 1976) και μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης των κριτηρίων ενός συστήματος στόχων (Gatzojannis 1984). Η όλη διαδικασία υλοποιείται με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, όπου κάθε επίπεδο της ιεράρχησης αποτελεί και ένα επίπεδο γεωγραφικής και περιγραφικής πληροφορίας, δίνοντας τη δυνατότητα εξέτασης των τιμών των επιμέρους παραγόντων σε όλη την έκταση του δάσους.

Οι εξωτερικοί παράγοντες διαμορφώνουν τις δυνατότητες ή το δυναμικό του οικοσυστήματος ως προς την υπό θεώρηση λειτουργία, και οι εσωτερικοί παράγοντες καθορίζουν τον τρέχοντα βαθμό εκπλήρωσης των δυνατοτήτων αυτών από τις επιμέρους συστάδες. Το σκεπτικό αυτό διαμορφώνει ένα σχήμα αειφορικής διαχείρισης όλων των λειτουργιών του δάσους, με τους εξωτερικούς παράγοντες να διαμορφώνουν την ιδανική κατάσταση ως προς μια λειτουργία, και τους εσωτερικούς να καθορίζουν την τρέχουσα κατάσταση εκπλήρωσης της λειτουργίας. Αν, για παράδειγμα, οι εξωτερικοί παράγοντες δημιουργούν σε μια περιοχή ευνοϊκές συνθήκες για τη διήθηση του νερού στο έδαφος, όμως οι χειρισμοί που έχουν γίνει σε μια συστάδα έχουν χαλαρώσει την κάλυψη του εδάφους προκαλώντας επιφανειακή απορροή και διάβρωση, αυτό σημαίνει ότι παρόλο που οι δυνατότητες του δάσους για αποτελεσματική διήθηση του νερού και εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων είναι μεγάλες, οι εφαρμοζόμενες πρακτικές χειρισμού των συστάδων υποβαθμίζουν τις δυνατότητες του δάσους και το οδηγούν προς μη αειφορική κατάσταση.

Η πράξη της διαχείρισης των δασών στην Ελλάδα

Η εφαρμογή των προτύπων που αναφέρθηκαν στη διαχείριση της παραγωγής ξύλου γίνεται μέσω εγκεκριμένων διαχειριστικών σχεδίων που δεν εξασφαλίζουν μόνο την αειφορία της παραγωγής ξύλου, αλλά έχουν θετικές επιδράσεις και στις λοιπές λειτουργίες του δάσους και ικανοποιούν σε μεγάλο βαθμό τις πανευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές αειφορικής διαχείρισης των δασών (MCPFE 1998b): τα σχέδια διαχείρισης των δασών εκπονούνται και αναθεωρούνται ανά δεκαετία· κατά τη σύνταξη των σχεδίων γίνεται απογραφή και χαρτογράφηση των φυσικών πόρων· η

εφαρμογή των σχεδίων συμβάλλει στη διατήρηση της παραγωγικής ικανότητας των δασών και ελαχιστοποιεί τους κινδύνους υποβάθμισης τους· η εξασφάλιση της υγείας και ζωτικότητας των δασών επιδιώκεται μέσω φυσικών-δασοκομικών μέτρων· οι προστατευτικές και κοινωνικές λειτουργίες του δάσους ρυθμίζονται· η οικονομική αποτελεσματικότητα και η παροχή ευκαιριών απασχόλησης στους ορεινούς πληθυσμούς λαμβάνονται υπόψη. Η επιτυχής πιστοποίηση αειφορικής διαχείρισης των δασών του Μαινάλου, αρμοδιότητας Δασαρχείου Βυτίνας (Καρέτσος 2002), επιβεβαιώνει αυτόν τον ισχυρισμό.

Παρόλα αυτά, στη διαχειριστική πράξη εμφανίζονται και σοβαρές αδυναμίες. Η σύνταξη των διαχειριστικών μελετών στηρίζεται σε οδηγίες και προδιαγραφές των δεκαετιών του '50 και του '60 (Υπουργείο Γεωργίας 1953, 1965), οι οποίες είναι προ πολλού παρωχημένες. Η ανά δεκαετία επανασύνταξη των σχεδίων διαχείρισης έχει σε μεγάλο βαθμό σταματήσει ή, όπου γίνεται, πραγματοποιείται μετά από μεγάλη και επίμονη προσπάθεια των ολιγάριθμων δασολόγων της Δασικής Υπηρεσίας. Η έλλειψη προσωπικού της εν λόγω υπηρεσίας σε συνδυασμό με την υποχρηματοδότησή της έχει οδηγήσει σε ανύπαρκτη ή πλημμελή καλλιέργεια των συστάδων, με απρόβλεπτα αποτελέσματα στη μελλοντική εξέλιξή τους. Αδυναμία σύνταξης σχεδίων διαχείρισης παρατηρείται και στις περιοχές του δικτύου Φύση 2000, οι οποίες είναι στην πλειονότητά τους δασικές, παρά τη σαφή υποχρέωση της χώρας μας για τη σύνταξή τους.

Επιπλέον, η διοικητική αποκοπή των περιφερειακών δασικών υπηρεσιών από την κεντρική δυσχεραίνει τη διάχυση της δασικής πολιτικής, που συμφωνείται σε ευρωπαϊκό, πλέον, επίπεδο, αυξάνει τον γραφειοκρατικό φόρτο και προκαλεί σύγχυση αρμοδιοτήτων στο προσωπικό των περιφερειακών υπηρεσιών, που είναι οι μοχλοί εφαρμογής της δασικής πολιτικής.

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η δασική πράξη δυσκολεύεται να ανταποκριθεί ακόμη και στις απαιτήσεις της διαχείρισης της παραγωγής ξύλου, πολύ δε περισσότερο να ενσωματώσει στη διαχειριστική πρακτική τις μη ξυλοπαραγωγικές λειτουργίες του δάσους.

Συμπερασματικά

Η διαχείριση των δασών αποσκοπεί στη διατήρηση όλου του φάσματος των δασικών λειτουργιών σήμερα και στο μέλλον. Τα πρότυπα αειφορίας της ξυλοπαραγωγής που εξυπνήτησαν για εκατονταετίες τη διαχείριση των δασών μπορούν να συνεχί-

σουν να εφαρμόζονται, τροποποιούμενα κατάλληλα ώστε να αντανakλούν τις επιπτώσεις στην ξυλοπαραγωγή των μέτρων διαχείρισης που λαμβάνονται για τις μη ξυλοπαραγωγικές λειτουργίες.

Η δασική έρευνα, σχετικά με την απογραφή και αξιολόγηση των μη ξυλοπαραγωγικών λειτουργιών των δασών, έχει φτάσει σε ένα επίπεδο που επιτρέπει την επιχειρησιακή ενσωμάτωση των λειτουργιών αυτών στα σχέδια διαχείρισης, μέσω της πολύπλευρης αξιοποίησης των δεδομένων που συγκεντρώνονται κυρίως στις απογραφές διαχείρισης. Τα αποτελέσματα της έρευνας πρέπει να διαχυθούν με τον καταλληλότερο τρόπο (σεμινάρια, προγράμματα κατάρτισης) στη δασική πράξη.

Σύγχρονες προδιαγραφές διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων είναι απαραίτητες. Οι προδιαγραφές πρέπει να είναι συμβατές με τις αποφάσεις των Υπουργικών Διασκέψεων για την Προστασία των Δασών στην Ευρώπη και των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αειφορική διαχείριση των δασών – ώστε να αντανakλούν το νέο πνεύμα ολοκληρωμένης προσέγγισης των δασικών οικοσυστημάτων – αλλά και να αξιοποιούν τη σύγχρονη τεχνολογία (π.χ. όργανα μετρήσεων με laser, καταγραφείς δεδομένων, συσκευές εντοπισμού θέσης, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και βάσεις δεδομένων, προγράμματα Η/Υ επεξεργασίας δεδομένων).

Το πρόβλημα έλλειψης προσωπικού της Δασικής Υπηρεσίας είναι δύσκολο να αντιμετωπισθεί με τη δεδομένη (έτος 2012) οικονομική κατάσταση της χώρας. Έτσι, η συντάξη των σχεδίων διαχείρισης πρέπει μάλλον να κατευθυνθεί προς ιδιώτες δασολόγους, με εξεύρεση πόρων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, και στη Δασική Υπηρεσία να παραμείνει ο έλεγχος και η θεώρηση των σχεδίων διαχείρισης σε συνδυασμό με την εφαρμογή των νέων προδιαγραφών διαχείρισης.

Τέλος, η υποχρηματοδότηση μπορεί να αμβλυνθεί με την κατάργηση του συστήματος εκμετάλλευσης του Π.Δ. 127, την επαναφορά του συστήματος της Κρατικής Εκμετάλλευσης Δασών (Κ.Ε.Δ.) και την επένδυση των πόρων που θα συγκεντρώνονται αποκλειστικά στη δασοπονία.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Γαλατσίδας, Σ., και Σ. Γκατζογιάννης (υπό εκτύπωση). Ένα πλαίσιο αειφορικής διαχείρισης των μη ξυλοπαραγωγικών λειτουργιών των δασών. Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, ΔΠΘ.

Γκατζογιάννης, Σ. 1987. Σημειώσεις Δασικής Διαχειριστικής (βάσεις της Δασικής Διαχειριστικής). ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Γκατζογιάννης, Σ. 1988. Πολλαπλή χρήση και διαχείριση δασών. Σελ. 1-21 στο Πρακτικά Συνεδρίου «Πολλαπλή Χρήση Δασών και Δασικών Εκτάσεων». Λάρισα, 5-8 Οκτωβρίου 1988. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Γκατζογιάννης, Σ. 2002. Η διαχείριση των οικοτόπων μαύρης πεύκης. Μια πιλοτική προσπάθεια διαχείρισης παραγωγικού δάσους υπό καθεστώς προστασίας (NATURA 2000) στην περιοχή του Β. Γράμμου Καστοριάς. ΕΘΙΑΓΕ και ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ, Θεσσαλονίκη.

Γκατζογιάννης, Σ. 2005. Αειφορία και σύγχρονες τάσεις (αειφορικής) διαχείρισης των δασών. Παρουσίαση στην Ημερίδα «Πιστοποίηση της Αειφορικής Διαχείρισης των Παραγόμενων Δασικών Προϊόντων». WWF Ελλάς, Αθήνα. Διαθέσιμο από <http://www.wwf.gr/images/pdfs/Pistoroiisi/gatzogiannis.pdf> (πρόσβαση Ιουνίου 2012).

Ελευθεριάδης, Ν. 2003. Διαχείριση Φυσικών Χερσαίων Οικοσυστημάτων - Διδακτικό Βοήθημα. Art of Text, Θεσσαλονίκη.

Καρέτσος, Γ. (επιμ. έκδοσης). 2002. Τελική έκθεση πεπραγμένων του προγράμματος: LIFE-ΦΥΣΗ 1999: NAT/GR/006481 «Διατήρηση και Διαχείριση του Όρους Μαίναλο». Αναπτυξιακή Εταιρεία Αρκαδίας «Αρκαδία Α.Ε.».

Leibundgut, H. 1986. Η Καλλιέργεια του Δάσους. Μετάφραση – Διασκευή: Σπ. Ντάφης. ΑΠΘ, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Παναγιωτίδης, Ν. 1978. Η αυξητική και οικονομική ώριμη διάμετρος στα ελάτινα δάση της Ελλάδος. Ανακοινώσεις Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών 2: 211-254.

Παπαδόπουλος, Σ., και Σ. Γκατζογιάννης. 2011. Διαχειριστικό σχέδιο του Δάσους Παλαιοκάστρου Χαλκιδικής (περιόδου 2008-2017). Δασαρχείο Πολυγύρου (υπό έγκριση).

ΥΠΑΑΤ. 2009. Απολογισμός Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2007. Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών, Διεύθυνση Ανάπτυξης Δασικών Πόρων, Αθήνα.

Υπουργείο Γεωργίας. 1953. Οδηγίες συντάξεως διαχειριστικών εκθέσεων δημοσίων και μη δημοσίων δασών. Εγκύκλιος αριθ. 958/1953. Γενική Δ/ση Δασών, Αθήνα.

Υπουργείο Γεωργίας. 1965. Προσωρινές πρότυπες προδιαγραφές εργασιών συντάξεως διαχειριστικών και λοιπών μελετών δασών και δασικών εκτάσεων. Εγκύκλιος 158072/1120/65. Γενική Δ/ση Δασών, Αθήνα.

Υπουργείο Γεωργίας. 1992. Αποτελέσματα Πρώτης Εθνικής Απογραφής Δασών. Δ/νση Δασικού Κτηματολογίου, Δασολογίου, Χαρτογράφησης, Απογραφής & Ταξινόμησης Δασών & Δασικών Εκτάσεων, Αθήνα.

B. Ξενόγλωσση

Anonymous. 1982. Die Leistungen des Waldes - Erwartungen und Grenzen. Scheizerische Zeitschrift für Forstwesen 133:515-536.

Avers, P. E., D.T. Cleland, and W.H. McNab. 1994. National Hierarchical Framework for Ecological Units. Pages 48-61 in L.H. Foley, compiler. Symposium Proceedings «Silviculture: From the Cradle of Forestry to Ecosystem Management». GTR-SE-88. USDA Forest Service.

Brünig, E.F., and H. Mayer. 1980. Waldbauliche Terminologie: Fachwörter der forstlichen Produktion. Inst. für Waldbau, Univ. für Bodenkultur. Wien.

Cleland, D. T., P.E. Avers, W.H. McNab, M.E. Jensen, R.G. Bailey, T. King, and W.E. Russel. 1997. National Hierarchical Framework of Ecological Units. Pages 181-200 in M.S. Boyce, and A. Haney, editors. Ecosystem Management Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources. Yale University Press. New Haven, CT.

FAO. 1995. Forest Resources Assessment 1990. FAO Forestry Paper 124. FAO, Rome.

Führer, E. 2000. Forest functions, ecosystem stability and management. Forest Ecology and Management 132:29-38.

Galatsidas, S. 2001. Analysis of Non-Timber Functions of Forests in the Frame of Management Inventories. Mitteilungen Der Abteilung Für Forstliche Biometrie 2001-2. Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, Germany.

Gatzojannis, S. 1984. Die Entwicklung eines ökonomischen Planungsinstrumentes für die multifunktionale Forstwirtschaft Griechenlands. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.

Gatzojannis, S., P. Stefanidis, and K. Kalabokidis. 2001. An Inventory and Evaluation Methodology for Non-Timber Functions of Forests. Freiburg: Mitteilungen der Abteilung Forstliche Biometrie 2001 -1. Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, Germany.

Gottle, A., and E.H. Sène. 1997. Forest functions related to protection and environmental conservation. Unasylva 48:30-37.

Kennedy, J.J., M.P. Dombeck, and N.E. Koch. 1998. Values, beliefs and management of public

forests in the western world at the close of the twentieth century. Unasylva 49:16-26.

Lexikon der Nachhaltigkeit. <http://www.nachhaltigkeit.info> (accessed on 7 April 2011).

Martínez-Millán, J. 1998. Development and Harmonization of Monitoring Systems for Forest Resources Management in Europe. Final Report, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. Research Project AIR3-CT94-2327. Freiburg.

MCPFE. 1993. General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe. Resolution H1: Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Helsinki, Finland. <http://www.foresteurope.org/?module=Files;action=File.getFile;ID=259> (accessed on June 2012).

MCPFE. 1998a. Pan-European Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Lisbon/Portugal, 1998. <http://www.foresteurope.org/?module=Files;action=File.getFile;ID=271> (accessed on June 2012).

MCPFE. 1998b. Pan-European Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management. Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Lisbon/Portugal. <http://www.foresteurope.org/?module=Files;action=File.getFile;ID=272> (accessed on June 2012).

MCPFE. 2002. Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management. Fourth Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Expert Level Meeting 7-8 October 2002, Vienna, Austria. <http://www.foresteurope.org/?module=Files;action=File.getFile;ID=467> (accessed on June 2012).

Pelz, D.R. 1995. Non-Timber Variables in Forest Inventories. Pages 103-109 in M. Köhl, P. Bachmann, P. Brassel, and G. Preto, editors. Proceedings of "The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs". WSL/FNP, ETH. May 2-7, 1994. Ascona, Switzerland.

Speidel, G. 1972. Planung im Forstbetrieb: Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

World Commission On Environment and Development. 1987. Our Common Future. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (accessed on June 2012).

Wullschleger, E. 1982. Die Erfassung Der Waldfunktionen. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Birmensdorf. Bericht No 238.

7. Ποιότητα και μεταβλητότητα της δομής του ξύλου σε σχέση με την αξιοποίησή του

Στέργιος Αδαμόπουλος, Ηλίας Βουλγαρίδης

Tο ξύλο είναι το πρώτο υλικό που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος από την αρχή της εμφάνισής του για διάφορα προϊόντα και κατασκευές. Το βιολογικό αυτό υλικό είναι το μόνο που παράγεται σε μεγάλες ποσότητες από πληθώρα δασοπονικών ειδών. Η φυσική ανανεωσιμότητά του και οι μοναδικές ιδιότητές του το καθιστούν και σήμερα ισχυρά ανταγωνιστικό ανάμεσα σε άλλα υλικά που κατασκεύασε ο άνθρωπος (π.χ. τσιμέντο, μέταλλα, πλαστικά). Για την καλύτερη και ορθολογικότερη αξιοποίηση του ξύλου απαιτείται μια ολοκληρωμένη γνώση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του, της μεταβλητότητας της δομής του, καθώς και των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητά του. Τα χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες και, γενικά, η ποιότητα του ξύλου είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως το συγκεκριμένο δασοπονικό είδος και οι ιδιαιτερότητες της δομής του, οι συνθήκες αύξησης, οι γενετικές επιδράσεις, οι συνθήκες συγκομιδής του ξύλου, οι χειρισμοί και κατεργασίες στις οποίες υποβάλλεται για την αξιοποίησή του σε διάφορα προϊόντα, και οι συνθήκες χρήσης των τελικών προϊόντων. Η ξυλεία ταξινομείται σε κλάσεις ποιότητας, κυρίως βάσει της παρουσίας σφαλμάτων στο ξύλο. Η λεπτομερής γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών για κάθε ξύλο (πυκνότητα, υγρασκοπικότητα, διαστασιακές μεταβολές, μηχανική αντοχή, φυσική αντοχή, μηχανική κατεργασία, συγκόλληση, βαφή, ξήρανση κ.ά.) είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του ξύλου και της κατάλληλης αξιοποίησής του σε διάφορα προϊόντα και κατασκευές.

Λέξεις κλειδιά: δομή και ιδιότητες ξύλου, συνθήκες αύξησης δένδρων, ανώριμο ξύλο, σφάλματα ξύλου, ποιοτική ταξινόμηση

Γενικά για το ξύλο

Το ξύλο ήταν από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, συντελώντας ουσιαστικά στην επιβίωσή του αλλά και στην πρόοδο των πολιτισμών. Ακόμη και στη σύγχρονη εποχή, παρά το ότι υπάρχουν και άλλα ανταγωνιστικά υλικά, το ξύλο εξακολουθεί να έχει εξέχουσα θέση στην παραγωγή χρήσιμων και απαραίτητων προϊόντων για τον άνθρωπο. Το ξύλο αποτελεί σημαντικότερη ανανεώσιμη πρώτη ύλη για την παραγωγή, μετά από μηχανική ή χημική κατεργασία, ενός μεγάλου αριθμού προϊόντων πρωτογενούς βιομηχανικής (στύλοι, πριστή ξυλεία, ξυλόφυλλα, αντικολλητά, μοριοπλάκες, ινοπλάκες, ξυλοπολτός κ.ά.) και δευτερογενούς κατεργασίας (χαρτί, έπιπλα, χημικά κ.ά.). Το ξύλο, επίσης, αποτελεί τη σημαντικότερη φυσική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

και αναμένεται να εξακολουθεί να παίζει και στο μέλλον καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά ενέργειας. Τέλος, το ξύλο και τα προϊόντα του αποτελούν αποθήκες του CO₂ της ατμόσφαιρας, δίνοντάς του τεράστια οικολογική σημασία στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Plomion et al. 2001).

Το ξύλο ως υλικό παρουσιάζει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Για την καλύτερη και ορθολογικότερη αξιοποίηση του ξύλου απαιτείται μια ολοκληρωμένη γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητά του. Το ξύλο είναι ένα βιολογικό υλικό που παράγεται από τα δασικά δένδρα. Τα χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες και, γενικά, η ποιότητα του ξύλου επηρεάζονται από οτιδήποτε επιδρά στις συνθήκες αύξησης των δένδρων (περιβαλλοντικοί, βιολογικοί και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες).

Ποιότητα ξύλου

Γενικά για την ποιότητα ξύλου

Ο όρος «ποιότητα ξύλου» εκφράζει την ποιοτική κατάσταση του ξύλου σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, από τη συγκομιδή του και τη διαμόρφωσή του στο δάσος, μέχρι την επεξεργασία, τη διαμόρφωσή του σε τελικά προϊόντα και τη χρήση του, και αναφέρεται σε επιθυμητά χαρακτηριστικά και ιδιότητες που ικανοποιούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις απαιτήσεις συγκεκριμένων χρήσεων (Barnett and Jeronimidis 2003, Βουλγαρίδης 2007). Υπό αυτήν την έννοια, η ποιότητα ξύλου μπορεί να αναφέρεται ακόμη και σε ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα που είναι η βασικότερη απαίτηση για μια συγκεκριμένη χρήση. Ο βαθμός ικανοποίησης των απαιτήσεων του τελικού χρήστη καθορίζει και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Είναι ευνόητο ότι η έννοια της ποιότητας ξύλου διαφοροποιείται ανάλογα με τον τρόπο αξιοποίησής του και με το τελικό προϊόν για το οποίο προορίζεται. Συνεπώς, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η έννοια αυτή ικανοποιητικά, ώστε να ανταποκρίνεται επιτυχώς σε όλες τις περιπτώσεις.

Η ποιότητα του ξύλου είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως το συγκεκριμένο δασοπονικό είδος και οι ιδιαιτερότητες της δομής του, οι συνθήκες αύξησής, οι γενετικές επιδράσεις, οι συνθήκες συγκομιδής του ξύλου, οι χειρισμοί και κατεργασίες στις οποίες υποβάλλεται για την αξιοποίησή του σε διάφορα προϊόντα, και οι συνθήκες χρήσης των τελικών προϊόντων. Η γνώση της μεταβλητότητας των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων του ξύλου, των μεταξύ τους σχέσεων και των παραγόντων που τις επηρεάζουν είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του ξύλου και της κατάλληλης αξιοποίησής του (Adamopoulos κ.ά. 2001, Wimmer and Downes 2003, Passialis et al. 2008, Adamopoulos et al. 2010a).

Υποστηρίζεται ότι η ποιότητα του παραγόμενου ξύλου θα πρέπει να εξετάζεται ισορροπημένα σε σχέση με τρεις βασικούς άξονες (Savidge 2003):

- Με την ανάγκη να εκπληρωθούν οι μοναδικές φυσιολογικές ανάγκες του κάθε δένδρου (επιβίωση, ολοκλήρωση του κύκλου ζωής)
- Με τη συνεισφορά του δένδρου και του ξύλου σε ένα λειτουργικό δασικό οικοσύστημα ή φυτεία
- Με τη χρησιμοποίηση του ξύλου από τον άνθρωπο για την παραγωγή προϊόντων

Σχέση της δομής και της χημικής σύστασης του ξύλου με τις ιδιότητες και τις χρήσεις του

Ο συνδυασμός των ανατομικών χαρακτηριστικών του ξύλου δημιουργεί την ιδιαίτερη δομή του ξύλου κάθε δένδρου και καθορίζει τη συμπεριφορά του ως πρώτης ύλης και την ποιότητά του. Τα ανατομικά χαρακτηριστικά του ξύλου που επηρεάζουν την ποιότητα του ξύλου κάθε δένδρου είναι (Butterfield 2003):

- Το είδος και η αναλογία των διαφόρων τύπων κυττάρων που συγκροτούν το ξύλο
- Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των κυττάρων (σχήμα, διαστάσεις, βοθρία, πάχος κυτταρικού τοιχώματος κ.ά.)
- Η χημική σύσταση της ξυλώδους ύλης (μεσοκυττάρια στρώση, κυτταρικό τοίχωμα, τυλώσεις)
- Η υπομικροσκοπική δομή της ξυλώδους ύλης (πάχος στρώσεων δευτερογενούς τοιχώματος, γωνία μικροϊνιδίων, βαθμός κρυσταλλικότητας κ.ά.)

Οι ιδιότητες του ξύλου καθορίζονται από το συνδυασμό των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών του (εγκάρδιο-σομφό, αυξητικοί δακτύλιοι, ρόζοι, σφάλματα κ.ά.), της ανατομίας του και της μικροσκοπικής του δομής, καθώς και της χημικής του σύστασης (Pereira et al. 2003). Ιδιαίτερη σημασία έχει η σχέση της δομής του ξύλου με την πυκνότητά, που είναι η σημαντικότερη ιδιότητά του. Η πυκνότητα, εκτός από δείκτης ποσοτικής παραγωγής, είναι και ποιοτικός δείκτης, αφού επηρεάζει όλες τις άλλες ιδιότητες: μεταβολές διαστάσεων, μηχανικές ιδιότητες, θερμικές και ακουστικές ιδιότητες, αλλοίωση κ.ά. Οποιοσδήποτε παράγοντας επηρεάζει το ρυθμό αύξησής των δένδρων (πλάτος αυξητικών δακτυλίων) διαφοροποιεί τα ποσοστά πρώιμου και όψιμου ξύλου προκαλώντας διαφοροποιήσεις δομής (αναλογία κυττάρων με διαμέτρο κυτταρικών κοιλοτήτων κ.ά.) και, κατ'επέκταση, της πυκνότητας και ποιότητας του ξύλου. Στα περισσότερα κωνοφόρα, συνήθως αύξηση του πλάτους των αυξητικών δακτυλίων συνοδεύεται από μείωση της πυκνότητας. Στα σκληρά πεύκα¹ (π.χ. *Pinus radiata*, *P. taeda*, *P. elliotii*, *P. patula*, *P. caribaea*, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. ponderosa*) έχει αναφερθεί μικρή ή καθόλου σχέση ανάμεσα στο πλάτος των αυξητικών δακτυλίων και στην πυκνότητα. Στα δακτυλιόπορα πλατύφυλλα, αύξηση του πλάτους των αυξητικών δα-

¹ Αναφέρεται σε αμερικανική διάκριση των πεύκων με βάση χαρακτηριστικά κώνων, σπόρων και βελονών (Little and Critchfield 1969): υπογέννη *Strobos* (μαλακά πεύκα), *Ducamporpinus* και *Pinus* (σκληρά πεύκα). Σύμφωνα με αυτή τη διάκριση, τα ελληνικά πεύκα *P. heldreichii*, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. pinea*, *P. brutia* και *P. halepensis* ανήκουν στα σκληρά πεύκα, ενώ η *P. peuce* στα μαλακά.

κυτλίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού του όψιμου ξύλου (το πλάτος του πρώιμου παραμένει σταθερό) και, συνεπώς, την αύξηση της πυκνότητας. Στα διασπορόπορα πλατύφυλλα η σχέση πλάτους αυξητικών δακτυλίων και πυκνότητας δεν είναι σαφής (Zobel and van Buijtenen 1989). Υποστηρίζεται ότι στις σχέσεις πυκνότητας και πλάτους των αυξητικών δακτυλίων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ηλικία του καμβίου (Liu and Bao 2001, Adamopoulos et al. 2010b). Επίσης, τα δομικά χαρακτηριστικά του ξύλου (π.χ. απόφραξη αλωφόρων βοθρίων κωνοφόρων, τυλώσεις σε πλατύφυλλα) σχετίζονται με τη διαπερατότητά του στα ρευστά (Wilkinson 1979) και η διάταξη των μικροϊνιδίων στο δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα με τις διαστασιακές μεταβολές και τις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου.

Η χημική σύσταση του ξύλου και η περιεκτικότητά του σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη και εκχυλίσματα, καθώς και η κατανομή τους στην ξυλώδη ύλη, ερμηνεύουν τη συμπεριφορά και επηρεάζουν αρνητικά ή θετικά πολλές ιδιότητές του (Pereira et al. 2003).

Οι ιδιότητες ενός ξύλου απορρέουν από τον τρόπο δόμησής του και καθορίζουν τις διαφορές χρήσεις του. Σχετικά με την αλληλεπίδραση δομής-ιδιοτήτων-χρήσεων του ξύλου υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία, όπως συνοψίζεται από τους Zobel and van Buijtenen (1989). Κάθε συγκεκριμένη χρήση του ξύλου απαιτεί ορισμένες προϋποθέσεις, τις οποίες σπανίως ικανοποιούν όλα τα ξύλα.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά ξύλου

Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την ποιότητα του ξύλου, από την παραγωγή του στο δάσος μέχρι τη χρησιμοποίησή του ως καταναλωτικού προϊόντος, μπορούν να διακριθούν ως εξής (Βουλγαρίδης 2007):

- Ποιοτικά χαρακτηριστικά ξύλου κανονικής δομής: χαρακτηριστικά που προέρχονται από την κανονική αύξηση των δένδρων (δομή αυξητικών δακτυλίων, μορφολογικά χαρακτηριστικά κυττάρων, υποδομή, χημική σύσταση, εγκάρδιο-σομφό, ανώριμο ξύλο, ρόζοι, εντεριώνη).
- Ποιοτικά χαρακτηριστικά ξύλου ακανόνιστης δομής: χαρακτηριστικά που προέρχονται από οποιαδήποτε απόκλιση από την κανονική αύξηση των δένδρων και σχετίζονται με την επίδραση εξωγενών ή άλλων παραγόντων (θλιπτιγενές-εφελκυσμογενές ξύλο, στρεψοϊνία, αποκλίσεις δένδρων από την τυπική εξωτερική μορφή, ακανόνιστη διάταξη αυξητικών δακτυλίων, ραγάδες, ρητινοθύλακες, χρωματικές ανωμαλίες).
- Δευτερογενή ποιοτικά χαρακτηριστικά: χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στο ξύλο στις διά-

φορες φάσεις της συγκομιδής του και μέχρι την έναρξη της κατεργασίας του στις βιομηχανίες (εκφλοιώσεις, σπασίματα κλαδιών και κορυφών, θραύσεις κορμών, σχίσεις κορμών, λοξές τομές κορμοτεμαχίων, τρόπος κατανομής σφαλμάτων σε κορμοτεμάχια, ποιότητα αποκλάδωσης-αποφλοιώσης, πληγώσεις κορμοτεμαχίων και ιστάμενων κορμών κατά τη μετατόπιση και μεταφορά, προσβολές μυκήτων-εντόμων και ραγαδώσεις κατά την παραμονή σε δασόδρομους-κορμοπλατείες).

- Ποιοτικά χαρακτηριστικά λόγω κατεργασιών: χαρακτηριστικά που προέρχονται από τις διάφορες κατεργασίες στις βιομηχανίες ξύλου (ποιοτική υποβάθμιση, φθορές).
- Ποιοτικά χαρακτηριστικά λόγω χρήσεων: χαρακτηριστικά που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια χρήσεως του ξύλου κάτω από την επίδραση βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων (προσβολές από βακτήρια, μύκητες, έντομα, θαλασσινούς ξυλοφάγους οργανισμούς, εξωτερικές ραγαδώσεις, τραχύτητα επιφανειών, απομάκρυνση επιφανειακών στρωμάτων ξύλου, επιφανειακοί μεταχρωματισμοί, αλλοιώσεις από χημικά-φωτιά κ.ά.).

Επίδραση των συνθηκών αύξησης των δασικών δένδρων στην ποιότητα ξύλου

Η έννοια του «σταθμού» και η επίδρασή του στην ποιότητα ξύλου

Με τον όρο «σταθμός» (site) εννοούμε το σύνολο των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων οι οποίοι επιδρούν στην αύξηση των δασικών δένδρων σε έναν ορισμένο τόπο. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι (Zobel and van Buijtenen 1989):

- Κλιματικοί: ακτινοβολία, θερμοκρασία, βροχόπτωση, άνεμοι.
- Τοπογραφικοί: γεωγραφική θέση, έκθεση, κλίση.
- Εδαφικοί: μητρικό πέτρωμα, βάθος εδάφους, υφή εδάφους, στάθμη υπόγειων υδάτων.
- Βιοτικοί: φυτά, ζώα, άνθρωπος.

Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να επιδράσουν στην αύξηση, άρα και στην ποιότητα του ξύλου, μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους, δημιουργώντας έτσι ένα πολύπλοκο πλέγμα σχέσεων και αλληλεπιδράσεων (Usta and Hale 2003). Ένα άλλο στοιχείο είναι ότι οι παράγοντες αυτοί αλλάζουν από περιοχή σε περιοχή, ακόμη και μέσα σε λίγα μέτρα. Συνεπώς, η προσπάθεια να καθοριστεί η επίδραση του κάθε παράγοντα ξεχωριστά στην

ποιότητα του ξύλου είναι σχεδόν αδύνατη. Η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων είναι αδύνατη, και για το λόγο αυτόν συνιστάται να μελετάται η επίδραση του «σταθμού» τοπικά και για συγκεκριμένα είδη. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετά παραδείγματα ως προς την επίδραση των «σταθμικών» παραγόντων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ξύλου (ρυθμός αύξησης, ποσοστό πρώιμου-όψιμου ξύλου, αναλογίες κυττάρων, διαστάσεις κυττάρων, πυκνότητα, χημικά συστατικά, μηχανική αντοχή, απόδοση πολτού κ.λπ.). Υπάρχουν, όμως, και αναφορές όπου φαίνεται ότι η όποια επίδραση του «σταθμού» υπερκαλύπτεται από την επίδραση άλλων παραγόντων και έτσι δεν είναι δυνατό αυτή να διαχωριστεί και ποσοτικοποιηθεί (Adamopoulos et al. 2009). Για μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή, ενδεχόμενες διαφορές ποιότητας που μπορούν να αποδοθούν στο «σταθμό» υπερκαλύπτονται από εκείνες που παρουσιάζονται ανάμεσα στα δένδρα σε κάθε «σταθμό». Αντίθετα, «σταθμικές» διαφορές ανάμεσα σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές (π.χ. διαφορετικές προελεύσεις) συνήθως έχουν σημαντική επίδραση στην ποιότητα του ξύλου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι το ξύλο συγκεκριμένου είδους που προέρχεται από «σταθμούς» από υψηλά υψόμετρα ή γεωγραφικά πλάτη, συνήθως έχει μικρότερη πυκνότητα και κύτταρα σε σχέση με ξύλο του ίδιου είδους που αναπτύσσεται πιο κοντά στον ισημερινό ή σε χαμηλότερα υψόμετρα (Gindl et al. 2001).

Επίδραση αβιοτικών παραγόντων στις ιδιότητες του ξύλου

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι από τους κυριότερους ρυθμιστικούς παράγοντες της αύξησης των δένδρων και, συνεπώς, των ιδιοτήτων του ξύλου. Παρόλα αυτά, ένας σχετικά μικρός αριθμός μελετών αναφέρεται στην άμεση επίδραση της θερμοκρασίας. Οι αυξητικοί δακτύλιοι των δένδρων είναι πολύ στενοί σε συστάδες με χαμηλές θερμοκρασίες και πλατείς σε συστάδες που βρίσκονται σε «σταθμούς» με θερμότερα κλίματα. Περισσότερο ζημιόγones είναι οι ακραίες θερμοκρασίες, τόσο οι χαμηλές όσο και οι υψηλές (Schweingruber 1996).

Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση σε μια περιοχή είναι ένας παράγοντας που, μαζί με τη θερμοκρασία, έχει μεγάλη επίδραση στη βλάστηση και σχετίζεται άμεσα με τη δραστηριοποίηση του καμβίου, ιδιαίτερα σε θερινές περιόδους με μειωμένη εδαφική υγρασία (Antonova and Stasova 1993, Schweingruber 1996, Usta 2006). Οι βροχοπτώσεις και ο χρόνος εμφάνισής τους βρέθηκε να σχετίζονται με αρκετά ποιο-

τικά χαρακτηριστικά του ξύλου (π.χ. πυκνότητα, ποσοστό όψιμου ξύλου, διαστάσεις κυττάρων). Άφθονη υγρασία σχετίζεται με παραγωγή κυττάρων μεγάλης διαμέτρου, ενώ σε περιόδους ξηρασίας παράγονται μικρότερα κύτταρα από το κάμβιο. Το ποσό της διαθέσιμης υγρασίας από τα δένδρα έχει μεγάλη επίδραση στην πυκνότητα των δακτυλίοπορων πλατύφυλλων, λόγω αλλαγής στον αριθμό, μέγεθος και διάταξη των μελών αγγείων, ενώ η επίδραση στα διασπορόπορα είναι περιορισμένη (Zobel and van Buijtenen 1989).

Ηλιακή ακτινοβολία

Πολλές είναι οι έρευνες οι οποίες αποδεικνύουν ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι απαραίτητος παράγοντας στην παραγωγή ξύλου και, κατά συνέπεια, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητές του. Το άθροισμα της συνολικής ακτινοβολίας σε ώρες είναι σημαντικό για το ρυθμό αύξησης των δένδρων, όπως επίσης και για τις ιδιότητες του ξύλου (Schweingruber 1996).

Χιόνι-Χιονολισθήσεις

Το χιόνι είναι ένας κλιματικός παράγοντας ο οποίος εμφανίζεται κυρίως σε βόρειες χώρες αλλά και σε μεγάλα υψόμετρα. Εκεί όπου εμφανίζεται τακτικά και έντονα δρα αποφασιστικά στη μορφή, δομή και σύνθεση των δασών και, ταυτόχρονα, επιδρά έμμεσα στις ιδιότητες του ξύλου των ειδών που φύονται στα δάση αυτά. Η πίεση του χιονιού που προκαλείται λόγω του βάρους του που παραμένει στην κόμη μπορεί να προκαλέσει ομπρελοειδή κόμη, κάμψη του κορμού, σπάσιμο κλαδιών και ξεριζώμα δένδρων. Η μηχανική επίδραση του χιονιού οδηγεί, συνήθως, σε ανατομικές αλλαγές στο ξύλο, όπως μικρές περιόδους παραγωγής κυττάρων (μικρή αυξητική περίοδος), απουσία αύξησης του πάχους των κυτταρικών τοιχωμάτων του όψιμου ξύλου, πρόκληση πληγώσεων στον κορμό και στα κλαδιά, και έκκεντρη αύξηση που συνοδεύεται από παρουσία ξύλου ακανόνιστης δομής (Schweingruber 1996, Cameron and Dunham 1999).

Άνεμος

Μετά τη θερμοκρασία και την υγρασία, ο κλιματικός παράγοντας που επιδρά σε μεγάλο βαθμό στη βλάστηση είναι ο άνεμος. Τα αποτελέσματα της επίδρασης του ανέμου στα δασικά δένδρα είναι εμφανή κυρίως σε ανεμόπληκτες περιοχές και περιλαμβάνουν δημιουργία ακανόνιστου ξύλου, ομπρελοειδούς κόμης, και πληγώσεων στα κλαδιά και στον κορμό. Ο άνεμος βρέθηκε να είναι, τις περισσότερες φορές, ο καθοριστικός παράγοντας για τη δημιουργία ξύλου ακανόνιστης δομής (Robertson 1990). Ξύλο ακανόνιστης δομής προ-

καλείται και εξαιτίας ασύμμετρης κόμης, η οποία τις περισσότερες φορές δημιουργείται λόγω της επίδρασης του ανέμου (Timmel 1986).

Κοινωνική θέση των δένδρων

Με τον όρο κοινωνική θέση των δένδρων εννοείται η θέση που αυτά έχουν στην ορόφωση της συστάδας: κυρίαρχα, συγκυρίαρχα, ενδιάμεσα, υπολειπόμενα ή καταπιεσμένα. Η κοινωνική θέση των δένδρων επηρεάζει τις ιδιότητες του ξύλου, αφού από αυτή εξαρτάται ο διαθέσιμος αυξητικός χώρος των δένδρων, η διαθέσιμη ποσότητα φωτός που μπορούν να εκμεταλλευτούν, και η διαθέσιμη ποσότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων. Στη βιβλιογραφία συχνά αναφέρονται διαφορές σε αύξηση, ποσοστό όψιμου ξύλου, διαστάσεις κυττάρων και πυκνότητα ξύλου (Tsoumis and Panagiotidis 1980). Γενικά, η κοινωνική θέση των δένδρων έχει μικρή σημασία σε καλά διαχειριζόμενες συστάδες, όπου απομακρύνονται τα ενδιάμεσα και υπολειπόμενα δένδρα, ενώ μικρή μεταβλητότητα ιδιοτήτων παρουσιάζεται ανάμεσα σε κυρίαρχα και συγκυρίαρχα δένδρα (Zobel and van Buijtenen 1989).

Γεωγραφική θέση

Η γεωγραφική θέση σχετίζεται στενά με αρκετές ιδιότητες και χαρακτηριστικά του ξύλου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ιδιαίτερα σημαντική είναι η επίδραση του υπερθαλάσσιου ύψους. Στα υψηλά όρη η μικρή βλαστική περίοδος μόλις που επαρκεί για το σχηματισμό λίγων σειρών κυττάρων που είναι απαραίτητες για την κίνηση των χυμών με μεγαλύτερο ποσοστό πρώιμου ξύλου. Σε μικρότερα υπερθαλάσσια ύψη, όπου η βλαστική περίοδος διαρκεί περισσότερο, το ποσοστό όψιμου ξύλου είναι μεγαλύτερο και το ξύλο είναι συνήθως βαρύτερο, με μεγαλύτερη μηχανική αντοχή (Shchweingruber 1996).

Έδαφος

Οι έρευνες οι οποίες αναφέρονται άμεσα στην επίδραση του εδάφους στις ιδιότητες του ξύλου είναι σχετικά περιορισμένες. Γενικά, οι μεταβολές των ιδιοτήτων του ξύλου λόγω μεταβολών του εδάφους είναι μικρές για μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή. Έντονες μεταβολές στις ιδιότητες του ξύλου παρατηρούνται όταν υπάρχουν ακραίες διαφορές στο έδαφος, π.χ. σε αμμώδη και πηλώδη εδάφη (Powers 2002). Οι διαφορές στις ιδιότητες του εδάφους είναι στενά συνδεδεμένες με την υγρασία και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, αλλά η δυσκολία διαχωρισμού τους κάνει δύσκολη την εκτίμηση της άμεσης επίδρασής τους στις ιδιότητες του ξύλου. Αλλαγές στην υγρα-

σία του εδάφους δημιουργούν αλυσιδωτές επιδράσεις, μεταβάλλοντας το περιβάλλον αύξησης των δένδρων, με τελικό αποτέλεσμα μεταβολές στο είδος και στην ποιότητα του παραγόμενου ξύλου. Η υγρασία του εδάφους μπορεί να ρυθμιστεί με δασοκομικά μέτρα, π.χ. άρδευση σε φυτείες ή αναδασώσεις, έλεγχος του ανταγωνισμού των δένδρων μέσω καλλιεργητικών υλοτομιών, κατάλληλη επιλογή ειδών στις φυτείες ή αναδασώσεις, κατάλληλη επιλογή φυτικού συνδέσμου. Ωστόσο, οι μακροχρόνιες επιδράσεις των χειρισμών αυτών στην ποιότητα του ξύλου δεν είναι καλά γνωστές (Zobel and van Buijtenen 1989).

Επίδραση βιοτικών παραγόντων στις ιδιότητες του ξύλου

Βακτήρια

Η επίδραση βακτηρίων είναι σχετικά μικρή σε σύγκριση με άλλους παράγοντες αλλοίωσης του ξύλου. Σε δράση βακτηρίων αποδίδεται το υγρό εγκάρδιο που εμφανίζεται σε ζωντανά δένδρα κυρίως ελάτης και λεύκης. Η προσβολή αρχικά παρουσιάζεται στις ρίζες ή στο κάτω μέρος του κορμού και επεκτείνεται προς τα πάνω. Οι ιδιότητες του υγρού εγκάρδιου δεν δείχνουν πάντοτε διαφορές, αλλά η παρουσία του πολλές φορές σχετίζεται με ραγάδες, αποκόλληση αυξητικών δακτυλίων και άλλα προβλήματα κατά την ξήρανση του ξύλου (Tsoumis 1991, Sakamoto and Kato 2002). Άλλες μελέτες, όμως (Πασιαλής 1984), δείχνουν ότι η εμφάνιση του υγρού εγκάρδιου είναι καθολική στην ελάτη από την ηλικία των 12, περίπου, ετών και δεν αποτελεί σφάλμα ή προσβολή από βακτήρια ή μύκητες, εκτός αν συνδέεται με πληγώσεις δένδρων που εμφανίζουν συμπτώματα προσβολών σε μεγάλη ηλικία.

Μύκητες

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μυκήτων, οι χρωστικοί και οι σπητικοί. Οι χρωστικοί μύκητες καταναλώνουν θρεπτικές ουσίες που βρίσκονται στα παρεγχυματικά κύτταρα, προκαλώντας γενικά λίγη ζημιά στο ξύλο, και κυρίως αλλοιώνουν το χρώμα του. Η κυάνωση του σομού ξύλου των πεύκων είναι η πιο γνωστή και σοβαρή συνέπεια προσβολής από χρωστικούς μύκητες. Παρόλο που η αξία του ξύλου μειώνεται σημαντικά, η επίδραση στις ιδιότητες του ξύλου είναι μικρή. Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που μεταβάλλει τις ιδιότητες του ξύλου, ειδικά στα γηραιότερα δάση, είναι η σήψη του εγκάρδιου ξύλου και των ριζών που, στη συνέχεια, επηρεάζουν όλο τον κορμό του δένδρου. Οι μύκητες εισέρχονται ως σπόρια από πληγές του κορμού, κλαδιών ή ριζών, και όταν οι συνθήκες είναι οι κατάλληλες, βλαστάνουν, αυξά-

νονται και σταδιακά αποσυνθέτουν το ξύλο από άποψη δομής και χημικής σύστασης. Υπάρχουν και άλλες προσβολές στα δένδρα (π.χ. προσβολή από το μύκητα *Cronartium quercuum*) οι οποίες δεν προκαλούν νέκρωση, αλλά δημιουργούν μεγάλες ζημιές στο ξύλο (Eaton and Hale 1993).

Έντομα

Τα έντομα είναι ένας βιοτικός παράγοντας ο οποίος προσβάλλει τα δένδρα κυρίως δευτερογενώς. Διαπερνούν το φλοιό ή μπαίνουν από θέσεις όπου αυτός έχει καταστραφεί, με την προσβολή να περιορίζεται μεταξύ φλοιού και ξύλου λόγω αφθονίας θρεπτικών ουσιών ή να επεκτείνεται μέσα στο σωματό ή και στο εγκάρδιο ξύλο. Αρχικά μπορεί να προκληθεί μειωμένη αύξηση που μπορεί να συνεχίζεται για πολλά χρόνια (Kanat et al. 2005). Η αλλοίωση του ξύλου συνήθως δεν προκαλείται από την άμεση προσβολή των εντόμων, αλλά από διαδοχικές προσβολές μυκήτων ή εντόμων που προσβάλλουν μετέπειτα το ξύλο. Νεκρά δένδρα εξαιτίας προσβολής εντόμων χάνουν βάρος ραγδαία και η περιεχόμενη υγρασία τους παραμένει στο μισό σε σχέση με υγιή, πρόσφατα υλοτομημένα δένδρα (Mc Nab 1983). Οι περισσότερες έρευνες δείχνουν ότι τα προϊόντα που προκύπτουν από ξύλο το οποίο έχει προσβληθεί από έντομα έχουν μειωμένη αξία (Levi 1981). Εκτός από τις άμεσες συνέπειες στις ιδιότητες του ξύλου, τα έντομα μπορούν να δράσουν και έμμεσα, αφού, πολλές φορές, είναι ξενιστές σπορίων βλαπτικών μυκήτων.

Άλλοι επιβλαβείς οργανισμοί

Πολυάριθμοι άλλοι οργανισμοί, όπως διάφοροι ιξοί (*Phoradendron* sp., *Arceuthobium* sp.), προσβάλλουν τα δασικά δένδρα και αλλοιώνουν τις ιδιότητες του ξύλου. Ένα συχνό φαινόμενο που παρατηρείται μετά από έξαρση κάποιου οργανισμού είναι η αποφύλλωση των δένδρων που οδηγεί σε αλλαγές στην παραγωγή υδατανθράκων και αυξητικών ορμονών. Η ορμονική ανισορροπία που προκαλείται επηρεάζει άμεσα την ποιότητα του παραγόμενου ξύλου. Οι συνέπειες, που μπορεί να αφορούν και απρόσβλητο ξύλο, έχει αναφερθεί να περιλαμβάνουν μείωση της παραγωγής ξύλου, μικρότερο μήκος κυττάρων, λεπτότερα κυτταρικά τοιχώματα, μεγαλύτερη γωνία μικροϊνιδίων και μικρότερα ποσοστά λιγνίνης (Gregory and Wong 1983).

Πουλιά, ζώα, άνθρωπος

Ορισμένα πουλιά, είτε λόγω των τροφικών τους συνθηκών είτε εξαιτίας της ανάγκης τους για εύρεση καταφυγίου, δημιουργούν οπές στα δένδρα, που ενδεχομένως μπορούν να αποτελέσουν πύλη εισόδου για μικροοργανισμούς. Χαρακτηριστικό

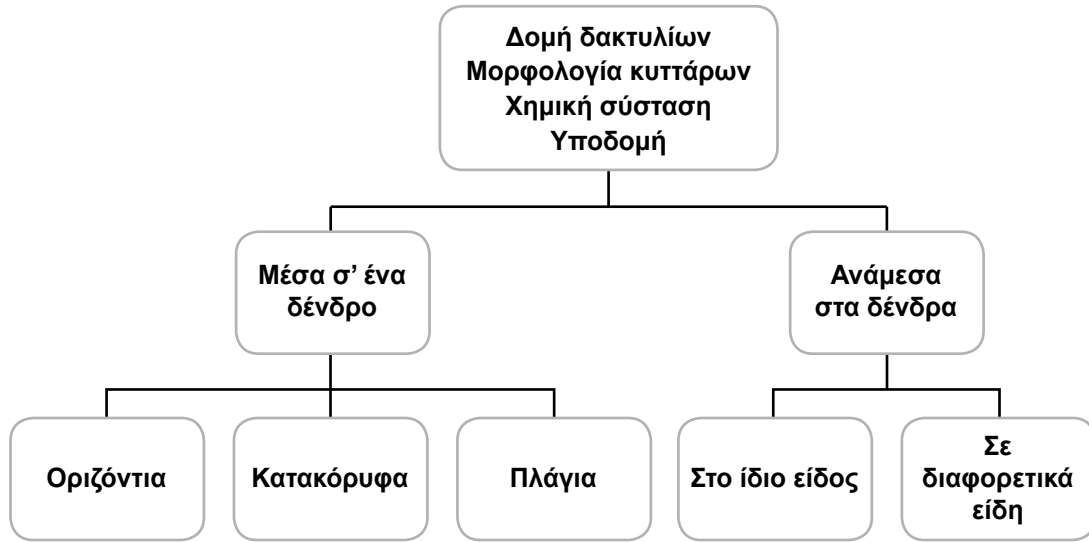
παράδειγμα αποτελούν διάφορα είδη δρυοκόλαπτη που τρέφονται με έντομα τα οποία φωλιάζουν στο εσωτερικό κορμών ή απομυζούν χυμούς. Οι κύριες επιδράσεις των ζώων (σκίουροι, σκαντζόχοιροι, κάστορες, αρκούδες, αγριόχοιροι, ελάφια, κατσίκες) περιλαμβάνουν βλάβες στο φύλλωμα, στο ριζικό σύστημα ή στο φλοιό (μεταβολές στη φυσιολογική δραστηριότητα και, κατά συνέπεια, στην αύξηση), μηχανικές βλάβες στον κορμό (σχηματισμός κάλων και πληγώσεων) και διαταραχές της ορμονικής ισορροπίας του δένδρου. Η ανάπτυξη του δένδρου δεν επηρεάζεται πολύ, με εξαίρεση ακραίες καταστάσεις, αλλά μεγάλο πρόβλημα αποτελούν οι δευτερογενείς προσβολές από μύκητες και βακτήρια, ιδίως σε νεαρά δένδρα (Motta and Nola 1996). Η βόσκηση αποτελεί τη σημαντικότερη αιτία αλλαγής στο μεταβολισμό των δένδρων, καθώς επιβιώνουν μόνο τα είδη που είναι ανθεκτικά (Schweingruber 1996).

Οι επεμβάσεις του ανθρώπου στα δασικά δένδρα περιλαμβάνουν υλοτομίες, λίπανση, κλαδεύσεις, φυτεύσεις, συμπίεση του εδάφους, άρδευση (όπου είναι δυνατό) κ.λπ. Όλες αυτές οι επεμβάσεις προκαλούν έμμεσα αλλαγές στις ιδιότητες του ξύλου, αφού επηρεάζουν όλους τους άλλους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες οι οποίοι αναλύθηκαν προηγουμένως (Raymond and Muneri 2000). Ένας άλλος παράγοντας που επιδρά σε μεγάλο βαθμό στις ιδιότητες του ξύλου είναι η μόλυνση του περιβάλλοντος της οποίας αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο άνθρωπος. Οι επιδράσεις στις ιδιότητες του ξύλου αναμένεται να γίνουν περισσότερο εμφανείς στο μέλλον (Ceulemans et al. 2002).

Μεταβλητότητα δομής του ξύλου

Το ξύλο, εξαιτίας της βιολογικής του προέλευσης, δεν παρουσιάζει απόλυτη ομοιογένεια και ομοιομορφία δομής σε όλη τη μάζα του. Η δομή του ξύλου μεταβάλλεται, εντός ορίων, μέσα σε κάθε δένδρο και μεταξύ δένδρων του ίδιου είδους και διαφορετικών ειδών. Σύμφωνα με τον Tsoumis (1991) τα χαρακτηριστικά που μεταβάλλονται αφορούν στη:

- δομή των αυξητικών δακτυλίων (ποσοστό πρώιμου-όψιμου ξύλου, αναλογία και κατανομή των κυττάρων).
- μορφολογία των κυττάρων (μήκος, διάμετρος, πάχος κυτταρικών τοιχωμάτων).
- χημική σύσταση και μικροδομή (δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων και κυρίως η γωνία των μικροϊνιδίων στη στρώση S2 του δευτερογενούς τοιχώματος) (βλ. Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Μεταβλητότητα δομής ξύλου.

Η (κανονική) μεταβλητότητα είναι μειονέκτημα του ξύλου από υλοχρηστική άποψη, και η ακριβής γνώση της αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθολογική αξιοποίησή του σε διάφορα προϊόντα και κατασκευές (Adamopoulos et al. 2005).

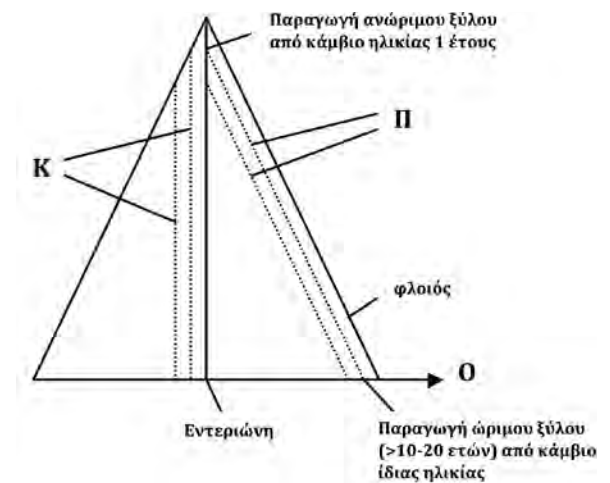
Μεταβλητότητα μέσα σε ένα δένδρο

Η μεταβλητότητα οφείλεται κυρίως στον τρόπο αύξησης των δένδρων (κανονική μεταβλητότητα), με τη δημιουργία, κάθε έτος, αλληπάληλων αυξητικών μανδύων. Έτσι, κάθε χαρακτηριστικό του ξύλου μπορεί να μελετηθεί σε τρεις κατευθύνσεις (Σχήμα 2) (Duff and Nolan 1953):

- οριζόντια, δηλαδή στην κατεύθυνση εντεριώνη-φλοιός και σε διάφορα παράλληλα προς το έδαφος επίπεδα, κάθετα προς τον άξονα του δένδρου. Το μέγεθος του χαρακτηριστικού συσχετίζεται με τον αριθμό των αυξητικών δακτυλίων που παράγονται προοδευτικά, αυξανόμενης της ηλικίας του καμβίου.
- κατακόρυφα, δηλαδή στην κατεύθυνση βάση-κορυφή και σε διάφορα παράλληλα μεταξύ τους και προς τον άξονα του δένδρου επίπεδα, κάθετα προς το έδαφος. Το μέγεθος του χαρακτηριστικού συσχετίζεται με το έτος σχηματισμού του καμβίου.
- πλάγια, δηλαδή μέσα σε κάθε αυξητικό μανδύα σε διάφορα παράλληλα μεταξύ τους επίπεδα, πλάγια προς τον άξονα του δένδρου. Με αυτόν τον τρόπο μελετάται ξύλο που σχηματίστηκε τον ίδιο χρόνο αλλά από κάμβια μικρότερης ηλικίας, όσο προχωρούμε από τη βάση του δένδρου προς την κορυφή. Το μέγεθος του χαρακτηριστικού συσχετίζεται με τον αριθμό των ετήσιων τμημάτων αύξησης καθ' ύψος.

Στο Σχήμα 2 δείχνονται σχηματικά οι τρεις παραπάνω κατευθύνσεις μελέτης των χαρακτηριστικών του ξύλου. Η μελέτη της οριζόντιας, κατακόρυφης και πλάγιας μεταβλητότητας απαιτεί λήψη δίσκων από το μέσο της καθ' ύψος αύξησης. Αυτό γίνεται εύκολα στα κωνοφόρα, όπου τα μεσογονάτια διαστήματα είναι εμφανή, αλλά για τα πλατύφυλλα συνήθως γίνεται δειγματοληψία σε επίπεδα που αντιπροσωπεύουν εκατοστιαία ποσοστά του συνολικού ύψους του δένδρου, δηλαδή σε προκαθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους (Βουλγαρίδης 2007).

Το τμήμα του ξύλου που σχηματίζεται στη νεαρή ηλικία του δένδρου χαρακτηρίζεται από γρήγορη μεταβολή της δομής του μεταξύ των αυξητικών δακτυλίων. Το τμήμα αυτό (5-20 δακτυλίοι από την εντεριώνη) υπάρχει σε όλα τα δένδρα,



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση της οριζόντιας (Ο), κατακόρυφης (Κ) και πλάγιας (Π) κατεύθυνσης παρατήρησης των χαρακτηριστικών του ξύλου.

έχει σχήμα κυλίνδρου που γίνεται κώνος στην κορυφή, και ονομάζεται ανώριμο ξύλο. Ακολουθεί η ώριμη περίοδος (μέχρι και 200 χρόνια ή περισσότερο) και το ξύλο που παράγεται (ώριμο ξύλο) είναι τυπικό από άποψη δομής αυξητικών δακτυλίων, μορφολογίας κυττάρων, χημικής σύστασης και δομής των κυτταρικών τοιχωμάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά μεταβάλλονται και πάλι σε πολύ μεγάλη ηλικία (υπερώριμο ξύλο) (Tsoumis 1991).

Οι πρώτοι αυξητικοί δακτύλιοι των κωνοφόρων έχουν μικρότερο ποσοστό όψιμου ξύλου σε σύγκριση με τους μετέπειτα τυπικούς αυξητικούς δακτυλίους. Επίσης, σε ορισμένα κωνοφόρα, που χαρακτηρίζονται σε τυπικό επίπεδο από απότομη μετάβαση και έντονη αντίθεση πυκνότητας πρώιμου και όψιμου ξύλου, παρατηρείται στους πρώτους αυξητικούς δακτυλίους βαθμιαία μετάβαση και μικρή αντίθεση πυκνότητας μεταξύ πρώιμου και όψιμου ξύλου. Σε δακτυλιόπορα πλατύφυλλα είδη ο χαρακτηρισμός δακτυλιόπορος χαρακτήρας διαμορφώνεται βαθμιαία. Επίσης, άτυποι είναι και οι εξωτερικοί δακτύλιοι δένδρων μεγάλης ηλικίας.

Μεταβλητότητα υπάρχει και μέσα σε κάθε αυξητικό δακτύλιο. Μεταξύ πρώιμου και όψιμου ξύλου υπάρχουν διαφορές στο μήκος και πάχος των κυττάρων (γενικά είναι μεγαλύτερα στο όψιμο ξύλο), στο σχήμα και εμφάνιση των αλωφόρων βοθρίων, στη γωνία μικροϊνιδίων, στην πυκνότητα, στη χημική σύσταση, στο βαθμό κρυσταλλικότητας της κυτταρίνης, στην κατανομή των κυττάρων κ.λπ. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών από το πρώιμο στο όψιμο ξύλο γίνεται άλλοτε περισσότερο και άλλοτε λιγότερο απότομα.

Μια καλή σύνοψη των μελετών που αναφέρονται στη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του ξύλου δίνεται από τους Zobel and van Buijtenen (1989):

- Οριζόντια μεταβλητότητα

Πυκνότητα

– Σκληρά πεύκα (για τη διάκριση των πεύκων βλέπε υποσημείωση 1): παρουσιάζουν μια ομοιόμορφη τάση με χαμηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη, ραγδαία αύξηση στο ανώριμο ξύλο που ακολουθείται από μια σταθεροποίηση της πυκνότητας και, τέλος, μείωση κοντά στο φλοιό για υπερώριμα δένδρα. Εξαιρέσεις έχουν αναφερθεί για τα είδη *Pinus radiata* (μερικές περιπτώσεις), *Pinus resinosa*, *Pinus caribaea* (μερικές περιπτώσεις). *Cupressaceae*: υψηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη, μειώνεται για μερικούς δακτυλίους κοντά στην εντεριώνη, αυξάνεται ξανά προς το φλοιό. Μερικά είδη του γένους *Pinaceae*: παρουσιάζεται η προηγούμενη τάση ή υπάρχει πολύ μικρή μεταβολή από την εντεριώνη προς το φλοιό. Ελάτη, ερυθρελάτη,

τσούγκα: υψηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη, μειώνεται για κάποιους δακτυλίους, σταθεροποιείται ή αυξάνει λίγο προς το φλοιό. Αρκετά γένη όπως λάρικα και ψευδοτσούγκα: παρόμοια τάση με αυτή των σκληρών πεύκων, με χαμηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη, γρήγορη αύξηση στο ανώριμο ξύλο και σταθεροποίηση προς το φλοιό.

- Διασπορόπορα πλατύφυλλα με μέση και υψηλή πυκνότητα: χαμηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη που μετέπειτα αυξάνει, και ακολουθείται από μικρότερη αύξηση ή σταθεροποίηση προς το φλοιό. Διασπορόπορα πλατύφυλλα με μικρή πυκνότητα (π.χ. λεύκη): σχετικά υψηλότερη πυκνότητα κοντά στο φλοιό· ορισμένα είδη παρουσιάζουν ομοιόμορφη πυκνότητα από την εντεριώνη προς το φλοιό. Δακτυλιόπορα πλατύφυλλα: τείνουν να έχουν υψηλή πυκνότητα κοντά στην εντεριώνη, η οποία μειώνεται και κατόπιν αυξάνει ως κάποιο όριο προς το φλοιό.

Άλλες ιδιότητες

- Κωνοφόρα: Μήκος αξονικών τραχεΐδων: η συνήθης τάση για όλα τα κωνοφόρα είναι να έχουν μικρές τραχεΐδες κοντά στην εντεριώνη που ακολουθείται από μια γρήγορη αύξηση στο ανώριμο ξύλο και κατόπιν το μήκος σταθεροποιείται (σε ορισμένα είδη το μήκος συνεχίζει να αυξάνει). Γωνία μικροϊνιδίων: παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές κοντά στην εντεριώνη και συνήθως μειώνεται γρήγορα προς το ώριμο ξύλο. Στρεψοΐνια: συνήθως είναι μεγαλύτερη στο κέντρο του κορμού, αλλά αυτό δεν ισχύει πάντα. Ποσοστό κυτταρίνης και ημικυτταρινών: λίγες μελέτες (π.χ. στην ψευδοτσούγκα αυξάνουν και τα δυο, μεγαλύτερα ποσοστά κοντά στο κέντρο του κορμού στην *Pinus taeda*).
- Πλατύφυλλα: Μήκος ινών: οι ίνες είναι πολύ μικρές κοντά στην εντεριώνη και συνήθως το μήκος μεταβάλλεται (αυξάνει) ελαφρά. *Populus*, *Eucalyptus*, *Liriodendron*, *Carya*: πολύ γρήγορη αύξηση του μήκους στους πρώτους 20 αυξητικούς δακτυλίους, που ακολουθείται από μια σταθεροποίηση. *Quercus*, *Fagus*, *Fraxinus*: συνεχόμενη αύξηση του μήκους για 40 ή 100 χρόνια, ανάλογα με το είδος. Μήκος/πλάτος μελών αγγείων, ποσοστό ακτίνων ή αγγείων: έχουν αναφερθεί μεταβολές, αλλά συνήθως όχι σημαντικές.

- Κατακόρυφη μεταβλητότητα

Πυκνότητα

- Κωνοφόρα: οι μεταβολές σχετίζονται με την παρουσία ανώριμου ξύλου. Σε είδη στα οποία το ανώριμο ξύλο δεν διαφέρει σημαντικά από το ώριμο, παρουσιάζονται μικρές διαφορές από τη βάση προς την κορυφή των κορμών. Τα σκλη-

ρά πεύκα συνήθως παρουσιάζουν μια σημαντική αύξηση στην πυκνότητα με την αύξηση του ύψους. Μέλη της οικογένειας *Picea* παρουσιάζουν μικρές διαφορές στην πυκνότητα με το ύψος. Μερικά κωνοφόρα (π.χ. *Chamaecyparis obtusa*, *Tsuga heterophylla*) έχουν βαρύτερο ξύλο στη βάση, πιο ελαφρύ στο μέσο και βαρύτερο στην κορυφή. Η συνήθης τάση στα κωνοφόρα είναι να έχουν μακρύτερες αξονικές τραχειίδες στη βάση και μικρότερες κοντά στην κορυφή.

- Πλατύφυλλα: Η συνήθης τάση είναι να υπάρχουν μικρές αλλαγές με το ύψος, αλλά ορισμένα είδη (*Swietenia macrophylla*, *Liriodendron tulipifera*, *Populus tremuloides*, *Liquidambar styraciflua*) έδειξαν μεγάλη πυκνότητα στη βάση, μείωση της πυκνότητας για κάποια απόσταση στον κορμό, και αύξηση προς την κορυφή. Μερικές μελέτες έδειξαν αύξηση της πυκνότητας με το ύψος στους ευκάλυπτους και στις λεύκες. Τα περισσότερα διασπορόπορα πλατύφυλλα παρουσιάζουν μικρή μεταβολή της πυκνότητας με το ύψος. Η μεταβολή του μήκους των ινών ποικίλει, με την πιο συνηθισμένη τάση να αναφέρει μακρύτερες ίνες στη βάση ή καμία μεταβολή με το ύψος.

Η αύξηση της ηλικίας του δένδρου έχει ως συνέπεια το σχηματισμό του εγκάρδιου. Το εγκάρδιο έχει μορφή κώνου μέσα στον κορμό που περιβάλλεται από σομφό ξύλο. Το εγκάρδιο είναι φυσιολογικά ανενεργό (δεν συμμετέχει στη διακίνηση τροφών και αποθήκευση) και με το σχηματισμό του το δένδρο διατηρεί το μέγεθος του σομφού στο άριστο επιθυμητό επίπεδο. Το εγκάρδιο συνήθως είναι σκοτεινότερο από το σομφό, κάτι που σχετίζεται με απόθεση εκχυλισμάτων. Ο μηχανισμός μετατροπής σομφού σε εγκάρδιο και η ακριβής θέση παραγωγής εκχυλισμάτων δεν είναι ακριβώς γνωστά. Το εγκάρδιο αυξάνει με την ηλικία, όχι όμως με κανονικό ρυθμό, και τα όρια εγκάρδιου-σομφού δεν συμπίπτουν αναγκαστικά με τα όρια των αυξητικών δακτυλίων. Η μετατροπή μέρους του σομφού ξύλου σε εγκάρδιο συνεπάγεται τις παρακάτω μεταβολές (Tsoumis 1991):

- Σε πολλά είδη το χρώμα γίνεται σκοτεινότερο. Η διαφοροποίηση του χρώματος οφείλεται στη συγκέντρωση εκχυλισμάτων.
- Τα παρεγχυματικά κύτταρα πεθαίνουν (χάνουν το πρωτόπλασμα και τον πυρήνα) και το άμυλο που υπάρχει στα κύτταρα αυτά υδρολύεται.
- Γίνεται απόφραξη αλωφόρων βοθρίων.
- Σχηματίζονται τυλώσεις (σε πλατύφυλλα) και φράσσονται ρητινοφόροι αγωγοί (σε ορισμένα κωνοφόρα) με τυλωσσοειδή.
- Το εγκάρδιο παύει να συμμετέχει στη διακίνηση τροφών.

Μεταβλητότητα ανάμεσα στα δένδρα

Εκτός από το μηχανισμό αύξησης των δένδρων, στη μεταβλητότητα της δομής του ξύλου επιδρούν και διάφοροι άλλοι παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Το περιβάλλον. Περιλαμβάνονται: ποιότητα τόπου, γεωγραφική περιοχή, υπερθαλάσσιο ύψος και μικροπεριβάλλον. Επίσης, τα διάφορα δασοκομικά μέτρα (αραιώσεις, λιπάνσεις, κλαδέψεις κ.ά.), οι υλοτομίες και ο ανταγωνισμός μεταξύ δένδρων τροποποιούν το μικροπεριβάλλον και έχουν αντίκτυπο στη μεταβλητότητα της δομής των δένδρων.
- Οι γενετικές διαφορές μεταξύ δένδρων.
- Παρουσία ελαττωμάτων.

Πολλές φορές είναι δύσκολο να αξιολογηθεί η συνεισφορά του κάθε παράγοντα στη μεταβλητότητα. Γενικά, οι διαφορές στις ιδιότητες ξύλου ανάμεσα στα δένδρα ενός είδους είναι μεγάλες. Η συνηθισμένη διαπίστωση είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στις ιδιότητες ανάμεσα στα δένδρα ενός είδους σε μια περιοχή σε σχέση με τις διαφορές στους μέσους όρους των ιδιοτήτων του είδους μεταξύ διαφορετικών περιοχών (Zobel and van Buijtenen 1989).

Σε μελέτες μεταβλητότητας ιδιοτήτων ανάμεσα σε δένδρα, ένα πρακτικό πρόβλημα συνδέεται με τη δειγματοληψία στον κορμό, και συγκεκριμένα το μέρος του κορμού από το οποίο πρέπει να λαμβάνονται τα δείγματα προκειμένου να δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα, αντιπροσωπευτικά για όλο το δένδρο. Η απλούστερη και πιο αξιόπιστη πρακτική είναι να λαμβάνονται δείγματα από το σθηθιαίο ύψος (1,30 m από το έδαφος) των δένδρων. Αυτός ο τρόπος δειγματοληψίας έχει αποδειχθεί ότι δίνει πολύ καλή συσχέτιση με τις τιμές μιας ιδιότητας για όλο το δένδρο, για κωνοφόρα και πλατύφυλλα. Για λόγους κόστους και προσπάθειας, η δειγματοληψία συνήθως είναι μη καταστρεπτική με τη λήψη αυξητικών τρυπανιδίων. Τα αποτελέσματα που δίνουν τα αυξητικά τρυπανίδια είναι παρόμοια με αυτά που λαμβάνονται από εγκάρσιους δίσκους (Zobel and van Buijtenen 1989).

Ανώριμο ξύλο

Όπως αναφέρεται από τους Zobel and van Buijtenen (1989), «το ξύλο που σχηματίζεται από το κάμβιο κοντά στο κέντρο του δένδρου έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτό που σχηματίζεται σε μεγαλύτερο αριθμό αυξητικών δακτυλίων από την εντεριόνη ή το κέντρο του δένδρου. Αυτό το πρωτοσχηματιζόμενο ξύλο ονομάζεται ανώριμο ξύλο». Το ανώριμο ξύλο σχηματίζει, χονδρικά,

έναν κύλινδρο κατά μήκος του κορμού και, σύμφωνα με την επικρατέστερη άποψη, σχετίζεται με την ηλικία του καμβίου (Pearson et al. 1980).

Υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με τη δομή και τις ιδιότητες του ανώριμου ξύλου, καθώς και με τις διαφορές του από το ώριμο ξύλο, ειδικά για τα κωνοφόρα. Το ανώριμο ξύλο χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη αύξηση, μικρότερα κύτταρα με λεπτότερα τοιχώματα, μεγαλύτερη γωνία μικροϊνιδίων, μικρότερο ποσοστό όψιμου ξύλου, μικρότερη πυκνότητα, μεγαλύτερη αξονική ρίκνωση, μεγαλύτερα ποσοστά λιγνίνης και ημικυτταρινών, μικρότερο ποσοστό α-κυτταρίνης, μικρότερη ακαμψία και μηχανική αντοχή σε σχέση με το ώριμο ξύλο (Zobel and van Buijtenen 1989, Zobel and Sprague 1998, Larson et al. 2001).

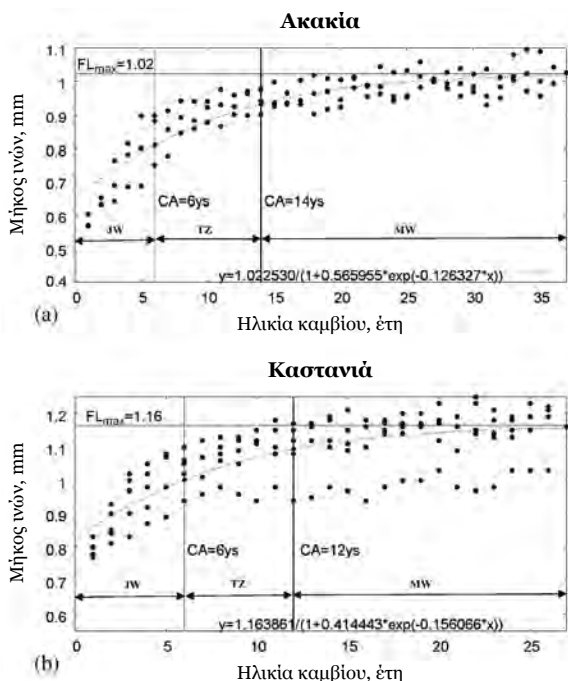
Ο καθορισμός των ορίων ανάμεσα στο ανώριμο και ώριμο ξύλο είναι πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της ποιότητας του ξύλου και της αξιοποίησής του, γεγονός που έχει οδηγήσει στη συστηματική του μελέτη από πολλούς ερευνητές. Η μετάβαση από το ανώριμο στο ώριμο ξύλο γίνεται βαθμιαία, για αρκετά χρόνια (Zobel 1980). Σχεδόν όλες οι ιδιότητες του ξύλου μεταβάλλονται έντονα στο ανώριμο ξύλο, ενώ παρουσιάζουν μια σχετική σταθερότητα στο ώριμο ξύλο (Saranpää 2003). Η ζώνη μετάβασης από το ανώριμο στο ώριμο ξύλο βρέθηκε να διαφέρει σημα-

ντικά ανάμεσα στα διάφορα δασικά είδη και ιδιότητες του ξύλου. Έχουν προταθεί αρκετές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ορίων μεταξύ ανώριμου-ώριμου ξύλου.

Η απλούστερη μέθοδος είναι η «γραφική μέθοδος ή μέθοδος του κατώτερου ορίου», σύμφωνα με την οποία οι καμπύλες μεταβολής των ιδιοτήτων με την ηλικία του καμβίου εκτιμώνται οπτικά προκειμένου να καθοριστεί ο αυξητικός δακτύλιος ή η ηλικία στην οποία η τιμή μιας ιδιότητας φτάνει σε μια κατώτατη τιμή για το ώριμο ξύλο (Adamopoulos and Voulgaridis 2002, Passialis and Kiriazakos 2004, Clark et al. 2006). Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αυθαίρετη, χωρίς επαρκή επιστημονική αξιοπιστία, και μπορεί να εκληφθεί ως εκτίμηση. Το πλεονέκτημά της είναι ότι το ώριμο ξύλο μπορεί να οριστεί ως αυτό που ικανοποιεί μια κατώτατη τιμή που μπορεί να είναι απαραίτητη για μια συγκεκριμένη χρήση του ξύλου. Μια άλλη μέθοδος που αναπτύχθηκε προκειμένου να προσδώσει περισσότερη αξιοπιστία είναι αυτή που βασίζεται σε ευθύγραμμο γραμμικά μοντέλα που προσδιορίζουν το ώριμο ξύλο σε σχέση με το ρυθμό μεταβολής μιας ιδιότητας (Zhu et al. 2000). Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή μιας συγκεκριμένης ιδιότητας χρονικά από την εντεριώνη προς το φλοιό, τις αλληλεπιδράσεις ιδιοτήτων γειτονικών αυξητικών δακτυλίων και τη στατιστική διακύμανση σε έναν πληθυσμό. Προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα μειονεκτήματα, έχουν προταθεί μη γραμμικά, πολυωνμικά ή μαθηματικά μοντέλα (Σχήμα 3) (Mutz et al. 2004, Koubaa et al. 2005, Adamopoulos et al. 2011). Στις περισσότερες μελέτες καθορισμού των ορίων ανώριμου-ώριμου ξύλου χρησιμοποιούνται οι μεταβολές του μήκους των κυττάρων (τραχειίδες κωνοφόρων, ίνες πλατύφυλλων) με την ηλικία, και σε μικρότερο βαθμό οι τάσεις άλλων ιδιοτήτων, όπως η πυκνότητα και οι μηχανικές ιδιότητες (Evans II et al. 2000).

Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές μείωσης του ποσοστού ανώριμου ξύλου στα δασικά δένδρα: αύξηση του περιτρόπου χρόνου, φύτευση ή διατήρηση περισσότερων δένδρων σε μια συστάδα ή φυτεία, πρόωμη κλάδευση που αυξάνει και το ποσοστό καθαρού άροζου ξύλου, και γενετική βελτίωση (Zobel and van Buijtenen 1989).

Το ανώριμο ξύλο πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την αξιοποίησή του. Ξυλεία φυτειών αναμένεται να έχει περισσότερο ανώριμο ξύλο σε σχέση με ξυλεία από φυσικά δάση της εϋκρατης ζώνης. Η απόδοση σε ξυλοπολτό του ανώριμου ξύλου είναι μικρότερη σε σχέση με την απόδοση του ώριμου ξύλου. Χαρτί που παράγεται από πολλο-



Σχήμα 3. Καθορισμός των ορίων ανώριμου-ώριμου ξύλου στην ακακία (α, 6-14 χρόνια) και στην καστανιά (β, 6-12 χρόνια), σύμφωνα με μια μαθηματική προσέγγιση που βασίζεται στη μεταβολή του μήκους των ινών με την ηλικία του καμβίου. JW, ανώριμο ξύλο· TZ, ζώνη μετάβασης· MW, ώριμο ξύλο (πηγή: Adamopoulos et al. 2011).

ανώριμου ξύλου έχει μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό, ομαλότητα, αντοχή σε διάρρηξη, αντοχή σε δίπλωση, πυκνότητα, αλλά μικρότερη αντοχή και αδιαφάνεια σε σχέση με χαρτί από πολύ ώριμο ξύλο. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όταν ανώριμο ξύλο πρόκειται να αξιοποιηθεί σε κατασκευές λόγω χαμηλών μηχανικών ιδιοτήτων (Zobel and van Buijtenen 1989, Adamopoulos et al. 2007).

Σφάλματα και ποιότητα ξύλου

Τα δένδρα, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, βρίσκονται συνεχώς κάτω από την επίδραση διαφόρων παραγόντων που μπορούν να προκαλέσουν ακανονιστίες στην αύξησή τους. Οι ακανονιστίες μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στα δένδρα: ακανονιστίες εξωτερικά στον κορμό και ακανονιστίες εσωτερικά στο ξύλο.

Ο κορμός, γενικότερα, προσφέρεται για εντοπισμό εξωτερικών ακανονιστιών. Ακανονιστίες εσωτερικά μπορούν να αποκαλυφθούν στη διατομή του κορμού όταν αυτός κοπεί. Οι αυξητικές ακανονιστίες έχουν δυσμενή επίδραση στην εμφάνιση και στις ιδιότητες του ξύλου, ελαττώνουν περισσότερο ή λιγότερο την αξία χρήσης του για τεχνικές κατασκευές και προϊόντα, και ονομάζονται ελαττώματα ή σφάλματα. Στα σφάλματα ανήκουν και μερικά φυσικά χαρακτηριστικά των δένδρων, τα κλαδιά (παρουσιάζονται σαν ρόζοι στο ξύλο) και η εντεριώνη. Πιο αναλυτικά, τα σφάλματα ξύλου διακρίνονται ως εξής (Tsoumis 1991):

- Αποκλίσεις δένδρων από την τυπική εξωτερική μορφή: διχάλωση, γονατοειδής βάση, κωνικομορφία, διόγκωση της βάσης, άλλες αποκλίσεις (κλίση, κάμψη και απόκλιση από την κυκλική διατομή η οποία μπορεί να είναι ελλειψοειδής, κυματοειδής ή ακανόνιστη).
- Στρεψοΐνια.
- Ακανόνιστη διάταξη αυξητικών δακτυλίων: εκκεντρότητα, ψευδείς δακτύλιοι, ασυνεχείς δακτύλιοι, οδοντωτοί δακτύλιοι, διπυρήνωση ή πολυπυρήνωση.
- Ξύλο με ακανόνιστη δομή (θλιπτιγενές ή εφελκυσμογενές ξύλο).
- Διακοπή συνέχειας ιστών: ραγάδες, ρητινοθύλακες.
- Χρωματικές ανωμαλίες.
- Τραυματικές ακανονιστίες: μεταχρωματισμοί, επουλωτικός ιστός, φλοιοθύλακες, τραυματικοί ρητινοφόροι αγωγοί, παρεγχυματικές κηλίδες, φλοιοκάουση, παγοραγάδες.

Ποιοτική ταξινόμηση

Το κυρίαρχο κριτήριο ποιοτικής ταξινόμησης της ξυλείας είναι η παρουσία σφαλμάτων στο ξύλο σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, ενώ άλλα κριτήρια περιλαμβάνουν τις διαστάσεις της ξυλείας, το δασοπονικό είδος και τις χρήσεις για τις οποίες προορίζεται. Τα διάφορα σφάλματα αξιολογούνται από άποψη μεγέθους, θέσεως, είδους σφάλματος και έντασης και η ξυλεία κατατάσσεται σε ποιοτικές κατηγορίες. Η διαδικασία εφαρμόζεται τόσο σε πρωτογενή δασικά προϊόντα που παράγονται στο δάσος (στρογγύλη, ξύλο θρυμματισμού και καυσόξυλα), όσο και σε προϊόντα πρωτογενούς μηχανικής κατεργασίας στις βιομηχανίες ξύλου (π.χ. πριστή ξυλεία, ξυλόφυλλα, στρωτήρες, επικολλητά).

Στην περίπτωση ακατέργαστης στρογγύλης ξυλείας, η αξιολόγηση των σφαλμάτων γίνεται επί της εξωτερικής επιφάνειας (έμφλοια, άφλοια) των κορμών ή κορμοτεμαχίων, λαμβάνοντας υπόψη τα εξής κριτήρια: καμπυλότητα, στρεψοΐνια, κωνικομορφία, ρόζοι (σύμφυτοι, χαλαροί), έκκεντρη εντεριώνη, ακανόνιστο ξύλο (θλιπτιγενές, εφελκυσμογενές), ραγάδες και άλλα σφάλματα. Συνήθως, διακρίνονται τρεις ποιότητες ακατέργαστης στρογγύλης ξυλείας (Βουλαργιδής 2007):

- Ποιότητα Α: ξύλο υγιές, με καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες, απαλλαγμένο σφαλμάτων ή με ελάχιστα ελαττώματα που δεν περιορίζουν τη χρησιμοποίησή του για το σκοπό που προορίζεται.
- Ποιότητα Β: ξύλο συνήθους ποιότητας που περιλαμβάνει τα παρακάτω ελαττώματα σε μικρό σχετικό βαθμό: καμπυλότητα και στρεψοΐνια ασθενείς, χωρίς έντονη κωνικομορφία, χωρίς χονδρούς αλλά με λίγους, μέσου μεγέθους ρόζους, εντεριώνη ελαφρά έκκεντρη, μικρές ανωμαλίες τής περιμέτρου ή παρουσία άλλων ελαττωμάτων που αντισταθμίζονται από τη γενικά καλή ποιότητα του ξύλου.
- Ποιότητα Γ: ξύλο με περισσότερα ελαττώματα που δεν μπορεί να ταξινομηθεί στις ποιότητες Α και Β, αλλά παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές χρήσεις.

Στην περίπτωση των προϊόντων πρωτογενούς μηχανικής κατεργασίας, τα σφάλματα αποκαλύπτονται καλύτερα και η ταξινόμηση είναι περισσότερο αξιόπιστη. Για την ποιοτική ταξινόμηση ξυλείας διαφόρων ειδών ισχύουν εθνικές και Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (EN 1316: 1-3 και ENV 1927: 1-3 για στρογγύλη, και EN 975: 1-2, EN 1611-1 για πριστή). Για την ξυλεία κατασκευών ισχύουν ειδικές προδιαγραφές, ενώ γίνεται και κατάταξη σε κλάσεις αντοχής με βάση το μέτρο ελαστικότητας

(EN 338, EN 384, EN 518, EN 519, EN 1912). Εκτός από οπτική εκτίμηση, έλεγχος της ποιότητας και αξιολόγηση των σφαλμάτων ιστάμενης ξυλείας, κορμών, κορμοτεμαχίων και πριστής ξυλείας γίνονται και με φορητά ή σταθερά μη καταστρεπτικά όργανα, που βασίζονται στις ακουστικές ιδιότητες του ξύλου, σε υπερήχους, στην αντίσταση του ξύλου στη διάτρηση κ.λπ. (Brashaw et al. 2009).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά ξύλου ως υλικού προς αξιοποίηση

Τα δομικά χαρακτηριστικά του ξύλου, η χημική του σύσταση, η περιεκτικότητά του σε εκχυλίσματα και η παρουσία ή όχι σφαλμάτων, καθορίζουν τις φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου και, γενικά, τη συμπεριφορά του κατά την αξιοποίηση σε διάφορα προϊόντα και κατασκευές. Το ξύλο κάθε δασοπονικού είδους, εκτός από ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά που είναι κοινά για όλα τα ξύλα, παρουσιάζει διαφοροποιήσεις και ιδιαίτερες στη δομή του, που έχουν αντίκτυπο στις ιδιότητές του και στην καταλληλότητά του για διάφορες χρήσεις. Με τον όρο «ξύλο» δεν μπορούμε να εννοούμε ένα υλικό, αλλά πολλά υλικά, όσα είναι και τα δασοπονικά είδη, επειδή ακριβώς υπάρχουν μεταξύ τους διαφοροποιήσεις δομής. Η ιδιαίτερη δομή κάθε ξύλου διαφοροποιεί τις τιμές των ιδιοτήτων του που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό και τις τελικές χρήσεις (Tsoumis 1991, Βουλγαρίδης 2007).

Κάθε ιδιότητα ξύλου αποτελεί και ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό που έχει διαφορετική σημασία και βαρύτητα μεταξύ χρήσεων. Η λεπτομερής γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών για κάθε ξύλο προσδιορίζει το βαθμό καταλληλότητάς του για μια συγκεκριμένη χρήση, αλλά και η ικανοποίηση συγκεκριμένων απαιτήσεων μιας χρήσης διευκολύνει την επιλογή του είδους ή των ειδών ξύλου για τη χρήση αυτή. Τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά κατά τις κατεργασίες και την αξιοποίησή του είναι: η πυκνότητα, το πορώδες, η υγροσκοπικότητα, οι διαστασιακές μεταβολές και σταθερότητα, η μηχανική αντοχή, η μηχανική κατεργασία, η συγκόλληση, η βαφή, η θερμομόνωση και ηχομόνωση, οι ηλεκτρικές ιδιότητες, η ανισοτροπία, η συμπεριφορά του ξύλου στην ξήρανση και η φυσική αντοχή του ξύλου.

Επίλογος

Η ποιότητα του παραγόμενου ξύλου από τα δάση εξαρτάται από πλήθος παραγόντων (π.χ. κλιματικούς, εδαφικούς, βιολογικούς, γενετικούς και εξέλιξης των ειδών) και ο άνθρωπος μπορεί να την

επηρεάσει σε περιορισμένο βαθμό με δασοκομικά και γενετικής φύσεως μέτρα. Από υλοχρηστική άποψη, το ξύλο παρουσιάζει μειονεκτήματα αλλά και σημαντικά πλεονεκτήματα που το κάνουν ακόμη και σήμερα ασυναγώνιστο ως πρώτη ύλη προϊόντων και κατασκευών. Κατά τη χρησιμοποίηση του ξύλου ως πρώτη ύλη για διάφορα προϊόντα και κατασκευές, απαιτείται η κατάλληλη αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων και η αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του στο έπακρο. Η ποιότητα και η μεταβλητότητα της δομής του κάθε ξύλου επηρεάζει αποφασιστικά τις ιδιότητες και τις χρήσεις του ξύλου, την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και την επιλογή του είδους χρήσεώς του. Για το λόγο αυτόν, είναι απαραίτητη η καλή και ακριβής γνώση των ιδιαίτερων ποιοτικών χαρακτηριστικών του και, μάλιστα, για κάθε δασοπονικό είδος χωριστά, επειδή παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ειδών, ώστε αυτό να αξιοποιείται ορθολογικά και να αποφεύγεται η σπατάλη του πολύτιμου αυτού υλικού.

Η απόληψη του ξύλου από παραγωγικά δάση για την κάλυψη πολλών απαραίτητων αναγκών του ανθρώπου μπορεί άριστα να συνδυασθεί με τον περιβαλλοντικό ρόλο που σήμερα γίνεται ολοένα και περισσότερο έντονος, εφόσον η διαχείριση και αξιοποίηση των δασών γίνεται με βάση τις αρχές της δασολογικής επιστήμης που περιλαμβάνει την αρχή της αειφορίας και τη δυνατότητα πολλαπλής χρήσης τους.

Βιβλιογραφία

A. Ελληνική

Αδαμόπουλος, Σ., Η. Βουλγαρίδης, και Κ. Πασιαλής. 2001. Ποιοτικά χαρακτηριστικά ξύλου ακακίας (*Robinia pseudoacacia* L.). Δασική Έρευνα 14:63-72.

Βουλγαρίδης, Η. 2007. Ποιότητα Ξύλου (Πανεπιστημιακές Παραδόσεις). ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Πασιαλής, Κ.Ν. 1984. Το υγρό εγκάρδιο της υβριδογενούς ελάτης (*Abies cephalonica* × *A. alba*, *populus hybridogenus*) του δάσους Περτουλίου. Διδακτορική διατριβή. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

B. Ξενόγλωσση

Adamopoulos, S., and E. Voulgaridis. 2002. Within-tree variation in growth rate and cell dimensions in the wood of black locust (*Robinia pseudoacacia*). International Association of Wood Anatomists (IAWA) Journal 23:191-199.

Adamopoulos, S., E. Voulgaridis, and C. Passialis. 2005. Variation of certain chemical properties

- within the stemwood of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 63:327-333.
- Adamopoulos, S., C. Passialis, and E. Voulgaridis. 2007. Strength properties of juvenile and mature wood in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Wood Fiber Science* 39:241-249.
- Adamopoulos, S., E. Milios, D. Doganos, and I. Bistinas. 2009. Ring width, latewood proportion and dry density in stems of *Pinus brutia* Ten. *European Journal of Wood Production* 67:471-477.
- Adamopoulos, S., C. Passialis, and E. Voulgaridis. 2010a. Ring width, latewood proportion and density relationships in black locust wood of different origin and clones. *International Association of Wood Anatomists (IAWA) Journal* 31:169-178.
- Adamopoulos, S., M. Chavenetidou, C. Passialis, and E. Voulgaridis. 2010b. Effect of cambium age and ring width on density and fibre length of black locust and chestnut wood. *Wood Research-Slovakia* 55:25-36.
- Adamopoulos, S., A. Karageorgos, C. Passialis, and M. Chavenetidou. 2011. Mathematical approach for defining juvenile-mature wood transition zone in black locust and chestnut. *Wood and Fiber Science* 43:336-342.
- Antonova, G.F., and V.V. Stasova. 1993. Effects of environmental factors on wood formation in Scots pine stems. *Trees-Structure and Function* 7: 214-219.
- Barnett, J.R., and G. Jeronimidis. 2003. *Wood Quality and its Biological Basis*. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press, UK.
- Brashaw, B.K., V. Bucur, F. Divos, R. Gonçalves, J. Lu, R. Meder, R.F. Pellerin, S. Potter, R.J. Ross, X. Wang, and Y. Yin. 2009. Nondestructive testing and evaluation of wood: a worldwide research update. *Forest Production Journal* 59:7-14.
- Butterfield, B.G. 2003. Wood anatomy in relation to wood quality. Pages 30-52 in J. R. Barnett, and G. Jeronimidis, editors. *Wood Quality and Its Biological Basis*. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press, UK.
- Cameron, A.D., and R.A. Dunham. 1999. Strength properties of wind and snow damaged stems of *Picea sitchensis* and *Pinus sylvestris* in comparison with undamaged trees. *Canadian Journal of Forest Research* 29:595-599.
- Ceulemans, R., M.E. Jach, R. van De Velde, J.X. Lin, and M. Stevens. 2002. Elevated atmospheric CO₂ alters wood production, wood quality and wood strength of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) after three years of enrichment. *Global Change Biology* 8:153-162.
- Clark III, A., R.F. Daniels, and J.H. Miller. 2006. Effect of controlling herbaceous and woody competing vegetation on wood quality of planted loblolly pine. *Forest Production Journal* 56:40-46.
- Duff, G.H., and N.J. Nolan. 1953. Growth and morphogenesis in the Canadian forest species. *Canadian Journal of Botany* 31:471-513.
- Eaton, R.A., and M.C.D. Hale. 1993. *Wood: Decay, Pests and Protection*; 1st ed. Chapman & Hall, Cambridge.
- EN 338:2009. Structural timber. Strength classes.
- EN 384:2004. Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.
- EN 518:1995. Structural timber. Grading. Requirement for visual strength grading standards.
- EN 519:1995. Structural timber. Grading. Requirement for machine strength grading standards and grading machine.
- EN 975-1:1996. Sawn timber. Appearance grading of hardwoods. Part 1: Oak and beech.
- EN 975-2: 2004. Sawn timber. Appearance grading of hardwoods. Part 2: Poplars.
- EN 1316-1:1997. Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 1: Oak and beech.
- EN 1316-2:1997. Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 2: Poplar.
- EN 1316-3:1997. Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 3: Ash and maples and sycamore.
- EN 1611-1:1999. Sawn timber. Appearance grading of softwoods. Part 1: European spruces, firs, pines and douglas firs.
- EN 1912:1998. Structural timber. Strength classes. Assignment of visual grades and species.
- EN 1927-1:1998. Qualitative classification of softwood round timber. Part 1: Spruces and firs.
- EN 1927-2:1998. Qualitative classification of softwood round timber. Part 2: Pines.
- EN 1927-3:1998. Qualitative classification of softwood round timber. Part 3: Larches and douglas fir.
- Evans II, J.W., J.F. Senft, and D. Green. 2000. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Production Journal* 50:75-87.

- Gindl, W., M. Grabner, and R. Wimmer. 2001. Effects of altitude on tracheid differentiation and lignification of Norway spruce. *Canadian Journal of Botany* 79:815-821.
- Gregory, R.A., and B.L. Wong. 1983. The effect of defoliation on the production and differentiation of wood elements following defoliation and re-flushing in *Acer saccharum*. Pages 6-7 in A. Pizzi, editor. Proceedings of the International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) all-Division 5 Conference, June 27-July 5 1983. Madison, Wisconsin.
- Kanat, M., A. Hakki, and F. Sivrikaya. 2005. Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science* 62:91-94.
- Koubaa, A., N. Isabel, S.Y. Zhang, J. Beaulieu, and J. Bousquet. 2005. Transition from juvenile to mature wood in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.). *Wood Fiber Science* 37:445-455.
- Larson, R.P., D.E. Kretschmann, A. Clark III, and J.G. Isebrands. 2001. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. General Technical Reports, FPL-GTR-129. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Levi, M.P. 1981. A guide for using beetle-killed southern pine based on tree appearance. U.S. Department of Agriculture, Agric. Handb. 572, Washington D.C.
- Little, E.L., and W.B. Critchfield. 1969. Subdivisions of the genus *Pinus* (Pines). U.S. Department of Agriculture, Misc. Pub. No. 1144.
- Mc Nab, W.H. 1983. Total tree and product weight of beetle-killed loblolly pines in Northeast Georgia. Georgia Forestry Commission, Georgia Forest Research Paper 42.
- Motta, R., and P. Nola. 1996. Fraying damages in the subalpine forest of Paneveggio (Trento, Italy): a dendroecological approach. *Forest Ecology and Management* 88:81-86.
- Mutz, R., E. Guilley, U.H. Sauter, and G. Nepveu. 2004. Modelling juvenile-mature wood transition in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using nonlinear mixed-effects models. *Annals of Forest Science* 61:831-841.
- Passialis, C., and A. Kiriazakos. 2004. Juvenile and mature wood properties of naturally-grown fir trees. *Holz als Roh- und Werkstoff* 62:476-478.
- Passialis, C., E. Voulgaridis, S. Adamopoulos, and M. Matsouka. 2008. Extractives, acidity, buffering capacity, ash and inorganic elements of black locust wood and bark of different clones and origin. *Holz als Roh- und Werkstoff* 66:395-400.
- Pearson, R.G., R.J. Weir, and W.D. Smith. 1980. Utilization of pine thinnings. Page 27 in Proceedings Southern Forest Economics Workers Workshop "Thinning Southern pine plantations: integrating economics and biology", March 3-5, 1980, Long Beach, Mississippi.
- Pereira, H., J. Graca, and J.C. Rodrigues. 2003. Wood chemistry in relation to quality. Pages 53-86 in J.R. Barnett, and G. Jeronimidis, editors. *Wood Quality and Its Biological Basis*. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press, UK.
- Powers, R.F. 2002. Effects of soil disturbance on the fundamental, sustainable productivity of managed forests. U.S. Department of Agriculture, Forest Service General Technical Reports PSW-GTR-183.
- Plomion, C., G. Leprovost, and A. Stokes. 2001. Wood formation in trees. *Plant Physiology* 127:1513-1523.
- Raymond, C. A., and A. Muneri. 2000. Effect of fertilizer on wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 136-144.
- Robertson, A. 1990. Directionality of compression wood in balsam fir wave forest trees. *Canadian Journal of Forest Research* 20:1143-1148.
- Sakamoto, Y., and A. Kato. 2002. Some properties of the bacterial wetwood (watermark) in *Salix sachalinensis* caused by *Erwinia saliciawa*. *International Association of Wood Anatomists (IAWA) Journal* 23:179-190.
- Saranpää, P. 2003. Wood density and growth. Pages 87-117 in J.R. Barnett, and G. Jeronimidis, editors. *Wood quality and its biological basis*. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press, UK.
- Savidge, R.A. 2003. Tree growth and wood quality. Pages 1-29 in J.R. Barnett, and G. Jeronimidis, editors. *Wood quality and its biological basis*. Blackwell Publishing Ltd, CRC Press, UK.
- Schweingruber, F.H. 1996. *Tree rings and environment*. Paul Haupt, Bern.
- Timmel, T.E. 1986. *Compression wood in gymnosperms*. Springer-Verlag, Berlin.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. Chapman and Hall, New York.
- Tsoumis, G., and N. Panagiotidis. 1980. Effect of growth conditions on wood quality characteristics of black pine (*Pinus nigra* Arn.). *Wood Science Technology* 14:301-310.

Usta, I. 2006. Comparative characterization of the effects of the climate-tree-growth relationship in Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] on wood treatability. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 305-315.

Usta, I., and M.D. Hale. 2003. Radial permeability of Sitka spruce as affected by wood structure. *International Association of Wood Anatomists (IAWA) Journal*. *Journal* 24:197-204.

Wilkinson, J.G. 1979. *Industrial Timber Preservation*. Associated Business Press, London.

Wimmer, R., and G.M. Downes. 2003. Temporal variation of the ring width-wood density relationship in Norway spruce grown under two levels of anthropogenic disturbance. *International Association of Wood Anatomists (IAWA) Journal* 24: 53-61.

Zhu, J., T. Nakano, and Y. Hirakawa. 2000. Effects of radial growth rate on selected indices for juvenile and mature wood of the Japanese larch. *Journal of Wood Science* 46:417-422.

Zobel, B.J. 1980. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. Pages 169-188 in J. Bauch, editor. *Proceedings of International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Conference*, April 8-16, Division 5. Oxford.

Zobel, B.J., and J. van Buijtenen. 1989. *Wood variation: its causes and control*. Springer Series in Wood Science. Springer, New York.

Zobel, B.J., and J.R. Sprague. 1998. *Juvenile wood in forest trees*. Springer-Verlag, New York.

8. Λιβαδικά οικοσυστήματα και προοπτικές αιεφορικής διαχείρισης

Απόστολος Π. Κυριαζόπουλος, Ελένη Μ. Αβραάμ,
Μιχαήλ Σ. Βραχνάκης, Ζωή Μ. Παρίση

Tα λιβάδια στην Ελλάδα είναι φυσικά ή ημιφυσικά οικοσυστήματα και καλύπτουν το 40% της χερσαίας επιφάνειας, αποτελώντας τον μεγαλύτερο φυσικό πόρο της χώρας. Στις λιβαδικές εκτάσεις της Ελλάδας, όπως σε όλη τη Μεσόγειο, ασκείται ως κύρια δραστηριότητα η βόσκηση των αγροτικών ζώων, η οποία αποτελεί αναπόσπαστο και καθοριστικό στοιχείο των οικοσυστημάτων αυτών. Η διαχείρισή τους θα πρέπει να γίνεται με τις αρχές: α) της αιεφορίας των οικοσυστημάτων, β) της φυσικής αναγέννησης, γ) των πολλαπλών σκοπών και δ) της προστασίας. Έτσι, αναμένεται να συμβάλουν ουσιαστικά στην ποιότητα του περιβάλλοντος, αλλά και στη βελτίωση της παραγωγής και της ποιότητας των ζωοκομικών προϊόντων. Επιπλέον, τα λιβαδικά οικοσυστήματα έχουν τεράστια σημασία για τη διατήρηση της χλωριδικής και γενετικής ποικιλότητας και για την άγρια ζωή. Η κανονική βόσκηση, μάλιστα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως διαχειριστικό εργαλείο σε αρκετές προστατευόμενες περιοχές. Παράλληλα, τα λιβάδια παράγουν αγαθά και υπηρεσίες όπως καυσόξυλα, φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά, μέλι, αναψυχή κ.ά. Πολλές φορές, όμως, υπάρχει υποβάθμιση των οικοσυστημάτων αυτών, η οποία σχετίζεται κυρίως με την ανεπαρκή διαχείρισή τους. Για την ορθολογική αξιοποίηση των λιβαδιών, βασική προϋπόθεση αποτελεί η ολοκλήρωση της απογραφής τους και η εκπόνηση ειδικών διαχειριστικών μελετών με βάση τον περιβαλλοντικό τους ρόλο και την πρόβλεψη αξιοποίησης των λοιπών χρήσεών τους. Οι ειδικές αυτές διαχειριστικές μελέτες θα πρέπει να εντάσσονται σε μία ολοκληρωμένη μελέτη διαχείρισης των φυσικών πόρων μίας περιοχής.

Λέξεις κλειδιά: βιοποικιλότητα, εκτατική κτηνοτροφία, οικοσυστημική αντίληψη, ορθολογική ανάπτυξη, πολυλειτουργικότητα

Γενικά χαρακτηριστικά λιβαδικών οικοσυστημάτων στην Ελλάδα

Ως λιβαδικό οικοσύστημα, εννοείται η φυσική ή ημι-φυσική οργανωμένη και λειτουργική μονάδα στην οποία υπάρχει συνεχής ροή ενέργειας και κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των ζωντανών (βιοτικών) και μη (αβιοτικών) μερών της. Στη μονάδα αυτή, συνήθως συγκομίζεται η πρωτογενής παραγωγή (υπέργεια βιομάζα) είτε από τον άνθρωπο (μέσω τακτικής χορτονομής), είτε σε μεγάλο βαθμό από τα αγροτικά και άγρια ζώα (βοσκώσιμη ύλη) μέσω της βόσκησης, είτε από το συνδυασμό αυτών των δύο δραστηριοτήτων.

Η ποικιλία των κλιματεδαφικών συνθηκών, αλλά και η ιστορική χρήση των λιβαδιών της χώρας μας από αρχαιότερων χρόνων, έχει συντελέσει στην

ύπαρξη διαφορετικών λιβαδικών τύπων (ποολίβαδα, φρυγανολίβαδα, θαμνολίβαδα και δασολίβαδα) και υποτύπων. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της EUROSTAT (2010), η ποσοστιαία κάλυψη των ποολίβαδων και των θαμνολίβαδων ανέρχεται στο 34% (33% δάση και λοιπές δασικές εκτάσεις, 24% γεωργικές καλλιέργειες) και αποτελεί το μεγαλύτερο κλάσμα τύπου/χρήσεων γης. Αν δε στο ποσοστό αυτό προσμετρηθούν και τα αντίστοιχα των δασολίβαδων και φρυγανολίβαδων, αναμένεται το σύνολο των λιβαδιών στην Ελλάδα να υπερβεί το 40%. Έτσι, τα λιβάδια αποτελούν εκτεταμένο φυσικό πόρο και συμβάλλουν στην τοπική και εθνική οικονομία και πολιτισμό.

Οι λιβαδικές εκτάσεις της χώρας είναι σχεδόν στο σύνολό τους φυσικές ή ημιφυσικές και χαρακτηρίζονται από ποικιλία βοτανικής σύνθεσης και μεγάλο αριθμό ειδών. Στις λιβαδικές εκτάσεις της

Ελλάδας, όπως και της Μεσογείου, ασκείται ως κύρια δραστηριότητα η βόσκηση σε εκτατική ή ημι-εκτατική μορφή. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αν αναλογιστεί κανείς ότι στα αντίστοιχα λιβάδια της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης (π.χ. Τσεχία και Σλοβακία) έχει εκλείψει σχεδόν ολοκληρωτικά η βόσκηση (με εξαίρεση ίσως τον πυρήνα των Άλπεων), με αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη απουσία οικοτόνων, όπως π.χ. τα θαμνολίβαδα. Κατά την έννοια αυτή, στη χώρα μας αλλά και στις μεσογειακές χώρες η βόσκηση αποτελεί αναπόσπαστο και καθοριστικό στοιχείο των φυσικών και ημι-φυσικών λιβαδικών οικοσυστημάτων. Αντίθετα, τα τεχνητά, κυρίως, λιβάδια της κεντρικής Ευρώπης¹ διατηρούνται με την κοπή και τη συγκομιδή της φυτομάζας.

Η ποικιλία λιβαδικών τύπων συνδέεται και με την αυξημένη βιοποικιλότητα που παρουσιάζουν τα λιβάδια. Η αυξημένη χλωριδική ποικιλότητα των ελληνικών και, γενικά, των μεσογειακών λιβαδικών οικοσυστημάτων έναντι εκείνων των κεντρο- και βορειο-Ευρωπαϊκών χωρών (Vrahnakis et al. 2010), αποδίδεται τόσο στην ποικιλία μικροπεριβαλλόντων, όσο και στην ικανότητα των φυτών να προσαρμόζονται στη μακροαίωνα χρήση των λιβαδιών. Παράλληλα με τη χλωριδική ποικιλότητα, αυξημένη είναι και η πανιδική ποικιλότητα, καθώς πλήθος μεγάλων και μικρών ζωικών οργανισμών χρησιμοποιεί τους λιβαδικούς πόρους.

Λιβαδικά οικοσυστήματα και περιφερειακή αγροτική ανάπτυξη

Λιβαδικά οικοσυστήματα και κτηνοτροφία

Η κτηνοτροφία αποτελεί κλάδο της πρωτογενούς παραγωγής με ιδιαίτερη σημασία για την εθνική οικονομία. Με βάση τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, η συνεισφορά της γεωργίας στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν ανέρχεται περίπου στο 7% την τελευταία δεκαετία, με ετήσιες αυξομειώσεις και χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα προϊόντα μεταποίησης του γεωργικού τομέα. Η συμμετοχή της ζωικής παραγωγής στην Ακαθάριστη Αξία Παραγωγής του γεωργικού τομέα φθάνει μόλις το 26%. Από την άλλη πλευρά, το ισοζύγιο εισαγωγών/εξαγωγών είναι ελλειμματικό, με αυξητική τάση κυρίως για τα ζωοκομικά προϊόντα, οι εισαγωγές των οποίων αποτε-

λούν τη δεύτερη μεγαλύτερη εκροή οικονομικών πόρων μετά τις εισαγωγές των καυσίμων (Βακάκης 2007).

Τα φυσικά λιβάδια μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στην αύξηση της ζωικής παραγωγής, αλλά και στην ποιότητα των ζωοκομικών προϊόντων. Στο σύνολο της ακαθάριστης αξίας της ζωικής παραγωγής, πρωτεύουσα θέση κατέχει η αιγοπροβατοτροφία με 58,7%, ακολουθεί η βοοτροφία με 19,3%, η πτηνοτροφία με 9,9%, η χοιροτροφία με 7,8% και οι υπόλοιποι τομείς με 4,5% (Σκιαδάς 2007). Η αιγοπροβατοτροφία παραδοσιακά αποτελούσε έναν δυναμικό κλάδο της κτηνοτροφίας για τη χώρα μας. Στον κλάδο αυτόν, περισσότερο από όλους τους άλλους κλάδους της κτηνοτροφίας, η διατροφή των ζώων στηριζόταν κατά μεγάλο ποσοστό στα φυσικά λιβάδια σε εκτατικά και ημι-εκτατικά συστήματα εκτροφής, αξιοποιώντας τις ημιορεινές και ορεινές περιοχές όπου βρίσκονται οι περισσότερες λιβαδικές εκτάσεις. Τα τελευταία χρόνια, όμως, υπήρξε μία στροφή προς περισσότερο εντατικά συστήματα εκτροφής σε σταβλισμένες μονάδες (Σκιαδάς 2007). Τα συστήματα αυτά για την αιγοπροβατοτροφία υιοθετήθηκαν κυρίως μετά την ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις επιδοτήσεις που δόθηκαν ως κίνητρο για αύξηση της παραγωγής. Η στροφή αυτή, όμως, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής των ζωοκομικών προϊόντων λόγω της αύξησης κυρίως του κόστους διατροφής των ζώων. Το κόστος διατροφής των ζώων αυξήθηκε, διότι οι συμπυκνωμένες και συγκομισμένες τροφές που χρησιμοποιούνται, είτε εισάγονταν είτε έπρεπε να μεταφερθούν από μακρινές αποστάσεις, δεδομένης της έλλειψης οργάνωσης και συντονισμού της ζωικής και φυτικής παραγωγής σε τοπικό επίπεδο (Βακάκης 2007).

Σήμερα, όμως, η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο θέμα των επιδοτήσεων στη γεωργία και κτηνοτροφία έχει αλλάξει ριζικά. Επιπλέον, η αύξηση της χρησιμοποίησης γενετικά τροποποιημένων φυτικών προϊόντων στη διατροφή των ζώων, η έξαρση των ζωνόσων αλλά και η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση για την προστασία του περιβάλλοντος, διαμόρφωσαν μια καταναλωτική τάση που εστιάζει στην ποιότητα των ζωοκομικών προϊόντων. Αυτή η τάση, υποστηριζόμενη από εκδηλωμένη πολιτική βούληση, ευνόησε την ανάπτυξη και διάδοση των συστημάτων εκτατικής και ημιεκτατικής εκτροφής (Gibon 2005), τα οποία ικανοποιούν

¹ Χρησιμοποιούνται οι όροι μόνιμο λιβάδι (permanent grassland) και προσωρινό λιβάδι (temporary grassland), όπως έχουν καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (κανονισμός ΕΕ No 796/2004), κυρίως για τα πλαίσια της πολιτικής των επιδοτήσεων. Τα μόνιμα λιβάδια είναι εκτάσεις με φυτικά είδη που αναπτύσσονται φυσικά ή καλλιεργούνται για τροφή των ζώων για περισσότερο από πέντε χρόνια, ενώ τα προσωρινά για λιγότερο (Reheul et al. 2007).

σε μεγαλύτερο βαθμό τις σύγχρονες τάσεις παραγωγής ποιοτικών προϊόντων και προϊόντων βιολογικής ή ολοκληρωμένης εκτροφής (Σκιαδάς 2007).

Με βάση τα νέα δεδομένα που έχουν διαμορφωθεί σε ευρωπαϊκό αλλά και σε εθνικό επίπεδο, η ελληνική κτηνοτροφία, για να γίνει ανταγωνιστική, θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ποιότητα των παραγόμενων ζωοκομικών προϊόντων και να εκμεταλλευθεί τα συγκριτικά πλεονεκτήματά της έναντι των άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Αυτά είναι οι κλιματικές συνθήκες, τα φυσικά λιβάδια με την πλούσια φυτοποικιλότητα και οι αυτόχθονες φυλές ζώων που είναι προσαρμοσμένες σε συγκεκριμένες περιόχες. Αυτό σημαίνει επιστροφή στα παραδοσιακά εκτατικά και ημικτατικά συστήματα εκτροφής, στα οποία η διατροφή των ζώων στηρίζεται κυρίως στα φυσικά λιβάδια, με χαμηλότερο κόστος συγκριτικά με τις συμπυκνωμένες και συγκομισμένες ζωοτροφές. Έτσι, θα μειωθεί το κόστος διατροφής των ζώων και, κατά συνέπεια, το κόστος παραγωγής των ζωοκομικών προϊόντων. Εκτός, όμως, από τους οικονομικούς λόγους, η απευθείας βόσκηση των φυσικών λιβαδιών συμβάλλει ουσιαστικά στην υγιεινή των ζώων και, κατά συνέπεια, στην καλύτερη ποιότητα των ζωοκομικών προϊόντων (Νάσσης 1994). Επιπλέον, η ποιότητα των ζωοκομικών προϊόντων, γενικά, βελτιώνεται με την αύξηση της ποικιλότητας των φυτικών ειδών που καταναλώνουν τα ζώα στα λιβαδικά οικοσυστήματα (Παπαναστάσης και Ισπικούδης 2006).

Τα φυσικά λιβάδια, εκτός από τη μεγάλη ποικιλότητα φυτικών ειδών, χαρακτηρίζονται και από μεγάλη διαφοροποίηση ως προς τη σύνθεση των ειδών ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και το υψόμετρο (Βραχνάκης κ.ά. 2003, Abraham et al. 2009) στο οποίο βρίσκονται. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι κάθε φυσικό λιβάδι χαρακτηρίζεται από τη χλωρίδα του, η οποία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, από τα οποία επηρεάζεται και η προτίμηση που δείχνουν γι' αυτή τα βόσκοντα ζώα (Παπαναστάσης και Ισπικούδης 2006). Η χλωρίδα του κάθε λιβαδιού είναι αυτή που προσδίδει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως χρώμα και γεύση στο γάλα (Coulon et al. 2004) και στο κρέας (Priolo et al. 2001) των ζώων που βόσκουν σε αυτό. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή προϊόντων με «Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης - ΠΟΠ» ή με «Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη - ΠΓΕ». Η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών, βάσει των άρθρων 2 και 4 του κανονισμού της ΕΕ 2018/92, οφείλονται κυρίως ή αποκλειστικά στο γεωγραφικό περιβάλλον (που περιλαμβάνει τους φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες), και η παραγωγή, η μεταποίηση και η επεξεργασία λαμβάνουν χώρα στην οριοθετημένη γεωγραφική περιο-

χή. Τα προϊόντα αυτά έχουν κερδίσει τους καταναλωτές κυρίως στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η ζήτησή τους διαρκώς αυξάνει (Gibon 2005).

Ο στόχος της παραγωγής ποιοτικών ζωοκομικών προϊόντων με σχετικά χαμηλό κόστος μπορεί να επιτευχθεί όταν η διατροφή των ζώων στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στα φυσικά λιβάδια. Το ερώτημα, όμως, είναι κατά πόσο μπορούν τα φυσικά λιβάδια να καλύψουν τις ανάγκες των ζώων σε τροφή, με βάση τη λιβαδική κατάσταση, την παραγωγή και την ποιότητα βοσκήσιμης ύλης που προσφέρουν. Η πραγματικότητα είναι ότι η ποσότητα και ποιότητα της βοσκήσιμης ύλης που παράγεται στα φυσικά λιβάδια σήμερα υπολείπεται του παραγωγικού δυναμικού τους. Με βάση αυτό το δεδομένο, δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των ζώων σε πολλές περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται σε πολλούς λόγους, διαφορετικούς σε κάθε περιοχή. Ο κοινός παρονομαστής σε όλες τις περιπτώσεις είναι η έλλειψη διαχείρισης.

Το πρόβλημα της αξιοποίησης των φυσικών λιβαδιών προς όφελος της κτηνοτροφίας που πηγάζει από το κοινόχρηστο καθεστώς βόσκησης θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με τη χωροταξική και ορθολογικά σχεδιασμένη οργάνωση λιβαδικών μονάδων ή, σύμφωνα με την τελευταία τάση, πυρήνων κτηνοτροφίας (π.χ. κτηνοτροφικά πάρκα). Στην τελευταία περίπτωση, προϋποθέσεις αποτελούν ο ορισμός της κτηνοτροφικής ζώνης, η χωροταξική μελέτη οργάνωσής της και, κυρίως, ο σεβασμός και η παρακολούθηση συμμόρφωσης στους περιβαλλοντικούς όρους που πρέπει να συνοδεύουν μία τέτοια έγκριση. Ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στην υγιεινή των ζώων για την αποφυγή διασποράς ασθενειών· επίσης, στην αποφυγή της περιβαλλοντικής υποβάθμισης των εγγύτερων στους κτηνοτροφικούς πυρήνες λιβαδιών, δηλαδή της αποφυγής «πυροσφαιρικών» χαρακτηριστικών στο τοπίο (Washington-Allen et al. 2003). Τέλος, ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να ληφθεί στην ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων των μονάδων, για την αποφυγή σημειακής υπερφόρτωσης νιτρικών στο έδαφος και στους υπόγειους υδροφόρους.

Αγροδασοπονία

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διαπιστώθηκε από την επιστημονική κοινότητα ότι η εντατική αξιοποίηση εκτάσεων για μόνο μια χρήση (γεωργία, κτηνοτροφία, δασοπονία) αποδείχτηκε σε αρκετές περιπτώσεις καταστροφική για το περιβάλλον και όχι επαρκώς παραγωγική. Αναπτύχθηκε, έτσι, σε πολλές περιοχές του πλανήτη με διαφορετικές περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες, ενδιαφέρον για παραδοσιακές διαχειριστικές πρακτικές όπως είναι τα αγροδασοπονικά συστήματα.

Ο όρος Αγροδασοπονία (Agroforestry) αναφέρεται στα αειφόρα εκείνα συστήματα διαχείρισης της γης που αυξάνουν τη συνολική παραγωγή συνδυάζοντας, συγχρόνως ή διαδοχικά, ποώδη και δενδρώδη φυτά, πιθανότατα δε και αγροτικά ζώα (Mac Dicken and Vergana 1990). Στα συστήματα αυτά εφαρμόζονται τρόποι διαχείρισης συμβατοί με την παραδοσιακή καλλιεργητική πρακτική. Κύρια συστατικά της Αγροδασοπονίας είναι: α) τα ποώδη γεωργικά ή λιβαδικά φυτά, β) τα καρποφόρα ή δασικά δένδρα και γ) τα αγροτικά ζώα. Για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα αγροδασοπονικό είναι απαραίτητη η παρουσία των δένδρων. Ανάλογα με το βαθμό παρουσίας των συστατικών τους, τα αγροδασοπονικά συστήματα σύμφωνα με τον Nair (1985) διακρίνονται σε:

α) *Δασογεωργικά (Silvo-arable)*, όπου υπάρχει συνδυασμός δένδρων και ποωδών γεωργικών φυτών ή αμπέλου. Στα δασογεωργικά συστήματα τα δένδρα είναι δασικά ή οπωροφόρα. Τα δασικά είδη διατηρήθηκαν μετά την αλλαγή της χρήσης γης από δάσος σε γεωργική καλλιέργεια ή φυτεύονται για παραγωγή ξυλείας. Τα οπωροφόρα φυτεύονται για παραγωγή κυρίως καρπών και δευτερευόντως καυσόξυλων ή/και ζωοτροφών. Τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλη σημασία για τη διατήρηση της ποικιλότητας στο αγροτικό τοπίο.

β) *Δασολιβαδικά (Silvo-pastoral)*, όπου υπάρχει συνδυασμός δένδρων και ποωδών λιβαδικών φυτών που βόσκονται από αγροτικά ζώα. Τα δασολιβαδικά συστήματα διακρίνονται σε φυσικά και τεχνητά. Στα φυσικά ανήκουν τα δασολιβαδικά (λιβαδικά οικοσυστήματα, μέσα στα οποία φύονται διάσπαρτα μεμονωμένα άτομα, συδενδρίες ή λόχμες δασικής δενδρώδους βλάστησης (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992), ενώ στα τεχνητά ανήκουν δενδροφυτείες (ελαιώνες, λευκοκαλλιέργειες κ.ά.) με ποώδη υπόροφο που βόσκειται. Πλεονεκτήματα που έχουν τα δασολιβαδικά συστήματα στη Μεσογειακή ζώνη είναι η συνήθως μεγαλύτερη παραγωγή βοσκήσιμης ύλης (Kyriazopoulos et al. 2006) σε σχέση με αυτή γειτονικών ανοικτών εκτάσεων, λόγω της αυξημένης εδαφικής υγρασίας που δημιουργεί η σκίαση των δένδρων. Επίσης, η θρεπτική αξία της βοσκήσιμης ύλης που παράγεται στα συστήματα αυτά συνήθως είναι υψηλότερη (Koukoura et al. 2009), λόγω του ότι τα σκιαζόμενα φυτά βρίσκονται σε πρωιμότερο φαινολογικό στάδιο. Ακόμη, στα δασολιβαδικά συστήματα η βιοποικιλότητα ενισχύεται λόγω της ποικιλίας των μικροπεριβαλλόντων που δημιουργούνται από την παρουσία των δένδρων (Mosquera-Losada et al. 2005).

γ) *Αγροδασολιβαδικά (Agro-silvo-pastoral)*, όπου συνυπάρχουν δένδρα με γεωργικές ποώδεις καλλιέργειες και αγροτικά ζώα. Τα ζώα μπορεί να βό-

σκουν μετά τη συγκομιδή των καλλιεργειών ή στα όρια των αγρών. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλά δασογεωργικά συστήματα της χώρας μας είναι στην ουσία αγροδασολιβαδικά (Mantzanas et al. 2004, Kyriazopoulos and Arabatzis 2006), καθώς η βόσκηση μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας αποτελεί συνήθη πρακτική.

Τα αγροδασοπονικά συστήματα είναι αρκετά διαδεδομένα στην Ελλάδα. Είναι τεκμηριωμένο ότι είναι μείζονος σημασίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και του αγροτικού τοπίου. Είναι, συνεπώς, αναγκαία η προστασία τους, η μελέτη τους, αλλά και η διατύπωση προτάσεων που θα συμβάλουν στην ορθολογική τους διαχείριση (Μαντζανάς κ.ά. 2006, Κυριαζόπουλος 2007).

Άγρια πανίδα

Τα λιβαδικά οικοσυστήματα αποτελούν ενδιαίτημα για πολλά είδη της άγριας πανίδας, ιδιαίτερα αυτών που απαιτούν χαμηλή ή/και αραιή βλάστηση (Παπαγεωργίου 1995). Επιπροσθέτως, η άγρια πανίδα εξασφαλίζει τις διατροφικές της ανάγκες από τη βοσκήσιμη ύλη των λιβαδιών. Τα κλαδοφάγα ζώα (π.χ. ελάφια, ζαρκάδια) προτιμούν θαμνώδη είδη, ενώ οι λαγοί προτιμούν κυρίως ποώδη (Καρμίρης κ.ά. 2006). Τα πτηνά και οι αρκούδες προτιμούν κυρίως καρπούς και σπόρους.

Η χρησιμοποίηση της βλάστησης από την άγρια πανίδα συμβάλλει στη μεγαλύτερη αποδοτικότητα των λιβαδιών (Holechek et al. 1989, Παπαγεωργίου 2008)· γι' αυτό και η σημασία της διαχείρισης της συνδυασμένης βόσκησης των αγροτικών ζώων και της άγριας πανίδας συνεχώς αυξάνεται (Bernardo et al. 1994). Συνεπώς, οι διαχειριστές πρέπει να φροντίζουν για την ισορροπία μεταξύ της βόσκησης από αγροτικά ζώα, της διατήρησης των πληθυσμών των ειδών της άγριας πανίδας και της θηρευτικής πίεσης (Matulich and Adams 1987). Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές αλλά και οι κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες (Gilbert and Dodds 1992). Για παράδειγμα, λιβάδια υπερβοσκημένα ή με αβαθές έδαφος ή με χαμηλής ποιότητας βοσκήσιμη ύλη είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από είδη της άγριας πανίδας (Teer 1991).

Η θήρα αποτελεί χρήση των λιβαδιών (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992, Μπίρτσας κ.ά. 2010) και αναφέρεται στον Κανονισμό 882 (1987) του Συμβουλίου της Ευρώπης ως αξιοσημείωτης οικονομικής σημασίας δραστηριότητα που μπορεί να έχει ουσιαστική συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος. Με άλλα λόγια, η θηραματοπονία είναι μια δευτερεύουσα δραστηριότητα των λιβαδιών με μεγάλη οικολογική και οικονομική σημα-

σία (Παπαναστάσης 2008). Συνεπώς, η ορθολογική διαχείριση των θηραματικών πληθυσμών μπορεί να συμβάλει τόσο στην προστασία των ειδών της άγριας πανίδας, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας των λιβαδικών οικοσυστημάτων (Sage et al. 2005), όσο και στη βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών της χώρας.

Άλλες χρήσεις

Η συνήθης χρήση των λιβαδικών οικοσυστημάτων είναι η βόσκηση από τα αγροτικά ζώα και την άγρια πανίδα. Σε αυτά, όμως, μπορούν να παραχθούν ακόμη προϊόντα και υπηρεσίες με μεγάλο οικολογικό και οικονομικό ενδιαφέρον (Pitman and Holt 1983). Τέτοια προϊόντα αποτελούν η ξυλεία και τα καυσόξυλα που προέρχονται από τα ξυλώδη φυτά των θαμνολίβαδων και των δασολίβαδων. Ακόμη, η πληθώρα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που συναντώνται κυρίως στα φρυγανολίβαδα (ρίγανη, θυμάρι, μέντα κ.ά.) (Mc Kell 1980), μπορεί να αποτελέσει πηγή εισοδήματος για την τοπική κοινωνία. Επίσης, είναι γνωστό ότι τα λιβαδικά οικοσυστήματα συνεισφέρουν στην παραγωγή μελιού λόγω της συμμετοχής φυτικών ειδών με πολύχρωμα άνθη στη χλωρίδα τους (Biswell και Λιάκος 1982).

Τα λιβάδια, εκτός από τα υλικά προϊόντα, προσφέρουν και υπηρεσίες στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Πολλές δραστηριότητες υπαίθριας αναψυχής και οικοτουρισμού όπως πεζοπορία, χιονοδρομία, υπαίθρια γέυματα κ.ά. πραγματοποιούνται σε λιβαδικές εκτάσεις (Παπαχρήστου και Ισπικούδης 2003). Επίσης, τα λιβάδια ρυθμίζουν το υδατικό ισοζύγιο και συμβάλλουν στην προστασία του εδάφους από την επιφανειακή διάβρωση. Αυτό συμβαίνει διότι τα ποώδη φυτά προφυλάσσουν το έδαφος, γιατί αφενός συγκρατούν στο φύλλωμά τους τις σταγόνες της βροχής επιβραδύνοντας την ταχύτητα απορροής του νερού, αφετέρου συγκρατούν το επιφανειακό του στρώμα με τις ρίζες τους.

Βόσκηση αγροτικών ζώων σε προστατευόμενες περιοχές

Η βόσκηση των αγροτικών ζώων σε προστατευόμενες περιοχές αναφέρεται συχνά ότι συνιστά πρόβλημα για τη διατήρηση προστατευόμενων ειδών ή ενδιαιτημάτων. Χαρακτηριστικά, σε όλους τους κανονισμούς των Εθνικών Δρυμών, εκτός από αυτόν του Εθνικού Δρυμού Πρεσπών, η βόσκηση απαγορεύεται (Κακούρος 2008). Οι αρνητικές επιπτώσεις της βόσκησης σε προστατευόμενες περιοχές συσχετίζονται κυρίως με την καταστροφή της φυσικής αναγέννησης, την οπισθοδρόμηση της φυτοκοινότητας σε προγενέστερο

στάδιο διαδοχής, την πιθανή καταστροφή σπάνιων ή ενδημικών φυτικών ειδών και τον περιορισμό της διαθέσιμης τροφής για ορισμένα είδη της άγριας πανίδας.

Ωστόσο, πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει ότι η ορθολογική βόσκηση των αγροτικών ζώων μπορεί να συμβάλει θετικά στη διατήρηση προστατευόμενων ειδών ή ενδιαιτημάτων, και για το λόγο αυτόν χρησιμοποιείται ως οικολογικό εργαλείο διαχείρισης της βλάστησης διεθνώς (Papanastasis 1998, Hadar et al. 1999). Η θετική συμβολή της βόσκησης των αγροτικών ζώων στις προστατευόμενες περιοχές είναι συνέπεια της επίδρασης που έχει στη βλάστηση και στην ποικιλότητα (Clergue et al. 2005), αλλά κυρίως στη διατήρηση της μωσαϊκότητας του τοπίου (Adler et al. 2001). Συγκεκριμένα, με την ορθολογική βόσκηση, η βλάστηση διατηρείται σε κατάσταση ισορροπίας, αποτρέποντας την εξέλιξη ή την εισβολή ξυλωδών ειδών (Ispikoudis and Chouvardas 2005), με αποτέλεσμα τη διατήρηση προστατευόμενων, σπάνιων και απειλούμενων τύπων οικοτόπων, όπως π.χ. στα υγρά λιβάδια της Πρέσπας (Kazoglou et al. 2004). Ιδιαίτερα σημαντική είναι η βόσκηση και για τη διατήρηση απειλούμενων ειδών της πανίδας, καθώς συμβάλλει στη διατήρηση των ενδιαιτημάτων τους. Όπως αναφέρουν οι Clevenger et al. (1997), η αρκούδα δείχνει μεγάλη προτίμηση στους οικοτόνους μεταξύ δασών και λιβαδιών ή καλλιεργείων, το αγριόγιδο χρησιμοποιεί για διατροφή ποολιβαδικές εκτάσεις σε ορεινές περιοχές και δάση ως καταφύγιο (Herrero et al. 1996), ενώ πολλά είδη της ορνιθοπανίδας της ορεινής Μεσογείου προτιμούν μωσαϊκά τοπίων (Farina 1997). Επιπρόσθετα, η βόσκηση αγροτικών ζώων μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση του πληθυσμού των λύκων καθώς και πολλών ειδών αρπακτικών και πτωματοφάγων πτηνών που κινδυνεύουν με εξαφάνιση, καθώς λόγω των διατροφικών τους συνηθειών εξαρτώνται από την κτηνοτροφία (Simeon and Cheylan 1985, Καζαντζίδης κ.ά. 2003). Μάλιστα, η εγκατάλειψη παραδοσιακών κτηνοτροφικών πρακτικών έχει προκαλέσει τη μείωση των πληθυσμών ή και την εξαφάνιση απειλούμενων ειδών, όπως είναι οι γύπες. Έτσι, η διατήρηση των ποολίβαδων ως απαραίτητων χώρων εξεύρεσης τροφής για τα μεγάλα αρπακτικά έχει επισημανθεί ως απαραίτητη τεχνική διατήρησης των ειδών αυτών (Vrahnakis et al. 2009). Επιπροσθέτως, σε ορισμένες περιοχές (προστατευόμενες ή μη), ο περιορισμός της κτηνοτροφίας μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο ανεξέλεγκτων πυρκαγιών λόγω συσσώρευσης ξηρής βιομάζας.

Η άσκηση της βόσκησης αποτελεί εργαλείο για τη διαχείριση φυσικών οικοσυστημάτων και η επίδρασή της εξαρτάται από τον τρόπο εφαρμογής

της με βάση τις απαιτήσεις τους. Επομένως, απαιτείται η οργάνωση της βόσκησης κατά χώρο και χρόνο ώστε να ασκείται με ορθολογικό τρόπο για να συμβάλει στη διατήρηση και προστασία του οικοσυστήματος (Rook et al. 2004). Έτσι, στις προστατευόμενες περιοχές η διαχείριση της βόσκησης των αγροτικών ζώων θα πρέπει να ρυθμίζεται μέσω ειδικών μελετών διαχείρισης, σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές (Τσουγκράκης κ.ά. 2006).

Προστασία και αξιοποίηση φυτικών γενετικών πόρων

Η υψηλή ποικιλότητα ειδών των λιβαδικών οικοσυστημάτων και η σημασία της είναι γενικά αναγνωρισμένα. Αντίθετα, ο ρόλος της ποικιλότητας σε χαμηλότερο επίπεδο οργάνωσης, δηλαδή η γενετική ποικιλότητα μέσα στους πληθυσμούς και τα άτομα των ειδών, είναι λιγότερο εμφανής. Η γενετική ποικιλότητα, όμως, των ειδών είναι η απαραίτητη προϋπόθεση για την ανταπόκριση του είδους είτε στη φυσική επιλογή, μέσα από τις αλλαγές των συνθηκών του περιβάλλοντος, είτε στην κατευθυνόμενη από τον άνθρωπο επιλογή, μέσα από προγράμματα γενετικής βελτίωσης (Reed and Frankham 2003).

Η προστασία και η διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας των ειδών υπαγορεύεται από πολλούς οικολογικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και αισθητικούς λόγους (White et al. 2007). Από οικολογική άποψη, η διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας ενός είδους είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την επιβίωσή του και τη διατήρηση της ποικιλότητας και της σταθερότητας του λιβαδικού οικοσυστήματος.

Η γενετική ποικιλότητα των λιβαδικών φυτών παρέχει και οικονομικά οφέλη ως πηγή γενετικού υλικού των ειδών που καλλιεργούνται ως κτηνοτροφικά. Τα καλλιεργούμενα κτηνοτροφικά φυτά, συγκριτικά με τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας (π.χ. καλαμπόκι), ελάχιστα διαφοροποιούνται γενετικά από τους προγόνους τους που αναπτύσσονται σε φυσικούς πληθυσμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι φυσικοί πληθυσμοί των ειδών αυτών να αποτελούν πολύτιμες πηγές γενετικού υλικού οι οποίες ευχερώς μπορούν να αξιοποιηθούν σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης.

Από το σύνολο, όμως, των φυτικών ειδών που απαντώνται στα λιβαδικά οικοσυστήματα, μόνο τα 100-150 είδη έχουν καλλιεργηθεί (FAO 2010). Επομένως, υπάρχουν πολλά αναξιοποίητα είδη φυτών, οι ιδιότητες των οποίων είναι άγνωστες. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχουν είδη με φαρμα-

κευτικές και θεραπευτικές ιδιότητες, η γενετική ποικιλότητα των οποίων μελλοντικά να αξιοποιηθεί προς όφελος της ανθρωπότητας. Η γνώση της χρήσης τους θα απωλεσθεί, αν δεν προστατευτεί η γενετική τους ποικιλότητα.

Παράδειγμα περιορισμένης αξιοποίησης αποτελούν είδη της οικογένειας των ψυχανθών, κυρίως στη Μεσογειακή ζώνη. Τα είδη αυτά, περισσότερο από άλλα είδη κτηνοτροφικών φυτών, μπορούν να στηρίξουν τις σύγχρονες τάσεις της γεωργίας πολλαπλών σκοπών. Από οικονομική άποψη παράγουν υψηλής ποιότητας βοσκήσιμη ύλη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αγροδοσολιβαδικά συστήματα, σε οργανικές καλλιέργειες, σε αντιπυρικές ζώνες, και έχουν φαρμακευτικές και θεραπευτικές ιδιότητες (Sulas 2005, Μέρου κ.ά. 2007). Η Μεσογειακή ζώνη αποτελεί το κέντρο εμφάνισης και εξάπλωσης των ειδών αυτών και την κύρια πηγή γενετικού υλικού παγκοσμίως (Cocks 1993). Για παράδειγμα, η Ελλάδα, μαζί με την περιοχή της Ανατολίας, αποτελεί το κέντρο εξάπλωσης των ειδών του γένους *Trifolium* (Fotiadis et al. 2010). Η αξιοποίηση, όμως, του υλικού αυτού και, κυρίως, των ετήσιων ψυχανθών στην περιοχή, είναι περιορισμένη. Αντίθετα, τα είδη αυτά έχουν εισαχθεί στην Αυστραλία και έχουν αποτελέσει τη βάση ανάπτυξης της κτηνοτροφίας (Cocks 1999). Είναι αξιοσημείωτο ότι σχεδόν όλες οι εμπορικές ποικιλίες ετήσιων ψυχανθών που είναι διαθέσιμες στην αγορά έχουν δημιουργηθεί στην Αυστραλία (Sulas 2005). Συγκεκριμένα, μετά τα μέσα της δεκαετίας του '80 δημιουργήθηκαν 50 ποικιλίες ετήσιων ψυχανθών, μετά από εκτεταμένες συλλογές γενετικού υλικού και αξιολόγησή του, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους αυστραλούς παραγωγούς ή εξάγονται ως σπόρος.

Η προστασία της γενετικής ποικιλότητας των φυτικών ειδών μπορεί να γίνει εκτός τόπου (*ex situ*) και επί τόπου (*in situ*). Η εκτός τόπου αφορά τις τράπεζες σπόρων, τους βοτανικούς κήπους και τις τράπεζες DNA. Η επί τόπου προστασία της γενετικής ποικιλότητας στα λιβαδικά οικοσυστήματα έχει ιδιαίτερη σημασία για τη γενετική βελτίωση των κτηνοτροφικών φυτών. Οι πληθυσμοί των ειδών αυτών διαφοροποιούνται ισχυρά, ακόμη και σε μικρή κατά χώρο κλίμακα, από την επίδραση του περιβάλλοντος και της διαχείρισης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποιημένη κατεύθυνση της φυσικής επιλογής, η οποία αυξάνει τη γενετική ποικιλότητα των ειδών στο χρόνο και συντελεί στη δημιουργία οικοτύπων με διακριτά μορφολογικά χαρακτηριστικά. Η επίδραση της διαχείρισης στη γενετική ποικιλότητα θεωρείται ότι προέχει της επίδρασης του περιβάλλοντος, μολονότι είναι ακόμη ασαφές αν η ένταση της διαχει-

ρισης σχετίζεται θετικά ή αρνητικά με το μέγεθος της ποικιλότητας (Rudmann-Maurer et al. 2007, Peter-Schmid et al. 2008).

Οι παρατηρούμενες ραγδαίες μεταβολές του κλίματος των τελευταίων ετών θα ενισχύσουν την ανάγκη αξιοποίησης περισσότερων φυτικών γενετικών πηγών στο άμεσο μέλλον. Για τον τομέα των κτηνοτροφικών φυτών προέχει η αξιοποίηση των τοπικών πληθυσμών-οικοτύπων και κυρίως αυτών που είναι προσαρμοσμένοι σε ακραία εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα. Ειδικότερα για την Ελλάδα, αλλά και τη Μεσογειακή ζώνη, αυτό αποτελεί επιτακτική ανάγκη, διότι η ποσότητα σπόρου κτηνοτροφικών ειδών που διατίθεται στην αγορά είναι περιορισμένη. Ο σπόρος δε αυτός προέρχεται κυρίως από τις χώρες της βορειο-κεντρικής Ευρώπης, με αποτέλεσμα συνήθως να υπάρχουν προβλήματα προσαρμογής των φυτών στο μεσογειακό περιβάλλον (Porqueddu et al. 2010).

Λόγοι Υποβάθμισης Λιβαδικών Οικοσυστημάτων

Περιβαλλοντικοί παράγοντες υποβάθμισης λιβαδικών οικοσυστημάτων

Η υποβάθμιση των ελληνικών λιβαδικών οικοσυστημάτων εν γένει σχετίζεται με το γεγονός ότι αυτά εντοπίζονται κυρίως σε οριακά περιβάλλοντα όσον αφορά το έδαφος, το μητρικό πέτρωμα και το κλίμα. Τα εδάφη είναι συνήθως μικρού ή μεσαίου βάθους (ως 30 εκ.), με ημι-επάρκεια ή, τις περισσότερες φορές, ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών και έλλειψη επαρκούς εδαφικής υγρασίας (Παπαϊωάννου κ.ά. 2002). Επίσης, τα λιβάδια της χώρας μας συνδέονται κυρίως με το ορεινό ανάγλυφο και τις μεγάλες κλίσεις (πολλές φορές πάνω από 30%). Μεγάλο ποσοστό των λιβαδιών εδράζεται σε ασβεστολιθικά πετρώματα, με αποτέλεσμα τα εδάφη να παρουσιάζουν πολύ μικρή υδατοσυγκράτηση. Επιπλέον, πολλά λιβάδια της χώρας μας βρίσκονται σε ακραία κλιματικά περιβάλλοντα (ξηροθερμικού κλίματος νότιας και νησιωτικής Ελλάδας, ψευδαλπικά ποολίβαδα βόρειας Ελλάδας), γεγονός που δυσχεραίνει την αποτελεσματικότερη διαχείρισή τους (Βραχνάκης και Κοντογιάννη 2006).

Η εμφάνιση των λιβαδιών σε οριακά περιβάλλοντα αποτελεί απόρροια πιέσεων για εξεύρεση τόπων καλής ποιότητας που συντελέστηκαν στο παρελθόν και οι οποίοι αποδόθηκαν μεταγενέστερα στη γεωργία ή τη δασοπονία. Έτσι, και σε συνδυασμό με το μη ορθολογικά εφαρμοζόμενο σύστημα Κοινοτικών επιδοτήσεων και το σύγχρονο κοινωνικο-οικονομικό μοντέλο ανάπτυξης, οι λιβαδικές

εκτάσεις περιορίστηκαν, σταδιακά αλλά δραστικά, σε οριακής απόδοσης εδάφη. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αλόγιστη χρήση τους έχει υποβαθμίσει τα εδάφη, με αποτέλεσμα, σε πολλές περιπτώσεις, την εκτεταμένη διάβρωση, την υποβάθμιση ή ακόμα και την οριακή ερημοποίηση.

Επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών στα λιβαδικά οικοσυστήματα

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν παρατηρηθεί ορισμένες μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στον πλανήτη, οι οποίες αποδίδονται στις ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (Leemans 1996). Οι μεταβολές αυτές είναι πιθανό να είναι πολύ πιο έντονες στο μέλλον (Hughes 2000). Πιο συγκεκριμένα, στη Μεσόγειο αναμένεται η επικράτηση πιο έντονων ξηροθερμικών συνθηκών διαμέσου της περαιτέρω αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της μείωσης των κατακρημισμάτων (Hulme 1999), με αποτέλεσμα τη μείωση της εδαφικής υγρασίας (Deque et al. 1998). Η διαθέσιμη εδαφική υγρασία επηρεάζει την ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτών, επιδρά στον κύκλο του άνθρακα και του αζώτου και, κατά συνέπεια, επηρεάζει τη χλωριδική σύνθεση των οικοσυστημάτων (Cheddadi et al. 2001).

Τα οικοσυστήματα των περιοχών με ξηροθερμικές συνθήκες είναι τα περισσότερο ευάλωτα στις κλιματικές αυτές μεταβολές (Schröter 2005). Βέβαια, είναι δύσκολο να διαχωριστούν στην πράξη οι συνέπειες της κλιματικής μεταβολής με αυτές των μακροχρόνιων διαταράξεων των οικοσυστημάτων αυτών, όπως είναι η βόσκηση, οι πυρκαγιές, οι υλοτομίες, η ατμοσφαιρική ρύπανση (Naveh 1995, Pausas 1999). Η υποβάθμιση και ο περιορισμός της φυτοκάλυψης η οποία διαπιστώνεται σε πολλά λιβάδια ξηροθερμικών περιοχών, είναι σε μεγάλο ποσοστό αποτέλεσμα της υπερβόσκησης (Asner et al. 2004). Οι κλιματικές μεταβολές, σε συνδυασμό με την έντονη βόσκηση, είναι δυνατόν να απειλήσουν τη βιοποικιλότητα, την παραγωγικότητα και τη σταθερότητα των μεσογειακών λιβαδικών οικοσυστημάτων, και να αυξήσουν τον κίνδυνο αλλά και τους ρυθμούς ερημοποίησης. Η ερημοποίησή τους, μάλιστα, μπορεί να είναι τόσο έντονη ώστε η ανόρθωσή τους να γίνει πάρα πολύ δύσκολη (Scheffer 2001).

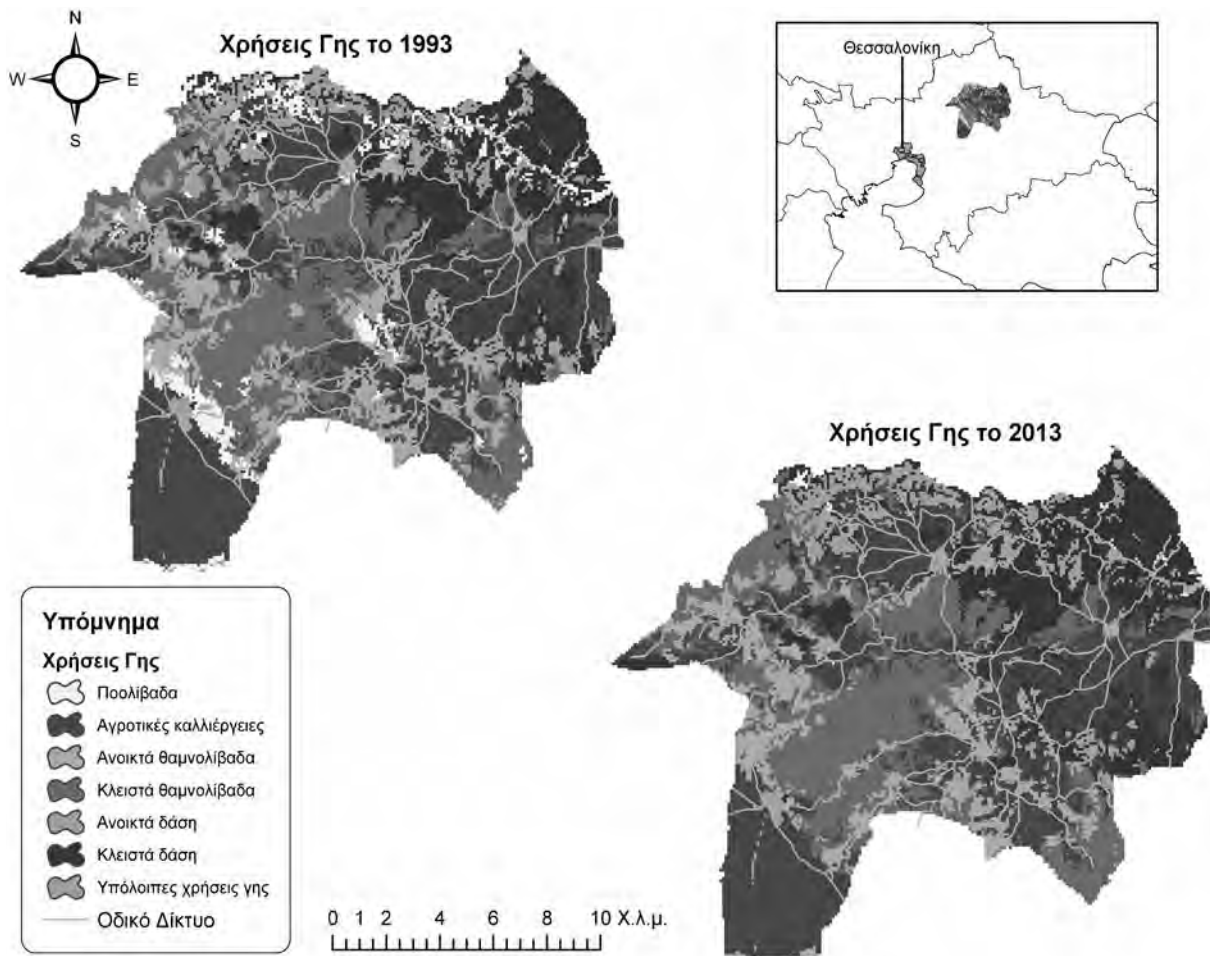
Η απάντηση στον κίνδυνο ερημοποίησης των λιβαδικών οικοσυστημάτων ξηροθερμικών περιοχών δεν είναι η απαγόρευση της βόσκησης αγροτικών ζώων, η οποία είναι ευεργετική για τα οικοσυστήματα αυτά, αλλά η ορθολογική άσκηση της ώστε να αποφευχθούν οι πολύ δυσμενείς συνέπειες της υπερβόσκησης. Το πραγματικό πρόβλημα, συνε-

πώς, δεν είναι η βόσκηση, αλλά η απουσία σχεδίου ορθολογικής διαχείρισης αυτών των εκτάσεων, γεγονός που συντελεί στην έντονη και χωρίς σχεδιασμό χρήση τους, με αποτέλεσμα την υπερβόσκηση.

Παράγοντες υποβάθμισης σχετικοί με τη διαχείριση

Η διαχείριση των λιβαδικών οικοσυστημάτων μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά τη δομή, τη λειτουργία και, κατά συνέπεια, τη βιοποικιλότητά τους, η οποία τα τελευταία χρόνια απειλείται με υποβάθμιση. Οι απειλές μπορούν να ομαδοποιηθούν: α) στις αλλαγές των τύπων χρήσεων/κάλυψης γης, β) στην εγκατάλειψη παραδοσιακών ανθρωπογενών πρακτικών (π.χ. νομαδισμός) και γ) στην αλόγιστη χρησιμοποίηση της βοσκήσιμης ύλης (Vrahnakis et al. 2010). Είναι τεκμηριωμένο ότι η κανονική βόσκηση διατηρεί τη βιοποικιλότητα (Noy-Meir 1998), ιδιαίτερα στα μεσογειακά οικοσυστήματα, ενώ η υπερβόσκηση και η υποβόσκηση τη μειώ-

νουν. Με την υπερβόσκηση μειώνονται τα επιθυμητά για βόσκηση είδη, με αποτέλεσμα την κυριαρχία ορισμένων ανεπιθύμητων. Από την άλλη πλευρά, με την υποβόσκηση συσσωρεύεται η ξηρή ύλη στο έδαφος, δημιουργώντας πρόβλημα στη βόσκηση των ζώων, ενώ αυξάνεται η πυκνωση των ξυλωδών ειδών (Gatti et al. 2005). Έρευνες σχετικά με την ποικιλότητα των ελληνικών λιβαδιών έδειξαν ότι αυτή μεταβάλλεται μειούμενη με την αύξηση της πυκνότητας των θάμνων (Βραχνάκης 2008). Αποτέλεσμα αυτών των απειλών αποτελεί η συρρίκνωση, αλλοίωση ή εξαφάνιση των λιβαδικών οικοσυστημάτων, υπέρ της κυριαρχίας συνηρεφούς θαμνώδους ή δασικής βλάστησης. Για παράδειγμα, με την εφαρμογή σύγχρονων ημι-εμπειρικών τεχνικών βραχυχρόνιας πρόβλεψης (μοντέλο CLUE-S), έχει εκτιμηθεί ότι η επιφάνεια των ποολίβαδων της περιοχής του Κολχικού (Ν. Θεσσαλονίκης) αναμένεται να συρρικνωθεί μέχρι το 2013 περίπου κατά 96% σε σχέση με την αντίστοιχη έκταση που είχε καταγραφεί το 1993 (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Αναμενόμενες αλλαγές των τύπων κάλυψης/χρήσης γης του τοπίου του Κολχικού μεταξύ των ετών 1993 και 2013, σύμφωνα με το ημι-εμπειρικό μοντέλο CLUE-S (Chouvardas and Vrahnakis 2009). Η μείωση των ποολίβαδων αναμένεται να ανέλθει στο 96% περίπου.

Σήμερα, τα περισσότερα λιβάδια της χώρας είναι υποβαθμισμένα, εξαιτίας κυρίως της αλόγιστης χρήσης κατά χώρο, χρόνο και ένταση βόσκησης (Νάσσης και Τσιουβάρας 2009). Η αλόγιστη βόσκηση οφείλεται κυρίως στο κοινόχρηστο καθεστώς βόσκησης, ανεξαρτήτως ιδιοκτησιακού καθεστώτος. Το καθεστώς αυτό δίνει το δικαίωμα σε κάθε κτηνοτρόφο για ελεύθερη βόσκηση επί πληρωμή, χωρίς γενικότερο σχεδιασμό για την ορθολογική χρήση των βοσκοτόπων. Την κατάσταση διατηρεί και επιδεινώνει η επιμονή των κτηνοτρόφων για ελεύθερη βόσκηση χωρίς προϋποθέσεις και η έλλειψη πολιτικής βούλησης για την αντιμετώπιση του προβλήματος (Παπαναστάσης 1994). Ένας επιπρόσθετος παράγοντας υποβάθμισης των λιβαδιών είναι οι πυρκαγιές που, ορισμένες φορές, προκαλούν οι ίδιοι οι κτηνοτρόφοι στην προσπάθειά τους να ελέγξουν την ανεπιθύμητη για βόσκηση βλάστηση.

Σύγχρονες τάσεις στην αειφορική διαχείριση των λιβαδικών οικοσυστημάτων

Τα Μεσογειακά λιβαδικά οικοσυστήματα αποτελούν φυσικά συστήματα, με την παραδοχή ότι η βόσκηση από αγροτικά ζώα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο των οικοσυστημάτων. Έτσι, πολύ ορθά τα διαχειρίζεται η Δασική Υπηρεσία με την εφαρμογή των αρχών: α) της αειφορίας των καρπώσεων, β) της φυσικής αναγέννησης, γ) των πολλαπλών σκοπών και δ) της προστασίας (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992, Παπαναστάσης 2009). Η πρόοδος στην έρευνα των οικολογικών χαρακτηριστικών, της δομής και της λειτουργίας των λιβαδικών οικοσυστημάτων, οι νέες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και οι νέες τάσεις και δοκιμασμένες πρακτικές, αναβαθμίζουν ή και ενισχύουν αυτό το τετραπολικό πλαίσιο διαχείρισης.

Η αρχή της *αειφορίας των καρπώσεων* τείνει τα τελευταία χρόνια να αντικατασταθεί με την αρχή της *αειφορίας των οικοσυστημάτων* (οικοσυστημική αντίληψη), η οποία έχει τις ρίζες της στην Αμερικανική δασοπονική πρακτική (Charpin III et al. 1996). Ένα οικοσύστημα θεωρείται αειφορικό όταν κατά τη διάρκεια του φυσικού κύκλου των διαταραχών, διατηρεί α) τη χαρακτηριστική ποικιλότητα των σημαντικότερων λειτουργικών του ομάδων, β) τη γονιμότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους, και γ) αποτελεσματικούς βιογεωχημικούς κύκλους των θρεπτικών στοιχείων. Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, απαιτείται η διασφάλιση και η προστασία της αειφορίας των οικοσυστημάτων, αλλά και των δομικών και λειτουργι-

κών χαρακτηριστικών τους, έτσι ώστε να διασφαλίζεται αειφορικά το αποτέλεσμα της λειτουργίας τους, δηλαδή η παραγωγικότητά τους. Η σύγχρονη θεώρηση της διαχείρισης των οικοσυστημάτων απαιτεί τον επαναπροσδιορισμό της λογικής χάραξης διαχειριστικών (στην προκειμένη περίπτωση λιβαδικών) μονάδων, ώστε να ικανοποιείται η οικοσυστημική αντίληψη περί αειφορίας των φυσικών συστημάτων. Έτσι, σημαντική βάση επαναπροσδιορισμού της θεώρησης αυτής θα μπορούσε να αποτελέσει η διατύπωση των τύπων οικοτόπων του Δικτύου Natura 2000 (Ντάφης κ.ά. 2001). Επιπλέον, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η χαρτογράφηση φυτοκοινωνιολογικών μονάδων σε συνδυασμό με υδρολογικά και υδρογραφικά κριτήρια, η οποία πριμοδοτείται και από την εφαρμογή της Οδηγίας για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Η εφαρμογή αυτής της ολιστικής αντίληψης απαιτεί διεπιστημονικές προσεγγίσεις στη διαχείριση των λιβαδικών οικοσυστημάτων. Ο υψηλός βαθμός πολυπλοκότητάς τους, δεδομένου ότι στη διαχείρισή τους υπεισέρχεται και ο παράγοντας βόσκηση, μπορεί να γίνει πλήρως κατανοητός, άρα διαχειρίσιμος, από τη συνέργεια διαφόρων επιστημονικών ειδικοτήτων. Μία καλή βάση εφαρμογής της αντίληψης αυτής μπορεί να αποτελέσει η θεσμοθέτηση και λειτουργία των Φορέων Διαχείρισης των Προστατευόμενων Περιοχών, όσων, τουλάχιστον, από αυτούς έχουν λιβάδια στην περιοχή ευθύνης τους.

Η αρχή της *φυσικής αναγέννησης* απαιτεί τη λήψη μέτρων ενίσχυσης της φυσικής συνέχειας της βλάστησης στο χώρο, αλλά κυρίως στο χρόνο. Η αρχή αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία στις μέρες μας, καθώς η συνεχής υποχρησιμοποίηση των λιβαδιών (π.χ. υποβόσκηση, διακοπή καυσόξυλευσης) κατά τα τελευταία 30, περίπου, χρόνια έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική επέκταση και πύκνωση της ξυλώδους βλάστησης εις βάρος της ποώδους. Το φαινόμενο της υποχρησιμοποίησης της βοσκήσιμης ύλης αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό για όλα τα λιβάδια των μεσογειακών χωρών. Αυτό αποδίδεται κυρίως στη μείωση του πληθυσμού στα ορεινά και στην εγκατάλειψη παραδοσιακών πρακτικών, με αποτέλεσμα την κατά χώρο και χρόνο επέκταση των ξυλώδων ειδών και την επισσώρευση οργανικής εύφλεκτης ύλης (Zomeni et al. 2008, Παπαναστάσης 2009). Πολλά είδη θάμνων έχουν την ικανότητα να εκδηλώνουν αυξημένη ανταγωνιστική ικανότητα έναντι της ποώδους βλάστησης. Η ικανότητά τους αυτή οφείλεται κατά περίπτωση και συνδυασμό: α) στην αυξημένη σποροπαραγωγή, β) στην αυξημένη ικανότητα διατήρησης του αποθέματος των σπόρων τους στη δεξαμενή σπόρων του εδάφους, γ) στην αποτελεσματική διασπορά των σπόρων, δ) στον

εκθετικό ρυθμό αύξησης, ε) στην αντοχή στο έλκεισμα ύδατος και θρεπτικών στοιχείων, στ) στους μηχανισμούς αποφυγής της βόσκησης, ζ) στη βλαστική αναπαραγωγή και η) στη μεγάλη διάρκεια ζωής (Spatz and Papachristou 1999). Ιδιαίτερα για τους πρινώνες (θαμνώνες *Quercus coccifera*), στόχος της διαχείρισης πρέπει να είναι η διατήρηση της κάλυψης των θάμνων από 10-50%, επειδή διαπιστώθηκε ότι στο εύρος αυτό ενισχύεται η ποικιλότητα της υποκείμενης χλωρίδας (Papachristou 1997, Papanastasis 1999, Βραχνάκης 2008).

Η αρχή των *πολλαπλών σκοπών* απαιτεί την ανάδειξη του πολυλειτουργικού ρόλου των λιβαδιών. Στο σημείο αυτό, είναι απαραίτητη η επισήμανση του μη ταυτόσημου των εννοιών *βοσκότοπος*, *άγωνα εδάφη*, *λοιπές δασικές εκτάσεις* κ.ά., με την έννοια *λιβάδι*. Όπως πολύ εύστοχα οι Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης (1992) παρατηρούν, «*οι λέξεις βοσκότοπος και λιβάδι δεν ταυτίζονται*». Πράγματι, η ταύτιση των λέξεων *βοσκότοπος* και *λιβάδι* είναι ένα από τα κοινά λάθη που απαντώνται στη διαχείριση των λιβαδιών, με αποτέλεσμα να υποβιβάζεται ο πολυδιάστατος ρόλος τους αποκλειστικά σε αυτόν της βόσκησης. Επιπρόσθετα, η χρήση άλλων «*συνώνυμων*» εκφράσεων, όπως *άγωνα* (χωρίς γονιμότητα!) *εδάφη* ή *λοιπές δασικές εκτάσεις*, υποβαθμίζουν σημαντικά και διαχειριστικά τη δυνατότητα των λιβαδιών να παρέχουν πλήθος υπηρεσιών και προϊόντων. Έτσι, μεταξύ άλλων, συντηρούν την αναψυχή (π.χ. τα περισσότερα χιονοδρομικά κέντρα εδράζονται σε λιβαδικές εκτάσεις), τη μελισσοκομία, τη θηραματοπονία και την ορεινή αλιεία. Παράλληλα, παρέχουν σημαντική υποστήριξη σε πολλές επιστήμες. Σε εφαρμογή της αρχής αυτής, όπως και της οικοσυστημικής αντίληψης, η υιοθέτηση συγκεκριμένων αρχών και κριτηρίων για την πιστοποίηση προϊόντων και υπηρεσιών που παράγονται στα λιβάδια αναμένεται να αναδείξει το σημαντικό πολυ-λειτουργικό ρόλο τους. Ως πρότυπο για την πιστοποίηση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αρχές της Πιστοποίησης Δασικών Προϊόντων και Υπηρεσιών (FSC 2002).

Τέλος, η *αρχή της προστασίας* απαιτεί την υιοθέτηση όλων εκείνων των θεσμικών, κυρίως, μέτρων που θα συμβάλουν στον περιορισμό των επιπτώσεων των αιτιών υποβάθμισης των λιβαδιών. Η αρχή της προστασίας προϋποθέτει την κατά περίπτωση συγκεκριμενοποίηση των κινδύνων που απειλούν τη δομή και εύρυθμη λειτουργία των λιβαδικών οικοσυστημάτων (π.χ. πυρκαγιά, ερημοποίηση, απειλούμενα είδη κ.ά.). Ιδιαίτερα όσον αφορά τον κίνδυνο υποβάθμισης της βιοποικιλότητας, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε αυτή να διαφοροποιηθεί από έννοιες σημειακής βιοποικιλότητας, δηλαδή προστασίας συγκεκριμένων ει-

δών (species conservation). Ταυτόχρονα, να υιοθετηθεί η ολιστική προσέγγισή της, καθώς η βιοποικιλότητα είναι έννοια που αναφέρεται ισοδύναμα στο συνολικό αριθμό των ειδών, στον αριθμό ατόμων κάθε είδους και στο βαθμό ισοκατανομής (Vrahnakis et al. 2010).

Η διαχρονική εξέλιξη των οικοσυστημάτων, σε πλαίσια ελεγχόμενα από τη διαχείρισή τους, μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της σύγχρονης αρχής της *παρακολούθησης* (monitoring). *Οικολογική παρακολούθηση* (ecological monitoring) καλείται η συστηματική μέθοδος συγκέντρωσης πληροφοριών σχετικών με τους επίγειους φυσικούς πόρους (Clarke 1986). Η παρακολούθηση αναφέρεται σε ένα πλαίσιο κριτηρίων, δεικτών, προτύπων, κ.ά. που έχουν δομηθεί σε ένα σύστημα βάσει προκαθορισμένων στόχων διαχείρισης. Για παράδειγμα, οι Βραχνάκης και Παπαναστάσης (2004) έχουν αναπτύξει ένα τέτοιο σύστημα ψηφιακής παρακολούθησης των ψευδαλπικών λιβαδιών του Γράμμου, έχοντας ως στόχο την προαγωγή της χλωριδικής ποικιλότητας μέσω της ρύθμισης του καθεστώτος βόσκησης.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Τα λιβάδια στην Ελλάδα αποτελούν φυσικά οικοσυστήματα με ιδιαίτερη οικολογική, περιβαλλοντική αλλά και οικονομική σημασία. Στο πρόσφατο παρελθόν η αναγνώριση της αξίας των οικοσυστημάτων αυτών και της συνεισφοράς τους ήταν περιορισμένη. Αυτό οφείλεται στη μονοδιάστατη προσέγγισή τους αποκλειστικά ως χώρων βόσκησης των αγροτικών ζώων. Η προσέγγιση αυτή συνετέλεσε στο περιορισμένο ενδιαφέρον για την ορθολογική αειφορική διαχείρισή τους και στην υποβάθμισή τους. Σήμερα είναι πλέον αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα ότι τα φυσικά λιβάδια είναι οικοσυστήματα που παρέχουν πληθώρα αγαθών που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν χρηστική αξία (use value) και σε αυτά που έχουν μη χρηστική αξία (non-use value) (Williams and Diebel 1996). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα παραγόμενα ζωοκομικά προϊόντα, τα θηράματα, τα μελισσοκομικά προϊόντα κ.ά. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στην αισθητική, στην ιστορική-πολιτιστική αξία και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Η οικονομική σημασία αυτών των υπηρεσιών δεν μπορεί να αποτιμηθεί. Με βάση αυτή τη σύγχρονη θεώρηση, η αξιοποίηση των λιβαδικών οικοσυστημάτων από τις κατά τόπους κοινωνίες στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές, οι οποίες είναι οι πλέον μειονεκτικές της χώρας, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην οικονομία τους.

Η ορθολογική αξιοποίηση των λιβαδιών πρέπει να έχει ως στόχο την παραγωγή ποιοτικών ζωοκομικών προϊόντων σε συνδυασμό με την προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος (Παπαναστάσης 2009). Βασική προϋπόθεση για τα παραπάνω αποτελεί η ολοκλήρωση της απογραφής των λιβαδικών μονάδων της χώρας η οποία θα περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης. Εξίσου σημαντική σε αυτήν την κατεύθυνση θα είναι η ρύθμιση του ιδιοκτησιακού καθεστώτος με την ολοκλήρωση του δασικού κτηματολογίου. Με βάση τα δεδομένα αυτά, θα πρέπει να εκπονηθούν ολοκληρωμένες μελέτες διαχείρισης που θα ρυθμίζουν τη βόσκηση κατά χώρο, χρόνο και ένταση, και θα προτείνουν έργα υποδομής και βελτιώσεις της βλάστησης σε ένα ευρύτερο πλαίσιο επίτευξης πολλαπλών (περιβαλλοντικών, οικονομικών κ.ά.) στόχων. Παρά το γεγονός ότι σήμερα, στην πράξη, αποφεύγονται ολοκληρωμένες μελέτες διότι είναι χρονοβόρες και απαιτούν έμπειρους μελετητές με ειδικές γνώσεις (Παπαναστάσης 2009), αυτές που στηρίζονται σε ευρύτερη διεπιστημονική βάση κρίνονται απαραίτητες. Σε αυτό συνηγορεί και η έλλειψη σύγχρονων προδιαγραφών που μπορούν να βοηθήσουν στην εκπόνηση άμεσα εφαρμοστέων διαχειριστικών σχεδίων. Η σύνταξη των μελετών διαχείρισης και βελτίωσης των λιβαδιών θα πρέπει να γίνεται στη βάση σύγχρονων προδιαγραφών που θα λαμβάνουν υπόψη τους τον περιβαλλοντικό ρόλο των λιβαδιών, και θα συνδέουν την αξιοποίηση των λιβαδιών με τις λοιπές χρήσεις μέσα στα πλαίσια δυνατοτήτων ανάπτυξης της περιοχής.

Η εκπόνηση διαχειριστικών μελετών, όπως έχει περιγραφεί παραπάνω, αλλά κυρίως η εφαρμογή τους, προϋποθέτει τη σύμπραξη πολιτείας, τοπικής κοινωνίας και κτηνοτρόφων. Η πολιτεία θα δημιουργήσει το κανονιστικό πλαίσιο και το πλαίσιο εφαρμογής μέσα στο οποίο θα κινηθεί το σχέδιο διαχείρισης, και η τοπική κοινωνία θα πρέπει να εκπαιδεύσει τους υποδοχείς του σχεδίου. Ως προς το τελευταίο, θα πρέπει να υπάρχει διαρκής ενημέρωση και επιμόρφωση των κτηνοτρόφων σχετικά με την ορθολογική διαχείριση των λιβαδιών για πολλαπλές χρήσεις, τα συστήματα βόσκησης, τις προοπτικές των προϊόντων τους (προϊόντα ΠΟΠ, βιολογικά), καθώς και τις Κοινοτικές οδηγίες που αφορούν τις εκμεταλλεύσεις τους.

Ιδιαίτερη έμφαση κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή των διαχειριστικών σχεδίων θα πρέπει να δοθεί στην οικολογική παρακολούθηση, κάτι στο οποίο η χώρα μας υστερεί σημαντικά. Γενικά, η εφαρμογή των συστημάτων παρακολούθησης πρέπει να εντάσσεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διαχείρισης. Αυτό θα στοχεύει όχι μόνο στην ανάπτυξη και ορθολογική διαχείριση των λιβαδι-

κών πόρων, αλλά και συνολικά των πρωτογενών πόρων μίας περιοχής. Ο συνδυασμός του πλαισίου διαχείρισης με τη συμμετοχική διαχείριση (participatory approach), αποτελεί το κομβικό σημείο της προσαρμοστικής διαχείρισης (adaptive management), που προβάλλει ως μία σύγχρονη, πολλά υποσχόμενη, ολιστική τεχνική διαχείρισης των φυσικών πόρων μίας περιοχής (Vareltzidou and Strixner 2009).

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Βακάκης, Φ. 2007. Ο Ρόλος της Κτηνοτροφίας στην Ολοκληρωμένη Αγροτική Ανάπτυξη. Γεωργία- Κτηνοτροφία 4:67-72.

Biswell, H., και Α. Λιάκος. 1982. Λιβαδοπονική. 3η έκδοση. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Βραχνάκης, Μ.Σ., Α. Παπαγεωργίου, Ε. Μίγδου, Κ. Ιώβη, και Μ.Μ. Μπερδελή. 2003. Μεταβολή της φυτοποικιλότητας λιβαδιών του Τυμφρηστού κατά την υψομετρική διαβάθμιση. Σελ. 447-453 στο Π. Πλατής, και Θ. Παπαχρήστου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Βραχνάκης, Μ.Σ., και Β.Π. Παπαναστάσης. 2004. Τεχνικός Οδηγός Συστήματος Παρακολούθησης (Monitoring) Μέσω της Χλωριδικής Ποικιλότητας των Λιβαδιών της Προστατευόμενης Περιοχής του Γράμμου. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Πρόγραμμα Προστασίας Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη.

Βραχνάκης, Μ.Σ., και Α. Κοντογιάννη. 2006. Εμπειρικά μοντέλα εποχιακής πρόγνωσης δυναμικού παραγωγής-κάλυψης υπέργειας βιομάζας σε σχέση με κλιματικές παραμέτρους σε ψευδαλπικό ποολίβαδο του Τυμφρηστού Ν. Ευρυτανίας. Σελ. 167-173 στο Π. Πλατής, Α. Σφουγγάρης, Θ. Παπαχρήστου, και Α. Τσιόντσης, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβάδια των Πεδινών και Ημιορεινών Περιοχών - Μοχλός Ανάπτυξης της Υπαίθρου». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Βραχνάκης, Μ.Σ. 2008. Χλωριδική ποικιλότητα και κάλυψη θάμνων πουρναριού. Σελ. 500-508 στο Δ. Κάντας, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Τεχνολόγων Ζωικής Παραγωγής. 30 Ιουνίου-1 Ιουλίου 2008, Λάρισα.

Καζαντζίδης, Σ., Ρ. Τσιακίρης, και Α. Δημαλέξης. 2003. Η ορνιθοπανίδα στα ψευδαλπικά λιβάδια της περιοχής Τζένα-Πίνοβο και οι δράσεις για τη διατήρησή της. Σελ. 469-476 στο Π. Πλατής, και Θ. Παπαχρήστου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 3ου

Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών». 4-6 Σεπτεμβρίου 2003. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Κακούρος, Π. 2008. Η αντιμετώπιση της εκτατικής κτηνοτροφίας στις ρυθμίσεις χρήσεων γης στις προστατευόμενες περιοχές. Σελ. 37-42 στο Κ.Θ. Μαντζανάς, και Β. Π. Παπαναστάσης, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και Προστατευόμενες Περιοχές». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Καρμύρης, Η., Α.Σ. Νάστης, και Κ. Τσιουβάρας. 2006. Σύγκριση της σύνθεσης της διαίτας γιδιών, προβάτων και λαγού (*Lepus europaeus*) σε ένα τυπικό Μεσογειακό λιβάδι της βόρειας Ελλάδας. Σελ. 227-232 στο Β. Π. Παπαναστάσης, και Ζ. Μ. Παρίση, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία Ξηροθερμικών περιοχών». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Κυριαζόπουλος, Α. 2007. Αγροδασοπονία: Συστήματα διαχείρισης με μεγάλο παρελθόν και ελπιδοφόρο μέλλον. Σελ. 183-205 στο Γ. Αραμπατζής, και Σ. Πολύζος, επιμ. έκδοσης. Φυσικοί Πόροι, Περιβάλλον και Ανάπτυξη. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μαντζανάς, Κ., Ε. Τσατιάδης, Ι. Ισπικούδης, και Β.Π. Παπαναστάσης. 2006. Σχέδιο απογραφής δασολιβαδικών συστημάτων στην Ελλάδα. Σελ. 227-232 στο Β.Π. Παπαναστάσης, και Ζ. Μ. Παρίση, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία Ξηροθερμικών περιοχών». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Μέρου, Θ., Γ. Φωτιάδης, Σ. Τσιφτοής, Κ. Βιδάκης, Μ. Βραχνάκης, Ι. Τσιριπίδης, και Β. Παπαναστάσης. 2007. Ψυχανθή της Βόρειας Ελλάδας – Πόες, Θάμνοι. Photo/Graphs Studio O.E., Δράμα.

Μπίρτσας, Π., Χ. Σώκος, Α. Γκάσιος, Ι. Ισαάκ, Χ. Καλαϊτζής, Θ. Καραμπατζάκης, και Π. Πλατής. 2010. Ζημιές σε έργα βελτίωσης ενδιαιτημάτων της άγριας πανίδας στη Μακεδονία και Θράκη. Σελ. 293-298 στο Ι. Ισπικούδης, Κ. Μαντζανάς, και Α. Σιδηροπούλου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και Ποιότητα Ζωής». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Νάστης, Α.Σ. 1994. Η συμβολή των λιβαδιών στην ανάπτυξη της κτηνοτροφίας της Ελλάδος. Σελ. 17-29 στο Πρακτικά Επιστημονικής Ημερίδας «Λιβάδια και Αγροτική Ανάπτυξη». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Νάστης, Α., και Κ. Τσιουβάρας. 2009. Διαχείριση και βελτίωση λιβαδιών. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Ντάφης, Σ., Ε. Παπαστεργιάδου, Θ. Λαζαρίδου, και Μ. Τσιαφούλη. 2001. Τεχνικός Οδηγός Αναγνώρισης, Περιγραφής και Χαρτογράφησης των Τύπων Οικοτόπων της Ελλάδας. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), Θεσσαλονίκη.

Παπαϊωάννου, Α.Γ., Μ.Σ. Βραχνάκης, Δ.Α. Αλιφραγκής, Β.Π. Παπαναστάσης, Ι. Ισπικούδης, και Δ.Γ. Σεϊλόπουλος. 2002. Επίδραση της βόσκησης στα εδάφη της ζώνης αείφυλλων πλατύφυλλων στη βόρεια Ελλάδα. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 13:17-27.

Παπαγεωργίου, Ν.Κ. 1995. Οικολογία και Διαχείριση Άγριας Πανίδας. University Press, Θεσσαλονίκη.

Παπαγεωργίου, Ν.Κ. 2008. Οικολογικές αρχές διαχείρισης των λιβαδικών οικοσυστημάτων για τα θηραματικά είδη. Σελ.14-17 στο Πρακτικά επιστημονικής ημερίδας «Η σημασία των λιβαδιών για τα θηραματικά είδη». Δημ. Νο 15, Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.

Παπαναστάσης, Β.Π., και Β.Ι. Νοϊτσάκης. 1992. Λιβαδική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Παπαναστάσης, Β.Π. 1994. Σχέσεις Κτηνοτροφίας και Φυσικού Περιβάλλοντος στον Ορεινό και Ημιορεινό Χώρο. Σελ. 321-331 στο Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Κτηνοτροφική Πολιτική. Θέσεις - Προσανατολισμοί», Ιωάννινα, 10-12 Νοεμβρίου 1994. ΓΕΩΤΕΕ, Θεσσαλονίκη.

Παπαναστάσης, Β.Π., και Ι. Ισπικούδης. 2006. Βοσκότοποι και Ποιότητα ζωικών προϊόντων. Η Κτηνοτροφία σήμερα 51:37-40.

Παπαναστάσης, Β.Π. 2008. Αξιοποίηση των λιβαδιών με θηραματικά είδη. Σελ. 7-11 στο Πρακτικά επιστημονικής ημερίδας «Η σημασία των λιβαδιών για τα θηραματικά είδη». Δημ. Νο 15. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Παπαναστάσης, Β.Π. 2009. Λιβαδοκτηνοτροφική Ανάπτυξη. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Παπαχρήστου, Θ.Γ., και Ι.Π. Ισπικούδης. 2003. Πολυλειτουργικότητα λιβαδιών και ανάπτυξη ορεινών και μειονεκτικών περιοχών. Σελ. 13-23 στο Π. Πλατής, και Θ. Παπαχρήστου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Σκιαδάς, Κ. 2007. Προοπτικές ανάπτυξης τομέα οσπρίων & κτηνοτροφικών φυτών (Με βάση προτάσεις & συμπεράσματα Περιφερειακών μελετών νέας ΚΑΠ). Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Γραφείο Γενικού Γραμματέα.

Τσουγκράκης, Γ., Β.Π. Παπαναστάσης, και Γ. Υφαντής. 2006. Προδιαγραφές μελετών διαχείρι-

σης της βόσκησης σε προστατευόμενες περιοχές. Εργαστήριο Λιβαδικής Οικολογίας, Σχολή Δασολογίας και Φ.Π., ΑΠΘ. Δημ. Νο. 3. Θεσσαλονίκη.

White, T., T. Adams, and D. Neale. 2009. Δασική Γενετική. Απόδοση στα Ελληνικά: Α. Σκαλτσιγιάννης, και Δ. Ζαραγκότας. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ, Αθήνα.

Β. Ξενόγλωσση

Abraham, E.M., M.D. Karatassiou, Z.M. Parissi, Z. Koukoura, and C.N. Tsiouvaras. 2009. Long-term effects of grazing on composition in various habitats of a mountainous area in Central Greece. *Options Méditerranéennes (A)* 85:73-78.

Adler, P., D. Raff, and W. Lauenroth. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128:465-479.

Asner, G.P., A.J. Elmore, L.P. Olander, R.E. Martin, and A.T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29:261-299.

Bernardo, D.J., G.W. Boudreau, and T.C. Bidwell. 1994. Economic tradeoffs between livestock grazing and wildlife habitat: a ranch - level analysis. *Wildlife Society Bulletin* 22:393-402.

Chapin III, F.S., M.S. Torn, and M. Tateno. 1996. Principles of ecosystem sustainability. *The American Naturalist* 148:1016-1037.

Cheddadi, R., J. Guiot, and D. Jolly. 2001. The Mediterranean vegetation: what if the atmospheric CO₂ increased? *Landscape Ecology* 16:667-675.

Chouvardas, D., and M.S. Vrahnakis. 2009. A semi-empirical model for the near-future evolution of the lake Koronia landscape. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 10:867-876.

Clarke, R. (ed.). 1986. *The Handbook of Ecological Monitoring*. Clarendon Press, Oxford.

Clergue, B., B. Amiaud, F. Pervanchon, F. Lasserre-Joulin, and S. Plantureux. 2005. Biodiversity: Function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomie* 25:1-15.

Clevenger, A.P., and F.J. Purroy. 1996. Sign surveys for estimating trend of a remnant brown bear population in northern Spain. *Wildlife Biology* 2: 275-281.

Coulon, J.B., A. Delacroix-Buchet, B. Martin, and A. Pirisi. 2004. Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Lait* 84:221-241.

Cocks, P.S. 1993. Legumes from the Mediterranean basin: a continuing source of agriculture wealth

for southern Australia. CLIMA, Technical paper, no 1:1-14.

Cocks, P.S. 1999. Reproductive strategies and genetic structure of wild and naturalized legume populations pp. 20-31, In: S.J. Bennett, and P. S. Cocks, editors. *Genetic Resources of Mediterranean Pasture and Forage Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Déqué, M., P. Marquet, and R.G. Jones. 1998. Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. *Climate Dynamics* 14:173-189.

EUROSTAT. 2010. Land use/cover area frame survey. Eurostat News Release No 145.

FAO. 2010. AGP-Grasslands, Rangelands and Forages. www.fao.org.

Farina, A. 1997. Landscape structure and breeding bird distribution in a sub-Mediterranean agroecosystem. *Landscape Ecology* 12:365-378.

Fotiadis, G., M.S. Vrahnakis, T. Merou, and K. Vidakis. 2010. Ecology, chorology and commonness of the *Trifolium* taxa in Greece. *Feddes Repertorium* 121:66-80.

FSC. 2002. Principles and Criteria for Forest Stewardship. Forest Stewardship Council. <http://www.nrdc.org/land/forests/qcert.asp>.

Gatti, R., L. Carotenuto, A. Vitanzi, P.L. Pieruccini, and A. Catorci. 2006. Plant biodiversity conservation and sustainable grazing in mountain grasslands: a case study in Umbria-Marche Apennines (Central Italy). In C. Comoglio, E. Comino, and F. Bona, editors. *Proceedings of the 15th meeting of the Italian Society of Ecology*. 12-14 September 2005, Torino.

Gibon, A. 2005. Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Livestock Production Science* 96:11-31.

Gilbert, F.F., and D.G. Dodds. 1992. *The philosophy and practice of wildlife management*. Krieger Publishing Company, Florida.

Hadar, L., I. Noy-Meir, and A. Perevolotsky. 1999. The effect of shrub clearing and grazing on the composition of a Mediterranean plant community: Functional groups versus species. *Journal of Vegetation Science* 10:673-682.

Herrero, J., I. Garin, A. García-Serrano, and R. García-González. 1996. Habitat use in a *Rupicapra pyrenaica pyrenaica* forest population. *Forest Ecology and Management* 88:25-29.

- Holechek, J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1989. Range management: principles and practices. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? Trends in Ecology and Evolution 15:56-61.
- Hulme, M. 1999. Global warming. Progress in Physical Geography 23:283-291.
- Ispikoudis, I. and D. Chouvardas. 2005. Livestock, land use and landscape. Pages 151-157 in A. Georgoudis, A. Rosati, and C. Mosconi, editors. Animal Production and Natural Resources Utilisation in the Mediterranean Mountain Areas. EAAP publication 115.
- Kazoglou, Y.E., F. Mesléard, and V.P. Papanastasis. 2004. Water buffalo (*Bubalus bubalis*) grazing and summer cutting as methods of restoring wet meadows at Lake Mikri Prespa, Greece. Grassland Science in Europe 9:225-227.
- Koukoura, Z., A.P. Kyriazopoulos, and Z.M. Parisi. 2009. Growth characteristics and nutrient content of some herbaceous species under shade and fertilization. Spanish Journal of Agricultural Research 7:431-438.
- Kyriazopoulos, A., and G. Arabatzis. 2006. Ecological and socio-economic approaches of traditional silvoarable systems: The case of Andros island, Greece. Pages 250-253 in E.I. Manolas, editor. Proceedings of the 1st International Conference "Sustainable Management and Development of Mountainous and Island Areas", Naxos and Koronos, 29 September - 1 October 2005. Department of Forestry and Management of the Environment and the Natural Resources. DUTH, Orestiada, Greece.
- Kyriazopoulos, A., A.S. Nastis, and Z. Koukoura. 2006. Effects of shading on species richness, above-ground biomass production and litter in an agroforestry system. Grassland Science in Europe 11:460-462.
- Leemans, R. 1996. Biodiversity and global change. Pages 367-387 in K.J. Gaston, editor. Biodiversity, a biology of numbers and difference. Blackwell Science, Oxford.
- MacDicken, G.K., and T.N. Vergana. 1990. Introduction to Agroforestry. Pages 1-30 in G.K. MacDicken, and T.N. Vergana, editors. Agroforestry: Classification and Management. John Wiley & Sons, New York.
- Mantzanas, K., E. Tsatsiadis, I. Ispikoudis, and V.P. Papanastasis. 2004. Traditional silvoarable systems and their evolution in Greece. Pages 53-54 in M.R. Mosquera-Losada, J. McAdam, and A. Rigueiro-Rodriguez, editors. Proceedings of International Conference "Silvopastoralism and Sustainable Land Management". Lugo, Spain, April 2004.
- Matulich, M.K., and R.M. Adams. 1987. Towards more effective wildlife policies: an economic perspective of wildlife management research. Wildlife Society Bulletin 15: 285-291.
- McKell, C.M. 1980. Multiple use of fodder trees and shrubs- a worldwide perspective. Pages 141-150 in H.N. Le Houerou, editor. Browse in North Africa, the current stage of knowledge. The International Livestock Centre and food production in Africa (ILCA). Addis Ababa, Ethiopia.
- Mosquera-Losada, R., A. Rigueiro-Rodriguez, M. Rois-Dias, A. Schuck, and J. Van Brusselen. 2005. Assessing Biodiversity on silvopastoral systems across Europe. Grassland Science in Europe 10:44-51.
- Nair, P. K.R. 1985. Classification of Agroforestry Systems. Agroforestry Systems 3:97-120.
- Naveh, Z. 1995. Conservation, restoration, and research priorities for Mediterranean uplands threatened by global climate change. Pages 482-508 in J. Moreno, W. Oechel editors. Global Change and Mediterranean-Type Ecosystems. Ecological Studies Vol. 117. Springer, New York.
- Noy-Meir, I. 1998. Effects of grazing on Mediterranean grasslands: the community level. Pages 27-39 in V.P. Papanastasis, and D. Peter, editors. Proceedings of International Workshop "Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems". Thessaloniki, October 23-25, 1997. European Commission, Science Research Development, EUR 18308 EN.
- Papachristou, T.G. 1997. Grazing behaviour of goats and sheep on kermes oak shrublands. Small Ruminant Research 24:85-93.
- Papanastasis, V.P. 1998. Livestock grazing in Mediterranean ecosystems: an historical and policy perspective. Pages 5-9 in: V.P. Papanastasis, and D. Peter, editors. Proceedings of International Workshop "Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems", Thessaloniki, October 23-25, 1997. European Commission, EUR 18308 EN.
- Papanastasis, V.P. 1999. Grasslands and woody plants in Europe with special reference to Greece. Grassland Science in Europe 4:15-24.
- Pausas, J.G. 1999. Mediterranean vegetation dynamics: modelling problems and functional types. Plant Ecology 140:27-39.

- Peter-Schmid, M. K.I., B. Boller, and R. Kollicer. 2008. Habitat and management affect genetic structure of *Festuca pratensis* but not *Lolium multiflorum* ecotype populations. *Plant Breeding* 127:510-517.
- Pitman, W.D., and E.C. Holt. 1983. Herbage production and quality of grasses with livestock and wildlife value of Texas. *Journal of Range Management* 36:52-54.
- Porqueddu, C., A. Franka, and L. Soulas. 2010. A second generation of pasture legumes: An opportunity for improving the biodiversity in farming systems of Mediterranean basin? *Options Méditerranéennes (A)* 92:241-246.
- Priolo, A., D. Micol, and J. Agabriel. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* 50:185-200.
- Reed, D.H., and R. Frankham. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology* 17:230-237.
- Reheul, D., A. De Vlieghe, L. Bommele, and L. Carlier. 2007. The comparison between temporary and permanent grassland. *Grassland Science in Europe* 12:1-13.
- Rook, A.J., B. Dumont, J. Isselstein, K. Osoro, M.F. Wallis DeVries, G. Parente, and J. Mills. 2004. Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – A review. *Biological Conservation* 119:137-150.
- Rudmann-Maurer, K., A. Weyand, M. Fischer, and J. Stocklin. 2007. Microsatellite diversity of the agriculturally important alpine grass *Poa alpina* in relation to land use and natural environment. *Annals of Botany* 100:1249-1258.
- Sage, R.B., D.M.B. Parish, M.I.A. Woodburn, and P.G.L. Thompson. 2005. Songbirds using crops planted on farmland as cover for game birds. *European Journal of Wildlife Research* 51:248-253.
- Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke, and B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591-596.
- Schröter, D., W. Cramer, R. Leemans, I.C. Prentice, M.B. Araújo, N.W. Arnell, A. Bondeau, H. Bugmann, T.R. Carter, C.A. Gracia, A.C. de la Vega-Leinert, M. Erhard, F. Ewert, M. Glendining, J.I. House, S. Kankaanpää, R.J.T. Klein, S. Lavorel, M. Lindner, M.J. Metzger, J. Meyer, T.D. Mitchell, I. Reginster, M. Rounsevell, S. Sabaté, S. Sitch, B. Smith, J. Smith, P. Smith, M.T. Sykes, K. Thonicke, W. Thuiller, G. Tuck, S. Zaehle, and B. Zierl. 2005. Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 310 (5752):1333-1337.
- Simeon, D., and G. Cheylan. 1985. Conservation strategies for raptors in the south of France. *Bulletin of World Working Group on Birds of Prey and Owls* 2:113-116.
- Spatz, G., and T.G. Papachristou. 1999. Ecological strategies of shrubs invading extensified grasslands: their control and use. *Grassland Science in Europe* 4:27-36.
- Sulas, L. 2005. The Future Role of Forage Legumes in Mediterranean-climate Areas. Pages 29-54 in S.G. Reynolds, and J. Frame, editors. *Grasslands: Developments, Opportunities, Perspectives*. FAO, Rome.
- Teer, J.G. 1991. Performance and productivity of domestic and wild herbivores. Pages 1129-1133 in A. Gaston, M. Kernick, and H. N. Le Houerou, editors. *Proceedings of the IVth International Rangeland Congress, Montpellier, France, April 22-26, 1991, Vol. 3*.
- Vareltzidou, S., and L. Strixner. 2009. Recommended Strategic Plan for maintaining favourable conservation status of Natura 2000 areas in the Axios Delta (2009-2013). Axios-Loudias-Aliakmonas Estuaries Management Authority, Greece.
- Vrahnakis, M.S., M. Kadroudi, E. Kyriazi, D. Vasiliakis, Y. Kazoglou, and P. Birtsas. 2009. Variation of structural and functional characteristics of grasslands in the foraging areas of the Eurasian black vulture (*Aegypius monachus* L.). *Grassland Science in Europe* 14:269-272.
- Vrahnakis, M.S., G. Fotiadis, T. Merou, and Y.E. Kazoglou. 2010. Improvement of plant diversity and methods for its evaluation in Mediterranean basin grasslands. *Options Méditerranéennes (A)* 92:225-236.
- Washington-Allen, R.A., T.G. Van Niel, R.D. Ramsey, and N.E. West. 2003. Remote Sensing-Based Piosphere Analysis. *GIScience and Remote Sensing* 41:136-154.
- Williams, J.R., and P.L. Diebel. 1996. The economic value of the prairie. Pages 19-35 in F.B. Samson, and F.L. Knopf, editors. *Prairie Conservation*. Island Press, Washington DC.
- Zomeni, M., J. Tzanopoulos, and J.D. Pantis. 2008. Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas. *Landscape and Urban Planning* 86:38-46.

9. Αποκατάσταση μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων

Γεώργιος Καρέτσος, Αθανάσιος Μπουρλέτσικας, Γεώργιος Μάντακας

Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνονται συχνότερα γεγονότα φυσικών καταστροφών εξαιρετικών διαστάσεων και οι πρόσφατες εμπειρίες των μεγάλων δασικών πυρκαγιών παγκοσμίως επισφραγίζουν το γεγονός. Διαπιστώνεται, επίσης, ότι ο σύγχρονος άνθρωπος δεν παύει να είναι συμμετοχός σ' αυτές, παρά τη συσσωρευμένη γνώση και εμπειρία και την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Μετά την εκδήλωση τέτοιων φαινομένων, συνεχώς ανακύπτουν ζητήματα αποκατάστασης και ανασυγκρότησης των πληγισίων περιοχών. Οι προσπάθειες αποκατάστασης βασίζονται σε παλαιότερες εμπειρικές τεχνικές, οι οποίες στη συνέχεια βελτιώνονται και υποστηρίζονται από την επιστημονική έρευνα. Όλες οι σχετικές τεχνικές παρατίθενται και αξιολογούνται σύμφωνα με τους σκοπούς και τους στόχους που τίθενται ώστε να επιλεγθούν οι βέλτιστες, και να συμβάλουν στην επίτευξη της φυσικής διαδικασίας αποκατάστασης. Η εργασία δεν περιορίζεται μόνο στη θετική συνεισφορά των διαφόρων τεχνικών, αλλά παραθέτει και τις αντίστοιχες βάσιμες κριτικές που στηρίζονται σε αρνητικές εμπειρίες. Οι πρακτικές αποκατάστασης δεν είναι αυτοσκοπός και εξαρτώνται από τις κυριαρχούσες κοινωνικές αντιλήψεις και τους οικονομικούς περιορισμούς. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και η εφαρμογή της απαιτεί βαθύτερες γνώσεις της λειτουργίας των φυσικών οικοσυστημάτων και της φυσιολογίας των διαφόρων οργανισμών. Απαιτείται, επίσης, μια πολύπλευρη και διεπιστημονική προσέγγιση που θα συντονίζεται με την κατεύθυνση των σκοπών και των στόχων της αποκατάστασης, των επιμέρους δράσεων, την αξιοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων, τη χρήση και τη βελτίωση των τεχνολογιών και τη δημιουργία, βελτίωση και αξιοποίηση των υποδομών.

Λέξεις κλειδιά: μεσογειακό τοπίο, δασικές πυρκαγιές, διάβρωση εδάφους, φυσική αναγέννηση, αναδασώσεις

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας παρουσιάζονται σοβαρές φυσικές καταστροφές, που σχετίζονται με πυρκαγιές και πλημμύρες. Και τα δύο φαινόμενα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη γεωγραφική της θέση, τη γεωλογία, τη γεωμορφολογία, τη βλάστηση και τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Εκτός από τα φυσικά αίτια, κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση της φυσιογνωμίας του τοπίου, όπως και του ευρύτερου μεσογειακού τοπίου, έπαιξε ο άνθρωπος. Στην ουσία, ο άνθρωπος επέδρασε τόσο έντονα για μερικές χιλιάδες χρόνια, ώστε σήμερα να συζητούμε για ένα ανθρωπογενώς διαμορφωμένο μεσογειακό περιβάλλον, εφόσον οι πρώτοι ακμαίοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν στην περιοχή αυτή και το περιβάλλον φέρει έντονα τη σφραγίδα τους (Le Houerou 1981, Τσου-

μής 1985, Naveh and Kutiel 1990, Bottema et al. 1990). Στην ουσία, τίποτε στο φυσικό περιβάλλον της δεν παραμένει «παρθένο», με τη στενή έννοια του όρου.

Όπως λέγεται, η επιβίωση του ανθρώπου σχετίζεται με τη συνεχή διαπάλη με το φυσικό περιβάλλον. Στο απώτερο παρελθόν ο άνθρωπος επέδρασε κυρίως με ενέργειες που σχετίζονταν με τη φωτιά, τη βοσκή και την εκχέρσωση για εξασφάλιση των γονιμότερων γαιών για καλλιέργεια (Pons and Quézel 1985). Οι δράσεις αυτές παραμένουν και σήμερα ενεργές και επιπρόσθετα εμφανίζονται νέες, όπως η λατομική και εξορυκτική δραστηριότητα, η βιομηχανική ανάπτυξη, η οικιστική επέκταση, η διάνοιξη οδικών και πάσης φύσεως δικτύων, η ρύπανση και η διάθεση των απορριμμάτων, οι εκπομπές «αερίων του θερμοκηπίου» και η λεγόμενη «κλιματική αλλαγή» που, κατά περι-

πτωση, έχουν κυρίαρχη σημασία στην περαιτέρω εξέλιξη και διαμόρφωση του περιβάλλοντος.

Τα προβλήματα που σχετίζονται με την καταστροφή και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος οξύνθηκαν με τη βιομηχανική επανάσταση, τη δημογραφική έκρηξη και την ταχύτατη αστικοποίηση του πληθυσμού των δύο τελευταίων αιώνων. Τα δραματικά αποτελέσματα της τελευταίας, για τις μεσογειακές, τουλάχιστο, χώρες, συνδέονται με την οικονομική απομάκρυνση του πληθυσμού από τον πρωτογενή τομέα, τον περιορισμό του κοινωνικού και πολιτικού, κατ'επέκταση, ενδιαφέροντος για την ύπαιθρο και την πλημμελή διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων, γεγονότα που συνηγορούν στην κατακόρυφη αύξηση των καμένων δασικών εκτάσεων της Μεσογείου.

Ο σύγχρονος άνθρωπος είχε, πλέον, τη δυνατότητα να δεσμεύει και να αξιοποιεί τεράστιες δυνάμεις και να προξενεί μονιμότερες αλλαγές στο περιβάλλον (Carson 1962). Η δραματική κατάσταση που προέκυψε από το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο χώρο, ανάγκασε τις σύγχρονες κοινωνίες να θεσπίσουν κανόνες και να αναπτύξουν δράσεις προστασίας και διατήρησης του περιβάλλοντος, καθώς και κατευθύνσεις ορθότερης εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων.

Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος είναι πολύ σύγχρονη έννοια και εισήχθη ως όρος και υποχρέωση μετά το 1960 (Jacobs 1991), αν και οι επιστημονικές ανησυχίες για τα όρια εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και η εφαρμογή διαφόρων πρακτικών διαχείρισης είχαν εισαχθεί πολύ νωρίτερα. Οι πρώτες δράσεις ορθολογικής εκμετάλλευσης αναπτύχθηκαν κυρίως στην κατεύθυνση της διαχείρισης των δασών (Carlowitz 1713), μετά τις ανησυχίες για την κακή εκμετάλλευση και τη διαφαινόμενη καταστροφή τους, οπότε και για πρώτη φορά εισήχθη και ο όρος «αιφορική διαχείριση», με την έννοια της διατήρησης των καρπώσεων εσαεί (Μουλόπουλος 1938, Ντάφης 1986α). Τα τελευταία χρόνια, η έννοια της αιφορίας επεκτάθηκε στο σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλά επειδή δίνει περισσότερη έμφαση στην προστασία και ενέχει απαγορεύσεις, θεωρήθηκε ότι αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη, εισήχθη και επεβλήθη κατά μία έννοια πολύ πρόσφατα ο όρος «βιώσιμη ανάπτυξη» (sustainable development), κυρίως από τις μεγάλες βιομηχανικές εταιρίες στο πλαίσιο της λεγόμενης «δεξαμενής σκέψης» (think tank) και με τον ακόλουθο ορισμό: «Βιώσιμη ανάπτυξη είναι εκείνη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να δεσμεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες» (WCED 1987).

Σκοπός της αποκατάστασης

Η απογύμνωση διαφόρων περιοχών από τη φυσική βλάστηση τις καθιστά ευάλωτες σε περαιτέρω υποβάθμιση, τα τελικά στάδια της οποίας εξαρτώνται κυρίως από τις ανθρώπινες ενέργειες. Η αποκατάσταση των διαταραγμένων περιοχών και των καμένων εκτάσεων, σκοπεύει στην άρση της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων, στην ενίσχυση της φυσικής τους λειτουργίας και στην επαναφορά τους στην κατάσταση πριν τη διαταραχή. Με δεδομένο ότι τα οικοσυστήματα της Μεσογείου υποβαθμίζονται επί αιώνες, δεν είναι εύκολο να βρεθεί σημείο αναφοράς για επαναφορά στην κατάσταση πριν τη διαταραχή (Tomaselli 1977, 1981b). Γενικώς γίνεται αποδεκτό ότι οι φυσικές διεργασίες αποκατάστασης είναι ικανές να ανατρέψουν υποβαθμίσεις αλλά σε σχετικά μεγάλους χρονικούς ορίζοντες.

Αντίστοιχα, η επιστημονική έρευνα έχει διαμορφώσει ένα σοβαρό πλαίσιο τεκμηριωμένων προτάσεων, ικανών να προβλέψουν, να περιορίσουν και να ανατρέψουν περαιτέρω υποβαθμίσεις, ενώ παράλληλα συνεχίζονται οι έρευνες για την πληρέστερη κατανόηση των φυσικών διεργασιών και την αξιολόγηση των επιπτώσεων διαφόρων χειρισμών αποκατάστασης. Τελικά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η φυσική αποκατάσταση είναι μια εσωτερική δυναμική προσαρμογής των οικοσυστημάτων στις συνθήκες που διαμορφώνονται από προσωρινά δυναμικά εξωτερικά ανατρεπτικά αίτια. Στις περιπτώσεις αποτυχίας της φυσικής αποκατάστασης, θεωρείται γενικώς επιβεβλημένη η τεχνητή επέμβαση. Οι επεμβάσεις αυτές θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιστημονικό σχεδιασμό. Αντίθετα, οι κοινωνικές πιέσεις για άμεση αποκατάσταση οδηγούν, κατά τεκμήριο, σε βιαστικές, πολυδάπανες και με αμφίβολο αποτέλεσμα ενέργειες.

Οι επικρατούσες αντιλήψεις για το περιβάλλον και τις επεμβάσεις αποκατάστασης

Σύμφωνα με τον Μπρόφα (2011), οι βασικές απόψεις που έχουν διαμορφωθεί για το τοπίο και για το περιβάλλον, κατ'επέκταση εκφράζουν και τις κυρίαρχες αντιλήψεις για τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις με στόχο την αποκατάσταση των διαταραγμένων περιοχών. Θα μπορούσαν, κατά τον ίδιο, να συνοψισθούν στις εξής:

α) Η άποψη της απόλυτης προστασίας. Σύμφωνα με αυτή, το περιβάλλον θα πρέπει να αφαιρεθεί να εξελιχθεί αφ'εαυτού, χωρίς εξωτερικές πα-

ρεμβάσεις. Ο άνθρωπος θεωρείται ως ξένο στοιχείο στο περιβάλλον και εμφανίζεται ως παρατηρητής ή επισκέπτης. Η άποψη αυτή επικράτησε και, ως ένα βαθμό, συνεχίζει να επικρατεί, κυρίως σε ομάδες ευαίσθητων πολιτών, υπέρμαχων της «ολιστικής» άποψης που καθιερώθηκε από τους αδελφούς Odum τις δεκαετίες '60 και '70, με ισχυρό αντίκτυπο ακόμη και σήμερα. Η ακραία άποψη της εν λόγω θεωρίας οδηγεί στην αντίληψη ότι η φύση «διαθέτει αυτοσυνείδηση» της οργάνωσης. Επιστημονικά, δεν αμφισβητείται ως αναλυτική μέθοδος των οικοσυστημάτων και της εσωτερικής τους λειτουργίας. Εφόσον, όμως, το περιβάλλον δεν μπορεί να θεωρηθεί στατικό, ή τουλάχιστο σε σχετική ισορροπία, και η μη επέμβαση πιθανόν να οδηγήσει σε μη επιθυμητά αποτελέσματα (επικράτηση κάποιου είδους, απώλεια άλλων κ.λπ.).

β) Η συντηρητική άποψη. Η άποψη αυτή ταυτίζεται με τη διατήρηση του παραδοσιακού περιβάλλοντος, αλλά επιτρέπει επεμβάσεις με αυστηρούς περιοριστικούς κανόνες, ώστε να μη διαταράσσεται η οπτική και η οικολογική πραγματικότητα. Δεν λαμβάνει, όμως, υπόψη ότι το περιβάλλον έχει αλλοιωθεί στο παρελθόν και ενδεχόμενα παλαιότερες ισορροπίες να έχουν ανατραπεί, και θεωρεί ότι η φύση θα οδηγηθεί σε μια δέουσα ισορροπία μη επιτρέποντας δυναμικές διορθωτικές εξωτερικές επεμβάσεις που θα αλλοίωναν την επικρατούσα κατάσταση.

γ) Η άποψη του οικολογικού σχεδιασμού. Ο οικολογικός σχεδιασμός αποβλέπει στην λεπτομερή καταγραφή των παραγόντων ενός οικοσυστήματος με ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες, ώστε να δημιουργηθεί μια αναλυτική τράπεζα δεδομένων, και, από την άλλη, αντιπαραβάλλει τις χρήσεις και τις απαιτήσεις τους σε αντίστοιχες μεταβλητές του περιβάλλοντος. Με τη μέθοδο αυτή αποφεύγονται επικίνδυνες για το περιβάλλον επεμβάσεις. Θα μπορούσε να συνοψισθεί στην έκφραση του Whyte (1970) ότι «αντί να αντιτάξουμε αυθαίρετα ένα σχέδιο διαχείρισης για μια περιοχή, αρμόζει καλύτερα να βρούμε το σχέδιο που έχει εγκαταστήσει η φύση για την περιοχή». Η άποψη αυτή του Whyte μπορεί να παραπέμπει στην πρώτη περίπτωση, αλλά κατατίθεται με την προοπτική ότι όλες οι επεμβάσεις θα πρέπει να συνηγορούν στην υποβοήθηση του έργου της φύσης.

δ) Η άποψη της τυχαιάς ή ευκαιριακής προσέγγισης. Σύμφωνα με την εν λόγω άποψη, το περιβάλλον αποτελεί παρακαταθήκη που μπορεί να εξυπηρετεί διάφορες χρήσεις κατά περίπτωση. Συνήθως ακολουθεί παραδοσιακές πρακτικές χωρίς κάποιο σχεδιασμό, που οδηγεί πολλές φορές σε χαοτικές καταστάσεις εξυπηρέτησης πρόσκαιρων απαιτήσεων και συμφερόντων. Δυστυχώς, σε

αρκετές περιπτώσεις, συνεχίζει να εφαρμόζεται, παρ' ότι οι εγγενείς αδυναμίες της την καθιστούν επιστημονικά απαράδεκτη.

ε) Η σφαιρική άποψη. Ως γενική θεώρηση δεν διαφοροποιείται από την άποψη του οικολογικού σχεδιασμού, με την προϋπόθεση ότι πέραν της ακριβούς αποτύπωσης των οικολογικών παραγόντων και των επικρατούσων επιστημονικών θέσεων, συνεκτιμά και τις απόψεις του κοινωνικού συνόλου που διαβίει στην περιοχή και αποβλέπει στην προστασία του περιβάλλοντος, διαβαθμίζοντάς το σε ζώνες με ιδιαίτερες χρήσεις, από περιοχές απόλυτης προστασίας έως εκείνες όπου επιτρέπονται παραδοσιακές ασχολίες που συνάδουν με τους σκοπούς προστασίας και διατήρησης. Θα μπορούσε, ως εκ τούτου, να ταυτιστεί με την άποψη της «βιώσιμης ανάπτυξης» που σχολιάστηκε στην εισαγωγή.

Αρχές της αποκατάστασης

Κάθε προσπάθεια αποκατάστασης θα πρέπει να διέπεται από ορισμένες αρχές, οι οποίες διαμορφώνονται από τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες, τις επικρατούσες αντιλήψεις, τη φυσική και ανθρώπινη ιστορία, την κατάσταση που επικρατούσε πριν τη διαταραχή και το διαμορφωμένο επιστημονικό πλαίσιο, και βάσει αυτών να επιλέγει, αντίστοιχα, τις μεθόδους και τις πρακτικές αποκατάστασης. Κατά συνέπεια, η αποκατάσταση, σύμφωνα με τα σύγχρονα επιστημονικά κριτήρια, πρέπει να ακολουθεί δύο βασικές αρχές, ήτοι: α) την αρχή της διατήρησης του εδάφους και β) την αρχή της «αυτοδιαδοχής», που ακολουθούν οι φυσικές διεργασίες ανασυγκρότησης των οικοσυστημάτων που υπέστησαν τη διαταραχή.

Η αρχή της διατήρησης του εδάφους

Η φωτιά επιδρά στο έδαφος με τη θερμότητα και την εναπόθεση υπολειμμάτων στάχτης. Τα υπολείμματα της καύσης διηθούνται στο έδαφος και επηρεάζουν τις ιδιότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η διαθέσιμη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της φωτιάς στις φυσικοχημικές ιδιότητες και στη γονιμότητα των εδαφών είναι σημαντική (De Bano and Conrad 1978, Dunn et al. 1979, Ellis and Kumerow 1989, Ferran et al. 1991, Σειλόπουλος 1991, Παπαμίχος κ.ά. 1993, USDA Forest Service 2005, Seiloropoulos and Alifragis 1996, Giovannini et al. 1998, Δημητρακόπουλος 2001, Neary et al. 2006, Χριστακόπουλος 2010). Τα αποτελέσματα των ερευνητικών εργασιών θα μπορούσαν να συνοψισθούν στις ακόλουθες γενικευμένες επιστημονικές

Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε ένα επεισόδιο πυρκαγιάς, κυρίως στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους, ευνοούν τις συνθήκες ορυκτοποίησης του αζώτου, τη διεργασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και, γενικά, την ταχύτητα των βιολογικών και φυσικοχημικών αντιδράσεων σ' αυτό. Αντίθετα, η μεγάλη εξάτμιση του εδαφικού νερού αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για την αναστολή των διεργασιών αυτών, τουλάχιστον κατά τη θερινή περίοδο του έτους, όταν η διαθεσιμότητα ύδατος είναι ελάχιστη έως μηδενική.

Οι μεγαλύτερες ποσότητες εκχυλίσμου φωσφόρου που εμφανίζονται τα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά, καθώς και οι μεγαλύτερες ποσότητες διαθέσιμων στοιχείων Ca, K, Mg, για τη νεοεμφανιζόμενη βλάστηση, αποτελούν ίσως την ελάχιστη θετική συμβολή των πυρκαγιών. Θα πρέπει, όμως, να τονιστεί ότι ο κίνδυνος έκπλυσής τους είναι πρόδηλος και η διαθεσιμότητά τους εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους.

Η αύξηση της τιμής του pH που παρατηρείται μετά τις πυρκαγιές, αυξάνει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, ιδίως για τα όξινα εδάφη, και δημιουργεί ευνοϊκότερες συνθήκες για την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Στα αλκαλικά εδάφη με $pH > 7,5$, που δεν εμφανίζονται πολύ συχνά στο δασικό χώρο της Ελλάδας, πιθανόν να προκαλέσει μείωση της διαθεσιμότητας των περισσότερων μικροστοιχείων και του φωσφόρου.

Η καύση του δασικού τάπητα και η μεγάλη διάρκεια αποκατάστασής του αποτελεί μια από τις πλέον επιζήμιες επιδράσεις των δασικών πυρκαγιών. Η μείωση της οργανικής ουσίας που παρατηρείται στο επιφανειακό έδαφος έχει δυσμενή επίδραση στη δομή, στην εναλλακτική ικανότητα, στον αερισμό, στη διήθηση του νερού, στην υδατοϊκανότητα, στην έκπλυση θρεπτικών στοιχείων, στη δράση των μικροοργανισμών και στην εδαφογένεση.

Οι επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές δεν εκχωρούν επαρκή χρόνο για ανάκαμψη της βλάστησης, δρουν προσθετικά, και οι όποιες ευνοϊκές επιδράσεις της πυρκαγιάς χάνονται. Επιπλέον, συμβάλλουν καθοριστικά στην αύξηση της διαβρωσιμότητας και στην απώλεια του εδάφους, σε συνδυασμό με τη δημιουργία υδρόφοβου στρώματος στην επιφάνεια του εδάφους. Το έντονο ανάγλυφο, αλλά και η κατανομή και το είδος των θερινών βροχοπτώσεων μπορούν να ευνοήσουν το φαινόμενο. Οι υπόλοιπες μηχανικές και χημικές διεργασίες μειώνουν την υδατοϊκανότητα, αυξάνουν την ξηροθερμικότητα του εδάφους και διαμορφώνουν δυσμενέστερες συνθήκες ανάπτυξης της βλάστησης. Το φαινόμενο ενισχύεται όταν, μετά τις πρώτες βροχοπτώσεις και τη φύτευση των σπερμάτων, ακολουθή-

σει μια ξηρή περίοδος, πράγμα σύνηθες στις μεσογειακές περιοχές. Η ένταση και η διάρκεια της αποτελεί ένα ασφαλές μέτρο αξιολόγησης για την επιτυχή ή όχι εξέλιξή της.

Το έδαφος διατηρεί μια τράπεζα σπερμάτων, τα ζώντα ριζικά συστήματα των διαφόρων φυτικών ειδών που αναπτύσσονται πριν τη διαταραχή, καθώς και ικανό αριθμό μικροοργανισμών (μυκοχλωρίδα, μικροπανίδα) που συμβιούν σ' αυτό. Ως εκ τούτου, η αποκατάσταση θα πρέπει να στοχεύει στη διατήρηση όλων των απαραίτητων ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, καθώς επίσης και των μηχανικών και υδρολογικών ιδιοτήτων του εδάφους, ώστε να εξασφαλίζει τις φυσιολογικές απαιτήσεις των οργανισμών και τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων που πρόκειται να φιλοξενήσει.

Πρωταρχικός στόχος όλων των χειρισμών πρέπει να είναι η διατήρηση του βάθους του εδάφους, το οποίο πρακτικά παίζει κυρίαρχο ρόλο στα μεσογειακά οικοσυστήματα εφόσον αυξάνει τη δυνατότητα αποθήκευσης ύδατος και της διάθεσής του στα φυτά και δευτερευόντως την εξασφάλιση των θρεπτικών συστατικών (Χατζησταθής 1975, Μπρόφας 2011). Για τη διατήρηση του εδάφους εφαρμόζονται διάφορες πρακτικές που προέκυψαν από παλαιότερες τεχνικές σταθεροποίησης ευδιάβρωτων εδαφών στις μισογάγγειες των ρεμάτων και πρηνών δρόμων. Συνιστανται στην κατασκευή κλαδοπλεγμάτων, κορμοσειρών και ξύλινων φραγμάτων, επικάλυψη του εδάφους ή ακόμη και άλλων κατασκευών που θα αναπτυχθούν παρακάτω. Οι τεχνικές είναι αρκετά παλιές και, όπως αναφέρει ο Μουλόπουλος (1929), στη Γαλλία και στην Αυστρία άρχισαν να χρησιμοποιούνται από το 1860, ως τεχνικές εμπειρικές, στην αρχή, και περισσότερο επιστημονικές στη συνέχεια (Daubrée 1911). Άλλωστε, η κατασκευή ξηρολιθίων ή η καλλιέργεια σε βαθμίδες για τη σταθεροποίηση των επικλινών εδαφών στην περιοχή της Μεσογείου και στη νοτιανατολική Ασία είναι κατά πολύ αρχαιότερη πρακτική. Η αποφυγή διαβρώσεων, ολισθήσεων και πλημμυρικών φαινομένων που είναι πιθανό να συμβούν μετά τις πυρκαγιές, θα πρέπει να εξασφαλίζονται με συγκεκριμένες στρατηγικές κατεύθυνσης, όπως ο καθορισμός των στόχων, ο χρόνος έναρξης της αποκατάστασης και η αξιολόγηση των κινδύνων στους οποίους εκτίθεται το οικοσύστημα μετά τις πυρκαγιές (Morgan 1995). Εξάλλου, εξαιρετική σημασία έχει και ο ρυθμός εγκατάστασης της φυσικής αναγέννησης. Γενικά, κάλυψη βλάστησης στο όριο του 30% παρέχει ικανοποιητική εδαφική προστασία (Thornes 1990). Η κρίσιμη περίοδος για την προστασία του εδάφους είναι το πρώτο φθινόπωρο μετά την πυρκαγιά (Παπαμίχης κ.ά. 1993).

Οι κυριότερες τεχνικές διατήρησης του εδάφους μετά από πυρκαγιές, αλλά και από άλλες διαταράξεις, που εφαρμόζονται τόσο διεθνώς όσο και στη χώρα μας, βασίζονται στις ερευνητικές εργασίες και προτάσεις από τους εξής: Van Kraayenoud and Hathaway 1986, Gray and Leiser 1990, Morgan 1995, Schmidt 2003, USDA Forest Service 2003, Μπαλούτσος κ.ά. 2001, Γκαγκάρη κ.ά. 1998, Μπαλούτσος 2005, 2009, Λυριντζής κ.ά. 2007, Καρέτσος κ.ά. 2010, Μπρόφας 2011.

Κλαδοπλέγματα ή φακελώματα

Η τεχνική συνίσταται στην κατασκευή πλεγμάτων από τους λεπτούς κλάδους της καμένης βλάστησης, την τοποθέτηση και την αγκύρωσή τους με πασσάλους στο έδαφος, κάθετα προς τη μέγιστη κλίση της πλαγιάς. Η εργασία θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα επιμελημένη, ώστε οι κλάδοι να βρίσκονται σε εξαιρετική συνοχή μεταξύ τους και σε πλήρη επαφή με το έδαφος, με στόχο την παρεμπόδιση της παράσυρσης εδαφικού υλικού προς τα κατάντη. Η τεχνική αυτή τα τελευταία χρόνια δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική, λόγω της γρήγορης κατασκευής που απαιτείται στον περιορισμένο χρόνο μεταξύ της πυρκαγιάς και των επερχόμενων βροχοπτώσεων του φθινοπώρου. Από την άποψη αυτή, θα πρέπει να αποφεύγεται όταν δεν υφίσταται εξειδικευμένο προσωπικό και τα κατάλληλα υλικά κατασκευής. Σε κάποιες, βέβαια, περιπτώσεις, έχει κατηγορηθεί ότι σε ενδεχόμενο επανάληψης της φωτιάς, τα κλαδοπλέγματα λειτουργούν ως καύσιμη ύλη και μεταφέρουν τη φλόγα κατά το μήκος της κατασκευής τους.

Κορμοσειρές

Αντίστοιχη τεχνική αποτελεί και η κατασκευή κορμοσειρών, με τη διαφορά ότι συνίσταται στην τοποθέτηση, αγκύρωση και σε πλήρη επαφή με το έδαφος, κορμών των καμένων δένδρων, αφού αφαιρεθούν οι κλάδοι. Οι κορμοί δεν πρέπει να έχουν μεγάλη διάμετρο (20-30 cm). Όταν οι κορμοί έχουν μεγάλη διάμετρο, μπορούν να σχίζονται στο μέσον και κατά μήκος ή σε τεταρτημόρια, ώστε να αποφεύγεται το μεγάλο ύψος των κορμοσειρών, και για την οικονομία του ξύλου. Το μήκος των κορμών δεν πρέπει να είναι μεγάλο, ώστε να μπορούν εύκολα να προσαρμοσθούν στις μικροανωμαλίες που παρουσιάζει το έδαφος στις εξάρσεις και στις μισογάγγειες, οπότε και στρεβλοί, ακόμη, κορμοί να είναι κατάλληλοι σε αντίστοιχες θέσεις. Η σταθερότητά τους εξασφαλίζεται με ξύλινους πασσάλους και η επιτυχία τους εξαρτάται από την πλήρη επαφή των κορμών με το έδαφος. Προϋπόθεση για την κατασκευή τους είναι η διαθεσιμότητα των κορμών και η τοποθέτησή τους να γίνεται αμέσως μετά την πυρκαγιά και πριν τις φθινοπωρινές βροχοπτώσεις.

Οι αποστάσεις των κορμοσειρών μεταξύ τους καθώς και το ύψος τους υπολογίζονται με την εκτίμηση της καταϊγίδας σχεδιασμού, την εκτίμηση της πιθανότητας επιτυχίας των έργων και την επικρατούσα, κατά περίπτωση, κλίση του εδάφους (USDA Forest Service 1998, 2003, 2005). Η εφαρμογή τους είναι κατάλληλη σε ευδιάβρωτα, χαλαρά και βαθιά εδάφη (φλυσχογενή, μάργες και προσχωσιγενή) με μεγάλες κλίσεις, ενώ πρέπει να αποφεύγονται σε ασβεστολιθικά υπόβαθρα με μεγάλη λιθοβρίθεια, όπου το έδαφος έχει εκπλυθεί παλιότερα και, στην ουσία, δεν παρουσιάζει επιφανειακή διάβρωση. Στην τελευταία περίπτωση πρέπει να περιορίζονται οι επεμβάσεις μόνο στην κατασκευή ξύλινων ή πέτρινων φραγμάτων, κατά μήκος των ρεμάτων, όπως περιγράφονται παρακάτω, για την ανάσχεση των πλημμυρικών νερών.

Ξύλινα φράγματα

Κατασκευάζονται κατά μήκος των ρεμάτων με επίθεση κορμών κάθετα προς τον ρου του ρέματος. Οι κορμοί πρέπει να έχουν πολύ καλή συνοχή μεταξύ τους, να μην εμφανίζουν διάκενα και να είναι καλά στερεωμένοι στη βάση της κοίτης και στα πρηνή του ρέματος. Κατά τη γέμιση με φερτά υλικά και σε μεγαλύτερου ύψους φράγματα θα πρέπει να προβλέπεται η ανάπτυξη πρόσθετων δυνάμεων ανατροπής τους από την ώθηση γαιών. Οι αποστάσεις και τα ύψη των φραγμάτων σχεδιάζονται με τις αντίστοιχες προϋποθέσεις των κορμοσειρών και τις επιστημονικές επιταγές της ορεινής υδρονομικής και της διευθέτησης των χειμάρρων.

Οι παραπάνω τεχνικές είναι προσωρινές και βαθμιαία, με τη σήψη του ξύλου, περιορίζεται και η αποτελεσματικότητά τους. Στόχος τους, βέβαια, είναι η προσωρινή συγκράτηση του εδάφους έως την οριστική κάλυψή τους από την ανακάμπτουσα βλάστηση ή εκείνη που θα προκύψει με τις τεχνητές φυτοκομικές εργασίες.

Άλλες τεχνικές

Αυτές απαριθμούν ορισμένες σχετικά ασυνήθιστες κατασκευές για περιοχές που έχουν πληγεί από πυρκαγιές όπως τοίχους από ξηρολιθοδομή ή λιθοδομή, σάκους άμμου, φράχτες από συρματόπλεγμα και φράχτες με πλαστικό ύφασμα. Κατασκευάζονται κατά την έννοια των κορμοσειρών, αλλά με υλικά που είναι διαθέσιμα στην περιοχή. Αποτελούν, βέβαια, μονιμότερες κατασκευές και έχουν σημαντική απορροφητική ικανότητα στο τοπίο, από αισθητική άποψη. Οι ως άνω τεχνικές χρησιμοποιούνται σπανιότερα, ελλείψει άλλων υλικών.

Σύγχρονες τεχνικές

Για την αποφυγή επιφανειακών διαβρώσεων στην καμένη επιφάνεια, πολλές φορές χρησιμοποιούνται

τεχνικές διασποράς αχύρου με συγκολλητικές ουσίες ή τεμαχιδίων ξύλου από θρυμματισμό, ώστε να δημιουργηθεί ένα επιφανειακό στρώμα ανάσχεσης των ραγδαίων βροχοπτώσεων και βελτίωσης των εδαφικών συνθηκών (συγκράτηση υγρασίας, εμπλουτισμός του εδάφους σε οργανική ουσία, καλύτερες συνθήκες σκίασης, φύτευσης και προστασίας των σπερμάτων). Οι τεχνικές αυτές απαιτούν ειδικά μέσα διασποράς και θρυμματιστές μεγάλης δυναμικότητας, εφόσον το υλικό προς θρυμματισμό είναι άφθονο. Η χρήση αυτών των τεχνικών εξαρτάται από την ύπαρξη αρκετού διαθέσιμου χρόνου πριν από τη φύτευση των σπερμάτων, των ριζοβλαστημάτων και πριν την έναρξη των φθινοπωρινών βροχοπτώσεων.

Επικάλυψη με γεωφάσματα και υδροσπορές. Είναι τεχνικές που πρωτοεφαρμόστηκαν για τη σταθεροποίηση πρανών μεγάλων οδικών αξόνων και αργότερα σε αποθέσεις ορυχείων ή ακόμα και καμένων εκτάσεων ειδικού ενδιαφέροντος. Συνίστανται στην επικάλυψη κεκλιμένων επιφανειών με γεωφάσματα, γεωκυψέλες, προφυτευμένα στρώματα και βιοπλέγματα τόσο συνθετικά όσο και βιοαποδομούμενα, με κατάλληλη στερέωση, ώστε να είναι σε πλήρη επαφή με το έδαφος. Επιπρόσθετα, μπορούν να εφαρμοστούν υδροσπορές τόσο απευθείας στις κεκλιμένες επιφάνειες όσο και σε διαστρωμένα γεωφάσματα. Η υδροσπορά γίνεται με υδραυλική πίεση υδατικού διαλύματος με συγκολλητικές ουσίες (συνήθως κυτταρίνης), λίπασμα και μείγμα σπερμάτων διαφόρων ειδών που δημιουργούν πυκνό ριζώμα για τη συγκράτηση του εδάφους και σχετικά πλούσια φυλλική επιφάνεια για ανάσχεση των βροχοπτώσεων (Scullion 1992, Brofas and Varelidis, 2000, Brofas et al. 2007). Η τεχνική απαιτεί τη διάθεση του κατάλληλου τεχνικού εξοπλισμού. Στα φυσικά οικοσυστήματα μεγάλη σημασία έχει η επιλογή του μείγματος των σπερμάτων, εφόσον κατά τεκμήριο δεν υπάρχει διαθέσιμο ιθαγενές υλικό σποράς, αλλά εισαγόμενο από άλλες χώρες, και δεν προέρχεται από είδη που προϋπήρχαν στην περιοχή πριν την πυρκαγιά. Από την προσωπική μας εμπειρία (αποκατάσταση Ολυμπίας, αποκατάσταση περιοχών μεταλλείων στη Μήλο), συνάγεται ότι η περιορισμένη χρήση τέτοιων ειδών ενισχύει την προστασία του εδάφους και την επανεγκατάσταση της τοπικής χλωρίδας, χωρίς όμως να περιορίζει τους φόβους εξέλιξης των χρησιμοποιημένων ειδών σε εισβάλλοντα χωροκατακτητικά είδη, παρά τη διαπίστωση ότι τα χρησιμοποιηθέντα είδη εκλείπουν οριστικά στον τρίτο χρόνο από την εφαρμογή της υδροσποράς. Η γενικευμένη χρήση τους πιθανόν να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτα αποτελέσματα και η απόφαση εφαρμογής απαιτεί περίσκεψη.

Σκυρόδετα φράγματα. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται σκυρόδετα φράγματα στις χαμη-

λότερες περιοχές και στις εξόδους των ρεμάτων, κυρίως, για την ανάσχεση των πλημμυρικών νερών. Στα αρνητικά τους είναι η σχετικά σύντομη πλήρωση και, στην ουσία, η ακύρωση του ρόλου τους. Αισθητικά συνήθως εμφανίζονται ως ξένα στοιχεία και δεν συμβιβάζονται με τη φυσικότητα της περιοχής. Επιπρόσθετα, και για τη μείωση της αρνητικής αισθητικής εντύπωσης, θα πρέπει να συνοδεύονται από φυτοκομικές επεμβάσεις και άλλες τεχνικές επικάλυψης. Απαιτούν, επίσης, ειδικές μελέτες και το κόστος τους είναι συνήθως αποτρεπτικό. Για το λόγο αυτόν, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό η παρέμβαση να γίνεται είτε ψηλά στις πλαγιές είτε στους δευτερεύοντες κλάδους του κύριου ρέματος, όπου η πλημμυρική παροχή είναι πολύ μικρότερη και αντιμετωπίζεται ευκολότερα με τις προαναφερθείσες τεχνικές και με μικρότερο κόστος.

Συντήρηση και βελτίωση των υποδομών

Για την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων και πρόσθετων καταστροφών, απαιτείται ο συστηματικός έλεγχος των υφιστάμενων δικτύων παροχής των απορρεόντων υδάτων. Ο εντοπισμός και η επιδιόρθωση κατασκευαστικών λαθών, ο καθαρισμός των οχετών, η βελτίωση των ρείθρων, η κατασκευή πρόσθετων τεχνικών έργων παροχής και η σταθεροποίηση σαθρών πρανών, θα πρέπει να γίνει σταθερή πεποίθηση των εμπλεκόμενων υπηρεσιών.

Η αρχή της «αυτοδιαδοχής» (φυσική αναγέννηση)

Εξαιρετική σημασία στην αποκατάσταση έχει η γνώση της λειτουργίας των μεσογειακών οικοσυστημάτων και της μεταπυρικής οικολογίας. Οι φυτοκοινωνίες των μεσογειακών οικοσυστημάτων, σύμφωνα με διάφορους ερευνητές (Ντάφης 1987, Ne'eman and Trabaud 2000, Ne'eman and Perevolotsky 2000), θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως *πυρότυποι* (fire type). Τα καταληκτικά στάδια (climax stages), εφόσον προκύπτουν μετά από συχνή δράση της φωτιάς, θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως πυρόφυτα κλιμακικά (fire climax). Θεωρείται από πολλούς ερευνητές (Navéh 1975, Horvat et al. 1974, Barbero and Quezel 1981, Tomaselli 1977, 1981b, Μαυρομμάτης 1985) ότι τα μεσογειακά οικοσυστήματα προέρχονται από την υποβάθμιση ενός τυπικού μεσογειακού δάσους που αποτελούσε το αρχικό καταληκτικό στάδιο. Μετά τη φωτιά εμφανίζονται ορισμένα πρόδρομα είδη και βαθμιαία η χλωριδική σύνθεση διαφοροποιείται έως την τελική φυτοκοινωνία. Από το αρχικό στάδιο εξελίσσονται μία ή περισσότερες σειρές διαδοχής, ανάλογα με τις σταθμολογικές συνθήκες και τη σύνθεση των ειδών, οι

οποιες καταλήγουν στο ίδιο στάδιο πριν τη διαταραχή ή σε διαφορετικά τελικά στάδια (Tomaselli 1977, Χατζηστάθης και Ντάφης 1989), εφόσον οι μικροκλιματικές και εδαφικές συνθήκες δεν παραμένουν σταθερές.

Τα καμένα οικοσυστήματα αναγεννώνται φυσικά μετά τη φωτιά, με την προϋπόθεση ότι δεν επαναλαμβάνεται επιπρόσθετη δευτερογενής διατάραξη, όπως φωτιά ή υπερβόσκηση (Trabaud et al. 1985, Ντάφης 1986, Thanos and Marcou 1991, Paula et al. 2009). Η ικανότητα ανάκαμψης των μεσογειακών οικοσυστημάτων μετά από φωτιά (fire resilience) πραγματοποιείται χάρη στις στρατηγικές και στους επί μέρους προσαρμοστικούς μηχανισμούς που διαθέτουν τα διάφορα φυτικά είδη (McPherson et al. 1971, Kaminsky 1981, Trabaud et al. 1985, Keeley and Keeley 1989, Ne'eman et al. 1992, Daskalaku and Thanos 2004, Kazanis and Arianoutsou 2004, Zagas et al. 2004). Η εξέλιξη της βλάστησης μετά τη φωτιά ακολουθεί το μοντέλο της «αρχικής χλωριδικής σύνθεσης» (Egler 1954) ή, πιο σύγχρονα αποδιδόμενο, της «αυτοδιαδοχής» (Kazanis and Arianoutsou 2002). Δηλαδή, σε γενικές γραμμές, η χλωριδική σύνθεση της βλάστησης μετά τη φωτιά είναι η ίδια με την προτέρα, ακόμη και αν η αφθονία ή η συχνότητα εμφάνισης μεμονωμένων ειδών διαφοροποιείται.

Αν, τελικά, αποδεχτούμε ότι το τελικό στάδιο εξέλιξης climax του θερμο-μεσογειακού ορόφου βλάστησης (0-400 μ. περίπου) είναι το μεσογειακό δάσος αείφυλλων πλατύφυλλων, στη σύγχρονη ιστορία της βλάστησης δεν στάθηκε δυνατό να επιτευχθεί πλήρως. Οι συνεχείς πυρκαγιές και οι υπόλοιπες ανθρώπινες δραστηριότητες που ασκούνται στο χώρο αυτόν, δεν επέτρεψαν την εξέλιξη της βλάστησης στο τελικό της στάδιο. Αντίθετα, ο κύκλος της εξέλιξης παραμένει σε σημαντικό βαθμό ανοιχτός, ώστε οι επικρατούσες μορφές βλάστησης να χαρακτηρίζονται ως οικοσυστήματα της «παρακλίμακας» (Tomaselli 1977). Τα τελευταία δεν φαίνεται πρακτικά δυνατό να μετεξελιχθούν στην τελική κλίμακα, εφόσον οι υπόλοιποι αβιοτικοί παράγοντες έχουν διαφοροποιηθεί και η επαναφορά τους απαιτεί πολύ μεγαλύτερο χρόνο και διαδικασίες, που μπορεί να είναι θεωρητικά προβλέψιμες αλλά πρακτικά ασταθείς.

Τα οικοσυστήματα της παρακλίμακας συσσωρεύουν μεγάλα ποσοστά νεκρής οργανικής ουσίας, που οι ακραίες ξηροθερμικές κλιματικές συνθήκες δεν διευκολύνουν την αποδόμησή της (Tomaselli 1977) και η θαμνώδης μορφή και δομή τους τα καθιστά περισσότερο ευάλωτα στις πυρκαγιές. Επιπλέον, η βιομάζα συγκεντρώνεται στα παρεδαφιαία στρώματα, με αποτέλεσμα να ευνοείται η εκδήλωση, η επέκταση και η ένταση των πυρκαγιών. Η μορφή, εξάλλου, των θαμνώνων, ο κατακερμα-

τισμός και η εισχώρηση ετήσιας πώδους βλάστησης, καθιστά φυσιολογικά ξηρότερους τους σταθμούς ανάπτυξης τους και τροφοδοτεί το φαύλο κύκλο των πυρκαγιών. Είναι βέβαιο ότι το δασογενές περιβάλλον ενός ψηλού δάσους αείφυλλων πλατύφυλλων θα δημιουργούσε ευνοϊκότερες μικροκλιματικές συνθήκες αποδόμησης της νεκρής οργανικής ουσίας και θα απέτρεπε την ανάπτυξη παρεδαφιαίας βλάστησης, περιορίζοντας τον κίνδυνο της φωτιάς. Επιπλέον στην Ελλάδα, η πλειονότητα του μεσο-μεσογειακού ορόφου (400-900 μ. περίπου), όπου δεν ασκούνται γεωργικές δραστηριότητες, έχει καταληφθεί από δάση της χαλεπίου και τραχείας πεύκης, τα οικοσυστήματα των οποίων αμφισβητούνται ως τελικά στάδια εξέλιξης της μεσογειακής βλάστησης (Debazac και Μαυρομάτης 1971, Barbero and Quezel 1976). Έχουν επίσης ευνοηθεί εξωζωνικές θαμνώδεις μορφές βλάστησης (κυρίως της πρίνου), με αντίστοιχη υποχώρηση των θερμοφίλων φυλλοβόλων δρυοδασών, που κατά τεκμήριο εμφανίζουν περισσότερο πυράντοχα χαρακτηριστικά.

Η εφαρμογή πολιτικών και διαχειριστικών πρακτικών για την αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων σχετίζεται άμεσα με τη γνώση της λειτουργίας και την εξελικτική θέση των μεσογειακών οικοσυστημάτων. Η μεταλυτική οικολογία που εκτέθηκε σε γενικότερες παραπάνω (λεπτομερέστερα παρατίθεται σε άλλο κεφάλαιο), προφανώς καταθέτει επιστημονική τεκμηρίωση που θα μπορούσε να επιτρέψει την εφαρμογή ορθότερων πρακτικών αποκατάστασης ή την αποφυγή χρήσης πρόσθετων και, ενδεχομένως, περιττών και ακριβότερων λύσεων. Στις περιπτώσεις που επιλέγεται η φυσική αποκατάσταση, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική προστασία της περιοχής από τη βόσκηση και τις υπόλοιπες ανθρώπινες δραστηριότητες στην ίδια και στις γειτονικές περιοχές. Αντίστοιχα, για την αποτροπή της διάβρωσης των καμένων εκτάσεων και σε επικλινείς θέσεις με ευδιάβρωτα εδάφη, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν οι παραπάνω τεχνικές αντιδιαβρωτικών έργων και προστασίας του εδάφους, γενικότερα, με τη χρήση του νεκρού ξυλώδους όγκου, καθώς και άλλα μέτρα προστασίας και παρακολούθησης.

Οι κλιματικοί περιορισμοί στην αποκατάσταση στο μεσογειακό χώρο

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα αναπτύσσονται στο πλαίσιο των κυριαρχουσών μακρο- και μικροκλιματικών συνθηκών. Ένα γενικό χαρακτηριστικό του μεσογειακού κλίματος είναι οι περιορισμένες έως ανύπαρκτες βροχοπτώσεις στη διάρκεια του θέρους, για μεγαλύτερα ή μικρότερα χρονι-

κά διαστήματα, αναλόγως του γεωγραφικού πλάτους, της γεωγραφικής θέσης και του υψόμετρου, και σε αντιστοιχία με τους ίδιους παράγοντες, οι αυξημένες βροχοπτώσεις στη διάρκεια του χειμώνα. Αντίστροφη πορεία ακολουθούν οι θερμοκρασίες, με τις υψηλότερες να εμφανίζονται στη διάρκεια του θέρους και τις ταπεινότερες στη διάρκεια του χειμώνα (Κοτίνη-Ζαμπάκα 1983).

Οι χώρες της Βόρειας Μεσογείου διατηρούν σημαντικά μεσευρωπαϊκά κλιματικά χαρακτηριστικά λόγω της γεωγραφικής γειτνίασης και συνέχειας με την ευρωπαϊκή ήπειρο. Αντίθετα, οι νοτιότερες περιοχές της Μεσογείου έχουν αυξημένα ξηροθερμικά χαρακτηριστικά που προσιδιάζουν με τα ερημικά στις χώρες της Ανατολικής Μεσογείου και της Βόρειας Αφρικής. Οι δυτικές περιοχές δέχονται περισσότερα κατακρημνίσματα και οι ανατολικές λιγότερα, με μια τάση αύξησης προς τις δυτικές περιοχές των χερσονήσων Ιβηρικής, Ιταλίας, Βαλκανικής και Ανατολίας, καθώς και των υψηλών ορέων, στοιχεία που λειτουργούν ως φραγμοί στις συνήθεις πορείες των υφέσεων από τα δυτικά προς τα ανατολικά (Maheras et al. 2001).

Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται μεν από την ηπιότητα των καιρικών συνθηκών, αλλά επίσης και από τις μεγάλες αντιθέσεις των θερμών και ψυχρών περιόδων, καθώς και τις συχνές αιφνίδιες ή μικρής περιόδου ακραίες καταστάσεις ψύχους και ζέστης, αναλόγως της εποχής. Η υδατική διαθεσιμότητα μειώνεται από τις βόρειες προς τις νότιες περιοχές, καθώς και από τα μεγαλύτερα προς τα χαμηλότερα υψόμετρα. Η υδατική ανεπάρκεια των ξηροθερμικότερων περιοχών της Μεσογείου σε συνδυασμό με το βαθμό της ανθρωπογενούς επίδρασης, καθόρισε τις μορφές της επικρατούσας βλάστησης (Tomasselli 1981a). Εξάλλου, η γεωγραφική και η παλαιογεωγραφική συγγένεια της Μεσογείου με την Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική, λειτούργησε ώστε να δημιουργηθεί ένα σύνθετο μωσαϊκό οικοσυστημάτων με πληθώρα οικοτόπων, που διατηρούν υψηλά ποσοστά βιοποικιλότητας και ενδημισμού, στοιχεία που συνδέονται με την ιστορία και τον πολιτισμό της περιοχής (Pons and Quézel 1985, Quézel et al. 1999).

Η υδατική ανεπάρκεια οδήγησε τις ανθρώπινες κοινότητες που διαβίουν εδώ σε πλήθος τεχνικών εκμετάλλευσης του νερού και στην ανάπτυξη γεωργικών δραστηριοτήτων σε αντιστοιχίες ακραίες συνθήκες (Τσουμής 1985, Quézel et al. 1999). Η διατήρηση των δασών στις περιοχές αυτές δεν ήταν αρχικό μέλημα, και η διαπίστωση της αναγκαιότητας αυτής είναι αρκετά σύγχρονη έννοια, που προέκυψε από τη διαπίστωση του σημαντικού υδρολογικού ρόλου του δάσους και της μεσογειακής βλάστησης γενικότερα. Κατά συνέπεια, κάθε

προσπάθεια τεχνητής αποκατάστασης θα πρέπει να διέπεται, στο σύνολο των πρακτικών της, από τη δυνατότητα της βέλτιστης χρήσης του διαθέσιμου ύδατος υπό το πρίσμα της ανεπάρκειάς του.

Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων με αναδασώσεις

Ο προσδιορισμός των στόχων αποκατάστασης με αναδασώσεις αλλάζει ανάλογα με το σκοπό και τις επικρατούσες αντιλήψεις. Παλαιότερα οι αναδασώσεις στόχευαν στην παραγωγή ξύλου, στη δημιουργία προστατευτικών δασών στα άνω, συνήθως, όρια των πόλεων, στη δημιουργία αλυσελίων για αισθητικούς σκοπούς, ως δασοκομικός χειρισμός για τη δημιουργία προδάσους και τη διευκόλυνση, στη συνέχεια, της ανάπτυξης σταθερότερων φυσικών δασών, στην προστασία ευδιάβρωτων εδαφών, στην «εξυγίανση ελωδών εκτάσεων», στη σταθεροποίηση θινών και στη ρύθμιση της απορροής του νερού. Σήμερα, εκτός των παραπάνω, η αναδάσωση στοχεύει στη γρήγορη επαναφορά του διαταραγμένου οικοσυστήματος μετά από πυρκαγιές, στην εξασφάλιση της διαίτας και της ποιότητας του νερού, στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της αναψυχής και στη διατήρηση των διαφόρων ειδών και των βιοτόπων τους.

Η μέθοδος αυτή τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου, λόγω πολλαπλών πυρκαγιών με μικρά μεσοδιαστήματα ή άλλων αιτίων ισχυρής υποβάθμισης, εκτιμάται ότι η εξέλιξη προς ένα καταληκτικό στάδιο θα είναι ιδιαίτερα αργή ή πρακτικά αδύνατη. Επιπλέον, εφαρμόζεται και σε κάθε περίπτωση που η τελική μορφή της φυσικής αποκατάστασης δεν ικανοποιεί τον δασοπονικό σκοπό που έχει τεθεί (π.χ. δημιουργία υψηλού τεχνητού δάσους κωνοφόρων ή μεικτού δάσους κωνοφόρων-πλατύφυλλων, ενρητίνωση κ.λπ.).

Η τεχνητή, πάντως, αποκατάσταση στοχεύει γενικώς στη δημιουργία ενός απλούστερου και παραγωγικότερου οικοσυστήματος από αυτό που υπέστη τη διαταραχή (Aronson et al. 1993), αφού είναι αδύνατο να υποκαταστήσουμε αυτόματα τις φυσικές διεργασίες. Συνήθως, οι φυσικές λειτουργίες ενός διαταραγμένου οικοσυστήματος αποκαθίστανται βαθμιαία και σε μεγαλύτερο χρόνο από εκείνον της τεχνητής, και συντομεύεται αν οι μέθοδοι και οι πρακτικές συντείνουν προς τα φυσικά εξελικτικά στάδια.

Η εφαρμογή των αναδασώσεων είναι δύσκολη σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα και τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά, σε πολλές περιπτώσεις

(Μουλόπουλος 1931, 1965, Μπασιώτης 1949, Χατζηστάθης 1975, Ντάφης κ.ά. 1985, Ντάφης 1986, Ne'eman and Perevolotsky 2000, Ne'eman and Trabaud 2000, Bonnef 2000). Όλα τα στάδια της συλλογής, της μεταφοράς, της αποθήκευσης, της εκκόκισης, της προφύτρωσης, της παρασκευής βολοφύτων, των υπόλοιπων εργασιών του φυτωρίου, της μεταφοράς στους χώρους φύτευσης, των ποτισμάτων, των φυτοπροστατευτικών εργασιών, της αναδασωτικής προσπάθειας και, ακόμη, της τελικής φροντίδας των φυτεύσεων, έχουν ιδιαίτερη σημασία για την επιτυχία των αναδασώσεων. Σε κάθε περίπτωση, οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι αρκετά σύνθετοι και καθοριστικοί για την επιτυχία των αναδασώσεων και είναι, εν πολλοίς, αφανείς για το ευρύ κοινό. Η απλή παράθεση και μόνο των σταδίων που πρέπει να ακολουθηθούν από τη συλλογή των σπερμάτων έως την τελική φύτευση κάθε υγιούς φυτού, αντικατοπτρίζει όλες τις δυσκολίες που πρέπει να αντιμετωπισθούν και αποδεικνύει ότι οι μεγάλες αποτυχίες προφανώς οφείλονται σε ερασιτεχνισμούς. Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να παρατίθεται η επιστημονικά τεκμηριωμένη άποψη που, σε γενικές γραμμές, θα πρέπει να ακολουθεί τα επιμέρους στάδια των αναδασώσεων και των αντίστοιχων απαιτήσεων (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989, Τάκος και Μέρου 1995, Κωνσταντινίδου κ.ά. 2003, ISTA 2003, Παϊταρίδου 2003, 2009, Παϊταρίδου κ.ά. 2005).

Οι αναδασωτικές προσπάθειες είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και απαιτούν επιμελημένες μελέτες, εργασίες εφαρμογής και φροντίδες ώστε να επιτύχουν. Επειδή το κόστος των αναδασώσεων είναι αρκετά υψηλό, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η επιτυχία τους, και σε περιπτώσεις που η εφαρμογή τους είναι ασύμφορη θα πρέπει να επαφίεται το έργο της αποκατάστασης στις φυσικές διεργασίες με αυξημένες προστατευτικές δράσεις (Ποϊραζίδης κ.ά. 2011).

Η εφαρμογή των αναδασώσεων αποκτά μεγάλη σπουδαιότητα στο πλαίσιο εφαρμογής του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με δεδομένο ότι δίνεται μεγάλη έμφαση διεθνώς στην αύξηση της δασοκάλυψης και τα δάση θεωρούνται ως «καταβόθρες» (ή αλλιώς χόανες, sinks) δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση του οποίου έχει τις γνωστές συνέπειες στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Βέβαια, όταν τίθεται θέμα αποκατάστασης πολλαπλά καμένου μεσογειακού δασικού οικοσυστήματος με μικρά μεσοδιαστήματα των πυρκαγιών, τότε οι αναδασώσεις ίσως είναι μονόδρομος.

Από την άλλη, όμως, πλευρά, σε αρκετές περιπτώσεις, η σκοπιμότητα των αναδασώσεων τίθεται

υπό αμφισβήτηση. Οι οικολογικοί κίνδυνοι σε περίπτωση χρήσης βαρέων μηχανημάτων για τη διάνοιξη των λάκκων φύτευσης, η προσωρινή, έστω, αναστάτωση του χώρου και η πιθανή καταστροφή της φυσικής βλάστησης που επανακάμπτει, είναι εμφανείς. Οι επιβλαβείς συνέπειες εστιάζονται στη συμπίεση και στην καταστροφή του πορώδους του εδάφους, στην αύξηση της επιφανειακής απορροής και στην πιθανή διάβρωση (Παπαμίχος 1985). Επίσης, έντονη κριτική έχει δεχθεί η μέθοδος βαθιάς άροσης κατά μήκος των χωροσταθμικών, με τις μονιμότερες αλλαγές που επιφέρουν στο ανάγλυφο του εδάφους και την καταστροφή και εκτοπισμό ειδών που προϋπήρχαν στην περιοχή των επεμβάσεων, αν και η μέθοδος βελτιώνει τις υδρολογικές της συνθήκες.

Αναδασώσεις και βιοποικιλότητα

Τελευταία, σοβαρή κριτική έχει αναπτυχθεί σχετικά με τον κίνδυνο επηρεασμού της βιοποικιλότητας από την εισαγωγή ειδών και γενετικού υλικού ξένων ή διάφορων σε σχέση με τα αυτοφυή που προϋπήρχαν στις προς αναδάσωση περιοχές. Επιπλέον, στη σύγχρονη παγκόσμια βιβλιογραφία κυριαρχεί η ανάγκη για διατήρηση της βιοποικιλότητας, που εδράζεται στις ανησυχίες από τις καταστροφικές επεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον. Στο σύνολο του πλανήτη έχουν γίνει, πέρα από καταστροφές της φυσικής βλάστησης, και τεράστιες διακινήσεις φυτευτικού υλικού για διάφορες χρήσεις (καλλωπιστικά, σπέρματα για γεωργική καλλιέργεια, αναδασώσεις, γενετικές ή υβριδικές «βελτιώσεις», βιομηχανικές καλλιέργειες κ.λπ.). Οι χαοτικές καταστάσεις που προέκυψαν με τη διακίνηση του υλικού αυτού δημιούργησαν, παράλληλα, άλλα προβλήματα σχετικά με τη διαφυγή φυτικών οργανισμών στο περιβάλλον, τη χωροκατάκτηση και τον εκτοπισμό άλλων ιθαγενών φυτών. Η διασυννοριακή κίνηση του υλικού αυτού δεν είναι εύκολο να ελεγχθεί. Για το λόγο αυτόν, θεσπίστηκαν διεθνείς και ευρωπαϊκές συνθήκες και οδηγίες (Διεθνής Σύμβαση CITES, Οδηγία 1999/105/EE). Παράλληλα, η UNEP συνεργάζεται με την ιδιωτική οργάνωση World Conservation Monitoring Centre (WCMC), ώστε να υπάρχουν συστηματικές καταγραφές των διακινούμενων οργανισμών. Επιπλέον, στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα DAISIE (2008), έγινε μια προσπάθεια καταγραφής των αλλόχθονων εισαχθέντων φυτικών ειδών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Εκτός των διασυννοριακών κινήσεων, υπάρχει σοβαρό πρόβλημα και στην κίνηση ποικιλιών και εντός των συνόρων των χωρών, ώστε να απειλούνται οι τοπικές ποικιλίες.

Αποκατάσταση με σπορές

Όπως αναφέρθηκε, οι αναδασώσεις είναι εξαιρετικά δαπανηρές. Σε αρκετές περιπτώσεις προτιμήθηκαν οι απευθείας σπορές, χωρίς, όμως, αξιόλογα αποτελέσματα. Οι αποτυχίες εστιάζονται στην αδυναμία διάθεσης τόσο μεγάλων ποσοτήτων σπερμάτων, σε αντίθεση με τη φυσική διαδικασία σποράς, με πολλαπλάσια «σπατάλη» σπερμάτων στο χώρο. Απαιτείται, επίσης, κάποια διαδικασία κατεργασίας του εδάφους (απομάκρυνση της φυλλάδας και αναμόχλευση του εδάφους) που αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχίας. Για τους παραπάνω λόγους, επινοήθηκε και προτάθηκε η μέθοδος σποράς σε «πινάκια». Η διαδικασία προβλέπει την τοποθέτηση σε μικρό (επιφανειακό) βάθος σπορομερίδων πέντε ως δέκα σπερμάτων, με αύξηση της πιθανότητας επιτυχίας φύτευσης. Τα αποτελέσματα και αυτής της μεθόδου δεν είναι ικανοποιητικά, αν και δεν έχουν γίνει συστηματικές έρευνες αξιολόγησής της, ώστε να υιοθετηθεί ή να απορριφθεί (Ντάφης κ.ά. 1985).

Για τις πολύ υποβαθμισμένες εκτάσεις της Μεσογείου έχει προταθεί και η άμεση σπορά επικλινών εκτάσεων με πώδη φυτά (Bautista et al. 1996) και, στη συνέχεια, φύτευση δένδρων και θάμνων που αναβλαστάνουν και συνεισφέρουν σημαντικά στη δυνατότητα επανάκαμψης του οικοσυστήματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αντίστοιχες προτάσεις υιοθετούν ο Keeley (1986) και οι Ferran et al. (1991), οι οποίοι προτείνουν, μετά τη σπορά, τη φύτευση πρώτα κωνοφόρων και στη συνέχεια πλατύφυλλων ή και των δύο συγχρόνως, με σκοπό τη δημιουργία ώριμων δασών, κυρίως πλατύφυλλων, που είναι σπάνια στη λεκάνη της Μεσογείου.

Η αποκατάσταση μη πυρόφυλλων οικοσυστημάτων

Τα τελευταία χρόνια, εντοπίζεται μια αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών σε περιοχές όπου η βλάστηση δεν είναι συνδεδεμένη και προσαρμοσμένη στο φαινόμενο των πυρκαγιών. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι η απώλεια μεγάλων δασικών εκτάσεων και η ανάπτυξη ενός έντονου προβληματισμού σχετικά με τη δυνατότητα αποκατάστασης των περιοχών αυτών. Είναι γνωστό ότι δασώδεις περιοχές μεγάλων υψομέτρων που κήκαν στο παρελθόν δεν κατάφεραν να αποκατασταθούν φυσικά. Κατά την άποψή μας οι περιοχές αυτές δεν αποκαταστάθηκαν λόγω της έντονης βροσκής που διαδέχθηκε τις πυρκαγιές. Η φύση διαθέτει μηχανισμούς αποκατάστασης με τη διαδικασία σχηματισμού προδασικών φυτοκοινωνιών, ώστε να δημιουργηθεί ευ-

νοϊκό περιβάλλον για την υποδοχή δασικών σχηματισμών. Η διαδικασία, προφανώς, είναι εξαιρετικά αργή, ενδεχόμενα και αποτρεπτική, όταν στην περιοχή ασκούνται πρόσθετες δραστηριότητες και ιδιαίτερα η βοσκή. Σε περίπτωση άρσης της βόσκησης, σημαντικό ρόλο για τη φυσική αποκατάσταση παίζουν οι άκαυτες νησίδες, η απόσταση του άκαυτου δάσους και η μορφολογία της περιοχής. Και στην εν λόγω περίπτωση, τόσο η γνώση των οικολογικών χαρακτηριστικών και των μηχανισμών αναγέννησης και διασποράς όσο και οι διάφορες τεχνικές που αναπτύχθηκαν παραπάνω, μπορούν να δώσουν τις αρμόζουσες, κατά περίπτωση, λύσεις (Politi et al. 2007, Γκανάτσας 2009, Κακούρος 2009, Αριανούτσου 2009, Ντάφης 2009, Γρηγοριάδης 2009, Vallejo 2009).

Αντί επιλόγου

Στην προσπάθεια συγγραφής του παρόντος, διαπιστώνεται ότι σοβεί χάσμα μεταξύ της επιστημονικής γνώσης και των εφαρμογών που ακολουθούνται στον ελλαδικό χώρο στη διαδικασία αποκατάστασης. Τα σχετικά φτωχά αποτελέσματα από τις σημερινές προσπάθειες αποκατάστασης, που σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να θεωρηθούν αμελητέα, δεν είναι βέβαιο ότι θα μπορούσαν να ανατρέψουν αυτήν την εντύπωση, στο πλαίσιο της κατάστασης που διαμορφώνεται. Η αξιοποίηση των νεότερων επιστημονικών απόψεων και η χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας βρίσκονται σε διάσταση με τις παραδοσιακές πρακτικές αντιμετώπισης προβλημάτων αποκατάστασης. Ως ένα βαθμό, το γεγονός αυτό οφείλεται στην αδυναμία διασύνδεσης της έρευνας με την πράξη, που δυσχεραίνεται με τις εν γένει οργανωτικές αγκυλώσεις και δομές του δημοσίου. Επιπλέον, στα αρνητικά χαρακτηριστικά συγκαταλέγεται η εγκατάλειψη των αρχικών στόχων των αναδασωτικών προσπαθειών και της αποκατάστασης, γενικότερα, και, κατά συνέπεια, η ασυνέχεια των προσπαθειών και η αδυναμία διαδοχής και βελτίωσης των γνώσεων και των εμπειριών. Διαπιστώνεται, ακόμη, ότι οι αρχαιότερες πρακτικές κρύβουν μια συσσωρευμένη εμπειρία και η σύγχρονη επιστημονική τεκμηρίωση των μεθόδων θα μπορούσε να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των έργων αποκατάστασης. Τα σύγχρονα ερευνητικά αποτελέσματα που σχετίζονται με τους μηχανισμούς φύτευσης και αναγέννησης των διαταραγμένων οικοσυστημάτων έχουν βελτιώσει τη γνώση των φυσικών διαδικασιών αποκατάστασης και, προφανώς, δημιουργούν ένα σοβαρό επιστημονικό εργαλείο στην ιεράρχηση των στόχων, στην αποφυγή λαθών και στην ορθή αξιολόγηση των πρακτικών και γενικότερων διαχειριστικών μέτρων.

Βιβλιογραφία

Α. Ελληνική

Αριανούτσου, Μ. 2009. Κριτήρια επιλογής σκοπών και μέτρων μεταπυρικής διαχείρισης των δασών μαύρης πεύκης με βάση την επιστήμη της οικολογίας. Σελ. 49-55 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Γκαγκάρη, Π, Γ. Λυριντζής, Γ. Μπαλούτσος, και Γ. Ξανθόπουλος. 1998. Συμβολή των κορμοδεμάτων στην προστασία του εδάφους και αποκατάσταση της βλάστησης σε δάσος Χαλεπίου πεύκης μετά από πυρκαγιά. Σελ. 624-634 στα Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Σύγχρονα προβλήματα δασοπονίας», Αλεξανδρούπολη, 6-8 Απριλίου 1998. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Γκανάτσας, Π. 2009. Δασοκομικά χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων μαύρης πεύκης και αποκατάσταση των καμένων συστάδων. Σελ. 65-72 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Γρηγοριάδης, Ν. 2009. Χειρισμοί ευνόησης της φυσικής αναγέννησης και εφαρμογή της τεχνητής αποκατάστασης των δασών της μαύρης πεύκης. Σελ. 73-78 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Δημητρακόπουλος, Π. 2001. Η αλληλεπίδραση της φωτιάς και ποικιλότητας στη λειτουργία των οικοσυστημάτων. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Daubrée, L. 1911. Αποκατάστασις και διατήρησις ορεινών εδαφών, Διευθέτησις και απόσβεσις χειμάρρων. Μετάφραση υπό Γ. Μαρίνου, Τύποις «Σημαίας». Καλαμάτα, 1939.

Debasac, E. F., και Γ. Μαυρομάτης. 1971. Αι Μεγάλοι Οικολογικοί Διαιρέσεις της Βλαστήσεως εις την Ηπειρωτικήν Ελλάδα. Αυτοτελείς εκδόσεις Γενικής Διευθύνσεως Δασών, Τεύχος 48. Αθήνα.

Κακούρος, Π. 2009. Αποτίμηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στα δάση μαύρης πεύκης στον Πάρ-

ωνα. Η προσέγγιση για την αποκατάστασή τους. Σελ. 39-48 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Καρέτσος, Γ., Α. Μπουρλέτσικας, Κ. Τσαγκάρη, Ν. Προύτσος, Γ. Μάντακας, και Γ. Μπαλούτσος. 2010. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των έργων αποκατάστασης της Ολυμπίας. Σελ. 40 στο Περιλήψεις του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Οικολογίας «Οικολογικές διεργασίες στο χώρο και το χρόνο», Πάτρα, 7-10 Οκτωβρίου 2010.

Κοτίνη-Ζαμπάκα, Σ. 1983. Συμβολή στην κατά μήνα μελέτη του κλίματος της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή. Φυσικομαθηματική Σχολή του ΑΠΘ Θεσσαλονίκη.

Κωνσταντινίδου, Ε., Ι. Τάκος, και Θ. Μέρου. 2003. Μέθοδοι και διαδικασίες ελέγχου δασικών σπόρων. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα. (II) 14: 49-58.

Λυριντζής, Γ., Γ. Μπαλούτσος, Γ. Καρέτσος, Α. Μπουρλέτσικας, Γ. Μάντακας, και Κ. Καούκης. 2007. Αποκατάσταση του αρχαιολογικού και ευρύτερου τοπίου της Ολυμπίας. Αυτοτελής μελέτη του Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων του ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.

Μαυρομάτης, Γ. 1985. Οικοσυστήματα μεσογειακού τύπου. Αγροτικά Θέματα 3:4-6.

Μουλόπουλος, Χ. 1929. Οι χείμαρροι της Παλαιάς Ελλάδος. Αίτια σχηματισμού και μέσα καταπολέμησης αυτών γενικώς. Τύποις «Εφημ. Καπνοπαραγωγών». Θεσσαλονίκη.

Μουλόπουλος, Χ. 1931. Παρατηρήσεις και έρευνα επί της αναγεννήσεως καιομένων δασών *Pinus halepensis* Mill. Θεσσαλονίκη.

Μουλόπουλος, Χ. 1938. Μαθήματα Δασοκομικής, Πρώτο μέρος. Θεωρητική Δασοκομική ή Δασική Οικολογία. Θεσσαλονίκη.

Μπαλούτσος, Γ., Α. Οικονόμου, και Κ. Καούκης. 2001. Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά. Ανάλυση του προβλήματος και άμεσα μέτρα μείωσης των επιπτώσεων. Σελ. 79-104 στο Γ. Ξανθόπουλος και Μ. Αριανούτσου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά επιστημονικού συνεδρίου «Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων». Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 13-14 Δεκεμβρίου 2001, Αθήνα. Έκδοση Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και ΕΘΙΑΓΕ 2007.

- Μπαλούτσος, Γ. 2005. Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής. Μέτρα και έργα μείωσης των επιπτώσεων. Περιοδικό ΕΘΙΑΓΕ 21:18-22.
- Μπαλούτσος, Γ. 2009. Μέτρα εξοικονόμησης νερού από τις βροχές στα βουνά της χώρας μας: Μια πρώτη γραμμική άμυνας κατά των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος. Περιοδικό ΕΘΙΑΓΕ 37:20-25.
- Μπασιώτης, Κ. 1949. Μέθοδος φυσικής προετοιμασίας φυταρίων προς φύτευση. Διατριβή επί υφηγείας. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Μπρόφας, Γ. 2011. Το τοπίο και μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις. Αυτοτελής έκδοση του Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων του ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.
- Μπρόφας, Γ., Γ. Ανδρέου, Κ. Βαρελίδης, και Γ. Μάντακας. 2000. Η επίδραση του συνθετικού πολυμερούς Stockosorb στην επιβίωση της ελάτης και μαύρης πεύκης σε φυτεύσεις αποθέσεων στείρων ασβεστολιθικών υλικών από εκμεταλλεύσεις βωξίτη. Σελ. 243-246 στο Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Ορυκτού Πλούτου, 22-24 Νοεμβρίου 2000, ΤΕΕ, Αθήνα.
- Μπρόφας, Γ. 2000. Αποκατάσταση του τοπίου διαταραγμένων περιοχών από μεταλλευτικές και λατομικές δραστηριότητες. Σελ 52-66 στο Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος και Αποκατάσταση Διαταραγμένων Περιοχών», Κοζάνη, 17-21 Οκτωβρίου 2000. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ., Α. Ρωμανός, Γ. Χατζηφιλίπιδης, και Σ. Βέργος. 1985. Αναδασώσεις-Δασώσεις. Μελέτη στρατηγικής για την ανάπτυξη της Ελληνικής Δασοπονίας. Πρόδρομη ανακοίνωση ΜΣ-84-04, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 1986α. Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 1986. Χειρισμός καταστραφέντων δασών από πυρκαγιά. Σελ. 110-116 στο Πρακτικά συνεδρίου «Προστασία των δασών», Αθήνα, Μάιος 1986. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 1987. Οικολογία των δασών χαλεπίου και τραχείας πεύκης. Σελ. 17-25 στο Πρακτικά 1ου επιστημονικού συνεδρίου για τη χαλέπιο και την τραχεία πεύκη, Χαλκίδα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 2009. Το πρόβλημα της αποκατάστασης των καμένων δασών της μαύρης πεύκης. Αρχές αποκατάστασης δασικών οικοσυστημάτων. Σελ.13-16 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοση. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.
- Παϊταρίδου, Δ. 2003. Εναρμόνιση της ελληνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τη διακίνηση του δασικού πολλαπλασιαστικού υλικού. Σελ. 105-112 στο Πρακτικά ημερίδας «Επιλογή φυτικών ειδών για αναδασώσεις και βελτιώσεις αστικού και φυσικού τοπίου», Δράμα, 6 Ιουνίου 2003. Τμήμα Δασοπονίας Δράμας, ΤΕΙ Καβάλας, Δράμα.
- Παϊταρίδου, Δ. 2009. Ο ρόλος της κεντρικής αποθήκης δασικών σπόρων στην αποκατάσταση των δασών. Σελ. 21-25 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοση. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.
- Παϊταρίδου, Δ., Π. Γκανάτσας, Κ. Σωτηρίου, και Γ. Βαρβαρήγος. 2005. Έλεγχος της ποιότητας του υλικού σποράς τεσσάρων αυτοχθόνων ειδών πεύκης. Σελ. 151-160 στο Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δάσος και Νερό», Δράμα, 2-5 Οκτωβρίου 2005. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Παπαμίχος, Ν. 1985. Δασικά Εδάφη - Σχηματισμός, Ιδιότητες, Συμπεριφορά. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Παπαμίχος, Ν., Δ. Σεϊλόπουλος, και Δ. Αλιφραγκής. 1993. Υποβάθμιση δασικών πόρων από τις δασικές πυρκαγιές. Στο Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου «Μεσόγειος: Περιβάλλον, Αγροτική Ανάπτυξη, Ποιότητα Ζωής», ΓΕΩΤΕΕ, 21-24 Μαρτίου 1993, Αθήνα.
- Ποϊραζίδης, Κ., Κ. Ζωγράφου, Π. Κορδοπάτης, Δ. Καλύβας, Μ. Αριανούτσου, Δ. Καζάνης, και Ε. Κορακάκη. 2011. Πρόβλεψη εγκατάστασης φυσικής αναγέννησης στα καμένα δάση χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*) στο νομό Ηλείας. WWF Ελλάς, Αθήνα. Διαθέσιμο στο <http://www.wwf.gr/images/pdfs/montelo-provlepsis-anagenisis.pdf> (Πρόσβαση Ιούνιος 2012).
- Σεϊλόπουλος, Δ. 1991. Η επίδραση των δασικών πυρκαγιών στις εδαφικές ιδιότητες, Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Τάκος, Ι., και Θ. Μέρου. 1995. Τεχνολογία σπόρων ξυλωδών φυτών. Art of Text, Θεσσαλονίκη.
- Τσουμής, Γ. 1985. Η καταστροφή των δασών στην περιοχή της Μεσογείου. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ 28:267-301.

Vallejo, V.R. 2009. Προσεγγίσεις στη μεταπυρική διαχείριση της μαύρης πεύκης. Σελ. 57-62 στο Π. Κακούρος, και Β. Χρυσοπολίτου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη, 15-16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρωνα και Υγροτόπου Μουστού, Άστρος.

Χατζηστάθης, Α. 1975. Έδαφος και αναδασώσεις εις τον παραμεσόγειον χώρο. Εργαστήριο Δασοκομίας και Ορεινής Υδρονομικής. Θεσσαλονίκη.

Χατζηστάθης, Α., και Σ. Ντάφης. 1989. Αναδασώσεις - Δασικά Φυτώρια. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Χριστακόπουλος, Π. 2010. Αξιολόγηση των έργων αποκατάστασης καμένων μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων με συνδυασμένη χρήση στοιχείων πεδίου, μεθόδων τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Β. Ξενόγλωσση

Aronson, J., C. Floret, E. Le Floch, C. Ovalle, and R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands I. A view from the south. *Restoration Ecology* 1:8-17.

Barbero, M., and P. Quezel. 1976. Les groupements forestiers de Grèce centro-méridionale. *Ecologia Mediterranea* 2:1-86.

Barbero, M., and P. Quezel. 1981. Classifying Mediterranean Ecosystems in Mediterranean Rim Countries and in Southwestern U.S.A. Pages 69-74 in Proceedings of the symposium on "Dynamics and Management of Mediterranean-Type Ecosystems", San Diego, California. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service. U.S. Department of Agriculture. General Technical Reports. PSW-58. Berkeley, CA.

Bautista, S., J. Bellot, and V.R. Vallejo. 1996. Mulching treatment for post-fire soil conservation in a semiarid ecosystem. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 10: 235-242.

Bonneh, O. 2000. Management of planted pine forests in Israel: Past, present and future, Pages 377-390 in G. Ne'eman, and L.Trabaud, editors. *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P. brutia forest ecosystems in the Mediterranean Basin*. Backhuys Publishers, Leiden.

Bottema, S., G. Entjes-Nieborg, and W. Van Zeist (eds). 1990. *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape*. Balkema, Rotterdam.

Brofas, G., and C. Varelidis. 2000. Hydro-seeding and Mulching for Establishing Vegetation on Mining Spoils in Greece. *Land Degradation and Development* 11:375-382.

Brofas, G., G. Mantakas, K. Tsagari, M. Stefanakis, and C. Varelides. 2007. Effectiveness of cellulose, straw and binding materials for mining spoils revegetation by hydroseeding, in Central Greece. *Ecological Engineering* 31:193-199.

Carlowitz, H.C. von. 1713. *Sylvicultura oeconomica Oder Haußwirtliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum- Zucht*. J. F. Braun, Leipzig.

Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, USA.

DAISIE (eds). 2008. *The handbook of alien species in Europe*. Springer, Berlin.

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

De Bano, F., and E. Conrad. 1978. The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem. *Ecology* 59:489-497.

Dunn, H., F. De Bano, and H. Eberlein. 1979. Effects of burning on chaparral soils: I. Soil nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 43: 504-509.

Egler, E. 1954. Vegetation science concepts. Initial floristic composition as factor in old field vegetation. *Vegetatio* 4:412-417.

Ellis, A., and K. Kummerow. 1989. The importance of N₂ fixation in *Ceanothus* seedlings in early postfire chaparral. Pages 115-116 in S. Keeley, editor. *The California Chaparral: Paradigms Re-examined*. Natural History Museum of Los Angeles Country, LA.

Ferran, A., I. Serrasolsas, and V.R. Vallejo. 1991. Soil evolution after fire in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* forests. Pages 397-404 in A. Teller, editor. *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*. Elsevier Applied Science, London.

Giovannini, G., S. Lucchesi, and S. Ciompi. 1998. Post-fire vegetation dynamics and its effect on soil erosion processes. Pages 69-74 in L. Trabaud, editor. *Fire management and landscape ecology*. International Association of Wildland Fire, Fairfield, Washington.

Gray, D.H., and A.T. Leiser. 1990. *Biotechnical slope protection and erosion control*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

- Horvat, I., V. Giavac, and H. Ellenberg. 1974. Vegetation Sudosteuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Jacobs, M. 1991. The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future. Pluto Press, London.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2003. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology 21 (Supplement):160-186.
- Kaminsky, R. 1981. The microbial origin of the allelopathic potential of *Adenostoma fasciculatum* H. and A. Ecological Monographs 51:365-382.
- Kazanis, D., and M. Arianoutsou. 2002. Long term post-fire dynamics of *Pinus halepensis* forests of Central Greece: plant community patterns. Pages 1-12 in D.X. Viegas, editor. Forest fire Research and Wildland Fire Safety, Millpress 2002.
- Kazanis, D., and M. Arianoutsou. 2004. Long-term post-fire vegetation dynamics in *Pinus halepensis* forests of central Greece: a functional-group approach. Plant Ecology 171:101-121.
- Keeley, E. 1986. Resilience of Mediterranean shrub communities to fires. Pages 95-112 in B. Dell et al., editors. Resilience in Mediterranean-type Ecosystems. Kluwer Publishers, Dordrecht.
- Keeley, E., and C. Keeley. 1989. Allelopathy and the fire induced herb cycle. Pages 65-72 in S.C. Keeley, editor. The California Chaparral: Paradigms Reexamined. Natural History Museum of Los Angeles Country, LA.
- Le Houerou, H.N. 1981. Impact of man and his animals on Mediterranean vegetation. Pages 479-522 in F. Di Castri, D.W. Goodall, and R.L. Specht, editors. Ecosystems of the world II: Mediterranean-type Shrublands. Elsevier, Amsterdam.
- Maheras, P., H. Flocas, I. Patrikas, and Chr. Anagnostopoulou. 2001. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: Spatial and Temporal distribution. International Journal of Climatology 21:109-130.
- McPherson, K., H. Chow, and H. Muller. 1971. Allelopathic constituents of the chaparral shrub *Adenostoma fasciculatum*. Phytochemistry 10:2925-2933.
- Morgan, R.P.C. 1995. Soil erosion and conservation, Second edition. Silsoe College, Cranfield University, UK.
- Naveh, Z., and P. Kutiel. 1990. Changes in the Mediterranean vegetation of Israel in response to human habitation and land use. Pages 259-300 in G.M. Woodwell, editor. The Earth in Transition, Patterns and Processes of Biotic Improverishment, Cambridge University Press, New York.
- Neary, D.G., K.C. Ryan, and L.F. DeBano. 2006. Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water. Stream Notes, April 2006, Stream Systems Technology Center, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado.
- Ne'eman, G., H. Lahav, and I. Izhaki. 1992. Spatial pattern of seedlings one year after fire in a Mediterranean pine forest. Oecologia 91:365-370.
- Ne'eman, G., and A. Perevolotsky. 2000. The management of burned forests in Israel. Pages 321-333 in G. Ne'eman, and L. Trabaud, editors. Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Ne'eman, G., and L. Trabaud. 2000. Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean Basin, 2000 Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Politi, P.I., M. Arianoutsou and K. Georghiou. 2007. Aspects of reproductive biology of the Greek fir (*Abies cephalonica* L.) in the Mt. Aenos National Park (Greece). Pages 191-192 in D. Rokich, G. Wardell-Johnson, C. Yates, J. Stevens, K. Dixon, R. McLellan, and G. Moss, editors. Proceedings of the MEDECOS XI 2007 Conference, Perth, Australia. Kings Park and Botanic Garden, Perth, Australia.
- Quézel, P., F. Médail, R. Loisel, and M. Barbero. 1999. Biodiversity and conservation of forest species in the Mediterranean basin. Unasylva 197 (<http://www.fao.org/docrep/x1880E/x1880e05.htm>)
- Paula, S., M. Arianoutsou, D. Kazanis, C. Tavsanoglou, F. Lloret, C. Buhk, F. Ojeda, B. Luna, J.M. Moreno, A. Rodrigo, J.M. Espelta, S. Palacio, B. Fernandez-Santos, P.M. Fernandes, and J.M. Pausas. 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. Ecology 90:1420-1420.
- Pons, A.O., and P. Quézel. 1985. The history of the flora and vegetation and past and present human disturbance in the Mediterranean region. Geobotany 7:25-43.
- Schmidt, J. 2003. Design log contour basins for maximum effectiveness. Stream Notes, July 2003, Stream System Technology Center, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado.
- Scullion, J. 1992. Re-establishing life in restored topsoils. Land Degradation and Rehabilitation 3:161-168.

- Seilopoulos, D., and D. Alifragis. 1996. The influence of forest vegetation on deteriorated soils of abandoned hilly fields and burned forest areas in Greece. Proceedings of the 2nd International Congress on Development and Implementation of Soil Conservation Strategies for Sustainable Land Use, Munich, Germany.
- Thanos, C., and S. Marcou. 1991. Post-fire regeneration of *Pinus brutia* forests in Samos island. (Greece): 6 years after. *Acta Oecologica* 12:633-642.
- Thornes, J.B. 1990. *Vegetation and Erosion; Processes and Environments*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Tomaselli, R. 1977. Degradation of the Mediterranean maquis. Pages 33-72 in *Mediterranean forests and maquis: ecology, conservation and management*. MAB technical notes 2. UNESCO, Paris.
- Tomaselli, R. 1981a. Main Physiognomic types and Geographic Mediterranean Climates. Pages 95-106 in F. Di Castri, D.W. Goodall, and R.L. Specht, editors. *Ecosystems of the world II: Mediterranean-type Shrublands*. Elsevier, Amsterdam.
- Tomaselli, R. 1981b. Relations with other Ecosystems: temperate Evergreen Forests, Mediterranean Coniferous Forests, savannahs, Steppes and Desert shrublands. Pages 123-130 in F. Di Castri, D. W. Goodall, and R. L. Specht, editors. *Ecosystems of the world II: Mediterranean-type Shrublands*. Elsevier, Amsterdam.
- Trabaud, L., C. Mickels, and J. Grosman. 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. Forests II Pine reconstruction after wildfire. *Forest Ecology and Management* 13:167-169.
- USDA Forest Service. 1998. *Calculated Risk: A tool to improve Design Decisions*. Stream Notes. Stream Systems Technology Center, Rocky Mountain Station. USDA Forest Service. 2003. *Designing Log Contour Basins for Effectiveness*. Stream Notes. Stream Systems Technology Center, Rocky Mountain Research Station.
- USDA Forest Service. 2005. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*. D.G. Neary, C. K. Ryan, and L. F. DeBano, editors. *General Technical Reports. RMRS-GTR-42-vol.4*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Ogden, UT.
- Van Kraayenourd, C.W.S., and R.L. Hathaway. 1986. *Plant materials handbook for soil conservation. Vol. I: Principles and Practices*. Soil Conservation Centre. Wallington, New Zealand.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- Whyte, W. 1970. *The last landscape*. Doubleday, New York.
- Zagas, Th., P. Ganatsas, Th. Tsitsoni, and M. Tsakalidimi. 2004. Post fire regeneration of *Pinus halepensis* Mill., stands in the Sithonia peninsula, northern Greece. *Plant Ecology* 171:91-99.

Σύνοψη Μέρους Β΄

Αριστοτέλης Χ. Παπαγεωργίου

Στο πρώτο μέρος του βιβλίου αυτού εξετάστηκε σε βάθος η φυσική μονάδα της δασοπονίας, το δασικό οικοσύστημα. Το δεύτερο μέρος αναφέρεται σε σύγχρονα θέματα δασικής πολιτικής, προσεγγίζοντας εφαρμογές της δασοπονίας που υπάρχουν ή θα έπρεπε να υπάρχουν σήμερα, ιδιαίτερα σε μία μεσογειακή χώρα όπως είναι η Ελλάδα. Για όλα αυτά τα θέματα γίνεται μία θεωρητική ανάλυση, περιγράφονται οι διεθνείς πρακτικές και προσεγγίσεις και εξετάζονται οι ιδιαίτερες ελληνικές συνθήκες. Είναι αυτονόητο ότι στις σελίδες του βιβλίου μπόρεσε να χωρέσει ένα μικρό μόνο μέρος των εφαρμογών αυτών, αφού είναι πρακτικά αδύνατο να καλυφθεί συνολικά η δασοπονία σε όλα της τα επίπεδα και με όλες τις αλληλεπιδράσεις που δημιουργούνται ανάμεσα σε αυτά.

Η πολυπλοκότητα και η σύνθετη φύση του δασικού οικοσυστήματος επηρεάζει σημαντικά και τις εφαρμογές της δασοπονίας. Για το λόγο αυτόν, δεν υπάρχει μία και μόνο δασική πολιτική, που να εφαρμόζεται αυτόνομα μέσα από τις δομές και τους φορείς της. Έτσι, η δασική πολιτική σε διάφορα επίπεδα – διεθνές, κοινοτικό, εθνικό και τοπικό – έχει έναν οριζόντιο χαρακτήρα ως συστατικό άλλων πολιτικών και εφαρμογών. Αυτό, πολλές φορές, έχει ως σημαντικό μειονέκτημα την υποβάθμιση της δασικής πολιτικής σε ουσιαστικό επίπεδο λήψης αποφάσεων και τον κατακερματισμό της σε εφαρμοσμένο επίπεδο. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε κοινοτικό επίπεδο δεν υπάρχει ξεχωριστή δασική πολιτική, και τα σχετιζόμενα με τα δάση θέματα ρυθμίζονται από άλλες πολιτικές, όπως είναι η αγροτική, η περιβαλλοντική, η αναπτυξιακή κ.λπ. Επειδή, όμως, η κάθε μία από αυτές τις επιμέρους πολιτικές έχει και τη δική της φιλοσοφία, δημιουργούνται συχνά αντικρουόμενες τάσεις, ενώ πολλά σημαντικά ζητήματα της δασοπονίας μένουν σε κενό πολιτικής. Σε εθνικό επίπεδο, αντίστοιχα, η κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε. ρυθμίζει τα του οίκου της. Έτσι, στην Ελλάδα, η δασική πολιτική είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη ενώ οι φορείς υλοποίησής της είναι κατακερματισμένοι και διάσπαρτοι στο χάος της δημόσιας διοίκησης.

Είναι σημαντικό να αντιληφθούμε ότι η δασική πολιτική, για να μπορεί να ανταποκριθεί στον περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό της ρόλο, πρέπει να είναι δύο πράγματα ταυτόχρονα: ολοκληρωμένη και αυτόνομη πολιτική με όργανα λήψης αποφάσεων και εφαρμογής σε όλα τα σχετικά επίπεδα, αλλά και οριζόντια συνιστώσα άλλων πολιτικών που αλληλεπιδρούν με αυτήν. Κάτω από το πρίσμα αυτό έγινε η επιλογή και η ανάλυση των θεμάτων που περιγράφονται στο δεύτερο μέρος του βιβλίου αυτού.

Αρχικά γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση της έννοιας της αειφορίας, μιας έννοιας που κυριαρχεί σε όλα τα κεφάλαια που ακολουθούν. Πρόκειται για την κεντρική έννοια του συστήματος αξιών της δασοπονίας και η διατύπωσή της πριν από τρεις αιώνες σηματοδότησε την έναρξη της οργανωμένης διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων. Επιπλέον, η αειφορία χρησιμοποιείται σήμερα ως θεμελιώδης όρος σε όλους τους τομείς της ανάπτυξης, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την εκμετάλλευση και αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Γίνεται μία ιστορική αναδρομή, όπου φαίνεται πώς από τον αρχικό προσανατολισμό στην ξυλοπαραγωγή, φτάσαμε σήμερα στη σύγχρονη αντίληψη που θεωρεί την αειφορία στο σύνολο των δασικών λειτουργιών. Για να γίνει, όμως, πράξη η αειφορία και να μπορέσει ένα δασικό οικοσύστημα να λειτουργήσει προσφέροντας υπηρεσίες και αγαθά στην κοινωνία, χρειάζεται να λειτουργούν σωστά οι μηχανισμοί διοίκησης και διαχείρισης των δασών. Είναι σημαντική η ύπαρξη των δομών αυτών, καθώς ο στόχος της αειφορίας είναι από τη φύση του μακροπρόθεσμος και η επίτευξή του προϋποθέτει μια διαρκή προσαρμογή της διαχείρισης ενός δάσους σε νέα δεδομένα.

Αντικείμενο της διαχείρισης των δασών αποτελούν σήμερα και τα λεγόμενα αποθέματα άνθρακα. Ο διεθνής διάλογος και οι ρυθμίσεις για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής έχουν φέρει τα δάση και τη δασοπονία στο προσκήνιο των διεθνών διαπραγματεύσεων για το κλίμα, καθώς τα δάση απορροφούν και αποθηκεύουν ένα σημαντικό ποσοστό των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στο

σχετικό κεφάλαιο γίνεται μία πρώτη προσπάθεια, στην ελληνική βιβλιογραφία, μιας συνολικής σύνθεσης της σχέσης του δάσους και της κλιματικής αλλαγής. Αρχικά, περιγράφεται ο ρόλος των δασών στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα και εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τον κύκλο αυτόν. Στη συνέχεια, σε επίπεδο πολιτικής, παρουσιάζονται οι προτεινόμενες στρατηγικές στη δασοπονία για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα μέτρα που θα μπορούσε να πάρει η Ελλάδα για την αύξηση των αποθεμάτων άνθρακα στα δάση της. Γίνεται μία λεπτομερής αναφορά στις διεθνείς διαπραγματεύσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και στο πλαίσιο συμμετοχής των δασών στη διεθνή αγορά άνθρακα. Τέλος, αναφέρονται οι υποχρεώσεις των χωρών στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο και στην εμπειρία της ελληνικής απογραφής για τις «Χρήσεις Γης, Αλλαγές Χρήσεων Γης και Δασοπονία» (LULUCF), στο πλαίσιο της σύμβασης για την αλλαγή του κλίματος (UNFCCC). Τονίζεται η ανάγκη ύπαρξης ενός συστήματος δασικής απογραφής και παρακολούθησης των μεγεθών που σχετίζονται με τον κύκλο του άνθρακα στη χώρα μας.

Η αειφορία στα δασικά οικοσυστήματα έχει ως κύρια συνιστώσα τη βιοποικιλότητα και τη διατήρησή της. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι προστατευόμενες περιοχές ως το κύριο εργαλείο προστασίας της βιοποικιλότητας σε διεθνές, εθνικό και τοπικό επίπεδο. Πρόκειται για περιοχές δασικού ή μη δασικού χαρακτήρα, όπου η διατήρηση των οικολογικά σημαντικών χαρακτηριστικών της κάθε μίας αναγνωρίζεται, περιγράφεται και προστατεύεται. Είναι σημαντικό να αντιληφθούμε ότι η προστασία δεν αποτελεί έννοια που αντιτίθεται στη διαχείριση· αντίθετα, η ίδια η προστασία μπορεί να θεωρηθεί μια ειδική μορφή διαχείρισης. Αυτό συνεπάγεται ότι στις προστατευόμενες περιοχές δεν είναι αναγκαία η πλήρης απομάκρυνση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων προκειμένου αυτές να επιτύχουν στο στόχο τους. Είναι απαραίτητο να υπάρξει μια ρύθμιση των δραστηριοτήτων εντός των προστατευόμενων περιοχών και αυτό απαιτεί μια ολοκληρωμένη διαχείριση που οδηγεί σε αειφόρο και εναλλακτική ανάπτυξη τους. Γίνεται αναφορά στο ελληνικό σύστημα διοίκησης και διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών όπου, παρά την επαρκή χωρική κάλυψη, εντοπίζονται σημαντικά κενά και δυσλειτουργίες. Ως κύρια αίτια αναφέρονται η αποσπασματική και αντικρουόμενη θεσμική και διοικητική τους υπαγωγή και η αδυναμία της διοίκησης να αντεπεξέλθει στο ρόλο της, καθώς οι απαιτούμενοι μηχανισμοί συντονισμού και εποπτείας ενός εθνικού συστήματος προστατευόμενων περιοχών ή δεν υφίστανται ή υπολειτουργούν.

Βασική προϋπόθεση για τη δασική αειφορία είναι η διαρκής ισορροπία μεταξύ της οικοσυστημικής διατήρησης και της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών στον άνθρωπο. Αυτό αναφέρεται εδώ με τον όρο υγεία των δασικών οικοσυστημάτων. Τα δάση υποφέρουν από παθογόνους οργανισμούς και έντομα που δρουν επιλεκτικά σε συγκεκριμένα είδη φυτών ή σε ευρύτερες ομάδες ειδών. Επίσης, αντιμετωπίζουν πιο γενικευμένες αβιοτικές απειλές, όπως είναι η φωτιά και η ξηρασία. Πιο μεγάλη ζημιά φαίνεται να προκαλούν αλλόχθονες οργανισμοί που μεταφέρονται από τον άνθρωπο. Στην Ελλάδα βιώνουμε τέτοιες καταστροφές κυρίως από μύκητες που έχουν εισαχθεί ακούσια. Αντίθετα, τα έντομα που προσβάλλουν σε μεγάλο βαθμό τα δάση μας είναι συνήθως αυτόχθονα και προκαλούν τεράστιες ζημιές μετά από έντονες περιόδους ξηρασίας ή μετά από πυρκαγιές. Για το λόγο αυτόν, αναμένεται αύξηση των επιδημιών και επιδείνωση της υγείας των δασών με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή. Άλλες απειλές για την υγεία των δασών αποτελούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι και κυρίως το όζον, που μετριέται σε υψηλή συγκέντρωση στην Ελλάδα. Η πρόληψη, σε συνδυασμό με τη χρήση κατάλληλων δασοκομικών χειρισμών, και λιγότερο η καταστολή με χημικές και άλλες μεθόδους είναι ο ενδεδειγμένος τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων που αναφέρθηκαν εδώ. Η καλύτερη εξασφάλιση της υγείας ενός δασικού οικοσυστήματος φαίνεται να επιτυγχάνεται με την οικολογική σταθερότητα που προκύπτει μέσα από μια αειφορική διαχειριστική προσέγγιση και όχι με την περιστασιακή λήψη μέτρων μετά την εκδήλωση των απειλών.

Η πιο σημαντική απειλή για ένα μεσογειακό δάσος είναι η πυρκαγιά. Στο πρώτο μέρος παρουσιάστηκε ο ρόλος της φωτιάς σε ένα δασικό οικοσύστημα. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η δασική πυρκαγιά ως απειλή και διαχειριστική παράμετρος, καθώς η εμφάνιση και εξάπλωσή της σχετίζεται με τον άνθρωπο, τις ενέργειές του και τις ανάγκες του. Αρχικά, γίνεται μία συζήτηση σχετικά με το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών, των αιτιών εμφάνισής τους και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Η διαχείριση της πυρκαγιάς σε ένα δασικό οικοσύστημα περιλαμβάνει τρία στάδια: την πρόληψη, την καταστολή και την αποκατάσταση. Αν και μόνο το δεύτερο είναι αντιληπτό από το ευρύ κοινό, και τα τρία στάδια είναι εξίσου σημαντικά και αλληλοσυμπληρούμενα, με την πρόληψη να πρέπει να έχει προτεραιότητα. Η κατάσταση στην Ελλάδα είναι, σε μεγάλο βαθμό, προβληματική. Παρατηρείται σταδιακή αύξηση τόσο του αριθμού των πυρκαγιών όσο και της καιγόμενης έκτασης, με το δεύτερο στοιχείο να οφείλεται κυρίως στη συσσώρευση βιομάζας στα ελληνικά δάση λόγω ελλιπούς διαχείρισης. Προκύπτει, λοιπόν, ότι το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο κατασταλτικά, αλλά μέσα από μία συνολική διαχειριστική προσέγγιση. Παρά τις εξαιρετικά μεγάλες αδυναμίες που

εμφανίζει το σύστημα αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα, υπάρχει χώρος για μια συγκρατημένη αισιοδοξία, καθώς σημειώνεται βελτίωση της γνώσης του φαινομένου και βελτίωση βασικών υποδομών της κρατικής μηχανής. Μένουν, όμως, ακόμη σημαντικά κενά που πρέπει να καλυφθούν, με σημαντικότερο την έλλειψη εφαρμογής μιας συνολικής διαχειριστικής πολιτικής για τις δασικές πυρκαγιές στη χώρα μας.

Ακολουθεί το κεφάλαιο του διαχειριστικού πλαισίου των δασικών οικοσυστημάτων, με επίκεντρο, πλέον, την Ελλάδα. Η κλασική δασοπονία διαχωρίζει τα δάση σε ξυλοπαραγωγά και μη, όπου η διαχείριση, παραδοσιακά, εστιάζεται στην πρώτη κατηγορία. Αν και στη χώρα μας τα δάση που παράγουν ξύλο είναι λίγο πάνω από τα μισά, τα οφέλη του δάσους προς την κοινωνία περιλαμβάνουν και άλλα αγαθά, ενώ δεν πρέπει κανείς να παραβλέπει τις προστατευτικές επιδράσεις του δάσους, τη δασική αναψυχή και, τέλος, το ρόλο των δασών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να συντίθενται μέσα σε ένα πλαίσιο αειφορικής διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων. Στη συνέχεια, γίνεται μια παρουσίαση του πολιτικού πλαισίου της διαχείρισης των δασών σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Περιγράφονται οι παραδοσιακές διαχειριστικές μορφές των δασών και τα αντίστοιχα πρότυπα αειφορικής διαχείρισης της ξυλοπαραγωγής. Διαπιστώνουμε ότι τα μη ξυλοπαραγωγά δάση βρίσκονται πρακτικά «εκτός διαχείρισης», κάτι που σήμερα δεν είναι επιστημονικά αποδεκτό. Για το λόγο αυτόν, παρουσιάζεται ένα σκεπτικό αειφορικής διαχείρισης των πέραν της παραγωγής ξύλου λειτουργιών του δάσους, που βασίζεται στην απογραφή και ιεράρχηση των λειτουργιών αυτών με γνώμονα την επίτευξη της μέγιστης κοινωνικής προσφοράς. Στην Ελλάδα, αν και η δασική πράξη διαθέτει μία πολύ σημαντική εμπειρία στην αειφορική διαχείριση των δασών, σήμερα δυσκολεύεται να ανταποκριθεί τόσο στις απαιτήσεις της διαχείρισης της παραγωγής ξύλου, όσο και να ενσωματώσει στη διαχειριστική πρακτική τις μη ξυλοπαραγωγικές λειτουργίες του δάσους. Αυτό οφείλεται σε σημαντικές ελλείψεις τόσο σε πολιτικό επίπεδο αλλά και στην εφαρμογή, που έρχονται ως συνέπεια μιας συνολικής υποβάθμισης της σημασίας της δασοπονίας για την κοινωνία.

Το ξύλο δεν είναι μεν το μόνο προϊόν του δάσους, παραμένει όμως αυτό που έχει την πιο άμεση οικονομική απόδοση και μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του εισοδήματος συγκεκριμένων περιοχών της χώρας, όπου τα δάση μπορούν και παράγουν υψηλής ποιότητας ξυλώδη προϊόντα. Το ξύλο είναι βιολογικό υλικό, ανανεώσιμο, συνδέεται με την απαρχή του ανθρώπινου πολιτισμού και γίνεται σήμερα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό απέναντι σε άλλα υλικά που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Η ποιότητα του ξύλου εξαρτάται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες και είναι πολύ σημαντική για την κατάλληλη αξιοποίησή του σε διάφορα προϊόντα και κατασκευές. Η χώρα μας δεν διαθέτει μεν μεγάλης έκτασης ξυλοπαραγωγά δάση, ούτε ιδιαίτερος παραγωγικά εδάφη. Η ξυλοπαραγωγή στην Ελλάδα δεν μπορεί να γίνει με την ίδια ένταση που γίνεται σε πιο βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Μπορεί όμως – συνδυαζόμενη με την παραγωγή μη ξυλωδών αγαθών – να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για την οικονομία, εστιάζοντας περισσότερο στην ποιότητα των δασικών προϊόντων και εκμεταλλεζόμενη την οικολογική ποικιλομορφία που χαρακτηρίζει τα ελληνικά δάση.

Μία ακόμα παραγωγική διαδικασία που αποδίδει άμεσα εισόδημα σε κοινωνικές ομάδες της περιφέρειας είναι η κτηνοτροφία, που στην εκτατική της μορφή βασίζεται στη βόσκηση. Η δασοπονία θεωρούσε τη βόσκηση απειλή για αιώνες και προσπαθούσε να διαχωρίσει χωρικά τη δασική από τη λιβαδική χρήση. Ειδικά στην Ελλάδα, αυτό ήταν δύσκολο λόγω διαφόρων κοινωνικο-οικονομικών ιδιαιτεροτήτων αλλά και της οικολογικής συνέχειας μεταξύ λιβαδιών και δασών που παρατηρείται στα πολύπλοκα μεσογειακά οικοσυστήματα. Σήμερα, είναι πλέον αποδεκτό ότι η βόσκηση είναι διαχειριστικό εργαλείο και όχι απειλή. Στα λιβάδια της Ελλάδας, που καλύπτουν το 40% της χερσαίας επιφάνειας της χώρας, η βόσκηση αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό και αντικείμενο διαχείρισης. Η διαχείριση αυτή πρέπει να γίνεται με βάση την αρχή της αειφορίας των οικοσυστημάτων, της αναγέννησης, των πολλαπλών σκοπών και της προστασίας. Η διαχείριση αυτή είναι σημαντική, όχι μόνο για τη ζωϊκή παραγωγή αλλά και για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα της βιοποικιλότητας. Είναι χαρακτηριστικό ότι η βόσκηση χρησιμοποιείται ως εργαλείο ελέγχου της βιομάζας για την αποτροπή του κινδύνου της πυρκαγιάς, αλλά και για βελτίωση των ενδιατημάτων σημαντικών ειδών πανίδας σε προστατευόμενες περιοχές. Παρά τη σημασία των λιβαδικών οικοσυστημάτων, σήμερα παρατηρείται έντονη υποβάθμιση σε αυτά, είτε λόγω αλόγιστης χρήσης ή και λόγω εγκατάλειψης. Όπως και στα δασικά οικοσυστήματα, έτσι και στα λιβάδια απαιτείται η ανάπτυξη εκείνων των κατάλληλων διαχειριστικών εργαλείων που θα εξασφαλίσουν την αειφορική τους χρήση.

Μέρος της αειφορικής διαχείρισης των δασών είναι και η αποκατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων. Οι αυξημένες φυσικές καταστροφές των τελευταίων ετών οδηγούν σε στρατηγικές και μέτρα αποκατά-

στασης και ανασυγκρότησης των πληγεισών περιοχών. Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η λογική τής επιστημονικά τεκμηριωμένης και καλά σχεδιασμένης οικοσυστημικής αποκατάστασης, όπου αντικείμενο δεν είναι τόσο η επαναφορά του δάσους σε μια πρότερη κατάσταση, αλλά περισσότερο η επαναφορά των δυναμικών κύκλων του οικοσυστήματος. Επιπλέον, οι πρακτικές αποκατάστασης δεν είναι αυτοσκοπός και, εκτός από τις βιολογικές παραμέτρους που τις χαρακτηρίζουν, συναντούν κοινωνικούς και οικονομικούς περιορισμούς. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποκατάστασης και η εφαρμογή της απαιτεί βαθύτερες γνώσεις της λειτουργίας των φυσικών οικοσυστημάτων. Συμπεραίνουμε ότι απαιτείται μία πολύπλευρη και διεπιστημονική προσέγγιση που θα στοχεύει στην κατεύθυνση των σκοπών της αποκατάστασης με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων έρευνας και υποδομών, προκειμένου να προκύψει ένα νέο οικοσύστημα που θα μπορέσει να λειτουργήσει και να εξελιχτεί.

Από όλα τα κεφάλαια του δεύτερου μέρους του βιβλίου αυτού προκύπτει η ανάγκη ύπαρξης σχεδιασμού, διεπιστημονικής προσέγγισης, σύγχρονων μέσων και υποδομών, που να στηρίζουν την αειφορική διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων. Η ελληνική πολιτεία, κατά τις τελευταίες δεκαετίες, δεν δίνει την απαιτούμενη προτεραιότητα στα δασικά ζητήματα και, αντιθέτως, έχει προβεί σε μέτρα και ρυθμίσεις που έχουν αποδυναμώσει οργανωτικά τη δασοπονία σε όλα τα επίπεδα. Είναι κοινός τόπος ότι απαιτείται μία πλήρης αναστροφή της πολιτικής αυτής, με την πολύπλευρη και σταθερή στήριξη στο δασικό αντικείμενο, κυρίως και άμεσα, με την αναβάθμιση υποδομών, υπηρεσιών και εργαλείων που αυτή τη στιγμή – αν υπάρχουν – δεν λειτουργούν ικανοποιητικά. Είναι λογικό ότι η αλλαγή αυτή της πολιτικής, που εδώ κρίνεται αναγκαία, θα κοστίσει κάποια επιπλέον χρήματα στον προϋπολογισμό του κράτους, αλλά μακροπρόθεσμα θα απέφερε πολλαπλάσια οφέλη και κέρδη.

Η συζήτηση που ακολουθεί τέτοιου τύπου αιτήματα από πλευράς επιστημόνων και επαγγελματιών, οργανώσεων και φορέων, κατευθύνεται στην οικονομική κατάσταση της χώρας μας και στην προφανή αδυναμία κάλυψης των εξόδων που συνεπάγεται η λήψη των απαραίτητων μέτρων στήριξης της δασοπονίας. Είναι γεγονός ότι δεν μπορεί εύκολα να φανταστεί κανείς την πολιτεία να χρηματοδοτεί γενναία π.χ. μια ολοκληρωμένη δασική απογραφή, τη στιγμή που πασχίζει να περικόψει τις κρατικές δαπάνες. Αντίθετα, ακούγονται, από επίσημες – και μη – πλευρές, φήμες για νέα συρρίκνωση των δασικών υπηρεσιών και κατάργηση φορέων και υποδομών. Θύμα της κρίσης που διανύουμε έπεσε και η δασική έρευνα, καθώς τόσο το ΕΘΙΑΓΕ συρρικνώθηκε και υπέστη μείωση του ρόλου του, όσο και τα πανεπιστήμια βλέπουν τους προϋπολογισμούς τους να εξαφανίζονται. Προκύπτει λοιπόν ένα βασανιστικό, πλην όμως επίκαιρο ερώτημα: ποιος είναι ο ρόλος της δασοπονίας στην Ελλάδα της ύφεσης; Μήπως η συνεχής επανάληψη των αναγκών για αναβάθμιση της δασοπονίας είναι εξωπραγματική και αναποτελεσματική;

Η απάντηση δεν είναι εύκολη. Η σημασία των δασών για την ποιότητα της ζωής των πολιτών διδάσκεται στην ύλη των σχολείων μας, αλλά η κοινωνία – πνιγμένη στο βραχυπρόθεσμο άγχος της επιβίωσης – δεν μπορεί να την κατανοήσει. Η πολιτεία δε, επιχειρηματολογεί πάντα με γνώμονα τις άμεσες ταμειακές ανάγκες της χώρας και διαγράφει τα αιτήματα για περιβαλλοντική αναβάθμιση ως πολυτελή. Τα δασικά οικοσυστήματα της χώρας, για μια ακόμη φορά, δεν μπαίνουν σε προτεραιότητα, ενώ, στη χειρότερη περίπτωση, θεωρούνται αναπτυξιακό εμπόδιο. Για ποιο λόγο, λοιπόν, να ασχοληθεί η Ελλάδα σήμερα με την αναβάθμιση της αειφορικής διαχείρισης σε δασικά και λιβαδικά οικοσυστήματα;

Για να αλλάξει η άποψη της πολιτείας και μεγάλου μέρους της κοινωνίας, χρειάζεται να αλλάξει και το χρονικό πλαίσιο αναφοράς της ανάπτυξης. Βραχυπρόθεσμα, ένα δάσος με σπάνια οικοτυπική προσαρμογή μπορεί να είναι αναπτυξιακό εμπόδιο σε ένα λατομείο. Μακροπρόθεσμα, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο: η λειτουργία ενός λατομείου μπορεί να δώσει ένα μικρό κομμάτι ανάπτυξης, αλλά θα στερήσει από τις επόμενες γενιές έναν πολύτιμο πόρο. Φυσικά και πρέπει να υπάρξουν και λατομεία, αλλά αυτού του είδους η ανάπτυξη απαιτεί επιστημονικό σχεδιασμό και χωροταξική οργάνωση. Ίδιες συγκρούσεις παρατηρούνται σε όλους τους τύπους αναπτυξιακών προσπαθειών. Αυτές είναι βραχυπρόθεσμες και αντί να σχεδιαστούν από την αρχή, σε ευρεία χωρική βάση, προκύπτουν αυθόρμητα, χωρίς σχέδιο, μέσα στον πανικό της κρίσης, με αμφίβολα αποτελέσματα, ακόμα και βραχυπρόθεσμα.

Η ελληνική οικονομία σήμερα δεν παράγει. Το συγκριτικό πλεονέκτημα της χώρας στον τομέα του φυσικού περιβάλλοντος μπορεί να γίνει η αφετηρία για την ανάκαμψη της πρωτογενούς παραγωγής. Μια νέα ολοκληρωμένη προσπάθεια οργάνωσης της αειφορικής διαχείρισης των χερσαίων οικοσυστημάτων της χώρας, μπορεί βραχυπρόθεσμα να μην αποφέρει κάποιο μεγάλο κέρδος, ίσως όμως, μακροπρόθεσμα, να γίνει η βάση μιας υπαιθροκεντρικής αναπτυξιακής πορείας, που τελικά θα συμβάλει σημαντικά στο ΑΕΠ της χώρας. Επιπλέον, θα τονώσει τις κοινωνικές και οικονομικές δομές της επαρχίας και θα δημιουργήσει μία κοινωνική και περιβαλλοντική ισορροπία, με βασικό γνώμονα την ποιότητα ζωής.

Μπορεί όλα αυτά να ακούγονται τώρα ουτοπικά. Όμως, η κοινωνία, εκτός από την απελπισία της οικονομικής κρίσης, εκφράζει και δύο πολύ ελπιδοφόρες τάσεις. Η μία αφορά την απαίτηση των πολιτών για καλύτερη ποιότητα ζωής, και η άλλη μια σαφή στροφή ενδιαφέροντος προς την πρωτογενή παραγωγή. Όσο η πλασματική οικονομία γίνεται όλο και πιο ανεπαρκής να καλύψει τις βασικές ανάγκες των πολιτών της Ελλάδας, τόσο θα αυξάνει η αναζήτηση νέων, εναλλακτικών μορφών ανάπτυξης, με κύρια συνιστώσα την ανάκαμψη της πρωτογενούς παραγωγής. Εκεί, η δασοπονία έχει σίγουρα ρόλο, και μέσα από την αειφορική διαχείριση των οικοσυστημάτων μπορεί να δώσει εναλλακτικές απασχόλησης, ανάπτυξης και ελπίδας.

Είναι προς το συμφέρον της χώρας να υποστηριχτεί ένα σύγχρονο σύστημα αειφορικής διαχείρισης των δασών, των δασικών και των λιβαδικών εκτάσεων. Το κόστος δεν είναι μεγάλο, ενώ μακροπρόθεμα θα προκύψουν υπερπολλαπλάσια οφέλη. Σε αυτήν την κατεύθυνση πρέπει να κινηθούν – συνεργαζόμενοι – όλοι οι φορείς που ασχολούνται με τα δασικά οικοσυστήματα ή σχετίζονται με αυτά.



©

**«Δεν θα διασώσουμε
όλα όσα θα θέλαμε,
αλλά θα διασώσουμε
πολύ περισσότερα
από όλα αυτά
που θα είχαν χαθεί
εάν δεν προσπαθούσαμε
ποτέ»**

**Sir Peter Scott (1909 - 1989)
Ιδρυτής του WWF**





WWF Ελλάς

Λεμπέση 21
117 43 Αθήνα

Τηλ.: 210 3314893
Fax: 210 3247578



Η αποστολή του WWF Ελλάς είναι να διατηρήσει την πλούσια βιοποικιλότητα της Ελλάδας ως αναπόσπαστο στοιχείο της Μεσογείου και να παρεμποδίσει – και μακροπρόθεσμα να αντιστρέψει – την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, με στόχο την αρμονική συνύπαρξη ανθρώπου και φύσης.

www.wwf.gr

ISBN: 978-960-7506-28-3