



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΕΡΓΩΝ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ
ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ**

**ΠΑΠΑΘΕΟΔΟΣΙΟΥ ΜΙΧΑΗΛ
ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΑΘΗΝΑ 2009

Αφιερώνεται στα αγαπημένα μας πρόσωπα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν στις μέρες μας, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Σε κάθε καλοκαιρινή περίοδο οι πυρκαγιές κατακαίουν τεράστιες δασικές εκτάσεις και γινόμαστε μάρτυρες μεγάλων καταστροφών, όπως το καλοκαίρι του 2007, όπου θρηνήσαμε και ανθρώπινα θύματα. Η μεγάλη έκταση που έχει λάβει το φαινόμενο τα τελευταία χρόνια, καθώς και η ανάγκη για μια μελέτη των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών στα οικοσυστήματα, ειδικά για τα Ελληνικά δεδομένα, αποτέλεσαν το κίνητρο για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Η εργασία αυτή εστιάζει πάνω από το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών σε ό,τι αφορά το φαινόμενο των πυρκαγιών και τους παράγοντες που το επηρεάζουν, καθώς και τις επιπτώσεις αυτών στην υδρολογία, τις ιδιότητες του εδάφους και τη διάβρωση που συντελείται μεταπυρικά σε μια λεκάνη απορροής. Ειδική μνεία γίνεται για τα αντιδιαβρωτικά έργα που έχουν εφαρμοστεί σε όλο τον κόσμο και γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησής τους. Ακόμα, αναφερόμαστε εκτενώς στην πυρκαγιά της Πάρνηθας στις 28/6/2007 και γίνεται μια πρώτη απόπειρα, τόσο με βάση την παρατήρηση, όσο και με εργαστήρια για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα των αντιδιαβρωτικών-αντιπλημμυρικών έργων που εφαρμόστηκαν εκεί. Τέλος, στο παράρτημα, γίνεται αναφορά στην αξία του δάσους καθώς και στις προσαρμογές και στους αναγεννητικούς μηχανισμούς των δασικών φυτικών ειδών της χώρας μας.

Η έλλειψη της ελληνικής βιβλιογραφίας πάνω σε θέματα δασικών πυρκαγιών κατέστη την όλη προσπάθεια πολύ δύσκολη. Χωρίς λοιπόν τη συμβολή ορισμένων ανθρώπων θα ήταν αδύνατη η ολοκληρωμένη παρουσίαση του θέματος των δασικών πυρκαγιών στους τομείς που το εξετάσαμε.

Έτσι, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε καταρχάς τον κ. Κουτσογιάννη Δ., ο οποίος υπήρξε και ο επιβλέπων καθηγητής αυτής της εργασίας, για τις πολύτιμες συμβουλές του και τη γενικότερη ενεργή συμμετοχή του στην ολοκλήρωση αυτού του έργου. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κα. Γεωργιάνου Β., που ήταν και η επιβλέπουσα των εργαστηριακών αναλύσεων που απαιτήθηκαν για την παρούσα εργασία, καθώς επίσης και την κα Καλκάνη Ε., που θα είναι το τρίτο μέλος της εξεταστικής επιτροπής.

Ακόμα, θερμές ευχαριστίες στον κ. Μπαλούτσο Γ., διατελέσαντα τακτικό ερευνητή του ΕΘΙΑΓΕ, για τις πολύτιμες συμβουλές και το χρήσιμο υλικό που μας παρέδωσε, όπως επίσης και στον κ. Μαρκόνη Ι, για την πολύτιμη βοήθειά του στη σύνταξη και παρουσίαση του παρόντος κειμένου. Τέλος, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε στο όνομα του κ. Τσεντίδη Σ., τεχνικού του εργαστηρίου, για την σημαντικότερη βοήθειά του στη διεξαγωγή των εργαστηριακών αναλύσεων.

Ολοκληρώνοντας ευχαριστούμε όλους όσους συνέβαλλαν με τον τρόπο τους στη συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας και ειδικά τις οικογένειές μας και τους φίλους μας.

Τα δάση αποτελούν εθνική κληρονομιά και η διάσωση και διαφύλαξή τους αποτελούν καθήκον όλων των Ελλήνων. Ας ελπίσουμε ότι ο σύγχρονος άνθρωπος θα πάψει να φέρεται αλαζονικά στο φυσικό περιβάλλον και θα συμβάλλει αποφασιστικά στην προστασία του.

Αθήνα, Μάρτιος 2009.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΟΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	
1.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	
1.1.1. ΓΕΝΙΚΑ	3
1.1.2. ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΥΣΕΙΣ	4
1.1.3. ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	8
1.2. ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	10
1.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	
1.3.1. ΚΑΥΣΙΜΗ ΔΑΣΙΚΗ ΥΛΗ	12
1.3.2. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	15
1.3.3. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	19
1.3.4. ΚΑΛΥΨΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	20
1.4. ΟΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	
1.4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	20
1.4.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	21
1.4.3. ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	23
1.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ	
1.5.1. ΓΕΝΙΚΑ	26
1.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	26
1.5.3. ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	
2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ, ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ, ΕΔΑΦΟΓΕΝΕΣΗ, ΔΙΗΘΗΣΗ, ΑΠΟΡΡΟΗ	43
2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ	52
2.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	
2.3.1. ΑΙΟΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	55
2.3.2. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	56
2.4. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ	
2.4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	61
2.4.2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΡΑ	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

3.1. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
3.1.1. ΓΕΝΙΚΑ	65
3.1.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	65
3.1.3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	69
3.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ	80
3.2.2. ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	80
3.2.3. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ	82
3.3. ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	
3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ	96
3.3.2. ΟΙ ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ. ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	96
3.3.3. ΤΥΠΙΚΟΙ ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

4.1. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	111
4.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥ	
4.2.1. ΓΕΝΙΚΑ	111
4.2.2. ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	113
4.3. ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ	131
4.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

5.1. ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	133
5.1.1. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	133
5.1.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	137
5.1.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	141
5.2. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	
5.2.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΜΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	148
5.2.2. ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	151

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
Η ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ	
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ	
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
6.1. ΤΟ ΟΡΟΣ ΠΑΡΝΗΘΑ	
6.1.1. ΓΕΝΙΚΑ	173
6.1.2. ΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ (ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ)	173
6.1.3. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΙΣ 28/6/07	174
6.2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	
6.2.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΘΕΣΗ	175
6.2.2. ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	175
6.2.3. ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ	175
6.2.4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ, ΠΕΤΡΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	175
6.2.5. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	177
6.2.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΑΜΕΝΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	185
6.3. ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ-ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ	
6.3.1. ΓΕΝΙΚΑ-ΑΝΑΓΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ	186
6.3.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΝΗΘΑ	187
6.3.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ- ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	188
6.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
6.4.1. Η ΠΑΡΝΗΘΑ ΣΗΜΕΡΑ	200
6.4.2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ	202
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	241
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	245
ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	305
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	307

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως θέμα τις δασικές πυρκαγιές και τις επιπτώσεις τους στο οικοσύστημα, καθώς και τη διάβρωση που συντελείται σε καμένες δασικές εκτάσεις. Αρχικά γίνεται μια γενική περιγραφή του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και μια μικρή αναδρομή στο ιστορικό τους στον Ελλαδικό χώρο. Ακολούθως αναλύεται το φαινόμενο της διάβρωσης, τα είδη αυτής και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Ακόμη γίνεται μια καταγραφή των αρνητικών συνεπειών των δασικών πυρκαγιών στο έδαφος, τόσο σε ό,τι αφορά τα φυσικά και χημικά, όσο και στα βιολογικά χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των πυρκαγιών σε μια λεκάνη απορροής και τον υδρολογικό κύκλο, όπως στην εξατμοδιαπνοή, στην διήθηση, στην απορροή και αλλού. Σημαντικό μέρος της ασχολείται με το πώς επηρεάζουν οι πυρκαγιές τη διάβρωση του εδάφους σε δασικές εκτάσεις, καθώς και με την παρουσίαση των σημαντικότερων αντιδιαβρωτικών επεμβάσεων που έχουν εφαρμοστεί ανά τον κόσμο, όπως είναι η διάστρωση προστατευτικού στρώματος, οι κορμοσειρές, η σπορά κ.α., ενώ παρουσιάζονται και συγκριτικές μελέτες. Τέλος, δίνεται μια εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης, στις καμένες εκτάσεις της Πάρνηθας, των αντιδιαβρωτικών μέτρων που εφαρμόστηκαν, ενώ παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων εδαφικών δειγμάτων, στα οποία υπολογίστηκε η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη ενώ παράλληλα κοκκομετρήθηκαν, με βάση τα οποία γίνεται μια απόπειρα αξιολόγησης των επεμβάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στον Ελλαδικό χώρο, κυρίως στην Πάρνηθα, αλλά και αλλού.

ABSTRACT

This study deals with forest fires and their effects on ecosystems, as well as with the erosion that takes place at burned forest regions. Initially there is a general description of the factors that affect forest wildfires and a quick review on wildfires that took place in Hellenic areas. Afterwards there is an analysis of the erosion process, its different kinds and the factors that contribute to this procedure. Then there is a registration of the negative influences of forest fires on physical, chemical and biological properties of soil system. Then there is a presentation of the negative effects of wildfire on the watershed condition and on the hydrological circle and its parameters, such as evapotranspiration, infiltration and runoff. A significant part of this study deals with the way that fire affects the soil erosion rate, and the main erosion control treatments that has been applied around the world. There is also a presentation of comparative studies about these treatments, such as mulching, log erosion barriers and seeding. In the end there is a description of the present condition of the burned areas on mountain Parnitha, and the erosion control interventions that were applied, while there is a presentation of the results of laboratorial analysis of soil samples. These samples were submitted in particle size distribution measurements, after the estimation of the organic matter. These results were used to attempt to evaluate the success of interventions, that were applied in Hellenic burned areas and especially on mountain Parnitha.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

1.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η φωτιά είναι ένα ενεργό σύστημα που λαμβάνει την ορμητική του ενέργεια από την καύση, δηλαδή τη γρήγορη μεταβολή της αποθηκευμένης χημικής ενέργειας στη βιομάζα, σε κινητική ενέργεια μετάδοσης θερμότητας (Johnson and Miyanishi, 2001). Η διαδικασία της καύσης είναι πολύπλοκη αλλά τόσο η φυσική όσο και η χημική διάσταση του φαινομένου αναλύονται επιστημονικά. Ως φυσικό φαινόμενο, η καύση εμπλέκει τη δημιουργία, μεταφορά και απορρόφηση ενέργειας (θερμότητας, Καϊλίδης, 1993). Η διανομή της θερμότητας είναι θεμελιώδης σε κάθε φωτιά. Θερμότητα απαιτείται για την έναρξη της καύσης (ανάφλεξη) και όλες οι απαραίτητες χημικές αντιδράσεις είναι θερμοκρασιακά εξαρτημένες. Ως χημικό φαινόμενο, η καύση ανήκει στη γενική κατηγορία των χημικών οξειδωτικών αντιδράσεων (DeBano et al, 1998). Υπάρχουν φυσικά οξειδωτικές αντιδράσεις που δεν είναι καύσεις, όπως για παράδειγμα το σκούριασμα του σιδήρου. Η καύση μπορεί να συνοδεύεται από την ύπαρξη φλόγας μπορεί όμως και όχι. Αν συνοδεύεται από φλόγα τότε η φλεγόμενη ζώνη δημιουργεί ένα χημικό περιβάλλον μεγάλης έντασης με παράλληλη εκπομπή τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας.

Ως φυσικό φαινόμενο, η καύση ακολουθεί τις γενικές αρχές της Φυσικής και της Χημείας. Ιδιαίτερα για την καύση, ίσως είναι ορθότερο να μιλάμε για θερμοχημεία και θερμοδυναμική. Η καύση λοιπόν είναι μια διαδικασία η οποία μπορεί να λαμβάνει χώρα κάτω από μια σειρά διαφορετικών συνθηκών και παραγόντων. Μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, να καταναλώνει (οξειδώνει) διαφορετικά είδη καύσιμης ύλης και να αποδίδει διαφορετικά προϊόντα. Ο άνθρωπος έχει μάθει να διαχειρίζεται κάποιους από αυτούς τους παράγοντες και συνεπώς να έχει τη δυνατότητα ελέγχου κάποιων ειδών φωτιών, όπως για παράδειγμα οι βιομηχανικές φωτιές. Οι βιομηχανικές φωτιές, όπως αυτές των καμίνων, είναι ρυθμιζόμενες φωτιές και η ρύθμισή τους υπάρχει τόσο στα συστατικά της καύσης όσο και στον τρόπο με τον οποίο αναμειγνύονται τα συστατικά αυτά μέσα στο θάλαμο καύσης (Καϊλίδης, 1993). Σε αντίθεση, οι δασικές πυρκαγιές είναι φωτιές ελεύθερης καύσης οι οποίες διαδίδονται. Σε αυτές καίγεται φυσική, μη επεξεργασμένη, καύσιμη ύλη η οποία αναμειγνύεται με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας κατά τη διαδικασία της κοινής διάχυσης (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001). Ακόμη, αναμειγνύονται αναπτυσσόμενα εύφλεκτα αέρια με το οξυγόνο σε συνθήκες πλήρους τύρβης και η ζώνη αντίδρασης είναι καθορισμένη από τη μορφή και τη διάταξη της καύσιμης ύλης, την τοπογραφική διαμόρφωση του εδάφους και τη συναλλαγή με τις ανομοιομορφες αέριες μάζες (DeBano et al, 1998).

Από τα παραπάνω είναι προφανής η πολυπλοκότητα του φαινομένου όταν συμβαίνει σε τόσο μεγάλες κλίμακες όσο οι δασικές πυρκαγιές. Αυτή η πολυπλοκότητα απορρέει από την πολυπλοκότητα και ανομοιομορφία της καύσιμης ύλης, την πολυπλοκότητα της χημικής διαδικασίας που προετοιμάζει και αναμειγνύει την καύσιμη ύλη με τον αέρα και από την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο οι αντιδράσεις αυτές λαμβάνουν χώρα: το άμεσο περιβάλλον της ζώνης καύσης και το διευρυμένο περιβάλλον της πυρκαγιάς που περιλαμβάνει τον αέρα, το έδαφος και τους οργανισμούς που περιβάλλουν τη ζώνη καύσης και αλληλεπιδρούν με αυτή.

Η πυρκαγιά συμβαίνει μέσα σε ένα περιβάλλον καύσης που περιέχει θερμότητα, οξυγόνο και καύσιμη ύλη. Αυτοί οι τρεις παράγοντες είναι γνωστοί και ως το “τρίγωνο της φωτιάς” (DeBano et al, 1998, Γκόφας, 2001) και πρέπει να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για να λάβει χώρα η καύση. Όμως, συχνά το περιβάλλον καύσης απαντάται μέσα σε περιβάλλον φλόγας και έτσι διευθύνοντας τη συμπεριφορά της φωτιάς ως σύνολο είναι δυνατό να ελεγχθεί η μορφή και η διάδοση της ζώνης καύσης. Επιπροσθέτως, το περιβάλλον φωτιάς εισάγει την ανάγκη για διαχωρισμό σε κατηγορίες διαβάθμισης της καύσης. Έτσι, στις φωτιές μικρής κλίμακας, οι μικροδιαδικασίες της καύσης τείνουν να επιδράσουν στη φωτιά ως σύνολο κατευθυνόμενες από τη χημεία των αντιδρώντων μέσων και το βαθμό αντίδρασης αυτών. Στις πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας, όπου ανήκουν και οι δασικές πυρκαγιές, οι διαδικασίες της καύσης κατευθύνονται από φυσικές διαδικασίες όπως η μεταφορά θερμότητας από μετεωρολογικούς παράγοντες και η γεωμετρία της καύσιμης ύλης (Καϊλίδης, 1993). Η διαμόρφωση της φωτιάς σαν σύνολο σε αυτή την περίπτωση, ιδιαίτερα η ζώνη της φλόγας, δημιουργεί το κατάλληλο περιβάλλον για καύση.

1.1.2 ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η καύση, όπως και κάθε άλλη αντίδραση, ακολουθεί μια συγκεκριμένη πορεία: έναρξη, ενδυνάμωση της δραστηριότητας και λήξη. Αυτές οι φάσεις στην περίπτωση της καύσης είναι γνωστές ως ανάφλεξη (έναρξη), διάδοση (εξάπλωση) και εξάλειψη (σβέση) (Johnson and Miyanishi, 2001, DeBano et al, 1998, Καϊλίδης, 1993). Στις ρυθμιζόμενες βιομηχανικές φωτιές το περιβάλλον καύσης, άρα και οι φάσεις της, μπορούν να διαχειριστούν και να διαχωριστούν. Αντίθετα, στις δασικές πυρκαγιές σχεδόν καμία μεταβλητή δεν μπορεί να ελεγχθεί και η φωτιά μπορεί να είναι ετερογενής, επιδεικνύοντας διάφορες φάσεις καύσης, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ή σε διαφορετικές στιγμές στον ίδιο τόπο (Γκόφας, 2001).

Το περιβάλλον καύσης, στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών, δεν είναι περιορισμένο σε ένα θάλαμο αλλά αλλάζει συνεχώς εξαιτίας των ακαθόριστων χαρακτηριστικών του εδάφους και της ατμόσφαιρας. Η ποικιλομορφία της καύσιμης ύλης, οι καιρικές συνθήκες, η τοπογραφία και η αλληλεπίδραση με άλλες εστίες φωτιάς καθορίζουν το περιβάλλον καύσης στις δασικές πυρκαγιές. Εδώ η καύσιμη ύλη δεν είναι χημικά ομοιόμορφη και οι δασικές πυρκαγιές δεν καίνε με ομοιόμορφο τρόπο. Η καύσιμη ύλη αποτελείται από διαφορετικές χημικές συνιστώσες (χημικά πολύπλοκοι υδρογονάνθρακες σε συμπαγή στερεά μορφή) (DeBano et al, 1998) κάθε μια εκ των οποίων αναφλέγεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και με διαφορετικό τρόπο απόκρισης. Επίσης, αντί για ρυθμιζόμενης παροχής αέρα ή καθαρού οξυγόνου, υπάρχει μια ατμόσφαιρα που έχει δημιουργηθεί από μακριά γεωχημική εξέλιξη και παρουσιάζεται με τη μορφή μεγάλων αερίων μαζών που συνεχώς αλλάζουν θέση και χαρακτηριστικά. Τέλος, στη θέση του περιορισμένου θαλάμου καύσης, οι δασικές πυρκαγιές λαμβάνουν χώρα σε μια πλατιά γεωγραφική ζώνη με διαφορετικά χαρακτηριστικά από σημείο σε σημείο.

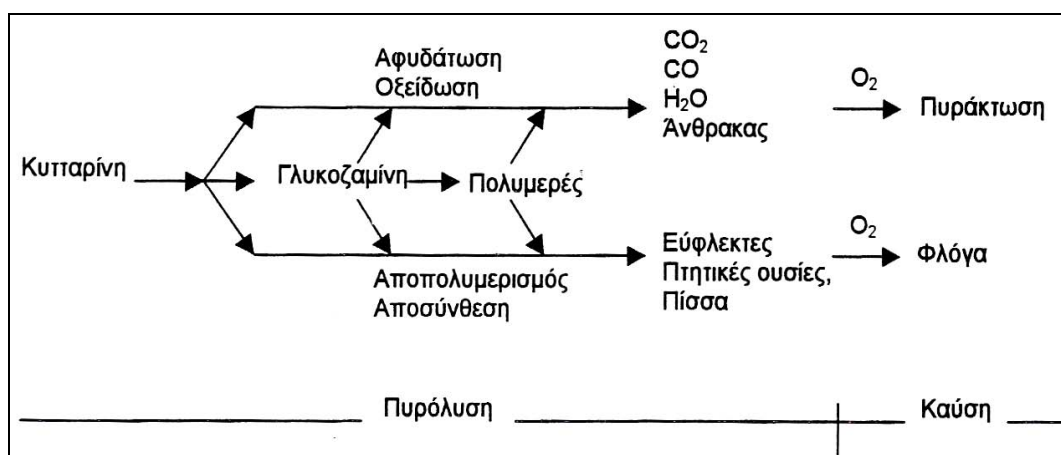
Το τελικό περιβάλλον της πυρκαγιάς οριοθετεί τη ζώνη αντίδρασης και αυτή με τη σειρά της καθορίζει το ενεργό περιβάλλον καύσης. Συνέπεια των παραπάνω είναι πως η ζώνη της φλόγας δεν είναι συνώνυμη με τη φωτιά, το σχήμα της φλόγας δεν είναι ταυτόσημο με το σχήμα της πυρκαγιάς και η ταχύτητα της φλόγας δεν είναι ίδια με την ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς (Johnson and Miyanishi, 2001).

Εξετάζοντας λεπτομερώς τις φάσεις της καύσης αρχικά είναι η προανάφλεξη, που προετοιμάζει την καύσιμη ύλη για να αναφλεχθεί και περιλαμβάνει την προθέρμανση και την πυρόλυση, έπειτα ακολουθεί η ανάφλεξη η οποία είναι η έναρξη

της καύσης, εν συνεχεία είναι η εξάπλωση της καύσης, η οποία συμβαίνει είτε με φλόγα είτε με πυράκτωση και τέλος η σβέση (Καϊλίδης, 1993).

- Προανάφλεξη (preignition). Η πυρκαγιά ξεκινά με ενδοθερμικές αντιδράσεις οι οποίες απορροφούν ενέργεια και τελειώνει με εξωθερμικές αντιδράσεις οι οποίες εκλύουν ενέργεια. Η προανάφλεξη είναι το σύνολο των ενδοθερμικών αντιδράσεων του φαινομένου (Καϊλίδης, 1993). Οι εξωθερμικές αντιδράσεις είναι γνωστές ως καύση και το στάδιο μεταξύ την προανάφλεξης και της καύσης είναι γνωστό ως ανάφλεξη (Καϊλίδης, 1993). Η προανάφλεξη είναι η υποχρεωτική διαδικασία με την οποία μέσω της προθέρμανσης (αφυδάτωσης, dehydration) και της πυρόλυσης (pyrolysis) η καύσιμη ύλη προετοιμάζεται για την καύση (Καϊλίδης, 1993). Η θερμοκρασία της στερεάς καύσιμης ύλης πρέπει να αυξηθεί και στην περίπτωση της καύσης με ύπαρξη φλόγας, κατάλληλα εύφλεκτα αέρια εκλύονται και αναπτύσσονται γύρω από αυτή. Η θερμοκρασία της καύσιμης ύλης, στην οποία η διαδικασία της κύριας καύσης ξεκινά, ονομάζεται θερμοκρασία ανάφλεξης (ignition temperature, DeBano et al, 1998). Ο χρόνος απόκρισης που απαιτείται για τη θερμική προετοιμασία της καύσιμης ύλης καλείται χρόνος καθυστέρησης ή υστέρησης (Καϊλίδης, 1993). Τόσο η θερμοκρασία ανάφλεξης όσο και ο χρόνος υστέρησης είναι μεταβλητά μεγέθη και εξαρτώνται από τη φυσική και χημική σύσταση της καύσιμης ύλης, το χαρακτήρα της θερμικής πηγής και τον τύπο της καύσης, με φλόγα ή πυράκτωση. Συνεπώς, όλη η διαδικασία της προανάφλεξης είναι ευμετάβλητη και όχι σταθερή. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία της προθέρμανσης πραγματοποιείται αφυδάτωση με την οποία η υγρασία της καύσιμης ύλης εξατμίζεται ως υγρός ατμός. Ακόμη, όλες οι πτητικές ουσίες απομακρύνονται με απόσταξη νερού. Αυτό συμβαίνει όταν η καύσιμη ύλη βρίσκεται από 100°C μέχρι 200°C (DeBano et al, 1998). Η πυρόλυση σπάει τους χημικούς δεσμούς των “ξύλινων” χημικών ουσιών όπως η κυτταρίνη και τα νέα χημικά παράγωγα είναι εύφλεκτες πτητικές ουσίες οι οποίες αναφλέγονται (Σχ. 1.1, Καϊλίδης, 1993). Το σπάσιμο της κυτταρίνης συμβαίνει στη θερμοκρασία των 325°C και όταν η θερμοκρασία υπερβεί αυτό το όριο έχουμε την ύπαρξη σχεδόν μόνιμης φλόγας (DeBano et al, 1998). Μέχρι τη θερμοκρασία των 400°C τα περισσότερα “ξύλινα” συστατικά θα έχουν εξατμιστεί ή εξαερωθεί. Άνω των 400°C και μέχρι τους 500°C η ανάπτυξη των αερίων έχει σχεδόν ολοκληρωθεί και μόνο ο άνθρακας παραμένει να υπάρχει (DeBano et al, 1998).
- Ανάφλεξη (ignition). Η ανάφλεξη παρατηρείται στην έναρξη της καύσης. Σηματοδοτεί την επικράτηση των εξώθερμων αντιδράσεων (DeBano et al, 1998) οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας έναντι των ενδόθερμων αντιδράσεων οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την απορρόφηση ενέργειας. Στην πραγματικότητα η ανάφλεξη δεν είναι μια απλή διαδικασία αλλά μια σειρά διαδικασιών, δεν είναι το τέλος της πυρόλυσης (Καϊλίδης, 1993), αλλά μια επιτάχυνση αυτής, ούτε ένα απομονωμένο γεγονός το οποίο ολοκληρώνεται άπαξ κατά τη διάρκεια της φωτιάς, αλλά μια συνεχόμενη ακολουθία γεγονότων καθώς τα σωματίδια εντός της σύνθετης καύσιμης ύλης εμπλέκονται ξεχωριστά. Η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την ανάφλεξη προάγει την πυρόλυση, η οποία φτάνει σε αιχμή μέσα στη ζώνη της φλόγας (Καϊλίδης, 1993). Σημειώνεται πως η ανάφλεξη συμβαίνει μόνο μια φορά επειδή η καύση έχει τη δυνατότητα να διατηρείται από μόνη της. Η ταχύτητα και η επιτυχία της ανάφλεξης εξαρτάται από τις ιδιότητες των σωματιδίων της καύσιμης ύλης και τα χαρακτηριστικά της εφαρμοζόμενης πηγής θερμότητας (DeBano et al, 1998). Κάποιες φυσικές και χημικές ιδιότητες των σωματιδίων

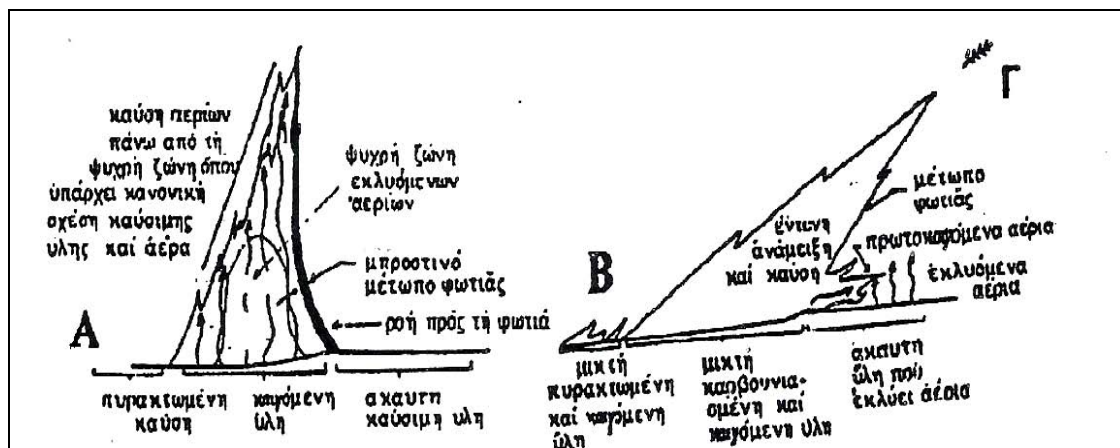
αυτών επηρεάζουν την ευαισθησία τους στη θέρμανση. Για παράδειγμα, ένα σωματίδιο καύσιμης ύλης με μεγάλο λόγο επιφάνειας προς όγκο θα θερμανθεί πιο γρήγορα από ένα άλλο με μικρότερο λόγο (πιο σφαιρικό) και ένα σωματίδιο πλούσιο σε πτητικές ουσίες εμφανίζει ανάφλεξη σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ένα άλλο με λιγότερες πτητικές ουσίες (Καϊλίδης, 1993).



Σχήμα 1.1. Δρόμοι πυρόλυσης της κυτταρίνης (Καϊλίδης, 1993).

- Καύση με παρουσία φλόγας (flaming). Σε αυτή την περίπτωση απελευθερώνονται οι μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας (θερμότητας) διαμορφώνοντας το πιο έντονο περιβάλλον καύσης και προκαλώντας τα περισσότερα βιοχημικά και οικολογικά αποτελέσματα των δασικών πυρκαγιών (DeBano et al, 1998). Η ζώνη της φλόγας μας παρέχει μια σειρά πληροφοριών σχετικά με τη συμπεριφορά και τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς. Το ύψος της φλόγας είναι ένα μέτρο για την καταστροφή των κορυφών των δένδρων ιδιαίτερα των κωνοφόρων (Ντάφης, 1986). Με το βάθος της φλόγας έχουμε ένα μέτρο που μας δείχνει πόσο έντονο είναι το κάψιμο. Τα περισσότερα συστήματα πρόβλεψης της συμπεριφοράς και των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών, καθώς και για την εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς, στηρίζονται στην κατανόηση των χαρακτηριστικών της ζώνης φλόγας. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το σχήμα φλόγας που περιγράφει το μέγεθος της ζώνης, η ταχύτητα φλόγας ή ρυθμός εξάπλωσης του μετώπου της φλόγας που μας δείχνει το ρυθμό διάδοσης της φλόγας μέσα στο μείγμα καύσιμης ύλης και οξυγόνου και η ένταση αντίδρασης ή ένταση της γραμμής πυρός που μας δείχνει το ρυθμό απελευθέρωσης ενέργειας κατά μήκος του μετώπου της πυρκαγιάς (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001). Η πυρκαγιά χαρακτηρίζεται ως καύση με φλόγα όταν αέριες μάζες εκπέμπονται από την καύσιμη ύλη λόγω πυρόλυσης και αναφλέγονται (Johnson and Miyanishi, 2001). Αντίθετα, η καύση με πυράκτωση συνεπάγεται πως η οξείδωση συμβαίνει απευθείας επάνω στην στερεή καύσιμη ύλη (Johnson and Miyanishi, 2001). Η πυρόλυση, η καύση με φλόγα και η καύση με πυράκτωση μπορούν να συνυπάρχουν μέσα στην ίδια ζώνη αντίδρασης την ίδια χρονική στιγμή ή να υπάρχουν σε διαφορετικά τμήματα της πυρκαγιάς ή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά την εξέλιξη της πυρκαγιάς (Καϊλίδης, 1993).
- Καύση με πυράκτωση (smoldering and glowing). Οι περισσότερες δασικές πυρκαγιές παρουσιάζουν φλόγες και μερικές, όπως οι πυρκαγιές σε χορτολιβαδικές εκτάσεις, έχουν μόνο φλόγα. Όμως, η πλειονότητα των πυρκαγιών εμφανίζουν σε κάποιο βαθμό καύση με πυράκτωση, χωρίς φλόγα

(flameless). Ειδικά, οι πυρκαγιές σε οργανικά εδάφη τείνουν να κάνουν την καύση με πυράκτωση πρώτη φάση της διαδικασίας της καύσης (Καϊλίδης, 1993). Η σχέση μεταξύ της καύσης με φλόγα και αυτής με πυράκτωση είναι ενισχυτική. Πολλές φορές καύσεις με φλόγα ξεκινούν με καύση πυράκτωσης και πολλές δασικές πυρκαγιές με φλόγα καταλήγουν με το στάδιο της πυράκτωσης (DeBano et al, 1998, Γκόφας, 1995). Η καύσιμη πυράκτωση είναι αργή και πλήρης όπως για παράδειγμα η καύση του κάρβουνου. Η καύση με φλόγα είναι γρήγορη, λιγότερο αποτελεσματική, στη μετατροπή της χημικής σε θερμική ενέργεια και χαρακτηρίζεται από μεγάλα υπολείμματα άκαυστων υλικών (DeBano et al, 1998). Από την άλλη πλευρά η καύση με πυράκτωση μπορεί να συμβεί και σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς δεν απαιτεί τις υψηλές θερμοκρασίες που είναι απαραίτητες για γρήγορη πυρόλυση και φλόγα. Σημειώνεται πως οι περισσότερες σημειακές φωτιές με καύση πυράκτωσης, η οποία μπορεί να διατηρεί φωτιά για μεγάλο χρονικό διάστημα, αποτελούν γεγονός σημαντικό για την διαδικασία της ανάφλεξης της γύρω καύσιμης ύλης. Επιπροσθέτως, σημειώνεται πως όπου αρχικά η φωτιά καίει καύσιμη ύλη σε λεπτή μορφή (ξερά χόρτα) η καύση με φλόγα καίει την πλειοψηφία της καύσιμης ύλης μέσα σε πολύ σύντομο χρόνο. Από την άλλη πλευρά, όταν υπάρχει καύσιμη ύλη σε ογκώδεις διαστάσεις (κορμοί δένδρων), η καύση με πυράκτωση είναι αυτή που οξειδώνει με αργούς ρυθμούς την πλειοψηφία της καύσιμης ύλης παράγοντας ταυτόχρονα καπνό και ενέργεια και μπορεί να διαρκέσει μέρες ή ακόμα και εβδομάδες (Καϊλίδης, 1993). Ως βιολογικό φαινόμενο συνεισφέρει σημαντικά στο μετασχηματισμό των οργανικών συστατικών ενός οικοσυστήματος (χλωρίδα, πανίδα) σε μεικτό απόθεμα ανόργανης και βιοχημικής ύλης της οποίας η διαθεσιμότητα είναι θεμελιώδους σπουδαιότητας για το ίδιο το οικοσύστημα (DeBano et al, 1998).



Σχήμα 1.2. Χαρακτηριστικά καύσης, Α) χωρίς άνεμο και Β) με άνεμο και συνεπώς και την ύπαρξη ιπτάμενων αναμμένων κλαδιών (Καϊλίδης, 1993).

- Σβέση (extinction). Αν η καύσιμη ύλη, το οξυγόνο ή η θερμότητα πέσουν κάτω από ένα κρίσιμο σημείο τότε η φωτιά σβήνει (Γκόφας, 2001). Στις ρυθμιζόμενες φωτιές η σβέση μπορεί να είναι ακαριαία, η φλόγα σβήνει με ελάττωση της πηγής θερμότητας ή της παροχής αέρα ή της καύσιμης ύλης. Αυτό φυσικά δε συμβαίνει στις δασικές πυρκαγιές όπου η σβέση γίνεται σταδιακά και με αργούς ρυθμούς. Στη σβέση η θερμότητα σταδιακά και τμηματικά ελαττώνεται. Με τη συνεχή μείωση το δίκτυο της θερμότητας καύσης υποχωρεί κάτω από το σημείο καύσης πυρακτώσεως. Εν συνεχεία κάτω

από την παροδική ανάφλεξη και κάτω από τις απαιτήσεις πυρόλυσης και αφυδάτωσης (Καϊλίδης, 1993). Εξαιτίας της τοπικής μόνωσης η θερμότητα μπορεί να εγκλωβιστεί σε σημειακές περιοχές για μεγάλες χρονικές περιόδους και σταδιακά θα χαθεί μέσω της αγωγιμότητας, όπως αρχικά είχε σταδιακά αυξηθεί. Σε μοριακό επίπεδο η αλυσίδα αντιδράσεων, που η καύση απαιτεί για τη διάδοσή της, δε δημιουργεί πλέον ελεύθερες ρίζες ικανές να εισέλθουν σε περαιτέρω αντιδράσεις αλλά επιδρά στα μόνιμα μόρια άνθρακα, που αφήνουν το σύστημα χωρίς πρόσθετη χημική δραστηριότητα (DeBano et al, 1998). Για την κατάσβεση μιας δασικής πυρκαγιάς είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί η καύσιμη ύλη ή το οξυγόνο ή να κρυώσει η ζώνη αντίδρασης (μείωση θερμότητας) ή να παρέμβουμε στη μοριακή διεργασία η οποία κάνει την αλυσιδωτή αυτή αντίδραση δυνατή (χρήση χημικών επιβραδυντικών) (Καϊλίδης, 1993). Εν τέλει η αρχική ακολουθία των μεμονωμένων αναφλέξεων που χαρακτηρίζουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς αντικαθίσταται εδώ από την ακολουθία των τοπικών, ανεξαρτήτων μεταξύ τους, κατασβέσεων.

1.1.3 ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Ως ένταση της πυρκαγιάς εννοείται η θερμική ενέργεια που εκλύεται από μια φωτιά και μετριέται σε ενέργεια (θερμότητα, π.χ. σε calories) ή ισχύ (π.χ. σε watts) (DeBano et al, 1998). Μπορούμε να την εκφράσουμε και ως ένταση ακτινοβολίας, που αναφέρεται στη θερμική ακτινοβολία που εκλύεται από μια πυρκαγιά, τη μετράμε σε ορισμένη απόσταση από το έδαφος ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και την εκφράζουμε σε ισχύ ανά επιφάνεια (π.χ. σε cal/cm²/sec, DeBano et al 1998, Καϊλίδης, 1993).

Μεταβιβαζόμενη ένταση είναι η ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση των καιγόμενων αερίων και του εισερχόμενου αέρα στη ζώνη καύσης και εκφράζεται επίσης σε ισχύ ανά επιφάνεια (π.χ. σε kW/m², Καϊλίδης, 1993).

Ένταση αντίδρασης είναι η συνολική θερμότητα που εκλύεται από την μονάδα καιγόμενης καύσιμης ύλης δια του χρόνου καύσης. Αντίθετα, συνολική ένταση της φωτιάς είναι η συνολική θερμότητα που εκλύεται από μια πυρκαγιά, με συνήθη μονάδα μέτρησης τους kt/s ή Mt/h (Καϊλίδης, 1993). Σε μια πυρκαγιά στις ΗΠΑ μετρήθηκε ένταση 3,6 kt/min, ήτοι μια ατομική βόμβα του μεγέθους της Χιροσίμα κάθε 5,5 min (Chandler et al, 1983 από Καϊλίδης, 1993)!

Η ένταση του μετώπου πυρός της πυρκαγιάς, που ονομάζεται και ένταση Byram (Byram, 1959) εξαρτάται από την εκλυόμενη θερμότητα ανά μονάδα επιφάνειας και την ταχύτητα επέκτασης της πυρκαγιάς και εκτιμάται από τον τύπο $I=0,007HWR$, όπου I, η ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς σε kW/m, H, η εκλυόμενη θερμότητα σε cal/g, W, η ποσότητα της καύσιμης ύλης σε t/ha και R, η ταχύτητα διάδοσης σε m/s. Η ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς είναι ισοδύναμη με την εκλυόμενη θερμότητα ανά μονάδα μήκους του μετώπου στη μονάδα του χρόνου. Εννοείται πως το I ποικίλει πολύ, ανάλογα με τις διάφορες καύσιμες ύλες κλπ.

Στην πράξη, βρέθηκε ότι η ένταση του μετώπου πυρός της πυρκαγιάς είναι ανάλογη με το ύψος της φλόγας και συνδέεται με τον εμπειρικό τύπο $I = 273h^{2,17}$, όπου το I σε kW/m και h το ύψος της φλόγας σε μέτρα. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε τον τύπο $I = 300h^2$, που δίνει αποτελέσματα με σφάλμα 20% (Καϊλίδης, 1993). Ο πίνακας 1.1, είναι ο πίνακας εντάσεως πυρκαγιάς (Byram, 1959) (προσαρμοσμένο από Chafer et al, 2004), που δίνει τις εντάσεις της πυρκαγιάς συναρτήσει του ύψους των φλογών (βλ. και πίνακα 1.2, (Johnson, 1982 από Καϊλίδης, 1993) και τα αποτελέσματα που επιφέρει αυτή για κάθε ένταση

**Πίνακας 1.1. Πίνακας εντάσεως πυρκαγιάς, προσαρμοσμένο από Byram, 1959
(fire intensity index, προσαρμοσμένος από Chafer et al, 2004)**

Χαρακτηρισμός Σφοδρότητας	Ένταση πυρκαγιάς (kW/m)	Μέγιστο ύψος φλόγας (m)	Αποτελέσματα πυρκαγιάς
Χαμηλή	<500	1.5	Μόνο η καύσιμη ύλη στην επιφάνεια του εδάφους και η παρεδάφια βλάστηση με ύψος μικρότερο των 2 m (θάμνοι κ.α.) καίγεται
Μέτρια	501–3000	5.0	Όλη η καύσιμη ύλη στην επιφάνεια του εδάφους και η παρεδάφια βλάστηση με ύψος μικρότερο των 4 m (θάμνοι κα) καίγεται πλήρως.
Υψηλή	3001–7000	10.0	Όλη η παρεδάφια και θαμνώδης βλάστηση καίγεται καθώς και μικρά δένδρα, ύψους μέχρι 10 m
Πολύ υψηλή	7000–70000	10–30	Όλη η πράσινη φυτική βιομάζα καίγεται πλήρως, συμπεριλαμβανομένης και της κόμης των δένδρων, μέχρι ύψος 30m. Ακόμα, τα κλαδιά με διάμετρο <5 mm καταστρέφονται εντελώς.
Ακραία	70000–100000+	20–40	Η φωτιά καταναλώνει πλήρως όλη την πράσινη βιομάζα και τους ξύλινους κλάδους με διάμετρο <10 mm.

Πίνακας 1.2. Ένταση συναρτήσει του ύψους της φλόγας σε τεχνητές καύσεις πεύκης (Johnson, 1982 από Καϊλίδης, 1993)

Ύψος φλόγας (m)	Ένταση (kW/m)
2,9	2533
3,5	4200
5	11333
7	20633

Πίνακας 1.3. Ένταση πυρκαγιάς συναρτήσει της ποσότητας και του είδους της καύσιμης ύλης, προσαρμοσμένη στα Ελληνικά δεδομένα (Καϊλίδης, 1993).

Είδος καύσιμης ύλης	Ποσότητα (t/ha)	Ταχύτητα πυρκαγιάς (m/s)	Ένταση πυρκαγιάς (kW/m)
χόρτα	6	0,8	17-20
βελονοτάπητας	7	0,3	80-90
βελονοτάπητας	10	3,3	120-140
βελονοτάπητας	15	4	240-260

Από πειράματα, με τεχνητές εργαστηριακές καύσεις, στην χώρα μας, έχει προκύψει ο πίνακας 1.3 (Καϊλίδης, 1993), που δίνει τις εντάσεις και τις ταχύτητες των πυρκαγιών συναρτήσει της ποσότητας και του είδους της καύσιμης ύλης.

Ομοίως, με πειράματα στη χώρα μας, έχει βρεθεί πως στις μεγάλες πυρκαγιές χαλεπίου και τραχειάς πεύκης με υπόροφο 30 t/ha, κυρίως μικτές, με ταχύτητα διάδοσης 40 m/s, η ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς φτάνει τα 8000 kW/m (πολύ υψηλή), οπότε φυσικά είναι πολύ δύσκολο να κατασβεστεί (Γκόφας, 2001).

1.2 ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Οι δασικές πυρκαγιές δεν είναι όλες ίδιες. Διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προέλευση τους, τον τρόπο εξάπλωσης την ταχύτητα εξάπλωσης, το μέγεθος της βλάβης που προξενούν κλπ. Η κύρια κατηγοριοποίηση των δασικών πυρκαγιών γίνεται ανάλογα με τον τρόπο εξάπλωσής τους και τη θέση τους. Οι κύριες αυτές κατηγορίες παρουσιάζονται παρακάτω (DeBano et al, 1998, Καϊλίδης, 1993):

- Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες (ground fire). Οι πυρκαγιές του είδους αυτού καίνε την οργανική ύλη που συσσωρεύεται στα εδάφη των δασών, κυρίως των βορείων χωρών. Ειδικότερα, σε πολλούς δασικούς τόπους συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του εδάφους διάφορες ποσότητες οργανικής ύλης, που βρίσκονται σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης. Το στρώμα αυτό της οργανικής ύλης καλείται ως χούμος και μπορεί να είναι συμπιεσμένο, να έχει λεπτή υφή ή να είναι αποκλεισμένο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και έτσι να μην τροφοδοτείται από οξυγόνο (κατώτερα στρώματα). Κάποιες φορές η οργανική ύλη φτάνει σε μεγάλο βάθος, όπως στις περιοχές που έχουν τύρφη. Τα στρώματα αυτά της οργανικής ύλης, συμπεριλαμβανομένου και του φυλλοτάπητα, αποτελούν την καύσιμη ύλη για τις υπόγειες πυρκαγιές (Καϊλίδης, 1993). Η πυρκαγιά του είδους αυτού έχει τη δυνατότητα να διεισδύσει βαθύτερα από ένα ή δύο μέτρα και να εξαπλωθεί υπόγεια. Σε μια υπόγεια πυρκαγιά, καπνός μπορεί να μην υπάρχει, οπότε γενικά την ανακαλύπτουμε δύσκολα. Οι πυρκαγιές αυτές διαδίδονται αργά διότι συνήθως το στρώμα της οργανικής ύλης είναι υγρό καθώς επίσης δεν υπάρχει αφθονία οξυγόνου (DeBano et al, 1998). Οι πυρκαγιές αυτές γίνονται από τις πιο επικίνδυνες, καθώς σβήνονται δύσκολα και καταστρέφουν σχεδόν πλήρως το ριζικό σύστημα πολλών φυτών. Στη χώρα μας, οι πυρκαγιές αυτές εμφανίζονται σπάνια και κυρίως στα δάση της Δράμας όπου τα εδάφη είναι βαθιά και πλούσια σε τύρφη (Καϊλίδης, 1993). Ένα χαρακτηριστικό περιστατικό υπόγειας πυρκαγιάς ήταν στην περιοχή της Κωπαΐδας, την περίοδο αποξήρανσής της. Τα εδάφη εκεί ήταν πλούσια σε οργανικά, καθώς τότε ήταν λιμναίες αποθέσεις και όχι γεωργικά. Το έργο των καναλιών αποστράγγισης τελείωσε πριν την πυρκαγιά. Μετά την πυρκαγιά όμως, τα κανάλια βρέθηκαν πάνω από την επιφάνεια του εδάφους! Η πυρκαγιά έκαψε το εδαφικό οργανικό υλικό με αποτέλεσμα μαζικές καθιζήσεις και πτώση της επιφάνειας του εδάφους (Κουτσογιάννης, προσωπική συνεννόηση).
- Πυρκαγιές επιφανείας ή έρπουσες (surface fire). Οι πυρκαγιές του είδους αυτού καίνε τους χορτοβοσκότοπους, τον βελονοτάπητα ή φυλλοτάπητα, τους κατακείμενους ξηρούς κλάδους, τις φυτικές αναγεννήσεις τα υπολείμματα των υλοτομιών ή και συνδυασμό των προηγούμενων. Ακόμη εδώ υπάγονται και οι πυρκαγιές των θαμνώνων της χώρας μας οι οποίες είναι οι πιο συνηθισμένες και πιο επικίνδυνες καθώς από αυτές προέρχονται οι πυρκαγιές κόμης (Κωνσταντινίδης, 2003, Καϊλίδης, 1993). Στα δάση μαύρης πεύκης της χώρας

μας όπου στο έδαφος έχουμε άφθονο βελονοτάπητα, χωρίς θάμνους, οι πυρκαγιές αυτές συνήθως καίνε το βελονοτάπητα, μαυρίζουν τη βάση του κορμού και τίποτα άλλο. Μερικές φορές όμως όταν έχουμε απότομες πλαγιές και άνεμο μεταπηδούν στην κόμη των δένδρων και τα νεκρώνουν ολοκληρωτικά (Γκόφας, 2001). Στα δάση χαλεπίου και τραχειάς πεύκης, όπου υπάρχει άφθονος θαμνώδης υπόροφος και χόρτα, όταν ανάψει μικρή πυρκαγιά καίγεται ο υπόροφος και μεταδίδει γενικά τη φλόγα και στην κόμη, όποτε έχουμε μεικτή πυρκαγιά. Οι πυρκαγιές επιφανείας διαδίδονται πολύ γρήγορα, επειδή υπάρχει άφθονος αέρας, καύσιμη ύλη σε πυκνούς σχηματισμούς (πυκνοί θαμνώνες) και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες. Ο καπνός των πυρκαγιών αυτών εξαπλώνεται σε μικρά ύψη. Στους δικούς μας όμως πλατύφυλλους θαμνώνες φτάνει σε μεγάλο ύψος και έχει χρώμα μαυρωπό-λευκό (Καϊλίδης, 1993).

- Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες (crown fire). Σε αυτές τις πυρκαγιές καίγεται η κόμη των δένδρων. Τα δένδρα και ειδικά τα κωνοφόρα σχεδόν πάντα νεκρώνονται. Οι πυρκαγιές του είδους αυτού γίνονται σε φυτικά είδη με εύφλεκτη κόμη όπως για παράδειγμα στα κωνοφόρα και κυρίως στα δάση πεύκης. Οι πυρκαγιές αυτές προέρχονται συνήθως από έρπουσες πυρκαγιές. Στη χώρα μας στα δάση χαλεπίου και τραχιάς πεύκης συχνά καίγεται ο υπόροφος (έρπουσες) και μεταδίδει τη φωτιά στην κόμη. Εδώ ανήκουν το 40% με 50% των μεγάλων δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993). Πυρκαγιές καθαρής κόμης φαίνεται πως έχουμε σπάνια (Γκόφας, 2001). Στις πυρκαγιές κόμης ο άνεμος παρασύρει σε αρκετή απόσταση καιγόμενα φύλλα, κλαδιά και όχι κώνους, όπως πολλοί πιστεύουν, οπότε δημιουργούνται νέες εστίες πυρκαγιών. Η ταχύτητα της πυρκαγιάς στην κατηγορία αυτή, είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα έρπουσας πυρκαγιάς και από κάθε άλλο είδος πυρκαγιάς (DeBano et al, 1998). Ο καπνός υψώνεται πάνω από το δάσος σε σχήμα μανιταριού λόγω των ανοδικών ρευμάτων που προκαλεί η φλόγα από την απότομη θέρμανση του αέρα. Επίσης, ο καπνός έχει χρώμα πιο σκοτεινό από αυτό της έρπουσας πυρκαγιάς.
- Σημειακή πυρκαγιά ή πυρκαγιά καύτρας (spot fire). Μια τέτοια πυρκαγιά μπορεί να γίνει οποιοδήποτε άλλο είδος πυρκαγιάς. Χαρακτηρίζεται εδώ ως ξεχωριστό είδος πυρκαγιάς, λόγω του τρόπου της έναρξής της, καθώς δημιουργείται από εκσφενδονιζόμενες καύτρες, οι οποίες με τη σειρά τους δημιουργούν νέες προχωρημένες εστίες μέχρι και 300 μέτρα μπροστά από το κυρίως μέτωπο της πυρκαγιάς (Γκόφας, 2001). Οι νέες αυτές εστίες καίνε αυτοτελώς και τελικά ενώνονται με τη μητρική πυρκαγιά. Είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες καθώς μπορούν να περικυκλώσουν πυροσβέστες.
- Πυρκαγιές αστραπών ή δένδρων (lightning fire). Οι πυρκαγιές αυτές εμφανίζονται πάνω σε μεμονωμένα δένδρα (σημειακές) κατά τη διάρκεια μια θύελλας και προέρχονται συνήθως από αστραπές. Οι πυρκαγιές αυτές συνήθως ελέγχονται και σβήνουν πολύ γρήγορα χωρίς να επεκταθούν κυρίως διότι οι αστραπές συνοδεύονται και από κατακρήμνισμα (Γκόφας, 2001).

1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

1.3.1 ΚΑΥΣΙΜΗ ΔΑΣΙΚΗ ΥΛΗ

Για να γίνει περισσότερο αντιληπτό το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών, στις οποίες καίγεται δασική ύλη πρέπει να γνωρίζουμε από πού προέρχεται αυτή, πώς την κατατάσσουμε καθώς και τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά της στις δασικές πυρκαγιές.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΥΛΗΣ

Στα νέα δάση, φυσικά ή τεχνητά, η καύσιμη δασική ύλη αποτελείται από τα ίδια τα δασικά δένδρα, καθώς και από τον υπόροφο από χόρτα ή θάμνους που τυχόν υπάρχουν. Όσο τα δένδρα μεγαλώνουν οι περισσότεροι θάμνοι εξαφανίζονται καθώς η ανεπτυγμένη κόμη αναπτύσσεται και περιορίζει το ηλιακό φως που φτάνει στο έδαφος (Ντάφης, 1986). Εν τω μεταξύ όμως έχει δημιουργηθεί στο έδαφος φυλλόστρωμα, υπάρχουν νεκρά δένδρα καθώς και ξερά κλαδιά που προέρχονται από τη φυσική αποκλάδωση. Στα διάκενα του δάσους μπορεί να υπάρχουν εύφλεκτοι θάμνοι και χόρτα. Ακόμη όταν γίνονται υλοτομίες, αφήνονται λίγα ή περισσότερα υπολείμματα. Τα υπολείμματα αυτά είναι κορμοτεμάχια, χοντρά και λεπτά κλαδιά, βελόνες ή φύλλα. Όταν αυτά ξεραινονται αποτελούν πολύ εύφλεκτη καύσιμη ύλη (Καϊλίδης, 1993).

ΕΙΔΗ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΥΛΗΣ

Την καύσιμη δασική ύλη, ανάλογα με τη θέση της στο δάσος, τη διακρίνουμε σε επεδάφια και εναέρια (Καϊλίδης, 1993).

α) Η επεδάφια καύσιμη ύλη περιλαμβάνει όλο το ζωντανό και νεκρό οργανικό υλικό πάνω στο έδαφος (Καϊλίδης, 1993). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν:

Φυλλόστρωμα. Αποτελείται από αποσυντεθειμένο ή ημιαποσυντεθειμένο οργανικό υλικό και το στρώμα αυτό είναι συνήθως υγρό. Στη χώρα μας τέτοιο φυλλόστρωμα υπάρχει κυρίως στα δάση οξιάς, λιγότερο στα δάση μαύρης πεύκης και ακόμα λιγότερο στα δάση ελάτης. Στα δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης το στρώμα αυτό είναι χαλαρό και σε συνδυασμό με ξερά χόρτα αποτελεί ένα πολύ εύφλεκτο υλικό.

Φύλλα και βελόνες στο έδαφος. Είναι ο γνωστός φυλλοτάπητας ή βελονοτάπητας, αναλόγως των δασικών ειδών και ουσιαστικά αποτελεί την ανώτερη ζώνη του φυλλοστρώματος.

Χόρτα. Διάφορα αγροστώδη και ποώδη φυτά που υπάρχουν κάτω από την κόμη του δάσους ή στα διάκενά του τα οποία συνήθως ξεραινονται το καλοκαίρι όπως συμβαίνει στη χώρα μας στα χαμηλά κυρίως υψόμετρα.

Φρύγανα. Τα φρύγανα αποτελούνται από μικροθάμνους οι οποίοι το καλοκαίρι σχεδόν ξεραινονται.

Θάμνοι. Διάφοροι θάμνοι που υπάρχουν στο δάσος ή θαμνότοποι (πρυνώνες) καίγονται εύκολα και μεταδίδουν δασικές πυρκαγιές πολύ γρήγορα. Στην Ελλάδα οι θάμνοι συνήθως είναι αείφυλλοι, πλατύφυλλοι (σχίνο, πουρνάρι) και, είτε αποτελούν συνεχείς πρυνώνες είτε είναι υπόροφοι σε δάση, αποτελούν υλικό πολύ εύφλεκτο και επικίνδυνο.

Λεπτοί κλάδοι και λοιπό νεκρό υλικό. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν λεπτά κλαδιά (πάχος μικρότερο των 5 cm) που προέρχονται είτε από φυσική αποκλάδωση είτε από υπολείμματα υλοτομιών. Απαντώνται κυρίως στα δάση κωνοφόρων.

Χονδρά κλαδιά και πεσμένα δένδρα. Αυτά προέρχονται κυρίως από υπολείμματα υλοτομιών και ανάλογα με τη συνέχεια και την ξηρότητά τους αποτελούν άριστο υλικό για την διάδοση των δασικών πυρκαγιών.

Νεαρά δενδρύλλια. Η προέλευσή τους είναι είτε φυσική (φυσική αναγέννηση) είτε τεχνητή (αναδασώσεις).

β) *Η εναέρια καύσιμη ύλη* αποτελείται από οργανικό υλικό που καίγεται ζωντανό ή νεκρό και βρίσκεται πάνω σε δένδρα σε ύψος άνω των 2 m (Καϊλίδης, 1993).

Κλαδιά δένδρων και φυλλώματα (κόμη δένδρων). Τα φύλλα των φυλλοβόλων πλατύφυλλων ειδών κατά τη βλαστική περίοδο (καλοκαίρι) είναι πράσινα και δεν καίγονται εύκολα. Από την άλλη πλευρά οι βελόνες των κωνοφόρων είναι γενικά εύφλεκτες επειδή έχουν λεπτή υφή και εξαιτίας της αφθονίας οξυγόνου. Επίσης η ύπαρξη ρητίνης στους κλάδους των κωνοφόρων κάνει την κόμη τους πολύ πιο εύφλεκτη.

Όρθια νεκρά δένδρα. Όρθια μεμονωμένα νεκρά δένδρα και ιδίως σάπια τα οποία ξεραίνονται το καλοκαίρι αλλά και νεκρές συστάδες από επιδημίες (έντομα, μύκητες) μπορεί να γίνουν αίτια μεγάλων πυρκαγιών.

Αναρριχώμενα φυτά. Πολλές φορές υπάρχουν στα δάση της χώρας μας αρκετά αναρριχώμενα φυτά με κυρίαρχο είδος τον κισσό. Αυτά τα φυτά μπορούν εύκολα να μετατρέψουν μια έρπουσα πυρκαγιά σε επικόρυφη ιδίως αν είναι ξερά.

Η καύσιμη δασική ύλη χωρίζεται επιπλέον σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την αναφλεξιμότητά της (Γκόφας, 2001).

α) *Αναφλέξιμη καύσιμη ύλη.* Η αναφλέξιμη καύσιμη ύλη πολλές φορές ονομάζεται και κρίσιμη ύλη ή άμεσα αναφλέξιμη και τη συναντάμε στον υπόροφο των Ελληνικών δασών. Η σύνθεσή της συνίσταται από βελόνες πεύκης, φύλλα, φλοιό αποφλοιώσης, ξερά κλαδιά κλπ. Τυπικά Ελληνικά δάση με το είδος αυτό της καύσιμης ύλης είναι αυτά με ανώροφο από πεύκη (χαλέπιο, τραχεία και μαύρη) και υπόροφο με αείφυλλα πλατύφυλλα (Ντάφης, 1986). Αυτό το υλικό αναφλέγεται αμέσως διότι περιέχει μεγάλες ποσότητες ρητίνης και είναι αρκετά στεγνό όλο το καλοκαίρι. Η φωτιά στην κρίσιμη αυτή ύλη εξαπλώνεται ταχύτατα και μεταδίδει τη θερμότητα της και στα υπόλοιπα είδη καύσιμης ύλης τα οποία με τη σειρά τους αναφλέγονται.

β) *Βαρεία καύσιμη ύλη.* Η ύλη αυτή καίει αργά και το καύσιμό της διαρκεί μέρες ή και εβδομάδες. Η σύνθεσή της συνίσταται από κατακείμενους ξηρούς κορμούς, χονδρούς κλάδους, πρέμνα ή ακόμα και από βαριά υπολείμματα υλοτομιών. Αυτό το υλικό δύσκολα αναφλέγεται από μόνο του αλλά μόλις αναφλεχθεί καίει για μεγάλο χρονικό διάστημα και δύσκολα σβήνεται.

γ) *Πράσινη καύσιμη ύλη.* Αυτές οι συνθέσεις της καύσιμης ύλης συνίστανται από ζωντανό πράσινο υλικό δένδρων, κλάδων, θάμνων κλπ. Μπορεί να καεί μόνο όταν ξεραθεί ή στεγνώσει γρήγορα ή όταν έλθει σε επαφή με φλόγες άλλου καιγόμενου υλικού. Σημειώνεται βέβαια πως οι πράσινες βελόνες πεύκης καίγονται γρήγορα καθώς περιέχουν ρητίνη (Γκόφας, 2001).

Η περιεχόμενη υγρασία της καιγόμενης δασικής ύλης είναι ασφαλώς ο πρώτος και σπουδαιότερος παράγοντας στη δημιουργία δασικών πυρκαγιών (η βρεγμένη καύσιμη δασική ύλη δεν καίγεται καθώς το νερό είναι προϊόν καύσης και όχι αντιδρόν). Ανάλογα, όσο πιο ξερή είναι η καύσιμη ύλη και κυρίως η νεκρή, τόσο πιο εύκολα ανάβει και διαδίδεται μια δασική πυρκαγιά, εφόσον βέβαια υπάρξουν και άλλες ευνοϊκές συνθήκες, δηλαδή υψηλή θερμοκρασία, άνεμος κα.

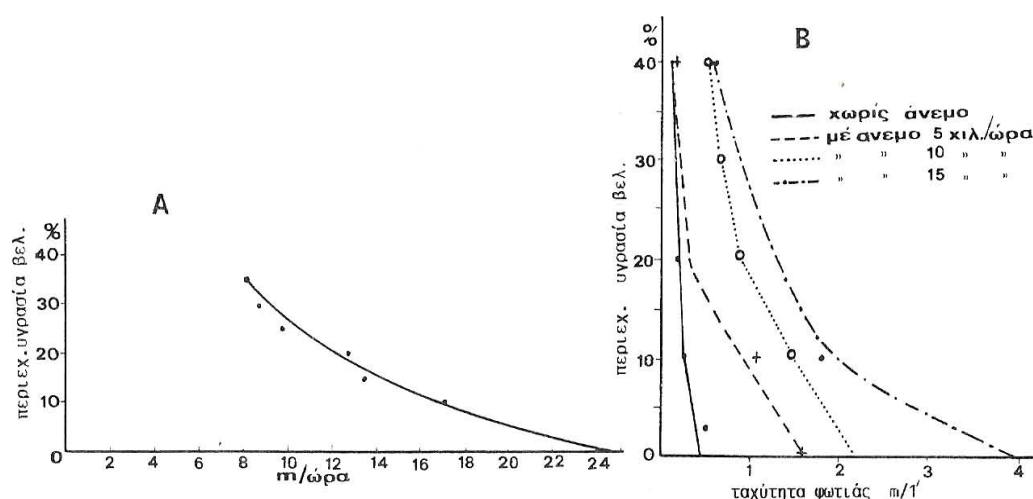
Η υγρασία των ζωντανών φυτών (δηλαδή η ποσοστιαία αναλογία του βάρους του περιεχόμενου νερού προς το βάρος της ξηρής φυτικής βιομάζας, Ντάφης, 1986) ποικίλλει από 80% έως 200% ή και περισσότερο, ενώ της νεκρής καύσιμης ύλης, στην Ελλάδα, από 5% έως 200%, σπάνια είναι μικρότερη και επηρεάζεται πάρα πολύ από την ατμοσφαιρική σχετική υγρασία (Ντάφης, 1986).

Σχετικά με την περιεχόμενη υγρασία του βελονοτάπητα και του φυλλοτάπητα και τη σχέση της με την ένταση των δασικών πυρκαγιών, στη χώρα μας βρέθηκε στις

περισσότερες περιπτώσεις πως για να ξεκινήσει μια μεγάλη πυρκαγιά, ο βελονοτάπητας-φυλλοτάπητας πρέπει να έχει υγρασία κάτω από 5% (Καϊλίδης, 1993).

Γενικά είναι παραδεχτό ότι αν από 7% η περιεχόμενη υγρασία μειωθεί κατά 2%, η διάδοση της πυρκαγιάς διπλασιάζεται. Η ελάττωση από 7% σε 5% της περιεχόμενης υγρασίας του βελονοτάπητα, ισοδυναμεί με πτώση της σχετικής υγρασίας του αέρα κατά 15-20% (Fuller, 1991). Εννοείται βέβαια πως ο κυριότερος παράγοντας στη διάδοση των πυρκαγιών, ακόμα και με περιεχόμενη υγρασία έως και 30%, είναι ο άνεμος (Καϊλίδης, 1993).

Στο σχήμα 1.3 (Καϊλίδης, 1993), παριστάνεται γραφικά η σχέση ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς με την ταχύτητα του ανέμου και την περιεχόμενη υγρασία του βελονοτάπητα. Α. ταχύτητα διάδοσης πυρκαγιάς σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία του βελονοτάπητα. Γενικά είναι παραδεκτό πως η έναρξη και διάδοση των πυρκαγιών είναι πολύ δύσκολη με περιεχόμενη υγρασία καύσιμης ύλης μεγαλύτερη του 35-40% (Fuller, 1991, Johnson and Miyanishi, 2001). Γι' αυτό το διάγραμμα ξεκινά από 35% υγρασία βελονοτάπητα και κάτω. Β. σχέση ταχύτητας διάδοσης πυρκαγιάς με την περιεχόμενη υγρασία του βελονοτάπητα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.



Σχήμα 1.3. Σχέση ταχύτητας διάδοσης με περιεχόμενη υγρασία βελονοτάπητα (Α) και ακόμα συναρτήσει του ανέμου (Β) (Καϊλίδης, 1993).

Κατά τη διάρκεια του 24ώρου η περιεχόμενη υγρασία του βελονοτάπητα και των νεκρών χόρτων διαφέρει και είναι μικρότερη το μεσημέρι και σε ανοιχτό χώρο τα ξερά χόρτα έχουν τη ελάχιστη υγρασία γύρω στις 12:00 το μεσημέρι ενώ μέσα στο δάσος η ελάχιστη τιμή φτάνει γύρω στις 13:00 με 15:00 το μεσημέρι.

Τέλος, συνοψίζοντας τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι η περιεχόμενη υγρασία του νεκρού φυλλοτάπητα είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας στην έναρξη και διάδοση των πυρκαγιών (Chalender and Cheney, 1991). Φυσικά, εξίσου σπουδαίος παράγοντας είναι και ο άνεμος. Στον πίνακα 1.4, φαίνονται συνολικά όλα τα παραπάνω.

Η ακριβής γνώση του είδους, της ποσότητας, της πυκνότητας, της συνέχειας της καύσιμης ύλης σε μία περιοχή, καθώς και της τοπογραφικής διαμόρφωσης και της προσβασιμότητας της συγκεκριμένης περιοχής, είναι καθοριστική, ανάλογα βέβαια και τις καιρικές συνθήκες, όχι μόνο στην εκτίμηση του κινδύνου έναρξης πυρκαγιών, αλλά και στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πυρκαγιών και στην καταστολή τους. Η ανάγκη αυτή “μέτρησης” της καύσιμης ύλης οδήγησε στην χαρτογράφησή της και στην δημιουργία χαρτών καύσιμης ύλης για κάθε περιοχή. Στους χάρτες αυτούς, οι οποίοι γίνονται σε ορισμένη κλίμακα, με την βοήθεια εγχρώμων αεροφωτογραφιών, παριστάνονται όλα τα χαρακτηριστικά της καύσιμης δασικής ύλης που προαναφέραμε,

το ποσοστό νεκρής δασικής ύλης, η τοπογραφία της περιοχής, η ύπαρξη ή όχι δρόμων, το ιστορικό πυρκαγιών της περιοχής κ.α.

Πίνακας 1.4. Εργαστηριακές μετρήσεις σε βελόνες τραχείας πεύκης διαφορετικής υγρασίας, σε διαφορετικές συνθήκες ατμοσφαιρικής σχετικής υγρασίας, θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου (Καϊλίδης, 1993).

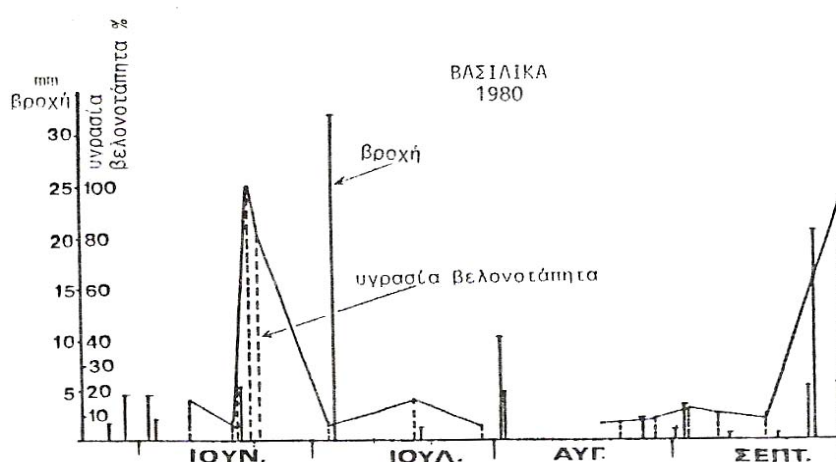
Υγρασία Βελονοτάπ.	Υγρασία ατμ.αέρα	Θερμοκρασία αέρα C°	Ταχύτητα ανέμου χιλ./ώρα	Ταχύτ. διάδοσ. φωτιάς m/1'
10%	47%	26	0	0,35
10%	40%	24	7	1,20
11%	61%	28	0	0,19
11%	55%	24	0 - 5 - 10	0,66
11%	69%	22	0	0,28
11%	69%	22	10	0,66
14%	29%	28	0	0,30
14%	29%	28	12	1,70
14%	69%	16	0 - 5	0,31
20%	55%	13	10 - 20	1,20
21%	40%	10	10 - 15	0,44
25%	53%	27	0 - 5	1,00
25%	64%	15	0	0,12
30%	50%	26	0 - 10	0,75
35%	74%	25	0	0,20

1.3.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Στη χώρα μας οι μετεωρολογικοί παράγοντες όπως η βροχή και ιδιαίτερα η ποσότητά της και η χωρική και χρονική κατανομή της, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και ο άνεμος και κυρίως η ένταση και η διεύθυνσή του επιδρούν σημαντικά στην έναρξη και διάδοση των δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993)

- Βροχή. Η ποσότητα της βροχής είναι ένας πολύ σπουδαίος παράγοντας που επιδρά ανασχετικά στη δημιουργία και επέκταση των δασικών πυρκαγιών. Δυνατές βροχές που διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα αποθέτουν μεγάλες ποσότητες νερού, διαβρέχουν καλά την καύσιμη δασική ύλη (βλάστηση κόμης και υπορόφου, φυλλοτάπητας, νεκρή δασική ύλη) και την κάνουν ανθεκτική στην έναρξη και επέκταση των πυρκαγιών. Επίσης, πολύ σημαντικές είναι οι θερινές βροχές καθώς μπορούν να διατηρήσουν πράσινη την ποώδη βλάστηση του υπορόφου (υποβλάστηση), κάτι που είναι καθοριστικό για την διάδοση των ερπουσών πυρκαγιών (Κωνσταντινίδης, 2003). Όμως, όχι μόνο το ποσό και η διάρκεια της βροχής παίζουν καθοριστικό ρόλο, αλλά και ο καιρός που ακολουθεί ύστερα από αυτή (άνεμος, θερμοκρασία) (Ντάφης, 1986). Πειράματα έχουν δείξει πως βροχή ύψους 10 mm, όταν ακολουθηθεί από άνεμο μικρής έντασης έστω, δεν αναστέλλει στο ελάχιστο την ευφλεκτικότητα της δασικής ύλης (Καϊλίδης 1993). Αντίθετα, είναι γνωστό πως η ξηρασία και κυρίως η παρατεταμένη ξηρασία έχει ως αποτέλεσμα να κατεβάζει την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης και ιδιαίτερα της νεκρής και έτσι η καύσιμη ύλη γίνεται εξαιρετικά εύφλεκτη. Στις ΗΠΑ είναι παραδεκτό πως έχουν πολλές δασικές πυρκαγιές μετά από ανομβρία 3-8 μηνών, σχετική υγρασία αέρα κάτω από 41% και ύστερα από μακρά ηλιοφάνεια (Johnson 1976, Wells 1968, Brotak 1979 από Καϊλίδης, 1993). Στη χώρα μας, όπου υπάρχει

άφθονη ποώδης βλάστηση και βελονοτάπητας, η παρατεταμένη ξηρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες κάνει τα δάση, κυρίως της χαλεπίου και τραχείας πεύκης, πολύ ευάλωτα στις δασικές πυρκαγιές. Μελέτες έχουν δείξει πως τα έτη όπου η ετήσια βροχόπτωση βρίσκεται κάτω από το μέσο όρο, έχουμε πολλά επεισόδια δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης 1993). Πολύ ξερές χρονιές, με ξερούς χειμώνες και ανοίξεις, είχαμε μεν λίγα χόρτα αλλά αυτά ξεραίνονται εντελώς από πολύ νωρίς με αποτέλεσμα να έχουμε πολλές δασικές πυρκαγιές. (1977-81-85-88, Καϊλίδης 1993) Πάντως, στη χώρα μας η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι σε μεγάλο βαθμό ανομοιόμορφη, εξ αιτίας των μεγάλων οροσειρών που τη διατρέχουν, των έντονων υψομετρικών αποκλίσεων από περιοχή σε περιοχή, των μεγάλων μεταβολών ξηράς-θάλασσας κ.α. και γι αυτό ο καθορισμός των επικίνδυνων περιοχών σε πυρκαγιές είναι γενικά δύσκολος. Στο σχήμα 1.4, γίνεται φανερή η άμεση σύνδεση των βροχών και της υγρασίας της καύσιμης ύλης.



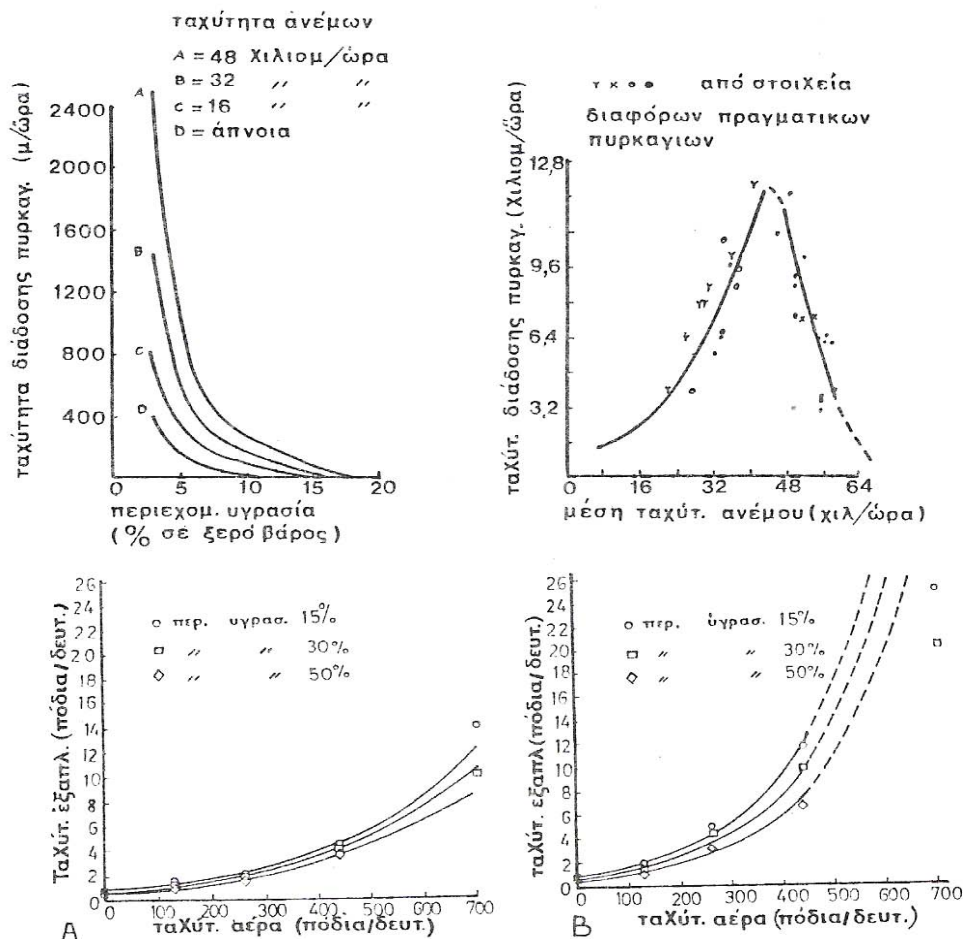
Σχήμα 1.4. Σχέση βροχής και υγρασίας βελονοτάπητα τραχείας πεύκης στα βασιλικά Θεσσαλονίκης το έτος 1980-81 (Καϊλίδης, 1993).

- **Θερμοκρασία.** Η θερμοκρασία του αέρα αντιστοιχεί κάθε φορά σε μια ορισμένη σχετική υγρασία και έτσι επιδρά στην πορεία ξήρανσης κυρίως της νεκρής καύσιμης δασικής ύλης. Υψηλές θερμοκρασίες και μάλιστα αυτές που διαρκούν πολύ, είναι πάρα πολύ επικίνδυνες για τη έναρξη και διάδοση δασικών πυρκαγιών. Στη χώρα μας, που έχουμε παρατεταμένη ξηρή και ζεστή περίοδο από τέλη άνοιξης μέχρι αρχές φθινοπώρου, τότε συμβαίνουν οι περισσότερες δασικές πυρκαγιές (Καϊλίδης 1993). Επίσης στη διάρκεια της ημέρας, στις ώρες του ζεστού μεσημεριού (10:00-17:00), όπου και σημειώνεται αντίστοιχα η μικρότερη σχετική υγρασία, έχουμε έναρξη των περισσότερων δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης 1993, Γκόφας, 2001).
- **Σχετική ατμοσφαιρική υγρασία.** Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι σπουδαίος παράγοντας για τη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών, καθώς επιδρά στην περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης δασικής ύλης και ιδιαίτερα της νεκρής. Η ατμοσφαιρική υγρασία μπορεί να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την υγρασία της καύσιμης ύλης. Αν είναι μικρότερη, τότε ο ατμοσφαιρικός αέρας απορροφά ατμούς και ξηραίνει όλες τις υγρές επιφάνειες της δασικής ύλης. Αντίθετα, αν είναι μεγαλύτερη τότε αυξάνει την υγρασία της δασικής ύλης ξεκινώντας από τις επιφάνειες και προχωρώντας στο εσωτερικό (Καϊλίδης 1993). Συνεπώς, η σχετική υγρασία επιδρά τόσο στο μέγεθος όσο και στη συχνότητα εμφάνισης των δασικών πυρκαγιών. Η σχετική υγρασία επηρεάζεται

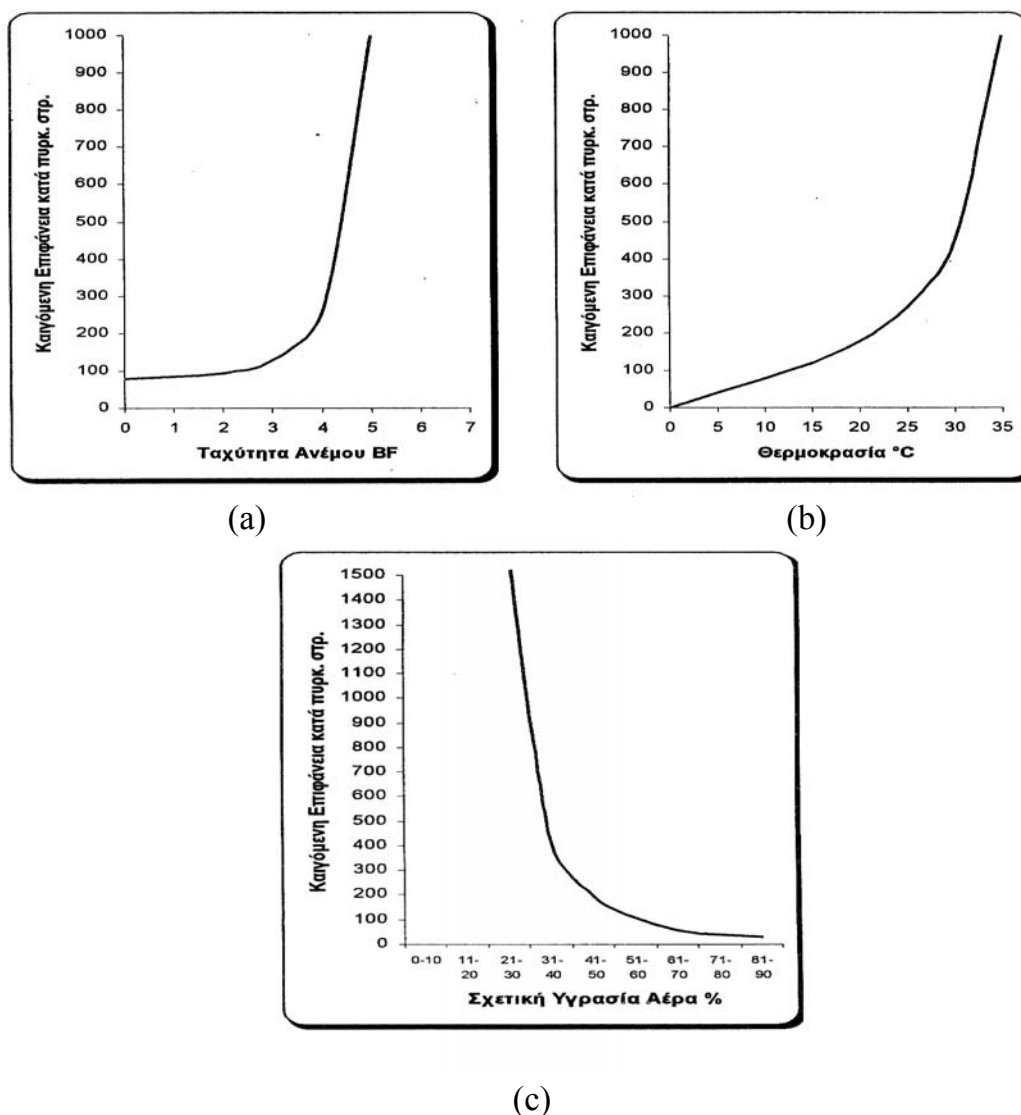
κυρίως από τη θερμοκρασία και λιγότερο από τον άνεμο (συνθήκες εξάτμισης). Για συγκεκριμένη ποσότητα υδρατμών στον ατμοσφαιρικό αέρα, όσο αυξάνει η θερμοκρασία τόσο αυξάνει (όχι αναλογικά) η ποσότητα κορεσμού των υδρατμών και έτσι αυξάνεται το έλλειμμα υδρατμών και άρα μειώνεται η σχετική υγρασία (Μιμίκου, 1994). Έτσι, τη μέρα με υψηλή θερμοκρασία, η σχετική υγρασία είναι μικρή (έντονη εξάτμιση) σε σχέση με τη νύχτα, όπου η θερμοκρασία μειώνεται. Η σχετική ατμοσφαιρική υγρασία επηρεάζει πάρα πολύ και την ταχύτητα διάδοσης των πυρκαγιών, πράγμα που φαίνεται και από το σχ. 1.5. Αν για σχετική ατμοσφαιρική υγρασία 40-50%, η ταχύτητα είναι a , για 25-30% είναι $2a$, ενώ για 15-25% φτάνει το $3a$ (Κωνσταντινίδης, 2003). Γενικά, θεωρείται πολύ δύσκολη η έναρξη και διάδοση των πυρκαγιών, όταν η σχετική ατμοσφαιρική υγρασία είναι μεγαλύτερη από 60%. Γι' αυτό και οι πυρκαγιές σε τέτοιες συνθήκες είναι σπάνιες (Κωνσταντινίδης, 2003).

- Άνεμοι. Η επίδραση των ανέμων στις δασικές πυρκαγιές εξετάζεται κυρίως ως ένταση (ταχύτητα) και διεύθυνση. Η ένταση του ανέμου είναι σπουδαίος παράγοντας που επιδρά στην ταχύτητα εξάπλωσης των πυρκαγιών. Όσο μεγαλύτερη ένταση έχουμε, τόσο περισσότερη προσφορά οξυγόνου και τόσο περισσότερο ωθούνται οι φλόγες σε γειτονική καύσιμη ύλη την οποία ξεραινούν και με τη σειρά της αναφλέγεται (Καϊλίδης 1993). Ακόμη, μεταφέρονται εύκολα αναμμένα χόρτα ή κλαδιά (καύτρες) με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων εστιών σε μεγάλη απόσταση από την κύρια πυρκαγιά. Ο άνεμος είναι ακόμη πιο επικίνδυνος όταν είναι ξηρός καθώς επιταχύνει την εξάτμιση μειώνοντας την υγρασία της καύσιμης δασικής ύλης. Επιπλέον, ο ξηρός άνεμος απομακρύνει το στρώμα κορεσμένων υδρατμών που δημιουργείται πέριξ των πράσινων φυτικών μερών (ζωντανά φύλλα), με αποτέλεσμα να ξηραίνει περαιτέρω την δασική καύσιμη ύλη (Μιμίκου, 1994). Η διεύθυνση του ανέμου είναι επίσης ένα σπουδαίος παράγοντας για την έναρξη και την εξάπλωση μιας πυρκαγιάς καθώς οι άνεμοι ανάλογα με τη διεύθυνσή τους μπορεί να είναι ξηροί ή υγροί. Όταν σε μια περιοχή επικρατούν συνθήκες πλήρους άπνοιας τότε η πυρκαγιά θα επεκταθεί περίπου ομόκεντρα γύρω από το σημείο έναρξης (Fuller, 1991). Αν επικρατεί άνεμος, τότε η πυρκαγιά θα επεκταθεί κυρίως ομόρροπα με αυτόν και λιγότερο αντίρροπα. Στην Ελλάδα οι πιο επικίνδυνοι άνεμοι είναι αυτοί που πνέουν από Ιούλιο έως Σεπτέμβριο, από Β.Α διευθύνσεις και είναι γνωστοί ως μελέτσια (Καϊλίδης 1993). Το σχήμα 1.5 δείχνει την σχέση ταχύτητας ανέμου και διάδοσης πυρκαγιάς, σε πραγματικές πυρκαγιές στην Αυστραλία (Καϊλίδης, 1993). Επίσης, στο σχήμα 1.6 a, b, c, είναι εμφανής η εκθετική εξάρτηση της καμένης έκτασης συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου, της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Οι μετρήσεις έχουν εξαχθεί από 2400 πυρκαγιές του εξωτερικού (Καϊλίδης, 1993).
- Εξάτμιση. Η εξάτμιση είναι κυρίως αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης του ανέμου, της θερμοκρασίας, της ατμοσφαιρικής υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας (Μιμίκου, 1994). Όσο πιο έντονη είναι τόσο πιο πολύ ξηραίνει τη δασική ύλη κάνοντας την πολύ εύφλεκτη.
- Βαρομετρική πίεση. Η βαρομετρική πίεση και κυρίως οι μεταβολές της σε μια περιοχή καθορίζει τις συνθήκες ανέμου και παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού και των καταιγίδων (Καϊλίδης, 1993).
- Κλίμα. Το κλίμα κάθε περιοχής καθορίζει την περίοδο των διαφόρων μετεωρολογικών φαινομένων και κατά συνέπεια την περίοδο των δασικών πυρκαγιών. Τα κύρια χαρακτηριστικά που συνθέτουν το κλίμα μιας περιοχής

είναι η μέση θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, οι άνεμοι και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Η επίδραση των μεγίστων και ελαχίστων τιμών τους, η διάρκεια και η ένταση κάθε παράγοντα, η συνεπίδραση και η αλληλεπίδρασή τους παίζουν σημαντικό ρόλο, στη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών, στην έντασή τους και στην έκταση των ζημιών που προξενούν. Με βάση τα ημερήσια κλιματικά στοιχεία, ως γνωστόν, υπολογίζονται δείκτες κινδύνου έναρξης μιας πυρκαγιάς (π.χ. σε μηνιαίο επίπεδο, υπολογίζεται ο ξηροθερμικός δείκτης που μας δείχνει την επικινδυνότητα των πυρκαγιών ανά εποχή και περιοχή, Γκόφας 2001, σελ 177), η κλίμακα του κινδύνου, ο συντελεστής εξάπλωσης και τέλος η συμπεριφορά της. Η έναρξη και η λήξη της ετήσιας περιόδου των δασικών πυρκαγιών, καθορίζονται από τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές των βιοκλιματικών αυτών παραγόντων, που επικρατούν σε μια περιοχή, σε συνδυασμό βέβαια με τη δομή και τη σύνθεση της βλάστησης. Στη χώρα μας, όπου το κλίμα είναι γενικά μεσογειακό, το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται ως μια παρατεταμένη, θερμή και ξηρή περίοδος. Έτσι λοιπόν, η περίοδος των δασικών πυρκαγιών είναι συνήθως το καλοκαίρι και ως τα μέσα του φθινοπώρου (Ιούνιος με Σεπτέμβρη) με πιο επικίνδυνους μήνες τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001).



Σχήμα 1.5. Πάνω: Ταχύτητα εξάπλωσης πυρκαγιών συναρτήσεως της ταχύτητας των ανέμων και περιεχόμενης υγρασίας στην καύσιμη ύλη (McArthur 1967 από Καϊλίδης 1993). Κάτω: σχέση ταχύτητας ανέμου και διάδοσης πυρκαγιάς, στο εργαστήριο σε βελόνες Α) *Pinus Ponderosa* και Β) *Pinus Strobus* (Anderson, 1966 από Καϊλίδης, 1993).



Σχήμα 1.6. Καιγόμενη επιφάνεια (στρ.) συναρτήσει ταχύτητας ανέμου (a), θερμοκρασίας (b) και ατμοσφαιρικής σχετικής υγρασίας (c) (Καϊλίδης, 1993).

1.3.3 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το υψόμετρο, η κλίση και η τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής. Το υψόμετρο και η διεύθυνση του τοπίου είναι σπουδαίοι παράγοντες για τον κίνδυνο των πυρκαγιών, καθώς οι δύο αυτοί παράγοντες καθορίζουν την υγρασία των ελαφρότερων και κυρίως νεκρών καύσιμων δασικών υλών. Νότιες εκθέσεις είναι ξηρότερες από τις βόρειες, καθώς, εκτίθενται περισσότερο στην ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, η δασική ύλη ξηραίνεται ταχύτερα στις νότιες, νοτιοδυτικές και δυτικές πλαγιές παρά σε πλαγιές άλλων εκθέσεων (Καϊλίδης, 1993, Ντάφης, 1986). Η τοπογραφική διαμόρφωση παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξάπλωση των πυρκαγιών αναφερόμενη κυρίως στην κλίση. Η κλίση επιδρά καθοριστικότερα στην ταχύτητα εξάπλωσης των πυρκαγιών. Χαρακτηριστικά, η ταχύτητα εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς είναι μεγαλύτερη όταν κινείται από κάτω προς τα πάνω από ότι όταν κινείται από πάνω προς τα κάτω. Ενδεικτικά αναφέρουμε από μετρήσεις, πως η ταχύτητα ανόδου είναι δεκαέξι φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα καθόδου στις ίδιες κλίσεις με τις ίδιες συνθήκες ανέμου, θερμοκρασίας και υγρασίας (Γκόφας, 2001). Η ταχύτητα εξάπλωσης είναι ακόμα μικρότερη όταν η πυρκαγιά βρίσκεται σε επίπεδα

εδάφη (Γκόφας, 2001). Η ταχύτητα εξάπλωσης είναι πολύ μεγάλη στην άνοδο καθώς η υπερκείμενη δασική ύλη βρίσκεται πιο κοντά στις φλόγες (οι οποίες έχουν μεγάλο ύψος, λόγω των ανοδικών ρευμάτων) και δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολούμενης θερμότητας. Ακόμη, στην κάθοδο οι πυρκαγιάς επεκτείνονται κυρίως λόγω του ότι κατακυλούν προς τα κάτω καιγόμενοι κορμοί οι οποίοι δημιουργούν χαμηλότερα, νέες εστίες φωτιάς (Καϊλίδης, 1993). Σημειώνεται επίσης πως έχει παρατηρηθεί πως όταν ο άνεμος έχει κάθετη διεύθυνση στην πλαγιά η φωτιά στην άνοδο έχει τη μέγιστη ταχύτητα επέκτασης (Καϊλίδης, 1993).

1.3.4 ΚΑΛΥΨΗ ΕΛΔΑΦΟΥΣ

Κάτω από την κόμη των δένδρων (ενδοδασικό περιβάλλον, βλ. παράρτημα) η θερμοκρασία είναι μικρότερη, η υγρασία μεγαλύτερη και η ταχύτητα του ανέμου μικρότερη (Ντάφης, 1986). Οι παράγοντες αυτοί, ο καθένας μόνος του και σε συνδυασμό, επηρεάζουν τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών και ειδικότερα των πυρκαγιών επιφανείας (έρπουσες). Στη χώρα μας, όπου το κλίμα είναι ιδιαίτερα ξηρό, πολλοί δασολόγοι υποστηρίζουν πως δεν πρέπει να υπάρχει υπόροφος βλάστηση και ιδιαίτερα στα μικρά και μέτρια υψόμετρα, δηλαδή στη ζώνη χαλεπίου και τραχείας πεύκης και δρυός. Τούτο διότι στα υψόμετρα αυτά η βλάστηση του υπορόφου το καλοκαίρι ξεραίνεται υπερβολικά με μεγάλη πιθανότητα έναρξης πυρκαγιάς επιφανείας που γρήγορα μεταπηδά στην κόμη. Φυσικά, η θαμνώδης βλάστηση του υπορόφου, όταν καλύπτεται από πυκνή κόμη δένδρων είναι κατά κανόνα υγρότερη από τη αντίστοιχη του υπαιθρίου περιβάλλοντος, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (Ντάφης, 1986). Αντίθετα, στα δάση ελάτης και γενικότερα στα μεγαλύτερα υψόμετρα, η υποβλάστηση, που είναι και πολύ πιο αραιή, δεν ξεραίνεται το καλοκαίρι με αποτέλεσμα να μειώνεται δραστικά ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

1.4 ΟΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η Ελλάδα από άποψη των φυσικών συνθηκών (κλίμα, έδαφος κλπ) βρίσκεται ολόκληρη στη ζώνη της φυσικής εξάπλωσης των δασών, εκτός από τις πολύ υψηλές κορυφές (άνω των 2000 m) όπου το κλίμα δεν επιτρέπει την ανάπτυξη των δένδρων (Ντάφης, 1986). Για αυτό υπολογίζεται πως κατά τα προγεωργικά χρόνια η δασοκάλυψη της Ελλάδος ξεπερνούσε το 80% του εδάφους της (Καϊλίδης, 1993). Η καταστροφή των Ελληνικών δασών άρχισε με την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας, στις απαρχές της νεολιθικής εποχής (8000-6000 π.Χ.). Η αιτία της αποδάσωσης αυτής ήταν η προσπάθεια των πρωτόγονων κτηνοτρόφων να δημιουργήσουν μεγάλες βοσκολιβαδικές εκτάσεις. Έτσι, έβαζαν φωτιές που διαρκούσαν βδομάδες ή και μήνες, βοσκούσαν τα κοπάδια τους στην καμένη έκταση για μια σειρά ετών και όταν αυτή η έκταση εξαντλούταν έβαζαν φωτιά σε γειτονικά δάση (Μάργαρης, 2001). Η κατάσταση αυτή χειροτέρευε όταν με την ανάπτυξη της γεωργίας και την αύξηση του πληθυσμού χρειάστηκαν πολύ περισσότερες εκτάσεις ελεύθερες από δάση για βοσκή ή και για ανάπτυξη οικισμών. Η γενική λοιπόν τάση από την νεολιθική εποχή μέχρι τις μέρες μας, είναι τα δάση να μειώνονται, όπως άλλωστε συμβαίνει και σε όλον τον κόσμο (McNeil, 1992, Pyne, 1997). Στη χώρα μας, μετά το τέλος της ελληνιστικής περιόδου και την αρχή της ρωμαϊκής, ο Ελληνικός χώρος έγινε πεδίο εισβολών και μαχών με αποτέλεσμα τη συνεχή αποδάσωσή του. Κατά την περίοδο της τουρκοκρατίας και κυρίως κατά τη διάρκεια της ελληνικής απελευθέρωσης τα ελληνικά δάση καταστράφηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Σύμφωνα με τα αρχεία του 1830 η παλιγγενεσία βρήκε την Ελλάδα σε ποσοστό δασοκάλυψης περίπου 50% (Καϊλίδης,

1993, Μπαλούτσος, 2008, Γκόφας, 2001, Κωνσταντινίδης, 2003). Τα αρχεία αυτά αμφισβητούνται από πολλούς πιστεύοντας πως γινόταν σύγχυση δασών με τις μερικές δασοσκεπείς και υποβαθμισμένες εκτάσεις. Αυτή η άποψη στηρίζεται κυρίως στις γκραβούρες της εποχής που παρουσιάζουν πολλές Ελληνικές περιοχές (όπως και τα Αττικά βουνά) χωρίς δάση. Πιστεύεται γενικά πως το ποσοστό δασοκάλυψης της τότε εποχής ήταν λίγο περισσότερο από το τωρινό, δηλαδή γύρω στο 20%. (Μαργαρης, 2001). Σήμερα, το ποσοστό δασοκάλυψης αγγίζει το 19% ενώ το 44% αντιστοιχεί σε δάση μαζί με τις μερικές δασοσκεπείς εκτάσεις (Γκόφας, 2001). Γίνεται λοιπόν φανερό πως από πολύ παλιά, τα ελληνικά δάση μειώνονταν, με εντατικούς ρυθμούς, καθώς η ελληνική επικράτεια ήταν από τις πρώτες ευρωπαϊκές που κατοικήθηκαν.

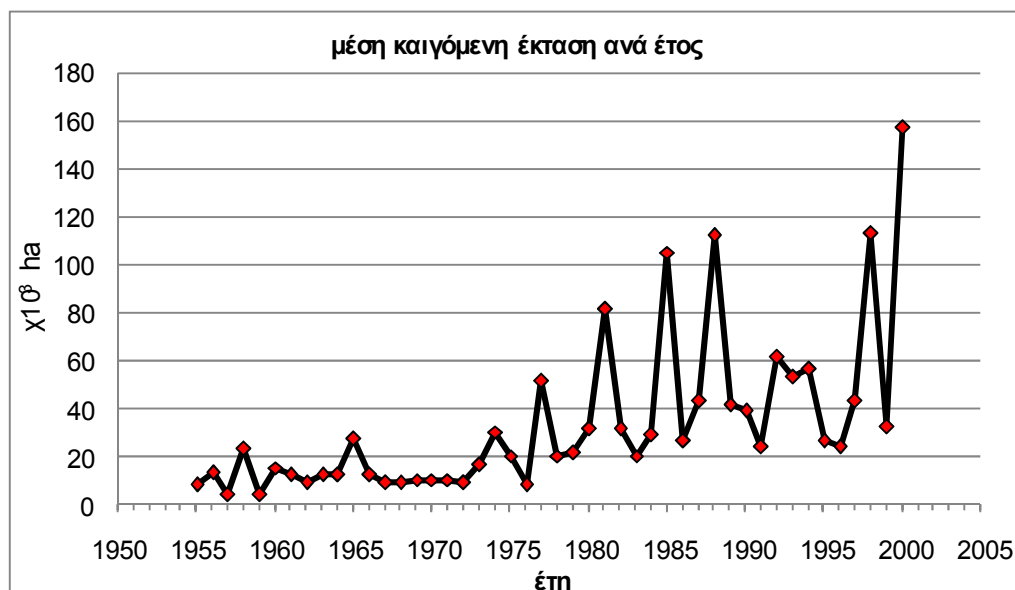
1.4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δυστυχώς, οι περισσότερες στατιστικές μετρήσεις υπάρχουν για τον ελληνικό χώρο από τον 2^ο Παγκόσμιο και μετά και πολύ λιγότερες από το 1920. Από τα στοιχεία αυτά παρατηρούμε πως από το 1955 έως το 2000 καίγονται κατά μέσο όρο 330000 στρέμματα συνολικής δασικής έκτασης ανά έτος, που αντιστοιχούν σε 1250 πυρκαγιές περίπου ανά έτος. Η μέση καιγόμενη έκταση ανά πυρκαγιά αντιστοιχεί σε 265 στρέμματα. Βέβαια, από την άλλη πλευρά, οι πυρκαγιές παρουσιάζονται πολύ αυξημένες (και ως συχνότητα και ως καμένη έκταση) από το 1975 και μετά. Έτσι, μέχρι το 1975 η μέση καιγόμενη έκταση ήταν σχεδόν σταθερή, με κάποιες αιχμές βέβαια, στα 127000 στρέμματα ανά έτος που αντιστοιχούσαν σε 650 περίπου φωτιές το έτος. Αντίθετα, από το 1975 μέχρι το 1998 η έκταση αυτή έφτασε τα 487000 στρέμματα, δηλαδή είχαμε μια αύξηση 250%, και ο μέσος αριθμός πυρκαγιών ανά έτος ήταν 1713 (Σχ. 1.7, 1.8 και πίν. 1.18, 1.19 συγκεντρωτικά από παραπλήσιες καταγραφές των Γκόφας, 2001, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004 και Ryne, 1997, βλ. Σχ. 1.14, 1.15, 1.16 και πίνακες 1.8, 1.9 και 1.17). Αποκαλυπτικά είναι επίσης και τα αποτελέσματα, εξετάζοντας τη μέση καιγόμενη έκταση ανά έτος στη δεκαετία. Έτσι, από τα 127000 στρέμματα τη δεκαετία του 60 φτάσαμε στα 195000 στρέμματα τη δεκαετία του 70. Στη δεκαετία του 80 φτάσαμε τα 520000 στρέμματα, ενώ τη δεκαετία του 90 μέχρι και το 2000, φτάσαμε τα 570000 στρέμματα καιγόμενης έκτασης, που ήταν και το μέγιστο (Σχ. 1.7, 1.8 και πίν. 1.18, 1.19).

Σύμφωνα με τον Αντωνόπουλο (1997), οι πυρκαγιές και οι ζημιές που προκλήθηκαν σε δάση, δασικές εκτάσεις και βοσκότοπους, στο ομολογουμένως και σύμφωνα με τα παραπάνω, κρίσιμο για τις δασικές πυρκαγιές, χρονικό διάστημα 1988-95, φαίνονται να είναι σημαντικά μικρότερες και παριστάνονται στον πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5. Καιγόμενες εκτάσεις την περίοδο 1988-95 (Αντωνόπουλος 1997)

Έτος	Αριθμός πυρκαγιών	Δασικές εκτάσεις	Βοσκοτόπια	Σύνολο εκτάσεων που κάηκαν σε στρέμματα
1988	1.491	636.415	276.037	914.452
1989	1.029	327.703	34.075	361.778
1990	1.130	296.728	45.225	341.953
1991	710	69.982	31.836	101.818
1992	1.711	314.446	43.648	358.094
1993	1.711	319.649	67.468	387.117
1994	1.546	333.508	69.998	403.506
1995	1.171	191.106	46.712	237.818
ΣΥΝΟΛΟ	10.499	2.489.537		3.106.537



Σχήμα 1.7. Μέση καιγόμενη έκταση ανά έτος για το χρονικό διάστημα 1955-2000 (προσαρμοσμένο από τους συγγραφείς).



Σχήμα 1.8. Μέσος αριθμός πυρκαγιών ανά έτος για το χρονικό διάστημα 1955-2000 (προσαρμοσμένο από τους συγγραφείς).

Σε σχέση με τη διανομή των πυρκαγιών στον ελλαδικό χώρο (πίνακας 1.10, στο τέλος του κεφαλαίου), παρατηρούμε ότι στη υγρότερη βόρεια Ελλάδα (Μακεδονία, Θράκη, Ήπειρος) έχουμε τις λιγότερες πυρκαγιές σε σχέση με τη θερμότερη και ξηρότερη νότιο Ελλάδα και τα νησιά (Καϊλίδης, 1993). Σχετικά με τη διανομή των πυρκαγιών στους νομούς (πίνακας 1.12, στο τέλος του κεφαλαίου), διαπιστώνουμε πως τα περισσότερα δάση καίγονται στη Αττική, στην περιοχή όπου κατοικεί το 40% του ελληνικού πληθυσμού και φυσικά δέχεται τη μεγαλύτερη οικιστική πίεση (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001). Ακολουθεί η Ηλεία, για δημιουργία καλλιεργήσιμης γης, τα Δωδεκάνησα για τουριστικούς λόγους κλπ. Επίσης, προκύπτει πως οι μήνες Αύγουστος και Σεπτέμβριος είναι οι πιο επικίνδυνοι μήνες από πλευράς πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993). Χαρακτηριστικά βλέπουμε (πίνακες 1.13, 1.14, 1.15, στο τέλος του κεφαλαίου) πως τον Αύγουστο καίγονται περισσότερα στρέμματα δασικής έκτασης από ό,τι

αθροιστικά του υπόλοιπου καλοκαιρινούς μήνες. Μη ξεχνάμε πως το μήνα Αύγουστο ο συνδυασμός των υψηλών θερμοκρασιών, η χαμηλή σχετική υγρασία και η ύπαρξη μεγάλης έντασης τοπικών ανέμων (μελτέμια) δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την έξαρση του φαινομένου. Τέλος, όσον αφορά την κατανομή μέσα στο 24ωρο, παρατηρείται μεγάλη συχνότητα των εκδηλωμένων πυρκαγιών μετά τις 10πμ, κορύφωση κατά τις θερμές μεσημεριανές ώρες, μείωση μετά τις 7μμ και ελαχιστοποίηση μετά τις 11μμ. Ελάχιστες πυρκαγιές δείχνουν να εμφανίζονται τις πρώτες πρωινές ώρες (πίν. 1.16 και Σχ 1.13, στο τέλος του κεφαλαίου). Πάντως, συγκρίνοντας τις δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα με αυτές που συμβαίνουν σε άλλες χώρες της Μεσογείου (βλ. πιν. 1.8, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004), βλέπουμε πως και οι άλλες χώρες αντιμετωπίζουν τα ίδια προβλήματα (ίσως και εντονότερα).

1.4.3 ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα αίτια των δασικών πυρκαγιών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στα φυσικά και στα ανθρωπογενή. Φυσικά, όπως φαίνεται και από τους παρακάτω πίνακες 1.6, 1.7 (Καϊλίδης, 1993) η συντριπτική πλειοψηφία των αιτιών είναι ανθρωπογενούς φύσεως.

Πίνακας 1.6. Προέλευση δασικών πυρκαγιών για το χρονικό διάστημα 1968-88 (προσαρμοσμένο από Γκόφας, 2001)

Φυσικά Αίτια:	2%
Ανθρωπογενή Τυχαία Αίτια:	26%
Ανθρώπινη Αμέλεια:	38%
Εμπρησμοί:	30%
Άγνωστα Αίτια:	4%

Πίνακας 1.7. Αίτια δασικών πυρκαγιών για το διάστημα 1968-88 (Καϊλίδης, 1993).

α/α	Αίτια	1988		1968 - 1988
		Αριθμός	Ποσοστό	Ποσοστό
A.	Φυσικά Αίτια			
	Κεραυνοί	47	2,6	2,2
B.	Ανθρωπογενή Αίτια			
	Τυχαία	56	3,1	3,6
	1. Καλώδια ΔΕΗ	14	0,8	0,7
	2. Σπινθήρες Μηχανών	26	1,4	2,1
	3. Χρήση Εκρηκτικών	5	0,3	0,1
	4. Βολές Στρατού	11	0,6	0,7
	Αμέλειες	490	27,3	38,5
	1. Καύση Καλαμιάς	211	11,8	17,4
	2. Τσιγάρα	72	4,0	10,5
	3. Καύση Σκουπιδιών	75	4,2	4,0
	4. Εργαζόμενη στην ύπαιθρο	68	3,8	3,0
	5. Εκδρομείς	11	0,6	0,7
	6. Κυνηγοί	18	1,0	0,6
	7. Άλλα γνωστά αίτια	35	1,9	2,3
	Με πρόθεση	601	33,5	29,6
	1. Βελτίωση βοσκοτόπων	279	15,6	-
	2. Προμελετημένοι εμπρησμοί για κέρδος, εκδίκηση κτλ.	309	17,2	-
	3. Εμπρησμοί από άτομα μειωμένης διανοητικής ικανότητας :			
	• Παιδιά	6	0,3	-
	• Πυρομανείς	4	0,2	-
	• Άλλοι ψυχοπαθείς	3	0,2	-
	Άγνωστα και μη Βεβαιωμένα Αίτια	602	33,5	26,1
	Γ.	Σύνολο:	1796	100,0

Το σύνηθες φυσικό αίτιο και ίσως το μοναδικό στην Ελλάδα είναι οι κεραυνοί που προέρχονται από τις ηλεκτροφόρες καταιγίδες οι οποίες χαρακτηρίζονται από ελάχιστη ή και καθόλου βροχή. Γενικά είναι παραδεκτό ότι οι κεραυνοί μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές, κυρίως σε δάση κωνοφόρων όταν αυτοί πέσουν σε λεπτά τεμάχια, μεγαλύτερων των 3 mm, από ξύλο και βελόνες (Καϊλίδης, 1993). Οι πυρκαγιές αυτές μπορούν να προκληθούν από ανάφλεξη του φυλλοτάπητα ή απευθείας της κόμης. Στις βόρειες χώρες οι κεραυνοί προκαλούν αρκετές πυρκαγιές, κυρίως υπόγειες και μεμονωμένες. Στη Σουηδία οι κεραυνοί προκαλούν το 1/3 των πυρκαγιών και στη Ρωσία το 20% περίπου (Taylor, 1974 από Johnson and Miyanishi, 2001). Στην Ελλάδα μόνο το 2,2% των πυρκαγιών προκαλούνται από κεραυνούς και σε μεγάλες πυρκαγιές άνω των 1000 στρεμμάτων αποτελούν μόνο το 0,9% των περιπτώσεων (Καϊλίδης, 1993). Σημειώνεται πως κάθε πυρκαγιά από κεραυνό στην Ελλάδα καίει κατά μέσο όρο 107 στρέμματα (Καϊλίδης 1993). Τέλος, σε ποσοστό 30%, οι πυρκαγιές αυτές συμβαίνουν τον Ιούλιο και Αύγουστο και σε συντριπτική πλειονότητα συμβαίνουν από τις 13:30 μέχρι τις 17:00.

Όσον αφορά τα ανθρωπογενή αίτια αυτά χωρίζονται σε τυχαία, αμελείας και εκ προθέσεως. Παρακάτω γίνεται εκτενής αναφορά στα κυριότερα:

- *Τσιγάρα και σπύρτα.* Τα τσιγάρα και τα σπύρτα αποτελούν το 10,5% των αιτιών των δασικών πυρκαγιών. Για τα σπύρτα συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί πως για να ανάψει πυρκαγιά, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο το ύψος από το οποίο πέφτει. Πιο συγκεκριμένα, για ύψος μικρότερο των 1,10 m σε ξερό βελονοτάπητα, η πιθανότητα πυρκαγιάς ανέρχεται στο 52,8% (Καϊλίδης, 1993). Σχετικά με τα τσιγάρα, παρατηρήθηκε πως οι πιθανότητες για πυρκαγιά είναι ελάχιστες, σε όλα τα είδη καύσιμης ύλης, όταν δεν φυσά καθόλου άνεμος. Με άνεμο 2-15 km/h και σε ξερό φυλλοτάπητα πάχους μεγαλύτερο των 10 cm, κυρίως από πουρνάρι, οι πιθανότητες ξεπερνούν το 30%. Ακόμη, τα τσιγάρα με φίλτρο δίνουν λιγότερες πυρκαγιές από αυτά χωρίς φίλτρο (Μαρκάλας, 1990).
- *Κατασκηνωτές.* Οι επισκέπτες των δασών, οι οποίοι κατασκηνώνουν σε μη οργανωμένα κάμπινγκ, προκαλούν πυρκαγιές, όχι μόνο με τα τσιγάρα τους, αλλά και με το άναμμα φωτιών μέσα στο δάσος για ψήσιμο φαγητού, θέρμανση κλπ (Γκόφας, 2001).
- *Καύση καλαμιάς και αγροτικών υπολειμμάτων.* Στη χώρα μας, όπως και σε άλλες χώρες (π.χ. Ισπανία) η καύση καλαμιάς αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές αιτίες πυρκαγιάς (Moreno and Oechel, 1994). Το ποσοστό στην Ελλάδα ανέρχεται στο 17,4% και αποτελεί την αιτία για την επέκταση της φωτιάς από την τοπική εστία των καλαμιών σε γειτονικές χορτολιβαδικές αλλά και δασικές εκτάσεις (Καϊλίδης, 1993). Ιδιαίτερα, όταν η καύση συνδυάζεται με την ύπαρξη ισχυρών ανέμων τότε εύκολα ξεφεύγει της προσοχής των γεωργών και δημιουργεί νέες εστίες πυρκαγιάς (Γκόφας, 2001). Οι εργασίες αυτές πρέπει κατά το δυνατόν να αποφεύγονται τις κρίσιμες μέρες του καλοκαιριού, με ισχυρούς ανέμους και υψηλές θερμοκρασίες.
- *Σκουπιδότοποι.* Η πρακτική της συγκέντρωσης των σκουπιδιών από τις αστικές κυρίως περιοχές μέσα στο δάσος σε μη προφυλαγμένους χώρους και στη συνέχεια η καύση τους είναι ένα ακόμα σπουδαίο αίτιο πυρκαγιών στα δάση. Σημειώνεται πως η πυρκαγιά τέτοιου είδους, μπορεί να ξεκινάει μόνη τους με αυτανάφλεξη λόγω ζύμωσης, όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και ξηρασίας το επιτρέπουν βέβαια. Οι παράνομες χωματερές μέσα στο δάσος αποτελούν και σημαντικό παράγοντα εξάπλωσης και ενίσχυσης των πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001 και 1995, Κωνσταντινίδης, 2003).

- *Συγκοινωνιακά μέσα.* Σιδηροδρομικοί συρμοί κατά την διέλευσή τους μέσα από δάσος, πολλές φορές προκαλούν πυρκαγιές εξαιτίας των σπινθήρων από τα φρένα τους. Ακόμη, πυρκαγιές μπορούν να προκληθούν και από συμβατικά αυτοκίνητα όταν έρθει σε επαφή η σωλήνα της εξάτμισης (στην οποία πολλές φορές η θερμοκρασία ξεπερνά τους 380°C) με ξερά χόρτα ή από παραγόμενους σπινθήρες από τη μίζα (Γκόφας, 2001).
- *Χρήση εργαλείων και μηχανημάτων.* Η χρήση εκρηκτικών υλών και μηχανών για την διάνοιξη δρόμων, για μεταλλεύσεις, για διάνοιξη κορμοπλατειών, ή για υλοτομία και σύρση ξυλείας, πολλές φορές προκαλούν σπινθήρες και πυρκαγιές στα δάση (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001).
- *Άλλες αιτίες.* Δασικές πυρκαγιές μπορούν επίσης να συμβούν από πλήθος άλλων αιτιών και συμπτώσεων, με αρκετά μικρή πιθανότητα βέβαια. Τέτοιες αιτίες μπορεί να είναι από καλώδια της ΔΕΗ, που θεωρείται από την πυροσβεστική, ως κύρια αιτία για την φωτιά τον Ιούνιο του 2007 στα Δερβενοχώρια που έκαψε και την Πάρνηθα, από σπασμένα γυάλινα μπουκάλια, που μπορούν να εστιάσουν τις ηλιακές ακτίνες και να ανάψουν ξερά χόρτα, βλήματα στρατοπέδων, κάπνισμα μελισσών, σιδηροδρομικά ή τροχαία ατυχήματα, τριβές κλαδιών σε περίπτωση ισχυρών ανέμων κλπ.
- *Εμπρησμοί.* Είναι πράγματι τραγικό πως στη χώρα μας το πιο σύνηθες αίτιο δασικών πυρκαγιών είναι οι εμπρησμοί. Όπως διαπιστώνουμε και από τα στατιστικά στοιχεία, το ποσοστό των εμπρησμών φτάνει συνολικά το 30% (Καϊλίδης, 1993, Κωνσταντινίδης, 2003) των συνολικών αιτιών πυρκαγιάς και μάλιστα δείχνει μία τάση αύξησης, η οποία είναι συνισταμένη πολλών κοινωνικοπολιτικών παραγόντων και παραμέτρων άμεσα συνυφασμένων με την εποχή μας. Σημειώνεται επίσης, πως το ποσοστό των εμπρησμών από πυρομανείς και άλλους ψυχοπαθείς, στη χώρα μας, είναι ελάχιστο. Αξίζει να προσέξουμε στο σχήμα 1.15 (στο τέλος του κεφαλαίου) (Pyne, 1997), πως από την μεταπολίτευση και μετά, οι αιχμές των πυρκαγιών συμβαίνουν τις χρονιές των εκλογών. Αυτό συνέβη και το 2007, που πραγματικά οι πυρκαγιές ξεπέρασαν κάθε προηγούμενο. Γενικά πάντως, στην Ελλάδα, αν και οι πυρκαγιές για λόγους εκδίκησης δεν είναι άγνωστες, πολλοί από τους εμπρησμούς πιστεύεται πως οφείλονται στην προσπάθεια για αλλαγή χρήσεων γης (οικόπεδα, βοσκότοποι, κλπ) και για αρπαγή της δασικής γης γενικότερα.

Το κυριότερο και βαθύτερο αίτιο, που ενισχύει όλα τα προηγούμενα αίτια και οδηγεί στην έξαρση του φαινομένου των πυρκαγιών αλλά και των δασικών πυρκαγιών γενικότερα, είναι η εγκατάλειψη της υπαίθρου. Με την γενικότερη τάση αστυφιλίας που επικρατεί, η γη σταδιακά ερημώνει με αποτέλεσμα καταρχήν την έντονη συσσώρευση νεκρής δασικής ύλης (βλ. Σχ. 1.12) και συνεπώς πιο συχνές και πιο έντονες πυρκαγιές. Επιπροσθέτως, από τη στιγμή που ο άνθρωπος έπαψε να εξαρτάται οικονομικά και βιοτικά από τα δάση, υπάρχει γενική αδιαφορία για αυτά. Γι αυτό το λόγο η ουσιαστική προστασία του δάσους είναι ανύπαρκτη, γι' αυτό οι προσπάθειες κατάσβεσης συγκεντρώνονται κυρίως γύρω από τις κατοικημένες περιοχές και γι αυτό τα κρούσματα των εμπρησμών αυξάνονται συνεχώς καθώς με αυτήν την κατάσταση και την ανυπαρξία θεσμικού πλαισίου, ο κάθε επιτήδειος εύκολα μπορεί να οικειοποιηθεί μία δασική έκταση, καμένη ή μη και να αλλάξει την χρήση της.

1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ

1.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών αποτελεί ένα παγκόσμιο φαινόμενο και παρατηρείται σε κάθε γωνιά του πλανήτη. Την τελευταία δεκαετία ολόκληρη η υφήλιος συγκλονίζεται από μεγάλες πυρκαγιές που μαίνονται ανεξέλεγκτες και έχουν αποτεφρώσει εκτάσεις επί εκτάσεων. Πύρινα μέτωπα έχουν εμφανιστεί σε όλες τις χώρες τις μεσογείου αλλά και στη Ρωσία, τις νότιες πολιτείες των ΗΠΑ, τον Καναδά, την Αυστραλία, την Ινδονησία, καθώς και στις χώρες της κεντρικής Αφρικής (National Geographic, 2008). Κάθε χρόνο, όπου το ευνοούν οι καιρικές συνθήκες, εκατομμύρια στρέμματα των παγκόσμιων δασών γίνονται στάχτη και εκατομμύρια χρημάτων ξοδεύονται για την καταστολή των πυρκαγιών αυτών. Ταυτόχρονα, η ζημιά από την απώλεια ξυλείας, την καταστροφή των εκτάσεων, τις καταστροφές από τις συνεπαγόμενες πλημμύρες, τις δαπάνες για την αναμόρφωση των καμένων εκτάσεων, αλλά και το σημαντικότερο, από την απώλεια ανθρωπίνων ζώων, είναι ανεκτίμητη.

Εκτιμάται γενικώς πως πριν από την βιομηχανική επανάσταση, το 50% της γης καλυπτόταν από δάση (Καϊλίδης, 1993, Pyne, 1997). Σύμφωνα με τα διεθνή στοιχεία του FAO (Food and Agricultural Organization, 1995) το 1955 το ποσοστό αυτό είχε φτάσει στο 25%. Το 1980, η συνολική δασοσκεπής έκταση της γης ήταν 2,5 δισεκατομμύρια εκτάρια (περίπου το 20%) και μέχρι το 2000 η έκταση αυτή θα έπεφτε σίγουρα κάτω από τα 2 δισεκατομμύρια εκτάρια (FAO, 1995). Κύριο αίτιο τις καταστροφής των δασών σε παγκόσμιο επίπεδο, οι δασικές πυρκαγιές (Καϊλίδης, 1993).

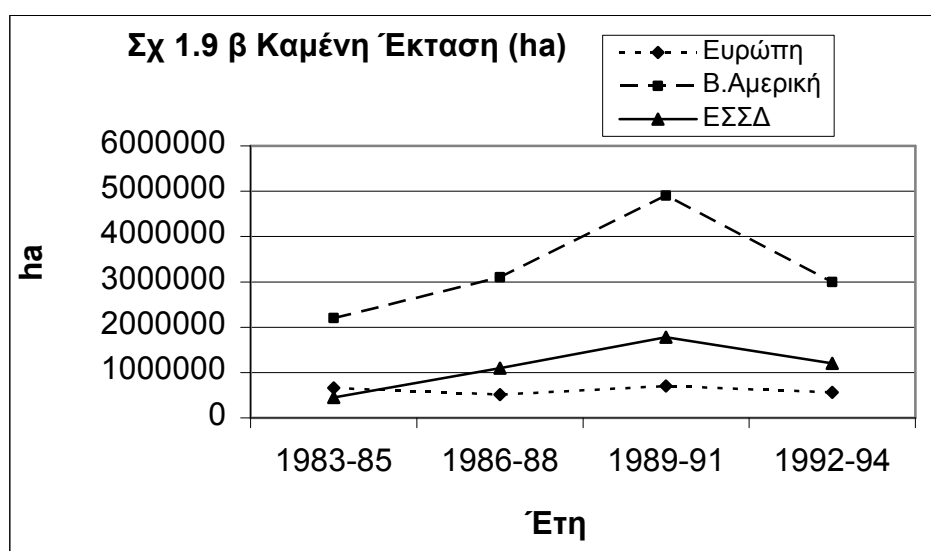
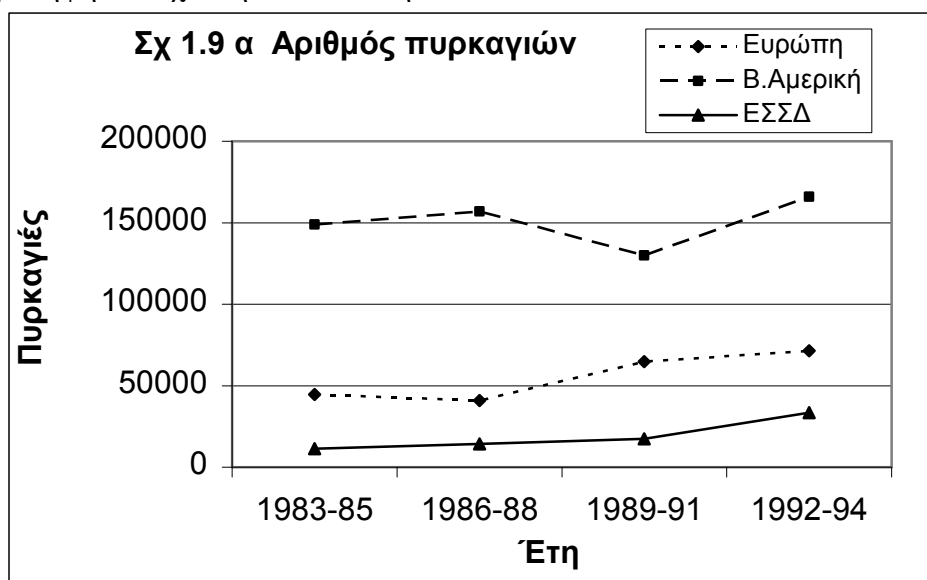
1.5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στον πίνακα 1.9, στο τέλος του κεφαλαίου, παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία διαφόρων κρατών της εύκρατης ζώνης του βορείου ημισφαιρίου τα οποία έχουν αντληθεί από τον διεθνή οργανισμό FAO (1995). Κατά την περίοδο 1983-1994, καταγράφηκαν 902330 πυρκαγιές και κάηκαν 20059346 εκτάρια δασικής γης! Αυτό αναλογεί σε 60155 φωτιές και 133729 εκτάρια καμένου δάσους ανά έτος. Ο μέσος όρος καμένης έκτασης ανά πυρκαγιά είναι 22,23 εκτάρια (FAO, 1995).

Από τα σχήματα 1.9 α,β, (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004), για την δεκαετία 1984-94, γίνεται φανερό πως οι πυρκαγιές στην Ευρώπη αυξήθηκαν κατακόρυφα μετά το 1988, ενώ η καμένη έκταση έχει παραμείνει ίδια έως και μειώθηκε. Όσον αφορά την ΕΣΣΔ, παρατηρούμε πως μέχρι την διάσπασή της, το 1990, ο αριθμός των πυρκαγιών αν και αυξανόταν σταδιακά, ποτέ δεν ξεπέρασε τις 20000. Με την διάσπαση όμως και την ανατροπή του πολιτικού καθεστώτος, ο αριθμός των δασικών πυρκαγιών αυξήθηκε κατακόρυφα, καθώς πολλοί έσπευσαν να ιδιωτικοποιηθούν δημόσια δασική γη. Η αύξηση αυτή όμως δεν συνοδεύτηκε και από αύξηση της καμένης έκτασης. Για την Β. Αμερική δεν μπορεί να εξαχθεί μια γενική τάση αφού τόσο ο αριθμός των πυρκαγιών όσο και η συνολική καμένη έκταση μεταβάλλονται. Από το 1990 βλέπουμε πως αν και ο αριθμός των πυρκαγιών αυξάνει, οι συνολικά καμένες εκτάσεις μειώνονται και αυτό λόγω των τεραστίων δαπανών κατάσβεσης (Σχ. 1.10).

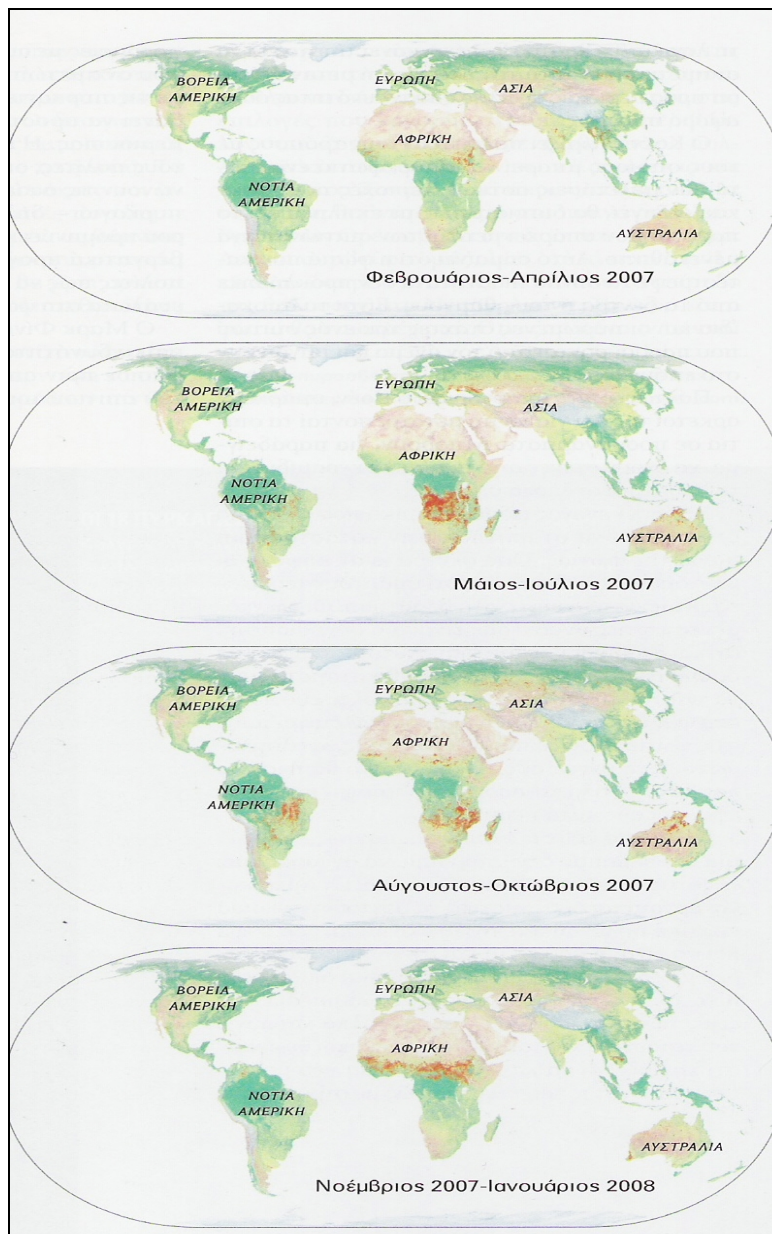
Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως, σε παγκόσμιο επίπεδο, το 90% των πυρκαγιών καίνε έκταση μικρότερη του ενός εκταρίου και αντιπροσωπεύουν μόλις το 10% των καμένων εκτάσεων (Pyne, 1997). Αντίθετα, το 1% των δασικών πυρκαγιών καίνε περισσότερο από 100 εκτάρια και αντιπροσωπεύουν το 70% των καμένων εκτάσεων. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό πως αν και η συχνότητα των πυρκαγιών αυξάνεται με έντονο ρυθμό, δεν συμβαίνει το ίδιο με τις καμένες εκτάσεις και αυτό

λόγω της συνεχούς ενίσχυσης των δυνάμεων καταστολής (Σχ. 1.10, Ryne, 1997). Αντίστοιχα αυξάνονται οι δαπάνες καταστολής και στην Ελλάδα (Σχ. 1.11, Στάμου, 2001), με αποτέλεσμα την μεγάλη συσσώρευση καύσιμης ύλης και την ύπαρξη λίγων, αλλά ακραίων επεισοδίων πυρκαγιάς, όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, με μεγάλες απώλειες (κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές), όπως συνέβη το καλοκαίρι του 2007, όπου είχαμε και πάρα πολλές πυρκαγιές σε αριθμό, αλλά και πολύ μεγάλες καμένες εκτάσεις (συνολικά για όλη τη χώρα, υπολογίζεται πως κάηκαν 268834 ha, τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, wikipedia, Greek forest fires). Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο πίνακας 1.8 (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004) που συγκρίνει τις Ελληνικές δασικές πυρκαγιές με αυτές των άλλων Μεσογειακών χωρών. Βλέπουμε πως οι πιο “οργανωμένες” χώρες, που ξοδεύουν πολλά λεφτά στην κατάσβεση και την καταστολή των δασικών πυρκαγιών, δεν βρίσκονται σε καλύτερη κατάσταση από την Ελλάδα. Οι δασικές πυρκαγιές είναι μια αναπόφευκτη πραγματικότητα ιδιαίτερα για την περιοχή της Μεσογείου και το βάρος πρέπει να δοθεί στην πρόληψη και όχι στην καταστολή.



Σχήμα 1.10. Αριθμός πυρκαγιών (πάνω) και σύνολο καμένης έκτασης (κάτω) σε Ευρώπη, Β. Αμερική και ΕΣΣΔ (προσαρμοσμένο από Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2000)

Το 2007 ειδικότερα, θεωρήθηκε μία από τις “θερμότερες” χρονιές στο θέμα των πυρκαγιών, σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρακάτω, οι χάρτες παρουσιάζουν με κόκκινο χρώμα τις καμένες εκτάσεις, βασισμένοι σε δορυφορικές εικόνες του συστήματος MODIS. Πρόκειται για ένα μεσαίας ανάλυσης φασματοραδιόμετρο εικόνων (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), το οποίο βρίσκεται σε δορυφόρους της NASA που εποπτεύουν τη γη. Οι εικόνες (βλ. εικόνα 1.1) αποκαλύπτουν την εποχιακή μετακίνηση των πυρκαγιών ανάλογα με το ποια χρονική περίοδος εμφανίζει τις περισσότερο ξηροθερμικές συνθήκες σε κάθε τόπο, σύμφωνα και με το κλίμα του. Στη βόρεια Αυστραλία για παράδειγμα, η περίοδος των πυρκαγιών κρατά πάνω από 4 μήνες (Μάιος-Οκτώβριος). Αν σκεφτεί κανείς πως οι ασυνήθιστα μεγάλες φωτιές της Ελλάδας δεν εμφανίζονται καν στη συγκεκριμένη κλίμακα, εύκολα καταλαβαίνει το μέγεθος της καταστροφής που λαμβάνει χώρα ετησίως σε όλο τον πλανήτη! Οι μεγαλύτερες καταστροφές φαίνονται να συμβαίνουν στην περιοχή των τροπικών δασών του Ισημερινού (Αμαζόνιος, Κεντρική Αφρική κ.α.) και το πιθανότερο αίτιο αυτών, η ανάγκη των κατοίκων για μεγάλες γεωργικές εκτάσεις και κτηνοτροφία.



Εικόνα 1.1. Πυρκαγιές της υφελίου το 2007 (National Geographic, Ιούλιος 2008).

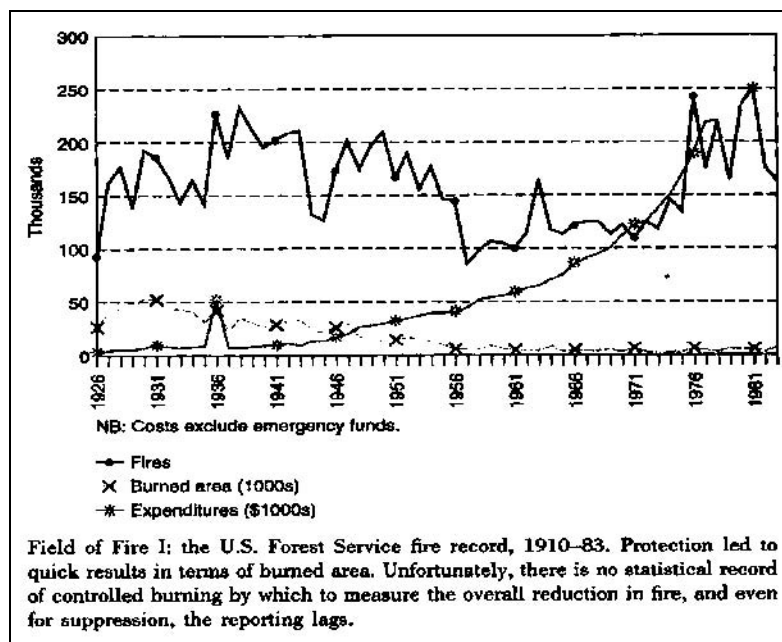
Πίνακας 1.8. Σύγκριση αριθμού πυρκαγιών και καμένων εκτάσεων, σε ha, της Ελλάδας και άλλων Μεσογειακών χωρών για την δεκαετία 1979-1997 (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004).

	ΕΛΛΑΔΑ		ΙΤΑΛΙΑ		ΓΑΛΛΙΑ (Μασσαλία - Κορσική)		ΙΣΠΑΝΙΑ		ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ					
	Δάση 3.352.186 Ha + Θάμν. 6.506.068 - Βοσκή. 3.153.882 = Δασοκαλ. 25,4%		7.588.000 Ha Δασοκαλ. 24,2%		Δάση 2.300.000 + 2.000.000 Ha Βοσκή = 4.300.000 Ha Δασοκαλ. 26,7%		Δάση + δασικές εκτάσεις 26.703.000 Ha Δασοκαλ. 30,8%		Δάση + βοσκή. 4.274.000 Ha Δασοκαλ. 33,5%					
ΕΤΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ		ΙΤΑΛΙΑ		ΜΑΣΣΑΛΙΑ (ΓΑΛΛΙΑ)		ΙΣΠΑΝΙΑ		ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ					
	Αρ. Πυρκ.	Έκτ. Ha	Αρ. Πυρκ.	Έκτ. Ha	Αρ. Πυρκ.	Έκτ. Ha	Αρ. Πυρκ.	Έκτ. Ha	Αρ. Πυρκ.	Έκτ. Ha				
1966	660	11.650	3.214	48.906										
1967	526	8.100	3.655	69.053										
1968	549	9.000	2.905	28.606										
1969	650	9.200	2.677	31.730										
1970	524	9.100	6.579	91.176										
1971	528	10.300	5.617	100.202										
1972	384	8.500	2.358	27.303										
1973	529	19.500	5.681	108.838										
1974	673	31.800	5.055	102.944										
1975	647	20.900	4.257	54.686										
1976	522	6.377	4.457	50.791										
1977	1.049	48.963	8.878	92.739	1.603	16.328	2.148	67.541						
1978	670	19.808	11.052	127.577	4.028	33.629	8.324	434.867						
1979	962	21.116	10.325	113.234	3.918	50.869	7.167	271.718	1.355	53.635				
1980	1.158	30.690	11.963	143.919	5.040	22.176	7.193	265.954	2.367	44.251				
1981	1.130	80.339	14.503	242.218	5.173	27.711	10.882	298.436	6.680	89.798				
1982	1.010	27.536	9.557	130.456	5.308	55.145	6.443	151.644	3.568	39.614				
1983	939	19.419	7.956	223.728	4.659	53.729	4.880	117.599	4.503	47.813				
1984	1.183	32.149	8.482	78.326	5.672	27.202	7.649	164.546	6.377	52.710				
1985	1.412	104.752	18.664	189.898	6.249	57.368	12.837	469.426	5.455	146.225				
1986	1.092	25.059	9.388	86.420	2.646	45.347	7.574	277.071	4.348	99.522				
1987	1.236	45.943	11.972	120.697	2.115	10.393	8.679	145.793	6.977	76.266				
1988	1.898	110.500	13.542	186.405	2.837	6.701	9.595	127.955	5.643	22.435				
1989	1.284	42.363	6.456	95.161	6.743	75.566	19.405	311.161	20.155	126.235				
1990	1.216	40.219	9.479	195.319	5.878	72.696	15.141	200.658	18.507	129.839				
1991	1.041	23.573	11.965	99.860	2.372	10.130	13.241	244.706	21.874	182.425				
1992	2.145	52.204	14.545	109.470	2.708	16.607	15.527	104.913	16.983	46.015				
1993	2.249	54.291	13.380	191.396	2.962	17.113	14.243	87.089	16.105	49.960				
1994	2.074	53.957	10.559	68.828	4.747	24.996	19.263	437.635	21.432	77.323				
1995	1.438	27.202	7.377	46.466	6.959	18.118	25.827	163.484	31.236	169.612				
1996	1.508	25.310	9.093	57.986	10.703	14.341	16.772	59.187	29.078	83.405				
1997	3.032	48.879	17.819	103.015	7.230	20.500	22.479	88.284	24.429	26.068				
↑ Δασική Υπηρεσία														
↓ Πυροσβεστική Υπηρεσία														
1998	1842	150.000												
1999	1426	32.000					17.493	67.401						
2000	5316	157.000			11.089									
Μ.Ο. καίγ. το χρόνο επιφάνεια 1956-94=0,43% Μ.Ο. 1974-89=0,5% (συγ.) Μ.Ο. 1981-90=0,65% (συγ.) Velez 1997 (1980-89) 0,9%			Μ.Ο. καίγ. το χρόνο επιφ. 1970-81=0,84% (Leone 1987) Μ.Ο. 1981-90 =1,6% 1,90%			Μ.Ο. καίγ. το χρόνο επιφ. 1983-85=0,31% (Leone 1987) Μ.Ο. 1981-90=0,99% 1,2%			Μ.Ο. καίγ. το χρόνο επιφ. 1983-85=0,65% (Leone 1987): ?? Μ.Ο. 1981-90=0,89% 0,90%			Μ.Ο. καίγ. το χρόνο επιφ. 1983-85=1,56% (Leone 1987): ?? Μ.Ο. 1981-90 =0,84% 2,4%		

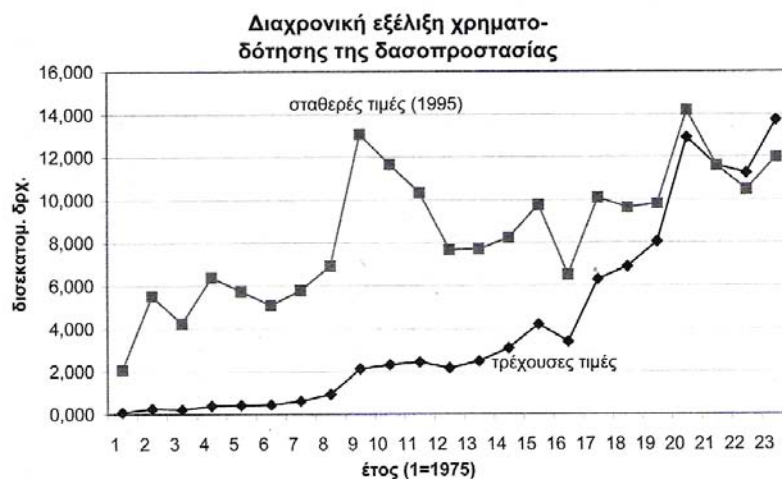
1.5.3 ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Αν εξετάσουμε τον αριθμό των πυρκαγιών και την καμένη έκταση ανά 1000 εκτάρια και την καμένη έκταση ανά χώρα, τότε θα διαπιστώσουμε ότι οι περισσότερες πυρκαγιές λαμβάνουν χώρα στην εύκρατη ζώνη του πλανήτη (FAO, 1995). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τις καιρικές συνθήκες, τους τύπους βλάστησης που

αναπτύσσονται αλλά κυρίως στις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και στις σχέσεις ανθρώπου-δάσους. Ο Velez (1997) για να αποδείξει την παραπάνω θεωρία πραγματοποίησε κάποιες μετρήσεις στις χώρες τις μεσογείου και κατέληξε στο συμπέρασμα πως τόσο η συχνότητα πυρκαγιών, όσο και η συνολική καμένη έκταση, ήταν υψηλότερη στις ανεπτυγμένες χώρες της βορείου μεσογείου (Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ελλάδα), από ότι στις χώρες της νοτίου μεσογείου (Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία), αποδεικνύοντας έτσι ότι οι καιρικές συνθήκες από μόνες τους δεν ευθύνονται για τις δασικές πυρκαγιές.



Σχήμα 1.10. Αριθμός πυρκαγιών, καγόμενη έκταση και δαπάνες καταστολής στις ΗΠΑ για την περίοδο 1910-83 (Pyne 1997).



Σχήμα 1.11. Διαχρονική εξέλιξη δαπανών (για το διάστημα 1975-98) για την κατάσβεση πυρκαγιών και την δασοπροστασία γενικότερα (Στάμου, 2001).

Η εγκατάλειψη της γης είναι μια κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα που είναι άμεσα συνυφασμένη με την εσωτερική μετανάστευση από τις αγροτικές περιοχές προς τα αστικά κέντρα για ανεύρεση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης και επαγγελματικής αποκατάστασης. Οι εγκαταλελειμμένες περιοχές κατακλύζονται από

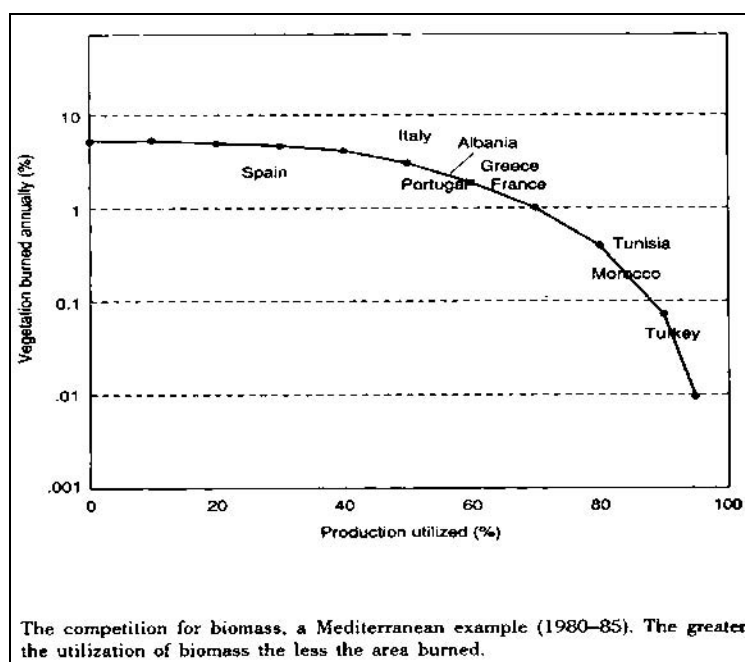
αυξημένη βλάστηση (συνήθως θαμνώδης) υψηλής ευφλεκτότητας. Η καύσιμη αυτή ύλη είναι συνήθως συνεχόμενη, καλύπτοντας μεγάλες επιφάνειες. Στο σημείο αυτό θα ήταν ενδιαφέρον να παρουσιάσουμε κάποια στατιστικά για τις χώρες της μεσογείου, σύμφωνα με τα διεθνή στοιχεία του FAO. Τα στοιχεία αυτά σχετίζονται άμεσα με τη συλλογή βιομάζας από τα δάση, λόγω ανθρώπινων επεμβάσεων, για τα τελευταία 30 χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, η δασική έκταση που καίγεται κάθε χρόνο εξαπλασιάστηκε έως και επταπλασιάστηκε σε Ισπανία, Ιταλία και Ελλάδα όπου η εντατική κτηνοτροφία μειώθηκε σημαντικά (Moreno and Oechel, 1994). Αντίθετα, στο Μαρόκο, την Τυνησία και την Τουρκία (χώρες με ίδιο ή εντονότερο ξηροθερμικό καλοκαίρι, σε σχέση με την Ελλάδα), όπου η παραδοσιακή εντατική κτηνοτροφία διατηρήθηκε και συγκομίζει μεγάλο ποσοστό της βιομάζας, ο αριθμός των πυρκαγιών δεν αυξήθηκε (βλ. σχ. 1.12, Pyne, 1997). Βέβαια, αξίζει να αναφέρουμε εδώ πως, συγκεκριμένα η Τουρκία, η οποία έχει και τις λιγότερες πυρκαγιές, έχει βρεθεί στο άλλο άκρο, αντιμετωπίζοντας σοβαρότατο πρόβλημα με την υπερεντατική κτηνοτροφία. Εκτιμάται πως τα 2/3 της χώρας είναι στα πρόθυρα της απόλυτης ερημοποίησης, σύμφωνα με διεθνή στοιχεία (National Geographic, Σεπτ. 08).

Παραδοσιακά, η χρήση της φωτιάς είχε ως κύριο σκοπό την αλλαγή χρήσης της δασικής γης και τη μετατροπή της σε βοσκοτόπια ή και οικισμούς. Σε πολλά κράτη, χαμηλού βιοτικού επιπέδου, οι αγρότες εξαρτώνται από τα δάση και από τις παρακείμενες σε αυτά εκτάσεις, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εκτροφή των ζώων τους. Στην Ινδία, για παράδειγμα, έχουν αυξηθεί αξιοσημείωτα οι καμένες εκτάσεις κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών ως αποτέλεσμα του συνεχώς αυξανόμενου, αγροτικού κυρίως, αλλά και κτηνοτροφικού πληθυσμού (Pyne, 1997). Στην Κίνα, στην πολυπληθέστερη χώρα του κόσμου, ο αριθμός των πυρκαγιών έχει αυξηθεί δραματικά την τελευταία δεκαετία και έχει φτάσει να είναι οχτώ φορές μεγαλύτερο από το μέσο όρο του αριθμού των πυρκαγιών ανά τον κόσμο (Xian Wen et al, 1997). Στην Αιθιοπία, τα δάση έχουν καταστραφεί σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθώς οι κάτοικοι καίνε μεγάλες δασικές εκτάσεις, τις καλλιεργούν για 4-5 χρόνια και ύστερα τις εγκαταλείπουν, αφού το έδαφος έχει εξασθενήσει, και ύστερα καίνε άλλες. Έτσι, ενώ πριν από 40 περίπου χρόνια η δασοκάλυψη της Αιθιοπίας άγγιζε το 40%, σήμερα το ποσοστό αυτό είναι κοντά στο 1%! (McMillan, 1988 από Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004).

Ως αποτέλεσμα των αυξανόμενων απαιτήσεων του συγχρόνου τρόπου ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα, ο άνθρωπος άρχισε να επισκέπτεται τα δάση μόνο για λόγους ψυχαγωγίας. Αυτό το γεγονός είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου για πυρκαγιές στα περιαστικά κυρίως δάση. Το πρόβλημα εμφανίζεται εντονότερο στις περιοχές εκείνες, όπως και στην Ελλάδα, όπου ο έλεγχος των δασικών εκτάσεων είναι ελλιπής ή και ανύπαρκτος, και οι επισκέπτες δε σέβονται το δάσος, ούτε είναι γνώστες των κινδύνων πυρκαγιάς.

Οι ανθρωπογενείς πυρκαγιές, που είναι η συντριπτική πλειονότητα των πυρκαγιών, απορρέουν από ένα πλήθος διαφορετικών λόγων. Εκτός από τους παραπάνω λόγους θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και κάποιους ακόμα. Άνθρωποι με χαμηλά οικονομικά εισοδήματα και υποβαθμισμένη ποιότητα ζωής, αντιμετωπίζουν το δάσος σαν ένα εύκολο τρόπο επίλυσης των βιοποριστικών τους προβλημάτων. Σημειώνεται πως η πρόκληση πυρκαγιάς μπορεί να αποτελεί ενασχόληση με τεράστια οικονομικά οφέλη. Επίσης, προσωπικές αντιδικίες μεταξύ αγροτών, δασοκόμων ή απλών πολιτών ή ακόμα και πολιτικές αντιδικίες μπορούν να αποτελέσουν αιτίες για τον εμπρησμό δασικών εκτάσεων. Τέλος, οι διαφωνίες και οι διαμάχες για την οικειοποίηση και εκμετάλλευση εκτάσεων που γειτονεύουν με δάση μπορεί να αποτελέσουν αιτίες για την πρόκληση καταστροφικών πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993). Στον πίνακα 1.11 (FAO, 1995) παρουσιάζεται ο αριθμός των πυρκαγιών από γνωστά

αίτια, για πολλές χώρες της υφελίου, για το διάστημα 1992-94, απ' όπου προκύπτει πως όλες οι χώρες της Μεσογείου αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα εμπρησμών.



Σχίμα 1.12. Μείωση των πυρκαγιών συναρτήσσει συγκομιδής της φυτικής βιομάζας (Pyne, 1997).

Πίνακας 1.9. Στατιστικά στοιχεία δασικών πυρκαγιών από διάφορες χώρες της υφελίου για το χρονικό διάστημα 1983-94 (FAO, 1995).

Country	Average Number of Fires				Area Burned (hectares)				Land Area	Forest Area	No. fires/ 1000 hu	Area burn./ 1000 ha	Area burn. per fire
	1983-85	1986-88	1989-91	1992-94	1983-85	1986-88	1989-91	1992-94					
Albania	120	119	162	613	134	277	262	746	2775	1449	2,1	2,9	1,4
Austria	205	120	130	146	192	80	102	100	8254	3877	0,5	0,4	0,8
Belgium	95	50	83	35	114	57	254	61	3025	620	1,3	2,3	1,8
Bulgaria	105	95	115	807	539	469	592	10460	11019	3683	0,9	9,8	10,7
Cyprus	68	66	59	23	4151	2461	1015	124	916	260	2,3	83,0	35,8
former Czechoslovakia ²	517	439	853	2123	409	460	613	1090	12540	4461	2,7	1,7	0,6
Denmark	14	11	7	1	78	53	95	184	4253	466	0,2	2,6	13,6
Finland	412	541	492	664	213	270	392	747	30462	23373	0,3	0,2	0,8
France	5527	3411	5504	4507	46100	24223	52774	19260	54325	14155	4,0	30,2	7,5
Germany	1540	1163	1624	2134	1102	784	871	2505	34934	10735	1,8	1,5	0,8
Greece	1231	1415	1155	2484	52906	60443	31334	60281	12926	6032	3,1	101,9	32,6
Hungary	274	454	393	393	978	1503	1349	1349	9213	1675	2,7	9,3	3,4
Ireland	663	644	545	146	650	798	782	567	6890	429	14,0	19,8	1,4
Israel	992	989	1109	1170	2668	6356	7031	8927	2031	124	103,0	604,4	5,9
Italy	11701	11639	12037	12860	163984	131174	130113	142751	30128	8550	16,9	199,3	11,8
Luxembourg	11	4	17	9					257	87	1,2		
Netherlands	123	96	110	89	215	158	246	239	3392	334	3,8	7,7	2,0
Norway	393	345	648	539	1084	382	536	609	30688	9565	0,6	0,8	1,4
Poland	2625	2256	3748	6293	3816	2633	4075	13171	30445	8672	5,2	8,2	1,6
Portugal	6033	5656	17260	17496	82260	46075	146187	49393	9655	3102	44,9	313,3	7,0
Romania	55	41	74	156	163	120	278	529	22954	6265	0,2	0,5	3,4
Spain	8129	8616	15290	16450	256157	183606	286310	208704	49937	25622	5,7	109,5	19,3
Sweden								2964	40823	28015	0,0		
Switzerland	123	67	174	88	332	186	488	129	3976	1186	1,1	2,9	2,5
Turkey	1398	1401	1601	2626	12307	12938	10997	15681	77079	20169	1,0	7,7	7,4
United Kingdom	801	250	328	328	814	96	297	154	24088	2380	2,2	1,7	0,8
former Yugoslavia ²	1108	638	673	464	24563	12684	15847	15515	25540	9453	0,9	21,8	23,8
EUROPE	44263	40525	64610	73108	656337	510801	689515	558195	541523	194819	3,4	37,2	10,8
former USSR ²	11098	13677	18212	32572	470533	1089500	1750456	1188099	2138999	941530	0,2	14,3	58,1
Canada	9285	9711	10877	7775	905606	1123941	3352466	1434613	921500	453300	0,2	45,1	181,1
United States	138385	146501	119647	160861	1382972	2100911	1547635	1508063	913658	295989	5,7	66,3	11,6
NORTH AMERICA	147870	156212	130624	168636	2288578	3224852	4900101	2642679	1835168	748288	2,42	53,48	22,14

¹ Adapted from FAO, 1995

² Data include values for now-independent countries.

Πίνακας 1.10. Σειρά των περιφερειών της χώρας κατά μέγεθος και ποσοστό καιγόμενων δασικών επιφανειών(μ.ο.1971-87, Καϊλίδης 1993).

Δάση που καίγονται	Ποσοστό δασών που καίγονται	Βοσκότοποι που καίγονται	Ποσοστό βοσκοτόπων που καίγονται
1.ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	1.ΝΗΣΙΑ ΙΟΝΙΟΥ	1.ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	1.ΝΗΣΙΑ ΙΟΝΙΟΥ
2.ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ	2.ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ	2.ΚΡΗΤΗ	2.ΚΡΗΤΗ
3.ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3.ΚΡΗΤΗ	3.ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	3.ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ
4.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	4.ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	4.ΘΕΣΣΑΛΙΑ
5.ΝΗΣΙΑ ΙΟΝΙΟΥ	5.ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	5.ΘΕΣΣΑΛΙΑ	5.ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ
6.ΚΡΗΤΗ	6.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	6.ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ	6.ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ
7.ΘΕΣΣΑΛΙΑ	7.ΘΡΑΚΗ	7.ΝΗΣΙΑ ΙΟΝΙΟΥ	7.ΗΠΕΙΡΟΣ
8.ΘΡΑΚΗ	8.ΘΕΣΣΑΛΙΑ	8.ΗΠΕΙΡΟΣ	8.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ
9.ΗΠΕΙΡΟΣ	9.ΗΠΕΙΡΟΣ	9.ΘΡΑΚΗ	9.ΘΡΑΚΗ

Πίνακας 1.11. Αριθμός πυρκαγιών από γνωστά αίτια, για διάφορες χώρες για τεο χρονικό διάστημα 1992-94 (FAO, 1995).

Country	Human causes									Natural causes		
	Total.			of which:						Total		
	1992	1993	1994	Arson			Negligence			1992	1993	1994
				1992	1993	1994	1992	1993	1994			
Albania	695	560	585	30	20	25	665	540	560	-	-	-
Belarus	5444	995	-	-	-	-	5444	995	-	14	2	-
Belgium	19	24	-	5	2	-	14	22	-	-	-	-
Bulgaria	306	413	-	14	55	-	292	358	-	2	10	-
Croatia	176	282	-	74	165	-	102	117	-	4	21	-
Cyprus	6	11	8	-	1	1	6	10	7	6	1	18
Estonia	323	147	223	59	9	21	264	138	202	4	6	5
Finland	480	-	-	48	-	-	432	-	-	-	-	-
France	388	-	-	121	-	-	267	-	-	18	-	-
Germany	1646	963	941	550	385	345	1096	578	596	133	79	131
Ireland	127	94	-	3	2	-	124	92	-	-	-	-
Italy	6885	9940	4652	4950	7636	3543	1935	2304	1109	37	688	93
Latvia	1495	963	846	178	214	140	1317	749	706	15	2	8
Lithuania	1059	563	636	285	109	122	774	454	514	7	2	2
Luxembourg	6	8	1	-	-	-	6	8	1	-	-	-
Moldova	14	1	33	-	-	-	14	1	33	-	-	-
Netherlands	40	-	-	20	-	-	20	-	-	2	-	-
Norway	342	137	169	8	14	25	334	123	144	183	22	203
Poland	6576	3035	3681	2218	1154	1600	4358	1881	2061	89	89	81
Romania	152	108	98	14	10	4	138	98	94	4	11	1
Russian Feder.	22873	14938	-	-	-	-	22873	14938	-	2523	2804	-
Slovenia	56	117	21	2	20	4	54	97	17	12	16	11
Spain	11098	10559	-	8473	8036	-	2625	2523	-	790	622	-
Switzerland	75	64	29	7	9	12	68	55	17	9	8	17
Turkey	997	1270	1158	430	541	323	567	729	835	56	40	135
Ukraine	5862	2964	-	-	-	-	5862	2964	-	7	2	-
Canada	4719	3481	-	636	460	-	4083	3021	-	4021	2229	-

¹ Source: FAO 1995

Πίνακας 1.12. Σειρά των Νομών της χώρας σε σχέση με το μέγεθος των καμένων εκτάσεων (δάση-βοσκοτόπια) (μ.ο. 1971-87, Καϊλίδης, 1993).

ΔΑΣΗ μ.ο. 1971 – 1987			ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ μ.ο. 1971 – 1987		
Νομοί	Καμ. Έκταση (στρέμματα)	Αρ. Πυρκ.	Νομοί	Καμ. Έκταση (στρέμματα)	Αρ. Πυρκ.
1. Αττική	22.403,0	45,0	1. Λάρισα	11.619,0	18,3
2. Ηλεία	12.134,0	45,0	2. Καβάλα	11.598,8	8,2
3. Δωδεκάν.	11.000,2	10,6	3. Λασιθι	10.089,5	10,5
4. Εύβοια	10.829,8	27,0	4. Δωδεκάν.	9.937,6	9,4
5. Αιτωλνία	7.799,2	5,2	5. Αττική	9.905,9	27,4
6. Χίος	7.059,1	3,3	6. Αιτωλνία	9.723,6	28,4
7. Καβάλα	5.447,0	7,0	7. Θεσπρωτ.	8.744,6	20,6
8. Ζάκυνθος	4.664,0	11,2	8. Αχαΐα	8.425,6	19,1
9. Κορινθία	4.083,9	15,9	9. Χανιά	8.183,5	23,3
10. Αχαΐα	3.011,8	11,4	10. Ρέθυμνο	8.087,7	37,9
11. Λασιθι	2.529,2	2,0	11. Κεφαλνιά	7.951,1	43,5
12. Φθιώτιδα	1.975,1	8,3	12. Λακωνία	7.908,8	25,0
13. Σάμος	1.811,2	4,5	13. Κέρκυρα	6.583,3	22,0
14. Χαλκιδική	1.794,2	5,6	14. Μεσσηνία	6.574,6	25,6
15. Λέσβος	1.774,3	4,6	15. Ηράκλειο	5.794,7	19,0
16. Έβρος	1.689,3	14,4	16. Κυκλάδες	5.414,7	11,5
17. Λάρισα	1.430,0	3,4	17. Ηλεία	4.397,2	18,8
18. Ιωάννινα	1.049,2	5,3	18. Τρίκαλα	4.337,8	6,3
19. Δράμα	838,4	3,2	19. Εύβοια	3.879,7	22,0
20. Πέλλα	745,2	2,8	20. Αρκαδία	3.758,7	14,2

Πίνακας 1.13. Συχνότητα πυρκαγιών στη διάρκεια του χρόνου, για την Ελλάδα και για το χρονικό διάστημα 1964-87 (μ.ο.1964-94, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004).

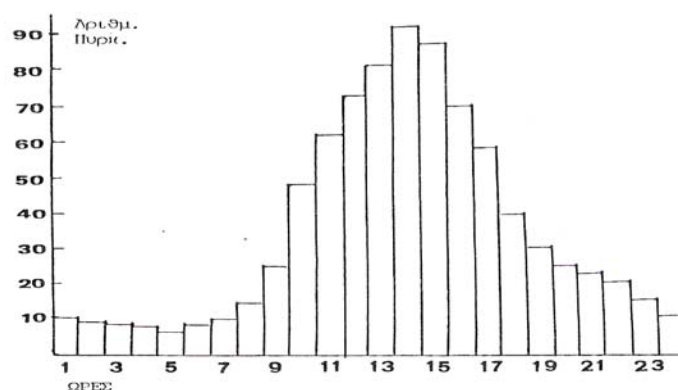
Μήνες	Αριθμ. Πυρκ.		Έκταση (στρ.)					
			Σύνολο		Δάση		Θαμν.-Χορτολ.	
	Μ.Ο.	%	Μ.Ο.	%	Μ.Ο.	%	Μ.Ο.	%
Ιανουάριος	14	1,4	461	0,1	152	0,1	309	0,1
Φεβρουάριος	28	2,8	1.215	0,3	703	0,6	512	0,2
Μάρτιος	44	4,3	3.539	1	2.195	1,9	1.344	0,6
Απρίλιος	37	3,6	3.233	0,9	2.183	1,9	1.050	0,5
Μάιος	26	2,6	1.925	0,6	859	0,7	1.066	0,5
Ιούνιος	66	6,5	17.545	5,1	6.209	5,2	11.336	4,9
Ιούλιος	159	15,7	76.485	22	23.739	19,9	52.746	23
Αύγουστος	246	24,4	154.202	44,3	59.884	50,4	94.318	41
Σεπτέμβριος	228	22,6	64.988	18,7	16.990	14,3	47.998	20,9
Οκτώβριος	128	12,7	20.363	5,8	4.680	3,9	15.683	6,9
Νοέμβριος	26	2,6	2.918	0,8	1.145	1	1.773	0,8
Δεκέμβριος	8	0,8	1.325	0,4	178	0,1	1.147	0,5

Πίνακας 1.14. Επιφάνεια σε στρέμματα δασών και βοσκοτόπων που καίγεται κατά μήνα (μ.ο.1968-87, Καϊλίδης 1993).

	Δάση στρ.	Βοσκότοπ. στρ.	Δάση + βοσκότοπ.
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	70,6	212,1	282,7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	248,4	254,2	502,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	660,6	816,2	1476,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1763,1	846,3	2609,4
ΜΑΙΟΣ	556,6	840,8	1397,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	2358,0	7011,3	9369,3
ΙΟΥΛΙΟΣ	16751,0	37031,9	53782,9
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	60560,3	82292,3	142852,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12501,9	37264,3	49766,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3853,8	11732,6	15586,4
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1391,1	1758,1	3149,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	176,9	285,0	461,9
	100892,2	180345,3	281237,5

Πίνακας 1.15. Μηνιαία καιγόμενη έκταση (στρ) των κυριότερων δασοπονικών ειδών (μ.ο. 1970-1994, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004).

Μήνες	Χαλέπιος π.	Τραχεία π.	Μαύρη π.	Θάμνοι	Χορτολίβ.
Ιανουάριος	36	12	2	2	124
Φεβρουάριος	151	37	60	60	145
Μάρτιος	1.208	71	34	34	567
Απρίλιος	946	147	247	247	324
Μάιος	328	286	21	21	288
Ιούνιος	5.045	916	82	82	4.098
Ιούλιος	13.051	5.639	1.749	1.749	15.558
Αύγουστος	27.821	16.911	3.550	3.550	31.041
Σεπτέμβριος	8.168	4.259	461	461	17.486
Οκτώβριος	2.574	904	235	235	7.331
Νοέμβριος	124	195	34	34	730
Δεκέμβριος	20	2	4	4	180



Σχήμα 1.13. Έναρξη δασικών πυρκαγιών στη διάρκεια του 24ώρου (Καϊλίδης, 1993).

Πίνακας 1.16. Έναρξη πυρκαγιών σε σχέση μεγεθών, σε ποσοστά %, καμένης έκτασης δασών και βοσκοτόπων (μ.ο. 1968-87, Καϊλίδης 1993).

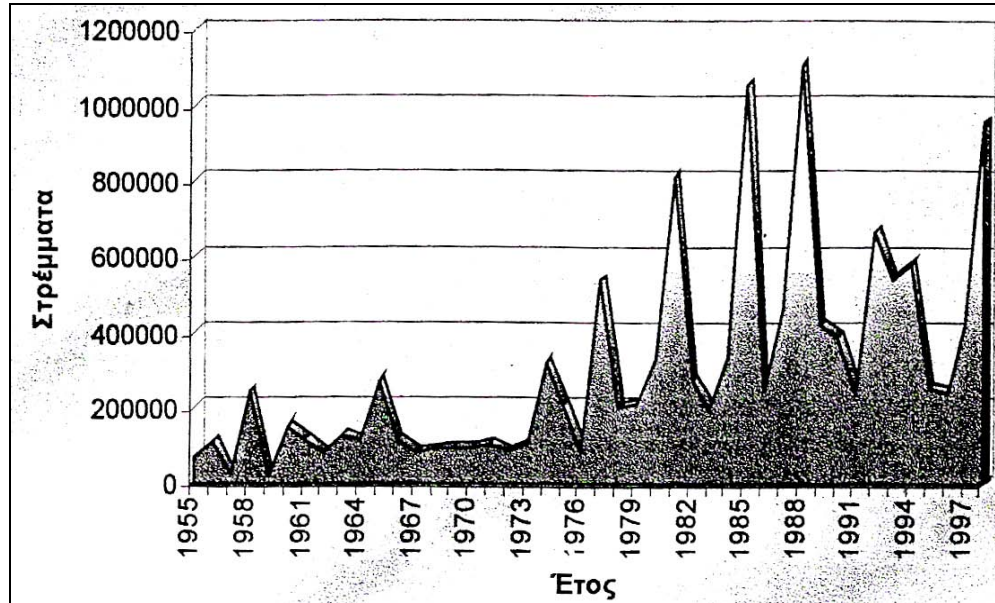
καίγ.στρ Ωρα	1-10 στρ.	11-100 στρ.	101-1000 στρ.	1001- 5000 στρ.	5001- 10000 στρ.	10000 + στρ.
1	1,4%	1,6%	3,8%	0,7%	1,3%	4,2%
2	0,1	1,6	1,9	0	0,1	0
3	1,0	2,5	0,8	1,5	0,1	0
4	2,5	0,1	0	0,7	1,9	0
5	0,7	0,2	0,4	1,5	0,6	0
6	2,0	0,9	0,8	1,5	1,9	0
7	0,4	0,9	0,6	2,9	1,9	0
8	2,5	0,4	1,3	2,9	3,1	0
9	0,3	3,0	2,3	5,1	4,4	8,6
10	4,2	1,0	8,0	2,9	6,9	3,9
11	4,8	5,6	1,3	8,1	8,2	12,6
12	8,1	10,5	5,7	6,6	10,7	6,1
13	9,6	4,5	6,4	11,0	8,2	29,6
14	12,8	15,5	8,1	9,7	8,8	5,7
15	12,7	10,6	14,3	12,6	8,8	2,2
16	5,2	9,4	3,8	7,4	6,9	3,9
17	6,2	7,2	3,9	2,2	3,8	0
18	4,0	5,7	4,5	4,4	3,1	0
19	5,3	2,5	2,0	2,2	0,6	0
20	4,4	3,7	3,1	2,9	5,0	1,9
21	4,4	5,3	1,8	2,9	6,3	4,7
22	2,7	1,5	3,3	5,9	3,8	12,7
23	2,6	3,2	4,1	2,9	2,5	3,9
24	2,7	1,5	5,8	1,5	1,3	0

Πίνακας 1.17. Στατιστικά στοιχεία δασικών πυρκαγιών, για την περίοδο 1955-1998 και για το σύνολο της Ελλάδας (Γκόφας 2001, Υπουργείο Γεωργίας).

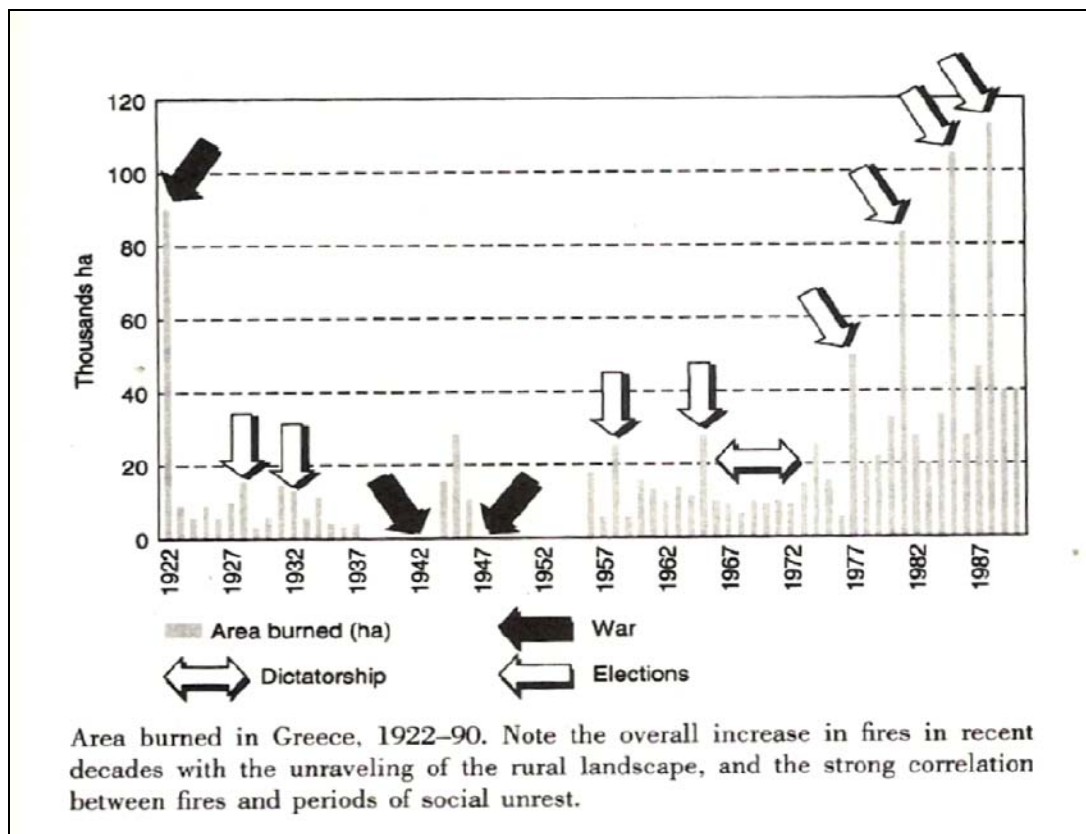
Ετος	Δάση		Μερ. Δασ. Εκτάσ.		Βοσκότοποι		Συνολικά		Μέση Εκτ. Ανά Πυρκ.
	Αριθμός	Στρέμ.	Αριθμός	Στρέμ.	Αριθμός	Στρέμ.	Αριθμός	Στρέμ.	
1955	450	52000	49	16566	-	-	499	68566	137,41
1956	395	43000	496	67700	-	-	891	110700	124,24
1957	400	13000	43	7000	10	3000	453	23000	50,77
1958	303	79859	410	135165	98	27930	811	242954	299,57
1959	166	13967	96	5845	42	2298	304	22110	72,73
1960	311	56924	230	61191	98	32036	639	150151	234,98
1961	438	44242	383	51358	68	21716	889	117316	131,96
1962	358	42246	321	26419	57	10551	736	79216	107,63
1963	228	23910	239	31887	169	71000	636	126797	199,37
1964	280	15886	222	30086	129	67475	631	113447	179,79
1965	457	58932	523	133512	207	77853	1187	270297	227,71
1966	324	50011	303	51314	68	14709	695	116034	166,96
1967	228	37629	168	17000	119	26901	515	81530	158,31
1968	296	21577	222	19705	89	49293	607	90575	149,22
1969	296	18085	288	44645	121	29601	705	92331	130,97
1970	303	38508	175	26151	80	27220	558	91879	164,66

*ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ*

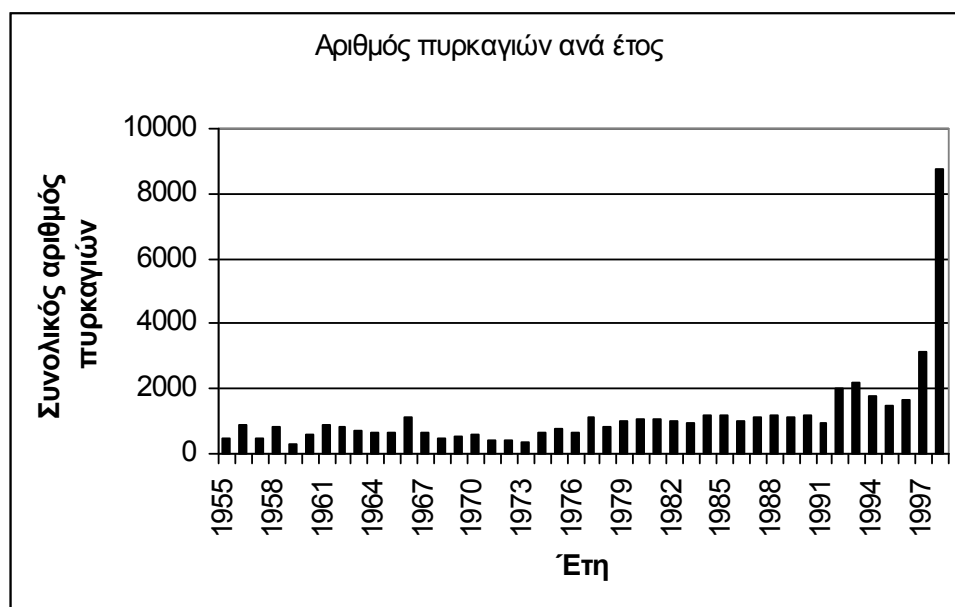
1971	225	26241	193	48795	107	28591	525	103627	197,38
1972	200	40200	126	17610	52	28000	378	85810	227,01
1973	260	55000	191	68000	159	72000	610	195000	319,67
1974	317	116253	261	90823	190	111612	768	318688	414,96
1975	299	86143	254	52975	215	70435	768	209553	272,86
1976	239	31029	171	33945	180	18913	590	83887	142,18
1977	517	297604	365	106045	371	133983	1253	537632	429,08
1978	275	49823	274	108413	279	41789	828	200025	241,58
1979	337	38772	310	73358	429	99673	1076	211803	196,84
1980	340	43553	582	174908	285	111192	1207	329653	273,12
1981	421	386529	528	359171	210	98473	1159	814173	702,48
1982	422	108433	467	120658	156	44631	1045	273722	261,93
1983	385	109068	494	76681	89	10383	968	196132	202,62
1984	455	120175	636	132875	193	83508	1284	336558	262,12
1985	614	486312	620	438399	208	129792	1442	1054503	731,28
1986	413	101092	525	110566	144	33474	1082	245135	226,56
1987	432	136047	657	236667	177	90436	1266	463150	365,84
1988	668	273700	888	609769	342	221542	1898	1105011	582,20
1989	584	236004	524	124398	176	63233	1284	423635	329,93
1990	636	210881	505	126458	181	48595	1322	385934	291,93
1991	250	80002	485	102390	206	53345	941	235737	250,52
1992	928	231938	864	334950	250	96575	2042	663463	324,91
1993	1085	242000	917	237272	404	61220	2406	540492	224,64
1994	761	211571	673	212441	329	155069	1763	579081	328,46
1995	445	96617	652	105163	495	50444	1592	252224	158,43
1996	568						1757	240000	136,60
1997							3353	419290	125,05
1998							8748	955710	109,25



Σχήμα 1.14. Συνολική καμένη έκταση ανά έτος, για την περίοδο 1955-1998 (Γκόφας, 2001).



Σχήμα 1.15. Συνολική καμένη έκταση ανά έτος, για την περίοδο 1922-1990 (Pyne, 1997)



Σχήμα 1.16. Αριθμός πυρκαγιών ανά έτος. (προσαρμοσμένο από Γκόφας, 2001).

Πίνακας 1.18. Μέση καιγόμενη έκταση για το χρονικό διάστημα 1955-2000 (συγκεντρωτικός πίνακας, προσαρμοσμένος από τους συγγραφείς)

πηγή	Κωνσταντινίδης (2003)	Pyne (1997)	Καϊλίδης και Καρανικόλας (2004)	Γκόφας (2001)		
	ΚΑΙΓΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (x10 ³ ha)					Μ.Ο. δεκαετίας
έτη					ΤΕΛΙΚΟ	
1955	8			7	8	
1956	10	18		11	13	
1957	5	5		2	4	
1958	22	23		24	23	
1959	5	5		2	4	10,4
1960	14	16		15	15	
1961	12	12		12	12	
1962	10	10		8	9	
1963	11	13		13	12	
1964	13	11		11	12	
1965	25	29		27	27	
1966	15	10	12	12	12	
1967	9	10	8	8	9	
1968	10	6	9	9	9	
1969	10	10	9	9	10	12,7
1970	11	9	9	9	10	
1971	11	10	10	10	10	
1972	10	9	9	9	9	
1973	9	14	20	20	16	
1974	28	26	32	32	30	
1975	20	16	21	21	20	

*ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ*

1976	10	6	6	8	8	
1977	50	50	49	54	51	
1978	19	20	20	20	20	
1979	20	22	21	21	21	19,5
1980	27	32	31	33	31	
1981	80	82	80	81	81	
1982	40	28	28	28	31	
1983	19	20	19	20	20	
1984	25	25	32	34	29	
1985	105	105	105	105	105	
1986	28	27	25	25	26	
1987	35	46	46	46	43	
1988	110	115	111	111	112	
1989	40	40	42	42	41	51,9
1990	37	39	40	39	39	
1991	24		24	24	24	
1992	65		52	66	61	
1993	50		54	54	53	
1994	56		54	58	56	
1995	25		27	25	26	
1996	24		25	24	24	
1997	38		49	42	43	
1998	94		150	96	113	
1999			32		32	
2000			157		157	57,09091
Μ.Ο.=					33	
Μ.Ο. μέχρι και το 1974=					12,7	
Μ.Ο. 1975-2000=					48,73077	
Μέση καιγ. έκταση ανά πυρκ. (στρ)=					272	

**Πίνακας 1.19. Αριθμός πυρκαγιών για το χρονικό διάστημα 1955-2000
(συγκεντρωτικός πίνακας, προσαρμοσμένος από τους συγγραφείς)**

πηγή	Κωνσταντινίδης (2003)	Καϊλίδης και Καρανικόλας (2004)	Γκόφας (2001)		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ				Μ.Ο. δεκαετίας
έτη				ΤΕΛΙΚΟ	
1955	500		499	500	
1956	900		891	896	
1957	450		453	452	
1958	820		811	816	
1959	300		304	302	593
1960	610		639	625	
1961	910		889	900	
1962	800		736	768	
1963	730		636	683	
1964	680		631	656	
1965	1100		1187	1144	
1966	700	660	695	685	
1967	550	526	515	530	
1968	650	549	607	602	
1969	700	650	705	685	728
1970	620	524	558	567	
1971	500	528	525	518	
1972	430	384	378	397	
1973	550	529	610	563	
1974	790	673	768	744	
1975	780	647	768	732	
1976	600	522	590	571	
1977	1115	1049	1253	1139	
1978	810	670	828	769	
1979	1010	962	1076	1016	702
1980	1080	1158	1207	1148	
1981	1060	1130	1159	1116	
1982	990	1010	1045	1015	
1983	960	939	968	956	
1984	1170	1183	1284	1212	
1985	1310	1412	1442	1388	
1986	1015	1092	1082	1063	
1987	1170	1236	1266	1224	
1988	1900	1898	1898	1899	
1989	1165	1284	1284	1244	1227
1990	1210	1216	1322	1249	
1991	965	1041	941	982	
1992	2000	2145	2042	2062	
1993	2350	2249	2406	2335	

*ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ*

1994	1790	2074	1763	1876	
1995	1500	1438	1592	1510	
1996	1680	1508	1757	1648	
1997	3265	3032	3353	3217	
1998	8740	1842	8748	6443	
1999		1426		1426	
2000		5316		5316	2551
Μ.Ο.=				1252	
Μ.Ο. μέχρι και το 1974=				651,65	
Μ.Ο. 1975-2000=				1713,692	

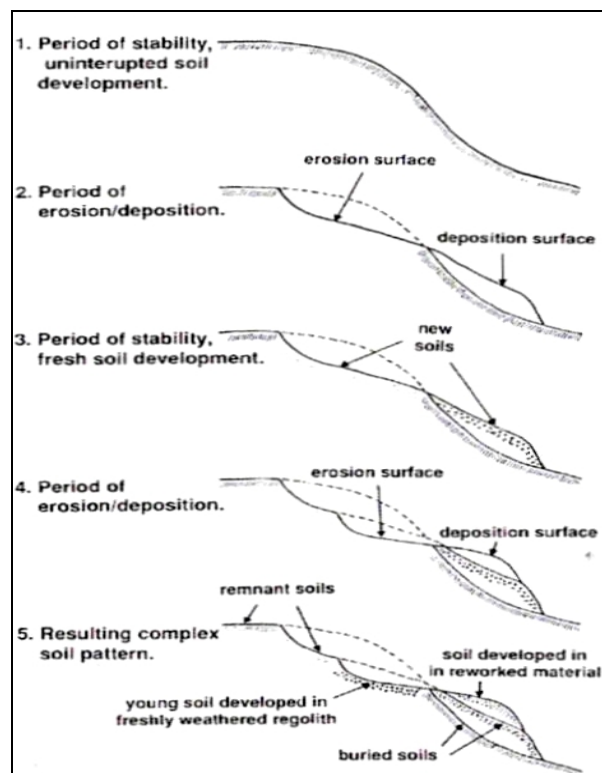
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ, ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ, ΕΛΑΦΟΓΕΝΕΣΗ, ΔΙΗΘΗΣΗ, ΑΠΟΡΡΟΗ

Διάβρωση του εδάφους (soil erosion) καλείται η απόσπαση και μεταφορά εδαφικού υλικού με τη δράση κυρίως του νερού και του ανέμου (Kirkby and Morgan, 1980).

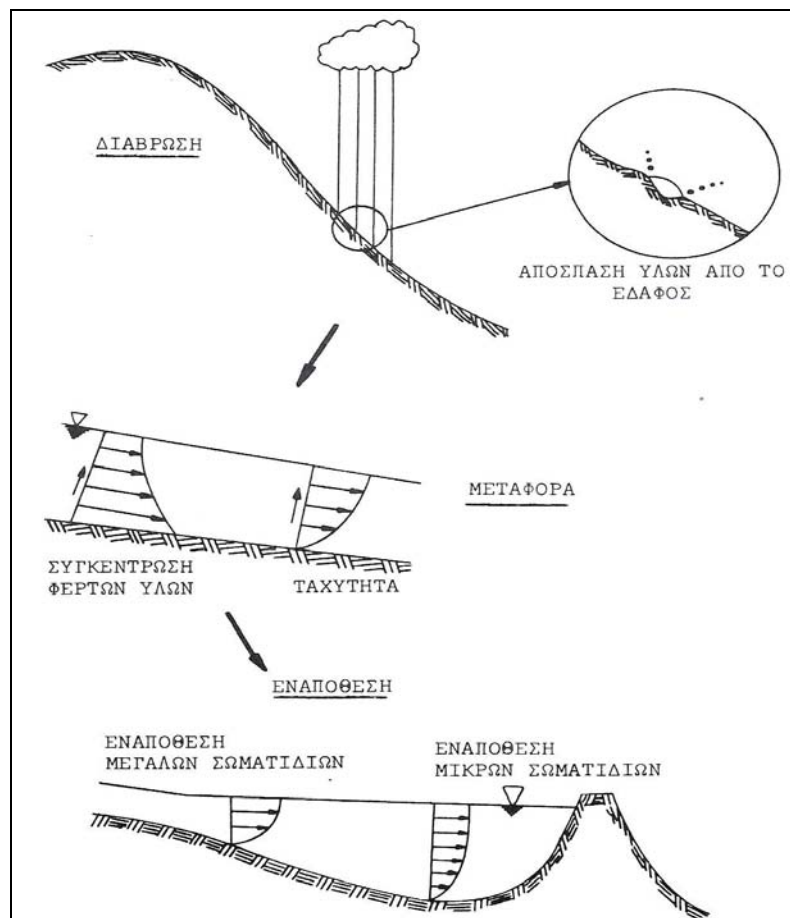
Η διάβρωση είναι μια φυσική διεργασία που άρχισε να συμβαίνει από την αρχή της ιστορίας της γης και θεωρητικά ξεκίνησε την στιγμή που έπεσε η πρώτη σταγόνα βροχής (Μιμίκου, 1994). Η συνολική διεργασία της διάβρωσης είναι ο κύριος υπεύθυνος για τον σχηματισμό εδαφών και την διαμόρφωση του γήινου τοπίου. Οι συνεχείς εναλλαγές (χωρίς καμία περιοδικότητα φυσικά) περιόδων σταθερότητας/αστάθειας-διάβρωσης, λόγω διαφορετικών συνθηκών, φυσικών ή ανθρωπογενών (π.χ. ξηρασίες, πυρκαγιές, γεωργία κα), είναι ο αρχιτέκτονας του τοπίου και του εδαφικού προφίλ της κάθε περιοχής και μάλιστα για κάθε κύκλο σταθερότητας-αστάθειας το εδαφικό προφίλ γίνεται όλο και πιο σύνθετο και περίπλοκο. Στο σχήμα 2.1 (McLaren and Cameron, 1996) φαίνεται η διαδοχική εξέλιξη του τοπίου που γίνεται συχνότερα στις λοφώδεις, ορεινές περιοχές με πολλές και έντονες κλίσεις.



Σχήμα 2.1. Χαρακτηριστική εξέλιξη εδάφους σε λόφους (McLaren and Cameron, 2006)

Αποτελεί σύνολο διεργασιών μηχανικού κυρίως χαρακτήρα που περιλαμβάνει τόσο την απόσπαση από το γήινο φλοιό εδάφους και θραυσμάτων από πετρώματα (αποσάθρωση, βλ. παρακάτω), όσο και τη μεταφορά του υλικού αυτού από φυσικούς παράγοντες (νερά, άνεμο, παγετώνες, βαρύτητα) και την απόθεσή (εναπόθεσή) του σε νέες θέσεις ως κλαστικό ίζημα. Κατά το στάδιο της εναπόθεσης το υλικό επικάθεται στα στερεά όρια των υδάτινων ροών ή σε ταμειντήρες κτλ, εξαιτίας του βάρους του και όπου και όταν οι υδραυλικές-υδροδυναμικές συνθήκες το επιτρέψουν. Ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς και εναπόθεσης έχουμε και διαφορετικούς εδαφικούς σχηματισμούς με διαφορετική συμπεριφορά ο καθένας (κολουβιακές, λιμναίες κ.α. αποθέσεις).

Η συνολική διεργασία της διάβρωσης (αποσάθρωση, μεταφορά και εναπόθεση), η οποία χαρακτηρίζεται και ως κύκλος φερτών υλών φαίνεται σχηματικά στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2. Ο κύκλος των φερτών υλών (Μιμίκου, 1994).

Η διάβρωση ως κύριος παράγοντας απόσπασης, μεταφοράς και απόθεσης των ιζημάτων παίζει σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη του ανάγλυφου δρώντας δημιουργικά (π.χ. δημιουργεί εύφορες πεδιάδες) και καταστροφικά (π.χ. απογυμνώνει από το έδαφος τους περιοχές με απότομη κλίση όπως τα ψηλά βουνά).

Μπορούμε να αντιληφθούμε τα αποτελέσματα της διάβρωσης όχι μόνο εκεί όπου το επιφανειακό έδαφος απομακρύνεται, το υπέδαφος και οι βράχοι αποκαλύπτονται και η γη διασχίζεται από μικρά ή μεγάλα αυλάκια και χαραδρώσεις, αλλά επίσης και στα κατάντη κοιλάδων ή στην κατεύθυνση πνεόντων ανέμων όπου το έδαφος καλύπτεται με άμμο και άλλες αποθέσεις, τα κανάλια φράσσονται με ιζήματα και οι υδάτινοι ταμειντήρες και οι λίμνες καλύπτονται με λάσπη.

Έχει εκτιμηθεί ότι από τα συνολικά στερεά που μπαίνουν στα ποτάμια και τους ταμιευτήρες, το 50% περίπου προέρχεται από διάβρωση αγροτικών περιοχών και το άλλο 50% από αστικές περιοχές και περιοχές κατασκευών (Μιμίκου, 1994).

Ο κύριος αποδέκτης των μεταφερόμενων από τη διάβρωση υλικών είναι η θάλασσα. Κάθε χρόνο λόγω της διάβρωσης μεταφέρονται στη θάλασσα 9 δισεκατομμύρια τόνοι εδάφους (Μιμίκου, 1994). Φυσικά, δεν είναι ίδιο το ποσό που αποσπάται μέσω διάβρωσης από το έδαφος, με το ποσό των φερτών υλών που φτάνουν στη θάλασσα. Ένα μέρος εναποτίθεται κατά μήκος της διαδρομής προς το κύριο ποτάμι και ένα άλλο μέσα στο ποτάμι. Έτσι τα υλικά που αποσπώνται λόγω διάβρωσης είναι σημαντικά περισσότερα από αυτά που φτάνουν στη θάλασσα. Ο παραπάνω ρυθμός μεταφοράς, των 9 δισεκατομμυρίων τόνων, είναι φυσιολογικός αφού το έδαφος που χάνεται αντικαθίσταται με τη δημιουργία νέου εδάφους με τις εδαφογενετικές διεργασίες.

Αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, καθώς απομακρύνεται το επιφανειακό και πλέον γόνιμο έδαφος. Αυτό συνεπάγεται τη μείωση της γονιμότητας του και την αύξηση των δαπανών για τη διατήρηση της παραγωγικότητας του (λιπάνσεις). Το πρόβλημα επιδεινώνεται με την διάβρωση να μειώνει την ικανότητα του εδάφους να αποθηκεύει νερό και να αυξάνει τις απώλειες κολλοειδών. Σε αρκετές περιπτώσεις η απόδοση του εδάφους είναι τόσο φτωχή που επιβάλλεται να αφήνεται εκτός εκμεταλλεύσεως.

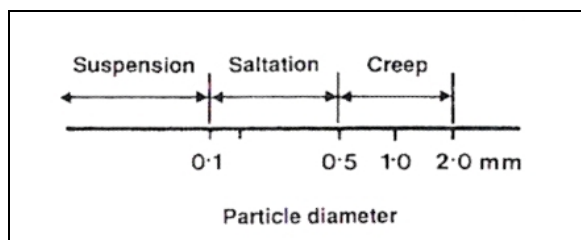
Ο κύριος υπεύθυνος για τη διάβρωση είναι η κινητική ενέργεια των σταγόνων της βροχής που πέφτουν στο έδαφος. Έχει βρεθεί πως η κινητική ενέργεια των σταγόνων της βροχής είναι 200 φορές μεγαλύτερη από αυτήν της επιφανειακής απορροής (Μιμίκου, 1994). Έτσι, μπορεί να πει κανείς, πως η βροχή παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για την απόσπαση υλικού από το έδαφος, ενώ η απορροή (επιφανειακή) προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια, το μεταφορικό μέσο, για την μεταφορά των αποσπασμένων υλικών. Έχει βρεθεί πως η ικανότητα της βροχής να αποσπά υλικά από το έδαφος (διαβρωτικότητα) είναι υπολογίσιμη από ένα όριο έντασης και πάνω. Έτσι, γενικά, μπορούμε να πούμε πως βροχές με ένταση μικρότερη από 25 mm/hr, δεν έχουν αξιόλογη διαβρωτική ικανότητα (Κουτσογιάννης, 1986). Όσον αφορά την επιφανειακή (επίγεια) απορροή, θεωρείται πως αρχικά έχει ελάχιστη διαβρωτική ικανότητα καθώς συνήθως περιορίζεται σε στρωτή ροή με ταχύτητες της τάξης των 1,5-4 cm/s και βάθη ροής μικρότερα από 3 mm. Η ροή αυτή, μαζί με την παράλληλη δράση της βροχής, περιορίζεται στην απόπλυση (wash) του εδάφους από τα πιο λεπτόκοκκα υλικά. Κατά μήκος όμως της πλαγιάς, η παροχή μεγαλώνει και σταδιακά αυξάνει και η ταχύτητά της. Όταν η ταχύτητα φτάσει στα 30 cm/s, τότε η ροή είναι τυρβώδης και έχει σημαντική διαβρωτική και μεταφορική ικανότητα, που οδηγεί σε σχηματισμό ρυακιών ή και χαντακιών (Κουτσογιάννης, 1986). Στην πράξη έχει βρεθεί πως ο όγκος της βροχής δεν επηρεάζει την επιφανειακή διάβρωση παρά μόνο η έντασή της, σε αντίθεση με τη διάβρωση σε διαμορφωμένες κοίτες (Μιμίκου, 1994).

Φυσικά, άλλη μία βασική αιτία διάβρωσης είναι ο άνεμος (αιολική διάβρωση). Η μορφή αυτή της διάβρωσης, δεν είναι πολύ διαδεδομένη στην χώρα μας κυρίως λόγω των όχι και τόσο ισχυρών ανέμων που πνέουν σε συνδυασμό με έντονα ξηροθερμικές συνθήκες. Σε κάποιες περιοχές όμως, ο άνεμος παίζει καθοριστικό ρόλο στο σχηματισμό των εδαφών. Στη Νέα Ζηλανδία για παράδειγμα τα υλικά που μεταφέρονται με τον άνεμο αποτελούν το μητρικό υλικό για τα περισσότερα εδάφη της (McLaren and Cameron, 1996). Σε τέτοιες περιοχές, όπου πνέουν πολύ ισχυροί και θερμοί άνεμοι, η διάβρωση είναι έντονο πρόβλημα καθώς με τον άνεμο μεταφέρονται υλικά από το ανώτερο και πιο γόνιμο στρώμα του εδάφους μειώνοντας σημαντικά την παραγωγικότητα.

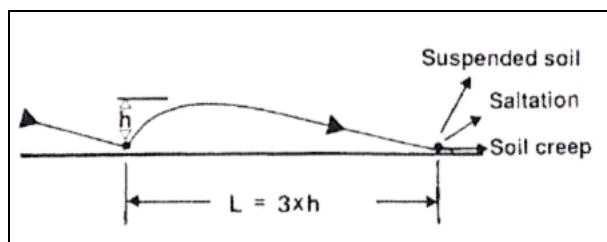
Η μεταφορά των υλικών τόσο μέσω του ανέμου, όσο και μέσω νερού, μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους 1) με αιώρηση, 2) με αναπήδηση, 3) με σύρση (Κουτσογιάννης, 1986, McLaren and Cameron, 1996, Marshall et al, 1996). Βέβαια, τα εύρη των διαμέτρων του υλικού, που μεταφέρεται με κάποιον από τους παραπάνω τρόπους, διαφέρουν αν μιλάμε για αιολική διάβρωση ή διάβρωση νερού, οι μηχανισμοί όμως παραμένουν ακριβώς ίδιοι. Ακόμα, πρέπει να αναφέρουμε πως η φύση του φαινομένου της μετακινήσεως των εδαφικών υλικών (κόκκων) είναι έντονα στατιστική και αυτό λόγω της έντονα στοχαστικής δομής της τύρβης της ροής του ρευστού (νερό ή αέρας) και άρα και των υδροδυναμικών δυνάμεων, αλλά και λόγω της τυχαίας θέσης και προσανατολισμού των κόκκων. Έτσι, ένας κόκκος δεν μεταφέρεται μονοσήμαντα με έναν συγκεκριμένο τρόπο μεταφοράς, αλλά ο τρόπος αυτός ποικίλει ανάλογα τις συνθήκες. Για τον λόγο αυτόν, για την μελέτη του φαινομένου έχει εισαχθεί η έννοια της πιθανότητας μετακίνησης ενός κόκκου (Κουτσογιάννης, 1982).

Η *αιώρηση (suspension)*, είναι ο πιο εμφανής τρόπος μεταφοράς υλικών από άνεμο σχηματίζοντας πυκνά νέφη σκόνης. Όμοια και στο νερό, η μεταφορά λεπτόκοκκων υλικών είναι εμφανής, δημιουργώντας την θολότητα (θολερότητα). Χονδρικά, θεωρούμε πως τα περισσότερα μεταφερόμενα υλικά με αιώρηση έχουν διαμέτρους μικρότερες του 0,1 mm και αποτελούν γόνιμα εδαφικά υλικά πλούσια σε οργανικά (Marshall et al, 1996). Τα υλικά αυτά μπορούν να μεταφερθούν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Με αιώρηση μεταφέρεται λιγότερο από το 15% του συνολικά μεταφερομένου υλικού από τον άνεμο (McLaren and Cameron, 1996).

Η πλειονότητα του μεταφερομένου υλικού λόγω ανέμου (50-75%) μεταφέρεται με *αναπήδηση (saltation)* (McLaren and Cameron, 1996). Οι διαμέτροι του υλικού αυτού κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 0,1 και 0,5 mm. Τα υλικά που κινούνται με αναπήδηση αιωρούνται για πολύ μικρές αποστάσεις, μην ξεπερνώντας τα 300 mm σε ύψος, και ύστερα πέφτουν στο έδαφος. Με την πτώση αυτή μπορούν να αποσπαστούν και άλλα κομμάτια από την επιφάνεια του εδάφους και να μπουν στο ρεύμα αέρα και να μεταφερθούν. Ο μηχανισμός της αναπήδησης στο νερό δεν είναι τόσο σημαντικός και γι' αυτό οι υδρολόγοι δεν τον εξετάζουν ξεχωριστά. Οι αναπηδήσεις δεν είναι τόσο μεγάλες, όσο στον άνεμο. Ωστόσο, ο μηχανισμός αυτός υπάρχει και στο νερό αλλά συγκαταλέγεται γενικά στον μηχανισμό της σύρσης (κίνηση κοντά στον πυθμένα, Κουτσογιάννης, 1982). Ο κύριος μηχανισμός ανύψωσης των υλικών αυτών είναι ο μηχανισμός της δυναμικής (αεροδυναμικής ή υδροδυναμικής) άνωσης (Bernoulli effect). Η διαδικασία της αναπήδησης, ειδικά για τον άνεμο, θεωρείται αρχική της αιώρησης και της σύρσης (McLaren and Cameron, 1996) (Σχ. 2.4).



Σχήμα 2.3. Περιοχές διαμέτρων όπου κυριαρχεί ο κάθε μηχανισμός μεταφοράς (ειδικά για αιολική διάβρωση, McLaren and Cameron, 1996).



Σχήμα 2.4. Η διαδικασία της αναπήδησης για την αιολική διάβρωση (McLaren and Cameron, 1996).

Η *σύρση* (*soil creep*) γενικά, περιλαμβάνει πολλών ειδών μετακινήσεις που γίνονται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν. Ειδικότερα, περιλαμβάνει την σύρση αυτή καθεαυτή, την κύλιση, την αναπήδηση (όταν τα βήματα είναι πολύ μικρά) και την αιώρηση πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Χονδρικά, μπορούμε να πούμε πως η διάμετρος των υλικών που κινούνται με σύρση είναι μεταξύ 0,5 μέχρι 2 mm (Marshall et al, 1996). Καθώς αυτά τα σωματίδια δεν μπορούν να ανυψωθούν, απλά σέρνονται ή κυλούνται ή αναπηδούν ελάχιστα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, υποβοηθούμενα και από τον βομβαρδισμό των υλικών που κινούνται με αναπήδηση. Το έδαφος που κινείται με τον τρόπο αυτό αντιπροσωπεύει το 5 μέχρι 25% του συνολικού κινούμενου εδάφους λόγω ανέμου (McLaren and Cameron, 1996). Στο σχήμα 2.3 φαίνονται οι περιοχές των διαμέτρων στις οποίες κυριαρχεί η κάθε διαδικασία μεταφοράς, λόγω ανέμου, ξεχωριστά. Επίσης, στο σχήμα 2.4, φαίνεται χαρακτηριστικά η κίνηση υλικών με αναπήδηση η οποία μπορεί να ευθύνεται για την έναρξη των διαδικασιών αιώρησης και σύρσης.

Με τον όρο αποσάθρωση (*decay*) ονομάζουμε τις μεταβολές στο μέγεθος, το σχήμα, την εσωτερική δομή και τη χημική σύσταση, τις οποίες δέχεται η στερεά φάση του εδάφους (πέτρωμα) κάτω από την επίδραση των παραγόντων της εδαφογένεσης (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Τέτοιοι παράγοντες, όπως το είδος και η δομή του πετρώματος, το κλίμα, η βλάστηση, η τοπογραφία και το καθεστώς των νερών, μπορούν να προκαλούν φυσικές ή μηχανικές μεταβολές, οπότε έχουμε τη φυσική αποσάθρωση, χημικές μεταβολές, οπότε έχουμε τη χημική αποσάθρωση και τέλος τη βιολογική αποσάθρωση, η οποία είναι αποτέλεσμα της δράσης των ζώντων οργανισμών (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Η αποσάθρωση είναι ο κυριότερος παράγοντας εδαφογένεσης και με αυτήν εξασφαλίζονται οι κυριότερες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Εκτιμάται ότι το 80-100% του K, Ca, Mg, P και του Fe στο έδαφος, προέρχονται από την αποσάθρωση (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Πιο συγκεκριμένα:

Η *φυσική αποσάθρωση* είναι ο κατακερματισμός των πετρωμάτων και προκαλείται από μηχανικές αιτίες, χωρίς να μεταβληθεί η χημική του σύσταση (McLaren and Cameron, 1996), όπως για παράδειγμα η εισχώρηση του νερού στο πέτρωμα, το οποίο στη συνέχεια παγώνει και λόγω διαστολής του, το πέτρωμα σπάει. Ακόμα, λόγω αυξομειώσεων της θερμοκρασίας και λόγω των ριζών των φυτών, ενισχύεται το είδος αυτό της αποσάθρωσης. Τέλος λόγω κίνησης και τριβής των εδαφικών στρώσεων έχουμε φυσική αποσάθρωση (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006).

Η *χημική αποσάθρωση* είναι η διαδικασία μεταβολής της χημικής σύστασης του μητρικού πετρώματος με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων ενώσεων και ορυκτών (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Το είδος της αποσάθρωσης αυτής συμβαίνει λόγω των χημικών αντιδράσεων του νερού με τα συστατικά του πετρώματος (ορυκτά). Οι κυριότερες διεργασίες που συμβαίνουν εδώ είναι η διάλυση, η υδρόλυση, η όξινη υδρόλυση και η οξειδωση (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Ανάλογα με τους

κλιματικούς και γεωλογικούς παράγοντες μιας περιοχής (π.χ. μέση ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία) έχουμε υπερίσχυση χημικής ή μηχανικής αποσάθρωσης

Βιολογική αποσάθρωση καλείται η αποσύνθεση των πετρωμάτων και ορυκτών, η οποία προκαλείται από τους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Η δράση των οργανισμών αυτών πάνω στη στερεά φάση είναι μηχανική και χημική, άμεση ή έμμεση. Τα φυτά είναι ίσως οι σημαντικότεροι παράγοντες της βιολογικής αποσάθρωσης. Είναι γνωστό πως οι ρίζες των φυτών και ειδικά των δένδρων, εκτός του ότι εκκρίνουν οξέα για τη διάσπαση των πετρωμάτων, ασκούν πάνω στα πετρώματα των εδαφών τεράστιες πιέσεις (Ντάφης, 1986).

Η *εδαφογένεση (pedogenesis)* είναι η διαδικασία κατά την οποία το μητρικό πέτρωμα αποσθρώνεται και μετατρέπεται σε έδαφος. Το είδος της εδαφογένεσης, η έντασή της, καθώς και τα προϊόντα της εξαρτώνται κυρίως από πέντε παράγοντες. Αυτοί είναι το μητρικό υλικό, το κλίμα, οι οργανισμοί, το τοπογραφικό ανάγλυφο και ο χρόνος (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Πιο συγκεκριμένα:

Μητρικό υλικό λέγεται το χαλαρό υλικό που προέρχεται από την αποσάθρωση των (μητρικών) πετρωμάτων και το οποίο δεν έχει ακόμα μεταβληθεί αισθητά από τις διεργασίες της εδαφογένεσης (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Η σύσταση του μητρικού υλικού, του πετρώματος σε κατάσταση αποσάθρωσης, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην πορεία της εδαφογένεσης. Οι κυριότερες ιδιότητες του μητρικού υλικού είναι η υφή, η ορυκτολογική σύσταση, η στρωμάτωση και η διαπερατότητα. Οι ιδιότητες αυτές επηρεάζουν το σχηματισμό, την εξέλιξη και την διάβρωση των εδαφών. Το μητρικό υλικό επηρεάζει την ταχύτητα σχηματισμού των εδαφών καθώς και τις φυσικοχημικές ιδιότητες αυτών (Marshall et al, 1996). Επηρεάζει επίσης την δασική βλάστηση καθώς ένα μέρος του ριζικού συστήματός της βρίσκεται πάντοτε μέσα σε αυτό. Προφανώς το μητρικό υλικό και το πέτρωμα από το οποίο προέρχεται, αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των ορεινών εδαφών, αφού λόγω των έντονων κλίσεων και της συνεχούς φυσικής διάβρωσης, υπάρχει συνεχής μεταφορά προς τα κάτω, λόγω βαρύτητας κυρίως, των έντονα αποσθρωμένων εδαφών, με αποτέλεσμα η επιφάνεια να χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο από καινούργιο, ανώριμο έδαφος. Πιθανό, τα εδάφη σε απότομες ορεινές περιοχές να μην αναπτύξουν ποτέ προφίλ ώριμου εδάφους (McLaren and Cameron 1996).

Το μητρικό υλικό ανάλογα τον τρόπο σχηματισμού και μεταφοράς του χωρίζεται στις εξής κατηγορίες (Παπαϊωάννου και Τάντος 2006): 1) Αυτόχθονο μητρικό υλικό που σχηματίζεται όταν τα προϊόντα της αποσάθρωσης μένουν στο ίδιο μέρος. 2) Αλλουβιακές αποθέσεις που χαρακτηρίζονται κυρίως από χαλαρό και λεπτόκοκκο υλικό και αποτελούν το κύριο συστατικών των εδαφών των πεδιάδων. Μεταφέρονται με το νερό των ρεμάτων και των ποταμών και γι' αυτό σχετίζονται άμεσα με τις λιμναίες και θαλάσσιες αποθέσεις. 3) Κολλουβιακές αποθέσεις που βρίσκονται συνήθως στα κατώτερα σημεία μιας πλαγιάς και οφείλουν την μεταφορά τους αποκλειστικά στην βαρύτητα με την μορφή κατολίσθησης, κατάπτωσης κα. Έχουν συχνά μεγάλη περιεκτικότητα σε μεγάλους λίθους. 4) Αιολικές αποθέσεις (loess) που αποτελούνται από τα πιο λεπτόκοκκα υλικά και μεταφέρονται με τον άνεμο. 5) Παγετωνικές αποθέσεις (till) που είναι πολύ συμπυκνωμένες και αποτελούνται από μεγάλους ογκολίθους μέσα σε αμμώδεις ή χαλικώδεις σχηματισμούς. 6) Λιμναίες και θαλάσσιες αποθέσεις που είναι οι αποθέσεις στους βυθούς των λιμνών και θαλασσών αντίστοιχα. Οι θαλάσσιες αποθέσεις παρουσιάζουν έντονα προβλήματα αλατότητας και αποστράγγισης.

Το κλίμα είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες και επιδρά τόσο στην κατεύθυνση όσο και στην ταχύτητα αποσάθρωσης των πετρωμάτων και ορυκτών για την παραγωγή μητρικών υλικών. Το ίδιο μητρικό υλικό, κάτω από διαφορετικές συνθήκες

υγρασίας και θερμοκρασίας μπορεί να δημιουργήσει διαφορετικό τύπο εδάφους. Τα χαρακτηριστικά του κλίματος, τα οποία επηρεάζουν την εξέλιξη των εδαφών είναι η υγρασία και η θερμοκρασία και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ένταση της έκπλυσης, δηλαδή της απομάκρυνσης συστατικών από το έδαφος, που παθαίνουν τα μητρικά υλικά κατά την εδαφογένεση (McLaren and Cameron, 1996). Ισχυρή έκπλυση σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση από την εδαφική ζώνη διαλυτών αλάτων, δυσδιάλυτων αλάτων (CaCO_3), ανταλλάξιμων βάσεων και λεπτής αργίλου (Marshall et al, 1996). Η έκπλυση είναι πολύ περισσότερο δραστική με την παρουσία οργανικής ουσίας που έχει όξινο χαρακτήρα, όπως είναι αυτή που προέρχεται από τα κωνοφόρα (χούμος Mor, Ντάφης, 1986, βλ. παράρτημα). Αυτό συμβαίνει γιατί ο χούμος, που δημιουργούν τα κωνοφόρα είναι όξινος. Η ισχυρή αυτή έκπλυση με την παρουσία όξινου χούμου, δημιουργεί εδάφη που είναι χαρακτηριστικά περιοχών με υγρό ψυχρό κλίμα, όπου κυριαρχούν τα δάση και κυρίως τα κωνοφόρα. Η διεργασία του σχηματισμού των εδαφών αυτών ονομάζεται Podzolization και τα εδάφη Podzol (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Όταν υπάρχει έντονη έκπλυση σε εδαφικές συνθήκες όχι τόσο όξινες, τότε έχουμε γένεση εδαφών που λέγονται Ποντοσολικά. Όταν έχουμε λίγες βροχοπτώσεις και υψηλές θερμοκρασίες το εδαφικό νερό ανεβαίνει προς την επιφάνεια και αποθέτει άλατα, κάνοντας μια λεπτή άσπρη κρούστα. Η διεργασία αυτή είναι γνωστή σαν Salinization (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Όταν έχουμε υψηλές βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες, οι οποίες παρατηρούνται σε περιοχές όπου ως φυσική βλάστηση υπάρχει δάσος τροπικού τύπου, έχουμε ισχυρή έκπλυση αλλά και γρήγορη αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Η διεργασία αυτή ονομάζεται Latosolization και τα εδάφη που σχηματίζονται ονομάζονται Latosols (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Επίδραση στην εδαφογένεση ασκεί όχι μόνο το γενικότερο κλίμα μιας ευρύτερης περιοχής, αλλά και το μικροκλίμα που συνήθως διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή, κυρίως λόγω του τοπογραφικού ανάγλυφου. Τέλος το κλίμα επιδρά και έμμεσα στην εξέλιξη των εδαφών, γιατί επηρεάζει τη σύνθεση και την ανάπτυξη της βλάστησης.

Οι *οργανισμοί* δεν είναι ανεξάρτητες μεταβλητές γιατί επηρεάζονται από το κλίμα και το έδαφος. Από τους ζωντανούς οργανισμούς, το σπουδαιότερο ρόλο παίζει η βλάστηση. Η συμβολή της βλάστησης στην εδαφογένεση είναι σημαντική (Ντάφης, 1986) γιατί η συσσώρευση της οργανικής ουσίας, η ανακύκλωση στοιχείων και η σταθερότητα της δομής προϋποθέτουν την παρουσία της στο έδαφος. Η αλλαγή της βλάστησης έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή των μορφολογικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Οι μεταβολές αυτές είναι μερικές φορές τόσο σημαντικές, ώστε το έδαφος να αλλάξει από ένα είδος εδάφους σε άλλο. Έτσι, για παράδειγμα, στην Κεντρική Ευρώπη η αντικατάσταση του δάσους δρυός με δάσος πεύκης προκαλεί την μετατροπή του εδάφους από alfisol (εδάφη όξινα, σχηματίστηκαν κάτω από δασική βλάστηση) σε spodosol (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Αυτό συνέβη γιατί αυξήθηκε η υδρόλυση και η μετακίνηση των συστατικών του εδάφους εμπλουτισμένα με όξινη οργανική ύλη. Εκτός από τους φυτικούς οργανισμούς και οι ζωικοί οργανισμοί επιδρούν στην εδαφογένεση. Ο ρόλος τους περιλαμβάνει την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, την ανάμιξη των εδαφικών υλικών, την δημιουργία οπών στο έδαφος και δομής. Οι σπουδαιότεροι ζωικοί οργανισμοί του εδάφους είναι τα έντομα, τα ακάρεα, τα σκουλήκια και τα τρωκτικά. Ο ρόλος των κατώτερων οργανισμών επίσης, όπως είναι οι λειχήνες, τα βρύα και οι μικροοργανισμοί, είναι πολύ σημαντικός. Οι οργανισμοί αυτοί επιταχύνουν τη φυσική και χημική αποσάθρωση των σκληρών πετρωμάτων, αντλούν θρεπτικά συστατικά από αυτά και συντελούν στο σχηματισμό των δευτερογενών ορυκτών (Ντάφης, 1986). Ο άνθρωπος παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο διότι επιδρά στα εδάφη κυρίως με την καλλιέργεια και τη χρησιμοποίησή τους για παραγωγή γεωργικών, δασικών και κτηνοτροφικών προϊόντων. Για το σκοπό αυτό δεν χρησιμοποιεί πάντα τους σωστούς

τρόπους καλλιέργειας και χρήσης (καλλιέργεια εδαφών με μεγάλη κλίση, υπερβόσκηση, εκτεταμένες υλοτομίες) με αποτέλεσμα την υποβάθμιση και τη διάβρωση τους.

Το τοπογραφικό ανάγλυφο επηρεάζει τις διεργασίες εδαφογένεσης, όπως η διάλυση, η υδρόλυση, η οξείδωση, η αναγωγή, η μετακίνηση και η πρόσθεση υλικών, καθώς και την εξέλιξη του εδάφους. Άλλες φορές δρα ως ανεξάρτητη μεταβλητή και άλλες φορές οι επιδράσεις του συνδυάζονται με τις επιδράσεις άλλων παραγόντων. Οι υψομετρικές διαφορές, π.χ. μεταξύ διαφόρων ορεινών περιοχών δημιουργούν διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, οι οποίες στη συνέχεια προκαλούν διαφορές στη σύνθεση της βλάστησης. Επομένως σε αυτή την περίπτωση το τοπογραφικό ανάγλυφο δρα έμμεσα στο έδαφος (Marshall et al, 1996). Όπου το τοπογραφικό ανάγλυφο εξασφαλίζει άφθονο νερό και η έκπλυση των προϊόντων των χημικών αντιδράσεων είναι μεγάλη, ο ρυθμός εξέλιξης των εδαφών είναι ταχύτερος. Στις ξηρές και ημίξερους περιοχές παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Επίσης, η κλίση του εδάφους έχει άμεση σχέση με την επιφανειακή απορροή των νερών της βροχής και των κατακρημνίσεων γενικότερα. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση του εδάφους τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφανειακή απορροή, με αποτέλεσμα να μικραίνει το ποσοστό νερών των κατακρημνίσεων που διεισδύει στο έδαφος. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μην έχουμε ικανοποιητική ανάπτυξη της βλάστησης και επομένως λιγότερη οργανική ουσία στο έδαφος και σχηματισμό οριζόντων με μικρό πάχος. Η επιφανειακή απορροή σε μεγάλες κλίσεις οδηγεί σε αυξημένη διάβρωση, με την οποία απομακρύνεται γόνιμο επιφανειακό έδαφος. Εδάφη που βρίσκονται σε απότομες πλαγιές έχουν συνήθως μικρό βάθος, είναι πετρώδη, έχουν καλή αποστράγγιση και περιέχουν περισσότερα πρωτογενή ορυκτά, αντίθετα εδάφη που βρίσκονται σε πεδινές θέσεις είναι βαθύτερα, περιέχουν περισσότερη άργιλο και δεν αποστραγγίζουν πολύ καλά.

Χρόνος. Η ηλικία ενός εδάφους είναι ο χρόνος που πέρασε από τη στιγμή κατά την οποία το μητρικό υλικό με την επίδραση του κλίματος, των οργανισμών και του τοπικού ανάγλυφου άρχισε να μετατρέπεται σε έδαφος (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία ενός εδάφους τόσο περισσότερο εξελιγμένο είναι αυτό και τόσο περισσότερο διαφέρει η μορφολογία και η σύσταση του εδάφους από τη μορφολογία και τη σύσταση του μητρικού υλικού. Δηλαδή, όσο παλιότερο είναι το έδαφος, τόσο πτωχότερο γίνεται σε διαλυτές και αποσάθρωμένες ουσίες και ορυκτά, τόσο εντονότερη γίνεται η διαφοροποίηση των εδαφικών στρωμάτων (ορίζοντες) και τόσο λιγότερο γόνιμο γίνεται το έδαφος αυτό. Ο βαθμός εξέλιξης ενός εδάφους δεν εξαρτάται μόνο από την ηλικία του, αλλά και από το ρυθμό των διεργασιών εδαφογένεσης. Κριτήρια εξέλιξης ενός εδάφους είναι οι ορίζοντες που σχηματίζονται (είδος, πάχος, ευκρίνεια, θέση), το ποσοστό των υλικών που χάθηκαν ή συσσωρεύτηκαν σε κάθε ορίζοντα και οι σχετικές ποσότητες των ανθεκτικών ή μη ανθεκτικών ορυκτών. Διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες εδαφών ανάλογα με τον χρόνο σχηματισμού (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

- Ανώριμο έδαφος (immature soils). Αυτό χαρακτηρίζεται από συσσώρευση οργανικής ουσίας στην επιφάνεια, από ελάχιστη αποσάθρωση, έκπλυση και μετακίνηση υλικών.
- Ωριμο έδαφος (mature soils).
- Παλιό έδαφος (old age soils). Χαρακτηρίζεται από πολύ προχωρημένη αποσάθρωση και έντονη έκπλυση.

Τέλος, η διάβρωση, όπως προαναφέραμε και στην αρχή, συνδέεται άμεσα με την απορροή (επιφανειακή), κυρίως στο στάδιο της μεταφοράς. Επιφανειακή (επίγεια) απορροή (overland flow) παρατηρείται όταν η ένταση της βροχής είναι μεγαλύτερη από τον ρυθμό απορρόφησης και συγκράτησης του νερού στο έδαφος (Παπαϊωάννου

και Τάντος, 2006). Αυτή άλλωστε είναι και η υπόθεση του Horton (Hortonian overland flow, σε καμένες περιοχές ή περιοχές με αραιή βλάστηση, Κουτσογιάννης, 1999). Σε περιοχές όμως όπου το έδαφος χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό συντελεστή απορροής (π.χ. όταν υπάρχει πυκνή παρεδάφια βλάστηση), η βροχή διηθείται στο σύνολό της, ακόμα και για μεγάλες εντάσεις και επίγεια απορροή παρατηρείται όταν το έδαφος κορεστεί και η επιφάνεια του υπογείου υδροφορέα φτάσει την επιφάνεια του εδάφους (επίγεια ροή λόγω κορεσμού από κάτω, Κουτσογιάννης, 1999). Στην πραγματικότητα λοιπόν, το αίτιο της επίγεια ροής ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή και τις εδαφικές συνθήκες της, χωρίς να αποκλείεται και η συνύπαρξη των δύο περιπτώσεων. Η επιφανειακή απορροή απομακρύνει σημαντικές ποσότητες νερού, που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης και των υπογείων αποθεμάτων.

Η απορρόφηση (διήθηση) (infiltration) του νερού από τα δασικά εδάφη είναι σχεδόν πάντοτε επιθυμητή. Η βλάστηση και τα φυτικά υπολείμματα ασκούν θετικότερη επίδραση στην απορρόφηση και διήθηση του νερού από το έδαφος (αυξάνουν την διηθητικότητα ή την ικανότητα διήθησης του εδάφους), μειώνοντας την επιφανειακή απορροή, τόσο στο επίπεδο πρόσληψης νερού μέσω των ριζών, όσο και στο επίπεδο μείωσης της ταχύτητας ροής της επιφανειακής απορροής, σαν φυσικά εμπόδια. Στα δασικά εδάφη, η διηθητικότητα των ανωτέρων στρωμάτων είναι πολύ μεγάλη, ώστε να μην παρατηρείται επιφανειακή (επίγεια) απορροή ακόμη και μετά από επεισόδια βροχής μεγάλης έντασης (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006, Wilde, 1958, Marshall et al, 1996). Για αυτό το λόγο, ο μηχανισμός γένεσης της επίγεια απορροής στα δασικά εδάφη, θεωρείται ο κορεσμός από κάτω (saturation overland flow, Hewlett, 1961 από Κουτσογιάννης, 1999).

Η ικανότητα διήθησης του εδάφους εξαρτάται γενικώς πέρα από την βλάστηση, από τον τύπο του εδάφους, την υγρασία του, το ποσοστό των οργανικών υλών και την εποχή (Μιμίκου, 1994). Ο πιο βασικός παράγοντας όμως, είναι το πορώδες (μη τριχοειδές), που επηρεάζει την ικανότητα αποθήκευσης του εδάφους και την αντίστασή του στη ροή μέσα σε αυτό. Η διήθηση αυξάνεται με το πορώδες, συνεπώς εδάφη πλούσια σε λεπτά αργιλώδη υλικά, δηλαδή εδάφη με πολύ χαμηλό ενεργό πορώδες, είναι πολύ ευάλωτα στην διάβρωση. Επιπλέον, η αύξηση των οργανικών υλών αυξάνει την ικανότητα διήθησης, ενώ η ύπαρξη υγρασίας στο έδαφος (πιθανόν από προηγούμενα κατακρημνίσματα) μειώνει την διήθηση (Μιμίκου, 1994). Έτσι, αν κατά το χρόνο της βροχόπτωσης το έδαφος είναι ξηρό, το νερό της βροχής κινείται με ευκολία στο εσωτερικό του εδάφους από τους πόρους και τα ανοίγματα που υπάρχουν στην επιφάνεια του ξηρού εδάφους και η ταχύτητα της διήθησης είναι μεγάλη. Με την πάροδο του χρόνου και ενώ η βροχόπτωση συνεχίζεται, κλείνουν σταδιακά τα ανοίγματα και οι πόροι, είτε με διόγκωση του εδάφους, που προκαλείται από την αύξηση της υγρασίας (οι τριχοειδείς πόροι γεμίζουν με νερό), είτε με τη μεταφορά κόκκων στα ανοίγματα και τους πόρους, που προέρχονται από την κρούση σταγόνων, στην επιφάνεια του εδάφους. Όταν το έδαφος κορεστεί σε νερό, η διήθηση ελαχιστοποιείται και αρχίζει η επιφανειακή (επίγεια) απορροή (δεχόμαστε για τα δασικά εδάφη με πλούσια βλάστηση, την απορροή λόγω κορεσμού από κάτω, Κουτσογιάννης, 1999). Η διήθηση και η πορεία της με τον χρόνο παριστάνεται με την καμπύλη του Horton (1933, από Μιμίκου, 1994), γνωστή και σαν καμπύλη ικανότητας διήθησης και μας δείχνει πως όσο ο βαθμός κορεσμού αυξάνει, η διηθητικότητα μειώνεται εκθετικά.

$$f_m = f_c + (f_o - f_c e^{-kt}), \text{όπου}$$

- f_m , η ικανότητα διήθησης με το χρόνο,
 f_o , η μέγιστη ικανότητα διήθησης για χρόνο 0 (αρχή επεισοδίου)
 f_c , ο ελάχιστος σταθερός ρυθμός διήθησης στον πλήρη κορεσμό
 k , εμπειρική σταθερά
 t , ο χρόνος από την έναρξη της κατακρήμνισης.

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο όρος διάβρωση γενικά, περιλαμβάνει την εδαφική διάβρωση και την διάβρωση της κοίτης και των όχθων των υδατορεμάτων σημαντικών διαστάσεων. Η εδαφική διάβρωση ως όρος, χρησιμοποιείται για αντιδιαστολή με την διάβρωση των υδατορεμάτων. Η εδαφική διάβρωση χαρακτηρίζεται και ως επιφανειακή διάβρωση (sheet erosion, Κουτσογιάννης, 1986).

Τη διάβρωση του εδάφους ανάλογα με τον μηχανισμό απόσπασης και μεταφοράς την διακρίνουμε σε (McLaren and Cameron, 1996, Marshall et al, 1996):

- 1) Διάβρωση νερού (*water erosion or erosion by water*)
- 2) Αιολική διάβρωση (*wind erosion or erosion by wind*)

Τη διάβρωση του εδάφους ανάλογα με την αιτία της, τη διακρίνουμε σε (Οικονόμου και Νάκος, 1990, McLaren and Cameron, 1996, Marshall et al, 1996):

- 1) γεωλογική ή κανονική ή φυσική (*normal erosion*)
- 2) ακανόνιστη ή επιταχυνόμενη (*accelerated erosion*)

Η γεωλογική ή κανονική ή φυσική διάβρωση συμβαίνει σε φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος (κλίματος, βλάστησης, κλπ χωρίς ανθρώπινη επέμβαση) και οι απώλειες εδάφους είναι σχετικά μικρές, της τάξης των 50 Kg/έτος/ha (McLaren and Cameron, 1996).

Η δεύτερη κατηγορία διάβρωσης, δηλαδή η επιταχυνόμενη ή ακανόνιστη, είναι βασικά αποτέλεσμα κυρίως ανθρώπινων δραστηριοτήτων και σε μερικές περιπτώσεις ζωικών. Οφείλεται κυρίως στην υποβάθμιση των δασών και δασικών εκτάσεων από τις πυρκαγιές, τη βοσκή, τις υλοτομίες, τις εκχερσώσεις, καθώς και σε ορισμένες καλλιεργητικές και αρδευτικές πρακτικές και οδηγεί κατά κανόνα στην υποβάθμιση των εδαφών και του περιβάλλοντος γενικότερα. Οι απώλειες εδαφικού υλικού σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ ταχύτερες και ποσοτικά μεγαλύτερες των προηγούμενων.

Οι σπουδαιότεροι τύποι της ακανόνιστης ή επιταχυνόμενης διάβρωσης είναι (Οικονόμου και Νάκος, 1990):

- Επιφανειακή.
- Αυλακωτή.
- Χαραδρωτική.

Επιφανειακή διάβρωση (sheet erosion) καλείται η απομάκρυνση ενός λεπτού (σχεδόν ομοιόμορφου) επιφανειακού εδαφικού στρώματος, λόγω της συνδυασμένης διαβρωτικής δράσης της βροχής και απορροής. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται και πιο γενικά, για την περιγραφή και φυσικής διάβρωσης. Συχνά, στην επιφανειακή διάβρωση συγκαταλέγεται και η διάβρωση ρυακιών (*rill erosion*), που είναι η απομάκρυνση εδάφους από τοπικά συγκεντρωμένες ροές, που σχηματίζουν ένα δίκτυο αυλακιών (ρυακιών), μικρής και ασταθούς διατομής. Διαφέρει όμως από την διάβρωση χαντακιών (*gully erosion*), που είναι η απομάκρυνση εδάφους από ροές σε σαφώς διαμορφωμένες κοίτες (Κουτσογιάννης, 1986). Η επιφανειακή διάβρωση μπορεί να

μην εμφανίζεται σε μεγάλη έκταση ομοιόμορφα, αλλά να παρουσιάζονται πολλές κηλίδες, ανάλογα τις τοπικές (σημειακές) εδαφικές συνθήκες. Αυτή η διάβρωση συχνά ξεχωρίζεται από την επιφανειακή και χαρακτηρίζεται ως κηλιδωτή (Παπαμίχος, 1990).

Αυλακωτή (gully erosion) είναι εκείνη η διάβρωση που στην επιφάνεια του εδάφους παρουσιάζονται πολυάριθμα μικρά αυλάκια βάθους λίγων εκατοστών μέχρι 50 cm περίπου. Εμφανίζονται κυρίως σε πρόσφατα καλλιεργούμενες εκτάσεις και συνήθως εξαφανίζονται με την άροση. Τέλος όταν ικανές ποσότητες νερού συγκεντρώνονται σε μικρό διάστημα σε στενά αυλάκια οδηγούν στο βάθεμα και πλάτεμά τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία *χαραδρώσεων* των οποίων το βάθος μπορεί να ποικίλει από 50 cm μέχρι και 3 m (Οικονόμου και Νάκος, 1990).

Σηραγγώδης διάβρωση (tunnel erosion) είναι μια μορφή διάβρωσης λόγω νερού, πιο σπάνια από τις προηγούμενες, που ξεκινά από τα κατώτερα εδαφικά στρώματα. Συμβαίνει λόγω κορεσμού των κατωτέρων στρωμάτων, με αποτέλεσμα, αν είναι χαμηλής αντοχής και σε μεγάλη κλίση, να γίνονται ασταθή και να δημιουργούνται “σωλήνες” ή κενά κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, λόγω υπόγειας ροής νερού (διασωλήνωση). Σε προχωρημένο στάδιο, τα κενά μπορεί να φτάσουν μέχρι την επιφάνεια, προκαλώντας βαθιά χαντάκια (gully) ή να προκληθούν μαζικές καθιζήσεις και κατολισθήσεις (Παπαμίχος, 1990).

Στη χώρα μας το φαινόμενο της επιταχυνόμενης διάβρωσης είναι ιδιαίτερα εκτεταμένο και έντονο, και παρατηρείται τόσο στα γεωργικά όσο και στα δασικά εδάφη, γεγονός που οφείλεται (Οικονόμου και Νάκος, 1990):

- Στο έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο.
- Στο Μεσογειακό τύπο κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος, υγρό και ψυχρό χειμώνα και πολλά επεισόδια ραγδαίων βροχών.
- Στις επανειλημμένες καταστροφικές πυρκαγιές που έπληξαν και πλήττουν την Ελληνική ύπαιθρο, όπως επίσης και στη μη ορθολογική χρήση των γαιοπόρων κατά τη μακρόχρονη ιστορική μας διαδρομή, αποτέλεσμα πολλές φορές εκτάκτων αναγκών και αντιμετώπισης ανυπέρβλητων δυσκολιών και επιβίωσης του λαού μας.
- Στο σχετικά μεγάλο ποσοστό, περίπου 40%, αδιαπέρατων από το νερό πετρωμάτων.
- Στην καλλιέργεια επικλινών εδαφών χωρίς τα στοιχειώδη μέτρα προστασίας κατά της διάβρωσης.
- Στην σημερινή έντονη και ανεξέλεγκτη υπερβόσκιση.

Για την ποιοτική και ποσοτική περιγραφή της διάβρωσης χρησιμοποιούνται τα εξής μεγέθη (Κουτσογιάννης, 1986):

Εδαφική απώλεια (soil loss) είναι η ποσότητα εδαφικού υλικού που τελικά απομακρύνεται από μια έκταση σε δεδομένο χρόνο. Προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ της ποσότητας του εδαφικού υλικού που απομακρύνθηκε (διαβρώθηκε) και του εδαφικού υλικού που αποτέθηκε στην ίδια έκταση. Εκφράζεται σε μονάδες μάζας/επιφάνεια (π.χ. kg/m²) (Κουτσογιάννης, 1986).

Στερεοαπορροή (sediment yield) είναι η συνολική ποσότητα φερτών υλικών που διέρχονται από μια διατομή αναφοράς (π.χ. διατομή ποταμού) σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Εκφράζεται σε μονάδες μάζας και πολλές φορές ανάγεται στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής ανάντη της διατομής αναφοράς (Κουτσογιάννης, 1986).

Στερεοπαροχή (sediment discharge) ονομάζεται ο στιγμιαίος ρυθμός μεταφοράς των φερτών που παρατηρείται στη διατομή αναφοράς. Μονάδα μέτρησης είναι μάζα/χρόνος (π.χ. kg/s). Τα φερτά υλικά, που κάποια καθορισμένη στιγμή μετακινούνται από τη ροή αποδίδονται με τον όρο φορτίο (load) (Κουτσογιάννης,

1986). Σημειώνεται πως οι δύο παραπάνω όροι δεν είναι ταυτόσημοι αν και ο ένας συνεπάγεται τον άλλον. Ο πρώτος δείχνει ποσότητα και ο δεύτερος ρυθμό.

Σε ένα υδατόρεμα το φορτίο (load) μπορεί να διακριθεί σε (Μιμίκου, 1994):

- Φορτίο σε σύρση ή πυθμένα (bed load). Χονδρόκοκκα υλικά που κινούνται στην κοίτη ή πολύ κοντά σε αυτή, όπου επικρατεί ο μηχανισμός σύρσης και της κύλισης.
- Φορτίο απόπλυσης (wash load). Λεπτόκοκκα στερεά που κινούνται στο νερό εξ' ολοκλήρου σε αιώρηση.
- Φορτίο σε αιώρηση (suspended load). Τα συνολικά στερεά που κινούνται είτε με αιώρηση, είτε με κύλιση, περιβάλλονται από νερό. Περιέχεται εδώ και το προηγούμενο φορτίο απόπλυσης.

Με βάση την προέλευση του υλικού, διακρίνεται σε :

- Φορτίο υλικού κοίτης (bed sediment load) που προέρχεται κυρίως από τη διάβρωση της κοίτης του υδατορέματος και μετακινείται με σύρση και με αιώρηση.
- Φορτίο χωμάτων ή απόπλυσης (sediment load) που προέρχεται κυρίως από τη διάβρωση της λεκάνης απορροής. Τα υλικά αυτά είναι γενικά πολύ πιο λεπτόκοκκα από το υλικό της κοίτης (ιλύς-άργιλος) και μετακινείται ελάχιστα με σύρση και κύλιση και περισσότερο με το μηχανισμό της αιώρησης. Γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως φορτίο απόπλυσης (wash load, Κουτσογιάννης, 1986).

Οι φερτές ύλες περιγράφονται με βάση τις διαστάσεις τους, τη μορφή τους, την πυκνότητά τους, την ταχύτητα καθίζησης και την κοκκομετρική τους διαβάθμιση. Το μέγεθος του κόκκου περιγράφεται από την *φαινόμενη διάμετρο* (d_a) και είναι η διάμετρος της σφαίρας που έχει τον ίδιο όγκο με τον κόκκο (Μιμίκου, 1994). Η μορφή περιγράφεται από 2 άλλες παραμέτρους, την *σφαιρικότητα* και την *στρογγυλότητα*. Η *πυκνότητα* των κόκκων (ρ_s) ποικίλει από 2500 kg/m^3 μέχρι 5000 kg/m^3 . Για τα συνήθη Ελληνικά εδάφη ένας καλός μέσος όρος είναι $\rho_s=2650 \text{ kg/m}^3$ (Μιμίκου, 1994). Η *ταχύτητα καθίζησης* στο νερό είναι η ταχύτητα πτώσης του κόκκου μέσα στο νερό και είναι συνάρτηση της φαινόμενης διαμέτρου (d_a), της πυκνότητας (ρ_s) και της μορφής του κόκκου, της πυκνότητας του νερού (ρ) και της κινηματικής συνεκτικότητας του νερού (ν). Είναι καθοριστική παράμετρος ειδικά στο στάδιο της εναπόθεσης. Τέλος, η *κοκκομετρική διαβάθμιση* των φερτών είναι μία στατιστική κατανομή φαινόμενης διαμέτρου (d_a) ενός φυσικού δείγματος φερτών και περιγράφεται με τη μορφή καμπύλης, γνωστή ως κοκκομετρική καμπύλη. Η καμπύλη αυτή είναι σημαντική στην μελέτη και τον προσδιορισμό της έντασης και έκτασης της διάβρωσης μιας περιοχής (Μιμίκου, 1994).

Το δασικό έδαφος, λόγω της μακροχρόνιας δράσης των παραγόντων της εδαφογένεσης, διαφοροποιείται σε σχέση με το βάθος του. Αυτή η διαφοροποίηση αναφέρεται στο σχηματισμό διακεκριμένων στρώσεων στο εσωτερικό του εδάφους, συνήθως παραλλήλων προς την επιφάνειά του. Οι στρώσεις αυτές, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το πάχος, το χρώμα, τη δομή, την υγρασία τους, την περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία, ρίζες και γενικότερα τη σύστασή τους. Οι στρώσεις αυτοί ονομάζονται γενετικοί ορίζοντες ή απλά ορίζοντες (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Η εικόνα που συνθέτουν στο σύνολό τους αποτελεί το εδαφικό προφίλ (εδαφοτομή)

Οι ορίζοντες, αυτοί που προκύπτουν από τις εδαφογενετικές διεργασίες, αντικατοπτρίζουν την γενετική ιστορία του εδάφους. Έδαφος στο οποίο δεν μπορούν να διακριθούν ορίζοντες, θεωρείται εξ' ολοκλήρου από μητρικό υλικό ή υλικό που βρίσκεται σε χρόνο εξέλιξης μηδέν, όπως για παράδειγμα οι ποτάμιες αποθέσεις, ή πολύ ισχυρά διαβρωμένα εδάφη, όπως τα ορεινά εδάφη σε πολύ απότομες κλίσεις. Σε πολλά εδάφη, οι ορίζοντες παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες και έτσι μπορούμε να τους

κατατάξουμε γενικά σε χαρακτηριστικούς ορίζοντες. Οι βασικοί χαρακτηριστικοί εδαφικοί ορίζοντες είναι 4 και συμβολίζονται με τα κεφαλαία O, A, B, C και R (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Φυσικά, ένα έδαφος μπορεί να έχει ορίζοντες αλλά όχι όλους τους παραπάνω βασικούς, ανάλογα τις συνθήκες εδαφογένεσης, διάβρωσης και ανθρωπογενών παρεμβάσεων.

- O-επιφανειακός ορίζοντας. Πρόκειται για οργανικό ορίζοντα που η περιεκτικότητά του σε οργανική ύλη ξεπερνά το 20-30% και σχηματίζεται στην επιφάνεια του εδάφους. Συχνά ταυτίζεται με τον εδαφικό χούμο.
- O A-ορίζοντας. Είναι ανόργανος ορίζοντας που σχηματίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν, συνήθως κάτω από τον O. περιέχει και αυτός μεγάλες ποσότητες οργανικής ουσίας, κυρίως λόγω της εγγύτητάς του με τον O.
- O B-ορίζοντας. Οι ορίζοντες αυτοί έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό το ότι αποτελούνται από υλικά που εκπλύνονται από τους υπερκείμενους ορίζοντες. Βρίσκονται κάτω από τον A και η περιεκτικότητά τους σε οργανικά είναι ελάχιστη. Ελάχιστες είναι και οι ρίζες που φτάνουν ως εδώ.
- O C-ορίζοντας. Είναι ανόργανος ορίζοντας που είναι έξω από την ζώνη των βιολογικών διεργασιών και πολύ λίγο επηρεάζεται από τις εδαφογενετικές διεργασίες. Συχνά μοιάζει με το μητρικό υλικό.
- O R-ορίζοντας. Αποτελεί το συμπαγές πέτρωμα από το οποίο προκύπτει τόσο το μητρικό υλικό, όσο και το υπερκείμενο έδαφος. Τυπικά, ο ορίζοντας αυτός δεν είναι εδαφικός, αλλά συμπληρώνει και ολοκληρώνει το εδαφικό προφίλ.

2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

2.3.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Όσον αφορά την *αιολική διάβρωση*, ο πρώτος παράγοντας που την επηρεάζει είναι η υγρασία του εδάφους (Marshall et al, 1996). Για να συμβεί η αιολική διάβρωση το έδαφος πρέπει να είναι πολύ ξηρό. Υγρά ή κάθυγρα εδάφη δεν διαβρώνονται από τον άνεμο (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Για τον λόγο αυτό ισχυροί ξηροθερμικοί άνεμοι, που μπορούν να ξεράνουν το έδαφος, αυξάνουν τον κίνδυνο της αιολικής διάβρωσης. Η ταχύτητα του ανέμου φαίνεται να είναι ο δεύτερος παράγοντας. Όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπερνάει μια συγκεκριμένη τιμή (30-40 Km/h, McLaren and Cameron, 1996), αρχίζει η μεταφορά εδαφικών υλικών. Η μεταφορά των υλικών αυξάνει εκθετικά συναρτήσει της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου. Ο τρίτος παράγοντας είναι η τραχύτητα του εδάφους η οποία είναι πολύ σημαντική καθώς επηρεάζει (μειώνει) την ταχύτητα του ανέμου πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και μέχρι ένα ύψος 300 mm (McLaren and Cameron, 1996). Ο τέταρτος βασικότερος παράγοντας είναι η βλάστηση η οποία επιδρά και στην τραχύτητα και στην συνοχή του εδάφους. Η σχέση μεταξύ των παραγόντων είναι πολύ περίπλοκη και δεν μπορεί να περιγραφεί με μια μαθηματική σχέση. Γενικά,

$$E = f(I, W, H, L, V)$$

Όπου I είναι η διαβρωσιμότητα του εδάφους που συνδέεται με την ποσοστιαία αναλογία των υλικών μικρότερων από μια συγκεκριμένη διάμετρο (0,84 mm, McLaren and Cameron, 1996). Το W είναι ο κλιματικός παράγοντας που παριστάνει το καθεστώς των τοπικών ανέμων, το H η τραχύτητα του εδάφους και το L είναι το μήκος της υπό εξέταση έκτασης κατά μήκος της διεύθυνσης του ανέμου. Τέλος το V

αντιπροσωπεύει τη βλάστηση που καλύπτει την έκταση μελέτης όσον αφορά το είδος και την ποσότητα της βλάστησης (Marshall et al, 1996).

2.3.2 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

Όσον αφορά την διάβρωση νερού, που είναι και ο κύριος μηχανισμός διάβρωσης της χώρας μας, προκύπτει ως το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης δύο βασικών παραμέτρων, της βροχής και του εδάφους (Marshall et al, 1996). Η βασική αιτία της απώλειας του εδάφους είναι το νερό της βροχής που ενεργεί επί του εδάφους. Το δε μέγεθος της, εξαρτάται από την ικανότητα (δύναμη) του νερού να προκαλεί διάβρωση αφενός και την ευαισθησία (τρωτότητα) του εδάφους αφετέρου, να υφίσταται διάβρωση (McLaren and Cameron, 1996, Marshall et al, 1996).

Η διάβρωση του εδάφους από το νερό της βροχής μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα πέντε κυρίων παραγόντων, που είναι (Μιμίκου, 1994):

- Η διαβρωτικότητα της βροχής
- Η διαβρωσιμότητα του εδάφους
- Το μήκος και η κλίση της πλαγιάς.
- Η φυτοκάλυψη.
- Η ανθρώπινη επίδραση.

Πολύχρονη εμπειρία και έρευνες έδειξαν ότι οι απώλειες εδάφους λόγω διάβρωσης από το νερό της βροχής σε γεωργικά κυρίως εδάφη μπορούν να υπολογισθούν από την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (Universal soil loss equation, McLaren and Cameron, 1996):

$$A = R * K * L * S * C * P, \text{ όπου:}$$

A = Εδαφική Απώλεια (soil loss) σε Kg/m²

R = Συντελεστής Διαβρωτικότητας Βροχής (Rainfall Erosivity Factor).

K = Συντελεστής Διαβρωσιμότητας Εδάφους (Soil Erodibility Factor).

L = Συντελεστής Μήκους Πρανούς (Slope Length Factor)

S = Συντελεστής Κλίσης Πρανούς (Slope Gradient Factor).

C = Συντελεστής Διαχείρισης της Φυτοκάλυψης (Crop Management Factor).

P = Συντελεστής Ελέγχου Διάβρωσης (Conservation Practice Factor or Erosion Control Factor).

Η παραπάνω σχέση μπορεί να προσαρμοστεί στο μετρικό σύστημα S.I. και να μετατραπεί στην παρακάτω μορφή (Κουτσογιάνης, 1986):

$$A = 0,224 * R * K * L * S * C * P$$

Στη συνέχεια, κάθε συντελεστής περιγράφεται ξεχωριστά και με αυτό τον τρόπο αναλύουμε περισσότερο τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την διάβρωση του εδάφους από το νερό:

- Συντελεστής Διαβρωτικότητας Βροχής R

Διαβρωτικότητα (Erosivity) ενός επεισοδίου (βροχής) είναι το αποτέλεσμα της έντασης και της διάρκειας του, όπως επίσης και της μάζας, διαμέτρου και ταχύτητας των σταγόνων (McLaren and Cameron, 1996).

Ο συντελεστής αυτός είναι το μέτρο της αποτελεσματικότητας της βροχής ως προς την διάβρωση. Ο συντελεστής αυτός έχει πρακτικό νόημα για ετήσια βάση. Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια τιμή του P πρέπει να υπολογιστεί η ακολουθία τιμών του

συντελεστή για όλα τα επεισόδια βροχής μιας χρονικής περιόδου N ετών, να ληφθεί το άθροισμα και να διαιρεθεί με το N.

Λόγω της πολυπλοκότητας της διαδικασίας υπολογισμού του συντελεστή έχουν αναπτυχθεί εμπειρικές σχέσεις με απλούστερα υπολογιζόμενες παραμέτρους βροχής, όπως το ετήσιο ύψος βροχής. Τέτοιες είναι οι παρακάτω σχέσεις:

$$R = E * I_{30} \text{ και } E = 1/2 * m * v^2 \text{ (Οικονόμου και Νάκος 1990), όπου:}$$

m = μάζα.

v = ταχύτητα των σταγόνων της βροχής.

I₃₀ = μέγιστη μέση ένταση της βροχής ανά ώρα που καταγράφεται από βροχογράφους σε οποιαδήποτε περίοδο 30 λεπτών της ώρας κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου.

Επίσης έναν άλλο εμπειρικό τρόπο υπολογισμού αποτελεί η σχέση (Kirkby and Morgan, 1980):

$$R/P = 0.50, \text{ με σφάλμα } 5\%, \text{ όπου:}$$

R = Μέσος Ετήσιος Συντελεστής Διαβρωτικότητας.

P = Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχής (σε mm).

Έτσι, για την περιοχή της Αθήνας π.χ., το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι περίπου 400 mm οπότε ο συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής είναι R = 200.

- Συντελεστής Διαβρωσιμότητας Εδάφους K

Διαβρωσιμότητα (erodibility) ορίζεται η αντίσταση του εδάφους στην απόσπαση και μεταφορά του (McLaren and Cameron, 1996). Αντανακλά το γεγονός ότι διαφορετικά εδάφη διαβρώνονται κατά διαφορετικό ποσοστό όταν οι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση είναι οι ίδιοι. Αν και η αντίσταση αυτή επηρεάζεται σοβαρά από την τοπογραφική θέση, την κλίση της πλαγιάς και τη διατάραξη από τον άνθρωπο, εν τούτοις οι ιδιότητες του εδάφους είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες. Η διαβρωσιμότητα του εδάφους εξαρτάται κυρίως από την υφή και δομή του εδάφους, τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων, την υδατοδιαπερατότητα, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και τις χημικές του ιδιότητες (Marshall et al, 1996, Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Ο συντελεστής K δίνεται από τη σχέση (Κουτσογιάννης, 1986):

$$100K = 2,1 * 10^{-4} * M^{1,14} * (12 - \alpha) + 3,25 * (b - 2) + 2,5 * (c - 3)$$

και

$$M = P_s * (100 - P_c) \text{ όπου}$$

M = Παράμετρος Μεγέθους Κόκκων.

α = Ποσοστό Οργανικού Εδαφικού Υλικού (%).

b = Κωδικός Εδαφικής Δομής.

c = Κωδικός Διαπερατότητας Εδάφους.

P_s = Ποσοστό Ιλύος και πολύ Λεπτής Άμμου (%) (διάμετρος κόκκων 0,002-0,1 mm).

P_c = Ποσοστό Αργίλου στο Έδαφος (%) (διάμετρος κόκκων <0,002 mm).

Η παραπάνω εξίσωση ισχύει για τιμές P_s μικρότερες του 70. Οι τιμές των παραμέτρων α, b και c είναι ανάλογες της εδαφικής δομής και της διαπερατότητας του εδάφους. Ο κωδικός εδαφικής δομής παίρνει τιμές από 1 (για πολύ λεπτοκοκκώδη εδάφη) μέχρι 4 (για τεμαχισμένη ή πλακώδη δομή). Ο κωδικός διαπερατότητας παίρνει

τιμές από 1 (για πολύ διαπερατά εδάφη) μέχρι 6 (για πρακτικά αδιαπέρατα εδάφη) (Κουτσογιάννης, 1986).

Η τιμή του δείκτη διαβρωσιμότητας όταν δεν έχει προσδιοριστεί από σχετικά πειραματικά δεδομένα μπορεί να βρεθεί από νομογραφήματα που χρησιμοποιούν το ποσοστό της ιλύος μαζί με το ποσοστό της πολύ λεπτής άμμου, το ποσοστό της άμμου, την οργανική ουσία, τη δομή του εδάφους και την υδατοδιαπερατότητά του.

Γενικά μεγάλα σωματίδια είναι ανθεκτικότερα στη μεταφορά ενώ τα πολύ λεπτά, λόγω των δυνάμεων συνοχής, ανθίστανται στην απόσπαση τους. Λιγότερο ανθιστάμενα σωματίδια είναι η ιλύς και η πολύ λεπτή άμμος. Επιπλέον, εδάφη πλούσια σε αργιλικά έχουν χαμηλή διαπερατότητα, με αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή (επίγεια) απορροή. Έτσι, γενικώς τα αργιλικά εδάφη θεωρούνται πιο επιρρεπή στην διάβρωση. Εδάφη καλής δομής και σταθερών συσσωματωμάτων είναι ανθεκτικότερα στη διάβρωση (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Η οργανική ουσία και τα χημικά συστατικά του εδάφους είναι επίσης σημαντικά γιατί επηρεάζουν τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων (DeBano et al, 1986). Εδάφη με μικρή περιεκτικότητα (<2%) οργανικής ουσίας θεωρούνται ως διαβρώσιμα στις Η.Π.Α. Μεγάλη επίσης περιεκτικότητα σε δισθενείς βάσεις κάνει τα εδάφη πιο σταθερά γιατί ενισχύονται οι χημικοί δεσμοί των συσσωματωμάτων. Αντίθετα τα μονοσθενή κατιόντα (π.χ. Na^+) διαμερίζουν το έδαφος, αποδυναμώνοντας τους δεσμούς των συσσωματωμάτων (Οικονόμου και Νάκος, 1990).

Η υγρασία παίζει και αυτή σπουδαίο ρόλο. Καθώς το έδαφος υγραίνεται αδυνατίζουν τα συσσωματώματα γιατί προκαλείται διόγκωση καθώς το νερό απορροφάται από τα σωματίδια της αργίλου και μειώνεται η συνεκτικότητα. Γρήγορη ύγρανση μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση των συσσωματωμάτων.

Ειδικότερα, ο μηχανισμός πρόσληψης από λεπτόκοκκα εδάφη και κυρίως αργιλικά προσλαμβάνουν νερό μέσω ηλεκτρικών δυνάμεων. Οι κόκκοι της αργίλου έχουν τη μορφή λεπτών πλακιδίων που είναι θετικά φορτισμένα στις αιχμές και αρνητικά στις μεγάλες επιφάνειες. Έτσι, όταν το έδαφος είναι ξηρό δημιουργεί συσσωματώματα λόγω της ηλεκτρικής συγκόλλησης των πλακιδίων. Με την παρουσία νερού τα μόριά του, τα οποία είναι ηλεκτρικά δίπολα, έλκονται από τα πλακίδια και προσκολλούνται επί αυτών. Συνεπώς, σε συνθήκες αφθονίας νερού, το νερό κάνει συμπαγείς στρώσεις γύρω από κάθε αργιλικό πλακίδιο με αποτέλεσμα τα συσσωματώματα να καταστρέφονται και η αντοχή του εδάφους να μειώνεται σημαντικά, καθώς δεν υφίσταται διατμητική αντοχή στο νερό (Καββαδάς, 2005). Συνεπώς, για τον παραπάνω λόγο και λόγω της ύπαρξης πολύ μικρού μη τριχοειδούς πορώδους και άρα έντονες επιφανειακές απορροές, τα αργιλικά εδάφη είναι τα πιο ευαίσθητα στη διάβρωση.

Η διηθητική ικανότητα από την πλευρά της είναι αρκετά σημαντική. Όσο μεγαλύτερη είναι η διηθητική ικανότητα τόσο λιγότερο νερό απορρέει επιφανειακά και κατά συνέπεια λιγότερο έδαφος παρασύρεται και χάνεται. Κατά την είσοδο του νερού στο έδαφος, η διήθηση εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι βλάστησης, τη σύσταση και το πορώδες του εδάφους και την ποσότητα του οργανικού υλικού, όπως έχει προαναφερθεί και στη πρώτη παράγραφο του κεφαλαίου 3.1. Πολύ καθοριστικός παράγοντας στην διηθητικότητα, είναι επίσης και η κατάσταση της επιφανείας του εδάφους από τις ανθρώπινες επεμβάσεις (McLaren and Cameron, 1996)

- Τοπογραφικοί Συντελεστές L και S

Ο συντελεστής κλίσης, S, είναι ο λόγος της απώλειας εδάφους μιας συγκεκριμένης πλαγιάς προς τις απώλειες μιας πλαγιάς κλίσης $9^{\circ}/_{00}$ (Kirkby and Morgan, 1980) Σε επίπεδες επιφάνειες η διάβρωση είναι αμελητέα. Εκεί το πρόβλημα είναι οι αποθέσεις. Όσο η κλίση αυξάνεται η ταχύτητα απορροής μεγαλώνει, καθώς και

ο κίνδυνος διάβρωσης. Θεωρητικά διπλασιασμός της ταχύτητας του νερού τετραπλασιάζει τη διαβρωτική του ικανότητα και επιτρέπει να μεταφέρει 32 φορές περισσότερο υλικό (Marshall et al, 1996). Η επιφανειακή επίσης κατακράτηση νερού μειώνεται καθώς η κλίση αυξάνεται. Πάντως, αξίζει να αναφέρουμε πως η κλίση από μόνη της μπορεί να μην επηρεάζει την διάβρωση, αν και γενικά θεωρείται μείζων διαβρωτικός παράγοντας. Μια τέτοια περίπτωση συνέβη σε μια έρευνα για την εκτίμηση της στερεοαπορροής στην περιοχή του Αράχθου, όπου η κλίση απεδείχθη πως δεν επηρέαζε καθόλου την στερεοαπορροή (Κουτσογιάννης, 1986). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί γεωλογικά: Στις μεγάλες κλίσεις εμφανίζονται και τα ανθεκτικότερα στην διάβρωση πετρώματα και εδάφη. Γι' αυτό άλλωστε διατηρείται και μεγάλη κλίση. Φυσικά όμως, μια πλαγιά με μεγάλη κλίση που υφίσταται απότομες αλλαγές από εξωγενείς παράγοντες (ανθρώπογενείς επεμβάσεις ή πυρκαγιές) είναι πολύ πιο διαβρώσιμη από μια άλλη αντίστοιχη με πολύ μικρή κλίση (Παπαμίχος, 1990).

Ο συντελεστής μήκους πρανούς, L , είναι ο λόγος της απώλειας εδάφους προς την απώλεια από πλαγιά μήκους 22 m (Kirkby and Morgan, 1980). Το μήκος της πλαγιάς επηρεάζει το ποσό της επιφανειακής απορροής. Καθώς το νερό ρέει προς τα κατάντη, περισσότερο έδαφος χάνεται από τα χαμηλότερα σημεία της πλαγιάς παρά από τα ψηλότερα. Η πλαγιά θεωρείται ότι αρχίζει από το σημείο έναρξης των απορροών μέχρι το σημείο όπου η κλίση ελαττώνεται σε σημείο που αρχίζουν αποθέσεις ή οι απορροές νερού καταλήγουν σε καλά οριζόμενα κανάλια ή ρεύματα. Η καμπυλότητα, τέλος, της πλαγιάς (κυρτή, κοίλη) έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τη διάβρωση του εδάφους (McLaren and Cameron, 1996). Επίσης, η έκταση της λεκάνης απορροής από μόνη της, γενικά θεωρείται αδιάφορη για την διάβρωση, όπως προέκυψε από την έρευνα εκτίμησης της στερεοαπορροής στον Άραχθο (Κουτσογιάννης, 1986). Το σίγουρο είναι πως το κυριότερο ρόλο παίζει η γεωμετρία της λεκάνης, ως συνδυασμός κλίσεων και μηκών, χωρίς βέβαια να ξεχνάμε και το καθεστώς των εξωγενών επεμβάσεων (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Οι τοπογραφικοί συντελεστές υπολογίζονται από τις σχέσεις (Kirkby and Morgan, 1980):

$$L = (x/22,13)^p$$

$$S = 65,41 \cdot \sin^2\theta + 4,56 \cdot \sin\theta + 0,065 \text{ όπου,}$$

x = κεκλιμένο μήκος πρανούς.

p = εκθέτης, συχνά ίσος με 0,35 (Marshall et al, 1996).

θ = γωνία κλίσης πρανούς.

- Συντελεστές φυτοκάλυψης C και Ελέγχου Διάβρωσης P

Ο συντελεστής διαχείρισης της φυτοκάλυψης C ορίζεται ως ο λόγος των απωλειών εδάφους από έκταση διαχειριζόμενη υπό δεδομένες συνθήκες καλλιέργειας ή φυτοκάλυψης δια των αντίστοιχων απωλειών παρόμοιας επιφάνειας γυμνής από βλάστηση, συνεχές όργωμα και αγρανάπαυση (McLaren and Cameron, 1996). Ο παράγοντας αυτός αντανακλά την προστατευτική επίδραση του τύπου και ποσοστού φυτοκάλυψης.

Η πλήρης κάλυψη έχει $C = 0$ και μια ελλιπέστατη $C = 1,0$ (Kirkby and Morgan, 1980). Τυπικές τιμές του C δίνονται συνήθως σε πίνακες που πρέπει να κατασκευάζονται για κάθε συγκεκριμένο είδος κάλυψης του εδάφους.

Η φυτοκάλυψη γενικώς, αναστέλλει έντονα τον ρυθμό της διάβρωσης (μέχρι και στο 1% του ρυθμού που παρατηρείται σε γυμνό έδαφος, Κουτσογιάννης, 1986),

μειώνοντας σημαντικότερα την επιφανειακή απορροή, αυξάνοντας την διηθητική ικανότητα του εδάφους και αυξάνοντας την τραχύτητα της επιφανείας του, αλλά και προστατεύοντας από την διαβρωτική δράση των βροχών, εμποδίζοντας την πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, τα φυτά με το ριζικό τους σύστημα “δένουν” τα εδαφικά υλικά μεταξύ τους, στον ανώτερο εδαφικό ορίζοντα, ο οποίος δέχεται και την περισσότερη διάβρωση, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ακόμη περισσότερο ο μηχανισμός απόσπασης και μεταφοράς των εδαφοϋλικών. Φυσικά, ο βαθμός προστασίας από την διάβρωση, που επιτυγχάνεται από την φυτοκάλυψη, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον τύπο, την δομή και την σύνθεση των συστάδων, καθώς και από την πυκνότητά τους (Ντάφης, 1986). Ο βαθμός προστασίας από τη διάβρωση μειώνεται κατά κανόνα ως ακολούθως (Οικονόμου και Νάκος, 1990):

Πολυόροφο μικτό κλειστό δάσος > πυκνή θαμνώδης βλάστηση > πυκνή φυσική ποώδης βλάστηση > πυκνά ψυχανθή και ποώδη καλλιεργούμενα φυτά > σιτηρά > καλαμπόκι > πατάτες.

Ο συντελεστής ελέγχου διάβρωσης P ορίζεται ως ο λόγος της απώλειας εδάφους από επιφάνεια με συγκεκριμένα μέτρα προστασίας προς την απώλεια από παρόμοια επιφάνεια κάτω από τη χειρότερη δυνατή περίπτωση κατά την οποία το έδαφος οργώνεται κάθετα προς τις ισοϋψείς (McLaren and Cameron, 1996).

Αναφέρεται δηλαδή στη διαχείριση και τις πρακτικές του ανθρώπου πάνω στα έδαφος. Για γυμνή εκτεθειμένη γη ο δείκτης είναι $P = 1,0$ και αυτή η τιμή θα πρέπει να χρησιμοποιείται στα εργοτάξια και γενικώς στους τόπους κατασκευών (McLaren and Cameron, 1996).

Η ανθρώπινη επίδραση, που παίζει καθοριστικό ρόλο στη διάβρωση, είναι πολύπλοκη, όχι πλήρως καταληπτή, ούτε εύκολα ποσοτικοποιούμενη. Θα μπορούσε κατά κάποιο τρόπο να αποδοθεί λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα του πληθυσμού και τους τύπους της γεωργίας που ασκείται σε μια περιοχή.

Σημαντικός διαβρωτικός παράγοντας και μια από τις κυριότερες ανθρώπινες επεμβάσεις, θεωρείται η εντατική βόσκηση, που δρα κυρίως στις ορεινές περιοχές με απότομες κλίσεις. Καθοριστικό ρόλο φαίνεται πως παίζει ο αριθμός ζώων ανά μονάδα επιφανείας, διότι πάνω από κάποια όρια, η βλάστηση δεν προλαβαίνει να ανακάμψει, με συνέπεια την συνεχή υποβάθμιση (Χατζημπίρος, 2003). Το είδος και η σύνθεση των φυτοκοινωνιών αλλάζουν, με αποτέλεσμα το έδαφος σταδιακά να απογυμνώνεται και να γίνεται ευάλωτο στη διάβρωση. Άλλη σημαντική παράμετρος, που ενισχύει την διαβρωτική δράση της βόσκησης είναι το πάτημα του εδάφους από το συνεχές πέρασμα των ζώων, που προκαλεί έντονη διάβρωση κατά μήκος των δρομολογίων που ακολουθούν (Χατζημπίρος, 2003). Ο πιο καταστροφικός συνδυασμός είναι η βόσκηση που ακολουθεί την πυρκαγιά. Η φυσική αναγέννηση, που αποτελεί πολύ καλή τροφή για τα ζώα, καταστρέφεται με αποτέλεσμα να εξουδετερώνεται η δυνατότητα ανάκαμψης του οικοσυστήματος (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993, Χατζημπίρος, 2003).

Τέλος, θα ήταν σωστό να αναφερθούμε με συντομία, σε ειδικότερες, δευτερεύοντες υδρολογικές επιδράσεις στη διάβρωση και το καθεστώς των φερτών υλών γενικότερα. Από τα προηγούμενα φάνηκε η στενότερη σχέση της βροχής και ιδιαίτερα της έντασής της, με την διάβρωση. Σημαντικό ρόλο όμως φαίνεται να παίζει και το λιώσιμο του χιονιού. Η επίδραση της θερμοκρασίας του νερού σε μικρά και μεγάλα υδατορεύματα επηρεάζει τις αιωρούμενες κυρίως φερτές ύλες και αυτό εξηγείται με την αντίστοιχη αυξομείωση το ιξώδους του νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας (Μιμίκου, 1994). Έχει παρατηρηθεί δηλαδή τάση αύξησης της συγκέντρωσης των αιωρούμενων υλικών με την μείωση της θερμοκρασίας και το αντίστροφο. Σε κάποιες περιπτώσεις βέβαια, η επίδραση της θερμοκρασίας είναι

αμελητέα, όπως στην έρευνα στον Άραχθο, που η θερμοκρασία φάνηκε πως δεν είχε καμία επίδραση στο καθεστώς των φερτών υλών (Κουτσογιάννης, 1986). Ακόμα, είναι γνωστό πως υπάρχει στενή σχέση μεταξύ στερεοπαροχής και παροχής ποταμού, που συνήθως εκφράζεται από μια συνάρτηση εκθετική. Οι παράμετροι αυτής της συνάρτησης, έχει βρεθεί, πως επηρεάζονται από μορφοκλιματικές παραμέτρους και είναι εποχιακώς κυμαινόμενες (Μιμίκου, 1994).

2.4 ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

2.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Παραδείγματα διαταραχών από διάβρωση αναφέρονται από τα ιστορικά χρόνια. Ο Πλάτωνας τον 4ο αιώνα π.Χ. αποδίδει την έντονη διάβρωση της Αττικής στην εκτεταμένη εκχέρσωση του Υμηττού. Τον 3ο αιώνα π.Χ. η καταστροφή των δασών στις όχθες του Ευφράτη για ξυλεία οδήγησε σε καταστρεπτικές πλημμύρες, που στη συνέχεια αποδόθηκαν σε οργή του θεού.

Ανάλογες περιπτώσεις καταστροφών από πλημμύρες περιγράφονται στην Αμερική, την Πολυνησία και τις Ινδίες, ενώ η κατάρρευση του αγροτικού πολιτισμού των Μάγια αποδίδεται στα διαβρωτικά φαινόμενα που προκλήθηκαν από τις εκτεταμένες αποδασώσεις (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Ωστόσο, οι διαβρωτικές επιπτώσεις στο παρελθόν παρά τις καταστροφές που προξένησαν περιορίζονταν σε τοπικά επίπεδα και αδυνατούν να συγκριθούν με τη σημερινή παγκόσμια εξάπλωση του προβλήματος (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

2.4.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΡΑ

Χαρακτηριστικό του φαινομένου της εδαφικής διάβρωσης στις σημερινές συνθήκες είναι η μεγάλη ταχύτητα εξέλιξης του. Είναι δυνατόν σε χρονικό διάστημα μερικών ωρών να καταστραφεί έδαφος για το σχηματισμό του οποίου απαιτούνται εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο φυσιολογικός αριθμός των 9 δισεκατομμυρίων τόνων εδάφους που μεταφέρονται στη θάλασσα ετησίως και αντικαθίστανται από τις εδαφογενετικές διεργασίες, στη σημερινή εποχή έχει ανέλθει σε 25 δισεκατομμύρια τόνους, χωρίς οι εδαφογενετικές διεργασίες να προλαβαίνουν να αντικαθιστούν το έδαφος που χάνεται (McLaren and Cameron, 1996).

Το φαινόμενο έχει ιδιαίτερα μελετηθεί στις ΗΠΑ, όπου από το 1950, τα 2/3 της καλλιεργήσιμης γης παρουσίαζαν προβλήματα διάβρωσης. Εκτιμάται πως κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα υποβαθμίστηκε από την διάβρωση, σε όλο το πλανήτη, μια έκταση που ισοδυναμεί με το 1/4 των εδαφών που μπορούν να καλλιεργηθούν παγκοσμίως (Χατζημπίρος, 2003).

Σήμερα, η παγκόσμια κατάσταση λόγω της εδαφικής διάβρωσης είναι πολύ ανησυχητική, αφού όλες οι χώρες του κόσμου πλήττονται με διαφορετική ένταση η καθεμιά. Σε χώρες με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους όπως η Μαδαγασκάρη και η Κίνα ο συνδυασμός αποδάσωσης και έντονης γεωργικής δραστηριότητας σε μεγάλες εδαφικές κλίσεις οδηγεί σε απώλειες εδάφους που ξεπερνούν τους 25 τόνους ανά στρέμμα το χρόνο. Η Κίνα από το έτος 1950 έχει χάσει το 12% της γεωργικής της γης, ενώ στη Μαδαγασκάρη η διάβρωση έχει πλήξει το 80% του εδάφους της, γεγονός που οδηγεί σε εκτεταμένους λιμούς (WWF Ελλάς, 1995).

Στον Ισημερινό οι απώλειες εδάφους κυμαίνονται από 21-57 τόνους ανά στρέμμα το χρόνο εξαιτίας της γεωργίας στις απότομες και αποδασωμένες πλαγιές των Άνδεων. Παρόμοια μεγέθη ισχύουν για τη Χιλή, το Περού, τη Βολιβία και την

Κολομβία Στην Κεντρική Αμερική το 35-50% της παραγωγικής γης έχει ήδη απολεσθεί λόγω συνδυασμού αποδάσωσης των τροπικών δασών, εντατικής κτηνοτροφίας και ανεπιτυχών καλλιεργητικών πρακτικών στα ορεινά. Στην Αϊτή δεν υπάρχει πλέον επιφανειακό έδαφος κάποιας ποιότητας και ίσως αυτός να είναι ο κύριος λόγος που η χώρα αυτή θεωρείται η φτωχότερη στον κόσμο (National Geographic, Σεπτ., 2008).

Στην Τουρκία τα 3/4 της γης υφίστανται ισχυρή διάβρωση ενώ το 54% του εδάφους της έχει διαβρωθεί σε βαθμό που θεωρείται μη αντιστρεπτός. Στην Ιταλία, η διάβρωση είναι αιτία μεγάλων καταστροφών. Από τη λεκάνη του Άρνου μεταφέρονται κάθε χρόνο στη θάλασσα 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα εύφορου εδάφους. Το 50% από τα μεταφερόμενα υλικά είναι ζωικά λιπάσματα που παρασύρονται και αφαιρούνται από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Το 1/3 του ιταλικού εδάφους επλήγει το 1966 από τις πλημμύρες που προκάλεσε μια συνεχής βροχόπτωση τριών ημερών (WWF Ελλάς, 1995).

Στη σύγχρονη Ελλάδα η διάβρωση είναι ο κύριος παράγοντας υποβάθμισης του εδάφους και επηρεάζει λιγότερο ή περισσότερο σοβαρά περίπου το 1/3 της εδαφικής μάζας. Το 26,5% της επιφανείας της χώρας εμφανίζει έντονη επιφανειακή, αυλακωτή και χαραδρωτική διάβρωση, σύμφωνα με πολύ πρόσφατα στοιχεία (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι παράγοντες γένεσης της διάβρωσης (κλιματικές συνθήκες, απότομες κλίσεις κα) συντελούν στην ταχύτερη εξέλιξη του φαινομένου έχει χαθεί η παραγωγικότητα περισσότερων από 2 εκατατομμυρίων εκταρίων γης από τα συνολικά 13 εκατατομμύρια εκτάρια της συνολικής έκτασης της χώρας. Στις περιοχές αυτές έχουν απομείνει γυμνά από κάθε μορφής βλάστησης, ασβεστολιθικά και ηφαιστειακά πετρώματα. Επίσης, άλλα 2,9 εκατατομμύρια εκτάρια είναι σοβαρά διαβρωμένα και χαρακτηρίζονται ως μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις ή δασοσκεπή λιβάδια (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Ένας από τους κύριους παράγοντες που συντελούν στη μεγιστοποίηση της διάβρωσης του εδάφους στην Ελλάδα είναι η υποβάθμιση των δασών και των δασικών εκτάσεων (Ντάφης, 1986).

Η υποβάθμιση των δασών και των δασικών εκτάσεων οφείλεται σ' έναν αριθμό παραγόντων που προέρχονται κυρίως από αντίστοιχες παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον. Μεταξύ των κυριότερων αυτών παραγόντων είναι οι εκχερσώσεις λόγω υπερβόσκησης, ληστρικής υλοτομίας, γεωργικής χρήσης, αστικής επέκτασης και λατομείων, η ρύπανση του αέρα και οι ασθένειες που προκαλούνται στη δασική κυρίως βλάστηση από έντομα, μύκητες κλπ λόγω της γενικότερης εξασθένησης του εδάφους (Ντάφης, 1986).

Οι περισσότεροι ερευνητές όμως συμφωνούν ότι οι πλέον σημαντικοί παράγοντες είναι η πυρκαγιά και η υπερβόσκηση και κυρίως η συνδυασμένη, δράση πυρκαγιάς-υπερβόσκησης. Στη Θάσο μετά την πυρκαγιά του 1985 εκτιμήθηκε σε ορισμένες περιοχές απώλεια εδάφους 1-4 εκατοστών που αντιστοιχεί σε απώλεια εδάφους 10-40 τόνων σε κάθε εκτάριο (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004). Επίσης, η υπερβόσκηση, ξεπερνώντας εξ ορισμού τη βοσκοϊκανότητα των εκτάσεων προκαλεί σοβαρή διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων.

Στην Ελλάδα η υπερβόσκηση, όπως και σε άλλες χώρες της Μεσογείου, ιδιαίτερα της ανατολικής, αποτελεί ανθρώπινη παρέμβαση στα οικοσυστήματα που ξεκινά από παλαιότερες εποχές. Σήμερα στη χώρα μας, παρά το γεγονός ότι διατίθενται 70 εκατατομμύρια στρέμματα για βοσκή, όχι μόνο δεν έχει λυθεί το κτηνοτροφικό πρόβλημα αλλά επιπλέον ασκείται σοβαρή πίεση βοσκής στα λίγα δάση που

απόμειναν, ενώ αναμένεται η λύση του κτηνοτροφικού προβλήματος με τη μείωση του αριθμού των μικρών ζώων και κυρίως των αιγών (Καϊλίδης, 1993).

Με την υπερβόσκηση ορισμένα από τα φυτικά είδη εξαφανίζονται, άλλα νεκρώνονται ή δεν ριζώνουν επαρκώς με αποτέλεσμα στην ελλιπή κάλυψη και την ανεπαρκή προστασία του εδάφους. Το έδαφος συμπιέζεται, απογυμνώνεται και αρχίζει η διάβρωση. Ιδιαίτερα καταστρεπτική είναι η επίδραση της βόσκησης μετά την πυρκαγιά γιατί κάνει αδύνατη την αναγέννηση και οδηγεί σε εξαφάνιση της βλάστησης (Ντάφης, 1986).

Το πρόβλημα ενισχύεται και από το ξηρό και θερμό μεσογειακό κλίμα της χώρας μας, όπου οι λίγες βροχοπτώσεις δεν ευνοούν την γρήγορη ανάπτυξη προστατευτικής ποώδους βλάστησης. Έτσι, οι λίγες μεν αλλά ραγδαίες βροχές που συμβαίνουν συχνά στη χώρα μας κάνουν την διάβρωση, ειδικά σε περιοχές που έχουν υπερβωσκηθεί, πάρα πολύ έντονη.

Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι οι παραπάνω διαπιστώσεις σχετικά με την καταστροφική επίδραση των πυρκαγιών και της υπερβόσκησης, δεν οδηγούν σε πλήρη απαγόρευση της βόσκησης, αλλά σε ελεγχόμενη και ορθολογική χρήση, γιατί η βόσκηση και η φωτιά αποτελούν οικολογικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι ζωτικοί για τη λειτουργία και τη συντήρηση των μεσογειακών οικοσυστημάτων.

Επίσης, στο παρελθόν υπήρχε πίεση για αγροτικές καλλιέργειες σε οριακά εδάφη λόγω της πληθυσμιακής αύξησης. Σήμερα υπάρχει πίεση λόγω της ανάγκης αύξησης των εξαγωγών αγροτικών προϊόντων για τη βελτίωση του ισοζυγίου πληρωμών, ανάγκη που ενισχύεται από τα κίνητρα που παρέχει η Κοινή Αγροτική Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η πίεση αυτή συνδυασμένη με τον κατατμημένο τύπο της ιδιοκτησίας της γης που αναγκάζει τους αγρότες σε καλλιέργειες κατά τη διεύθυνση της κλίσης, μεγιστοποιούν το πρόβλημα της εδαφικής διάβρωσης. Το 1/4 του καλλιεργούμενου εδάφους στην Ελλάδα δηλαδή γύρω στα 700.000 εκτάρια αν και διαβρωμένο περιλαμβάνει το μισό περίπου των καλλιεργούμενων λοφοδών και ορεινών περιοχών της χώρας με γωνία κλίσης μεγαλύτερη από 15°, ενώ δεν λείπουν και περιπτώσεις εγκατάλειψης πολλών χωραφιών εξαιτίας της μικρής γονιμότητας τους (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Ακόμα, οι μεταλλευτικές εργασίες και οι παραθεριστικές κατοικίες στα δάση επιδεινώνουν τα διαβρωτικά φαινόμενα και το έδαφος, με τη συμβολή του ευνοϊκού τοπογραφικού ανάγλυφου, καθίσταται έρμαιο των βροχοπτώσεων. Συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι η παρουσία τουλάχιστον 700 χειμάρρων, που χαρακτηρίζονται μεγάλοι και καταστρεπτικοί και διαυλακώνουν την ελληνική γη από άκρη σε άκρη (Καϊλίδης, 1993).

Τέλος, οι δασικοί δρόμοι που κατασκευάζονται πρόχειρα, σε πολύ περισσότερο αριθμό από τον αναγκαίο στην χώρα μας, ευθύνονται για την δημιουργία έντονων και εκτεταμένων διαβρώσεων (αυλακωτών και χαραδρωτικών). Οι δασικοί δρόμοι πρέπει να σχεδιάζονται με πολλή προσοχή και να αποφεύγονται οι ασταθείς θέσεις (Ντάφης, 1986). Επιπλέον, οι δασικοί δρόμοι, έχει αποδειχθεί πως όχι μόνο δεν μείωσαν τις δασικές πυρκαγιές (καθώς βοηθούν στην περιπολία και την κατάσβεση), αλλά αντίθετα από το 1975 και μετά, που άρχισε η συστηματική διάνοιξή τους, οι πυρκαγιές αυξήθηκαν, καθώς διευκολύνθηκε η πρόσβαση των εμπρηστών στα δάση (Καϊλίδης, 1993).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του WWF Ελλάς (1995) εκτιμάται ένας μέσος όρος φερτών υλικών 150.000 m³/έτος για τους 700 μεγάλους χειμάρρους που εντοπίζονται στη χώρα μας. Η απώλεια αυτή του εδάφους ισοδυναμεί με την απώλεια ενός νησιού μεγέθους 35 Km² και μέσου ύψους 2,5 m. Ακόμη πιο ανησυχητικός γίνεται ο απολογισμός αυτός αν λάβουμε υπόψη μας ότι στο έδαφος που μεταφέρεται και

χάνεται περιλαμβάνεται το επιφανειακό και πλέον γόνιμο στρώμα. Οι απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία, λόγω διάβρωσης, είναι πραγματικά μεγάλες (έκπλυση εδαφών). Εκτιμάται πως κάθε χρόνο χάνονται 18000 τόνοι αζώτου, 18000 τόνοι φωσφόρου και 540000 τόνοι καλίου (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

3.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφέρουμε κατ' αρχάς τις επιδράσεις των δασικών πυρκαγιών στα πετρώματα και ύστερα εκτενώς στο έδαφος. Έχει αποδειχθεί, πως ύστερα από μεγάλης έντασης δασική πυρκαγιά, η αποσάθρωση των σκληρών ασβεστολιθικών πετρωμάτων, καθώς και των μεταμορφωσιγενών σχιστόλιθων, αυξάνει σημαντικά κάτω από την δράση των έντονων και ταχύτατων μεταβολών της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Για παράδειγμα, στις επιφάνειες των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, που είναι από τα πιο κοινά πετρώματα της χώρας μας, πάνω από τις οποίες πέρασε δασική πυρκαγιά υψηλής έντασης, δημιουργείται οξείδιο του ασβεστίου (ασβέστης, CaO), που μετά από βροχή προσλαμβάνει νερό, γίνεται υδροξύλιο του ασβεστίου (Ca(OH)_2) και το πέτρωμα αποσαθρώνεται έντονα (Γκόφας, 2001). Πέραν τούτου όμως, οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές προκαλούν άμεσα, το σπάσιμο των πετρωμάτων και τον τεμαχισμό τους σε μικρότερα τμήματα, με συνέπεια την άμεση μηχανική αποσάθρωσή τους. Αυτός είναι και ο λόγος που οι δρόμοι με πρηνή, που περνούν από πρόσφατα καμένες περιοχές γεμίζουν με πολλές πέτρες.

Όσον αφορά το έδαφος, η φωτιά επηρεάζει τις εδαφικές ιδιότητες κυρίως καταστρέφοντας το οργανικό υλικό το οποίο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της δομής του εδάφους. Η καταστροφή του εδαφικού οργανικού υλικού (soil organic matter) από τη φωτιά οδηγεί σε κατάρρευση της εδαφικής δομής, μειώνοντας την πυκνότητά και το πορώδες του με αντίστοιχη μείωση της διηθητικότητάς του και αυξάνει την (επιφανειακή) απορροή και τη διάβρωση. Το μέγεθος των αλλαγών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς, την αναλογία χαμηλής και υψηλής βλάστησης, το μέγεθος της καμένης έκτασης και το διάστημα μεταξύ των επεισοδίων της φωτιάς (συχνότητα δασικών πυρκαγιών) (DeBano et al, 1998).

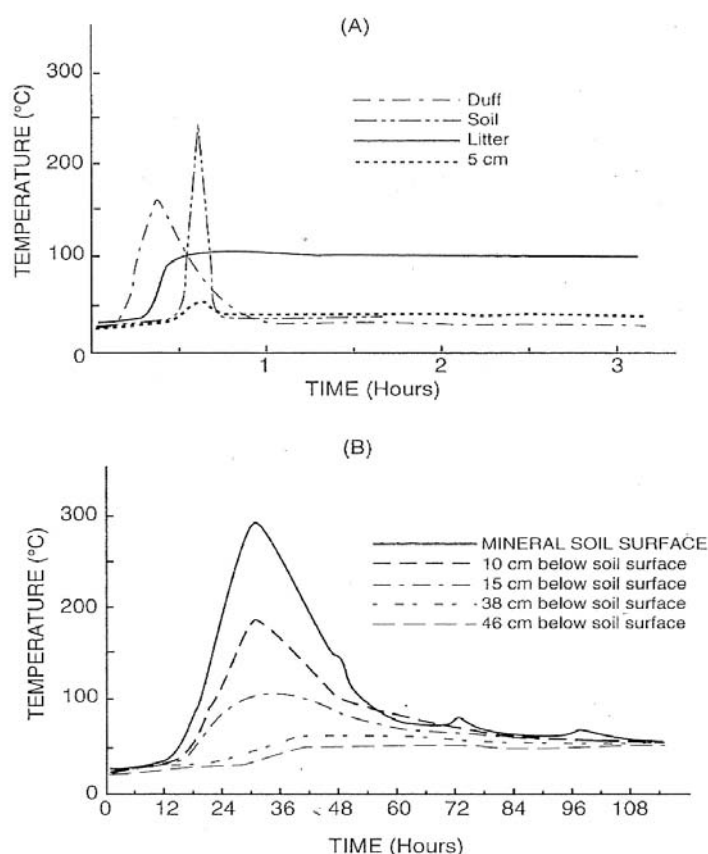
3.1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το θερμοκρασιακό καθεστώς στο έδαφος, που εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της θέρμανσής του, είναι το τελικό προϊόν των διαδικασιών καύσης και μεταφοράς θερμότητας σε αυτό. Η θερμοκρασία στο έδαφος είναι ο μοναδικός τρόπος μέτρησης των επιδράσεων της φωτιάς στο έδαφος. Δυστυχώς, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο έδαφος είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, ανάλογα την ένταση της φωτιάς, καθώς στη θέρμανση των εδαφών υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες όπως είναι το είδος και η δομή της βλάστησης, οι εδαφικές συνθήκες πριν και κατά τη διάρκεια της φωτιάς και κυρίως η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό (εδαφική υγρασία) και οργανική ύλη, πριν τη φωτιά (DeBano et al, 1998). Για τους παραπάνω λόγους, θα εξετάσουμε παρακάτω την πορεία θέρμανσης και το καθεστώς των θερμοκρασιών στο έδαφος για κάθε οικοσύστημα (ανάλογα τον τύπο της βλάστησης) ξεχωριστά.

Δασώδες οικοσύστημα

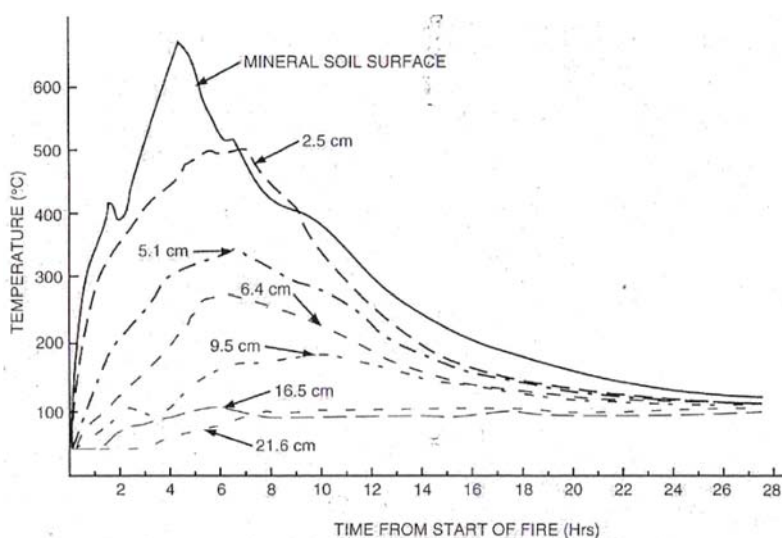
Οι θερμοκρασιακές μεταβολές του εδάφους από δασικές πυρκαγιές σε δασικά (δασώδη) οικοσυστήματα ποικίλλει ανάλογα με το είδος και την ένταση της φωτιάς. Όπως έχουμε προαναφέρει (Κεφάλαιο 1) η ένταση και το είδος της φωτιάς (έρπουσα ή επικόρυφη) καθορίζεται από την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, την υγρασία του εδάφους, καύσιμης ύλης και την ατμοσφαιρική σχετική υγρασία, τον τύπο και την πυκνότητα της καύσιμης ύλης καθώς και την αναλογία ζωντανής–νεκρής καύσιμης ύλης (Καϊλίδης, 1993).

Χαμηλής έντασης φωτιές καίνε μόνο την επιφάνεια της βαριάς καύσιμης ύλης και θερμαίνουν ελάχιστα το έδαφος. Για παράδειγμα, έρπουσα πυρκαγιά σε δάσος κωνοφόρων του γένους *Pinus Ponderosa* στην Καλιφόρνια θέρμανε το έδαφος μόνο μέχρι 5 cm βάθος και η μεταβολή της θερμοκρασίας διήρκησε πολύ λιγότερο της μίας ώρας. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους μόλις που έφτασε τους 100°C και σε 5cm βάθος δεν ξεπέρασε τους 50°C (σχ. 3.1(A), DeBano et al, 1998). Αντίθετα, όταν καίγεται οργανική ύλη σε μεγάλες συγκεντρώσεις πάνω στην επιφάνεια του εδάφους τότε η διάρκεια της φωτιάς και άρα της θέρμανσης του εδάφους αυξάνεται, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη θερμοκρασιών που είναι καταστρεπτικές για τις ρίζες των φυτών. Το συγκεκριμένο δάσος κωνοφόρων είχε μεγάλη συσσώρευση από ξερά χόρτα και κλαδιά που κάπνιζαν (καύση πυράκτωσης) για μέρες. Έτσι, η μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους ξεπέρασε τους 270°C και σε βάθος 10 cm η θερμοκρασία παρέμεινε υψηλότερη από 100°C για πάνω από 24 ώρες (σχ. 3.1(B), DeBano et al, 1998).



Σχήμα 3.1. Θερμοκρασίες εδάφους κάτω από (A) χαμηλής έντασης φωτιά σε δάσος κωνοφόρων (Agee, 1973 from DeBano et al, 1998) και (B) φωτιά υψηλής έντασης σε πευκοδάσος του γένους *Pinus Ponderosa* (Sackett and Haase, 1992 from DeBano et al, 1998).

Έτσι, καθώς έχει παρατηρηθεί πως οι θερμοκρασίες του εδάφους δεν αυξάνονται αξιόλογα μετά από χαμηλής έντασης, έρπουσες και επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές, πολλές φορές χρησιμοποιείται η τακτική του ελεγχόμενου καψίματος για την μείωση της καύσιμης ύλης. Μια άλλη τακτική που ακολουθείται είναι η καύση σωρών υπολειμμάτων υλοτομίας που συχνά περιλαμβάνουν και χοντρούς κορμούς δένδρων (DeBano et al, 1998). Οι σωροί αυτοί καίγονται σε συγκεκριμένες θέσεις και προκαλούν καταστροφή στο έδαφος από την θέρμανσή του σε περιορισμένη έκταση στις μεμονωμένες θέσεις που βρίσκονται οι σωροί. Οι σωροί αποτελούνται από τεμαχισμένα υπολείμματα υλοτομίας και μέρη νεκρής βιομάζας από τον υπόροφο των δασών όπως για παράδειγμα ξερόκλαδα, τεμάχια κορμών από πεσμένα δένδρα κα. Γενικά η καύσιμη ύλη των σωρών αυτών ανήκει στην κατηγορία της βαριάς καύσιμης ύλης. Συνεπώς, καίγοντας τους σωρούς αυτούς σε συγκεκριμένες θέσεις μειώνεται κατά πολύ η ευφλεκτικότητα των δασών και η καταστροφή του εδάφους περιορίζεται σε πολύ μικρές περιοχές. Φυσικά, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του εδάφους, κάτω από τους καιγόμενους σωρούς φτάνει σε πολύ μεγάλες τιμές. Στην Αυστραλία σε καύση τέτοιων σωρών από κούτσουρα μεγέθους 4,3x2,5x2 m ύψος και διαμέτρων κορμών από 13-18 cm, η μέγιστη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους έφτασε τους 660⁰C και θερμοκρασίες άνω των 100⁰C σε βάθος 16,5 cm παρέμειναν για 21 ώρες (σχ. 3.2). Εκτιμάται, πως τέτοιες φωτιές κατέστρεψαν πλήρως το έδαφος σε βάθη τουλάχιστον 10-15cm και προκαλούν προβλήματα μακράς διάρκειας στην παραγωγικότητά του.



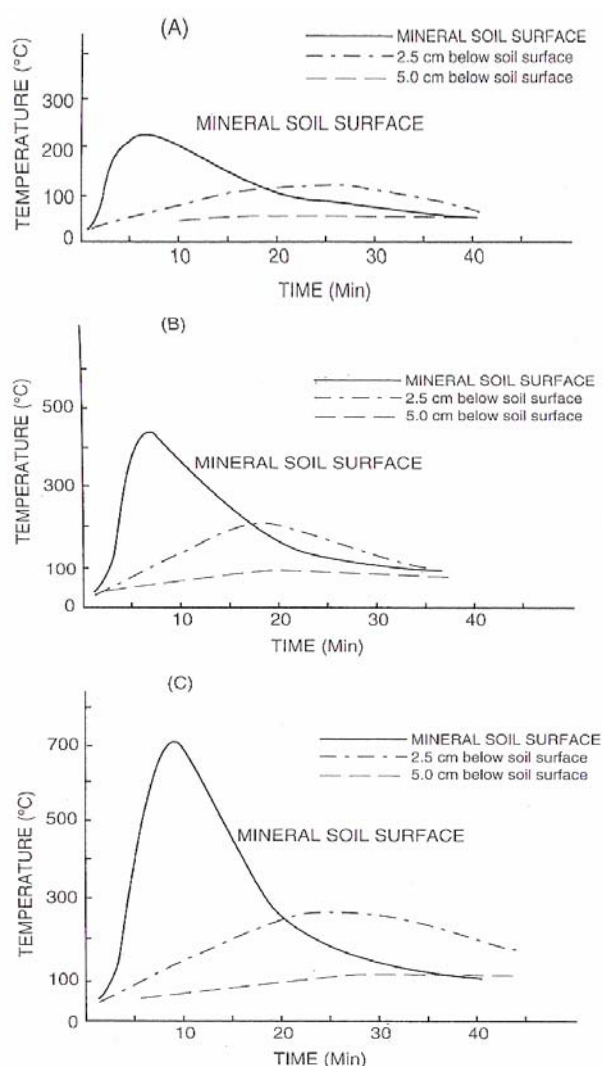
Σχήμα 3.2. Θερμοκρασίες εδάφους κάτω από σωρό από κορμούς ευκαλύπτου (W.B. Roberts from DeBano et al, 1998).

Θαμνώδες οικοσύστημα

Μετρήσεις εδαφικών θερμοκρασιών έχουν γίνει πολλές σε θαμνώδη οικοσυστήματα της Καλιφόρνιας για διαφορετικές εντάσεις φωτιάς. Οι μετρήσεις αυτές έδειξαν πως χαμηλής έντασης φωτιές χαρακτηρίζονται από ένα απανθρακωμένο στρώμα φυτικής βιομάζας στο ανώτερο τμήμα της ποώδους βλάστησης που παράγεται λόγω του φτωχού αερισμού του κατώτερου στρώματος της βλάστησης. Γκριζωπή στάχτη παρατηρείται αμέσως μετά τη φωτιά μα σύντομα γίνεται δυσδιάκριτη. Το κύριο προϊόν αυτών των πυρκαγιών είναι η μαύρη στάχτη. Μέγιστες θερμοκρασίες στην επιφάνεια του εδάφους φτάνουν στους 225⁰C και τους 125⁰C σε βάθος 2,5 cm (DeBano et al, 1998).

Μια φωτιά μετρίας εντάσεως δεν καταστρέφει, δεν καίει εντελώς τη βλάστηση και την καύσιμη ύλη γενικότερα. Πλήρως απανθρακωμένα υλικά υπάρχουν αραιά. Αμέσως μετά τη φωτιά παρατηρείται στάχτη αλλά εξαφανίζεται πολύ γρήγορα. Οι μέγιστες θερμοκρασίες στην επιφάνεια του εδάφους και σε βάθος 2,5 cm φτάνουν τους 430°C και 200°C αντίστοιχα (DeBano et al, 1998).

Οι φωτιές υψηλής έντασης χαρακτηρίζονται από ένα παχύ και αφράτο στρώμα λευκής στάχτης. Η καύσιμη ύλη καίγεται ολοσχερώς και η λευκή στάχτη που μένει είναι περισσότερη εκεί που οι θάμνοι ήταν πυκνότεροι. Εδώ οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις προηγούμενες περιπτώσεις. Στην επιφάνεια του εδάφους είχαμε 700°C και σε 2,5 cm βάθος 250°C. Στο σχήμα 3.3, φαίνεται η πορεία των θερμοκρασιών και για τις τρεις περιπτώσεις.



Σχήμα 3.3. Θερμοκρασίες εδάφους σε θαμνώδες οικοσύστημα της Καλιφόρνιας κατά τη διάρκεια (A) χαμηλής, (B) μέτριας, και (C) υψηλής έντασης πυρκαγιά (from DeBano et al, 1998)

Χορτολιβαδικό οικοσύστημα

Η καύσιμη ύλη στα χορτολίβαδα αποτελείται από φύλλα και μίσχους χόρτων και ποών. Η ύλη αυτή καίγεται τελείως. Παρόλα αυτά οι φωτιές σε χορτολιβαδικές εκτάσεις χαρακτηρίζονται από στενές ζώνες φωτιάς κατά μήκος ομογενούς βλάστησης. Η υγρασία της χορτολιβαδικής βλάστησης αλλάζει πολύ γρήγορα και επηρεάζεται

πάρα πολύ από τη σχετική υγρασία του αέρα και άλλους μετεωρολογικούς παράγοντες. Όταν τα χορτολίβαδα είναι ξερά τότε καίγονται ταχύτατα καθώς η φλόγα προχωράει συνεχόμενα. Τέτοιες πυρκαγιές μπορούν να φτάσουν σε υψηλές εντάσεις της τάξης των 20000 kW/m (DeBano et al, 1998). Όμως, η διάρκεια της μεγάλης έντασης είναι πολύ μικρή και το έδαφος εκτίθεται σε μεγάλες θερμοκρασίες για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια των πυρκαγιών σε χορτολίβαδα ποικίλλουν και εξαρτώνται από την κατανομή και την πυκνότητα της καύσιμης ύλης και την περιεχόμενη υγρασία που καθορίζεται από την ατμοσφαιρική υγρασία. Έτσι, ενώ οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια του εδάφους μπορούν να είναι υψηλές, το έδαφος ακόμα και σε μικρό βάθος δεν θερμαίνεται από ελάχιστα έως καθόλου ανάλογα και την ένταση της φωτιάς. Στην επιφάνεια του εδάφους, το εύρος των θερμοκρασιών είναι από 95-720⁰C και αν και οι θερμοκρασίες αυτές επιτυγχάνονται σχεδόν αμέσως η επιστροφή στις αρχικές, προ φωτιάς θερμοκρασίες είναι εξίσου γρήγορες της τάξης των λίγων λεπτών, μετά το πέρασμα της φωτιάς. Σε βάθος 3-4 cm οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 50-80⁰C και παραμένουν για ελάχιστα λεπτά. Προφανώς, η θέρμανση του εδάφους και είναι πιο έντονη σε περιοχές όπου τα χόρτα είναι πολύ πυκνά σε συνδυασμό με ξερόκλαδα και άλλα υπολείμματα νεκρής βιομάζας. Τα αποτελέσματα των πυρκαγιών σε χορτολιβαδικές εκτάσεις πλήττουν κυρίως τα φυτικά είδη που ευδοκιμούν σε αυτές τις περιοχές παρά το έδαφος και την δομή του (DeBano et al, 1998).

3.1.3 ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι δασικές πυρκαγιές επηρεάζουν το έδαφος και μεταβάλλουν τις εδαφικές φυσικές ιδιότητες, όπως η εδαφική δομή, το πορώδες και ειδικά το μέγεθος και την κατανομή των πόρων, η θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα, καθώς και την ικανότητα του εδάφους να διατηρεί νερό στους πόρους του. Επίσης, η απωθητικότητα στο νερό των υδρόφοβων εδαφών είναι μια ιδιότητα που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις φωτιές. Παρακάτω, περιγράφεται η κάθε εδαφική ιδιότητα ξεχωριστά καθώς και η σχέση της με την φωτιά.

ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΟΜΗ

Η εδαφική δομή (soil structure) είναι η διάταξη των πρωτογενών κόκκων σε μεγαλύτερα συσσωματώματα και χαρακτηρίζεται από το σχετικό μέγεθος και τη σχετική θέση μεταξύ τους (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Δεν πρέπει να συγχέεται με την εδαφική υφή, που είναι μια ξεχωριστή εδαφική ιδιότητα και αναφέρεται στο μέγεθος των κόκκων και την αναλογία μεταξύ τους (ορυκτή σύσταση). Προφανώς, η υφή δεν επηρεάζεται από την φωτιά, εκτός και αν είναι πολύ μεγάλης έντασης. Σε ακραίες περιπτώσεις, με θερμοκρασίες εδάφους 400-800⁰C, οι δασικές πυρκαγιές μπορούν να μεταβάλλουν την ορυκτή σύνθεση συγκεκριμένων εδαφών, κυρίως αυτών που περιέχουν μεγάλα κλάσματα αργίλου. Έτσι, σε καμένα εδάφη σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, αργιλικά ορυκτά, όπως ο καολινίτης και η μίκα, επανασυντίθενται και ενσωματώνονται σε μεγάλα εδαφικά τεμάχια, με αποτέλεσμα το κλάσμα της αργίλου να μειώνεται σημαντικά (Γκόφας, 2001). Επίσης, η υφή μπορεί να επηρεασθεί έμμεσα και μεταπυρικά, λόγω διάβρωσης και συμπαράσυρσης εδαφικών υλικών.

Η εδαφική δομή, προκύπτει κατά κύριο λόγο, ως αποτέλεσμα σύνδεσης των πρωτογενών κόκκων του ανόργανου εδάφους μέσω των εδαφικών κολλοειδών, δηλαδή τεμαχιδίων με μέγεθος μικρότερο από 1 μm. Τα εδαφικά κολλοειδή μπορεί να είναι είτε ανόργανα, είτε οργανικά (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006, McLaren and Cameron, 1996). Πολλές φορές απαντώνται σύνθετα τεμαχίδια τόσο από ανόργανα, όσο και από

οργανικά συστατικά (εδαφосύμπλοκα). Η ύπαρξη λοιπόν οργανικού υλικού και συνεπώς οργανικών εδαφικών κολλοειδών, προκαλεί ένα είδος συσσωμάτωσης επηρεάζοντας καθοριστικά τη δομή, τη συνοχή και το πορώδες (DeBano et al, 1998). Στο ανώτερο στρώμα του εδάφους η συσσώρευση οργανικού υλικού το καθιστά κυρίαρχο έναντι του ανόργανου. Φυσικά, όσο προχωράμε βαθύτερα στο εδαφικό προφίλ, η εδαφική δομή δείχνει να εξαρτάται περισσότερο από τα εδαφικά ανόργανα χαρακτηριστικά (ορυκτά). Η σύνδεση των κόκκων του ανόργανου εδάφους μέσω οργανικών ουσιών και η δημιουργία συσσωματωμάτων, μεταβάλλει την εδαφική δομή αυξάνοντας το πορώδες και μειώνοντας την πυκνότητα. Έτσι η πυκνότητα καλά δομημένων εδαφών πλούσιων σε οργανικά, είναι γενικά μικρότερη από αυτά που περιέχουν πολύ λίγο οργανικό υλικό. Η φωτιά μπορεί να επηρεάσει και τις δύο παραπάνω εδαφικές συνιστώσες αλλά με διαφορετικό τρόπο.

Τα ορυκτά του εδάφους μπορούν να δεχθούν υψηλές θερμοκρασίες χωρίς να καταστραφούν οριστικά. Η θερμοκρασία πρέπει να είναι 460°C ή και περισσότερο για να προκληθεί απώλεια ριζών OH^- στο έδαφος. Μόνιμη καταστροφή στις ένυδρες φάσεις των ορυκτών προκαλούνται σε θερμοκρασίες άνω των 980°C (DeBano et al, 1998). Σημειώνεται πως ένα ώριμο έδαφος στα πρώτα εκατοστά τις επιφάνειάς του αποτελείται από ανόργανο υλικό σε ποσοστό λιγότερο του 5%. Αν η ποσοστιαία αναλογία του ανόργανου υλικού είναι πολύ μεγαλύτερη λόγω ιδιαιτέρων συνθηκών (π.χ. εκτεταμένη επιφανειακή διάβρωση, ανώριμο έδαφος κα) τότε το έδαφος αυτό μπορεί να καταστραφεί μόνο μετά από έντονες πυρκαγιές υψηλής εντάσεως.

Η επίδραση της φωτιάς στην οργανική συνιστώσα της εδαφικής δομής είναι διαφορετική από την ανόργανη. Η καταστροφή της οργανικής ύλης ξεκινά σε χαμηλές θερμοκρασίες, γύρω στους 200°C και ολοκληρώνεται στους 500°C . Όπως προαναφέραμε, η οργανική ύλη είναι συγκεντρωμένη στο ανώτερο τμήμα του εδαφικού προφίλ και συνεπώς είναι άμεσα εκτεθειμένη στη θερμότητα που μεταφέρεται προς τα κάτω κατά την καύση των υλικών που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους. Έτσι, λόγω της θέσης και λόγω της ευαισθησίας του οργανικού υλικού, μεταβολές στην εδαφική δομή μπορούν να παρατηρηθούν και σε περιπτώσεις πυρκαγιών χαμηλής έντασης. Φυσικά, το μέγεθος των μεταβολών αυτών αυξάνει άμεσα με την αύξηση της έντασης της φωτιάς.

Η διάρκεια των επιδράσεων της φωτιάς στην εδαφική δομή μπορεί να είναι από 1 έτος μέχρι πολλές δεκαετίες και εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς, το ρυθμό ανάκαμψης που εξαρτάται από τις φυσικές συνθήκες, τη μεταπυρική χρήση της γης και τα μέτρα αποκατάστασης που τυχόν εφαρμόζονται. Η ανάκαμψη από χαμηλής έντασης φωτιές σε υγρές περιοχές είναι πολύ γρήγορη ενώ σε περιοχές υψηλού υψομέτρου με έντονες φωτιές, η ανάκαμψη γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς, όπως έδειξαν μετρήσεις στη νότιο-δυτική Αμερική (DeBano et al, 1998).

ΠΟΡΩΔΕΣ

Το πορώδες (porosity), δηλαδή το σύνολο των πόρων του εδάφους είναι το μέσο για την κίνηση του νερού και του αέρα μέσα από το σώμα του εδάφους. Τα καλά δομημένα εδάφη περιέχουν σε ισορροπία μακροπόρους ($>0,6$ mm σε διάμετρο) και μικροπόρους ($<0,6$ mm σε διάμετρο) (Ντάφης, 1986). Αυτή η ισορροπία αφήνει το νερό και τον αέρα να μετακινούνται γρήγορα μέσα στο έδαφος μέσω των μακροπόρων, ενώ παράλληλα συγκρατεί νερό λόγω τριχοειδών φαινομένων στους μικροπόρους (τριχοειδές νερό). Εκτιμάται πως τα παραγωγικότερα εδάφη είναι αυτά που έχουν περίπου ίση κατανομή μεταξύ μάκρο- και μικροπόρων, καθώς αυτά εξασφαλίζουν τις καλύτερες συνθήκες υγρασίας και αερισμού (Ντάφης, 1986). Οι μακροπόροι αποτελούν το ενεργό πορώδες και είναι καθοριστικής σημασίας παράγοντας για την

διείσδυση του νερού των κατακρημνισμάτων στο έδαφος. Ακόμα, οι μακροπόροι είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για τον αερισμό του εδάφους. Τα εδάφη με σημαντικό πορώδες (ενεργό) μπορούν να ανανεώσουν εύκολα τον εδαφικό αέρα, δηλαδή έχουν υψηλή αεροϊκανότητα. Αυτά τα εδάφη εξασφαλίζουν καλές συνθήκες ανταλλαγής του εδαφικού αέρα με τον ατμοσφαιρικό. Καθώς ο εδαφικός αέρας είναι συνήθως φτωχότερος σε O_2 από τον ατμοσφαιρικό (Ντάφης, 1986), η ανταλλαγή αυτή είναι απαραίτητη για τον εμπλουτισμό του εδάφους με O_2 , αλλά και για την απομάκρυνση του CO_2 , που παράγεται κυρίως από την αποσύνθεση του οργανικού υλικού και τις μικροβιακές διεργασίες που συμβαίνουν στο έδαφος γενικότερα.

Η φωτιά και η συνεπαγόμενη θέρμανση του εδάφους, καταστρέφει την δομή του εδάφους, επηρεάζοντας το πορώδες και ειδικά το μέγεθος και την κατανομή των πόρων στην επιφάνεια του εδάφους (Kozlowski, 1975, DeBano et al, 1998). Το αποτέλεσμα είναι η μείωση του πορώδους και του μεγέθους του πόρων. Ακόμα, η είσοδος της στάχτης στους πόρους, προκαλεί έμφραξη (στους μικρότερους περισσότερο) με συνέπεια την περαιτέρω μείωση του πορώδους (sealing effect) (Καϊλίδης, 1993). Η μείωση και η έμφραξη των επιφανειακών πόρων μειώνει την διηθητική ικανότητα του εδάφους αυξάνοντας την επιφανειακή απορροή και την διάβρωση. Επιπλέον, η μεταβολή και η καταστροφή του εδαφικού οργανικού υλικού μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό υδρόφοβων εδαφών, μειώνοντας έτσι ακόμα περισσότερο την διηθητική ικανότητα του εδάφους.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι δύο αυτές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται από τις δασικές πυρκαγιές έμμεσα, καθώς αυτές καταναλώνουν το εδαφικό οργανικό υλικό. Η θερμική αγωγιμότητα (heat conductivity) επηρεάζεται πάρα πολύ από την ύπαρξη οργανική ύλης στο έδαφος. Γενικά, η αγωγιμότητα μικραίνει όσο αυξάνει η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (Κωνσταντινίδης, 2003, Marshall et al, 1996). Συνεπώς, σε περιοχές πρόσφατα καμένες, οι υψηλές θερμοκρασίες, λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, μπορούν να φτάσουν σε αρκετά μεγάλο βάθος σε σχέση με αντίστοιχες δασωμένες, προξενώντας προβλήματα σε εδαφικούς μικροοργανισμούς και φυτικές ρίζες. Αντίστοιχα και η θερμοχωρητικότητα (heat capacity), επηρεάζεται έμμεσα από τις δασικές πυρκαγιές, λόγω απώλειας του εδαφικού οργανικού υλικού. Η ύπαρξη οργανικής ύλης στο έδαφος αυξάνει την θερμοχωρητικότητα του εδάφους (Marshall et al, 1996) και γι' αυτό σε πρόσφατα καμένες περιοχές, οι θερμοκρασίες του εδάφους, την περίοδο του καλοκαιριού, μπορούν να φτάσουν τους $70-80^{\circ}C$, αποτελώντας σοβαρή τροχοπέδη στην φυσική αναγέννηση (Κωνσταντινίδης, 2003). Φυσικά, οι δύο αυτές ιδιότητες του εδάφους εξαρτώνται κατά πολύ και από την υφή και τη δομή του εδάφους, καθώς και από την περιεκτικότητά του σε νερό.

ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Η ικανότητα συγκράτησης του νερού (water retention capacity) είναι μια σημαντική εδαφική ιδιότητα, που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την γονιμότητά του (Ντάφης, 1986). Το νερό μέσα στο έδαφος χωρίζεται σε νερό βαρύτητας, τριχοειδές και υγροσκοπικό (Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Το νερό βαρύτητας απομακρύνεται αμέσως από το έδαφος μέσω της βαρύτητας, με στράγγιση, διαμέσου των μακροπόρων (ενεργό πορώδες). Το υγροσκοπικό νερό βρίσκεται με την μορφή υδρατμών και προσκολλάται πολύ ισχυρά στα μόρια του εδάφους και ειδικά στα κolloειδή. Το τριχοειδές, μαζί με το υγροσκοπικό, είναι το νερό που συγκρατείται στους μικροπόρους. Στο πλήρως κορεσμένο έδαφος, η αναλογία νερού βαρύτητας, τριχοειδούς και υγροσκοπικού είναι 90%, 9,9% και 0,1% κατά μέσο όρο αντίστοιχα

(Παναγούλια και Δήμου, 2000). Εξ αιτίας της πολύ μικρής αναλογίας του υγροσκοπικού, σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη του εδαφικού νερού, το υγροσκοπικό συχνά αγνοείται και συγκαταλέγεται μαζί με το τριχοειδές σε μία κατηγορία.

Συνεπώς, το 10% περίπου του εδαφικού νερού κορεσμένου εδάφους, συγκρατείται στους μικροπόρους λόγω τριχοειδών δυνάμεων και αυτές οι δυνάμεις είναι τόσο πιο ισχυρές όσο μικρότεροι είναι οι μικροπόροι. Έτσι, η ικανότητα συγκράτησης (τριχοειδούς) νερού ανά μονάδα όγκου εδάφους (υδατοϊκανότητα) εξαρτάται από το μέγεθος (διάμετρο) των μικροπόρων (DeBano et al, 1998). Μάλιστα, το συγκρατηθέν αυτό νερό αποτελεί ουσιαστικά το διαθέσιμο εδαφικό νερό για τα φυτά και είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξή τους. Για αυτό το λόγο, το όριο υδατοϊκανότητας του κάθε εδάφους καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητά του (Παναγούλια και Δήμου, 2000).

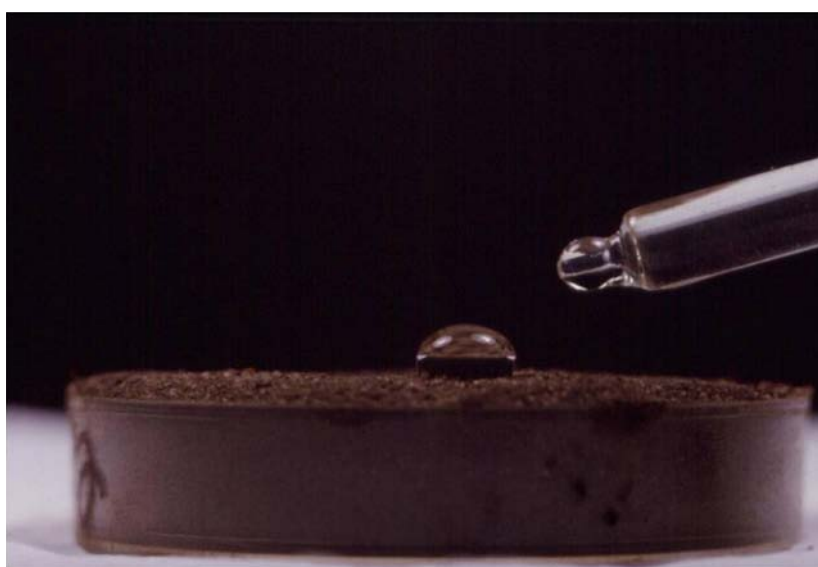
Η οργανική ύλη στο έδαφος, μεταβάλλει την δομή και το πορώδες του (σχηματισμός συσσωματωμάτων από ανόργανα και οργανικά συστατικά) και σαν αποτέλεσμα επηρεάζει και την υδατοϊκανότητα (γενικά αυξάνεται παρουσία οργανικού υλικού και λόγω των οργανικών εδαφικών κολλοειδών, Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006). Συνεπώς, η καταστροφή του οργανικού υλικού από την φωτιά, μεταβάλλει την εδαφική δομή και μειώνει τα οργανικά κολλοειδή, με αποτέλεσμα την δραστική μείωση της ικανότητας συγκράτησης του νερού από το έδαφος (DeBano et al, 1998). Βέβαια, η ικανότητα συγκράτησης νερού εξαρτάται πολύ και από τις προπυρικές συνθήκες, την σύσταση του εδάφους και ειδικότερα για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα, από την μορφή και το είδος της βλάστησης και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Πριν τη φωτιά, τα φυτά προσροφούν ένα μεγάλο μέρος τριχοειδούς νερού, εκ του οποίου η συντριπτική πλειονότητα χάνεται μέσω της εξατμιδιαπνοής (Ε/Δ) των φυτών, μειώνοντας έτσι την φυσική εδαφική υγρασία. Το νερό βαρύτητας (για την συνήθη περίπτωση όπου το έδαφος είναι ακόρεστο και πάνω από την στάθμη του υπόγειου υδροφορέα) χάνεται είτε με καθείσδυση, είτε με υποδερμική ροή (interflow, subsurface stormflow, Κουτσογιάννης, 1999). Έτσι, το έλλειμα μεταξύ της φυσικής υγρασίας και υδατοϊκανότητας είναι μεγάλο για μια φυτοκαλυμμένη έκταση, σε σχέση με το αντίστοιχο μίας πρόσφατα καμένης έκτασης, όπου η βλάστηση απουσιάζει (Wells et al, 1979 from Delano et al, 1998). Έτσι, μετά την φωτιά, με την απουσία της βλάστησης, η ικανότητα αποθήκευσης νερού από το έδαφος (water storage capacity), είναι σημαντικά μειωμένη, με αποτέλεσμα πολύ μικρότερα ύψη βροχής να φέρνουν το έδαφος σε κορεσμό και να δημιουργούν έντονες επιφανειακές απορροές και πλημμυρικά επεισόδια. Πάντως, έχει παρατηρηθεί πως η φωτιά προκαλεί μια ομογενοποίηση της περιοχής ως προς την ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους (Gonzalez-Pelayo et al, 2006).

ΑΠΩΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ (ΥΔΡΟΦΟΒΙΚΟΤΗΤΑ)

Η απωθητικότητα του νερού (water repellency) ή υδροφοβικότητα (hydrophobicity) είναι μία εδαφική ιδιότητα που επηρεάζεται κατά κόρον από την φωτιά. Ανεξάρτητα από την φωτιά, υπάρχουν εδάφη που απωθούν έντονα το νερό, που λέγονται υδρόφοβα (DeBano et al, 1998). Τα περισσότερα ξηρά εδάφη έχουν μία υψηλή ικανότητα να απορροφούν νερό. Έτσι, αν προστεθεί νερό στην επιφάνεια ενός ξηρού εδάφους, αυτό αμέσως θα διεισδύσει μέσα στο έδαφος. Αντίθετα, σε υδρόφοβα εδάφη, οι σταγόνες του νερού δεν απορροφούνται παρά μένουν στην επιφάνειά του σαν σφαιρίδια (εικόνα 3.1). Αυτό συμβαίνει γιατί οι δεσμοί μεταξύ των μορίων του νερού είναι ισχυρότεροι από αυτούς που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του νερού και αυτών της επιφάνειας του εδάφους. Κάποια αίτια λόγω των οποίων συμβαίνει αυτό, φαίνονται παρακάτω (DeBano et al, 1998):

- Μόνιμη, μη αναστρέψιμη ξήρανση οργανικού υλικού.
- Οργανικό υλικό από υπολείμματα και επιφανειακή βλάστηση στην επιφάνεια του εδάφους, δημιουργεί υδρόφοβο στρώμα, ειδικά σε τραχιά, αμμώδη εδάφη.
- Υδρόφοβα οργανικά προϊόντα που εκκρίνονται από βακτηριδιακούς, εδαφικούς μικροοργανισμούς (π.χ. *mycelium*), ειδικά σε τραχιά αμμώδη εδάφη.
- Ανάμιξη υδρόφοβου οργανικού υλικού με υδρόφοβα ορυκτά.
- Θέρμανση οργανικού υλικού και μίξη με υδρόφοβα ανόργανα ορυκτά.

Από το τελευταίο αίτιο, γίνεται φανερό πως η φωτιά και η συνεπαγόμενη θέρμανση του οργανικού υλικού του εδάφους, επηρεάζει και μάλιστα αυξάνει την αποθητικότητα του νερού από το έδαφος και συμβάλλει στο σχηματισμό υδρόφοβων εδαφών.



Εικόνα 3.1. Εργαστηριακή αναπαράσταση της εδαφικής υδροφοβικότητας (Πηγή internet wikipedia, water repellent soils)

Υδροφοβικότητα και φωτιά

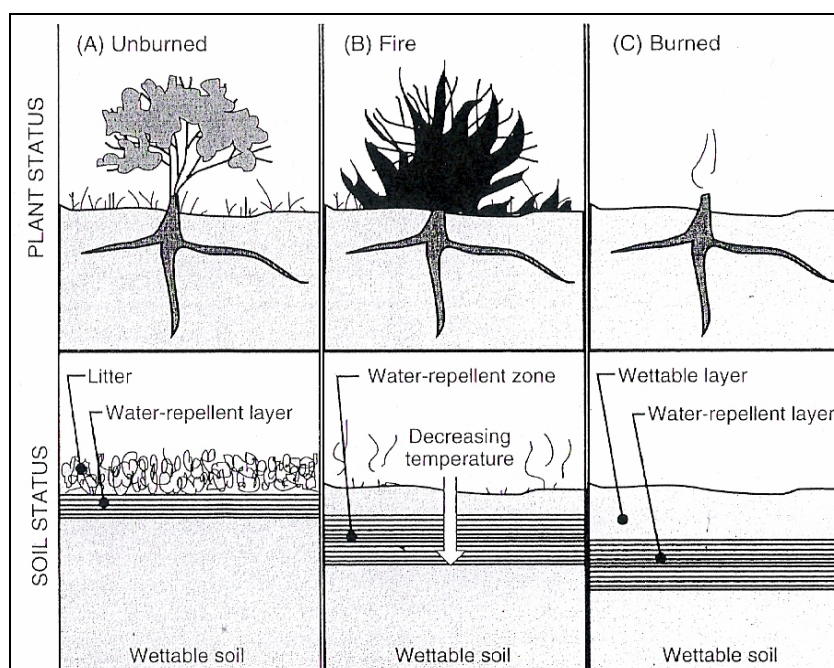
Μετά τη φωτιά, η αποθητικότητα του νερού από το έδαφος, φαίνεται σαν μία γραμμή (της οποίας το βάθος ποικίλει), στην επιφάνεια του εδάφους ή λίγα εκατοστά κάτω από αυτήν και παράλληλα προς αυτήν (σχ. 3.4, DeBano et al, 1998). Συνήθως, η γραμμή αυτή βρίσκεται κάτω από ένα λεπτό στρώμα έντονα καμένου εδάφους ή ένα στρώμα στάχτης. Η γραμμή αυτή της απώθησης του νερού έχει περιγραφεί με τον όρο “tin roof effect” (DeBano, 1969 from DeBano et al, 1998).

Γενικά, θεωρείται αποδεκτό πως η θέρμανση εδαφών με οργανικό υλικό περισσότερο από 2-3%, σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 176°C, μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό υδρόφοβων φάσεων (DeBano, 1991, Scholl, 1975, Savage, 1974, Doerr et al, 2006, Καϊλίδης, 1993).

Μία πρώτη υπόθεση για τον σχηματισμό της γραμμής απώθησης και των υδρόφοβων εδαφών, έχει περιγραφεί από τον DeBano (1981). Η υπόθεση αυτή έχει εξαχθεί από πολλές μετρήσεις εργαστηρίου και πεδίου. Αρχικά, είχε δεχθεί πως η απώθηση του νερού εντείνεται με την θέρμανση οργανικού υλικού σε ειδικούς φούρνους για διάφορες θερμοκρασίες και περιόδους θέρμανσης. Αυτή η αρχική έρευνα των DeBano και Krammes (1966), έδειξε πως υπάρχει αποτελεσματικότερη κάλυψη

του ανόργανου εδάφους και σχηματισμός υδρόφοβων φάσεων, για χαμηλότερες θερμοκρασίες και μικρές περιόδους θέρμανσης, παρά για υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες περιόδους θέρμανσης, όπου καταστρέφεται πλήρως το οργανικό υλικό που είναι υπεύθυνο για την δημιουργία υδροφοβικότητας.

Στη συνέχεια εργαστηριακές μετρήσεις με αλλαγές στην υδροφοβικότητα, ανάλογα τους χρόνους θέρμανσης και τις θερμοκρασίες, συνδυάστηκαν με μετρημένες θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν κατά την διάρκεια πραγματικών δασικών πυρκαγιών. Προέκυψε πως το οργανικό υλικό που συσσωρεύεται στην επιφάνεια του εδάφους στις χρονικές περιόδους παύσεων μεταξύ των πυρκαγιών, προκαλεί τον σχηματισμό υδρόφοβων φάσεων στο πολύ ανώτερο τμήμα του εδάφους (Kozlowski, 1975). Αυτό γίνεται λόγω της ανάμιξης του μερικώς αποσυντιθέμενου οργανικού υλικού που επικάθεται στην επιφάνεια του εδάφους, με το ανόργανο έδαφος και της διείσδυσης των στραγγιδίων της αποσύνθεσης μέσα στο εδαφικό μείγμα. Ακόμα, η ανάπτυξη των μυκήτων στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί επίσης να ενισχύσει την υδροφοβικότητα στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, πολύ κοντά στην επιφάνεια ή και πάνω σε αυτήν (επιφανειακή υδροφοβικότητα, surface repellency, DeBano et al, 1998) (σχ. 3.4(A)). Η επιφανειακή υδροφοβικότητα είναι συνήθως πιο ασθενής από αυτήν που σχηματίζεται από την πυρκαγιά. Έχει μικρότερο πάχος και δεν είναι συνεχής σε όλη την επιφάνεια, αφήνοντας πόρους και επιτρέποντας την διήθηση (Kozlowski, 1975). Βέβαια, έχουν καταγραφεί και ακραίες περιπτώσεις πολύ έντονης υδροφοβικότητας, χωρίς την επίδραση της φωτιάς, σε δάση όπου δεν έχουν καεί για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα (Doerr et al, 2006).



Σχήμα 3.4. Οι μεταβολές στην υδροφοβικότητα κατά τη φωτιά και η γραμμή απώθησης του νερού στο (A) προπυρικό, (B) κατά την διάρκεια της φωτιάς και το (C) μεταπυρικό στάδιο (DeBano et al, 1998)

Όταν το επιφανειακό στρώμα της βλάστησης και των οργανικών υπολειμμάτων που κείται στην επιφάνεια του εδάφους καίγεται, τότε τα ανώτερα στρώματα του εδαφικού προφίλ εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες. Μεγάλα ποσά ενέργειας (θερμότητας) ελευθερώνονται όταν η καύσιμη δασική ύλη καίγεται σε συνθήκες πυρκαγιάς υψηλής έντασης (wildfire). Μόνο το 10% της ενέργειας αυτής

ακτινοβολείται προς τα κάτω, θερμαίνοντας το έδαφος. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό είναι ικανό για να θερμάνει αρκετά την επιφάνεια και τα ανώτερα στρώματα του εδάφους, καθώς και να αναφλέξει την οργανική ύλη ακριβώς στην επιφάνεια. Σε ένα θαμνώδες οικοσύστημα, σε ακραίες περιπτώσεις, η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει τους 1090°C στους φλεγόμενους θάμνους και τους 850°C στην επιφάνεια τους εδάφους. Σε ξηρά εδάφη, σε βάθος 5 cm η θερμοκρασία σπάνια ξεπερνά τους 150°C καθώς το ξερό έδαφος είναι πολύ καλός μονωτής (DeBano et al, 1998).

Ο συνδυασμός της ανάφλεξης στην επιφάνεια και η μεταφορά θερμότητας από επάνω, οδηγεί σε μία κλιμακωτή αύξηση της θερμοκρασίας των ανωτέρων στρωμάτων του εδάφους. Το οργανικό υλικό, κυρίως λόγω των αναφλέξεων στην επιφάνεια του εδάφους, εξαerώνεται και προχωρά προς τα κάτω μέχρι να βρει ψυχρότερα στρώματα όπου και συμπυκνώνεται (σχ. 3.4(C)).

Η αρχική απόθεση του νερού από το έδαφος, σε διαφορετικά βάθη, εντείνεται από την θέρμανση, καθώς το οργανικό υλικό θερμαίνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε τα μόρια του οργανικού υλικού να καλύπτουν και να συνδέονται χημικά με τους κοντινούς κόκκους του ανόργανου εδάφους. Η μετατόπιση της γραμμής απόθεσης του νερού (υδρόφοβο στρώμα) προς τα κάτω, μέσα στο έδαφος, συμβαίνει κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Μετά το τέλος της φωτιάς, η συνεχιζόμενη μεταφορά της θερμότητας προς τα κάτω μέσω του εδάφους μπορεί να επηρεάσει με την σειρά της την απωθητικότητα του νερού σε διάφορα βάθη, επιδρώντας έτσι στο πάχος του υδρόφοβου στρώματος.

Γενικά, η φωτιά είναι δυνατόν να αυξήσει την υδροφοβικότητα του εδάφους, καθώς μπορεί (Doerr et al, 2006):

- Να εξαerώσει υδρόφοβες οργανικές ουσίες από την επιφάνεια, οι οποίες συμπυκνώνονται χαμηλότερα σε ψυχρότερα εδαφικά στρώματα.
- Να πολυμερίσει οργανικές ενώσεις σε περισσότερο υδροφοβικές.
- Να βελτιώσει τους δεσμούς των κόκκων του εδάφους.
- Να απομονώσει και ανακαταναείμει στο εδαφικό μείγμα υδρόφοβες-αδιάβροχες ουσίες που προέρχονται από την οργανική ύλη.

Σχέσεις θερμοκρασιών και υδροφοβικότητας

Οι σχέσεις μεταξύ θερμοκρασιών και απόθεσης του νερού φαίνονται παρακάτω ως εξής (DeBano et al, 1998):

- Η απωθητικότητα του νερού επηρεάζεται ελάχιστα όταν στο έδαφος αναπτύσσονται θερμοκρασίες μικρότερες των 176°C.
- Έντονη ζώνη απόθεσης (υδρόφοβο στρώμα) σχηματίζεται μεταξύ 176 και 204°C.
- Καταστροφή της απωθητικότητας παρατηρείται για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 288°C.

Επειδή κατά την καύση, η συγκέντρωση του οξυγόνου μπορεί να μειωθεί πολύ, ανάλογα τις συνθήκες καύσης, το οργανικό υλικό μπορεί να μην καεί, αλλά να πυρολυθεί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το υδρόφοβο στρώμα μπορεί να καταστραφεί σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 500 ή και 600°C.

Η φωτιά, γενικά, καταστρέφει την επιφανειακή υδροφοβικότητα και ενισχύει αυτήν σε βαθύτερα στρώματα εδάφους (subsurface repellency). Αυτό συμβαίνει γιατί οι περισσότερες δασικές πυρκαγιές (μετρίας-υψηλής έντασης) αναπτύσσουν θερμοκρασίες στην επιφάνεια του εδάφους της τάξης των 250 και 300°C. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα, καθώς σε συνθήκες καύσης με περιορισμένο οξυγόνο, η συνεπαγόμενη πυρόλυση του οργανικού υλικού μπορεί να ενισχύσει κατά πολύ την επιφανειακή υδροφοβικότητα (Kozlowski, 1975).

Το υδρόφοβο στρώμα, με πάχος που ποικίλλει, παραμένει και μετά τη φωτιά. Η ύπαρξη του στρώματος αυτού σε κάποιο βάθος, επιτρέπει την διήθηση σε περιορισμένο βάθος μέσα στο έδαφος (μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και του υδρόφοβου στρώματος). Το βάθος και το πάχος του, εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (DeBano et al, 1998):

- *Ένταση της φωτιάς.* Όσο πιο έντονη είναι η φωτιά, τόσο πιο βαθιά προχωρά το υδρόφοβο στρώμα, εκτός και αν οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο έδαφος είναι τόσο υψηλές, ώστε να έχουμε πλήρη καταστροφή του εδαφικού οργανικού υλικού.
- *Τύπος και ποσότητα της οργανικής ύλης.* Πρέπει να υπάρχει αρκετή ποσότητα οργανικού υλικού στο έδαφος για να δημιουργηθούν υδρόφοβες φάσεις. Οι περισσότεροι τύποι φυτών και μυκήτων μπορούν να σχηματίσουν τέτοιες φάσεις.
- *Η κλιμάκωση της αύξησης της θερμοκρασίας* στο έδαφος. Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας σε ξηρό έδαφος προκαλεί έντονη μετατόπιση (προς τα κάτω) του υδρόφοβου στρώματος.
- *Σύσταση του εδάφους.* Αμμώδη και τραχιά εδάφη φαίνεται πως είναι πιο επιρρεπή στο να σχηματίζουν υδρόφοβες φάσεις (Bond and Harris, 1964 from DeBano et al, 1998). Ωστόσο, και τα πηλώδη (clays) αναφέρονται ως έντονα υδροφοβικά (McGhie and Posner from DeBano et al, 1998).
- *Περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό.* Το νερό, σαν καλός αγωγός της θερμότητας, επεμβαίνει στην μεταφορά της θερμότητας και στην συμπύκνωση των οργανικών ουσιών προς τον σχηματισμό των υδροφόβων φάσεων. Αντίθετα, ως υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας επεμβαίνει στην κλιμάκωση αύξησης της θερμοκρασίας του εδάφους.

Οι οργανικές ουσίες στο έδαφος προκαλούν απωθητικότητα στο νερό, είτε σε συνθήκες πυρκαγιάς, είτε όχι. Μην ξεχνούμε πως η υδροφοβικότητα είναι ένα φυσικό φαινόμενο, που παρουσιάζεται στα ανώτερα τμήματα του εδάφους (κοντά στην επιφάνεια) και μάλιστα μπορεί να είναι αρκετά έντονη σε δάση που έχουν μείνει άκαυτα για πολύ καιρό (>150 έτη, Kozlowski, 1975). Τέτοιες περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί στα δάση ευκαλύπτου στην Αυστραλία (Burch et al, 1989, Crockford et al, 1991, Doerr et al, 2006) και στην τούνδρα της Νορβηγίας (Doerr et al, 1998). Η χημική σύνθεση λοιπόν, αυτών των οργανικών ουσιών γενικά δεν είναι ξεκάθαρη. Ωστόσο κάποιες από αυτές τις ουσίες έχουν προσδιοριστεί (DeBano et al, 1998):

- a) Αλιφατικοί μακρομοριακοί υδρογονάνθρακες.
- b) Οργανικά οξέα (χουμικά) που εκκρίνουν μικρόβια και μύκητες του εδάφους.
- c) Πολυσθενή μέταλλα συνδεδεμένα με οργανικά.
- d) Ριζοσπαστικές οργανικές ουσίες.
- e) Πολύπλοκοι εστέρες μεταξύ φαινολικών οξέων και πολύσακχαριδίων.

Υδροφοβικότητα και δομική ευστάθεια

Φυσικά, η υδροφοβικότητα των εδαφών, δεν είναι πάντα ένα ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό. Όπως προαναφέραμε, είναι ένα φυσικό χαρακτηριστικό του εδάφους που αναπτύσσεται τόσο σε συνθήκες φωτιάς, όσο και όχι. Σε αντίθεση, η υδροφοβικότητα, όταν δεν είναι πολύ έντονη, μπορεί να είναι ωφέλιμη και να συνεισφέρει στην ευστάθεια και την συνοχή του εδάφους (Johnson and Miyaniishi, 2001). Αυτό το όφελος βέβαια, προκύπτει για την περίπτωση συνθηκών περιβάλλοντος, μακριά από πυρκαγιές.

Η εδαφική δομή είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την παραγωγικότητα και τις σχέσεις εδάφους-νερού, τόσο σε γεωργικά όσο και σε δασικά εδάφη. Αυξημένη

διηθητικότητα, σε καλά δομημένα εδάφη, μειώνει την διαβρωσιμότητα του εδάφους. Ακόμα, η αλληλεπίδραση του οργανικού υλικού με το ανόργανο έδαφος, επιδρά στην ικανότητα δέσμευσης κατιόντων του εδάφους. Το οργανικό υλικό συνδέει τους πρωτογενείς κόκκους του ανόργανου εδάφους μεταξύ τους και έτσι καθορίζει την εδαφική δομή. Το οργανικό υλικό αποτελείται από ζωντανούς οργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς) αλλά και από νεκρή οργανική ύλη η οποία αποσυντίθεται, παράγοντας έτσι οργανικές ουσίες που συνδέουν μεμονωμένα εδαφικά σωματίδια. Φυσικές διαδικασίες, όπως η συμπίεση και η αλλοίωση των εδαφικών σχηματισμών, καθώς το νερό παγώνει και ξεπαγώνει και το έδαφος υγραίνεται και ξηραίνεται, μπορούν επίσης να προκαλέσουν συσσωματώσεις. Η αφθονία των κατιόντων σε αλατούχα και αλκαλικά υλικά οδηγούν σε ισχυρές δομές κρυσταλλικής φύσεως. Οι υδρόφοβες φάσεις σε ένα έδαφος, ωφελούν την εδαφική δομή με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των αλατούχων εδαφών. Επίσης, οι υδρόφοβες φάσεις, ενισχύουν την εδαφική δομή, αυξάνοντας την αντίσταση στην αποσύνθεσή της, όταν το έδαφος υγραίνεται (slaking) (Johnson and Miyaniishi, 2001). Αν και τα συσσωματώματα που δημιουργούνται είναι υδρόφοβα, η (συνεπαγόμενη) δημιουργία πολλών μακροπόρων οδηγεί σε ταχύτατη διήθηση και διείσδυση του νερού μέσα στο εδαφικό σώμα. Αν όμως, τα σωματίδια του εδάφους καλυφθούν πλήρως από υδρόφοβες φάσεις, τότε ολόκληρο το σύστημα γίνεται έντονα υδρόφοβο. Αυτό οδηγεί σε έντονη συνολική υδροφοβικότητα, περιορίζοντας κατά πολύ την ικανότητα διήθησης και αυξάνοντας την επιφανειακή απορροή και την διάβρωση.

Η υδροφοβικότητα που δημιουργείται από φωτιές χαμηλής ή μέσης έντασης, είναι συνήθως μικρότερης διάρκειας από αυτές λόγω υψηλής έντασης. Για παράδειγμα, η υδροφοβικότητα που δημιουργήθηκε από φωτιά χαμηλής έντασης σε δάση στο ΝΔ Oregon αργά την άνοιξη, άρχισε να επιτρέπει φυσιολογική διήθηση την περίοδο των πρώτων βροχών στις αρχές του φθινοπώρου (McNabb et al, 1989 from DeBano et al, 1998). Η ικανότητα απορρόφησης και συγκράτησης νερού από το έδαφος, όταν αυτό καίγεται από χαμηλής έντασης φωτιές, ανακάμπτει ταχύτητα την στιγμή που μια φωτιά υψηλής έντασης μπορεί να οδηγήσει σε ανάκαμψη μετά από 6 χρόνια (Dyngness, 1976) ανάλογα βέβαια και τις συνθήκες (ένταση φωτιάς, βάθος υδρόφοβου στρώματος, προπυρική υδροφοβικότητα, τύπος εδάφους, ορυκτά κ.α.). Γενικά, μελέτες έχουν δείξει πως 2 με 4 χρόνια μετά την πυρκαγιά, υπάρχει μείωση στην έντονη υδροφοβικότητα και επαναφορά στα προπυρικά περίπου επίπεδα (DeBano et al, 1998), χωρίς να λείπουν βέβαια και καταγραφές ακραίων περιπτώσεων, όπως παραπάνω, από 3 μήνες έως και 6 έτη!

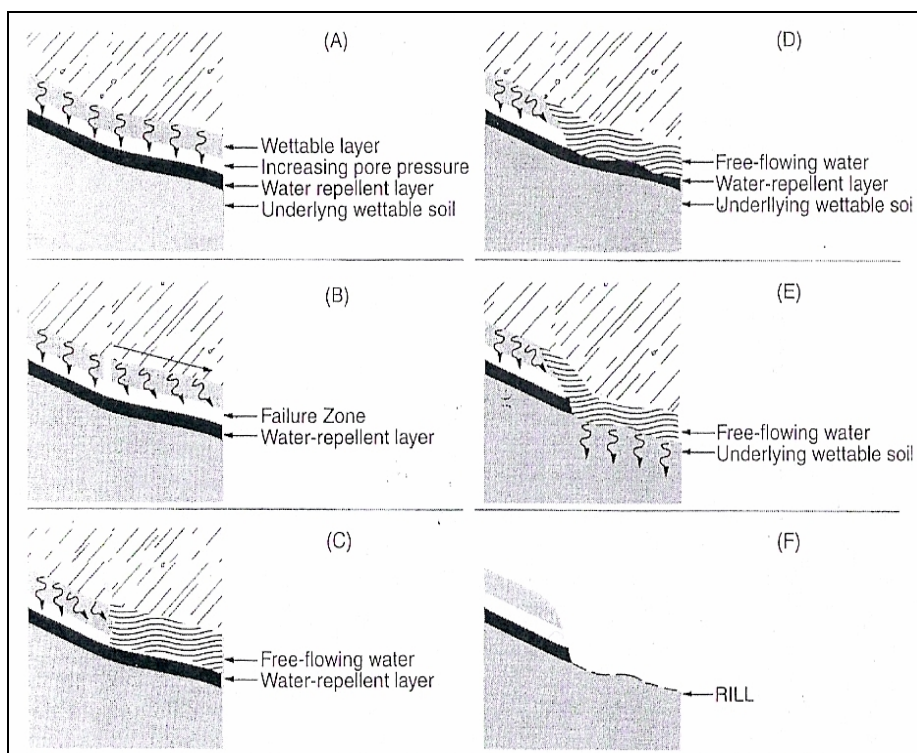
Επίδραση υδροφοβικότητας σε διήθηση και απορροή

Δύο σημαντικές διαδικασίες διάβρωσης ακολουθούν μια πυρκαγιά: α) ξηρός θρυμματισμός και απόσπασση υλικών από το έδαφος (dry ravel) και β) δημιουργία αυλακιών στα οποία αποσπώνται και μεταφέρονται υλικά μέσω της απορροής του νερού μέσα σε αυτά (rill formation) (DeBano et al, 1998).

Ο θρυμματισμός και η απόσπασση των υλικών σε ξηρές συνθήκες, γίνεται κατά την διάρκεια της φωτιάς και αμέσως μετά από αυτήν, σε απότομες πλαγιές όπου με την επίδραση της βαρύτητας μετακινούνται υλικά προς τα κάτω. Η δημιουργία αυλακιών συμβαίνει όταν η βροχή υπερβαίνει τον ρυθμό διήθησης και προκαλεί επιφανειακή απορροή (επίγεια ροή, λόγω κορεσμού από πάνω-υπόθεση Horton, καθώς σε πρόσφατα καμένες περιοχές εφαρμόζεται καλύτερα η υπόθεση Horton, λόγω ανύπαρκτης ή πολύ αραιής βλάστησης και πιθανής υδροφοβικότητας, Κουτσογιάννης, 1999). Οι πυρκαγιές υψηλής έντασης, καίγοντας πλήρως την παρεδάφια βλάστηση και τους θάμνους, ελευθερώνουν υλικά (θραύσματα), πολλές φορές σημαντικών διαστάσεων, που κατεβαίνουν στα ρέματα στην βάση των πλαγιών και ή παραμένουν εκεί ή

παρασύρονται προς τα κατόντη του ρέματος, ανάλογα την παροχή του και τις διαστάσεις τόσο του ρέματος, όσο και του θραύσματος.

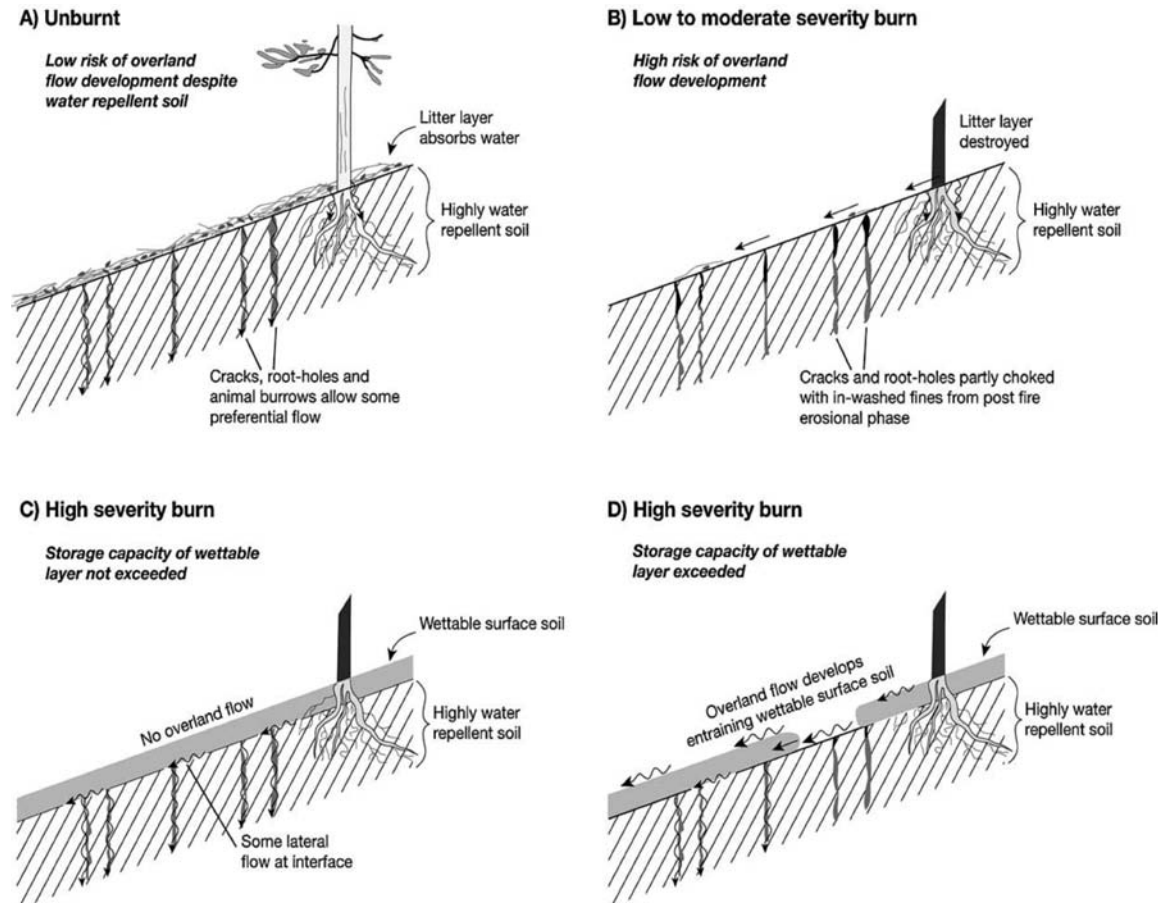
Αξιοσημείωτο είναι πως μετά από πυρκαγιά, οι πρώτες καταιγίδες (ή η πρώτη, αν είναι μεγάλης έντασης και διάρκειας) θα δημιουργήσουν ένα εκτεταμένο δίκτυο μικρών αυλακιών. Η δημιουργία των αυλακιών αυτών φαίνεται πως έχει άμεση σχέση με την υδροφοβικότητα (σχ. 3.5, DeBano et al, 1998, Doerr, et al, 2006). Σε μια τομή κατά μήκος των αυλακιών αυτών, βλέπουμε πως ο πυθμένας τους φτάνει μέχρι το υδρόφοβο στρώμα. Έτσι, όσο πιο βαθύ είναι το υδρόφοβο στρώμα, τόσο πιο βαθιά γίνονται και τα αυλάκια.



Σχήμα 3.5. Διαδικασία σχηματισμού αυλακιών σε πρόσφατα καμένο έδαφος, μετά τα πρώτα επεισόδια βροχής (DeBano et al, 1998).

Το νερό δεν διεισδύει σε όλο το εδαφικό προφίλ αλλά μέχρι να συναντήσει το υδρόφοβο στρώμα. Αυτή η περιορισμένη διεισδυτικότητα συμβαίνει σχεδόν ομοιόμορφα σε όλο το τοπίο, ανάλογα βέβαια και την ένταση και την έκταση της φωτιάς, και όταν το διηθούμενο νερό φτάσει στο υδρόφοβο στρώμα, τότε στραγγίζει πλευρικά κατά μήκος των κλίσεων (σχ. 3.5(A)). Καθώς η βροχόπτωση συνεχίζεται, το νερό γεμίζει τους πόρους που υπάρχουν στο ανώτερο, υγραινόμενο (wetable) εδαφικό στρώμα, πάνω από το υδρόφοβο, με αποτέλεσμα να κορεστεί. Καθώς οι πόροι είναι γεμάτοι και δεν μπορούν να διοχετεύσουν αλλού το νερό, δημιουργείται πίεση πάνω από το υδρόφοβο στρώμα. Αυτή η αυξανόμενη πίεση, οδηγεί σε μείωση της δύναμης συνάφειας (διατμητική αντοχή) μεταξύ του άνω ορίου του υδρόφοβου στρώματος και του υπερκείμενου κορεσμένου εδάφους. Με την αύξηση της πίεσης των πόρων, η δύναμη συνάφειας μπορεί να μειωθεί τόσο πολύ ώστε στην διεπιφάνεια υδρόφοβου στρώματος-υπερκείμενου εδάφους, όπου και οι πιέσεις είναι μεγαλύτερες, να έχουμε αποκόλληση και το υπερκείμενο έδαφος να ολισθήσει υπό την επίδραση της βαρύτητας (σχ. 3.5(β)). Αν το είναι χονδρόκοκκο και τραχύ (αμμώδες), τότε την στιγμή της αστοχίας, άμεσα αποσυνδέονται μεταξύ τους τα σωματίδια του εδάφους, κυρίως στην γραμμή αστοχίας και κοντά σε αυτή. Αυτό, επιταχύνει και επεκτείνει την αστοχία κατά

μήκος της πλαγιάς (γενίκευση αστοχίας). Όταν πολλοί κόκκοι χάσουν την συνοχή μεταξύ τους, τότε το έδαφος χάνει την αντοχή του και μοιάζει με ρευστό. Αυτή η κατάσταση δημιουργεί μια ροή φερτών σχεδόν στην επιφάνεια του εδάφους, πάνω από το υδρόφοβο στρώμα, προς τα κάτω, προς την βάση της πλαγιάς (DeBano et al, 1998). Εξ ου και η μεγάλη στερεοαπορροή και στερεοπαροχή που παρατηρείται στα πρώτα επεισόδια βροχής, που μπορεί να μην είναι πολύ έντονα, σε πρόσφατα πυρόπληκτες περιοχές.



Σχήμα 3.6. Επίδραση πυρκαγιών στο “χαμήλωμα” του υδροφόβου στρώματος, με συνέπεια την έντονη διάβρωση και την δημιουργία αυλακιών, κάτι που δεν συμβαίνει στις χαμηλής ή μέτριας έντασης πυρκαγιές (Doerr et al, 2006).

Το νερό δεν συγκρατείται πλέον παρά ρέει ελεύθερο στα αυλάκια που σχηματίστηκαν από την ροή των φερτών (σχ. 3.5(C)). Το νερό αυτό, δεν μπορεί να διηθηθεί, καθώς από κάτω βρίσκεται το υδρόφοβο στρώμα, οπότε ρέει μέσα στα αυλάκια με ελεύθερη επιφάνεια, διαβρώνοντάς τα (DeBano et al, 1998). Καθώς η ροή αυτή είναι τυρβώδης, αποσπά και μεταφέρει υλικά του υδρόφοβου στρώματος (διάβρωση υδρόφοβου στρώματος) (σχ. 3.5(D)). Τελικά, το υδρόφοβο στρώμα διαβρώνεται πλήρως και η ελεύθερη ροή αρχίζει να μειώνεται καθώς αρχίζει η διήθηση στο υγραινόμενο έδαφος κάτω του έντονα διαβρωμένου υδρόφοβου στρώματος. Η επιφανειακή (επίγεια) ροή μειώνεται αρκετά μέχρι που παύει σε ορισμένες περιπτώσεις ανάλογα και τις εδαφικές συνθήκες (σχ. 3.5(E)). Το τελικό αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός εκτεταμένου δικτύου αυλακιών, συχνά με αρκετό βάθος ανάλογα τις συνθήκες, των οποίων ο πυθμένας είναι περίπου το κάτω όριο του προϋπάρχοντος υδρόφοβου στρώματος (σχ. 3.5(F)). Σημειώνεται, πως η παραπάνω διαδικασία μπορεί να μην ολοκληρωθεί σε ένα επεισόδιο βροχής και αυτό εξαρτάται

από την ένταση και την διάρκεια του ίδιου του επεισοδίου. Η γρήγορη ανάκαμψη της βλάστησης, θεωρείται ως ο κύριος (πιθανό και μοναδικός) ανασταλτικός παράγοντας έναντι της διάβρωσης, σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία (Καϊλίδης, 1993). Όμοια στο σχήμα 3.6, φαίνεται ο παραπάνω μηχανισμός διάβρωσης, μόνον όμως για την πυρκαγιά υψηλής έντασης, όπου το υδρόφοβο στρώμα χαμηλώνει αρκετά κάτω από την εδαφική επιφάνεια. Στις πυρκαγιές χαμηλής ή μέτριας εντάσεως, η διήθηση δεν επηρεάζεται τόσο από το σχηματισμό υδρόφοβου εδάφους, που υπάρχει και προπυρικά ακριβώς από κάτω από της επιφάνεια του εδάφους, αλλά από το φράξιμο, λόγω της ροής λεπτόκοκκων φερτών, των πόρων και των διόδων στο υδρόφοβο στρώμα, που γίνονται είτε από τις φυτικές ρίζες, είτε από τους εδαφικούς οργανισμούς.

3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Εξετάζοντας το έδαφος χημικά, θα πρέπει να ασχοληθούμε τόσο με την οργανική συνιστώσα όσο και με την ανόργανη. Οι δύο αυτές συνιστώσες είναι σε μία συνεχή αλληλεπίδραση. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι ο κύριος υπεύθυνος για τις περισσότερες χημικές εδαφικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η οξύτητα (pH), η ικανότητα ιοντοανταλλαγής κ.α. Συγκεκριμένα, η ικανότητα ιοντοανταλλαγής (cation exchange capacity) είναι πολύ σημαντική για την θρέψη των φυτών. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από τα εδαφικά κολλοειδή (κυρίως τα οργανικά) τα οποία έλκουν και συγκρατούν τα κατιόντα (ικανότητα προσρόφησης κατιόντων) τα οποία με την σειρά τους συνεχώς αντικαθίστανται (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006, McLaren and Cameron, 1996). Επίσης, οι διαδικασίες για τη ρύθμιση και ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, την διαθεσιμότητά τους καθώς και τις απώλειες τους λόγω πτητικότητας και καθείσδυσης είναι θεμελιώδους σημασίας για την περιγραφή και μελέτη της χημείας του εδάφους.

Οι χημικές επιδράσεις της φωτιάς στο έδαφος οφείλονται κυρίως στην καύση της οργανικής ύλης του εδάφους (DeBano et al, 1998), που απαντάται στους ανώτερους εδαφικούς ορίζοντες και την επιφάνεια, αλλά και στην καύση των ανόργανων στοιχείων (σε φωτιές υψηλής έντασης). Στη στάχτη που παράγεται από την φωτιά, η οποία επικάθεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορούν να συμβούν πολλές και ποικίλες διεργασίες. Οι κατακρημνίσεις μπορούν να διαλύσουν την στάχτη και να μεταφέρουν χημικά στοιχεία στο έδαφος, όπου και παραμένουν με την μορφή ιόντων. Ακόμα, οι κατακρημνίσεις μπορούν να παρασύρουν την στάχτη, δημιουργώντας επιφανειακή απορροή, και μαζί της να παρασυρθούν και να απομακρυνθούν από το έδαφος, πολλά θρεπτικά στοιχεία (Καϊλίδης, 1993). Μεγάλες απώλειες στοιχείων επίσης, παρατηρούνται κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς λόγω εξαέρωσης ή εξάτμισης (volatilization), ειδικά για το άζωτο (N) (Μαργαρης, 2001).

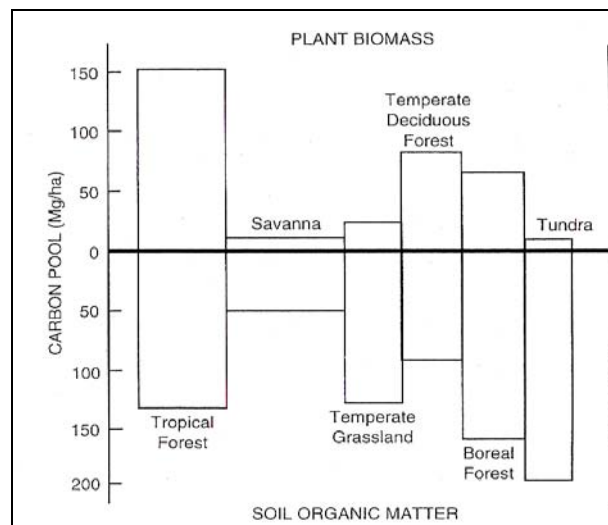
3.2.2 ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Η οργανική ύλη βρίσκεται στο ανώτερο στρώμα του εδαφικού προφίλ, καθώς και πάνω στην επιφάνειά του (Ντάφης, 1986). Πάνω από την επιφάνεια, το οργανικό υλικό αποτελείται από νεκρά οργανικά υπολείμματα (φυτικών και ζωικών οργανισμών) σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης, καθώς και από ζωντανούς οργανισμούς όπως η παρεδάφια βλάστηση και οι εδαφικοί μικροοργανισμοί. Από πάνω προς τα κάτω, η (νεκρή) οργανική ύλη βρίσκεται σε συνεχώς εντονότερη αποσύνθεση από μικροοργανισμούς τους εδάφους (αποικοδομητές, όπως μύκητες),

συνιστώντας στο ανώτατο στρώμα τον δασικό τύπητα (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006), που αποτελείται από οργανικό υλικό που είναι πρόσφατο και η κυτταρική δομή του, είναι εύκολα αναγνωρίσιμη καθώς δεν έχει υποστεί έντονη αποσύνθεση (π.χ. ξερά φύλλα). Προχωρώντας χαμηλότερα, η οργανική παρουσιάζεται συνεχώς πιο άμορφη, χωρίς να αναγνωρίζεται εύκολα η κυτταρική δομή της και αναμεμιγμένη με ανόργανα εδαφικά συστατικά, συνιστώντας τον χούμο (βλ. παράρτημα). Γενικά, χούμος και τύπητας συνιστούν την οργανική ύλη του εδάφους (Ντάφης, 1986). Ειδικότερα, μπορεί να χωριστεί στις εξής συνιστώσες (DeBano et al, 1998):

- Ζωντανή οργανική ύλη (παρεδάφια βλάστηση, ρίζες, μικροοργανισμοί κ.α.)
- Αναγνωρίσιμο φυτικό υλικό που δεν έχει αποσυντεθεί ακόμα (δασικός τύπητας)
- Αποσυντιθέμενο αλλά αναγνωρίσιμο φυτικό υλικό
- Αποσυντιθέμενα τμήματα κορμών σημαντικών διαστάσεων (coarse woody debris) που μένουν είτε στην επιφάνεια, είτε θάβονται.
- Απανθρακωμένα φυτικά τμήματα
- Αποσυντιθέμενο, σε πολύ προχωρημένη κατάσταση, οργανικό υλικό αναμεμιγμένο με ανόργανα εδαφικά υλικά (χούμος).

Αυτές οι συνιστώσες, δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται όλες στα δασικά εδάφη. Αυτό εξαρτάται από το είδος του οικοσυστήματος (τύπος βλάστησης) και τις συνθήκες που επικρατούν. Για παράδειγμα, σε χορτολιβαδικά οικοσυστήματα, χωρίς να υπάρχουν μεμονωμένες συστάδες δέντρων, δεν θα παρατηρήσουμε την συνιστώσα οργανικού υλικού από μεγάλα τμήματα ξύλου. Γενικά, μόνο στα δασώδη οικοσυστήματα θα βρούμε και τις 6 προαναφερθείσες συνιστώσες (DeBano et al, 1998). Το ποσό της οργανικής ύλης που συσσωρεύεται, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, κυρίως όμως από το είδος της βλάστησης που καλύπτει το έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.) (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Για παράδειγμα, σε μία άνυδρη έρημο το ποσό της οργανικής ύλης δεν ξεπερνά τα μερικά γραμμάρια ανά εκτάριο ετησίως, ενώ σε παραγωγικά δάση κωνοφόρων, η ποσότητα αυτή μπορεί να ξεπεράσει τους 6 t/ha/year (DeBano et al, 1998). Το σχήμα 3.7 μας δείχνει ακριβώς αυτή την ποικιλία παραγωγής οργανικού υλικού από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα τις συνθήκες.



Σχήμα 3.7. Κατανομή βιομάζας και εδαφικού οργανικού υλικού σε διαφορετικά οικοσυστήματα (J.M. Anderson, 1991 from DeBano et al, 1998).

Η αποσύνθεση του οργανικού υλικού γίνεται από τους αποσυνθέτες μικροοργανισμούς ή αποικοδομητές, που ζουν στο έδαφος και η επιβίωσή τους πολλές φορές εξαρτάται από τις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Οι ρυθμοί τη αποσύνθεσης και συνεπώς και της συσσώρευσης, συνδέονται έντονα με την θερμοκρασία και την υγρασία (Ντάφης, 1986). Μεγάλες συσσωρεύσεις οργανικού υλικού έχουμε όταν οι ρυθμοί αποσύνθεσης είναι χαμηλοί και αυτό συμβαίνει σε ψυχρά και ξηρά κλίματα (τουνδρά). Οι ρίζες και οι μικροοργανισμοί που ζουν συμβιωτικά με αυτές, είναι μια άλλη πηγή οργανικού υλικού για το έδαφος. Ανάλογα με τον τύπο του οικοσυστήματος, ποικίλει το βάθος του ριζοστρώματος και άρα και το βάθος του οργανικού υλικού. Σε δασώδη οικοσυστήματα, το βάθος των ριζών και άρα και του οργανικού υλικού, μπορεί να φτάσει αρκετά μέτρα, σε αντίθεση με τα χορτολιβαδικά που δύσκολα ξεπερνούν το 0,5-1 m (DeBano et al, 1998).

Το οργανικό υλικό που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους, προστατεύει την επιφάνεια από αλλοιώσεις και διάβρωση, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την διήθηση, εμποδίζοντας την επίγεια ροή του νερού (αύξηση επιφανειακής τραχύτητας, Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Το οργανικό υλικό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια, σε κάποιο βάθος, πολλές φορές αναμεμιγμένο με ανόργανα εδαφικά υλικά, συμπεριλαμβάνοντας νεκρές και ζωντανές φυτικές ρίζες, βελτιώνει την εδαφική δομή και τον αερισμό του εδάφους (Ντάφης, 1986). Αυτό το οργανικό υλικό εκτίθεται λιγότερο στις άμεσες επιδράσεις των δασικών πυρκαγιών.

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το εδαφικό οργανικό υλικό (soil organic matter) παίζει δύο κύριους ρόλους (DeBano et al, 1998):

a) Είναι ο κύριος υπεύθυνος για την διατήρηση και εξασφάλιση πολύπλοκων και ποικίλων χημικών και βιολογικών αντιδράσεων και μετασχηματισμών. Ο βιοχημικός κύκλος πολλών θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (όπως το άζωτο N) και η σύνθεση ζωντανών ιστών είναι παραδείγματα αυτού του ρόλου.

b) Η παρουσία του προάγει πολλές φυσικές και χημικές εδαφικές ιδιότητες. Παραδείγματα του ρόλου αυτού είναι η ευεργετική επίδραση των οργανικών στην εδαφική δομή και την δυνατότητα ανταλλαγής ιόντων.

Το οργανικό υλικό, όχι μόνο επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, αλλά είναι απαραίτητο για την ύπαρξη των βιολογικών δραστηριοτήτων στο έδαφος. Η επιβίωση των μικροοργανισμών του εδάφους, εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη οργανικής ύλης στο έδαφος, καθώς τους παρέχει κατοικία και τροφή (ενέργεια). Οι βιολογικές δραστηριότητες είναι απαραίτητες για την διατήρηση της ποιότητας των δασικών εδαφών (Ντάφης, 1986). Με άλλα λόγια, η παραγωγικότητα των εδαφών εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη οργανικού υλικού σε αυτά. Ακόμα, όπως προαναφέραμε, το οργανικό υλικό βελτιώνει την εδαφική δομή, δημιουργώντας μακροπόρους, αυξάνοντας έτσι τον φυσικό αερισμό και την διηθητικότητα του εδάφους, μειώνοντας παράλληλα την διαβρωσιμότητά του (DeBano et al, 1998).

3.2.3 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ

Τα κύρια θρεπτικά στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία είναι 2 κύριες κατηγορίες θρεπτικών συστατικών, που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των φυτών (Ντάφης, 1986). Τα κύρια στοιχεία είναι αυτά που απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες και είναι το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το θείο (S), ο σίδηρος (Fe), το ασβέστιο (Ca), το κάλιο (K) και το μαγνήσιο (Mg). Τα ιχνοστοιχεία, όπως ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), το κοβάλτιο (Co), το μολυβδαίνιο (Mo), το νικέλιο (Ni), είναι απαραίτητα σε

μικροποσότητες (ίχνη) για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών (Ντάφης, 1986). Πριν τα κύρια θρεπτικά συστατικά ενσωματωθούν στη κυτταρική βιομάζα, πρέπει να απελευθερωθούν ως ανόργανα ιόντα στο έδαφος.

Η διαλυτότητα των ιόντων αυτών (στο εδαφικό μείγμα) εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες (DeBano et al, 1998):

- Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους
- Αλληλεπιδράσεις με το εδαφικό οργανικό υλικό
- Μικροβιακή δραστηριότητα

Οι μικροοργανισμοί του εδάφους, σε συνθήκες χωρίς φωτιά, εξασφαλίζουν και εντείνουν την ανακύκλωση τόσο των κυρίων θρεπτικών στοιχείων, όσο και των ιχνοστοιχείων, ρυθμίζοντας το pH, σχηματίζοντας χηλικές ενώσεις (οργανικές ενώσεις μεταλλικών κυρίως ιόντων, wikipedia, chelation), εκκρίνοντας ουσίες υπεύθυνες για τον σχηματισμό ιόντων και αποσυνθέτοντας την οργανική ύλη (DeBano et al, 1998). Τα θρεπτικά συστατικά που αποθηκεύονται στο οργανικό υλικό, απελευθερώνονται με αργούς ρυθμούς στο έδαφος, μέσω της αποσύνθεσης (αποικοδόμησης). Έτσι, παρέχεται μια άμεση πηγή διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων, ελαχιστοποιώντας τις απώλειές τους από το οικοσύστημα. Η φωτιά επιταχύνει την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Απελευθέρωση θρεπτικών, που χωρίς φωτιά και λόγω βιολογικής αποσύνθεσης, μπορεί να διαρκέσει πολλά χρόνια (μέχρι και δεκάδες), με την φωτιά μπορεί να διαρκέσει λίγα λεπτά (DeBano et al, 1998).

Το οργανικό υλικό παίζει έναν σημαντικότερο ρόλο στην ανακύκλωση και αποθήκευση των θρεπτικών στοιχείων (McLaren and Cameron, 1996). Αποτελεί την κύρια πηγή του διαθέσιμου φωσφόρου (P) και θείου (S) στο έδαφος. Ακόμα, παρέχει ουσιαστικά όλο το διαθέσιμο άζωτο (N) στο εδαφικό μείγμα (Καϊλίδης, 1993). Η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων N στο εδαφικό οργανικό υλικό, εξασφαλίζει συνεχόμενη και υψηλή παραγωγικότητα στα εδάφη (Κωνσταντινίδης, 2003). Επιπροσθέτως, το οργανικό υλικό παρέχει στο εδαφικό προφίλ, χημικές περιοχές ανταλλαγής ιόντων, οι οποίες συγκρατούν σημαντικά κατιόντα όπως το αμμώνιο (NH_4^+) κ.α. (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Αυτά τα κατιόντα είναι άμεσα διαθέσιμα στους ζωντανούς οργανισμούς και αφομοιώνονται από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Το οργανικό υλικό, που απαντάται κυρίως στο ανώτερο τμήμα του χούμου, μπορεί να παρέχει μέχρι και το 50% των απαιτούμενων κατιόντων, σε κάποια δασικά εδάφη (DeBano et al, 1998). Τέλος, το οργανικό υλικό δημιουργώντας πολλές χηλικές ενώσεις, διατηρεί και παρέχει πολλά απαραίτητα ιχνοστοιχεία (Ντάφης, 1986).

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ

Η κατανομή του οργανικού υλικού πάνω και κάτω από την επιφάνεια του δασικού εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην αποτίμηση των επιδράσεων από τις δασικές πυρκαγιές. Τα περισσότερα εδαφικά προφίλ έχουν συγκεντρωμένο το οργανικό υλικό στο ανώτερο στρώμα, κοντά στην επιφάνεια (McLaren and Cameron, 1996). Εξ αιτίας αυτού του γεγονότος, οι μεγαλύτερες ποσότητες του εδαφικού οργανικού υλικού είναι άμεσα εκτεθειμένες στην ακτινοβολούμενη θερμότητα, προς τα κάτω, κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς. Πολλά από τα χημικά στοιχεία που αποθηκεύονται στο οργανικό υλικό χάνονται καθώς η θερμοκρασία του εδάφους αυξάνεται. Συγκεκριμένα, (DeBano et al, 1998):

- Μικρές απώλειες οργανικού υλικού παρατηρούνται σε θερμοκρασίες κάτω των 100°C.
- Τα πτητικά στοιχεία εξαερώνονται σχεδόν πλήρως σε θερμοκρασίες άνω των 200°C.

- Καταστροφική απόσταξη συμβαίνει με απώλεια οργανικού υλικού 85% και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 200-300°C.
- Πάνω από 300°C, το μεγαλύτερο μέρος του παραμένουστος στο έδαφος, οργανικού υλικού, αποτελείται από άνθρακα που στο τέλος χάνεται αφού αναφλεχθεί και καεί.
- Θέρμανση εδαφών σε θερμοκρασίες άνω των 450°C για 2 ώρες ή στους 500°C για μισή ώρα, αφαιρεί περίπου το 99% του συνολικού εδαφικού οργανικού υλικού (πλήρης αποστείρωση, συνήθως δεν συμβαίνει σε πραγματικές πυρκαγιές DeBano et al, 1998).

Παρόλα τα παραπάνω, η πιο σημαντική απώλεια από το οργανικό υλικό κατά την θέρμανση, θεωρείται η εξάερωση του αζώτου (N), η οποία μπορεί να συμβεί και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (Μάργαρης, 2001, DeBano et al, 1998).

Οι κύριες απώλειες από το οργανικό υλικό, σε χαμηλές θερμοκρασίες, είναι οι λειτουργικές ρίζες, ενώ η διάσπαση των πυρήνων συμβαίνει σε πολύ μεγαλύτερες. Ειδικότερα, οι ρίζες του υδροξυλίου (OH⁻) και του καρβοξυλίου (COOH⁻) χάνονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 250 και 400°C, με τις πρώτες να φαίνονται πιο ανθεκτικές (DeBano et al, 1998).

Πέρα από τις απώλειες, παρατηρούνται και (χημικές) αλλαγές. Μία μελέτη πάνω στο θέμα, που έλαβε χώρα σε πρόσφατα καμένο, όχι έντονα, αειθαλές δάσος δρυών, στην Ισπανία, έδειξε πως υπήρξαν αλλαγές λόγω θέρμανσης, στις ρίζες που περιέχουν κυρίως οξυγόνο και βρίσκονται στα προϊόντα της αποσύνθεσης (Almendros et al, 1990 from DeBano et al, 1998). Τέτοια προϊόντα είναι κυρίως τα οξέα (χουμικά και φουλβικά οξέα-humic and fulvic acids) που παράγονται κατά τον σχηματισμό του εδαφικού χούμου (χουμοποίηση) (Almendros et al, 1990). Οι ουσίες αυτές, που παράγονται κατά την αποσύνθεση νεκρής φυτικής και ζωικής οργανικής ύλης, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εδαφική δομή και συνοχή, καθώς μεταξύ τους δημιουργούνται δυνάμεις συνάφειας Van der Waals. Οι δυνάμεις αυτές, αν και ασθενείς, αποτελούν τον κύριο υπεύθυνο για την συνοχή του “οργανικού” εδάφους και μπορούν να παραμείνουν για δεκάδες ή και εκατοντάδες χρόνια (Stevenson, 1994).

Κάποιες από αυτές τις ουσίες λοιπόν, μετατράπηκαν σε αλκαλικές-αδιάλυτες ουσίες που ενσωματώθηκαν στον χούμο. Κάποιες άλλες μετατράπηκαν σε όξινα-αδιάλυτα πολυμερή. Ακόμα, η φυτική βιομάζα που δεν κάηκε πλήρως, περιείχε αλκαλική-διαλυτή λιγνίνη και φαιά στοιχεία που προήλθαν από την αφυδάτωση των υδρογονανθράκων (H/C). Η παραγωγή ενώσεων λιγνίνης αυξάνει την αντίσταση στην χημική και βιολογική αποσύνθεση, στο εναπομένον οργανικό υλικό. Ωστόσο, η αντοχή αυτή αντισταθμίστηκε μεταπυρικά από την ένωση λιγνίνης-κυτταρίνης που πυροδότησε την αύξηση των εδαφικών αποικοδομητών (DeBano et al, 1998).

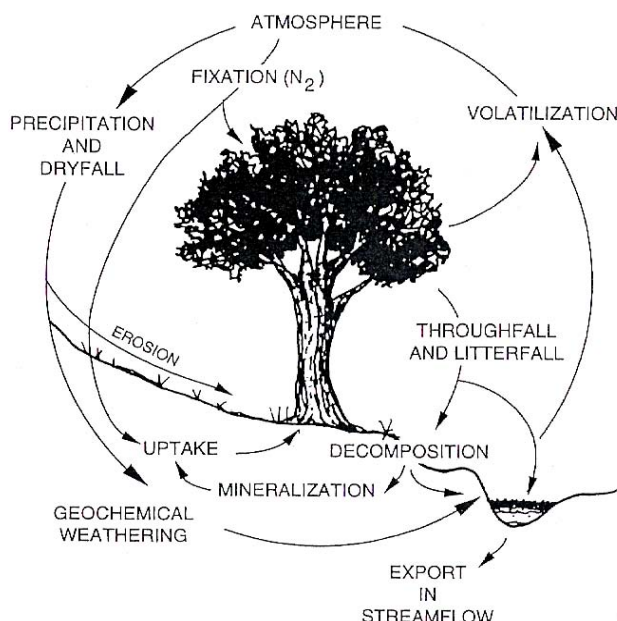
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Σημασία ανακύκλωσης

Η διατήρηση της παραγωγικότητας στα φυσικά οικοσυστήματα βασίζεται κατ' αρχήν σε μια ομαλή και συνεχή ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Η ανακύκλωση αυτή σε περιόδους χωρίς πυρκαγιές, αποτελείται από πολύπλοκους μηχανισμούς, οι κυριότεροι από τους οποίους παρουσιάζονται στο σχήμα 3.8. Τα θρεπτικά στοιχεία εισχωρούν στο έδαφος μέσω των κατακρημνίσεων και της διήθησης (συμπεριλαμβάνοντας και την “ξηρή βροχή” (dry fall) που είναι σημαντική σε ερημικά κλίματα, DeBano et al, 1998), της αποσάθρωσης των εδαφών και της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου (N fixation). Τα θρεπτικά στοιχεία γίνονται διαθέσιμα (αφομοιώσιμα) για τα φυτά μέσω της διαδικασίας της

αποσύνθεσης (decomposition) και της ανοργανοποίησης (mineralization) ή ορυκτοποίησης (Ντάφης, 1986).

Η βιολογική αποσύνθεση οφείλεται στους αποικοδομητές μικροοργανισμούς και κυριαρχεί σε συνθήκες χωρίς φωτιά (Kozlowski, 1975, DeBano et al, 1998). Ο ρυθμός της είναι συνήθως αργός και ποικίλει ανάλογα το είδος της οργανικής ύλης προς αποσύνθεση και τις κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία) (Ντάφης, 1986). Οι απώλειες σε συνθήκες χωρίς φωτιά είναι γενικά πολύ χαμηλές και παρατηρούνται λόγω εξαέρωσης (για πολύ πτητικά θρεπτικά), διάβρωσης με συμπαράσυρση και καθείσδυσης.



Σχήμα 3.8. Ανακύκλωση θρεπτικών σε φυσικά οικοσυστήματα (Brown, 1980).

Η φωτιά μεταβάλλει δραστικά τις παραπάνω διαδικασίες ανακύκλωσης των θρεπτικών. Το μέγεθος των αλλαγών αυτών εξαρτάται κυρίως από την ένταση της φωτιάς. Η φωτιά εξαερώνει θρεπτικά, πολύ πιο έντονα σε σχέση με πριν, τόσο από τα φυτά, όσο και από τους εδαφικούς οργανικούς ορίζοντες. Ακόμα, η μεταφερόμενη θερμότητα στο έδαφος, μεταβάλλει (επιταχύνει δραματικά) τους ρυθμούς αποσύνθεσης και ορυκτοποίησης. Η συνεπαγόμενη μεταπυρική αύξηση της επιφανειακής απορροής και διάβρωσης, λόγω έλλειψης βλάστησης, οδηγεί στην συμπαράσυρση πολλών θρεπτικών στοιχείων, αυξάνοντας έτσι τις απώλειες.

Πολλά θρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Στην περίπτωση όμως των πυρκαγιών, λίγα από αυτά αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες. Τέτοια στοιχεία είναι το N, P, S και κάποια κατιόντα. Το N θεωρείται ως ο συχνότερος περιοριστικός παράγοντας στην ανάπτυξη των φυτών μεταπυρικά, καθώς παρουσιάζει και τις μεγαλύτερες απώλειες (λόγω εξαέρωσης) κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς (DeBano et al, 1998, Γκόφας, 2001, Μάργαρης, 2001). Ακολουθεί ο P καθώς το S μπορεί να γίνει ανεπαρκές σε μερικά μόνο φυσικά οικοσυστήματα. Τα κατιόντα είναι σημαντικά καθώς ρυθμίζουν το pH του εδάφους, αλλά σπάνια γίνονται ανεπαρκή. Γενικώς, δεν έχει μελετηθεί ο ρόλος των ιχνοστοιχείων σε σχέση με την φωτιά, εκτός από το σελήνιο (Se) που επανακτάται από τα κατάλοιπα της στάχτης (DeBano et al, 1998).

Μηχανισμοί απώλειας θρεπτικών

Οι παρακάτω μηχανισμοί απώλειας θρεπτικών στοιχείων από την φυτική βιομάζα και το οργανικό υλικό του εδάφους λαμβάνουν χώρα τόσο κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς, όσο και μεταπυρικά (DeBano et al, 1998):

- Άμεση εξαέρωση (volatilization) κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς. Το N μετατρέπεται στην ελεύθερη μορφή του (N_2) και μαζί με άλλα αζωτούχα αέρια ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.
- Σωματιδιακές απώλειες στον καπνό. Με αυτόν τον τρόπο συχνά χάνονται θρεπτικά όπως ο P και κάποια κατιόντα.
- Απόθεση στη στάχτη στην επιφάνεια του εδάφους. Μεταπυρικά, πολλά διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία που αποθηκεύονται στη στάχτη, μπορούν να χαθούν καθώς η στάχτη μπορεί να 'ξεπλυθεί' ή να απομακρυνθεί λόγω ανέμου (αιολική διάβρωση).
- Απώλειες από την επιφάνεια του εδάφους λόγω επιφανειακής (επίγειας) απορροής και διάβρωσης.
- Καθείσδυση στο εδαφικό προφίλ και μετακίνηση θρεπτικών σε βαθιά εδαφικά στρώματα, έτσι ώστε να μην είναι διαθέσιμα. Ο μηχανισμός αυτός, αν και υπάρχει και προπυρικά, ενισχύεται αμέσως μετά την φωτιά, λόγω της έντονης συγκέντρωσης θρεπτικών στην επιφάνεια (στάχτη).
- Θρεπτικά στοιχεία που παραμένουν σε ατελώς καμένα υπολείμματα βλάστησης, τα οποία απομακρύνονται μεταπυρικά.

Τα θρεπτικά στοιχεία φυσικά, δεν αντιδρούν όλα με τον ίδιο τρόπο στην θέρμανση. Το N εξαερώνεται εύκολα κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς (ακόμα και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, $<150^\circ\text{C}$, παρατηρούνται λίγες, αλλά υπολογίσιμες απώλειες, Καϊλίδης, 1993), ενώ άλλα στοιχεία (Ca, Mg, Na κ.α.) παραμένουν ως οξειδία στη στάχτη και χάνονται, αν χαθούν, λόγω άλλων μηχανισμών, μεταπυρικά.

Κύκλος αζώτου (N) και απώλειες

Το N που περιέχεται στις συνιστώσες ενός οικοσυστήματος που δεν έχει καεί (νερό, βλάστηση, ζωντανοί οργανισμοί, αέρας), ανακυκλώνεται και μεταπηδά μεταξύ των παραπάνω συνιστωσών με βιολογικές διαδικασίες όπως η νιτροποίηση και τέλος αποδίδεται στην ατμόσφαιρα στην ελεύθερη δυατομική του μορφή (N_2). Ο παραπάνω κύκλος καλείται βιοχημικός κύκλος του αζώτου. Είναι σημαντικό να τον περιγράψουμε και να δούμε το κάθε στάδιο του ξεχωριστά, για να προσδιορίσουμε τις επιδράσεις της φωτιάς πάνω του. Έτσι, ο κύκλος αυτός, περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω (Smil, 2000).

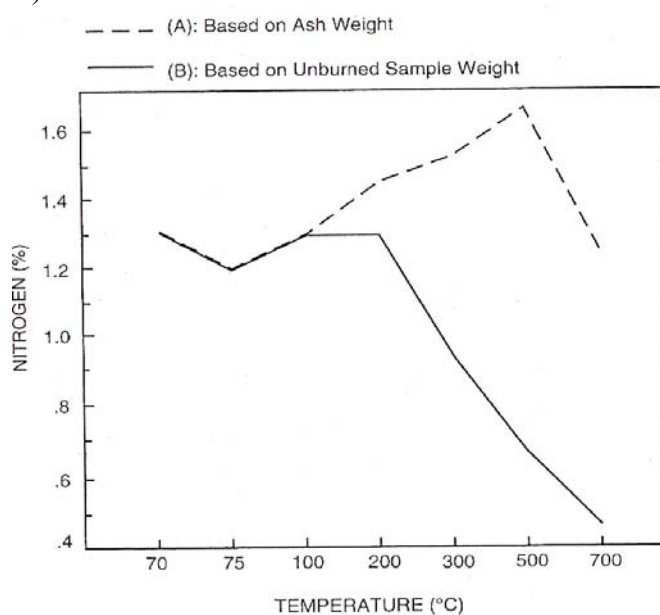
Το άζωτο (N_2) δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα με την διαδικασία της αζωτοδέσμευσης (N fixation). Η διαδικασία αυτή γίνεται είτε βιολογικά με την βοήθεια αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων, είτε βιομηχανικά ($N_2+H_2\Rightarrow NH_3$ σε 600°C). Οξειδία του αζώτου μπορούν επίσης να παραχθούν είτε από καύσεις ορυκτών καυσίμων (NO_x), είτε λόγω δράσεως κεραυνών (NO). Βέβαια, η βιολογική αζωτοδέσμευση, στα φυσικά οικοσυστήματα, υπερισχύει κατά πολύ των άλλων διαδικασιών. Αφού το άζωτο δεσμευτεί γίνεται άμεσα διαθέσιμο για τα φυτά, έχοντας την μορφή αμμωνιακών και (με την νιτροποίηση) νιτρικών ιόντων. Το N που περιέχεται στους οργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς) είναι οργανικό. Με τον θάνατο των οργανισμών, κάποια βακτήρια και μύκητες, κατά την αποσύνθεση, μετατρέπουν το οργανικό N σε ανόργανο αμμωνιακό, μια διαδικασία που λέγεται αμινοποίηση (Nτάφης, 1986) ή ορυκτοποίηση (mineralization). Το αμμωνιακό μετατρέπεται σχετικά γρήγορα σε νιτρικά και γίνεται διαθέσιμο για τα φυτά με την διαδικασία της νιτροποίησης (nitrification). Αυτό γίνεται σε 2 φάσεις. Αρχικά, με την βοήθεια νιτροδών βακτηρίων (νιτροσομονάδες), η αμμωνία μετατρέπεται σε νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) και έπειτα, με την βοήθεια

νιτροβακτηρίων, σε νιτρικά (NO_3^-). Τα βακτήρια που συμμετέχουν και στις 2 φάσεις λέγονται νιτροποιητές. Τέλος, τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σε ελεύθερο άζωτο (N_2) και επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα με την διαδικασία της απονιτροποίησης, η οποία είναι κυρίως αναερόβια διαδικασία (denitrification, Smil, 2000). Τα βακτήρια που συμμετέχουν εδώ καλούνται ως απονιτροποιητές (Ντάφης, 1986). Στην επόμενη παράγραφο, όπου περιγράφονται οι βιολογικές επιδράσεις της φωτιάς στο έδαφος, γίνεται λεπτομερέστερη αναφορά του κύκλου κυρίως ως προς τη βιολογική του διάσταση.

Εξ αιτίας της στενής σχέσης μεταξύ άνθρακα C και αζώτου N, ο λόγος C/N σε ένα οικοσύστημα είναι θεμελιώδους σημασίας καθώς συνδέεται άμεσα με τους ρυθμούς αποσύνθεσης και σύνθεσης βιομάζας, δηλαδή ελέγχει τον ρυθμό με τον οποίο το N και τα υπόλοιπα θρεπτικά ανακυκλώνονται. Κατά τον δασολόγο Σπ. Ντάφη (1986), ο λόγος αυτός είναι συνώνυμο της παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος.

Συμπεριφορά αζώτου στην φωτιά

Υπάρχουν γενικά διαφορετικές απόψεις για την επίδραση της φωτιάς στο εδαφικό N. Το συνολικό και διαθέσιμο εδαφικό N εκτιμάται άλλοτε πως αυξάνεται, άλλοτε πως μειώνεται και άλλοτε ότι μένει σταθερό. Αυτή η αντίφαση πηγάζει από την χρήση διαφορετικών μεθόδων μέτρησης των συγκεντρώσεων του εδαφικού N, μετά από πυρκαγιά (Wells et al, 1979, Chandler et al, 1983, Carballas et al, 1993 from DeBano et al, 1998).



Σχήμα 3.9. Συγκέντρωση εδαφικών ιόντων $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$, συναρτήσει της θερμοκρασίας (DeBano et al, 1998)

Η πιο συνήθης μέθοδος υπολογισμού της συγκέντρωσης του N, είναι η έκφραση σε ποσοστό επί του βάρους της στάχτης ή του καμένου οργανικού υλικού που απομένει μετά την πυρκαγιά. Η δεύτερη πιο σπάνια μέθοδος, είναι η έκφραση ως ποσοστό επί του αρχικού βάρους του οργανικού υλικού που καίγεται, πριν αυτό καεί. Με την πρώτη μέθοδο, το N δείχνει να αυξάνεται (μετά τους 75°C) καθώς δίνει μεγαλύτερη ποσοστιαία αναλογία επί του βάρους του δείγματος της στάχτης, συναρτήσει της θερμοκρασίας (σχ. 3.9(A), DeBano et al, 1998). Σε αντίθεση, το ποσοστό επί του βάρους του άκαυτου οργανικού υλικού δείχνει να μειώνεται μετά τους 200°C και μάλιστα με έντονο και σχεδόν σταθερό ρυθμό (σχ. 3.9(B), DeBano et al, 1998). Η διαφορά των 2 μεθόδων ξεκινά σε θερμοκρασίες άνω των 100°C και γίνεται

μέγιστη στους 500°C. Ύστερα μειώνεται και στους 700°C φτάνει κοντά στο αρχικό ποσοστό του N επί του άκαυτου οργανικού υλικού.

Το άζωτο που παραμένει αμέσως μετά την φωτιά συγκεντρωμένο στη στάχτη στην επιφάνεια του εδάφους, είναι κυρίως αμμωνιακό (NH₄-N) και μετατρέπεται εύκολα σε διαθέσιμη (νιτρική NO₃-N) μορφή για τα φυτά. Συγκεκριμένα, μετά από λίγο καιρό (6-12 μήνες) το εδαφικό N είναι κατά πολύ διαθέσιμο και εκτιμάται πως τα νιτρικά σε αυτή τη φάση, είναι 5 φορές περισσότερα από τα αμμωνιακά και φυσικά πολύ περισσότερα (ανάλογα και τις συνθήκες) σε σχέση με τα προπυρικά επίπεδα (Duran et al, 2008). Αυτή η άμεση διαθεσιμότητα N πυροδοτεί την γρήγορη και εκτεταμένη ανάπτυξη φυτών, δίνοντας την εντύπωση πως το μεταπυρικό έδαφος είναι πιο εύφορο. Από τον παραπάνω μηχανισμό, φαίνεται η μεγάλη προσαρμοστικότητα των οικοσυστημάτων έναντι στο καταστροφικό αλλά συγχρόνως και φυσικό φαινόμενο της φωτιάς, που στην περιοχή της Μεσογείου ειδικά, ήταν συχνό από πολύ παλιά. Το άζωτο που συχνά είναι ο περιοριστικός παράγων, δίνεται απλόχερα μεταπυρικά, έτσι ώστε η ανάκαμψη να είναι γρήγορη και άμεση. Αυτός θεωρείται και ο λόγος, για τον οποίο οι βοσκοί στην Ελλάδα, βάζουν παραδοσιακά συχνές φωτιές, έτσι ώστε να κάνουν την γη πιο γόνιμη και πιο παραγωγική για τα ζώα τους (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993). Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει πως η ευφορία αυτή μειώνεται απότομα μετά από 1-2 έτη, χωρίς να λείπουν και οι καταγραφές των 5 ετών (DeBano et al, 1998). Φυσικά, τα επίπεδα το ολικού αζώτου στο οικοσύστημα είναι μειωμένα λόγω των απωλειών εξαέρωσης κατά την πυρκαγιά. Γι' αυτό και τα περισσότερα είδη φυτών που φυτρώνουν αμέσως μετά την πυρκαγιά, ευνοούν την ανάπτυξη αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών στις ρίζες τους (Μάργαρης, 2001). Συνεπώς, κάτω από επανειλημμένες πυρκαγιές μαζί με εντατική κτηνοτροφία, ο μηχανισμός αυτός εξασθενεί, το έδαφος πτωχαίνει με αποτέλεσμα την έντονη υποβάθμιση της περιοχής (ερμημοποίηση) (Καϊλίδης, 1993, Μάργαρης, 2001).

Απώλειες αζώτου λόγω εξαέρωσης

Οι απώλειες N λόγω πτητικότητας είναι γενικά καλά μελετημένες. Εργαστηριακές μελέτες όσον αφορά το ολικό N δείχνουν πως έχουμε σχετικά μικρές απώλειες για θερμοκρασίες κάτω των 200°C, αν και κάποιες δευτερογενείς ενώσεις αμιδίων μετατρέπονται σε αμμωνία και δεσμεύονται στην περιοχή ανταλλαγής ιόντων του εδάφους (κυρίως χούμος) (DeBano et al, 1998). Οι σχέσεις απωλειών N και θερμοκρασιών έχουν προσδιοριστεί και φαίνονται παρακάτω (White et al, 1973 from DeBano et al, 1998):

- Ολοκληρωτική απώλεια σε θερμοκρασίες άνω των 500°C
- Απώλειες της τάξης του 75-100% σε θερμοκρασίες μεταξύ 400-500°C
- Απώλειες της τάξης του 50-75% σε θερμοκρασίες μεταξύ 300-400°C
- Απώλειες της τάξης του 25-75% σε θερμοκρασίες μεταξύ 200-300°C
- Λίγες απώλειες (<10%) σε θερμοκρασίες μικρότερες των 200°C

Το ποσό του ολικού N που εξαερώνεται κατά την διάρκεια της καύσης (περισσότερο από το 99% του N που εξαερώνεται μετατρέπεται σε ελεύθερο N₂) είναι άμεσα αναλογικό του ποσού του οργανικού υλικού που καίγεται, καθώς όλο ουσιαστικά το εδαφικό N περιέχεται στο οργανικό υλικό (Raison et al, 1985a from DeBano et al, 1998). Αυτή η σχέση πιθανό να μην ισχύει για χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς εκεί το οργανικό υλικό αποσυντίθεται χωρίς ή με ελάχιστη παράλληλη εξαέρωση N (Grier, 1975 from DeBano et al, 1998).

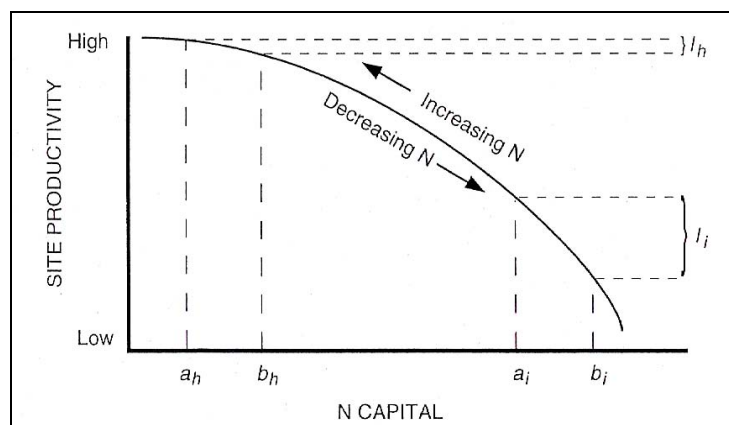
Σε πραγματικές φωτιές, οι απώλειες του N είναι πολύ δύσκολο να υπολογισθούν, καθώς η πυρκαγιά καίει ακανόνιστα το τη βιομάζα και η καύση συνήθως είναι ατελής. Έτσι, για παράδειγμα, εκτιμάται πως μόνο το 10% του ολικού N (από βλάστηση και εδαφικό οργανικό υλικό) χάθηκε κατά την διάρκεια πυρκαγιάς σε

θαμνώδες οικοσύστημα στην Καλιφόρνια (DeBano et al, 1998). Μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας παρατηρήθηκε στην καύσιμη οργανική ύλη στην επιφάνεια του εδάφους. Άλλες μελέτες έδειξαν πως πάνω από τα 2/3 του ολικού N χάθηκε σε φωτιά υψηλής έντασης με ξηρό έδαφος, ενώ στα υγρά εδάφη το ποσοστό αυτό δεν ξεπέρασε το 1/4. Παρόλα αυτά οι απώλειες του αζώτου, έστω και μικρές, δείχνουν να είναι σημαντικές, καθώς το N είναι ο κυριότερος περιοριστικός παράγοντας στα φυσικά οικοσυστήματα (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Επίσης, οι απώλειες του N κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς, μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγικότητα για μακρά χρονική περίοδο, ειδικά αν οι μηχανισμοί ανάκαμψης εμποδιστούν για κάποιο λόγο (π.χ. ανθρωπογενής παρέμβαση, βόσκηση).

Απώλειες αζώτου και παραγωγικότητα οικοσυστήματος

Παρόλο που το εδαφικό N φαίνεται να αυξάνεται, αν και πρόσκαιρα, το ολικό N μειώνεται στο οικοσύστημα λόγω εξαέρωσης. Οι απώλειες του αζώτου είναι ανάλογες του ποσού της οργανικής ύλης που καίγεται. Τα αποτελέσματα των απωλειών του N στην παραγωγικότητα του οικοσυστήματος εξαρτώνται από την αναλογία των ολικών απωλειών για ένα δοσμένο οικοσύστημα. Ακόμα, και ελάχιστες απώλειες μπορεί να είναι καθοριστικές σε οικοσυστήματα όπου το N είναι περιορισμένο.

Πάνω από το 95% του οργανικού υλικού (C) και του ολικού N και περίπου το 55% του ολικού φωσφόρου (P) εκτιμάται πως χάθηκαν σε πυρκαγιά πολύ υψηλής έντασης, σε τροπικό δάσος της νεοτροπικής οικοζώνης στην ΒΑ Βραζιλία (Kauffman et al, 1993 from DeBano et al, 1998). Αυτές οι απώλειες ανέρχονται σε πάνω από 500kg/ha για το N και 20kg/ha για τον P. Εκτιμάται πως θα χρειαστούν πάνω από 100 χρόνια “αγρανάπαυσης” για να αντικατασταθούν αυτές οι απώλειες. Από την άλλη, σε πυρκαγιά στα δάση κωνοφόρων του δυτικού Oregon χάθηκαν περισσότεροι από 1,1Mg/ha για το N και το έδαφος συνεχίζει να έχει πολύ υψηλή παραγωγικότητα (McNabb, 1990 from DeBano et al, 1998).



Σχήμα 3.10. Σχέσεις μεταξύ ολικού εδαφικού αζώτου και παραγωγικότητας (Barnett, 1989 from DeBano et al, 1998)

Η παραγωγικότητα μπορεί να συσχετιστεί με τις ολικές απώλειες N και αυτό φαίνεται στο σχήμα 3.10 (Barnett, 1989). Στην αριστερή πλευρά του διαγράμματος αναπαρίστανται υψηλές ποσότητες N και άρα υψηλές παραγωγικότητες. Καθώς προχωράμε προς τα δεξιά, τόσο το ολικό άζωτο (N capital), όσο και η παραγωγικότητα μειώνονται. Η μείωση δεν είναι γραμμική καθώς έχουμε υψηλή μείωση της παραγωγικότητας (I_i) ανά μονάδα μείωσης του N (δεξιά μεριά του διαγράμματος). Αντίθετα, σε περιοχές υψηλής παραγωγικότητας, η μείωσή της (I_h), είναι ελάχιστη σε σχέση με πριν, ανά μονάδα μείωσης του N (αριστερή μεριά του διαγράμματος). Συνέπεια αυτού του γεγονότος, είναι πως πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην

μεταπυρική αποκατάσταση σε οικοσυστήματα χαμηλής παραγωγικότητας. Παρόμοιες σχέσεις εκτιμάται πως ισχύουν και για τον P, το S και το εδαφικό οργανικό υλικό, ωστόσο δεν έχουν μελετηθεί αρκετά. Τα κατιόντα είναι σπανίως περιορισμένα στα φυσικά οικοσυστήματα.

Ανάκαμψη αζώτου

Οι μηχανισμοί που αντικαθιστούν το N στο έδαφος είναι θεμελιώδους σημασίας για την μεταπυρική αποκατάσταση του οικοσυστήματος. Κάποιοι από αυτούς τους μηχανισμούς αναφέρονται παρακάτω (DeBano et al, 1998):

- Δέσμευση N από την ατμόσφαιρα με την βοήθεια μικροοργανισμών που ζουν στο έδαφος (αζωτοδέσμευση)
- Κατακρημνίσεις πλούσιες σε ενώσεις αζώτου (οξείδια που παράγονται από καύσεις ορυκτών καυσίμων) και ατμοσφαιρική σκόνη
- Οργανικά και χημικά λιπάσματα (ανθρωπογενής παρέμβαση)

Οι προσθήκες N στο έδαφος από την ατμόσφαιρα ($2^{ος}$ μηχανισμός), γενικά είναι μικρές σε σχέση με αυτές των άλλων μηχανισμών. Ωστόσο, σε περιοχές κοντά σε πόλεις ή βιομηχανικές περιοχές, μπορούν να γίνουν σημαντικές. Έτσι, σε πρόσφατα καμένες περιοχές κοντά στο Los Angeles, ο ρυθμός πρόσθεσης αζώτου στο έδαφος λόγω κατακρημνίσεων έφτασε τα 8,2kg/ha/yr (Riggen et al, 1985 from DeBano et al, 1998).

Ανακύκλωση και απώλειες φωσφόρου (P) και θείου (S)

Ο φώσφορος (P) είναι περιορισμένος σε κάποια οικοσυστήματα. Ανεπάρκεια του P δημιουργεί ανωμαλίες στην ανάπτυξη των φυτών και εμφανίζεται συνήθως σε εδάφη όξινα ή ασβεστολιθικά (Ντάφης, 1986). Προσωρινή ανεπάρκεια μπορεί επίσης να εμφανιστεί σε πολύ ψυχρό καιρό. Η απορρόφηση του P δεν είναι ένας απλός μηχανισμός, αλλά δείχνει να εξαρτάται από τις σχέσεις μεταξύ μυκόρριζας και εδαφικού οργανικού υλικού (DeBano et al, 1998). Ο P δείχνει να έχει διαφορετική συμπεριφορά από το N στην θέρμανση των εδαφών. Η ολική απώλειά του σπάνια φτάνει το 60% (Johnson and Miyanishi, 2001). Οι απώλειες λόγω εξαέρωσης είναι ελάχιστες και γι' αυτό μεγάλα ποσά P μπορούν να βρεθούν στο στρώμα της στάχτης, που καλύπτει το έδαφος αμέσως μετά την φωτιά (DeBano et al, 1998). Αυτός ο P μπορεί να είναι άμεσα διαθέσιμος στα φυτά, μπορεί και όχι. Για παράδειγμα, μπορεί να σταθεροποιηθεί γρήγορα σε αδιάλυτη στο νερό μορφή, αν υπάρχουν στο έδαφος υλικά περιέχοντα ασβέστιο (Ca) (DeBano et al, 1998, Kozlowski, 1975, Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Ωστόσο, η ανεπάρκεια του P (αν υπάρξει) είναι συνήθως προσωρινή (1-2 έτη) καθώς ο φώσφορος ανακάμπτει από εξωτερικές πηγές σχετικά γρήγορα (Duran et al, 2008). Οι εξωτερικές αυτές πηγές μπορεί να είναι ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, αλλά κυρίως είναι η αποσάθρωση του ανόργανου εδάφους, η οποία μεταπυρικά επιταχύνεται πολύ, λόγω της απώλειας του οργανικού, ανωτέρου, εδαφικού στρώματος.

Ο ρόλος του θείου (S) στην παραγωγικότητα του οικοσυστήματος δεν είναι ξεκάθαρος, όμως η διακύμανσή στο έδαφος παρομοιάζεται με αυτήν του αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$). Το θείο είναι συχνά περιοριστικός παράγοντας, όπως για παράδειγμα, έχει προκύψει από μετρήσεις, στα παράλια δάση των ΒΔ ακτών του Ειρηνικού (DeBano et al, 1998). Οι απώλειες του S λόγω εξαέρωσης είναι μεταξύ αυτών του N και αυτών του P. Η φωτιά θεωρείται πως απομακρύνει το 20-40% του ολικού S στο οικοσύστημα. Το σημαντικότερο είναι πως τόσο ο P, όσο και το S δεν αντικαθίστανται από βιολογικές διαδικασίες, αλλά αντί αυτών από καύσεις ορυκτών καυσίμων (ανθρωπογενές αίτιο με αρνητικά αποτελέσματα όπως η όξινη βροχή), εκρήξεις ηφαιστειών ή την αποσάθρωση των πετρωμάτων σύμφωνα με την διαδικασία της εδαφογένεσης.

Παράδειγμα εκτίμησης απωλειών αζώτου (N), φωσφόρου (P) λόγω φωτιάς

Το σημαντικότερο βήμα στην αποτίμηση των επιδράσεων της φωτιάς στο χημικό εδαφολογικό σύστημα, είναι η εκτίμηση των απωλειών των απαραίτητων, για τα φυτά, συστατικών (θρεπτικά) και ιδιαίτερα του αζώτου (N). Η διαδικασία εκτίμησης απαιτεί τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων N, P στα φυτά και στην οργανική ύλη του εδάφους, συναρτήσει διάφορων θερμοκρασιών που λαμβάνουν χώρα για διαφορετικές εντάσεις φωτιάς. Παρακάτω, ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση παραδείγματος εκτίμησης απωλειών N και P, σε πραγματική πυρκαγιά σε θαμνώδες οικοσύστημα, παρουσία συστάδων δρυών, στην κεντρική Αριζόνα (DeBano et al, 1998). Στο βαθμό που στην παραπάνω μελέτη υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανικής ύλης και θερμοκρασιών, μπορεί να γίνει κάποια γενίκευση και για άλλα παρόμοια οικοσυστήματα.

Υπολογισμός απωλειών N και P

Για την εν λόγω μελέτη (Prescott, Arizona, DeBano, 1990), εκτιμήθηκε η κατανομή του N και P σε όλο το οικοσύστημα (πάνω από την επιφάνεια του εδάφους- ανώροφος, μεσόροφος, υπόροφος- και κάτω από αυτήν, μέχρι 20 cm βάθος). Το οικοσύστημα χαρακτηρίζεται ως θαμνώδες με λίγες συστάδες δρυός. Η κατανομή παρουσιάζεται στον πίνακα (πιν. 3.1, DeBano, 1990). Η μελέτη έγινε για χαμηλής, μέσης και υψηλής έντασης πυρκαγιά, έτσι ώστε να είναι δυνατή η γενίκευση και σε άλλες περιπτώσεις. Οι απώλειες N, P και βιομάζας, φαίνονται στον πίνακα 3.1 (B) κατά την διάρκεια χαμηλής (low), μέσης (moderate) και υψηλής (high) έντασης πυρκαγιά.

Μία χαμηλής έντασης φωτιά εκτιμάται πως θα μειώσει την φυτική βιομάζα κατά 40% και η ακανόνιστη σημειακή καύση της επιφανειακής βιομάζας θα οδηγήσει σε μείωσή της τάξης του 10-15%. Η μείωση στην φυτική βιομάζα, που στον πίνακα 3.1 (B) είναι 11630 kg/ha, αναφέρεται σε πλήρη καύση φύλλων και τρέχουσας βλάστησης και μερική καύση των ξυλωδών μερών. Η απώλεια του N, 121 kg/ha, προκύπτει κατά αναλογία της καμένης βλάστησης. Η απώλεια του P, 5 kg/ha, προκύπτει από την θεώρηση της απώλειας 60% για πλήρη καύση της βλάστησης. Σημειώνεται πως από την καύση των επιφανειακών οργανικών υπολειμμάτων (litter), έχουμε απώλειες 15% για το N (38 kg/ha) και 9% για τον P (3 kg/ha). Οι μέγιστες θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν είναι στην επιφάνεια 225°C, στα 2,5 cm βάθος 125°C και στα 5 cm η αύξηση είναι αμελητέα. Με αυτές τις θερμοκρασίες δεν εκτιμώνται περαιτέρω απώλειες N και P.

Η μεγαλύτερη ποσότητα των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος (litter) καίγεται με μια πυρκαγιά μέσης έντασης. Γύρω στα 40-80% της βλάστησης καταστρέφεται πλήρως και οι εναπομένοντες κλάδοι είναι μεγαλύτεροι από 1,5 cm διάμετρο. Με αυτές τις συνθήκες θεωρείται πως έχουμε ολική απώλεια του 60% της βλάστησης (17440 Mg/ha) και 50% απώλεια των εδαφικών οργανικών (17000 kg/ha). Αναλογικά με την βιομάζα που καίγεται, εκτιμώνται οι απώλειες του N (151 kg/ha από την βλάστηση και 128 kg/ha από το εδαφικό οργανικό υλικό). Αναλογικά με πριν, υπολογίζονται και οι απώλειες P (ολικά 18 kg/ha). Οι μέγιστες θερμοκρασίες του εδάφους φτάνουν στην επιφάνεια τους 430°C και σε βάθος 2,5 cm τους 200°C. Πολλές εδαφικές ιδιότητες, κοντά στην επιφάνεια, επηρεάζονται από την θέρμανση, όπως η αναλογία C/N, η εδαφική δομή και η υδατοϊκανότητα. Μεγάλες απώλειες N μπορούν να συμβούν από το έδαφος. Εκτιμάται πως το 5% (65 kg/ha) του ολικού εδαφικού N, που βρίσκεται στους ανώτερους ορίζοντες του εδαφικού προφίλ (1300 kg/ha), χάνεται από τα πρώτα cm από την επιφάνεια. Απώλειες εδαφικού φωσφόρου δεν παρατηρούνται, καθώς η μέγιστη θερμοκρασία στο έδαφος (430°C) είναι πολύ κάτω από το όριο για το οποίο παρατηρούνται απώλειες (774°C, DeBano et al, 1998). Μόνο

μικροβιακές διαδικασίες επηρεάζονται σε βάθος 2,5 cm. Στα 5 cm η θερμοκρασία φτάνει το πολύ τους 70°C και οι επιδράσεις τόσο στο φυσικοχημικό, όσο και στο βιολογικό είναι αμελητέες.

Μόνο στάχτη καλύπτει την επιφάνεια του εδάφους μετά από φωτιά υψηλής έντασης και κάποιοι πολύ χοντροί κλάδοι παραμένουν. Εκτιμάται πως κάτω από αυτές τις συνθήκες, το 90% της συνολικής βιομάζας (ζωντανής και νεκρής, φυτικής και ζωικής) καταστρέφεται πλήρως. Εδώ έχουμε μεγάλες απώλειες αζώτου (εξαέρωση) από την φυτική βιομάζα (188 kg/ha) και ακόμα μεγαλύτερες από την καύση των επιφανειακών οργανικών υπολειμμάτων (230 kg/ha). Αντίστοιχα, είναι και τα ποσοστά του φωσφόρου. Η θέρμανση του εδάφους είναι έντονη και οι θερμοκρασίες φτάνουν τους 700°C στην επιφάνειά του, τους 250°C στα 2,5 cm βάθος και τους 100°C στα 5 cm. κοντά στην επιφάνεια προκαλείται σοβαρή ζημιά στο έδαφος και σε όλες της ιδιότητές του (εκτός των συγκεντρώσεων K, Ca, Mn). Το 10% του ολικού εδαφικού N (130 kg/ha) χάνεται, καθώς και μικρές ποσότητες φωσφόρου. Η επιφάνεια του εδάφους σχεδόν αποστειρώνεται και κανείς ζωντανός οργανισμός δεν επιβιώνει σε βάθος μικρότερο των 6 cm (DeBano et al, 1998).

Πίνακας 3.1. (Α) Αρχικές συγκεντρώσεις και (Β) απώλειες λόγω πυρκαγιάς, σε θαμνώδες οικοσύστημα με συστάδες δρυός, στο Prescott, Arizona (DeBano et al, 1998).

(Α)

Ecosystem Component	Biomass (Mg/ha)	Nutrient			
		N		P	
		(%)	(kg/ha)	(%)	(kg/ha)
Leaves	4.06	1.82	74	0.15	6
Annual growth	1.21	1.05	13	0.12	1
Large and small stems	23.79	0.53	126	0.03	7
Litter	34.00	0.75	255	0.10	34
Soil					
-0-10 cm		0.11	13,00	0.009	250
10-20 cm		0.09	10,00	0.010	250

Source: Adapted from DeBano (1990).

(Β)

Ecosystem Component	Biomass Loss (Mg/ha)			Nutrient Loss (kg/ha)					
	Low	Moderate	High	N			P		
				Low	Moderate	High	Low	Moderate	High
Vegetation	11.63	17.44	26.16	121	151	188	5	8	9
Litter	5.10	17.00	30.60	38	128	230	3	10	18
Soil				0	65	130	0	0	2
Total				159	344	548	8	18	29

Source: Adapted from DeBano (1990).

Συνολικά, οι απώλειες N φτάνουν τα 159, 344, 548 kg/ha και του φωσφόρου τα 8, 18, 29 kg/ha για φωτιά χαμηλής, μέτριας και υψηλής έντασης αντίστοιχα. Τα μεγέθη αυτά, γενικά συμφωνούν και με παρόμοιες μελέτες, όπως στην νότια Καλιφόρνια όπου είχαμε απώλεια βλάστησης 30% (χαμηλής έντασης φωτιά) και ολικές απώλειες N 149 kg/ha. Προφανώς, οι απώλειες N, P εξαρτώνται από την ποσότητα και το είδος της βλάστησης, καθώς και την ποσότητα του ολικού εδαφικού οργανικού υλικού.

ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι περισσότερες διεργασίες που καθορίζουν την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά (συμπεριλαμβάνονται και οι διεργασίες απωλειών), επηρεάζονται από την θέρμανση των εδαφών κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι διεργασίες αυτές φαίνονται παρακάτω (DeBano et al, 1998):

- Μετατροπή από οργανική σε ανόργανη μορφή (mineralization) που γίνεται ταυτόχρονα με την αποσύνθεση των οργανισμών.
- Εξαέρωση στην ατμόσφαιρα (volatilization) τόσο σε αέρια, όσο και σε “σωματιδιακή” μορφή (από τον καπνό).
- Διάβρωση στο στρώμα της στάχτης και του επιφανειακού (πιο γόνιμου) εδάφους.
- Αζωτοδέσμευση (N fixation)
- Αποσύνθεση οργανικού υλικού

Μετακίνηση θρεπτικών προς τα κάτω μπορεί επίσης να συμβεί κατά την διάρκεια μιας φωτιάς όπως συμβαίνει με τις οργανικές ενώσεις που ευθύνονται για την υδροφοβικότητα (Johnson and Miyanishi, 2001). Η θέρμανση του εδάφους εκτιμάται πως προκαλεί αμελητέες μεταβολές σε βάθη μεγαλύτερα των 5 cm, ανάλογα βέβαια και την ένταση της φωτιάς. Παρακάτω εξετάζεται ξεχωριστά το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P) καθώς αυτά τα θρεπτικά επηρεάζονται περισσότερο.

Άζωτο (N)

Παρόλο που μεγάλες ποσότητες N χάνονται με την καύση της οργανικής ύλης, το διαθέσιμο εδαφικό N, αμέσως μετά την φωτιά δείχνει να αυξάνεται, όπως αναφέραμε προηγουμένως. Η αύξηση αυτή, σχετίζεται έντονα με τις εδαφικές θερμοκρασίες. Για υψηλές θερμοκρασίες, υπάρχει έντονη εξαέρωση N από το έδαφος και ελάχιστο παραμένει σε αυτό. Αν οι θερμοκρασίες δεν είναι υψηλές, μεγάλες ποσότητες αμμωνιακού N παραμένουν στη στάχτη και εισχωρούν στο έδαφος. Έτσι, η συγκέντρωση του εδαφικού N, μεταπυρικά, αυξομειώνεται ανάλογα την ένταση της φωτιάς και τις εδαφικές θερμοκρασίες (Γκόφας, 2001).

Η διαθεσιμότητα του N στο έδαφος μπορεί να αυξηθεί και με την μετακίνηση αυτού προς τα κατώτερα (και ψυχρότερα) στρώματα του εδαφικού προφίλ. Η μετακίνηση αυτή γίνεται ταυτόχρονα με την μετακίνηση οργανικών ουσιών που ευθύνονται για την υδροφοβικότητα (DeBano et al, 1998). Αυτό γίνεται καθώς ποσότητα του οργανικού υλικού πλούσιο σε οργανικό N μετακινείται προς τα κάτω για να φτάσει σε ψυχρότερες περιοχές. Η αποσύνθεση του οργανικού υλικού (διάσπαση πρωτεϊνών) που επιτυγχάνεται λόγω θέρμανσης απελευθερώνει N σε αμμωνιακές μορφές (NH₄-N). Η σύσταση του εδάφους μπορεί να ενισχύσει την αποσύνθεση με περαιτέρω απελευθέρωση N. Τέτοια εδάφη είναι κυρίως τα ιλυώδη (Juste and Dureau, 1967 from DeBano et al, 1998).

Οι επιδράσεις επανειλημμένων πυρκαγιών στη διαθεσιμότητα του N εξαρτάται από την συχνότητα εμφάνισής τους, τις μεταπυρικές επεμβάσεις, αλλά και από το ίδιο το οικοσύστημα, δηλαδή την έμφυτη γονιμότητά του και την ικανότητά του να ανανεώνει το N (Καϊλίδης, 1993). Η κατάλληλη συχνότητα πυρκαγιών, έτσι ώστε να μην πληγωθεί ανεπανόρθωτα το οικοσύστημα, καθορίζεται από το ποσό του οργανικού

υλικού που καταστρέφεται και τους ρυθμούς με τους οποίους το οικοσύστημα μπορεί να αναπληρώσει τις απώλειές του. Στα δάση ευκαλύπτου της Αυστραλίας εκτιμάται πως απαιτούνται τουλάχιστον 10 χρόνια μεταξύ 2 διαδοχικών επεισοδίων. Αντίθετα, στα κωνοφόρα δάση της βόρειας Αριζόνα, επαναλαμβανόμενες φωτιές ανά 1 με 2 έτη δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στο ολικό και διαθέσιμο εδαφικό N (DeBano et al, 1998). Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις με ψηλά χόρτα, στο Great Plains στις κεντρικές ΗΠΑ, οι συνεχείς φωτιές έφεραν μια σταδιακή πτώση της χλωρικής ποιότητας καθώς συνέβαινε διαρκής μείωση του εδαφικού οργανικού υλικού καθώς και του διαθέσιμου N (DeBano et al, 1998).

Φυσικά δεν είναι πάντα επιθυμητή η αύξηση του εδαφικού διαθέσιμου N. Επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές σε πεδινές (μηδαμινές απώλειες διάβρωσης) εκτάσεις της νότιας Αφρικής, έφεραν (προσωρινή) αύξηση στο διαθέσιμο εδαφικό N, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίσουν πρόβλημα επιβίωσης, πολλά ενδημικά είδη φυτών, τα οποία είναι επιβιώνουν σε φτωχά, σε N, εδάφη (DeBano et al, 1998).

Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος, συνήθως δεν μετατοπίζεται προς τα κάτω, κατά την διάρκεια της φωτιάς, τόσο άμεσα όσο το N. Αντίθετα, αύξηση του διαθέσιμου P, παρατηρείται αμέσως μετά την φωτιά, στη στάχτη που συσσωρεύεται στην επιφάνεια του εδάφους (Καϊλίδης, 1993, DeBano et al, 1998).

Ο P πριν την φωτιά περιέχεται στο οργανικό υλικό και στο ανόργανο έδαφος (οργανική και ανόργανη μορφή αντίστοιχα). Ο οργανικός P μετατρέπεται αργά σε ανόργανο (φωσφορικό ιόν) μέσω της αποσύνθεσης και γίνεται διαθέσιμος στα φυτά. Το ιόν αυτό, απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση, με την βοήθεια ενός φωσφορικού ενζύμου (αποφωσφοριλίωση με υδρόλυση, αντίστροφο της φωσφοριλίωσης, wikipedia, phosphate ion, phosphatase). Η φωτιά διακόπτει την φυσική, αργή, βιολογική αποσύνθεση και ελευθερώνει πολύ γρήγορα τον P σε άμεση διαθέσιμη μορφή φωσφορικού ιόντος. Επιπλέον, όχι μόνο καταστρέφει το οργανικό υλικό ταχύτατα, αλλά αδρανοποιεί πλήρως και το φωσφορικό ένζυμο, σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 180°C (DeBano et al, 1998).

Η διαθεσιμότητα του P που ελευθερώνεται από την φωτιά είναι περίπλοκο θέμα και εξαρτάται τόσο από τις άμεσες συνέπειες της φωτιάς, όσο και από τις μεταπυρικές συνθήκες. Η μεταπυρική διαθεσιμότητα του P εξαρτάται από την οξύτητα του εδάφους (pH) και από την παρουσία Ca, Fe και Al. Το φωσφορικό ιόν είναι άμεσα διαθέσιμο σε ουδέτερα ή ελαφρώς όξινα εδάφη, όπου υπάρχουν υδροξείδια του Fe και Al. Αντίθετα, μπορεί να συνδυαστεί με Ca και να μετατραπεί σε αδιάλυτες μορφές αλάτων, ειδικά σε αλκαλικά εδάφη (Kozlowski, 1975, DeBano et al, 1998, Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Η πιο αξιόπιστη πηγή φωσφόρου (P), είναι ο οργανικός, που γίνεται διαθέσιμος στα φυτά με την αργή αλλά φυσική διαδικασία της αποσύνθεσης. Έτσι, η βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της αποκατάστασης του P είναι η ελαχιστοποίηση της καταστροφής του εδαφικού οργανικού υλικού. Αυτό επιτυγχάνεται με χαμηλής έντασης πυρκαγιές. Μην ξεχνούμε πως ο P είναι συχνά περιοριστικός παράγοντας, μαζί με το N, στα φυσικά οικοσυστήματα και η απώλειά του συνεπάγεται μακροπρόθεσμη μείωση της παραγωγικότητας, καθώς η αποκατάστασή του δεν επιτυγχάνεται κυρίως με μια γρήγορη φυσική διαδικασία (Κωνσταντινίδης, 2003).

Κατιόντα

Η στάχτη που κατακάθεται στην επιφάνεια του εδάφους περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμων κατιόντων (Γκόφας, 2001). Η φωτιά αυξάνει την εδαφική διαθεσιμότητα όλων των κατιόντων συμπεριλαμβανομένων και των αμμωνιακών (NH₄⁺-N). Κάποια κατιόντα μπορούν να χαθούν με σωματιδιακή μεταφορά μέσω του

καπνού (Clayton, 1976). Μονοσθενή κατιόντα όπως το K^+ και το Na^+ εμφανίζονται με την μορφή χλωριούχων ή ανθρακικών αλάτων, τα οποία είναι άμεσα διαλυτά και κινούνται εύκολα στο εδαφικό 'μείγμα'. Τα δισθενή όπως το Mg^{+2} και το Ca^{+2} κινούνται πιο δύσκολα και εμφανίζονται κυρίως ως οξειδία και ανθρακικά (DeBano et al, 1998). Το ανθρακικό ασβέστιο μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποκατάσταση του P, όπως προαναφέραμε. Τα περισσότερα κατιόντα είναι συνήθως σε επάρκεια στα δασικά εδάφη (Ντάφης, 1986). Ακόμα, τα σημεία εξαέρωσής τους είναι πολύ υψηλά και γι' αυτό οι απώλειές τους κατά την διάρκεια της φωτιάς (λόγω εξαέρωσης) είναι ελάχιστες, ακόμα και για πολύ σφοδρές φωτιές (DeBano et al, 1998). Σαν συνέπεια, μεγάλες ποσότητες από διαθέσιμα κατιόντα μένουν στην επιφάνεια του εδάφους (στη στάχτη), μεταπυρικά. Ωστόσο, αυτή η διαθεσιμότητα δεν προάγει άμεσα την ανάπτυξη των φυτών, αλλά στην αύξηση του pH.

Το (κολλοειδές) οργανικό υλικό του εδάφους επηρεάζει τις χημικές ιδιότητες όπως η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και το pH. Η καταστροφή του χούμου και του εδαφικού οργανικού υλικού μειώνει την ικανότητα ανταλλαγής ιόντων (Ντάφης, 1986). Η μείωση αυτή είναι ανάλογη του μεγέθους της ολικής δυνατότητας ανταλλαγής ιόντων που εξασφαλίζεται από οργανικές συνιστώσες.

Το pH του εδάφους αυξάνει συνήθως μεταπυρικά (DeBano et al, 1998), ως αποτέλεσμα της συγκέντρωσης κατιόντων στην επιφάνειά του. Ωστόσο, η αύξηση αυτή είναι προσωρινή και εξαρτάται από το αρχικό εδαφικό pH (ορυκτά), το ποσό της στάχτης (και την περιεκτικότητα σε κατιόντα) που επικάθεται στην επιφάνεια του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες (για την αποσύνθεση της στάχτης) (Wells et al, 1979 from DeBano et al, 1998).

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΑΧΤΗΣ

Η συνδυασμένη απόκριση του φυσικού, χημικού και βιολογικού εδαφικού συστήματος στη φωτιά, πολλές στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται σαν 'ash bed effect' (DeBano et al, 1998, Kozlowski, 1975). Σύμφωνα με αυτό, καταλαβαίνουμε πως ο σχηματισμός της στάχτης και η εναπόθεσή της στην επιφάνεια του εδάφους, συνδέεται και με τις τρεις συνιστώσες του εδαφικού συστήματος. Αλλαγές στη διαθεσιμότητα, αλλά και πολλές απώλειες θρεπτικών στοιχείων οφείλονται στην εναπόθεση της στάχτης και την συμπαράσυρσή της, αντίστοιχα.

Το ποσό και ο τύπος της στάχτης που παραμένει μετά τη φωτιά, εξαρτάται κυρίως από το είδος της καύσιμης ύλης που καίγεται, την πυκνότητά της, την υγρασία της, την κατανομή της, καθώς φυσικά και από την ένταση και την διάρκεια της φωτιάς (DeBano et al, 1998). Η μορφή της μπορεί να ποικίλει πολύ από στάχτη περιέχουσα μικρά μαύρα κομμάτια απανθρακωμένης ύλης, μέχρις ένα αφράτο, άσπρο στρώμα μερικών εκατοστών. Η τέλεια (πλήρης) καύση δίνει άσπρη στάχτη. Οι ανόργανοι κόκκοι του εδάφους, στην επιφάνεια ή κοντά σε αυτή, μπορεί να γίνουν κόκκινοι ή να συσσωματωθούν (ακραίες περιπτώσεις πολύ υψηλών θερμοκρασιών και για μεγάλες διάρκειες, Γκόφας, 2001). Κυρίαρχο κατιόν στη στάχτη είναι το Ca. Τα περισσότερα από τα κατιόντα στη στάχτη διεισδύουν στο έδαφος και παραμένουν στην περιοχή ανταλλαγής ιόντων και κυρίως στο χούμο.

Σε περιπτώσεις όπου καίγεται καύσιμη ύλη με μεγάλη συσσώρευση, η στάχτη που δημιουργείται είναι πολύ πυκνή, με αποτέλεσμα να φράσει τους εδαφικούς πόρους, με σημαντική μείωση στο πορώδες (Καϊλίδης, 1993). Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση του αερισμού του εδάφους και της διηθητικότητας, με ταυτόχρονη αύξηση της επιφανειακής απορροής και της διάβρωσης (μελέτες από εδάφη της Αυστραλίας, Raison and McGanty, 1980 from DeBano et al, 1998). Για μικρές συγκεντρώσεις στάχτης στο έδαφος, οι επιδράσεις πάνω σε αυτό το θέμα, θεωρούνται αμελητέες.

Άλλες μελέτες έχουν δείξει, πως το στρώμα της στάχτης ασκεί μια σημαντική προστασία στην επιφάνεια του εδάφους, έναντι της διάβρωσης (βλ. και κεφ. 5, Cerda and Doerr, 2008).

Επιπροσθέτως, το στρώμα της στάχτης εκτιμάται πως μπορεί να παρουσιάσει μια κάποια μορφή υδροφοβικότητα, ασθενή βέβαια τόσο που συνήθως θεωρείται αμελητέα. Ωστόσο η υδροφοβικότητα αυτή, είναι πολλές φορές σημαντική, όχι τόσο για το έδαφος αυτό καθαυτό, αλλά για την συμπαράσυρση της στάχτης και τις συνεπαγόμενες απώλειες θρεπτικών (Doerr et al, 2006).

Η στάχτη, πέραν του ότι εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικά, παίζει και έναν θετικότατο ρόλο στην επιβίωση των μικροοργανισμών στη μεταπυρική φάση. Τελειώνοντας, οι χημικές επιδράσεις της στάχτης στο έδαφος φαίνονται παρακάτω (DeBano et al, 1998):

- Αύξηση του εδαφικού pH, που είναι κρίσιμη όταν το αρχικό είναι ήδη δυσμενές-οριακό για κάποια είδη βλάστησης.
- Μεταβολή της διαλυτότητας πολλών θρεπτικών στο νερό.
- Συμπλήρωση διαθέσιμων θρεπτικών (κυρίως κατιόντων) στο έδαφος.
- Συνεισφορά στην ανάπτυξη εδαφικών μικροοργανισμών, που είναι σημαντικοί στην διατήρηση της εδαφικής παραγωγικότητας (βλ. επόμενη παράγραφο).

3.3 ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το έδαφος αλληλεπιδρά συνεχώς με τους ζωντανούς οργανισμούς, που ζουν σε αυτό. Μεγάλοι πληθυσμοί μικροοργανισμών και αλγών, ρίζες και μυκόρριζα, ασπόνδυλα και μικρά ζώα που φωλιάζουν στο έδαφος, αποτελούν την χλωρίδα και την πανίδα που ζει στο ανώτερο τμήμα του εδαφικού προφίλ. Αυτοί οι οργανισμοί ανακατανέμουν και ισοκατανέμουν τα θρεπτικά συστατικά και συνεισφέρουν στη διατήρηση της παραγωγικότητας του εδάφους μιας περιοχής (Ντάφης, 1986). Συγκεκριμένα, αποσυνθέτουν τη νεκρή βιομάζα, προάγουν τον κύκλο του αζώτου και τον σχηματισμό του χούμου, επηρεάζουν φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, όπως το πορώδες και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτών (DeBano et al, 1998).

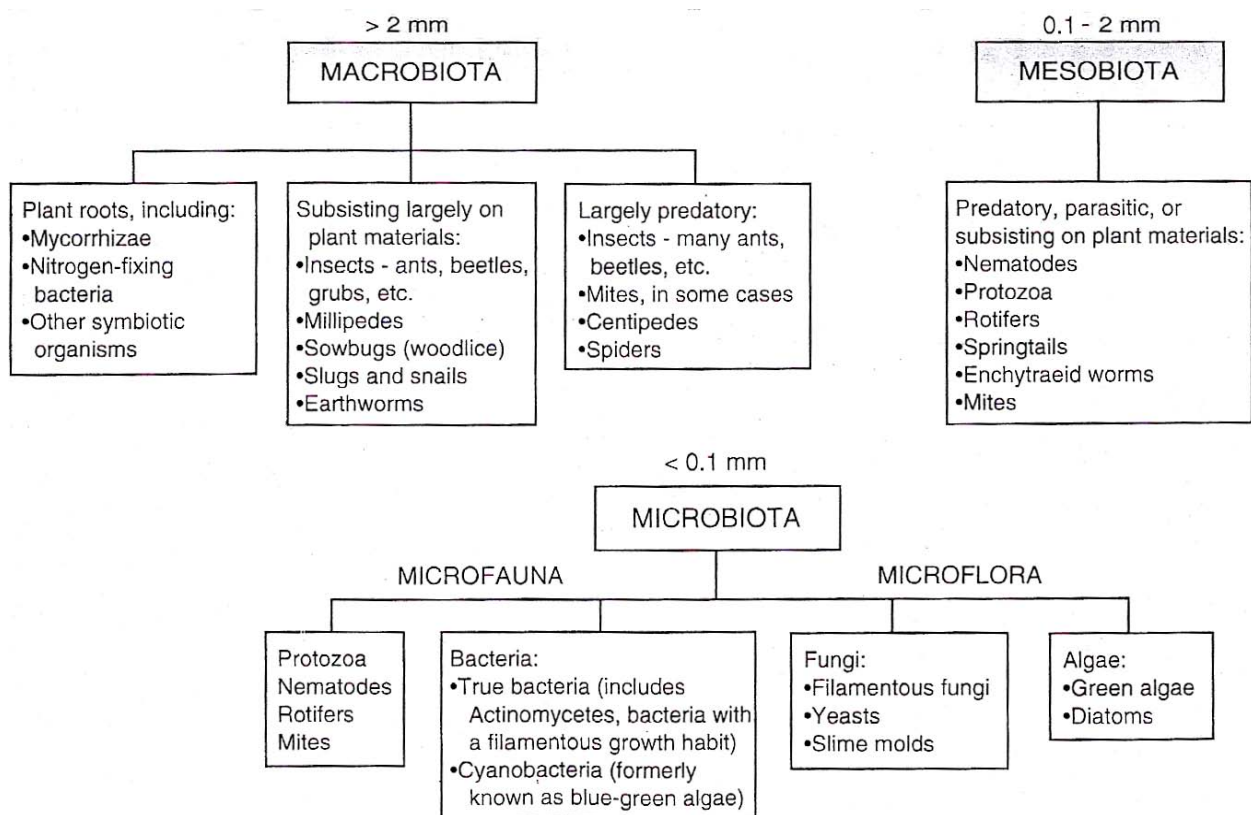
Παρακάτω, παρουσιάζονται οι διεργασίες που επηρεάζονται από την δράση των εδαφικών μικροοργανισμών, ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αυτό, ο ρόλος και η σημασία ύπαρξής τους στο οικοσύστημα, καθώς και η συμπεριφορά τους στη φωτιά. Η φωτιά, συνήθως επιδρά άμεσα, μέσω της θέρμανσης, στους ζωντανούς εδαφικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων και των φυτικών ριζών.

3.3.2 ΟΙ ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ. ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Οι οργανισμοί του εδάφους διακρίνονται, ανάλογα με το μέγεθός τους, σε 3 κατηγορίες: τους *μικροβιοτικούς*, που χωρίζονται σε μικροχλωρίδα και μικροπανίδα, με μέγεθος μικρότερο από 100 μm (άλγη, πρωτόζωα, βακτήρια και μύκητες), τους *μεσοβιοτικούς* με μέγεθος που κυμαίνεται από 100 μm μέχρι 2 mm και τους *μακροβιοτικούς* με μεγέθη μεγαλύτερα από 2 mm (γεωσκώληκες, έντομα, μυρμήγκια, ρίζες, μικρά τρωκτικά και άλλα (DeBano et al, 1998). Στο σχήμα 3.11 φαίνεται η παραπάνω κατηγοριοποίηση των κυριότερων εδαφικών οργανισμών.

Οι εδαφικοί οργανισμοί, ανάλογα και με το μέγεθός τους, έχουν σημαντικούς ρόλους στην διαμόρφωση των ανώτερων εδαφικών οριζόντων και στην ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Χωρισμένοι σε ομάδες επιτελούν και ξεχωριστές εργασίες. Γενικά, οι μικροβιοτικοί οργανισμοί εμπλουτίζουν το εδαφικό οργανικό υλικό με μεγάλες ποσότητες επεξεργασμένης βιομάζας. Μόνο τα βακτήρια και οι μύκητες, σε κάποια δασικά εδάφη, συνεισφέρουν στο εδαφικό οργανικό υλικό με 5 Mg/ha/year (Bollen, 1974 from DeBano et al, 1998). Ακόμα, οι εδαφικοί οργανισμοί συμμετέχουν και προάγουν τη φυσική και χημική ανάμιξη μεταξύ των οργανικών και ανόργανων συστατικών του εδάφους και του νερού. Επιπροσθέτως, ενισχύουν τον αερισμό του εδάφους, ανοίγοντας επιπλέον πόρους (κυρίως μακροβιοτικοί οργανισμοί) (Ντάφης, 1986). Επίσης, πολλοί εδαφικοί μικροοργανισμοί (μ/ο) ανανεώνουν την εδαφική σύσταση, φέρνοντας συστατικά από βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες στην επιφάνεια και το αντίστροφο. Με αυτόν τον τρόπο μεταφέρονται ανόργανα θρεπτικά από βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες στην ενεργό περιοχή των ριζών και επιτυγχάνεται ανάμειξη μεταξύ οργανικών και ανόργανων εδαφικών συστατικών (Ντάφης, 1986). Έτσι, οι οργανισμοί μαζί με τις φυτικές ρίζες, βελτιώνουν την εδαφική δομή και το πορώδες, ανανεώνοντας συνεχώς το έδαφος και εμπλουτίζοντάς το με θρεπτικά συστατικά (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Για παράδειγμα, σε ένα βιολογικά ενεργό έδαφος, τα σκουλήκια κατεργάζονται, στη διάρκεια μιας βλαστικής περιόδου, περισσότερους από 50 τόνους εδάφους στο εκτάριο. Την ίδια περίπου ποσότητα φαίνεται πως μεταφέρουν τα μικρά τρωκτικά από τα κατώτερα εδαφικά στρώματα στην επιφάνεια. Οι οργανισμοί αυτοί διασωληνώνουν και κατεργάζονται το έδαφος καλύτερα από ένα όργωμα (Ντάφης, 1986).



Σχήμα 3.10. Κατηγοριοποίηση εδαφικών μικροοργανισμών (Wallwork, 1970 from DeBano et al, 1998)

Το οργανικό υλικό και οι μικροοργανισμοί είναι γενικά κατανεμημένοι ανομοιόμορφα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι ανώτεροι εδαφικοί ορίζοντες, κοντά στην επιφάνεια, έχουν μια μεγαλύτερη πληθώρα από μικροοργανισμούς και οργανικό υλικό, κάνοντάς τους έτσι πιο ευάλωτους στις άμεσες επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών (Debano et al, 1998). Ωστόσο, αν και οι εδαφικοί οργανισμοί αντιδρούν άμεσα στις απότομες αλλαγές του περιβάλλοντός τους, χαρακτηρίζονται από μεγάλη προσαρμοστικότητα και αποτελούν ένα καθοριστικό παράγοντα φυσικοχημικής ρύθμισης και σχηματισμού των εδαφών. Η ύπαρξη των εδαφικών οργανισμών θεωρείται ως ο κυριότερος λόγος της σημαντικής υπεροχής, ως προς την παραγωγικότητα, των δασικών εδαφών ως προς τα γεωργικά (Jenny, 1980).

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ

Η φωτιά επηρεάζει πολλούς βιολογικούς οργανισμούς, που αλληλεπιδρούν με τα φυτά, τα ζώα και το εδαφικό περιβάλλον γενικότερα. Φυσικά, οι περισσότεροι οργανισμοί του εδάφους ζουν στα ανώτερα εδαφικά στρώματα, εκεί που είναι συγκεντρωμένες μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης, πρόσφορης για αποσύνθεση και για άλλες μικροβιακές διεργασίες και γι' αυτό είναι ευάλωτοι σε πυρκαγιές ακόμα και χαμηλής έντασης.

Συνεπώς, καθώς οι περισσότεροι οργανισμοί του εδάφους συγκεντρώνονται κοντά στην επιφάνεια, είναι εκτεθειμένοι στην ακτινοβολούμενη θερμότητα από την καύση των υλικών πάνω από αυτή και το κάπνισμα των στρωμάτων κάτω από αυτήν. Σαν αποτέλεσμα, η ένταση, η έκταση και η διάρκεια της πυρκαγιάς είναι καθοριστικοί παράγοντες στην επιβίωση των ζωντανών εδαφικών οργανισμών. Όσον αφορά τους μικροοργανισμούς, οι κυριότερες παράμετροι για τον καθορισμό του μεγέθους των επιπτώσεων της φωτιάς στην εδαφική πανίδα είναι η θέση τους στο έδαφος (βάθος κυρίως) και η ευαισθησία τους στη θέρμανση (Debano et al, 1998). Ανάλογα με την ένταση της φωτιάς, οι οργανισμοί του εδάφους μπορούν να πεθάνουν ακαριαία ή να επιζήσουν, όταν βρίσκονται σε μεγάλα βάθη και απομονωμένες περιοχές όπου δεν φτάνει η φωτιά. Όμως, και χαμηλής έντασης φωτιές, μπορούν να νεκρώσουν πολλούς μικροοργανισμούς στην επιφάνεια του εδάφους, καθώς θερμοκρασίες της τάξης των 50°C θεωρούνται θανάσιμες για κάποιους οργανισμούς του εδάφους, αν και οι φυσικοχημικές επιπτώσεις στο έδαφος, για τέτοιες θερμοκρασίες είναι αμελητέες (Καϊλίδης, 1993).

Η διείσδυση της θερμότητας στο έδαφος, κατά την διάρκεια της φωτιάς, επιδρά στην επιβίωση των εδαφικών μικροοργανισμών. Η μεταφορά της θερμότητας κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ποικίλει πολύ και εξαρτάται πολύ από την εδαφική υγρασία. Τα ξηρά εδάφη είναι καλύτεροι μονωτές, οπότε παρέχουν και μεγαλύτερη προστασία στους εδαφικούς μικροοργανισμούς. Αντίθετα, τα υγρά εδάφη μεταφέρουν μεγάλα ποσά θερμότητας στα κατώτερα στρώματα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να φτάνει εύκολα και σε μεγάλο βάθος τους 100°C, θερμοκρασία θανάσιμη για τους περισσότερους μικροοργανισμούς (DeBano et al, 1998). Τα υγρά εδάφη όμως, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, αργούν να αναπτύξουν μεγάλες θερμοκρασίες, γεγονός ευεργετικό για τους μικροοργανισμούς σε πυρκαγιές μικρής διάρκειας (Γκόφας, 2001).

Η φωτιά επηρεάζει τους εδαφικούς οργανισμούς είτε άμεσα, θανατώνοντάς τους ή τραυματίζοντας τους, είτε έμμεσα, επηρεάζοντας την βλάστηση, το οργανικό υλικό και τις διαδικασίες του, καθώς και το μικροκλίμα της περιοχής.

Άμεσες επιδράσεις

Η φωτιά επηρεάζει άμεσα ένα πλήθος μικροοργανισμών που εκτελούν διεργασίες σχετικές με την ανακύκλωση των θρεπτικών. Μια σημαντική συνιστώσα

του εδαφικού βιολογικού συστήματος είναι η “ριζόσφαιρα” (rhizosphere, DeBano et al, 1998), μια συγκεκριμένη περιοχή έντονης βιολογικής δραστηριότητας, στην διεπιφάνεια των φυτικών ριζών και του εδάφους. Στην περιοχή αυτή εκκρίνονται πολλές ουσίες, που βοηθούν στην ανάπτυξη πληθυσμών βακτηρίων που δεσμεύουν άζωτο (N) από την ατμόσφαιρα και αυτά με την σειρά τους εκκρίνουν άλλες ουσίες (ένζυμα και χηλικές ενώσεις) που βοηθούν στην ανάπτυξη των φυτών. Συγκεκριμένα, οι χηλικές ενώσεις είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν (δεσμεύουν) αδιάλυτες μορφές θρεπτικών όπως ο σίδηρος (Fe), που πιθανώς να μην είναι αλλιώς διαθέσιμα στα φυτά. Η ριζόσφαιρα επίσης, περιλαμβάνει την μυκόρριζα (βλ. παρακάτω) που προάγει την λήψη θρεπτικών από τα φυτά και συνεισφέρει άμεσα στην παραγωγικότητα των φυσικών οικοσυστημάτων (Ντάφης, 1986).

Η θέρμανση των εδαφών θανατώνει τους εδαφικούς μικροοργανισμούς (ιδιαίτερα την μικροπανίδα) είτε άμεσα, είτε έμμεσα, μεταβάλλοντας την αναπαραγωγική τους ικανότητα. Έμμεσες επιδράσεις επίσης σχετίζονται με μεταβολές στο εδαφικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, ετεροτροφικά βακτήρια πεθαίνουν λόγω της απώλειας (καύσης) της τροφής τους που είναι το οργανικό υλικό. Οι ετεροτροφικοί οργανισμοί γενικότερα, που προσλαμβάνουν άνθρακα (C) για να εξασφαλίσουν ενέργεια για τις βιοτικές τους ανάγκες και την σύνθεση βιομάζας, μπορούν να επηρεαστούν με αυτόν τον τρόπο. Η εδαφική οξύτητα επίσης μπορεί να μειωθεί μεταπυρικά (αύξηση pH), επηρεάζοντας έτσι πολλούς ευαίσθητους μικροοργανισμούς. Ωστόσο, ελάχιστες είναι οι επιδράσεις σε ουδέτερα εδάφη (Covington and DeBano, 1990 from DeBano et al, 1998).

Έμμεσες επιδράσεις

Οι έμμεσες επιδράσεις της φωτιάς στους εδαφικούς μικροοργανισμούς είναι πιο περίπλοκες σε σχέση με τις άμεσες. Μπορεί να εμφανιστούν πολύ μετά τη φωτιά και μπορούν να επηρεάσουν το οικοσύστημα για χρόνια. Μεταβολές στην χλωρίδα του οικοσυστήματος (π.χ. διαδοχή βλ. παράρτημα) επιδρούν σε οργανισμούς, που η επιβίωσή του εξαρτάται από συγκεκριμένα είδη φυτών, όπως μύκητες της μυκόρριζας και οι μικροοργανισμοί της ριζόσφαιρας γενικότερα (DeBano et al, 1998). Ομοίως η καύση μεγάλων οργανικών, ξύλινων τμημάτων, όπως τμήματα κορμών (coarse woody debris) και γενικότερα δασικών, οργανικών υπολειμμάτων που κείνται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορούν να έχουν μακροπρόθεσμες επιδράσεις στους εδαφικούς μικροοργανισμούς, με συνέπειες στην εδαφική δομή και παραγωγικότητα αλλά και στις σχέσεις εδάφους-νερού (DeBano et al, 1998).

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ

Οι οργανισμοί του εδάφους παίζουν έναν σημαντικότερο ρόλο στην ανακύκλωση των θρεπτικών, στην οποία συμμετέχουν σε πολλές διαδικασίες και στάδια (DeBano et al, 1998):

- Αποσύνθεση οργανικού υλικού
- Ανακύκλωση αζώτου (αζωτοδέσμευση, νιτροποίηση, απονιτροποίηση)
- Πρόσληψη θρεπτικών από τα φυτά, όπως για παράδειγμα η μυκόρριζα σε συμβίωση με τις φυτικές ρίζες, διευκολύνει την πρόσληψη του φωσφόρου (P) και άλλων θρεπτικών από τα φυτά

Αποσύνθεση οργανικού υλικού

Η αποσύνθεση (decomposition) του οργανικού υλικού είναι μια απαραίτητη διαδικασία για την ομαλή λειτουργία των φυσικών οικοσυστημάτων πάνω στη γη. Η αποσύνθεση ή αποικοδόμηση της οργανικής ύλης καταλήγει στο μεταβολισμό (καταβολισμό) του οργανικού υλικού σε “μικρότερα” ή απλούστερα οργανικά υλικά (DeBano et al, 1998). Είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς συνεισφέρει τα μέγιστα στο

σχηματισμό του χούμου στα δασικά εδάφη. Μέσω αυτής, ο άνθρακας ανακυκλώνεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την αέρια μορφή του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Επίσης, το άζωτο που έχει αποθηκευτεί στους ιστούς σε οργανική μορφή, ελευθερώνεται, ορυκτοποιείται και γίνεται ξανά διαθέσιμο για τα φυτά (mineralization). Κατά την διάρκεια της αποσύνθεσης, ένα μέρος του άνθρακα και του αζώτου σταθεροποιούνται στους ιστούς των μικροβίων (μικροβιακή βιομάζα) και το υπόλοιπο μετατρέπεται μικροβιακά σε σταθερές χουμικές ενώσεις. Σε αυτές τις ενώσεις οφείλεται και το μεγαλύτερο ποσοστό το εδαφικού οργανικού υλικού. Στον εδαφικό χούμο, λαμβάνουν χώρα συνεχώς η αποσύνθεση και η ορυκτοποίηση, έτσι ώστε το οργανικό υλικό και το άζωτο να παραμένουν σε σταθερή αναλογία (Ντάφης, 1986). Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό της αποσύνθεσης είναι το είδος της οργανικής ύλης προς αποσύνθεση, οι τύποι των αποικοδομητών, κλιματικοί παράγοντες (όπως η θερμοκρασία και η υγρασία) και εδαφικοί παράγοντες (όπως το εδαφικό pH και διάφορες ανεπάρκειες ανόργανων στοιχείων).

Η φωτιά επηρεάζει την διαδικασία της αποσύνθεσης με 2 τρόπους. Πρώτον, μπορεί να σκοτώσει ακαριαία τους μικροοργανισμούς που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη. Στην αποσύνθεση του οργανικού υλικού παίρνει μέρος μια τεράστια ποικιλία μικροοργανισμών της μικροπανίδας και ασπόνδυλα. Φυσικά, οι κυριότεροι και πολυπληθέστεροι αποικοδομητές είναι τα βακτήρια και οι μύκητες (DeBano et al, 1998). Όλοι οι παραπάνω μικροοργανισμοί επηρεάζονται άμεσα από την φωτιά. Ο δεύτερος τρόπος και πιο δραματικός με τον οποίο η φωτιά επηρεάζει την αποσύνθεση, είναι η ταχύτερη αποσύνθεση του οργανικού υλικού κατά την καύση.

Κύκλος αζώτου (N-cycling)

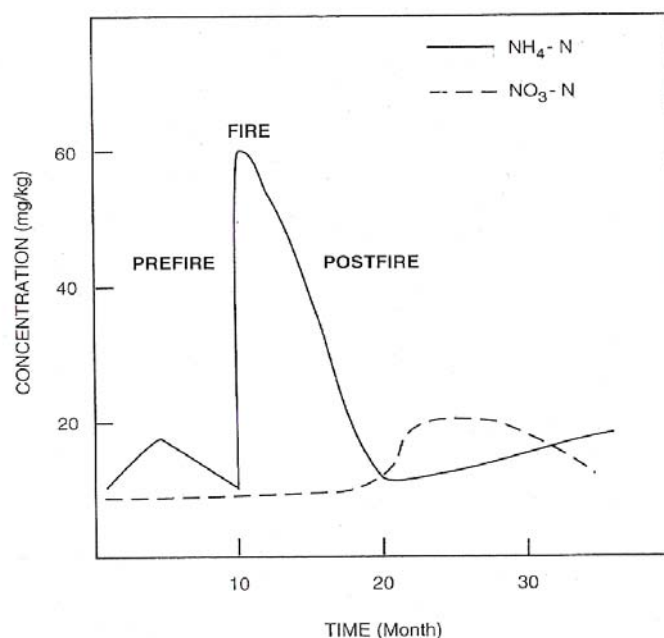
Το άζωτο (N) είναι ένα από τα κύρια περιοριστικά θρεπτικά στοιχεία στα φυσικά οικοσυστήματα, καθώς απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες στους ζωντανούς οργανισμούς. Ταυτόχρονα, το N επηρεάζεται με πολλούς τρόπους από τη φωτιά. Η φωτιά μπορεί να εξαερώσει μεγάλες ποσότητες N, οι οποίες μπορούν να αντικατασταθούν μεταπυρικά. Οι πιο σημαντικές διαδικασίες που επηρεάζονται από τη φωτιά είναι η ορυκτοποίηση (αμινοποίηση και νιτροποίηση), η αζωτοδεύμευση και η απονιτροποίηση, καθώς επιτυγχάνονται κυρίως από μικροοργανισμούς (Smil, 2000).

Ορυκτοποίηση. Η ορυκτοποίηση περιλαμβάνει τη μετατροπή οργανικών ενώσεων αζώτου (πρωτεΐνες και αμινοξέα) σε αμμωνιακά ιόντα (NH₄-N), διαδικασία γνωστή ως αμινοποίηση (Ντάφης, 1986) και εν συνεχεία σε νιτρικά ιόντα (NO₃-N) μέσω της νιτροποίησης. Η νιτροποίηση, που όπως προαναφέραμε γίνεται σε δύο στάδια, επιτυγχάνεται κυρίως από αυτοτροφικούς μικροοργανισμούς (νιτροποιητές) που εξασφαλίζουν την ενέργειά τους οξειδώνοντας το NH₄ σε NO₃. Οι κυριότεροι νιτροποιητές είναι: nitrosomonas, nitrospira και nitrosolobus για το πρώτο στάδιο της νιτροποίησης (NH₄=>NO₂) και nitrobacter για το δεύτερο (NO₂=>NO₃) (Ντάφης, 1986, wikipedia nitrogen cycle, Smil, 2000). Εκτιμάται πως πάνω από το 30% του N που νιτροποιείται, παρέχεται από μικροβιακή δραστηριότητα (DeBano et al, 1998).

Τα βακτήρια nitrosomonas και nitrobacter είναι πολύ ευαίσθητα στη θερμότητα. Το βακτήριο nitrosomonas θανατώνεται σε ξηρά εδάφη, σε θερμοκρασίες 120-140°C και σε υγρά εδάφη στους 75-80°C (Dunn et al, 1985 from DeBano et al, 1998). Το πιο ευαίσθητο nitrobacter θανατώνεται σε ξηρά εδάφη στους 100°C και στα υγρά εδάφη στους 50°C (DeBano et al, 1998)! Η ευαισθησία των βακτηρίων αυτών στη φωτιά, είναι πολύ σημαντική, καθώς το διαθέσιμο N είναι πολύ περιορισμένο στα δασικά εδάφη, όπου έχουμε μεγάλες συγκεντρώσεις N σε οργανική μορφή (εκ του οποίου το περισσότερο θα εξαερωθεί, κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς) και μικρές σε ανόργανη μορφή (Καϊλίδης, 1993).

Όπως έχουμε προαναφέρει, υψηλές συγκεντρώσεις $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$ εμφανίζονται αμέσως μετά την φωτιά στο έδαφος (σχ. 3.12, DeBano et al, 1998). Προφανώς, μεγάλες ποσότητες $\text{NH}_4\text{-N}$ παράγονται χημικά κατά την καύση (χημική αποσύνθεση) και αποθηκεύονται στη στάχτη. Ακόμα, η μικρή βιολογική αποσύνθεση μετά τη φωτιά, αυξάνει περαιτέρω τη συγκέντρωση του εδαφικού $\text{NH}_4\text{-N}$. Αντίθετα, τα νιτρικά $\text{NO}_3\text{-N}$ δεν παράγονται κατ' ευθείαν από την καύση, αλλά σχηματίζονται με νιτροποίηση, μεταπυρικά.

Έτσι, αμέσως μετά τη φωτιά, έχουμε αφθονία αμμωνιακών στο έδαφος, ενώ μετά από λίγο καιρό (6-12 μήνες) υπερτερούν κατά πολύ τα νιτρικά. Ωστόσο, αυτή η νιτροποίηση δεν φαίνεται να συμβαίνει από τους κλασσικούς νιτροποιητές (nitrosomonas, nitrobacter), καθώς αυτοί είναι υπερευαίσθητοι στη θέρμανση και συνεπώς είτε απουσιάζουν εντελώς, είτε πληθυσμός τους βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Έτσι, η νιτροποίηση αυτή συμβαίνει από άλλους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς (κυρίως μύκητες) οι οποίοι πριν τη φωτιά βρίσκονται σε αδράνεια και με την θέρμανση διεγείρονται και “ξυπνούν”.



Σχήμα 3.12. Μεταβολή των συγκεντρώσεων ιόντων αζώτου στο έδαφος στα χρονικά στάδια της πυρκαγιάς (DeBano et al, 1998).

Η αύξηση των συγκεντρώσεων $\text{NH}_4\text{-N}$ και έπειτα των $\text{NO}_3\text{-N}$, στη μεταπυρική φάση είναι συνήθως προσωρινή και η επιστροφή στα προπυρική επίπεδα γίνεται περίπου σε 2 έτη. Σε ακραίες περιπτώσεις, όπως στα τροπικά δάση της Costa Rica, η επιστροφή αυτή έγινε σε 6 μήνες (Matson et al, 1987). Στην κεντρική Αριζόνα, σε πυρκαγιά που έπληξε θαμνώδες οικοσύστημα, η αύξηση των $\text{NH}_4\text{-N}$ παρέμεινε σε πολύ υψηλά επίπεδα για περισσότερο από 6 μήνες και μετά άρχισε η μείωση με ταυτόχρονη αύξηση των $\text{NO}_3\text{-N}$. Τόσο τα $\text{NH}_4\text{-N}$, όσο και τα $\text{NO}_3\text{-N}$ επανήλθαν στα προπυρική επίπεδα σε 1,5 χρόνο περίπου (DeBano et al, 1998).

Απονιτροποίηση. Η απονιτροποίηση (denitrification) είναι η διαδικασία της μετατροπής των νιτρικών ιόντων σε ελεύθερο άζωτο ($\text{NO}_3 \Rightarrow \text{N}_2$) και επιτυγχάνεται με βιολογικές-μικροβιακές διεργασίες. Η επίδραση της φωτιάς σε αυτή τη διαδικασία έχει μελετηθεί ελάχιστα, ωστόσο εκτιμάται σημαντική μείωσή της, λόγω της επίδρασης της

θέρμανσης στους απονιτροποιητές μικροοργανισμούς και λόγω των μεγάλων απωλειών αζώτου λόγω εξαέρωσης, κατά τη διάρκεια της φωτιάς (DeBano et al, 1998).

Αζωτοδέσμευση. Το άζωτο (N) είναι μοναδικό ανάμεσα στα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, καθώς εμφανίζεται και διατηρείται σε αυτό εξ ολοκλήρου σε οργανική μορφή. Δεν υπάρχει πηγή ανόργανου N στο έδαφος για να αναπληρώσει τις απώλειες λόγω εξαέρωσης. Ωστόσο, το N αναπληρώνεται από την ατμόσφαιρα μέσω της αζωτοδέσμευσης (N-fixation) και πολύ λιγότερο μέσω της ατμοσφαιρικής σκόνης και των ρύπων και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων (DeBano et al, 1998). Η αζωτοδέσμευση είναι η μετατροπή του ελεύθερου N (N₂) σε αμμωνία (NH₃) και συνεπώς σε διαθέσιμες μορφές για τα φυτά. Η αζωτοδέσμευση στο έδαφος των φυσικών οικοσυστημάτων επιτυγχάνεται κυρίως με βιολογικές-μικροβιακές διαδικασίες, δηλαδή από μικροοργανισμούς που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό N και το μετατρέπουν σε διαθέσιμες μορφές. Η βιολογική αζωτοδέσμευση είναι ικανή να αναπληρώσει όλες τις απώλειες που συμβαίνουν λόγω εξαέρωσης κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς, λόγω απονιτροποίησης, καθώς και τις απώλειες λόγω διάβρωσης εδάφους και καθείσδυσης (Ντάφης, 1986).

Η βιολογική αζωτοδέσμευση επιτυγχάνεται από 2 ομάδες αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών, τους συμβιωτικούς και τους μη συμβιωτικούς (DeBano et al, 1998). Οι συμβιωτικοί συνδέονται άμεσα με το ριζικό περιβάλλον (ριζόσφαιρα) συγκεκριμένων φυτών, όπως τα γνωστά ψυχανθή (φασόλια, φακές κ.α.). Η ενέργεια που απαιτείται για την αζωτοδέσμευση παρέχεται από το φυτό ξενιστή. Οι γνωστότεροι μικροοργανισμοί αυτής της κατηγορίας είναι το ριζόβιο βακτήριο και ο ακτινομύκητας. Υπάρχουν περίπου 700 φυτικά είδη ψυχανθών και πάνω από 14000 ξεχωριστά είδη φυτών, που μπορούν να φιλοξενήσουν τέτοιους μικροοργανισμούς στις ρίζες τους, όπως η χαρουπιά (Ντάφης, 1986).

Έχει παρατηρηθεί πως τα περισσότερα θαμνώδη φυτά που φυτρώνουν αμέσως μετά την φωτιά, καθώς και τα περισσότερα είδη των φρυγανικών οικοσυστημάτων, φιλοξενούν στις ρίζες τους, τέτοιους αζωτοδεσμευτικούς μικροοργανισμούς (Μάργαρης, 2001). Συνεπώς, είναι φανερή η σπουδαιότητα της επιβίωσης των ειδών αυτών στη μεταπυρική διαχείριση μιας περιοχής, καθώς μέσω αυτών των φυτών ουσιαστικά αναπληρώνονται οι απώλειες N από την πυρκαγιά. Η υπερβόσκηση σε πρόσφατα καμένες περιοχές πέραν του ότι εμποδίζουν τη φυσική αναγέννηση καταστρέφοντας τα αρτίφυτρα, είναι καταστροφική καθώς αποψιλώνει το έδαφος από την παραπάνω μεταπυρική, “αζωτοδεσμευτική” βλάστηση (Γκόφας, 2001, Μάργαρης, 2001).

Οι μη συμβιωτικοί μικροοργανισμοί ζουν ελεύθερα (μη συμβιωτικά) εξασφαλίζοντας την απαραίτητη ενέργεια αποικοδομώντας οργανικό υλικό (DeBano et al, 1998). Αυτοί οι οργανισμοί είναι ετερότροφοι, χημειοαυτότροφοι και φωτοαυτότροφοι, με τους ετερότροφους να είναι οι λιγότερο αποτελεσματικοί στην αζωτοδέσμευση.

Το κυτταρόπλασμα των μη συμβιωτικών αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών δείχνει να καταστρέφεται με την θέρμανση των εδαφών, όπως συμβαίνει και στους περισσότερους μικροοργανισμούς που ζουν στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν. Οι συμβιωτικοί οργανισμοί επηρεάζονται με 2 τρόπους. Ο πρώτος είναι έμμεσος και συνίσταται στην καταστροφή του φυτού ξενιστή, δηλαδή της πηγής ενέργειας του μικροοργανισμού. Ο δεύτερος, ο οποίος είναι και άμεσος, είναι η απ' ευθείας καταστροφή των μικροοργανισμών λόγω θέρμανσης. Προφανώς οι συμβιωτικοί μικροοργανισμοί που ζουν σε βαθιές ρίζες, δείχνουν μεγαλύτερη αντοχή από αυτούς των επιφανειακών ριζών.

Ο ρόλος τόσο των συμβιωτικών, όσο και των μη συμβιωτικών αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών, καθώς και το πια από τις 2 κατηγορίες υπερτερεί μεταπυρρικά δεν είναι πολύ καλά μελετημένος (DeBano et al, 1998). Ωστόσο, εκτιμάται πως περισσότερο από το 1/3 της συνολικής βιολογικής αζωτοδέσμευσης, για κάποια δασικά εδάφη, επιτυγχάνεται από μη συμβιωτικούς μικροοργανισμούς, οι οποίοι αποικοδομούν χονδροειδή υπολείμματα ξύλου (coarse woody debris), όπως κομμάτια κορμών και κλάδων σημαντικών διαστάσεων (Harvey et al, 1989 from DeBano et al, 1998). Σαν συνέπεια των παραπάνω, η διαχείριση των κορμοτεμάχων και κλαδοτεμάχων είναι σημαντική στην μεταπυρρική αποκατάσταση δασικών περιοχών.

Χονδροειδή δασικά υπολείμματα ξύλου.

Τα παραπάνω κορμοτεμάχια χαρακτηρίζονται σαν χονδροειδή υπολείμματα ξύλου (coarse woody debris, DeBano et al, 1998) και περιλαμβάνουν κομμάτια από κορμούς δένδρων, κλαδιά, ρίζες, υπολείμματα υλοτομιών, σε ποικίλα στάδια αποσύνθεσης και είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από 7.5 cm (DeBano et al, 1998). Είναι μια σημαντική συνιστώσα του οργανικού υλικού των φυσικών οικοσυστημάτων και φυσικά επηρεάζονται από τη φωτιά. Εκτιμάται πως παίζουν έναν σημαντικότατο ρόλο στην παραγωγικότητα των δασικών εδαφών αφού μεγάλο μέρος της αζωτοδέσμευσης συνδέεται με αυτά. Ακόμα, παρέχουν το κατάλληλο περιβάλλον για την φύτευση και ανάπτυξη των νεαρών δενδρυλλίων και καταφύγιο για μικρά ζώα. Επίσης, επηρεάζουν τις εδαφικές ιδιότητες και προστατεύουν το έδαφος από την διάβρωση και κάθε είδους επιφανειακή διαταραχή.

Τα χονδροειδή υπολείμματα ξύλου μπορούν να βρεθούν πάνω στην επιφάνεια του εδάφους ή να είναι καλυμμένα, μερικώς ή ολικώς, με έδαφος και χούμο. Αποτελούν σημαντικό ποσοστό του εδαφικού οργανικού υλικού (έως και 50%) και ο ρυθμός αποσύνθεσής τους ποικίλει και εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και την κάλυψή τους. Σε ακραίες περιπτώσεις πολύ αργών ρυθμών αποσύνθεσης (σε ξηροθερμικά κλίματα όπως το μεσογειακό), μπορούν να μείνουν στο έδαφος για δεκάδες ή και εκατοντάδες χρόνια (DeBano et al, 1998) και αυτή θεωρείται πως είναι μια ωφέλιμη επίδραση των πυρκαγιών, καθώς αποσυνθέτουν γρήγορα οργανικό υλικό, το οποίο βιολογικά θα χρειαστεί πάρα πολύ καιρό για να αποσυνδεθεί, μειώνοντας έτσι την καύσιμη δασική ύλη, αλλά και επιστρέφοντας τα δεσμευμένα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος (Καϊλίδης, 1993).

Ο ρόλος τους στην αποθήκευση των θρεπτικών συστατικών θεωρείται πολύ σημαντικός, καθώς μπορούν να διατηρήσουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών, απαραίτητων για τα φυτά, όπως τα N, P, S και να τα αποδίδουν στο οικοσύστημα με αργούς ρυθμούς, κατά την βιολογική αποσύνθεση ή με ταχύτατους ρυθμούς, κατά την καύση τους. Τα υπολείμματα αυτά παρέχουν ιδανικό περιβάλλον στους μη συμβιωτικούς αζωτοδεσμευτικούς μικροοργανισμούς. Επίσης, όταν είναι θαμμένα και σε προχωρημένη αποσύνθεση, προάγουν την ανάπτυξη της εκτομυκόρριζας (είδος μυκόρριζας) (DeBano et al, 1998).

Απομακρύνοντας τα μεγάλα και χονδρά δασικά υπολείμματα, λόγω εκτεταμένων υλοτομιών αλλά και πυρκαγιών, στα δάση του Idaho και της Montana, παρατηρήθηκε έντονη μείωση στους ρυθμούς της μη συμβιωτικής και άρα της ολικής αζωτοδέσμευσης (Jurgensen et al, 1992 from DeBano et al, 1998). Συγκεκριμένα στο Idaho και λόγω των εκτεταμένων υλοτομιών των καμένων κορμών, στα πλαίσια της μεταπυρρικής αποκατάστασης, η εκτιμώμενη μείωση στην συνολική αζωτοδέσμευση έφτασε το 61%! Η μείωση αυτή αποδόθηκε στην πυρκαγιά και την απομάκρυνση των καμένων κορμών. Εκτιμάται πως η αναπλήρωση του N μπορεί να διαρκέσει από 10 μέχρι και 250 έτη ανάλογα την έκταση των παρεμβάσεων, την αναγέννηση των φυτών

που προάγουν την συμβιωτική αζωτοδέσμευση και την συνεισφορά του N από την ατμόσφαιρα (Jurgensen et al, 1997 from DeBano et al, 1998).

Η ύπαρξη αρκετών τέτοιων χονδροειδών υπολειμμάτων ξύλου, ειδικά στη μεταπυρική περίοδο, μπορεί να εξασφαλίσει ως ένα βαθμό την φυσική αναγέννηση και την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος. Αυτός είναι ένας λόγος που πολλοί αντιτίθενται στην αποκομιδή του καμένου ξύλου, σε πρόσφατα καμένες περιοχές (Κωνσταντινίδης, 2003). Πολλοί ερευνητές όμως ισχυρίζονται πως η ύπαρξη των καμένων κορμών μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη ασθενειών, καθώς και να εμποδίσει την φυσική αναγέννηση (Ντάφης, 1986). Για τη διατήρηση υψηλής παραγωγικότητας σε ένα οικοσύστημα, απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό τέτοιων υπολειμμάτων (Mg/ha), ανάλογα βέβαια και την με έμφυτη παραγωγικότητα του οικοσυστήματος και αυτό πρέπει να παίρνεται πάντα υπ' όψη στους δασοπονικούς χειρισμούς και ιδιαίτερα στους μεταπυρικούς (Καϊλίδης, 1993).

Ο ρόλος της φωτιάς

Σε κάθε φυσικό οικοσύστημα, για την σωστή και ομαλή λειτουργία του, πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ σύνθεσης βιομάζας και αποσύνθεσης. Η φωτιά μπορεί πολλές φορές να υλοποιήσει αυτή την ισορροπία. Το εδαφικό οργανικό υλικό, οι ασθένειες και τα επεισόδια πυρκαγιών είναι πολλές φορές αλληλοσυσχετισμένα προς αυτήν την ισορροπία (Καϊλίδης, 1993). Σε πολλές περιπτώσεις, όπως στα δάση της Καλιφόρνια (περιοχή με παρόμοιο κλίμα με της Ελλάδας), η παραγωγή βιομάζας γίνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς της αποσύνθεσής της (DeBano et al, 1998). Τα δάση δεν είναι αρκετά υγιή και παρατηρείται συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νεκρής βιομάζας (συμπεριλαμβανομένων και χονδροειδών δασικών υπολειμμάτων ξύλου). Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα Ελληνικά δάση (Κωνσταντινίδης, 2003). Η βιολογική αποσύνθεση των νεκρών και χονδρών δασικών υπολειμμάτων, σε αυτές τις κλιματικές συνθήκες, μπορεί να πάρει δεκάδες χρόνια. Ακόμα, η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων δασικής βιομάζας ενθαρρύνεται από την έντονη καταστολή των δασικών πυρκαγιών (Covington et al, 1994, Harvey et al, 1994 from DeBano et al, 1998). Η έντονη συσσώρευση βιομάζας χωρίς να μπορεί να αποικοδομηθεί με τους απαιτούμενους ρυθμούς, οδηγεί σε ανεπάρκειες θρεπτικών στοιχείων και τον μαρασμό των δασικών ειδών. Επίσης, η έντονη συσσώρευση δασικής βιομάζας και κυρίως νεκρής, που είναι αρκετά εύφλεκτη, οδηγεί στην εμφάνιση συχνών επεισοδίων δασικών πυρκαγιών, που όταν και οι κλιματικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, μπορούν να πάρουν τεράστιες διαστάσεις, παρά τις προσπάθειες καταστολής. Η απομάκρυνση δασικής βιομάζας μέσω της φωτιάς, μπορεί σε αρκετές περιπτώσεις, να αποδειχθεί καθοριστική για την διατήρηση της παραγωγικότητας και της υγείας των δασικών οικοσυστημάτων, αλλά και για την προστασία τους από μελλοντικές, πολύ έντονες, πυρκαγιές (Καϊλίδης, 1993, βλ. παράρτημα, ελεγχόμενο κάψιμο).

3.3.3 ΤΥΠΙΚΟΙ ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

Γενικά, υπάρχουν περίπλοκες αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ θέρμανσης του εδάφους και των επιδράσεων της στην επιβίωση των εδαφικών βακτηρίων και μυκήτων. Η διάρκεια της θέρμανσης, οι μέγιστες θερμοκρασίες και η υγρασία του εδάφους είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά των μικροβίων έναντι στη φωτιά (DeBano et al, 1998). Φυσικά, και το είδος του εξεταζόμενου μικροβίου είναι καθοριστικός παράγοντας της αντίδρασής του στη φωτιά. Πιο πριν μιλήσαμε για συγκεκριμένες ομάδες μικροοργανισμών που σχετίζονται με τον κύκλο

του Ν. Εδώ θα μιλήσουμε πιο γενικά για την αντίδραση των μικροοργανισμών (βακτήρια και μύκητες) στη φωτιά.

Από έρευνες έχει προκύψει πως οι μύκητες είναι πιο ευαίσθητοι από τα βακτήρια, εκ των οποίων τα πιο ανθεκτικά είναι τα ετεροτροφικά (Dunn et al, 1985 from DeBano et al, 1998). Η θέρμανση των εδαφών, πολλές φορές προκαλεί διέγερση σε αδρανείς μικροοργανισμούς, οι οποίοι βρίσκονται σε λήθαργο προπυρικά και δραστηριοποιούνται μεταπυρικά. Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι συνήθως μύκητες (αζωτοδεσμευτικοί DeBano et al, 1998). Δηλαδή, αν και οι περισσότεροι μύκητες είναι υπερευαίσθητοι στη φωτιά, κάποιοι άλλοι περιμένουν τη φωτιά για να δραστηριοποιηθούν!

Ενεργοί πληθυσμοί μικροοργανισμών σε υγρά εδάφη (>10% υγρασία) είναι συνήθως πιο ευαίσθητοι από τους αδρανείς σε ξηρά εδάφη (<5% υγρασία). Από εργαστηριακές μετρήσεις προέκυψε πως μύκητες σε υγρά εδάφη (20% υγρασία) μειώθηκαν στο 1% σε θερμοκρασία 60°C, ενώ για την ίδια μείωση, σε ξηρό έδαφος (3% υγρασία), οι θερμοκρασίες ήταν της τάξης των 80°C (DeBano et al, 1998). Αντίστοιχα, στο νιτροβακτήριο (nitrobacter), που είναι λιγότερο ευαίσθητο από τους περισσότερους μύκητες (ενεργούς προπυρικά), παρατηρήθηκε μείωση στο 1% σε θερμοκρασίες 80 και 90°C, σε υγρό και ξηρό έδαφος αντίστοιχα. Τα ετεροτροφικά βακτήρια φαίνεται να είναι τα πιο ανθεκτικά. Μείωση στο 1% του αρχικού πληθυσμού παρατηρήθηκε σε θερμοκρασίες 100 και 120°C, σε υγρό και ξηρό έδαφος αντίστοιχα (DeBano et al, 1998).

Οι επιδράσεις του εδαφικού νερού στην μικροβιακή αδρανοποίηση, κατά την διάρκεια της φωτιάς, είναι γενικά ασαφείς. Είναι γνωστό, πως η άμεση θέρμανση επιδρά στην επιβίωση των μικροοργανισμών, καθώς κυτταρικές συνιστώσες όπως πρωτεΐνες, κυτταρόπλασμα και νουκλεϊκά οξέα, είναι ασταθείς σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 60 με 70°C. Το νερό θεωρείται πως επιδρά έμμεσα, κυρίως λόγω της θερμικής αγωγιμότητάς του και της θερμοχωρητικότητάς του, που είναι μεγαλύτερες από του αέρα. Η πρώτη ιδιότητα έχει σχέση με το βάθος στο οποίο θα φθάσουν οι υψηλές θερμοκρασίες και η δεύτερη με το πόσο γρήγορα θα γίνει αυτό. Εκτιμάται, πως στα πρώτα 5 cm του εδάφους, αν θερμανθούν στους 70°C, τότε αν το έδαφος είναι υγρό (>10%), θα θανατωθεί το 95% των βακτηρίων και ένα μεγαλύτερο ποσοστό μυκήτων. Αντίθετα, αν το έδαφος είναι ξηρό (<5%), η ίδια θερμοκρασία στα πρώτα 5 cm του εδάφους, θα θανατώσει το πολύ το 25% των εδαφικών ετεροτροφικών βακτηρίων (DeBano et al, 1998). Μια πολύ σημαντική κατηγορία μικροοργανισμών, που συμβιώνουν μεταξύ τους και συμμετέχουν σε πολλές εδαφικές διεργασίες, είναι οι μικροοργανισμοί (μύκητες, άλγη κ.α.) που αποτελούν την κρούστα των λειχήνων (cryptogamic crust, DeBano et al, 1998), τους οποίους θα αναφερθούμε παρακάτω.

Βρύα και λειχήνες.

Το στρώμα αυτό αποτελείται από λειχήνες, κυανοβακτήρια, μύκητες, βρύα και άλγη και βρίσκεται συνήθως στις επιφάνειες των βράχων και τις ξηρές εδαφικές περιοχές. Γενικά, εμφανίζεται κατά πολύ σε ημιάνυδρες περιοχές, δασώδης ή θαμνώδης. Το στρώμα αυτό, εκτιμάται πως αποτελεί το 70% του ζωντανού εδαφικού οργανικού υλικού, σε αυτές τις περιοχές (DeBano et al, 1998).

Οι παραπάνω μικροοργανισμοί αποικούν στην επιφάνεια των βράχων, σε κορμούς δένδρων και σε εκτεθειμένες επιφάνειες εδάφους. Προκύπτουν συνήθως από την συμβίωση μεταξύ μυκήτων, αλγών και φωτοσυνθετικών κυανοβακτηρίων. Αυτά τα κυανοβακτήρια φωτοσυνθέτουν, αλλά συγχρόνως δεσμεύουν και ατμοσφαιρικό Ν, ενώ οι μύκητες παρέχουν νερό και ανόργανα θρεπτικά. Τα άλγη σε αυτήν την αποικία εμφανίζονται σα μίσχοι που μπορούν να ξεπεράσουν τα 6 cm ύψος. Συνηθέστερα, οι αποικίες αυτές εμφανίζονται σε διαβρώσιμα εδάφη και σε προστατευμένες

τοπογραφικά περιοχές (κοιλώματα βράχων κ.α.). Τα οφέλη του εδάφους από την αποικία είναι πολλά και φαίνονται παρακάτω (DeBano et al, 1998):

- Επιβράδυνση της εδαφικής διάβρωσης (ως προς τη μεταφορά και την συμπαράσυρση) σε ανοικτούς βοσκοτόπους (στέπα), καθώς ενώνονται εδαφικά σωματίδια μεταξύ τους.
- Το 'πλέγμα' που δημιουργείται από βρύα, άλγη και άλλα είδη της μικροχλωρίδας και εξαπλώνεται στην επιφάνεια του εδάφους, σταθεροποιεί την επιφάνεια και την προστατεύει από μηχανικές αναταραχές.
- Δέσμευση ατμοσφαιρικού N που οφείλεται κυρίως στα κυανοβακτήρια.
- Ενίσχυση της συσσώρευσης του οργανικού υλικού.
- Αύξηση των επιπέδων του P αποσαθρώνοντας (χημικά) και συγκρατώντας εδαφικά σωματίδια.
- Δημιουργία ιδανικού περιβάλλοντος για φύτευση σπόρων και την ανάπτυξη τους.

Λόγω της αζωτοδέσμευσης και της συσσώρευσης οργανικού υλικού και της αύξησης του P οι λειχήνες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Ωστόσο, το στρώμα αυτό μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει την διήθηση αν και αυτό δεν έχει μελετηθεί αρκετά μέχρι σήμερα.

Επίδραση της φωτιάς.

Η φωτιά καταστρέφει πλήρως το στρώμα των λειχήνων και των άλλων μικροοργανισμών και μπορεί να χρειαστούν αρκετά χρόνια για να επανέλθουν οι πληθυσμοί τους στα προπυρικά επίπεδα. Οι φωτιές υψηλής έντασης, σε ξηρές περιόδους, προκαλεί τη μέγιστη καταστροφή στο στρώμα αυτό. Η ανάκαμψη μπορεί είναι αργή ή γρήγορη ανάλογα με τον τύπο των μικροοργανισμών που αποτελούν το στρώμα, τις εδαφικές συνθήκες και το κλίμα. Φυσικά, σε ξηρότερες περιοχές η ανάκαμψη είναι πιο αργή. Στη νότια Utah, ύστερα από πυρκαγιά, δεν εμφανίστηκαν λειχήνες για 37 έτη! Η περιοχή βέβαια δεν ευνοούσε την ανάπτυξη των λειχήνων άσχετα από τη φωτιά και γι' αυτό και πριν από αυτή η ανάπτυξή τους ήταν πολύ περιορισμένη (Callison et al, 1985 from DeBano et al, 1998). Αντίθετα στην Αυστραλία, συνεχείς πυρκαγιές για 7 χρόνια κατέστρεψαν εντελώς το στρώμα από βρύα και λειχήνες, το οποίο επανήλθε μέσα σε 4 χρόνια στα προπυρικά επίπεδα (DeBano et al, 1998). Ο τρόπος ανάπτυξής του και οι μικροοργανισμοί που το αποτελούν, επηρεάζουν κατά κύριο λόγο το ρυθμό ανάκαμψης.

Τα άλγη είναι τα πρώτα που επιστρέφουν μέσα σε 1 με 5 χρόνια. Είναι γενικώς πολύ ανθεκτικά σε κάθε είδους διαταραχές. Το υψηλότερο pH μεταπυρικά βοηθά στην ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων. Τα βρύα, εγκαθίστανται πιο αργά από τα άλγη και τελευταίος πληθυσμός είναι οι λειχήνες που αναπτύσσονται πολύ αργά και μπορεί να χρειασθούν 10 με 20 χρόνια για πλήρη ανάκαμψη. Οι λειχήνες είναι γενικά πολύ ευαίσθητοι και συχνά χρησιμοποιούνται ως δείκτες υγείας του οικοσυστήματος (Ντάφης, 1986). Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε μια άλλη κατηγορία μικροοργανισμών (μυκήτων) που συμβιώνουν με τις φυτικές ρίζες (μυκόρριζα) και είναι θεμελιώδους σημασίας για την υγεία των φυτών και την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος.

ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΕΣ ΡΙΖΕΣ

Οι μύκητες της μυκόρριζας (ή μυκυτόριζας) σχηματίζουν συμβιωτικές σχέσεις με τις ρίζες των φυτών σε μια περιοχή που λέγεται ριζόσφαιρα (το περιβάλλον των ριζών). Οι μύκητες αυτοί είναι πλήρως εξαρτημένοι από τα φυτά-ξενιστές τους για να επιβιώσουν (Ντάφης, 1986). Αυτή η αμοιβαία σχέση μυκήτων-φυτών, κοστίζει στα φυτά το 5 με 30% της παραγόμενης από την φωτοσύνθεση γλυκόζης, που μεταφέρεται στα μέρη του φυτού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Όμως, συνεισφέρει

σημαντικά στην υγεία των φυτών, καθώς εξασφαλίζει ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και νερό στα φυτά, σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από αυτόν που μπορούν να εξασφαλίσουν οι ρίζες μόνες τους. Σε πολλές περιπτώσεις οικοσυστημάτων, η μυκόρριζα θεωρείται άμεσα συνιφασμένη με την παραγωγικότητά τους (Ντάφης, 1986).

Η μυκόρριζα μπορεί εύκολα να καταστραφεί από την θέρμανση του εδάφους κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς, επηρεάζοντας έτσι τον κύκλο των θρεπτικών και την πρόσληψή τους από τα φυτά. Καθώς, τόσο οι ρίζες των φυτών, όσο και οι μύκητες βρίσκονται στα ανώτερα στρώματα του εδαφικού προφίλ, μπορούν να εκτεθούν σε θανάσιμες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια πυρκαγιών υψηλής έντασης.

Η μυκόρριζα χωρίζεται σε 4 κατηγορίες ανάλογα την θέση της ως προς τις φυτικές ρίζες και τις σχέσεις της ως προς αυτές (Ντάφης, 1986):

- Η περίτροφη μυκόρριζα, στην οποία ο μύκητας απλώς περιβάλλει τα ριζίδια, χωρίς να συνδέεται ιστολογικά με αυτά.
- Η εκτότροφη (εκτομυκόρριζα), στην οποία οι μύκητες όχι απλώς περιβάλλουν τις ρίζες, αλλά εισχωρούν και στους μεσοκυττάριους χώρους των ριζών σχηματίζοντας το 'πλέγμα του Hartig' (Ντάφης, 1986)
- Η ενδότροφη (ενδομυκόρριζα), στην οποία οι υφές των μυκήτων διεισδύουν κανονικά στα ριζικά κύτταρα, χωρίς όμως να αλλοιώνουν τη σύνθεσή τους.
- Η εκτο-ενδότροφη που είναι συνδυασμός των παραπάνω 2 ειδών.

Όλα τα παραπάνω είδη επηρεάζονται από τη φωτιά. Το μέγεθος των επιδράσεων εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς, το βάθος στο οποίο βρίσκονται, καθώς και από το είδος και τις δομές (υφές, σπόρια κα) των μυκήτων (DeBano et al, 1998). Η σημασία της μυκόρριζας στο δασικό οικοσύστημα είναι θεμελιώδης, καθώς έχει αποδειχθεί πως πολλές αποτυχίες αναδασώσεων, ακόμα και με κατάλληλες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες, οφείλονται στην απουσία μυκόρριζας (Ντάφης, 1986). Γι' αυτό ο εμβολιασμός του εδάφους με μύκητες μετά από πυρκαγιά, είναι πολλές φορές απαραίτητος για την ανάπτυξη των φυταρίων. Βέβαια, για την ανάπτυξη των μυκήτων απαιτούνται κατάλληλες εδαφικές συνθήκες (αερισμός, υγρασία) και γι' αυτό ο παραπάνω εμβολιασμός δεν αποτελεί ικανή και αναγκαία συνθήκη για επιτυχείς αναδασώσεις.

Η εκτότροφη μυκόρριζα που σχηματίζεται κυρίως από ακτινομύκητες (Ντάφης, 1986) στις ρίζες των δασικών ειδών, γενικά μειώνεται σε καμένες περιοχές και μετά από φωτιές υψηλής έντασης παρατηρείται βαθύτερα στο εδαφικό προφίλ, απ' ότι προπυρικά (DeBano et al, 1998). Επειδή τα νεαρά φυτάρια, σε πρόσφατα καμένες περιοχές, έχουν αβαθές ριζικό σύστημα, εκτιμάται πως η μείωση της μυκόρριζας αντισταθμίζεται από την (πρόσκαιρη) αύξηση των θρεπτικών στο έδαφος, λόγω της στάχτης. Υπάρχουν βέβαια και αναφορές πως υψηλής έντασης πυρκαγιές, μπορούν να αυξήσουν την εκτομυκόρριζα, σε κάποια δασικά είδη. Για παράδειγμα στον Καναδά, σε δάση πεύκης του γένους *Pinus Strobus*, παρουσιάστηκε μια συσχέτιση μεταξύ της εντάσεως της φωτιάς και της αύξησης των μυκήτων (Herr et al, 1994 from DeBano et al, 1998). Μια υπόθεση για την αύξηση αυτή είναι πως μεγάλα ποσά N και P εξαερώθηκαν με αποτέλεσμα την ενίσχυση του σχηματισμού μυκόρριζας. Μια δεύτερη και πιο επικρατής υπόθεση, είναι πως με τη φωτιά εξαερώθηκαν πυροτοξικές ουσίες που εμποδίζουν την ανάπτυξη των μυκήτων.

Η ενδότροφη μυκόρριζα δείχνει να επηρεάζεται από την ένταση των πυρκαγιών, όσον αφορά κυρίως την μεταπυρική ανάκαμψή της. Οικοσυστήματα που έχουν μεγάλη συσσώρευση βιομάζας, προκαλούν έντονες πυρκαγιές και εκτιμάται πως συμβαίνουν πολύ μεγάλες απώλειες μυκόρριζας που απαιτούν πολύ χρόνο για να αναπληρωθούν. Θερμοκρασίες άνω των 95°C καταστρέφουν σχεδόν πλήρως τους

ενδομήκυτες, σε ξηρά εδάφη (DeBano et al, 1998). Η ένταση και διάρκεια της θέρμανση είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για την καταστροφή της ενδομυκόρριζας.

Η ενδομυκόρριζα, εκτιμάται πως επηρεάζεται λιγότερο από τη φωτιά και από διαταραχές γενικότερα, σε σχέση με την εκτομυκόρριζα. Αυτό γιατί η ενδότροφη αναπτύσσεται στις ρίζες όλων σχεδόν των δασικών ειδών, κάτι που δεν συμβαίνει με την εκτότροφη. Η εκτότροφη παρουσιάζεται συνήθως σε είδη με αβαθές ριζικό σύστημα και έτσι, ακόμα και έρπουσες φωτιές χαμηλής έντασης, μπορούν να την επηρεάσουν αρκετά, ενώ η ενδότροφη θα επηρεαστεί ελάχιστα (Ντάφης, 1986).

Φυτικές ρίζες

Οι φυτικές ρίζες είναι ευαίσθητες τόσο στις υψηλές θερμοκρασίες, όσο και στη διάρκεια της θέρμανσης. Θερμοκρασίες της τάξης των 60°C για 1 λεπτό, μπορούν να προκαλέσουν πήξη των πρωτεϊνών στα ριζικά κύτταρα και συνεπώς την ολική νέκρωσή τους (DeBano et al, 1998). Καταστροφικές θερμοκρασίες για τις φυτικές ρίζες όμως, μπορεί να είναι και χαμηλότερες από την θερμοκρασία πήξης των πρωτεϊνών. Φυσικά, η συμπεριφορά των ριζών στη θέρμανση ποικίλει πολύ ανάλογα με το είδος του φυτού. Για παράδειγμα, σε πεύκο του γένους *Pinus Clausa*, είχαμε σχεδόν πλήρη καταστροφή των ριζών σε θερμοκρασίες 52°C για θέρμανση 17 λεπτών (Hare, 1961)! Μεγάλο ρόλο παίζει και η υγρασία των ιστών των ριζιδίων. Οι ιστοί με μεγαλύτερη υγρασία καταστρέφονται ευκολότερα, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και με μικρότερη διάρκεια θέρμανσης, καθώς το νερό είναι καλός αγωγός της θερμότητας.

Η υγρασία του εδάφους επίσης, είναι ένας σημαντικός παράγοντας για το μέγεθος της επίδρασης της φωτιάς στις φυτικές ρίζες. Όσο λιγότερη υγρασία, τόσο καλύτερα μονωμένες οι ρίζες. Ειδικότερα, έχει παρατηρηθεί πως στα ξηρά εδάφη (<5% υγρασία), η θερμότητα δεν διεισδύει σε βάθος μεγαλύτερο των 2 cm, έτσι ώστε να νεκρώσει τις ρίζες (DeBano et al, 1998). Συνεπώς ρίζες σε ξηρά εδάφη και βάθη μεγαλύτερα των 2 cm είναι πολύ πιθανό να επιβιώσουν, αν βέβαια η διάρκεια της καύσης δεν είναι πολύ μεγάλη. Αντίθετα οι αβαθείς ρίζες και γενικά τα μέρη των φυτών που βρίσκονται σε μικρό βάθος, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, μπορούν εύκολα να καταστραφούν.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως και το βάθος στο οποίο βρίσκονται οι ρίζες, παίζει έναν εξίσου σημαντικό ρόλο. Όσο μεγαλύτερο είναι, τόσο λιγότερο επηρεάζονται οι ρίζες κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Φωτιές ακόμα και χαμηλής έντασης που καταναλώνουν την οργανική ύλη που κείται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να είναι θανάσιμες για φυτά με επιφανειακό ριζικό σύστημα. Τα φυτά όμως που έχουν βαθιές ρίζες και αναπαραγωγικούς μηχανισμούς βαθιά στο έδαφος (παραβλαστήματα) μπορούν να επιζήσουν ακόμα και μετά από μεγάλης έντασης και διάρκειας πυρκαγιές (wildfires).

Ο Ελληνικός χώρος έχει σε αφθονία τέτοιες φυτικές διαπλάσεις, με εξαιρετική αντοχή στις πυρκαγιές (πυρόφιλα είδη). Οι πιο κλασικές, με ισχυρή παραβλαστική ικανότητα, είναι οι διαπλάσεις που συγκροτούν τη μακία βλάστηση (πουρνάρι, σχίνο κα). Ειδικά το πουρνάρι έχει ένα εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται όλη τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους, στις έντονα ξηροθερμικές συνθήκες του μεσογειακού κλίματος, αλλά και να επανέρχεται σύντομα με παραβλαστήματα στις έντονες και συχνές πυρκαγιές που συμβαίνουν στο περιβάλλον του (Καϊλίδης, 1993, Ντάφης, 1986).

ΜΑΚΡΟΒΙΟΤΙΚΟΙ ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Ασπόνδυλα

Οι επιδράσεις της φωτιάς στα ασπόνδυλα, όπως και στους άλλους οργανισμούς του εδάφους, εξαρτώνται κυρίως από την ένταση της φωτιάς. Οι επιδράσεις της φωτιάς μπορεί να είναι πρόσκαιρες ή μακροχρόνιες. Οι πληθυσμοί των ασπόνδυλων γενικά, μειώνονται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, καθώς είτε οι ίδιοι και τα αυγά τους καίγονται από τις φλόγες ή τις υψηλές εδαφικές θερμοκρασίες, είτε τα αποθέματα τροφής τους μειώνονται, είτε καταστρέφεται το καταφύγιό τους και γενικότερα το μέρος στο οποίο διαβιούν. Τα πετούμενα έντομα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα καθώς έλκονται από τις φλόγες. Αντίθετα, κάποιοι πληθυσμοί ασπόνδυλων μπορούν να αυξηθούν μεταπυρικά, όπως τα μυρμήγκια (Anderson et al, 1989 from DeBano et al, 1998). Αυτό διότι, η φωτιά μπορεί να καταστρέψει τους ανταγωνιστές τους ή να δημιουργήσει καταλληλότερα καταφύγια για αυτούς (καμένοι κορμοί κ). Ακόμη, κάποια είδη σκαθαριών μπορούν να ευνοηθούν από τις μεταπυρικές συνθήκες, καθώς εναποθέτουν τα αυγά τους στο καμένο ξύλο (Ντάφης, 1986) Επίσης, μετά από φωτιά μπορεί να έχουμε αύξηση των φλοιοφάγων και ξυλοφάγων εντόμων, που προσβάλλουν δευτερογενών τα καμένα δέντρα (Καϊλίδης, 1993). Αυτός είναι ένας λόγος, για τον οποίο πολλοί υποστηρίζουν πως πρέπει να απομακρύνονται τα καμένα δέντρα.

Τα ασπόνδυλα μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν αυτά που περνούν όλη τους τη ζωή ή το μεγαλύτερο μέρος αυτής στα ανώτερα εδαφικά στρώματα, κοντά στην επιφάνεια ή και έξω από αυτή. Στη δεύτερη ανήκουν οι οργανισμοί που σπάνια ανεβαίνουν στην επιφάνεια ή και καθόλου. Οι ασπόνδυλοι οργανισμοί της πρώτης κατηγορίας προφανώς επηρεάζονται περισσότερο από τη φωτιά. Ειδικά αυτοί που διαβιούν σχεδόν μόνιμα στην επιφάνεια του εδάφους, είναι οι πιο ευαίσθητοι στις πυρκαγιές, ακόμα και αν αυτές είναι χαμηλής έντασης. Αντίθετα, οι οργανισμοί που διαβιούν στους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες είναι προστατευμένοι ακόμα και από φωτιές υψηλής έντασης.

Η προσαρμοστικότητα των ασπόνδυλων στη φωτιά συνίσταται κυρίως στην κινητικότητα τους, αλλά και σε διάφορους μηχανισμούς συγκράτησης της υγρασίας τους και αντοχής τους σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Η κινητικότητα αναφέρεται κυρίως στην κίνηση των ασπόνδυλων σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Για παράδειγμα, οι γεωσκώληκες την περίοδο του καλοκαιριού είναι βαθύτερα στο έδαφος απ' ότι τον χειμώνα και άρα τον χειμώνα είναι και πιο ευάλωτοι στη φωτιά. Οι γεωσκώληκες είναι πολύ σημαντικοί οργανισμοί για το έδαφος, καθώς ενισχύουν την ανάμιξη οργανικών και ανόργανων σωματιδίων, ανοίγουν διόδους ακόμα και σε σχετικά μεγάλα βάθη, αυξάνοντας το πορώδες (ενεργό) και τον αερισμό του εδάφους. Η συνεισφορά τους στη χουμοποίηση του ξερής φυλλάδας του εδάφους είναι σημαντικότερη. Επιπλέον βελτιώνουν τη δομή του εδάφους, επεξεργάζοντας τα συσσωματώματα οργανικού-ανόργανου εδαφικού υλικού, μέσα από το πεπτικό τους σύστημα (επεξεργασία μέχρι 50 t/ha (κάτι ανάλογο κάνουν και τα σκαθάρια) και απεκκρίσεις που μπορεί να φτάσουν πάχος 0,5 cm το έτος). Επιπλέον, εκτιμάται πως οι γεωσκώληκες αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτικών ριζών (Ντάφης, 1986).

Οι γεωσκώληκες επηρεάζονται ελάχιστα άμεσα από την φωτιά, διότι βρίσκονται σε βάθη μεγαλύτερα των 10 με 20 cm, ανάλογα βέβαια και με την ένταση και τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Έμμεσα όμως, προκαλείται αύξηση στον πληθυσμό τους και τη δραστηριότητά τους (James, 1982 from DeBano et al, 1998). Άλλοι πάλι ισχυρίζονται πως λόγω της ξηρασίας που επικρατεί σε πρόσφατα καμένα εδάφη τη θερινή περίοδο, της αλλαγής στο υδατικό ισοζύγιο και λόγω της γενικής απογύμνωσης του εδάφους, μπορεί να παρατηρηθεί μεταπυρικά, μείωση του πληθυσμού τους μέχρι

και 50% (Κωνσταντινίδης, 2003). Γενικότερα πάντως, εκτός από κάποια είδη που έχουν μελετηθεί αρκετά, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί μεταπυρικά τι συμβαίνει με τους πληθυσμούς των ασπόνδυλων, γιατί η επιβίωσή τους εξαρτάται πολύ από τα χαρακτηριστικά της φωτιάς, το βάθος στο οποίο βρίσκονται, τη δομή της αποικίας τους, τη βλάστηση κα (DeBano et al, 1998).

Ο πληθυσμός των σαλιγκαριών επηρεάζεται πάρα πολύ από την φωτιά και κατά τη διάρκειά της τα περισσότερα θανατώνονται λόγω της βραδύτητάς τους. Μπορεί να εξαφανιστούν τελείως μετά την φωτιά, ανακάμπτουν όμως, σχεδόν πλήρως, σε 3-5 έτη (Κωνσταντινίδης, 2003).

Μικρά θηλαστικά-τροκτικά

Ο ρόλος των τροκτικών στο έδαφος είναι πολύ σημαντικός. Ανοίγουν μεγάλες διόδους σε αρκετά μεγάλο βάθος, αυξάνοντας το ενεργό πορώδες και τον αερισμό του εδάφους. Ακόμα, μεταφέρουν οργανική ύλη, με την τροφή και τα περιττώματά τους, σε μεγάλα βάθη, αυξάνοντας έτσι το γόνιμο βάθος του εδάφους (Ντάφης, 1986).

Η φωτιά, περιστασιακά σκοτώνει μικρά θηλαστικά, γιατί συνήθως προλαβαίνουν και απομακρύνονται από την εστία της φωτιάς, είτε υπόγεια, είτε υπέργεια. Τα επηρεάζει όμως έμμεσα, τροποποιώντας το περιβάλλον στο οποίο διαβιούν. Πολύ σημαντικά στην επιβίωση των μικρών θηλαστικών είναι τα χονδροειδή υπολείμματα ξύλου, που συχνά αποτελούν το καταφύγιό τους.

Άμεσα η φωτιά μπορεί να σκοτώσει μικρά θηλαστικά είτε με θέρμανση, είτε με ασφυξία. Αυτό εξαρτάται από την ένταση, έκταση και διάρκεια της πυρκαγιάς, την κινητικότητα του ζώου και την θέση του στο έδαφος κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς. Έντονες και εκτεταμένες φωτιές είναι προφανώς και οι πιο καταστρεπτικές. Γενικά, θανάσιμες θερμοκρασίες θεωρούνται αυτές άνω των 50°C, ανάλογα βέβαια και την υγρασία του εδάφους. Πιο συχνά πάντως έχει δειχθεί πως τα ζώα αυτά πεθαίνουν από ασφυξία παρά από απ' ευθείας θέρμανση (DeBano et al, 1998). Άλλωστε, σε βάθη μεγαλύτερα των 2-3 cm οι θερμοκρασίες δεν είναι θανάσιμες. Η κύρια μείωση του πληθυσμού των τροκτικών όμως, έρχεται έμμεσα, καθώς αρχικά τουλάχιστον, υπάρχει ανεπάρκεια τροφής και καταφυγίου και επειδή το τοπίο 'καθαρίζει' από βλάστηση, αυξάνεται και το κυνήγι από τα αρπακτικά πουλιά. Ωστόσο, η μείωση των τροκτικών συνήθως είναι πρόσκαιρη και περιορίζεται σε 1 με 3 έτη μετά τη φωτιά (DeBano et al, 1998), ανάλογα βέβαια και το είδος και τις συνθήκες αποκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

4.1 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Η κατάσταση λεκάνης απορροής (watershed condition), είναι ένας υποκειμενικός όρος που δείχνει την κατάσταση μιας λεκάνης απορροής σε ό,τι αφορά την υδρολογική λειτουργία και παραγωγικότητα του εδάφους της. Είναι θεμελιώδης παράγοντας για την εκτίμηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών, στην υδρολογία της λεκάνης. Η υδρολογική λειτουργία της λεκάνης απορροής σχετίζεται με την ικανότητα της, να παραλαμβάνει και να προωθεί τα κατακρημνίσματα στα ρεύματα χωρίς επιβάρυνση του οικοσυστήματος. Η παραγωγικότητα του εδάφους αντικατοπτρίζει την ικανότητα του να υποστηρίζει τη συνεχή ανάπτυξη των φυτών και τις φυτοκοινωνίες ή τις φυσικές ακολουθίες των φυτοκοινωνιών (DeBano et al, 1998).

Γενικά, σε μια λεκάνη απορροής σε καλή κατάσταση:

- Τα κατακρημνίσματα φιλτράρονται και διεισδύουν στο έδαφος
- Τα κατακρημνίσματα δεν συμβάλλουν πολύ στη διάβρωση, μιας και η ροή στο έδαφος δεν παρασέρνει τους κόκκους του εδάφους.
- Η ανταπόκριση των ρευμάτων στα κατακρημνίσματα είναι σχετικά αργή.
- Η βασική απορροή είναι συνεχής ανάμεσα στις καταιγίδες.

Αντίθετα, σε λεκάνη απορροής σε κακή κατάσταση:

- Τα κατακρημνίσματα ρέουν στην επιφάνεια του εδάφους.
- Εκτεταμένη διάβρωση συμβαίνει κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου.
- Η απόκριση των ρευμάτων στα κατακρημνίσματα είναι γρήγορη.
- Υπάρχει μικρή ή καθόλου βασική απορροή μεταξύ των καταιγίδων.

Κριτήρια και παράγοντες που επηρεάζουν την υδρολογική λειτουργία και παραγωγικότητα του εδάφους και που χαρακτηρίζουν την κατάσταση της λεκάνης απορροής είναι:

1. Φυτοκάλυψη.
2. Η δυναμικότητα των καναλιών των ρευμάτων.
3. Η ευστάθεια της μάζας του εδάφους.
4. Το καθεστώς της ιζηματογένεσης.
5. Η παραγωγικότητα του εδάφους σε σχέση με την ανάπτυξη των φυτών.

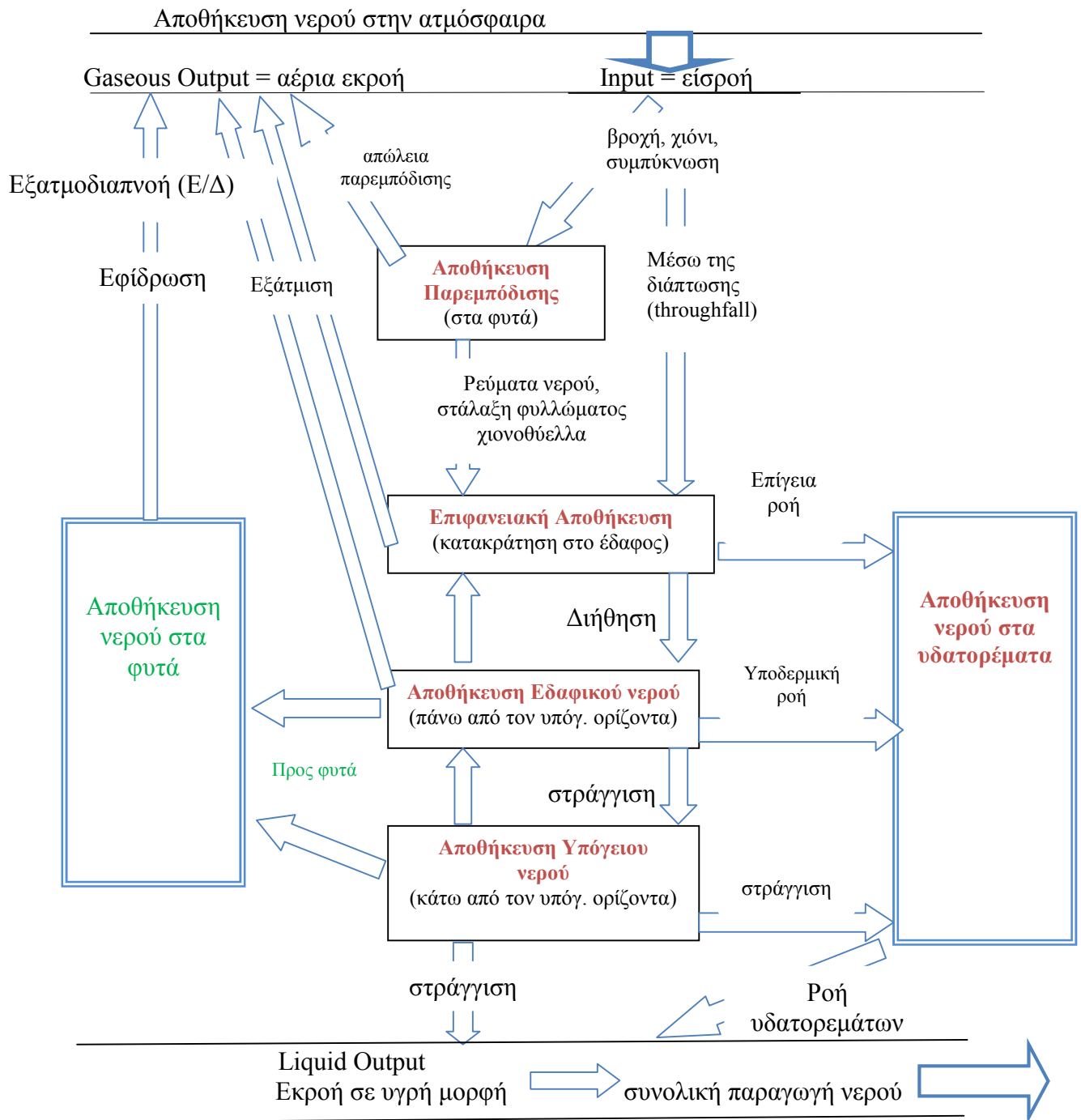
Η πυρκαγιά μπορεί να είναι καθοριστικός παράγοντας για την μετέπειτα (μεταπυρκαγιά) κατάσταση της λεκάνης απορροής. Ο ρόλος που θα παίξει η φωτιά εξαρτάται κυρίως από την δριμύτητά της (ένταση και διάρκεια) (DeBano et al, 1998).

4.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΟΥ

4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο υδρολογικός κύκλος αντιπροσωπεύει τις διαδικασίες και διαδρομές μέσα από τις οποίες το νερό περνάει από τη γη και τις υδάτινες επιφάνειες στην ατμόσφαιρα και αντιστρόφως. Παρόλο που ο υδρολογικός κύκλος είναι πολύπλοκος και δυναμικός, μπορεί να απλοποιηθεί ως ένα σύστημα αποτελούμενο από τις συνιστώσες αποθήκευσης νερού και τη στερεή, υγρή και αέρια μεταφορά του νερού που αφορά το

διάστημα ανάμεσα στη διαδικασία της αποθήκευσης (Anderson et al, 1976 from DeBano et al, 1998). Τα κατακρημνίσματα, που είναι η εισροές στον υδρολογικό κύκλο, δεν επηρεάζονται από το κάψιμο, εξαιρώντας την ομιχλοβροχή, για την οποία εκτενής αναφορά θα γίνει παρακάτω. Επιπλέον, η χημεία των κατακρημνισμάτων μπορεί να αλλάζει από τον καπνό που βγαίνει (DeBano et al, 1998). Εντούτοις, η παρεμπόδιση, η εξατμοδιαπνοή, η διήθηση, η αποθήκευση του νερού στο έδαφος και η απορροή, μπορούν να επηρεαστούν πολύ από την πυρκαγιά. Αυτές οι φάσεις του υδρολογικού κύκλου συσχετίζονται πολύ, και επομένως, είναι δύσκολο να απομονωθούν οι επιδράσεις της πυρκαγιάς σε μία φάση μόνο (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1. Υδρολογικός κύκλος λεκάνης απορροής (Anderson et al, 1976 from DeBano et al, 1998)

4.2.2 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗ

Η παρεμπόδιση (interception) ενός τμήματος βροχής ή χιονιού (interception of snow), να φτάσει στο έδαφος, λόγω παρεμβολής της χλωρίδας, αποτελεί ένα σημαντικό μέρος (το μεγαλύτερο) της συνολικής κατακράτησης (retention) των κατακρημνίσεων, καθώς η δεύτερη περιλαμβάνει και την επιφανειακή παγίδευση (depression) της επιφανειακής απορροής, από τις μικροκοιλότητες του επιφανειακού ανάγλυφου. (Κουτσογιάννης, 1999).

Φυτά, οργανικά υπολείμματα και άλλα αποσυντεθημένα οργανικά υλικά (litter), διακόπτουν την πτώση των κατακρημνισμάτων (χιόνι, βροχή) στην επιφάνεια του εδάφους. Η παρεμπόδιση προστατεύει το έδαφος από την ενέργεια της προσπίπτουσας σταγόνας. Χωρίς τη μείωση αυτής της ενέργειας μπορεί η επιφάνεια του εδάφους να συμπιεστεί ή να ξεκολλήσουν κομμάτια του από την πρόσκρουση της σταγόνας, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει τη διείσδυση και τη διαδικασία της διάβρωσης και της απορροής.

Υδρολογική σημασία

Μεγάλο μέρος των κατακρημνισμάτων που παρεμποδίζεται γυρίζει στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση (υδατοσυγκράτηση, Μπαλούτσος κ.α., 2006) και έτσι έχουμε απώλεια νερού από την λεκάνη απορροής. Σαν συνέπεια, η παρεμπόδιση είναι μία μορφή αποθήκευσης που αφαιρείται από το ακαθάριστο κατακρήμνισμα που εισάγεται στην λεκάνη απορροής, στις μελέτες του ισοζυγίου του νερού (DeBano et al, 1998). Δεν εξατμίζεται όμως όλη η ποσότητα του παρεμποδισμένου νερού. Αρκετό από αυτό το νερό, ειδικά σε μεγάλες σε ένταση και διάρκεια καταιγίδες, στάζει από το φύλλωμα (διάπτωση, throughfall) ή ρέει πάνω στους μίσχους και τους κορμούς (κορμοροή, stemflow) και φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους (Brooks et al, 1997). Ένα ποσοστό του νερού που παρεμποδίζεται από τα στρώματα των εδαφικών υπολειμμάτων, επίσης διοχετεύεται στο έδαφος.

Τόσο η επιφανειακή, εδαφική κατακράτηση, όσο και η παρεμπόδιση από την βλάστηση, μειώνονται εκθετικά με το πέρασμα του χρόνου, κατά την διάρκεια του επεισοδίου βροχής ή κατακρήμνισης γενικότερα.

Υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία ανά τον κόσμο, στο μέγεθος της βροχής που παρεμποδίζεται (Helvey et al, 1971 from DeBano 1998). Οι απώλειες λόγω παρεμπόδισης στα εύκρατα δάση της Ν. Αμερικής, Ευρώπης και Αυστραλίας κυμαίνονται από 5 έως 35 % της ετήσιας βροχής. Η αναλογία της παρεμπόδισης της βροχής στα υγρά και μεσοτροπικά δάση, είναι γενικά μεγαλύτερη από αυτή στις εύκρατες περιοχές. Για παράδειγμα, η παρεμπόδιση της βροχής στα υγρά τροπικά δάση της Ταϊλάνδης συχνά φτάνει στο 50-70% της ετήσιας ποσότητας βροχής. Οι απώλειες λόγω παρεμπόδισης στα αραιά φυτεμένα δάση, θαμνώδεις εκτάσεις και στα λιβάδια των ξηρών τροπικών και εύκρατων περιοχών, έχουν τυπικές τιμές <10% της ετήσιας βροχόπτωσης. Ανεξαρτήτως περιοχής όμως, η παρεμπόδιση είναι μια παροδική μορφή αποθήκευσης νερού στη φυτοκάλυψη μιας λεκάνης απορροής. Η παρεμπόδιση της χιονόπτωσης στο φύλλωμα των δασών είναι πιο δύσκολο να μετρηθεί ποσοτικά κυρίως λόγω του ότι η αρχική ποσότητα της χιονόπτωσης και η ποσότητα του νερού στο χιόνι που συσσωρεύεται στο φύλλωμα δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια. Σε πολλές περιπτώσεις, πολύ από το παρεμποδιζόμενο χιόνι τελικά αποθηκεύεται στο έδαφος.

Η παρεμπόδιση της κατακρήμνισης (χιόνι, βροχή) από τους θόλους της βλάστησης στη διάρκεια μιας καταιγίδας είναι γενικά μια συνάρτηση:

- Της μορφής (χιόνι, βροχή), της έντασης και της διάρκειας.

- Της ταχύτητας του ανέμου, της κλίσης της βροχής και άλλων χαρακτηριστικών της καταιγίδας.
- Του τύπου της βλάστησης (ευρεία φύλλα ή βελονοειδή) καθώς και της ποσότητας των φύλλων στην επιφάνεια (Hoover and Leaf, 1967 from DeBano et al, 1998)

Η παρεμπόδιση της κατακρήμνισης λόγω υπολειμμάτων ή άλλων αποσυντεθημένων οργανικών υλών στην επιφάνεια του εδάφους, κυμαίνεται από 5–35% του συνολικού ετήσιου κατακρημνίσματος (DeBano et al, 1998). Η αποθήκευση του παρεμποδισμένου νερού στα στρώματα οργανικών υπολειμμάτων μπορεί να αποτελεί μεγάλο ποσοστό των μικρών (<25 mm) γεγονότων βροχόπτωσης. Η παρεμπόδιση και αποθήκευση νερού στα απόβλητα του επιφανειακού εδάφους σχετίζεται με το βάθος και τη σχετική ανάπτυξη των στρωμάτων αυτών.

Επίδραση της πυρκαγιάς

Μια υδρολογική συνέπεια της πυρκαγιάς, που καταστρέφει τους θόλους της βλάστησης και μειώνει τα συσσωρευμένα οργανικά υπολείμματα, είναι η επίδραση στις απώλειες λόγω παρεμπόδισης. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της καθαρής κατακρήμνισης που φτάνει στο έδαφος. Όταν όμως η πυρκαγιά δεν καταστρέφει μεγάλες εκτάσεις βλάστησης, τότε η επίδραση στην παρεμπόδιση δεν είναι μεγάλη.

Τα επίπεδα των αποσυντεθημένων οργανικών υλών που καλύπτουν την επιφάνεια του εδάφους είναι σημαντικά στην (αντιδιαβρωτική) προστασία του εδάφους. Σε περιπτώσεις όπου η επιφανειακή, ποώδης βλάστηση και γενικώς το επιφανειακό οργανικό υλικό, καταστρέφεται από τη φωτιά, η προστασία αυτή παύει να υπάρχει. Συνήθως, η σημαντικότερη από τις συνέπειες, όταν και τα δύο προστατευτικά στρώματα (βλάστηση και οργανικά υπολείμματα) έχουν χαθεί από την πυρκαγιά, είναι η αυξημένη διάβρωση του εδάφους (DeBano et al 1998).

ΕΞΑΤΜΟΔΙΑΠΝΟΗ

Η εξάτμιση από το έδαφος, τις επιφάνειες των φυτών και των υδάτινων επιφανειών, μαζί με τις απώλειες νερού από τη διαπνοή των φυτών, καλούνται συνολικά εξατμοδιαπνοή (E/Δ) (evapotranspiration) (Κουτσογιάννης, 1999).

Ο όρος εξάτμιση (evaporation), χρησιμοποιείται στην υδρολογία για να περιγράψει τόσο φαινομενολογικά, όσο και ποσοτικά, τη μετατροπή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση (υδρατμοί). Ο φυσικός ρυθμός εξάτμισης καθορίζεται από τρεις θεμελιώδεις παράγοντες: (α)τη φυσική διαθεσιμότητα (παρουσία) του νερού σε υγρή φάση, (β) τη διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια του νερού για την πραγματοποίηση της εξάτμισης και (γ) την ευκολία με την οποία διαχέονται οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα.

Η μετατροπή του νερού που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας και ιδίως των φυλλωμάτων των φυτών (στομάτια), ονομάζεται διαπνοή (transpiration). Το νερό των φυτών απορροφάται από το έδαφος μέσω των ριζών και μέσω του αγγειακού συστήματος των φυτών, οδηγείται στους πόρους των φυλλωμάτων, απ' όπου και διαπνέεται (Κουτσογιάννης, 1999).

Έτσι, το παρεμποδιζόμενο νερό που εξατμίζεται από το φύλλωμα είναι μέρος της συνιστώσας του υδρολογικού κύκλου, της εξατμοδιαπνοής. Η εξατμοδιαπνοή είναι συνήθως μεγάλο ποσοστό της ετήσιας κατακρήμνισης στον προϋπολογισμό του νερού, φτάνοντας το 100% σε ορισμένες περιπτώσεις λεκανών απορροής σε δάση.

Η διαδικασία της εξατμοδιαπνοής ενδιαφέρει πολύ τους υδρολόγους και αυτούς που διαχειρίζονται τις λεκάνες απορροής, γιατί καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αναλογία της εισαγόμενης κατακρήμνισης, που είναι πιθανό να γίνει επιφανειακή απορροή στα ρέματα και εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Η εξατμοδιαπνοή είναι επίσης η συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, που επηρεάζεται περισσότερο από την καταστροφή της βλάστησης λόγω πυρκαγιών (DeBano et al 1998).

Υδρολογική Σημασία

Παρόλο που η εξέλιξη της εξατμοδιαπνοής ελέγχει την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής στη βροχόπτωση και το λιώσιμο του χιονιού, οι υδρολόγοι ακόμα δε γνωρίζουν πολλά για την διεργασία αυτή καθαυτή και τους μηχανισμούς τροφοδοσίας που ελέγχουν την εξέλιξη της εξατμοδιαπνοής στο φυσικό περιβάλλον. Είναι γνωστό βέβαια ότι ο τύπος, η πυκνότητα και η δομή της βλάστησης επηρεάζει τις απώλειες λόγω διαπνοής. Διαφορές στο ρυθμό διαπνοής ανάμεσα στις κοινωνίες των φυτών και στα μεμονωμένα είδη οφείλονται κυρίως (Κουτσογιάννης, 1999):

- Στις διαφορές των χαρακτηριστικών των ριζών.
- Την απόκριση των στομάτων
- Το δείκτη λευκαύγειας (albedo) (ο λόγος της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας προς την προσπίπτουσα) της επιφάνειας των φύλλων.
- Την διάρκεια της εποχής ανάπτυξης.

Οι τιμές των απωλειών λόγω εξατμοδιαπνοής σε εύκρατα δάση (Βόρεια Αμερική, Ευρώπη), κυμαίνονται στο 40-80% της ετήσιας κατακρήμνισης (Ffolliott and Brooks, 1996). Σε υγρά-τροπικά δάση (Νοτιοανατολική Ασία) 50-80%. Σε πολλές δασικές λεκάνες απορροής των νοτιοδυτικών ΗΠΑ, εκτιμάται ότι το 80-95% της ετήσιας κατακρήμνισης εξατμίζεται από τις επιφάνειες του εδάφους, αφήνοντας μόνο 5-20% διαθέσιμο για απορροή (Ffolliot and Brooks, 1996). Οι τιμές αυτές ποικίλουν πολύ ανάλογα με τη σύνθεση, την δομή και το ιστορικό του δάσους.

Η εξατμοδιαπνοή είναι η μεγαλύτερη συνιστώσα απώλειας νερού του υδρολογικού κύκλου των περιοχών με ξηρό έδαφος. Σε κάποιες περιπτώσεις η αποθήκευση νερού στο έδαφος που ακολουθεί την εποχή ανάπτυξης είναι μηδενική, ανεξαρτήτως του τύπου της φυτοκάλυψης, γεγονός που καταδεικνύει ότι μεγάλες ποσότητες κατακρήμνισης χάνονται στη διαδικασία της εξατμοδιαπνοής.

Η Επίδραση της πυρκαγιάς

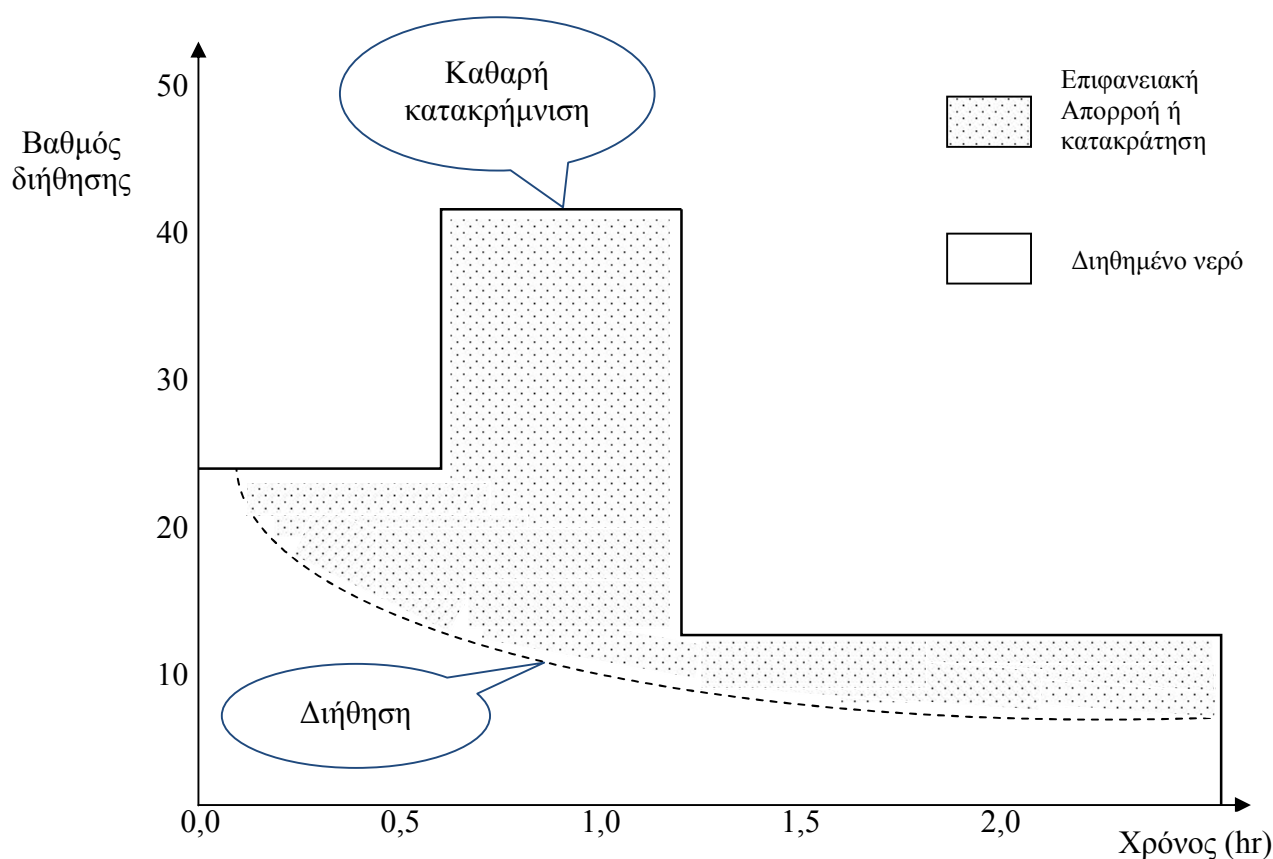
Μελέτες διαχείρισης λεκανών απορροής ανά τον κόσμο έχουν δείξει ότι η συνιστώσα απορροής του υδρολογικού κύκλου, μπορεί να αυξηθεί μετά από αλλαγή στη βλάστηση που επιφέρει μείωση απωλειών λόγω εξατμοδιαπνοής (Bosch and Hewlett, 1982), (Whitehead and Robinson, 1993 from DeBano et al, 1998). Αλλαγές στη βλάστηση, έχουν ως αποτέλεσμα να μετατρέπεται σε ατμό μέσω της εξατμοδιαπνοής μικρότερο ποσοστό της κατακρήμνισης, με συνέπεια περισσότερο νερό να είναι διαθέσιμο για απορροή. Οποιαδήποτε αλλαγή στη σύνθεση και δομή της βλάστησης θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εξατμοδιαπνοής και την αύξηση της απορροής (Γκόφας, 2001). Έτσι μια μικρή αλλαγή στις απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής μετά από επεισόδιο πυρκαγιάς, μπορεί να επιφέρει σημαντική αύξηση της απορροής .

Παράδειγμα 1. (Ffolliott and Brooks, 1996).

Υποθετικό αλλά ρεαλιστικό σενάριο στη Νοτιοδυτική ΗΠΑ, που σκιαγραφεί την παραπάνω περίπτωση. Πριν την αλλαγή στη βλάστηση, που μπορεί να προκληθεί από πυρκαγιά, η ετήσια κατακρήμνιση και εξατμοδιαπνοή είχαν τιμές 635 και 550 mm αντίστοιχα, με την απορροή στα 85 mm. Μετά τη φωτιά, η ετήσια απορροή, αυξήθηκε κατά 25 mm, λόγω μείωσης της εξατμοδιαπνοής κατά 25 mm, που αποδίδεται στην επίδραση της φωτιάς στη βλάστηση. Έχει υποθεθεί ότι η κατακρήμνιση δεν έχει επηρεαστεί από τη φωτιά. Η απορροή δηλαδή αυξήθηκε κατά 30%, ενώ η εξατμοδιαπνοή μειώθηκε μόλις κατά 5%. Το ποσοστό μείωσης της εξατμοδιαπνοής γενικά αναμένεται να είναι μικρό, όποια και αν είναι η αλλαγή στη βλάστηση της λεκάνης απορροής.

ΔΙΗΘΗΣΗ

Διήθηση (infiltration) είναι η διαδικασία με την οποία το νερό εισχωρεί από την επιφάνεια του εδάφους μέσα σε αυτό. Η διήθηση διαφέρει από τη διείσδυση (penetration), που αναφέρεται στην κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος. Συχνά με τη διήθηση περιγράφουμε και τα δύο φαινόμενα λόγω άμεσης συσχέτισης τους (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2003).



Σχήμα 4.2. Σχέση μεταξύ βροχόπτωσης και διήθησης με αποτέλεσμα τη δημιουργία νερόλακκων στη επιφάνεια του εδάφους ή τη ροή του νερού πάνω σε αυτή (Brooks et al, 1997).

Η κατακρήμνιση που φτάνει στο έδαφος, η οποία ονομάζεται συνολική διαπερώσα ή καθαρή κατακρήμνιση, εισάγεται και κινείται μέσα στο έδαφος, δημιουργεί νερόλακκους στην επιφάνεια ή ρέει επιφανειακά. Η διαδικασία της εισαγωγής του νερού στο έδαφος είναι η διήθηση. Ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο μπορεί το νερό να εισχωρεί στο έδαφος καλείται ικανότητα διήθησης. Το νερό που διηθείται στο έδαφος, κινείται είτε προς τα κάτω και πλευρικά σχηματίζοντας ένα κανάλι, είτε προς τα κάτω στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Όταν ξεπερασθεί η διηθητική ικανότητα του εδάφους, τότε η επιπλέον κατακρήμνιση λέγεται ενεργός (αφαιρώντας το ποσό που συνεχίζει να κατακρατείται) και το επιπλέον νερό ρέει στην επιφάνεια και στα υδατορεύματα (άμεση απορροή). Ο ρυθμός διήθησης εξαρτάται τόσο από τη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος, όσο και από τις ιδιότητες του εδάφους. Ποσοτικά, ο ρυθμός διήθησης είναι προφανώς μεταβλητός τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια των βροχοπτώσεων, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, την παρουσία ή όχι χλωρίδας, την περιεκτικότητα σε υγρασία κ.α. Ο παραπάνω μηχανισμός της διήθησης και η μείωση της ικανότητας διήθησης σε σχέση με τον χρόνο, φαίνεται αναλυτικά στο σχήμα 4.2. Η κίνηση που

συνοδεύει τη διήθηση πραγματοποιείται κάτω από την επίδραση δυνάμεων, όπως είναι η βαρύτητα. Δεν είναι όμως η μοναδική, ούτε η κυρίαρχη όταν οι εδαφικοί πόροι είναι μερικώς κορεσμένοι από νερό. Σε αυτή την περίπτωση, της ακόρεστης ροής, αναπτύσσονται οι λεγόμενες δυνάμεις μύζησης (tension, suction) στο εδαφικό νερό, που οφείλονται στα τριχοειδή φαινόμενα και ισοδυναμούν με αρνητική πίεση σε σχέση με την ατμοσφαιρική. Αν δεν υπήρχαν, τα εδάφη πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα θα στραγγίζονταν, κάτι που θα ήταν καταστροφικό για την βλάστηση (Κουτσογιάννης, 1999).

Υδρολογική Σημασία

Η σχετική αναλογία της καθαρής κατακρήμνισης, που διηθείται στο έδαφος και καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, προς εκείνης που απορρέει στα υδατορεύματα, τελικά καθορίζει την ποσότητα και τη χρονική διάρκεια που θα έχουμε την επιφανειακή απορροή (Ffolliott and Brooks, 1996).

Μετρήσεις με διηθητόμετρα δείχνουν ότι τα αδιατάρακτα δασικά εδάφη, έχουν μεγάλη διηθητική ικανότητα σε σχέση με άλλους τύπος εδαφών. Αυτός ο μεγάλος ρυθμός διήθησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στη διαδεδομένη και επικρατούσα άποψη ότι τα δάση περιορίζουν την επιφανειακή απορροή. Εξ αιτίας των οργανικών συσσωματωμάτων στο έδαφος και την υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά των δασικών εδαφών, καθώς και το μεγάλο πορώδες που συνήθως οφείλεται σε δραστηριότητες των ζώων που σκάβουν για φωλιές, τα δασικά εδάφη είναι γενικά “ανοικτά” στην επιφάνεια. Η διήθηση είναι μεγαλύτερη στα υγρά, μεσοτροπικά εδάφη απ’ ότι στις εύκρατες περιοχές. Αντίθετα στις ξηρές περιοχές, μπορεί να έχουμε κατά τόπους αυξημένη διηθητική ικανότητα, εκεί που κυριαρχούν οι θάμνοι και μειωμένη εκεί όπου κυριαρχεί το χορτάρι τα βραχώδη εδάφη (DeBano et al, 1998).

Ανεξαρτήτως της περιοχής ή της κατάστασης της λεκάνης απορροής, οι μεταβλητές που επηρεάζουν συνήθως τη διήθηση είναι:

- Η σύσταση και το πορώδες του εδάφους.
- Η ύπαρξη συσσωματωμάτων οργανικών υλικών στην επιφάνεια του εδάφους.
- Η φυτοκάλυψη
- Η χρήση της γης και οι αλλαγές στη βλάστηση που επηρεάζουν τη διήθηση πρωτίστως διαφοροποιώντας την ποσότητα νερού που αποθηκεύεται (DeBano et al 1998).

Επίδραση της Πυρκαγιάς

Όταν η πυρκαγιά καταστρέψει τη βλάστηση και τα στρώματα των εδαφικών οργανικών υπολειμμάτων σε μια λεκάνη απορροής, τότε αποκαλύπτεται το γυμνό έδαφος και η διήθηση είναι μειωμένη κυρίως λόγω:

- Της καταστροφής της δομής του εδάφους που ακολουθείται από αύξηση της πυκνότητας του καθώς χάνονται τα οργανικά τα οποία λειτουργούν ως συγκολλητικό υλικό.
- Της μείωσης του πορώδους ως συνέπεια του ανωτέρω.
- Της πρόσκρουσης των σταγόνων της βροχής στο έδαφος, που επιφέρει περαιτέρω συμπίκνωση και άρα μεγαλύτερη μείωση στο πορώδες.
- Λόγω της δημιουργίας ενός επιφανειακού στρώματος πόρων από τις κινητικές δυνάμεις των σταγόνων βροχής.
- Της στάχτης και του ξυλάνθρακα που απομένουν από τη φωτιά και φράσσουν τους πόρους (DeBano et al 1998).

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ικανότητα διήθησης, μπορεί να επηρεαστούν από τη φωτιά, συνήθως με αποτέλεσμα τη μείωση της διηθητικής ικανότητας και αύξηση της απορροής και σε ορισμένες λεκάνες απορροής και της παροχής. Οι μεταβλητές αυτές περιλαμβάνουν:

- Τον τύπο της φυτοκάλυψης
- Το ποσοστό του επιφανειακού εδάφους που καλύπτεται από τα φύλλα και αποσυντεθημένες οργανικές ύλες.
- Το βάθος που εκτείνονται τα συσσωματώματα οργανικής ύλης.
- Το πορώδες, η πυκνότητα του εδάφους κ.α.(Zwolinski, 1971, από DeBano et al, 1998).

Μια άλλη εδαφική ιδιότητα που μπορεί να επηρεάσει τη διήθηση, είναι η συμπεριφορά του εδάφους. Τα εδάφη με ορισμένους τύπους βλάστησης μπορεί να αναπτύξουν, μετά από επεισόδιο φωτιάς, το χαρακτηριστικό να απωθούν το νερό. Παρόλο που απαντώνται συχνά τέτοια εδάφη, τα αίτια της κατάστασης αυτής δεν είναι ακόμα πλήρως γνωστά. Τα περισσότερα υδροφοβικά εδάφη απωθούν το έδαφος ως αποτέλεσμα οργανικών υλικών που περιβάλλουν τους κόκκους του εδάφους.

Τα υδροφοβικά εδάφη είναι κοινά στις θαμνώδεις βελανιδιές που βρίσκονται στη Νότια Καλιφόρνια (ΗΠΑ) (DeBano et al 1998). Οι πυρκαγιές που εμφανίζονται συχνά σε αυτήν την περιοχή, εντείνουν την υδροφοβική κατάσταση και προφανώς, εξατμίζουν τις οργανικές ουσίες που συσσωρεύονται στο έδαφος μεταξύ των πυρκαγιών. Το υδατοαπωθητικό (υδροφοβικό) στρώμα που προκύπτει οδηγείται έπειτα βαθύτερα στο έδαφος. Αυτή η συγκεκριμένη διάταξη σε στρώματα επιτρέπει στις βροχοπτώσεις να διεισδύσουν μόνο σε ένα περιορισμένο βάθος μέχρι να φτάσουν στο υδατοαπωθητικό στρώμα, προκαλώντας συχνά αυξήσεις στην επίγεια ροή. Επιπλέον, το στρώμα εδάφους επάνω από αυτό το υδατοαπωθητικό στρώμα διαβρώνεται εύκολα με επιπτώσεις α) στην ιζηματογένεση και β) την ροή φερτών μετά από την πυρκαγιά.

Η πυρκαγιά μπορεί επίσης να επηρεάσει το μικροκλίμα μιας περιοχής με την πρόκληση των μεγαλύτερων άκρων θερμοκρασίας αέρα και χώματος (Fowler and Heley, 1978 from DeBano et al, 1998). Στις πιο δροσερές περιοχές, αυτές οι αλλαγές θερμοκρασίας μπορεί να αυξήσουν τις δυνατότητες για τη δημιουργία τέτοιων εδαφικών σχηματισμών και τελικά να προκληθεί μείωση της ικανότητας διήθησης που σχετίζεται εμμέσως με το κάψιμο (Bullard, 1954 from DeBano et al, 1998).

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Η μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένας εδαφικός μανδύας, ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας λέγεται εδαφική χωρητικότητα του εδάφους ή υδατοϊκανότητα (water retention capacity) (Παναγούλια και Δήμου, 2000). Όταν προστίθεται κι άλλο νερό σε έδαφος που είναι ήδη φορτισμένο μέχρι το σημείο της υδατοϊκανότητας, τότε αυτό που περισσεύει, είτε απορρέει διαμέσου του εδάφους, είτε στραγγίζεται. Η ικανότητα του εδάφους να αποθηκεύει νερό (soil water storage), εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το σημείο της υδατοϊκανότητας. Συνήθως το έδαφος είναι φορτισμένο έως ή κοντά στο ύψος της υδατοϊκανότητας, όταν είναι περίοδος μεγάλων κατακρημνίσεων και στην αρχή της περιόδου βλάστησης. (DeBano et al, 1998).

Υδρολογική Σημασία

Η ποσότητα του αποθηκευμένου νερού στο έδαφος που χάνεται στην εξατμοδιαπνοή, εξαρτάται σημαντικά από τον τύπο βλάστησης που βρίσκεται στον τόπο αυτό. Τα δέντρα και οι θάμνοι έχουν ρίζες, που μπορούν να διαπεράσουν βαθιά το χώμα με αποτέλεσμα να είναι σε θέση να εξάγουν νερό από ένα μεγάλο μέρος του

εδαφολογικού μανδύα. Από την άλλη, η γλόη έχει σχετικά ρηχές ρίζες, οπότε χρησιμοποιούν νερό από τα ανώτερα τμήματα.

Το νερό της επιφάνειας του εδάφους διηθείται μέσα στο έδαφος ή αποθηκεύεται σε αυτό. Η φυτική αλλαγή έχει γενικά μικρότερη επίδραση στις ιδιότητες του υπεδάφους που επηρεάζουν την αποθήκευση νερού, από αυτές που επηρεάζουν την διήθηση. Επομένως, η αλλαγή της φυτικής διάπλασης δεν είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο της λεκάνης απορροής, εκτός και αν μια φυτική αλλαγή επηρεάζει σημαντικά την εξατμοδιαπνοή (DeBano et al, 1998).

Συνέπειες της Πυρκαγιάς

Οι συνέπειες της πυρκαγιάς στην αποθήκευση νερού στο έδαφος έχουν να κάνουν με την απώλεια της φυτοκάλυψης από τη φωτιά, η οποία μειώνει τις απώλειες της εξατμοδιαπνοής. Αποτέλεσμα είναι να παραμένει περισσότερο νερό στο έδαφος, που σημαίνει μεγαλύτερη απορροή στις κατακρημνίσεις. Επιπλέον, η πυρκαγιά, με την κατανάλωση του εδαφικού οργανικού υλικού που προκαλεί, μεταβάλλει την εδαφική δομή, μειώνοντας παράλληλα το σημείο υδατοϊκανότητας του εδάφους (DeBano et al, 1998). Συνεπώς, το έλλειμμα του νερού στο έδαφος, μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και του ορίου υδατοϊκανότητας, είναι φανερά μικρότερο στα μεταπυρικά εδάφη. Αυτή η μείωση του ελλείμματος οδηγεί σε ταχύτερες, άμεσες απορροές. Το έλλειμμα νερού φαίνεται πως επιστρέφει στα παλιά επίπεδα, όταν η φυτοκάλυψη επανέλθει στα προπυρικά επίπεδα (Tiedmann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Αποτέλεσμα αυτής της αύξησης της αποθήκευσης νερού στο έδαφος είναι και η άμεση αντίδραση της απορροής και της παροχής στην συγκεκριμένη λεκάνη (βλ. παράδειγμα 3).

Παράδειγμα 3. Τάσεις του νερού του εδάφους μετά από μια πυρκαγιά (Klock and Helvey, 1976).

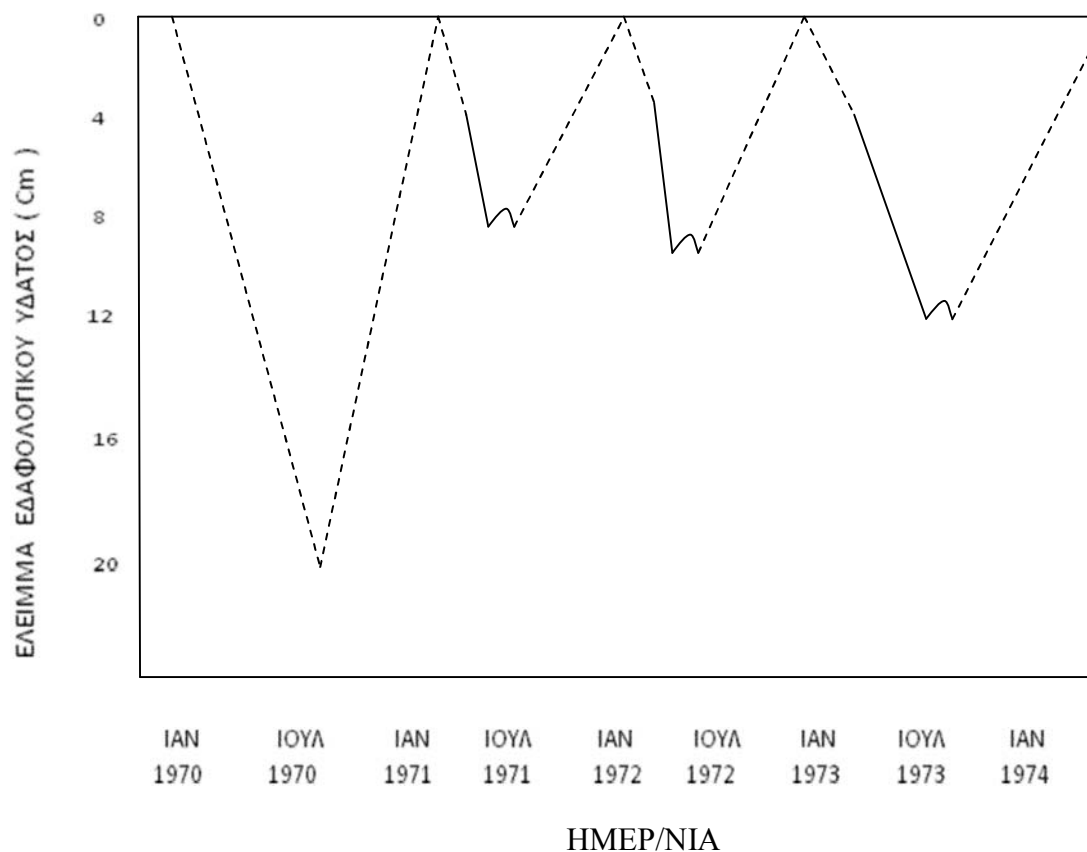
Μια πυρκαγιά που έκαψε μία λεκάνη απορροής 564 ha στην Ανατολική Ουάσιγκτον, άλλαξε σημαντικά το μέγεθος του φθινοπωρινού ελλείμματος εδαφικού νερού στη λεκάνη (Σχήμα 4.3). Η μικτή δασική βλάστηση κωνοφόρων μείωσε προφανώς όλο το διαθέσιμο εδαφικό νερό στα ανώτερα 120 cm. του εδάφους αμέσως πριν από την πυρκαγιά Αυγούστου 1970. Η διαφορά μεταξύ του ελλείμματος εδαφικού νερού από το 1970 ως το 1971 ήταν περίπου 11,6 cm., τα οποία συνέβαλαν κατά ένα σημαντικό μέρος στην αυξανόμενη παροχή που αναφέρθηκε από τους Klock και Helvey το 1976. Η διαπνοή των μεγάλων κωνοφόρων δέντρων, δεν υπήρχε το 1971, και το έλλειμμα εδαφολογικού ύδατος ήταν ένα προφανές αποτέλεσμα της επιφανειακής εξάτμισης και της διαπνοής από την πρόσφατα καθιερωμένη βλάστηση.

Το αυξανόμενο φθινοπωρινό έλλειμμα εδαφικού ύδατος το 1972 και το 1974 προκλήθηκε από τη μεγαλύτερη εξατμοδιαπνοή και την απαίτηση από την αυξανόμενη φυτική αναγέννηση (Klock and Helvey, 1976).

Οι τάσεις για τα έτη μετά από την πυρκαγιά 1971 ως το 1974, προτείνουν ότι το ελάχιστο εδαφολογικό περιεχόμενο θα φθάσει στα επίπεδα πριν πυρκαγιάς σε περίπου 5 έτη μετά από την πυρκαγιά.

Η κατάσταση που περιγράφεται ανωτέρω δεν ισχύει εντούτοις σε όλες τις περιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, μια μείωση της αποθήκευσης ύδατος παρατηρήθηκε στα ανώτερα 30 cm του χώματος σε μια λεκάνη στη Βόρεια Αριζόνα, όπου το δάσος πεύκων (*pinus ponderosa*) είχε καεί σοβαρά, σε σύγκριση με μια άκαυτη λεκάνη (Campbell et al, 1977). Η μεγαλύτερη απορροή από την καμένη λεκάνη, ήταν ο παράγοντας που κρύβεται κάτω από αυτήν την διαφορά. Η απωθητικότητα του νερού του εδάφους και η αυξανόμενη ξήρανση του εκτεθειμένου χώματος, συνετέλεσαν σε αυτήν την αυξημένη απορροή. Τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στην αποθήκευση ύδατος, στα rangeland εδάφη εντούτοις, είναι πιο μεταβλητά από εκείνα στα δασικά εδάφη. Μερικοί ερευνητές έχουν αναφέρει ότι η

αποθήκευση νερού στο έδαφος είναι υψηλότερη στις καμένες περιοχές, άλλοι έχουν βρει χαμηλότερη αποθήκευση εδαφικού νερού σε αυτές τις περιοχές, και άλλοι δεν παρατήρησαν αλλαγή (Wells et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Η ποικιλία στην σφοδρότητα της πυρκαγιάς αναφέρεται συχνά ως αιτία για τις διαφορές.



Σχήμα 4.3. Τάσεις στο φθινοπωρινό έλλειμμα εδαφικού ύδατος στα ανώτερα 120 cm του εδαφικού προφίλ (εδαφοτομή) για 3 έτη μετά από την πυρκαγιά Αυγούστου 1970 (Klock and Helvey, 1976).

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΧΙΟΝΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΞΗΣ

Το χιόνι, είναι επίσης σημαντικό είδος κατακρήμνισης σε πολλές περιοχές. Το λιώσιμο του χιονιού που συσσωρεύεται στα ψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα, είναι μια σημαντική πηγή νερού για τα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα. Επομένως, οι αλλαγές στη φυτοκάλυψη και τα προβλήματα σε σχέση με τη συσσώρευση και το λιώσιμο του χιονιού, είναι ένα ακόμη ζήτημα που απασχολεί τους υδρολόγους.

Υδρολογική Σημασία

Το σύνολο του χιονιού σε μια λεκάνη απορροής ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι συνάρτηση της συνολικής χιονόπτωσης. Μεγαλύτερη συσσώρευση χιονιού τείνει να εμφανίζεται σε μεγαλύτερα ύψη σε μια λεκάνη απορροής, εξ αιτίας της πιο έντονης χιονόπτωσης και των χαμηλότερων θερμοκρασιών που επικρατούν σε αυτά. Προφανώς συσσωρεύεται περισσότερο χιόνι σε ψυχρά μέρη από ότι σε θερμά, εξ αιτίας της χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Περισσότερο χιόνι συσσωρεύεται σε αραιότερα από ότι σε πιο πυκνά δάση. Επιπρόσθετα, η χιονόπτωση αποθηκεύεται σε μικρά ανοίγματα λόγω της μείωσης της ποσότητας του χιονιού που εμποδίζεται από τους θόλους (κόμη) που σχηματίζονται στα δάση (Brooks et al, 1997).

Όταν αρχίσει το λιώσιμο την άνοιξη, ο ρυθμός είναι ταχύτερος στα ανοίγματα από ό,τι κάτω από πυκνή βλάστηση εξ αιτίας των αυξημένων επιπέδων ακτινοβολίας που προσκρούουν στα πρώτα.

Συνέπειες της Πυρκαγιάς

Η πυρκαγιά μπορεί να επηρεάσει τη συσσώρευση χιονιού και τη διαδικασία λιώσιματος, όταν δημιουργηθούν ανοίγματα σε πυκνή βλάστηση. Όχι μόνο η παρεμπόδιση της χιονόπτωσης μειώνεται μετά την καταστροφή των θόλων, αλλά συχνά η επιπρόσθετη χιονόπτωση αποθηκεύεται στα ανοίγματα εξ αιτίας των στροβίλων των ανέμων πάνω από τους θόλους βλάστησης. Τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων που δημιουργούνται εξαρτώνται από τη δριμύτητα της φωτιάς. Σε χαμηλής έντασης φωτιά, εξαιτίας της επιφανειακής καύσης της βλάστησης, δημιουργούνται λίγα μόνο και μικρά ανοίγματα.

Τα απανθρακωμένα δένδρα και η καμένη ύλη μπορούν να αλλάξουν τις ιδιότητες του εδάφους και τις συνθήκες φωτισμού, με αποτέλεσμα να προκληθεί πιο γρήγορα λιώσιμο του χιονιού. Το πρόωρο λιώσιμο την άνοιξη μπορεί να προκαλέσει μείωση του ελλείμματος νερού στο έδαφος, με αποτέλεσμα η χερσαία ροή που προκαλείται από το λιώσιμο, να ξεκινάει νωρίς σε σχέση με την εποχή, κάτι που επηρεάζει την χρονική περίοδο και την ποιότητα της απορροής σε μια λεκάνη απορροής (DeBano et al 1998).

ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΙΣ

Οι κατακρημνίσεις περιλαμβάνουν κάθε μορφή υγρασίας που φτάνει στη γη από την ατμόσφαιρα (Μιμίκου, 1994). Ο όρος κατακρημνίσματα (precipitation) χρησιμοποιείται για να περιγράψει μαζικά όλες τις μετρήσιμες ποσότητες υγρασίας που φτάνουν στην επιφάνεια της γης ως συνέπεια της υγροποίησης ατμοσφαιρικών υδρατμών. Το φαινόμενο που έχει ως αποτέλεσμα τα κατακρημνίσματα λέγεται κατακρήμνιση (υετός) (Κουτσογιάννης, 1999). Υπάρχουν πολλά είδη κατακρημνισμάτων, με κυριότερα από αυτά στα εύκρατα κλίματα, να είναι οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις. Ακολουθούν οι χαλαζοπτώσεις και οι συνδυασμοί των παραπάνω, όπως το χιονόβροχο. Επίσης, όχι τόσο συνήθη αλλά σημαντικά είναι τα κατακρημνίσματα αποθέσεων, όπως η δρόσος, η πάχνη και η ομιχλοβροχή. Η ομιχλοβροχή έχει ιδιαίτερη σημασία στα ορεινά κλίματα και αποτελεί σημαντικό ποσοστό της ετήσιας κατακρήμνισης (30% για την περιοχή της Πάρνηθας, Μπαλούτσος κ.α., 2007(b), 22,3% για την περιοχή της ΒΑ Όσσας, Μπαλούτσος κ.α., 2004).

Η ομιχλοβροχή ή βρέχουσα ομίχλη ή βροχομίχλη παρουσιάζεται σε μεγάλα υψόμετρα (ειδικά σε περιοχές με κλίση, Ντάφης, 1986) και σε δασωμένες περιοχές (ιδιαίτερα σε αυτές όπου επικρατούν τα κωνοφόρα). Εμφανίζεται όταν η υγρασία του αέρα είναι πολύ μεγάλη ή έχει σχηματιστεί ομίχλη, λόγω της ορογραφικής ανύψωσης των υδρατμών και επειδή η θερμοκρασία των βελόνων και των φύλλων είναι συνήθως μικρότερη από εκείνη της ατμόσφαιρας, οι υδρατμοί που έρχονται σε επαφή μαζί τους, υγροποιούνται, συσσωματώνονται και επικάθονται πάνω τους. Όταν κορεστεί η ικανότητα συγκράτησής τους, αρχίζει η απόσπαση σταγόνων από αυτά και ηπτώση τους στο έδαφος σαν βροχή (διάπτωση).

Υδρολογική σημασία

Το φαινόμενο αυτό, προφανώς εμφανίζεται στο ενδοσυσταδικό περιβάλλον και είναι πολύ σημαντικό, καθώς αναπληρώνει εν μέρει τις απώλειες υδατοσυγκράτησης και εξατμοδιαπνοής στο οικοσύστημα, ειδικά για το Μεσογειακό κλίμα με τις μεγάλες περιόδους ανομβρίας. Βλέπουμε συνεπώς την σπουδαιότητα της βλάστησης ως ρυθμιστή των κατακρημνίσεων, που είναι οι εισροές στον υδρολογικό

κύκλο και όλου του υδρολογικού κύκλου γενικότερα. Οι ενδοδασικές συνθήκες παρουσία ομιχλοβροχής, αποτελούν το ιδανικό περιβάλλον για πολλά φυτικά είδη και ιδιαίτερα της ελάτης (Μπαλούτσος κ.α., 2007(b)).

Αποτελέσματα πυρκαγιάς

Για πολλούς υδρολόγους, οι πυρκαγιές δεν επηρεάζουν το καθεστώς των βροχών μιας περιοχής. Ωστόσο, οι πυρκαγιές των ορεινών δασών ασκούν σημαντική στις συνολικές κατακρημνίσεις, διακόπτοντας ουσιαστικά, με την καταστροφή της βλάστησης, το φαινόμενο της ομιχλοβροχής. Η απώλεια του φαινομένου έχει σημαντικές επιπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής.

Το φαινόμενο μπορεί να εμφανιστεί, με πολύ μικρότερη ένταση βέβαια, στα κλαδιά των καμένων ιστάμενων δένδρων και αυτός είναι ένας λόγος που πολλοί ερευνητές είναι αντίθετοι με την απομάκρυνσή τους.

ΑΠΟΡΡΟΗ

Με τον όρο επιφανειακή απορροή εννοούμε τη ροή του νερού, υπό την επίδραση της βαρύτητας κατά μήκος των φυσικών υδατορεμάτων (Κουτσογιάννης, 1999). Πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο όρος επίγεια ροή που αναφέρεται συχνά έχει να κάνει με την δισδιάστατη ροή που πραγματοποιείται στην επιφάνεια του εδάφους. Ο μηχανισμός που προκαλεί την επίγεια ροή είναι προφανής στην περίπτωση που η επιφάνεια είναι τελείως αδιαπέρατη (π.χ. οδοστρώματα), όχι όμως και στην περίπτωση διαπερατού εδάφους. Σχετικά, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις επίγειας ροής που προκαλούνται από διαφορετικούς μηχανισμούς, την επίγεια ροή Horton και την επίγεια ροή λόγω κορεσμού (Κουτσογιάννης, 1999). Η ροή Horton ή και ροή λόγω κορεσμού από πάνω, ξεκινά μετά από κορεσμό το επιφανειακού εδάφους και ενώ τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους παραμένουν ακόρεστα. Άρα, η ένταση της βροχόπτωσης είναι μεγαλύτερη από τον ρυθμό διήθησης. Στην περίπτωση ροής λόγω κορεσμού, η βροχόπτωση στο αρχικό στάδιο της διηθείται στο σύνολό της και στη συνέχεια η πλευρική ροή, στην κορεσμένη όσο και στην ακόρεστη περιοχή του εδάφους, ανυψώνουν τον υδροφόρο ορίζοντα στα κατάντη έως ότου φτάσει την επιφάνεια του εδάφους και ξεκινήσει η ροή (Κουτσογιάννης 1999). Η περίσσεια νερού αποτελεί μέρος της συνολικής κατακρήμνισης, που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους μαζί με αυτή που στραγγίζεται στο έδαφος και δεν καταναλώνεται από την εξατμοδιαπνοή, ούτε διαφεύγει σε βαθείς υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (καθεισδυση).

Οι παράγοντες που καθορίζουν τον τρόπο και τις διεργασίες κίνησης του απορρέοντος νερού, σε μια λεκάνη απορροής είναι (Στεφανίδης, 1991):

- Το κλίμα
- Η τοπογραφική διαμόρφωση (ανάγλυφο)
- Η φυτοκάλυψη
- Το γεωλογικό υπόβαθρο (περατοί ή αδιαπέρατοι σχηματισμοί)

Ένα υδατόρεμα περιλαμβάνει τα ακόλουθα: *κατακράτηση κατακρήμνισης*, που πέφτει απευθείας σε ένα κανάλι ροής, που λέγεται κατακράτηση καναλιού (interception channel), *χερσαία ή επιφανειακή (επίγεια) ροή*, που είναι η ροή που δεν διεισδύει στο υπέδαφος και η *υπόγεια ροή* που διεισδύει στο έδαφος και μετά ρέει σε ένα κανάλι σε χρόνο, τέτοιο ώστε, να είναι μέρος της ροής λόγω κατακρήμνισης. Η μη μόνιμη (χειμαρρική) ροή, είναι το άθροισμα της κατακράτησης καναλιών, της επιφανειακής και της υπόγειας ροής. Η μόνιμη ροή τροφοδοτείται από τη βασική απορροή και διατηρεί τη ροή του ρεύματος ανάμεσα από κατακρημνίσεις ή το λιώσιμο του χιονιού (DeBano et al, 1998).

Υδρολογική Σημασία

Η επιφανειακή (επίγεια) ροή εμφανίζεται σε περιοχές που είναι αδιαπέρατες ή που η ικανότητα διήθησης έχει ξεπερασθεί. Οι επιρροές που ασκούν η βλάστηση και τα εδαφικά οργανικά υλικά στη συγκράτηση, εξατμοδιαπνοή, διήθηση και στην υγρασία του εδάφους, που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι ανάλογες με την επιφανειακή ροή, με συνέπεια την σημαντική μείωσή της και ομοιομορφοποίησή της στο χρόνο, κατά την διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής.

Αποτελέσματα Πυρκαγιάς

Η πυρκαγιά μειώνει τη διήθηση κι αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής (επίγειας) ροής. Οι μεγάλες πυρκαγιές καταναλώνουν όλη ή σχεδόν όλη την προστατευτική βλάστηση μιας λεκάνης απορροής, το οποίο και επιδρά σημαντικά στην επιφανειακή ροή. Οι διαδεδομένοι σχηματισμοί υδροφοβικού εδάφους που ακολουθούν την πυρκαγιά μειώνουν τη διήθηση, αυξάνουν την επιφανειακή ροή και επιταχύνουν τη μεταφορά της επιφανειακής ροής στα κανάλια ροής (υδατορέματα) (Tiedemann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Η αύξηση της επιφανειακής ροής επιμένει στο βαθμό που καθυστερεί, για διαφόρους λόγους, η φυσική αναγέννηση της βλάστησης. Το ελεγχόμενο κάψιμο, έχει συχνά τη μεγαλύτερη υδρολογική επιρροή στη διαδικασία διήθησης και κατά συνέπεια στη δυνατότητα αύξησης της επιφανειακής ροής (DeBano et al, 1998).

Η επίδραση της πυρκαγιάς στην απορροή, εκτιμάται διαχωρίζοντας την άμεση από τη βασική απορροή, καθώς σχετίζεται με αλλαγές στην παροχή, στην αιχμή και στην χρονική στιγμή εμφάνισης της αιχμής του υδρογραφήματος (γραφική απεικόνιση παροχής-χρόνου, Μιμίκου, 1994) (DeBano et al 1998).

Τα υδρογραφήματα σε συνδυασμό με τα υετογραφήματα των βροχοπτώσεων παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σε σχέση με τον τρόπο που εξελίσσεται μια πλημμύρα στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής. Από ένα υδρογράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά των συνιστωσών του όπως την παροχή, την άμεση ή ταχεία ή πλημμυρική απορροή, η οποία είναι αποτέλεσμα ενός επεισοδίου βροχόπτωσης, την βασική απορροή, η οποία δεν σχετίζεται έντονα με τον ρυθμό των κατακρημνισμάτων αλλά σχετίζεται άμεσα με την υπόγεια διαδρομή του νερού, καθώς και την αιχμή της ροής. Στο σχήμα 4.4 (Α) και (Β), φαίνεται η αλλαγή των χαρακτηριστικών ενός υδρογραφήματος μιας λεκάνης απορροής μετά από πυρκαγιά.

ΠΑΡΟΧΗ

Όπως αναφέραμε, όταν η βλάστηση, η συσσώρευση υπολειμμάτων και άλλων αποσυντετημένων οργανικών υλικών στο έδαφος (litter), καταστρέφονται από τη φωτιά, αυτό έχει ως αποτέλεσμα μειώσεις στην εξατμοδιαπνοή, μειώσεις στη διήθηση και αυξήσεις στην επιφανειακή και την υπόγεια απορροή. Οι αυξήσεις στην απορροή, οδηγούν συνήθως και σε αυξήσεις στην παροχή (DeBano et al, 1998).

Για να καθοριστούν οι μεταβολές της παροχής και γενικότερα της διεργασίας απορροής μετά την πυρκαγιά, αυτό πρέπει να καθοριστούν αρχικά τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς σε μια περιοχή και μετά αυτά θα εκτιμηθούν στο πλαίσιο όλης της λεκάνης απορροής.

Το να καθοριστούν τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς σε μια λεκάνη απορροής, είναι δύσκολο, γιατί πρέπει να εξεταστούν και να συνδυαστούν όλα τα “μονοπάτια” της ροής προς την έξοδο της λεκάνης απορροής. Οι συνέπειες της φωτιάς στο μέγεθος και στο χρόνο της παροχής, μπορούν να περιοριστούν όσο η απορροή κινείται προς τα κατάντη (Brooks et al, 1997).

Συνέπειες της Πυρκαγιάς

Αίτια της αύξησης της παροχής μετά από την πυρκαγιά είναι η απουσία φυτοκάλυψης, η μείωση στη συσσώρευση φύλλων και άλλων οργανικών υλικών στο έδαφος, καθώς και η συχνή διάταξη υδρόφοβων εδαφών. Οι αυξήσεις στην παροχή, έχουν υψηλή μεταβλητότητα αν και εμφανίζονται μεγαλύτερες, κυρίως σε περιοχές με μεγάλες απώλειες στην εξατμοδιαπνοή, όπως παρουσιάζεται στις ακόλουθες μελέτες (Campbell et al, 1977):

Η ετήσια παροχή από μια έκταση 5640 ha στην Ανατολική Ουάσιγκτον (ΗΠΑ) στην οποία η φωτιά έκαψε το 100% της βλάστησης κωνοφόρου δάσους, αυξήθηκε δραματικά σε σχέση με την παροχή πριν τη φωτιά. Οι διαφορές στην παροχή κυμαίνονταν από 107 mm, σε μια ξηρή χρονιά, μέχρι 477 mm, σε μια χρονιά με πολλές βροχές (μιλάμε με μονάδες όγκου, αφού η χρονική διάρκεια των παροχών είναι ίδια).

Μετά από μεγάλη πυρκαγιά, σε πευκόφυτο δάσος στην Αριζόνα (ΗΠΑ), παρατηρήθηκε μέση ετήσια παροχή, 3,5 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με μια μικρή, τελείως καμένη λεκάνη απορροής (DeBano et al, 1998).

Σε μια μικρότερη, μερικώς καμένη λεκάνη απορροής, παρατηρήθηκε αντίστοιχη αύξηση 2,3 φορές σε σχέση με μια μη καμένη λεκάνη. Ο συντελεστής απορροής, το ποσοστό δηλ. της βροχόπτωσης που ρέει σε επεισόδιο κατακρήμνισης, αυξήθηκε από 0,8% σε μια μη καμένη λεκάνη, σε 3,6% και 2,8% σε μια εντελώς και μια μερικώς καμένη λεκάνη αντίστοιχα. Σε σχέση με την μερικώς καμένη, ο συντελεστής απορροής στην καμένη ήταν 357% μεγαλύτερος σε επεισόδιο βροχής ενώ σε περίοδο λιωσίματος χιονιού ήταν 51% λιγότερο (DeBano et al, 1998).

Εκτιμήθηκε ότι οι διαφορές κατά τη διάρκεια των κατακρημνίσεων, οφείλονταν στην μικρότερη πυκνότητα δένδρων και τη μειωμένη κάλυψη του εδάφους, καθώς και στα τα υδρόφοβα εδάφη, με αποτέλεσμα λιγότερες απώλειες στην εξατμοδιαπνοή και μεγαλύτερη απορροή στην καμένη λεκάνη απορροής. Η μείωση της διαφοράς στο χιόνι, οφείλεται στο γεγονός πως η μικρή πυκνότητα βλάστησης στην τελείως καμένη λεκάνη απορροής, επέτρεψε μεγαλύτερες απώλειες στην εξατμοδιαπνοή.

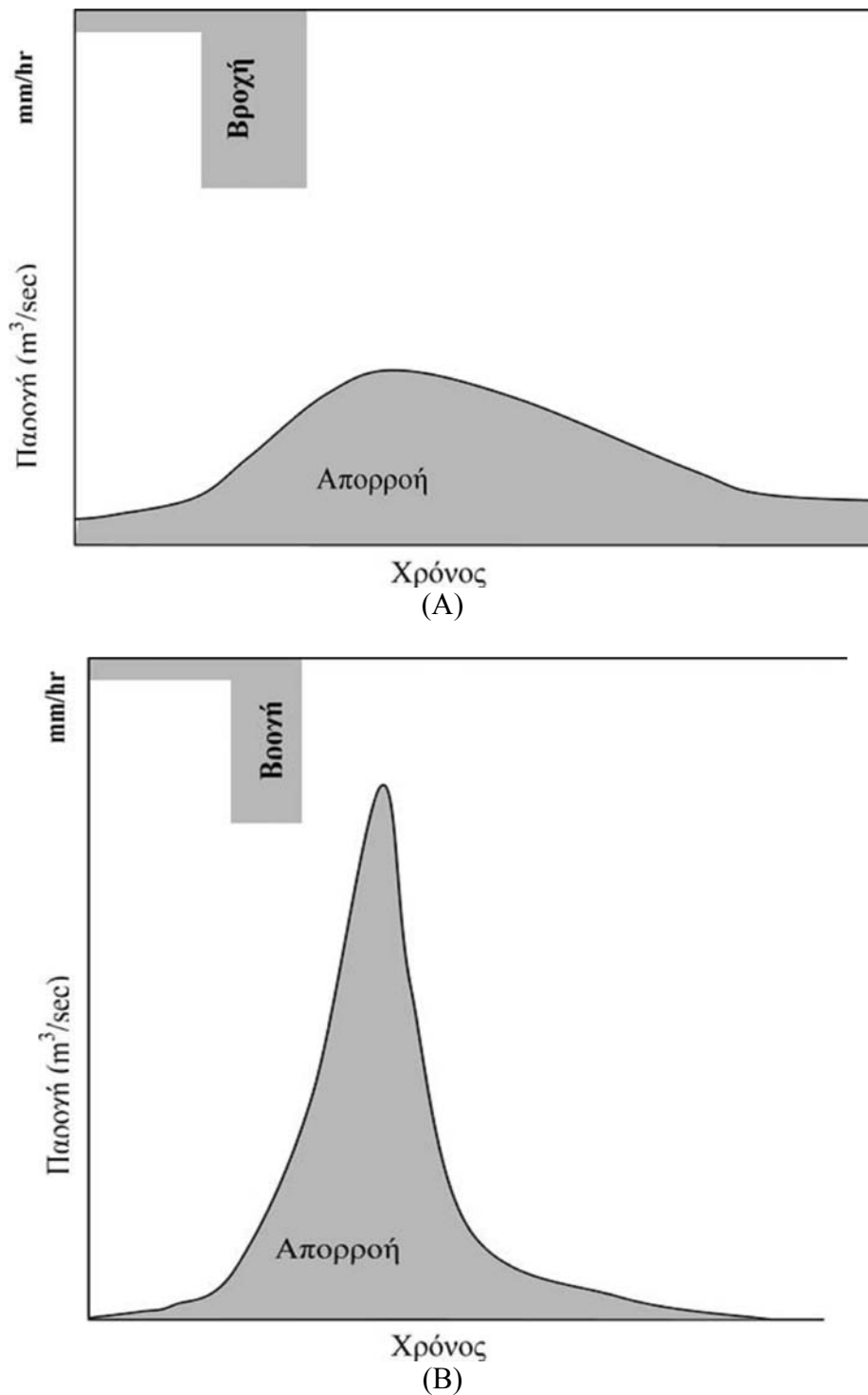
Στην Ελλάδα, στο όρος Όσσα, σε περιοχή με αείφυλλα-πλατύφυλλα, με εντάσεις θερινών βροχών 60 mm/hr, δεν είχαμε επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα την ελάχιστη έως μηδενική αύξηση της παροχής των υδατορεμάτων. Όμως, μετά από πυρκαγιά μέτριας έντασης, στην ίδια περιοχή, με ένταση βροχής 20 mm/hr, παρατηρήθηκαν παροχές έως και 100 φορές μεγαλύτερες, με πολλαπλάσια φερτά υλικά. (Βουζαράς και Καραμήτρος, 1981 από Καϊλίδης, 1993).

Η αιχμή της παροχής

Η καταστροφή της βλάστησης και η μείωση στα συσσωρευμένα φύλλα και άλλα αποσυντεθημένα οργανικά υλικά, μπορεί να επηρεάσει την αιχμή της παροχής, όσον αφορά το μέγεθός της και τη χρονική στιγμή εμφάνισής της. Ωστόσο, το μέγεθος της αύξησης διαφέρει κατά περίπτωση. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την μεταβολή της αιχμής της παροχής, μετά από πυρκαγιά, είναι το μέγεθος και η ένταση της φωτιάς και τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (watershed characteristics, Neary et al, 2004) (βλ. σχήμα 4.4).

Η αύξηση στην αιχμή ως αποτέλεσμα της πυρκαγιάς, σχετίζεται με την ένταση της φωτιάς, τη διάρκεια των κατακρημνίσεων, τις κλίσεις στη λεκάνη και την διάταξη των υδρόφοβων εδαφών. Η απορροή μετά από πυρκαγιά με εξαιρετικά υψηλή αιχμή είναι σύνηθες φαινόμενο και αποτελεί χαρακτηριστικό πλημμυρών σε πρόσφατα καμένες περιοχές ή κατάντη αυτών (DeBano et al, 1998, Johnson and Miyanishi, 2001, Μπαλούτσος κ.α., 2001, Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001, Κωνσταντινίδης, 2003). Είναι σύνηθες, η αιχμή να είναι 10 ή 100 φορές μεγαλύτερη, σε σχέση με τα προπυρικά επίπεδα, αλλά μερικές φορές μπορεί να φτάσει και τις 2500 ή τις 45000 φορές (Neary

et al, 2004, DeBano et al, 1998). Στον πίνακα 4.1, αναφέρονται μερικά παραδείγματα αύξησης (πολύ μεγάλης σε κάποιες περιπτώσεις) της αιχμής, μετά από πυρκαγιά.



Σχήμα 4.4. Υδρολογική συμπεριφορά λεκάνης απορροής, (A) πριν από φωτιά και (B) μετά τη φωτιά (προσαρμοσμένο από Μπαλούτσος κ.α., 2001).

Πίνακας 4.1. Παραδείγματα επίδρασης πυρκαγιών στην αύξηση (%) των αιχμών των υδρογραφημάτων, ανάλογα τον τύπο βλάστησης της περιοχής (from DeBano et al, 1998)

Τοποθεσία	Τύπος βλάστησης	Αύξηση (%)	Αναφορές
Ανατολικό Oregon	<i>Pinus ponderosa</i>	45	Anderson et al, 1976
Κεντρική Αριζόνα	<i>Pinus ponderosa</i>	500-1500	Rich, 1962
Περιοχή ακρωτηρίου νοτίου Αφρικής	<i>Monterey pines</i>	290	Scott, 1993
Νοτιοδυτικές ΗΠΑ	<i>Θαμνώδης</i>	200-45000	Sinclair and Hamilton, 1955, Glendening et al, 1961

Μεταβολές της Ροής κατά τη Διάρκεια του Χρόνου

Μια ακόμη ανησυχία των υδρολόγων σε σχέση με τις επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη διαδικασία της ροής, είναι η πιθανότητα αλλαγών στη ροή στη διάρκεια του χρόνου. Η γνώση πάνω στο θέμα είναι ακόμα περιορισμένη, έχει παρατηρηθεί όμως ότι η διαδικασία της ροής κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής σε μια καμένη κοιλάδα, είναι ταχύτερη σε σχέση με κοιλάδες που έχουν προστατευτική φυτοκάλυψη, δημιουργώντας έτσι πλημμυρικά επεισόδια στα οποία η χρονική στιγμή της αιχμής είναι πολύ νωρίτερα. Ο μικρός χρόνος εμφάνισης της αιχμής, σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές που παίρνει η αιχμή, μπορεί να αυξήσει τη συχνότητα των πλημμυρών (Brooks et al, 1997, Μπαλούτσος κ.α., 2001).

ΒΑΣΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Έχει παρατηρηθεί ότι η φωτιά, σε συνδυασμό με άλλες εργασίες, μπορεί να αυξήσουν τη βασική απορροή. Για παράδειγμα, ενώ οι υδρολογικοί μηχανισμοί που εμπλέκονται είναι αδιευκρίνιστοι, ο Berndt (1971 from DeBano et al, 1998) παρατήρησε άμεση αύξηση της βασικής απορροής μετά από πυρκαγιά σε μια λεκάνη 564 ha στην Ανατολική Ουάσιγκτον (ΗΠΑ). Επιπρόσθετα η αφαίρεση της παρόχθιας βλάστησης από την πυρκαγιά, σταμάτησε τις ημερήσιες διακυμάνσεις της ροής. Η αυξημένη βασική απορροή συνεχίστηκε πάνω από τα επίπεδα προ της πυρκαγιάς για 3 χρόνια.

Ο Crouse (1961 from DeBano et al, 1998) αναφέρει αυξημένη ροή ξηρής περιόδου, δηλαδή βασική απορροή σε δάσος της Νότιας Καλιφόρνιας (ΗΠΑ). Ενώ αυτές οι λεκάνες είχαν καθαριστεί από θαμνώδη βλάστηση με ελεγχόμενη πυρκαγιά και σπάρθηκαν με γρασίδι, για να προκαλέσουν μεγαλύτερες παροχές, διαπιστώθηκε πως η φωτιά είχε αξιοσημείωτη συμμετοχή στην αύξηση της βασικής απορροής.

Μετά από μεγάλη πυρκαγιά στην Κεντρική Αριζόνα (ΗΠΑ), έγινε ειδική χημική επεξεργασία των θάμνων για να κατασταλεί η αναγέννησή τους. Εντούτοις, η ροή από τις λεκάνες έγινε μόνιμη στις εξόδους των λεκανών, παρόλο που τα κανάλια ανάντη ήταν συχνά στεγνά. Η ροή ήταν σχεδόν ανύπαρκτη πριν την πυρκαγιά, έγινε διαλείπουσα μετά απ' αυτήν και μόνιμη μετά την χημική επεξεργασία των θάμνων (Hibbert et al, 1982 from DeBano et al, 1998).

Η αύξηση στη βασική απορροή, πιθανώς να οφείλεται στην απώλεια της βλάστησης, που καταναλώνει μεγάλες ποσότητες εδαφικού νερού, μέσω της εξατμοδιαπνοής, με αποτέλεσμα την ταπείνωση του υπόγειου (φρεατίου) υδροφόρου

ορίζοντα. Αυτό όμως συμβαίνει σε βαθιά εδάφη, με μικρές κλίσεις, όπου ο ρυθμός διήθησης είναι μεγάλος, ακόμα και μετά από πυρκαγιά. Σε εδάφη όμως με μεγάλη κλίση, όπως στον Ελλαδικό χώρο, η πυρκαγιά επιφέρει σημαντική μείωση στην στάθμη του υπόγειου (φρεατίου) υδροφόρου ορίζοντα, με παράλληλη μείωση στη βασική απορροή (Ντάφης, 1986) (βλ. σχήμα 4.4).

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα του νερού αναφέρεται στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά ξεχωριστά για κάθε χρήση (DeBano et al, 1998). Ανάμεσα στα φυσικά χαρακτηριστικά, αυτά που ενδιαφέρουν τους υδρολόγους, είναι η συγκέντρωση ιζήματος (φερτών), η θολερότητα και η θερμοκρασία του νερού. Σημαντική είναι η περιεκτικότητα σε διαλυμένα χημικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των N, P, Ca, Mg, και K. Μερικές από αυτές τις θρεπτικές ουσίες είναι προσροφημένες σε οργανικά και ανόργανα εδαφικά υλικά-φερτά. Τέλος, η ποιότητα από την άποψη της περιεκτικότητας σε βακτήρια, πρέπει να ελέγχεται εφόσον το νερό είναι για ανθρώπινη κατανάλωση ή αναψυχή.

Γενικά, η επίδραση των πυρκαγιών στις υδρολογικές συνθήκες ενός καμένου δάσους, επιφέρει τελικά, πέρα από την αύξηση των απορροών και σημαντική υποβάθμιση της ποιότητάς τους (DeBano et al, 1998, Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993). Το μέγεθος της επίδρασης αυτής και η διάρκειά της, εξαρτάται από την ένταση και το μέγεθος της πυρκαγιάς, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εδάφους, την τοπογραφική διαμόρφωση της λεκάνης, καθώς και την προπυρική κατάστασή της (Γκόφας, 2001).

Φυσικά Χαρακτηριστικά

Τα φερτά και η θολερότητα (ή θολότητα), αναφέρονται στην οπτική ποιότητα νερού και είναι συχνά οι πιο σημαντικές επιπτώσεις της φωτιάς στην ποιότητα του νερού (Tiedmann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Η θολερότητα του νερού, μειώνει το βάθος στο οποίο μπορεί να διεισδύσει το φως του ήλιου και συνεπώς επηρεάζει το βαθμό της φωτοσύνθεσης. Τα φερτά, οι αποθέσεις και η θολερότητα είναι αποτελέσματα της επιφανειακής διάβρωσης και της επίγειας ροής, της διάβρωσης της κοίτης των υδατορευμάτων, εξαιτίας της αυξημένης παροχής, της συσσώρευσης φερτών ή συνδυασμός αυτών. Η θολερότητα αυτή εξαρτάται από την σφοδρότητα της πυρκαγιάς και από την ένταση των πρώτων βροχών, μετά την πυρκαγιά. Για παράδειγμα, στον ποταμό Nattai της Αυστραλίας, μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2001, ακολούθησαν εντονότερες βροχές, με αποτέλεσμα τα φερτά που κατέβαζε ο ποταμός, ανηγμένα στη λεκάνη απορροής του, να φτάνουν τους 40 t/ha/day, τη στιγμή που προπυρικά το ποσό αυτό ήταν περίπου 8 t/ha/day (Wallbrick et al, 2004). Παρόλα αυτά, σοβαρή μείωση στην θολερότητα και συνεπώς και στους ρυθμούς διάβρωσης, παρατηρήθηκε 6-12 μήνες μετά, επισημαίνοντας την κρισιμότητα του πρώτου έτους μετά την πυρκαγιά (Wallbrick et al, 2004).

Υπάρχουν λίγες πληροφορίες για τη θολερότητα σε σχέση με την ιζηματογένεση κι αυτό γιατί η πρώτη είναι δύσκολο να μετρηθεί, εξαιτίας κυρίως του ότι είναι ιδιαίτερα παροδική και κυμαινόμενη παράμετρος. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι η θολερότητα μετά την πυρκαγιά μπορεί να επηρεαστεί από τις κλίσεις της καμένης λεκάνης απορροής (Wallbrick et al, 2004). Για παράδειγμα, η θολερότητα της επίγειας ροής σε καμένη περιοχή με απότομες κλίσεις μετά από πυρκαγιά στο Τέξας (ΗΠΑ), που μετέτρεψε μια δασώδη περιοχή σε ποώδη, ήταν υψηλότερη από αυτή της επίγειας ροής σε μια λιγότερο απότομη περιοχή (Wright, 1976 from DeBano et al, 1998). Η αύξηση της θολερότητας μετά από πυρκαγιά, είναι γενικά αποτέλεσμα της συμπαράσυρσης της στάχτης και αργιλικών κυρίως εδαφοϋλικών, από το νερό.

Η θερμοκρασία του νερού, ένα κρίσιμο ποιοτικό χαρακτηριστικό του, ελέγχει την επιβίωση της χλωρίδας και της πανίδας. Η απομάκρυνση της παρόχθιας βλάστησης λόγω πυρκαγιάς μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (θερμική μόλυνση), η οποία με τη σειρά της μπορεί να προκαλέσει αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας (Brooks et al, 1997). Η αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας, αυξάνει τις απαιτήσεις σε O_2 , ένα από τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, από βιολογικής άποψης, το οποίο όμως μειώνεται, καθώς με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται και η ικανότητα διάλυσής του στο νερό.

Διαλυμένα Χημικά Συστατικά

Σημαντικές πηγές διαλυμένων χημικών συστατικών (θρεπτικές ουσίες) στη ροή από τις ανάντη λεκάνες, είναι η γεωλογική διάβρωση, η αποσύνθεση των οργανικών υλών σε ανόργανες ουσίες και τα επεισόδια βροχής. Οι φυτικές κοινότητες συγκεντρώνουν και ανακυκλώνουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών συνδέοντας το χόμα, το νερό και την ατμόσφαιρα, σε μια βιολογική συνέχεια (Tiedemann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Τα θρεπτικά συστατικά ανακυκλώνονται με έναν τακτικό και προβλέψιμο τρόπο, μέχρι μια διαταραχή όπως είναι η φωτιά, να αλλάξει τον τρόπο διανομής τους.

Οι επιπτώσεις της φωτιάς στα θρεπτικά συστατικά των φυτικών κοινοτήτων μιας λεκάνης, φανερώνεται από μια γρήγορη ορυκτοποίηση και διασπορά των θρεπτικών συστατικών των φυτών, μετατρέποντας την κατάσταση τους από ενδοβιοτική σε εξωβιοτική (Grier, 1975, Tiedemann et al, 1979 από DeBano et al, 1998). Τα N, P, K, Ca, Fe, Mn, Zn έχοντας ενσωματωθεί σε μέρος της βλάστησης, εξατμίζονται και κατά συνέπεια, εγκαταλείπουν το σύστημα, ενώ μεταλλικά στοιχεία όπως Ca, Mg, K μετατρέπονται σε οξείδια και αποθηκεύονται στην στάχτη στην επιφάνεια του εδάφους. Τα οξείδια έχουν μικρή διαλυτότητα μέχρι να αντιδράσουν με το CO_2 και το νερό με αποτέλεσμα την μετατροπή τους σε ανθρακικά άλατα. Σε αυτή τη μορφή, είναι πιο διαλυτά και τρωτά στην απώλεια μέσω διήθησης ή επίγειας ροής απ' ό,τι τα οξείδια.

Η κατάσταση μετά την πυρκαγιά, η μειωμένη φυτική κάλυψη δηλαδή, αυξάνει την πιθανότητα απώλειας θρεπτικών συστατικών μέσω διάβρωσης. Οι μηχανισμοί ανακύκλωσης των φυτών και του εδάφους μειώνουν τη δυνατότητα λήψης θρεπτικών συστατικών λόγω μείωσης της φυτικής κάλυψης, ενώ αυξάνεται η δυνατότητα διήθησής τους. Πιο συγκεκριμένα:

Ανθρακικά Άλατα. Τα διτανθρακικά ιόντα στο έδαφος και στη ροή, είναι συχνά αυξημένα μετά από πυρκαγιά (Γκόφας, 2001). Τα διτανθρακικά άλατα αποτελούν τα κύρια ανιόντα στην εδαφολογική σύσταση και είναι το τελευταίο προϊόν της μετατροπής των οξειδίων μετά την πυρκαγιά (McCull and Cole, 1968, Tiedemann, 1972 from DeBano et al, 1998). Οι συνεχείς διακυμάνσεις των ανθρακικών αλάτων και η συγκέντρωση κατιόντων, δείχνουν πως αποτελούν τον κύριο μεταφορέα κατιόντων στο έδαφος (Davis, 1987 from DeBano et al, 1998).

Άζωτο. Τα NO_3-N , NH_4-N και το οργανικό N, είναι οι κύριες μορφές N που μελετούνται σαν φορείς διαταραχής. Η περισσότερη προσοχή από τους υδρολόγους, σε σχέση με την ποιότητα του νερού μετά από πυρκαγιές, δίνεται στο NO_3 , αφού είναι ιδιαίτερα κινητικό. Η αντίδρασή του στην πυρκαγιά βέβαια κυμαίνεται. Μερικοί ερευνητές δεν παρατήρησαν κάποια αύξηση στις ποσότητες NO_3-N , ενώ άλλοι ανέφεραν αύξηση του NO_3 , είτε σε εδαφικό διάλυμα, είτε στη ροή (Hibbert et al, 1974, Tiedemann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Η αύξηση NO_3 στις ροές, είναι αποτέλεσμα της επιταχυνόμενης νιτροποίησης στο έδαφος (σε μια προσπάθειά του να επαναφέρει σε φυσιολογική κατάσταση το pH) και της αύξησης των ηλεκτρολυτών.

Αυτή η αύξηση μπορεί να παραμένει τουλάχιστον για 2 έτη μετά την πυρκαγιά (Γκόφας, 2001).

Η αύξηση της ροής του νερού και των συγκεντρώσεων του N στις ροές σε καμένες περιοχές, έχουν ως αποτέλεσμα την δραστική μείωση του N στην περιοχή της λεκάνης (Brown et al, 1973 from DeBano et al, 1998). Παρόλο που αυτές οι απώλειες δεν αναφέρονται στο συνολικό απόθεμα αζώτου στις περιοχές μιας λεκάνης, γίνεται η υπόθεση ότι δημιουργούν μικρό κίνδυνο στην συνεχή παραγωγή της περιοχής.

Φωσφόρος. Ο φωσφόρος απαντάται σε δύο μορφές στα εδαφικά διαλύματα και στη ροή, ως ορθοφωσφορικό άλας (ανόργανο) και ως φωσφορικό άλας (οργανικό). Το φωσφορικό άλας αναφέρεται ως η κύρια μορφή φωσφόρου μετά την πυρκαγιά. Παρόλο που το φωσφορικό άλας είναι ανιόν, δεν διηθείται τόσο εύκολα όσο το NO₃, διότι αντιδρά με οργανικές ενώσεις στο έδαφος (Blakk, 1968). Εδαφικές μελέτες στο εργαστήριο, έδειξαν αυξημένα επίπεδα του συνολικού φωσφόρου μετά την πυρκαγιά, επισημαίνοντας αυξημένη κινητικότητα φωσφόρου (McCull and Grigal, 1975, Knighton, 1977 from DeBano et al, 1998). Η συγκέντρωση φωσφόρου στην επίγεια ροή μπορεί ν' αυξηθεί (2 ή 3 φορές) ως αποτέλεσμα της πυρκαγιάς και της παράσυρσης της στάχτης (Γκόφας, 2001), ωστόσο αυτή η αύξηση δεν είναι πάντα επαρκής ώστε να αλλάξει η ποιότητα του νερού (Gifford et al, 1976, Longstreth and Patten, 1975 from DeBano et al, 1998).

Κατιόντα. Η πυρκαγιά μπορεί ν' αλλάξει τη μορφή και τη διάταξη των κατιόντων, τοποθετώντας τα σε δυσμενή θέση ώστε να μεταφερθούν από την επιδάφια ροή. Οι αντιδράσεις των κατιόντων στη φωτιά είναι δύσκολο να ερμηνευθούν, εξαιτίας διαφορετικών ποσοτήτων φυτικής βιομάζας, διαφορετικής έντασης πυρκαγιάς, διαφορετικής υγρασίας κ.α. (Tiedemann et al, 1979, Baker, 1990 from DeBano et al, 1998). Μελέτες εδαφικών διαλυμάτων και της επιδάφιας ροής που ακολούθησαν πυρκαγιές, αναφέρουν αύξηση στα επίπεδα κατιόντων όπως Ca, Mg, K, Na, Mn (Lewis, 1974, Gifford et al, 1976, Knighton, 1977, Sims et al, 1981, from DeBano et al, 1998). Ωστόσο, αυτή η αύξηση στη συγκέντρωση των κατιόντων, δεν κάνει το νερό τοξικό και δεν επιδρά δυσμενώς στην υγεία μας (Γκόφας, 2001).

Οι μελέτες λεκανών απορροής φέρνουν μια συνολική εικόνα στις επιπτώσεις της πυρκαγιάς, στις συγκεντρώσεις των κατιόντων και στις απώλειες. Μια σειρά από έρευνες, αναφέρουν μικρή επίδραση στις συγκεντρώσεις ιόντων μετά από πυρκαγιά, συμπεριλαμβάνοντας ότι η συνήθης αύξηση της ροής που παράγεται από τη μείωση στη διαπνοή, πιθανόν να καλύπτει τις επιπτώσεις στις συγκεντρώσεις (Helvey et al, 1976, Tiedemann et al, 1978, Gottfried and DeBano, 1990 from DeBano et al, 1998).

Άλλοι ερευνητές, παρατήρησαν υψηλές συγκεντρώσεις κάποιων κατιόντων στη ροή ρευμάτων από καμένες λεκάνες. Αυτές οι αυξημένες συγκεντρώσεις, συχνά επιστρέφουν στα κανονικά επίπεδα μετά την πρώτη εκροή (Synder et al, 1975 from DeBano et al, 1998, Campbell et al, 1977). Άλλοι πάλι, υποστηρίζουν πως η αύξηση των συγκεντρώσεων των κατιόντων, διαρκεί τουλάχιστον για 2 έτη, μετά την πυρκαγιά, με διαρκή μείωση φυσικά (Γκόφας, 2001). Η διακύμανση στις συγκεντρώσεις δείχνει ότι δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες, ώστε να προβλεφθούν αποτελεσματικά οι συγκεντρώσεις κατιόντων στη ροή μετά από πυρκαγιά.

Παράδειγμα 1-Ουάσιγκτον: Οι μέγιστες συγκεντρώσεις NO₃ αυξήθηκαν από 0,016 σε 0,56 mg/L μέσα σε 3 χρόνια αφού μια πυρκαγιά κατέστρεψε κωνοφόρο δάσος σε μια λεκάνη 564 ha στην Ανατολική Ουάσιγκτον (ΗΠΑ) (Tiedemann et al, 1978, from DeBano et al, 1998). Αυτή η αύξηση φαίνεται να ήταν αποτέλεσμα εκτεταμένης νιτροποίησης. Η συγκέντρωση του P στη ροή της καμένης λεκάνης ήταν 1,5 με 3 φορές μεγαλύτερη από αυτή μιας φυσιολογικής λεκάνης. Παρόλη την έλλειψη πληροφοριών πριν την πυρκαγιά η αυξημένη συγκέντρωση δηλώνει ότι η πυρκαγιά επηρέασε

σημαντικά τα επίπεδα φωσφόρου στη ροή, τουλάχιστον για ένα μικρό διάστημα. Οι συνδυασμένες συγκεντρώσεις Ca, Mg, K, Na στη ροή πριν την πυρκαγιά μετρήθηκαν ανάμεσα στα 12 και 14,9 Mg/L. Οι συγκεντρώσεις αυτές μειώθηκαν στα 7,4-10,5 στο δεύτερο χρόνο μετά την πυρκαγιά, εξαιτίας της διάλυσης που έφερε η αυξημένη ροή. Συγκριτικά με τη συνολική ποσότητα των συστατικών αυτών όμως, οι απώλειες θεωρήθηκαν ασήμαντες.

Παράδειγμα 2-Αριζόνα: Η χημική ποιότητα της ροής στις λεκάνες οι οποίες αποτελούνταν από πευκόφυτα δάση στη Βόρεια Αριζόνα (ΗΠΑ), δεν επηρεάστηκε σημαντικά (Campbell et al, 1977). Οι συγκεντρώσεις των Ca, Mg, και K αυξήθηκαν στις πρώτες κατακρημνίσεις μετά την πυρκαγιά, ωστόσο στη συνέχεια μειώθηκαν δραματικά εξαιτίας των επόμενων ροών που ακολούθησαν. Η συγκέντρωση Na δεν επηρεάστηκε σχεδόν καθόλου από την πυρκαγιά ή από την αύξηση της παροχής. Ο συνδυασμός του οργανικού και του ανόργανου N επίσης αυξήθηκε στα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά, αλλά γρήγορα μειώθηκε στα προ πυρκαγιάς επίπεδα.

Παράδειγμα 3-Ισπανία: Υγή Οικοσυστήματα στη Βόρεια Ισπανία καίγονται περιοδικά από βοσκούς, ώστε να βελτιωθεί το λιβάδι. Οι Belilas και Roda (1993 από DeBano et al, 1998) μελέτησαν τις επιδράσεις αυτών των πυρκαγιών στην περιεκτικότητα της παροχής σε διαλυμένα θρεπτικά συστατικά. Ενώ η πυρκαγιά αύξησε την παροχή, παρατηρήθηκε ότι είχε μικρή επιρροή στη χημεία της ροής. Ωστόσο, οι απώλειες στα θρεπτικά συστατικά στη ροή αυξήθηκαν περίπου 35% στα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά. Διαπιστώθηκε πως αυτές οι απώλειες υποχωρούσαν, όταν η ροή επανέρχονταν στα προπυρικά επίπεδα.

Απώλειες Ιζημάτων Θρεπτικής Αξίας. Η απώλεια θρεπτικών συστατικών σε καμένες λεκάνες, οφείλεται κυρίως στη διάβρωση και στη ροή των ρεμάτων, καθώς τα προϊόντα της διάβρωσης (φερτά) καταλήγουν στα υδατορέματα. Οι απώλειες αυτές μπορεί να είναι σημαντικές, κυρίως το πρώτο 6-12μηνο μετά την πυρκαγιά, ειδικά αν οι βροχές που “διαδέχονται” είναι μεγάλης έντασης (ραγδαιότητας) (Wallbrick et al, 2004). Συνήθως μετριούνται οι διαλυμένες χημικές ουσίες για να καθοριστούν οι απώλειες των θρεπτικών συστατικών. Παρόλα αυτά, μια σημαντική πηγή από θρεπτικά συστατικά και βαρέα μέταλλα που χάνονται συχνά αγνοείται και είναι αυτή της μεταφοράς φερτών υλών (Gifford and Busby, 1973, Fisher and Minckley, 1978, Gosz et al, 1980 from DeBano et al, 1998). Το ίζημα αναφέρεται ότι μεταφέρει υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών και βαρέων μετάλλων. Έχει αναφερθεί σε μια μελέτη ότι οι απώλειες εδαφικών υλικών, που περιέχουν N, P, και κατιόντα, στη ροή από καμένες λεκάνες με θαμνώδη βλάστηση στη Νότια Καλιφόρνια, μπορούν να εξαλειφθούν στο διάλυμα (DeBano and Conrad, 1978 from DeBano et al, 1998). Απώλειες N και P κατά 15,1 και 3,4 Kg/ha, αντίστοιχα βρέθηκαν σε ιζήματα. Επίσης, απώλειες του Ca, Mg, Na και K στο διάλυμα ήταν μόλις το ένα τέταρτο από τις απώλειες στο έδαφος. Οι απώλειες ιζημάτων σε N, P, K, Mg, Ca και Na ήταν μόνο ένα μικρό μέρος από το σύνολο των θρεπτικών συστατικών που αποθηκεύτηκαν στα φυτά και στις συσσωρεύσεις οργανικού υλικού στο έδαφος.

Βιολογική Ποιότητα

Η συσσωρευση φύλλων στο έδαφος και άλλων αποσυντεθημένων οργανικών υλικών, συχνά λειτουργούν σαν φίλτρο που μετακινεί βακτήρια και άλλους βιολογικούς οργανισμούς από την υποδερμική ροή. Έχει παρατηρηθεί ότι η άμεση απορροή και το λιώσιμο του χιονιού που διηθείται σε στρώμα αποσυντεθειμένων οργανικών υλικών περιέχουν λιγότερα βακτήρια απ ό,τι νερό που δεν έχει περάσει από εμπόδια (Brooks et al, 1997, Ντάφης, 1986). Προφανώς λοιπόν, η καταστροφή του προστατευτικού αυτού φίλτρου από πυρκαγιά, μπορεί να συντελέσει σε αύξηση των

συγκεντρώσεων βακτηρίων, κολοβακτηριδίων και άλλων βιολογικών οργανισμών που ρέουν προς κάποιο αποδέκτη.

4.3 ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΟ

Οι διάφορες δραστηριότητες χρήσης γης, η πυρκαγιά και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες διαταράσσουν την ισορροπία μιας λεκάνης, αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά της βλάστησης και του εδάφους, (εισάγουν και εξάγουν χλωρίδα, νερό και χημικά συστατικά, διαφοροποιούν τα επίπεδα θερμότητας κ.α.). Καθώς αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αλλάζουν, η υδρολογική διαδικασία που συνδέεται με τη μεταφορά νερού μέσω της λεκάνης αλλάζει, διαφοροποιώντας την παραγωγή και τη μεταφορά νερού, ιζήματος, χημικών συστατικών και θερμότητας (Reid, 1993). Οι αθροιστικές επιπτώσεις της πυρκαγιάς στους πόρους νερού, είναι ορατές στο μέρος της διαταραχής ή στα κατάντη της λεκάνης. Οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στην περιοχή περιλαμβάνουν επιδράσεις στη βλάστηση, στο έδαφος και στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών. Οι αλλαγές που δημιουργούνται από αυτές τις αθροιστικές επιπτώσεις, επηρεάζουν την μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα της λεκάνης. Αυτές οι αλλαγές έχουν μεγάλη επιρροή στην παραγωγή νερού, ξύλου και βιομάζας γενικότερα, στην αγροτική χρήση της γης και στις δυνατότητες αναγέννησης. Οι επιπτώσεις στα κατάντη εμφανίζονται όταν η υδρολογική διεργασία αλλάζει για αρκετά μεγάλη περίοδο.

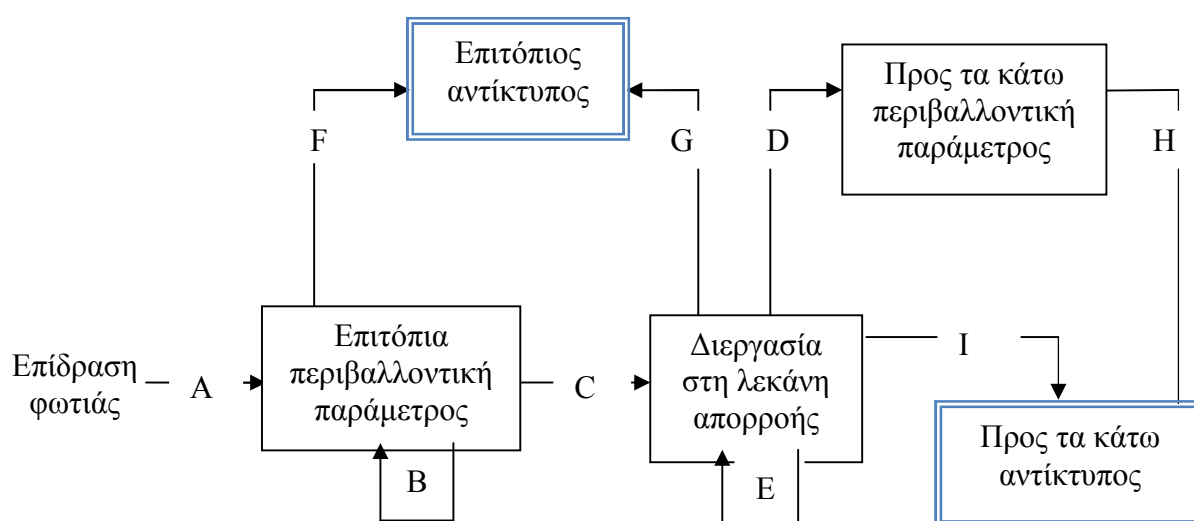
Οι υδρολογικές διεργασίες που μεταβάλλονται από την πυρκαγιά καθορίζουν το μέγεθος και τη διάρκεια της διαταραχής στην επιδάφια ροή και συνεπώς την αλλαγή στην παροχή, την αιχμή ροής και τη βασική απορροή. Αυτές οι αλλαγές επιδρούν στη συχνότητα των πλημμυρικών επεισοδίων, στην πλήρωση των ρευμάτων, στη χάραξη ή στην διαπλάτυνση και προφανώς επηρεάζουν τις διαταραχές στη ροή ιζημάτων. Οι αλλαγές στις πλημμυρικές ροές και στη μορφολογία των καναλιών επηρεάζουν την κατάντη χρήση των κοιτών των ρευμάτων, την αλιεία και τον αγροτικό σχεδιασμό. Οι αλλαγές στην ιζηματογένεση και τις αποθέσεις, μπορούν να προκαλέσουν άλλες, συχνά παρόμοιες αλλαγές μέσω διαφορετικών μηχανισμών. Οι αλλαγές στις εισροές και τη μεταφορά οργανικού υλικού μετά από πυρκαγιά είναι σημαντικές, γιατί οι συσσωρεύσεις οργανικού υλικού επηρεάζουν την μορφολογία του καναλιού. Τα οργανικά υλικά είναι επίσης πηγή τροφής για υδρόβια ζώα. Οι επιπτώσεις της αλλαγής της χημείας στη ροή, μπορεί να βρίσκονται και στην ποιότητα του νερού στα κατάντη, επηρεάζοντας τις προμήθειες νερού ή κατάντη υδροβιότοπους. Τέλος στον υδροβιότοπο μπορεί να έχει επιπτώσεις και η θερμοκρασιακή αλλαγή, λόγω μείωσης διαλυμένου οξυγόνου στα νερά, αφού με την αύξηση της θερμοκρασίας πυροδοτείται η αύξηση των αλγών, δηλαδή έχουμε μια μορφή ευτροφισμού και επιπροσθέτως μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου (Γκόφας, 2001, Brooks et al, 1997, DeBano et al, 1998).

4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια συνολική εκτίμηση των συσσωρευμένων επιπτώσεων της φωτιάς στους πόρους του νερού απαιτεί την κατανόηση των μηχανισμών που πυροδοτούν αυτές οι επιπτώσεις. Αρχικά λοιπόν, οι δραστηριότητες που σχετίζονται με την πυρκαγιά επηρεάζουν ένα μικρό αριθμό περιβαλλοντικών παραμέτρων, στις περισσότερες περιπτώσεις (κατ. Α, σχήμα 4.5).

Οι αλλαγές στην κατάσταση της βλάστησης, στα χαρακτηριστικά του εδάφους, στα χημικά χαρακτηριστικά και στα χαρακτηριστικά της ροής του νερού, μπορεί ν' αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους ακόμα και αντισταθμιστικά (κατ. Β, σχήμα 4.5), ή να επιδράσουν στην υδρολογική διεργασία προς την κατ. C (σχ. 4.5). Οι αλλαγές στις υδρολογικές διαδικασίες, προκύπτουν από το ρόλο της λεκάνης απορροής ως “συγκεντρωτή” του νερού και περιλαμβάνουν την παραγωγή και τη μεταφορά ιζήματος (φερτών), χημικών συστατικών, οργανικών υλικών και θερμότητας. Αυτές οι αλλαγές είναι και η αιτία του επηρεασμού περιβαλλοντικών παραγόντων έξω από την περιοχή που επηρεάζεται άμεσα (κατ. Ε, σχήμα 4.5).

Οι αλλαγές των περιβαλλοντικών παραγόντων ή της υδρολογικής διεργασίας, μέσα στην περιοχή, μπορούν να προκαλέσουν εντός της περιοχής συσσώρευσης φαινόμενα (κατ. F, κατ G, σχήμα 4.5), αλλά μόνο οι αλλαγές στην υδρολογική διαδικασία μπορούν να επιφέρουν αλλαγές στα κατάντη (κατ Η και Ι, σχήμα 4.5), αν και μπορούν να το κάνουν αλλάζοντας τους περιβαλλοντικούς παράγοντες.



Σχήμα 4.5. Επιρροές πυρκαγιάς, που σχετίζονται με δραστηριότητες σε περιοχή και τα προς τα κάτω αθροιστικά αποτελέσματα (προσαρμοσμένο από Reid, 1993).

Κάθε συσσωρευμένη επίδραση της φωτιάς στην υδρολογική διαδικασία, την κατάσταση της λεκάνης ή το υδάτινο οικοσύστημα, είναι αλλαγή που επηρεάζεται από πολλαπλές επαναλαμβανόμενες ή προοδευτικές υδρολογικές αλλαγές. Οι επιρροές αυτής της αλλαγής μπορούν να συσσωρευτούν στην διάρκεια του χρόνου ή να μεγαλώσουν με τη συμβολή πολλαπλών πηγών. Οι συσσωρεύσεις με την πάροδο του χρόνου προαπαιτούν την επιμονή των πυροδοτικών μηχανισμών (triggering mechanisms, DeBano et al, 1998) ή ότι η αποκατάσταση μετά την πυρκαγιά, θα χρειαστεί χρόνο μεγαλύτερο απ' ό τι η περίοδος ανάμεσα σε δύο πυρκαγιές. Τα τοπικά συσσωρευτικά φαινόμενα λόγω πυρκαγιάς, σε αντίθεση, πραγματοποιούνται μέσω άμεσων αλλαγών λόγω αυτής (DeBano et al, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

5.1 ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΦΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Η διαδικασία του υδρολογικού κύκλου, έμμεσα ή άμεσα επηρεάζει το βαθμό της διάβρωσης του εδάφους και συνεπώς την μεταφορά και εναπόθεση του διαβρωμένου εδάφους ως ίζημα (φερτό εδαφοϋλικό) στη ροή, καθώς και τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.

5.1.1 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Εδαφική διάβρωση και παράγοντες που την επηρεάζουν

Διάβρωση του εδάφους είναι η απόσπαση και μεταφορά κομματιών του εδάφους από τη δράση του νερού και του ανέμου (Μιμίκου, 1994). Ο βαθμός με τον οποίο η διάβρωση του εδάφους εμφανίζεται, σε μια πρόσφατα καμένη λεκάνη, γενικά επηρεάζεται από (Παπαμίχος, 1990):

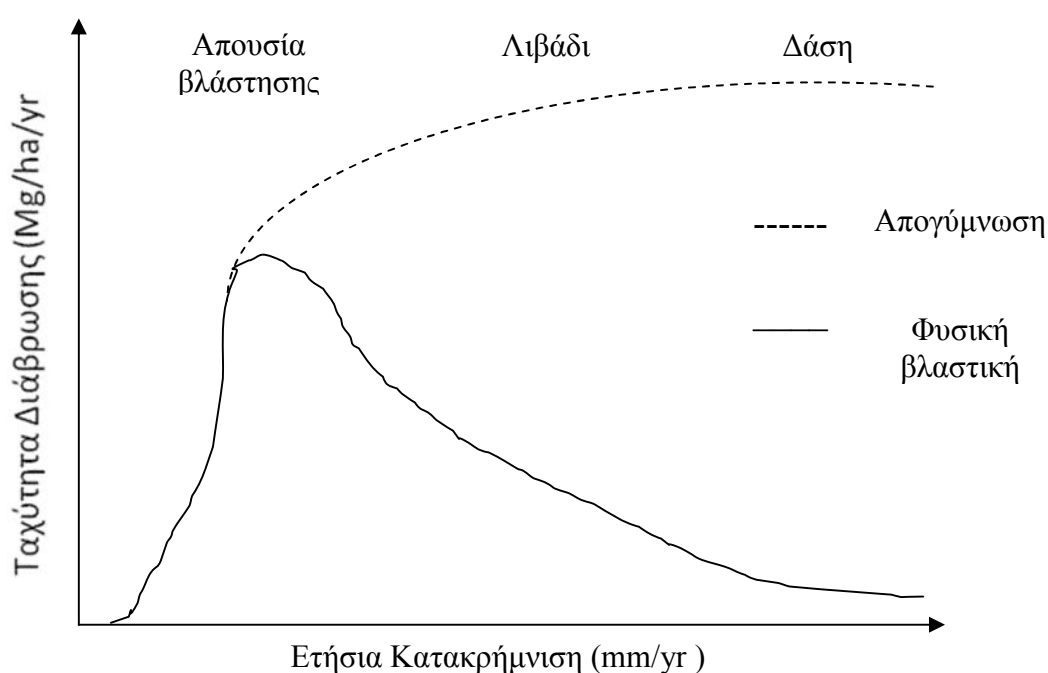
- Το είδος της πυρκαγιάς (ένταση, έκταση).
- Τη συχνότητα της πυρκαγιάς.
- Την τοπογραφική και γεωλογική διαμόρφωση της λεκάνης, καθώς και τα χαρακτηριστικά των εδαφών της.
- Την προπυρική κατάσταση της λεκάνης
- Τις καιρικές συνθήκες μετά την πυρκαγιά, ειδικά τον πρώτο χρόνο.
- Τις χρήσεις γης και γενικά τις μεταπυρικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η διαδικασία της επιφανειακής διάβρωσης προκαλείται από τη δράση των σταγόνων της βροχής, από λεπτές ταινίες νερού που ρέουν στην επιφάνεια του εδάφους, από τη συγκεντρωμένη επίγεια ροή ή από τη διαβρωτική δύναμη του ανέμου. Η επιφανειακή διάβρωση από τη δράση του νερού, επηρεάζεται δραστικά από τη βαρύτητα και συνεπώς από τις κλίσεις του εδάφους. Η κλίση του εδάφους είναι βασικός παράγοντας που επηρεάζει και την διάβρωση λόγω ανέμου, ειδικά όταν προκαλούνται στροβιλισμοί (Marshall et al, 1996).

Η διάβρωση είναι μια φυσική, συνεχής διαδικασία. Ωστόσο, οι διαβρωτικές δυνάμεις στην επιφάνεια του εδάφους εντείνονται όταν η φωτιά απογυμνώνει τη γη, καταναλώνοντας τις αποθέσεις φύλλων και άλλων αποσυντεθειμένων οργανικών υλικών, αφήνοντας εκτεθειμένο το ορυκτό χόμα (Σχήμα 5.1). Η διαβρωσιμότητα του εδάφους μπορεί επίσης να αυξηθεί εξαιτίας της εξαέρωσης του οργανικού εδαφικού υλικού (Tiedemann et al, 1979 from DeBano et al, 1998). Οι επιπτώσεις της φωτιάς επομένως έχουν να κάνουν και με την αύξηση της επιφανειακής διάβρωσης.

Τα ποσοστά της επιφανειακής διάβρωσης μετά τη φωτιά, είναι συχνά αυξημένα σε υδροφοβικά εδάφη. Η μειωμένη διήθηση στα εδάφη αυτά και συνεπώς η επιταχυνόμενη επίγεια ροή δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για την αποκόλληση και τη μεταφορά κομματιών εδάφους. Η απωθητικότητα του νερού που προκαλεί η πυρκαγιά είναι συνήθως περιορισμένη σε περιοχές με θόλους από φυτοκάλυψη. Συνεπώς τα συνεχή και διαδομένα στρώματα που απωθούν το νερό, βρίσκονται σε περιοχές με πυκνή φυτική κάλυψη, που κάηκε ολοσχερώς, ενώ ασυνεχή στρώματα θα βρούμε σε περιοχές αραιής βλάστησης η οποία κάηκε μερικώς.

Η ροή φερτών, που ακολούθησε την πυρκαγιά σε θάμνους στη Νότια Καλιφόρνια, αποδόθηκε στην αυξημένη επιφανειακή διάβρωση των υδρόφοβων εδαφών (DeBano et al, 1998). Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της αυξανόμενης επιφανειακής διάβρωσης μετά την πυρκαγιά σε αυτά τα οικοσυστήματα, είναι η γρήγορη ανάπτυξη δικτύου με ρεύματα νερού στα πρηνή των λόφων. Αυτά τα δίκτυα συνδέονται σε ένα στρώμα από υδρόφοβα εδάφη που διαμορφώνεται λίγα χιλιστά κάτω από την επιφάνεια του εδάφους κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς. Τα δίκτυα προκύπτουν από τις πολυάριθμες, μικρές ροές, που δημιουργούνται στις κλίσεις των λόφων κατά τη διάρκεια των πρώτων βροχών μετά τις πυρκαγιές. Τα δίκτυα ροής δημιουργούνται, γρήγορα, συχνά σε λίγα λεπτά και παρέχουν μέσο μεταφοράς από την επιφανειακή απορροή στα κανάλια ροής. Αυτό το φαινόμενο βοηθά στο να εξηγηθεί πως οι ροές λάσπης μετά τη φωτιά δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μικρών βροχών συχνά χωρίς μεγάλη διάρκεια.



Σχήμα 5.1: Σχέση μεταξύ των ποσοστών διάβρωσης και της ετήσιας κατακρήμισης για τους διαφορετικούς τύπους κάλυψης (προσαρμοσμένο από DeBano et al, 1998).

Οι πυρκαγιές μεγάλης έντασης τείνουν να επιταχύνουν την διάβρωση του εδάφους περισσότερο από την ελεγχόμενη (συνήθως έρπουσα, μικρής έντασης πυρκαγιά). Αυτές οι πυρκαγιές μπορούν να μετακινήσουν το εδαφικό στρώμα προστασίας, μερικώς ή ολοκληρωτικά, αφήνοντας την επιφάνεια του εδάφους εκτεθειμένη στη διαβρωτική δράση της πρόσκρουσης (μαστίγωμα, DeBano et al, 1998) των σταγόνων βροχής και της επίγειας ροής. Ο αντίκτυπος των σταγόνων βροχής στο ορυκτό χώμα, είναι η άμεση αποσύνδεση και μεταφορά του σε μικρές αποστάσεις (Baker, 1990). Εκτός από τη διασκόρπιση λεπτών μορίων εδάφους, ο παφλασμός των σταγόνων βροχής τείνει να σφραγίσει το έδαφος, μειώνοντας τη διήθηση και προωθώντας την επίγεια ροή, που είναι το αίτιο για τη μεταφορά του διαβρωμένου εδαφικού υλικού σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Η μικρή πληροφόρηση που είναι διαθέσιμη αναφέρει πως ένα επαρκές στρώμα αποσυντεθειμένων φύλλων και άλλων οργανικών υλικών, συνήθως διατηρείται μετά από ελεγχόμενο κάψιμο και προστατεύει το έδαφος από μια επιταχυνόμενη διάβρωση.

Το μωσαϊκό υπόδειγμα ενός ελεγχόμενου καψίματος που παράγεται με τον περιορισμό της χωρικής έκτασης και του βαθμού απωθητικότητας του νερού από το έδαφος, συχνά περιορίζει την ποσότητα μετακίνησης του εδάφους μέσα σε μια λεκάνη (Baker, 1990). Ακόμα και όταν υπάρχει μια αύξηση της έκθεσης του εδάφους και κατά συνέπεια επιφανειακή διάβρωση, το περισσότερο από το διαβρωμένο υλικό κινείται σε μια μικρή απόσταση προς τα κατάντη.

Μετακίνηση εδαφικής μάζας

Η μετακίνηση εδαφικής μάζας είναι η διαδικασία στην οποία συνεκτικές μάζες εδάφους, μετατοπίζονται σε μια κίνηση προς τα κατάντη, οδηγούμενες από τη δύναμη της βαρύτητας (DeBano et al, 1998).

Οι μάζες αυτές μπορεί να είναι μάζες εδάφους, βράχοι ή λασπώδεις μάζες και η κίνησή τους μπορεί να είναι γρήγορη (καθίζηση ή κατολίπηση) ή εξαιρετικά αργή (ερπυσμός). Σε κάθε περίπτωση οι αιτιολογικοί μηχανισμοί είναι πολύπλοκοι (Dunne and Leopold, 1978 from DeBano et al, 1998). Παρόλα αυτά, οι κύριοι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι γι' αυτή τη μορφή διάβρωσης είναι η απώλεια σταθερότητας, που προέρχεται από τις ρίζες της βλάστησης και την υψηλή πίεση νερού στους εδαφικούς πόρους, λόγω απουσίας διαπνοής.

Η μετακίνηση εδαφικής μάζας, αναπτύσσεται ή επιταχύνεται σε περιόδους ασυνήθιστων υψηλών βροχοπτώσεων και σχετίζεται άμεσα με την αιχμή της ροής που δημιουργείται από αυτές τις καταιγίδες (Marshall et al, 1996).

Ϊζηματογένεση

Το *Ϊζημα* ή *φερτό* ή *διαβρωμένο υλικό* είναι διαβρωμένο έδαφος το οποίο κινείται πάνω στην επιφάνεια της λεκάνης, σε κανάλια μέσω της επίγεια ροής και από εκεί στα ρεύματα (DeBano et al, 1998). Το *Ϊζημα* συνεπώς είναι το προϊόν της διάβρωσης. Ϊζηματογένεση είναι η διαδικασία της εναπόθεσης Ϊζήματος σε ρεύματα (DeBano et al, 1998). Η ποσότητα του Ϊζήματος που εκρέει σε ένα ρεύμα μιας λεκάνης, εξαρτάται από την παροχή μορίων εδάφους στο κανάλι, το μέγεθος της παροχής και τα φυσικά χαρακτηριστικά του Ϊζήματος. Η παροχή και η παροχή μορίων εδάφους, εξαρτώνται από το κλίμα, τη φυσιογραφία, τη βλάστηση και τη χρήση γης.

Τα ποσοστά της Ϊζηματογένεσης είναι γενικά μικρότερα σε περιοχές με πολλές βροχές από αυτά σε ξηρές περιοχές (Brooks et al, 1997). Η Ϊζηματογένεση σε ξηρό περιβάλλον, παρατηρείται συχνά σαν μια συνεχής διαδικασία, η οποία μεταφέρει Ϊζημα από την πηγή του, μέσω καναλιών χωρίς καθορισμένη περίοδο αποθήκευσης (Wolman, 1977, Baker, 1990). Αυτή η επεισοδιακή μεταφορά Ϊζήματος (διαβρωμένου υλικού) προκαλείται από την μεγαλύτερη διαβρωτικότητα των ξηρών περιβαλλόντων, δηλαδή από τις σπάνιες μεγάλες καταιγίδες, που είναι χαρακτηριστικές αυτών. Αυτές οι καταιγίδες μετακινούν εδαφικά υλικά από πλήθος πηγών, συμπεριλαμβανομένων και υλικών τα οποία είναι προσωρινά αποθηκευμένα σε κανάλια. Αυτή η δυσανάλογη ποσότητα Ϊζήματος που μεταφέρεται από αυτές τις μεγάλες καταιγίδες, καθιστά δύσκολο τον καθορισμό του μεγέθους της Ϊζηματογένεσης σε μια λεκάνη είτε είναι καμένη είτε όχι (DeBano, 1977).

Οι λεκάνες που απογυμνώνονται δραστικά από φωτιά, είναι συχνά επιρρεπείς σε επιταχυνόμενη διάβρωση εδάφους και συνεπώς μπορούν να παράγουν μεγάλη ποσότητα Ϊζήματος αλλά και με σοβαρή διακύμανση όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.1.

Παρόλο που τα μεγέθη του πίνακα 5.1, αναφέρονται σε διαφορετικές περιοχές, οι διαφορές στη μεταφορά Ϊζήματος απεικονίζουν και τις διαφορετικές αντιδράσεις που αναμένονται σε μια μεγάλη ή σε μια ελεγχόμενη πυρκαγιά.

Πίνακας 5.1. Επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη διάβρωση. Οι τιμές αναφέρονται σε kg/ha/yr (from DeBano et al, 1998).

Τοποθεσία	Βλάστηση	Είδος φωτιάς	Πριν τη φωτιά	Μετά τη φωτιά	Αναφορές
Eastern Washington	Ponderosa pine	Υψηλής έντασης	28	695	Helvey, 1980
Northern Arizona	Ponderosa pine	Υψηλής έντασης	0-3	1-1254	Campel et al, 1977
North Carolina	Southern woodlands	Ελεγχόμενη πυρκαγιά	0	11,200	Copley et al, 1944
Texas	Oak juniper	Ευρεία πυρκαγιά, μέτριας έντασης	0.02	28	Wright et al, 1976
Central Arizona	Chaparral	Υψηλής έντασης	175	204,00	Glendening et al, 1961
Southern California	Chaparral	Υψηλής έντασης	5530	55,300	Krammes, 1960

Οι πυρκαγιές μεγάλης έντασης αυξάνουν τη μεταφορά ιζήματος (ροή φερτών), τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό και παράγουν περισσότερα φερτά από τις ελεγχόμενες. Μεγάλες εισροές ιζήματος σε ένα ρεύμα μπορεί να μειώσουν την χωρητικότητα του ρέματος και σε μερικές περιπτώσεις να οδηγήσουν σε πλήρωσή του. Αντιθέτως η ελεγχόμενη πυρκαγιά, λόγω των χαρακτηριστικών της, δεν καταναλώνει εκτεταμένες περιοχές στρώματος φύλλων και η ιζηματογένεση είναι γενικά μικρότερη.

Η παραγωγή φερτών υλικών, είναι συχνά μεγαλύτερη τον πρώτο χρόνο μετά την πυρκαγιά, ειδικά όταν η λεκάνη έχει εκτεθεί σε υψηλής έντασης βροχόπτωση σε μικρό χρονικό διάστημα μετά την πυρκαγιά, η οποία άφησε εκτεθειμένη την επιφάνεια του εδάφους. Η παραγωγή ιζήματος μετά τη φωτιά είναι κατά ένα μεγάλο μέρος ενδεικτική της μερικής ή ολικής κατανάλωσης των αποσυντεθημένων φύλλων και άλλων οργανικών υλικών στην επιφάνεια του εδάφους και της μείωσης της διήθησης, με επακόλουθο την αύξηση της επίγειας ροής (Brooks et al, 1997). Η ιζηματογένεση συνήθως υποχωρεί στα επόμενα χρόνια ως αποτέλεσμα της αποκατάστασης της προστατευτικής βλάστησης (DeBano et al, 1998).

Τα τελευταία χρόνια, οι αυξανόμενες πυρκαγιές δασών και θάμνων στις Μεσογειακές χώρες, έχουν μετατραπεί σε μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα. Αν και η περιοχή που επηρεάζεται από τη φωτιά έχει μειωθεί, από το 2000 στις ευρωπαϊκές μεσογειακές χώρες ο αριθμός των πυρκαγιών αυξάνει. Σε πολλές περιπτώσεις περιοχές που έχουν καεί και ανακτούν τις συνθήκες προ φωτιάς, συμβαίνει να ξανακαίγονται. Αυτή η σύμπτωση σαφώς ενισχύει τη σταδιακή υποβάθμιση των οικοσυστημάτων αυτών, τροποποιώντας τις δομικές και υδρολογικές συνθήκες του εδάφους, μειώνοντας την ολική βιομάζα και αλλάζοντας τα κυρίαρχα είδη της χλωρίδας. Αν και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί ο ακριβής χρόνος αποκατάστασης των καμένων ζωνών, οι Inbar et al (1998 from Campo et al, 2006) πρότειναν μια περίοδο 5-10 ετών μετά την πυρκαγιά, για να επανέλθει στα προηγούμενα επίπεδα ιζήματος. Οι Moody και Martin (2001 from Campo et al, 2006) πρότειναν περίοδο αποκατάστασης 3-9 ετών για δασώδεις περιοχές στο Colorado.

Στις Μεσογειακές περιοχές, οι πυρκαγιές συνήθως συμβαίνουν το καλοκαίρι και ακολουθούνται από τις καταρακτώδεις βροχές του φθινοπώρου, πράγμα που έχει

σαν αποτέλεσμα την πιθανή αύξηση της απορροής και της διάβρωσης. Αυτές οι διαδικασίες έχουν σαν αποτέλεσμα η φωτιά να είναι ο σημαντικότερος λόγος ερημοποίησης της περιοχής (Καϊλίδης, 1993).

Πολλές μελέτες καταδεικνύουν ότι η μεγαλύτερη αύξηση της απορροής και απώλειας εδάφους, συμβαίνει 1 με 2 έτη μετά την πυρκαγιά, αλλά η ποσότητα και η χρονική περίοδος που θα συμβεί εξαρτάται από την ένταση και τη σοβαρότητα της πυρκαγιάς, καθώς και από τα χαρακτηριστικά, την κατανομή και τη στιγμή που θα συμβούν τα γεγονότα βροχής μετά την πυρκαγιά. Με βάση την κατανομή των βροχοπτώσεων στην περιοχή της Μεσογείου 4-6 μήνες μετά την πυρκαγιά είναι συχνά η περίοδος της υψηλότερης εδαφικής ευαισθησίας στη διάβρωση λόγω του νερού (DeBano et al, 1998, Marshall et al, 1996, Campo et al, 2006).

5.1.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Για την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών στην εδαφική διάβρωση, παρακάτω παραθέτουμε μια μελέτη που έλαβε χώρα στην Ισπανία, από τους (Campo et al, 2006).

Πυρκαγιά Σχεδιασμού

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε 50 km νοτιοδυτικά της Βαλένθιας στην Ισπανία. Οι ερευνητές κάψανε 2 πλαγιές που αποτελούνταν από 3 περιοχές η καθεμία, την μία με υψηλής έντασης φωτιά, ενώ την άλλη με μέτρια. Για να πετύχουν αυτές τις εντάσεις, πρόσθεσαν την κατάλληλη ποσότητα καύσιμης ύλης. Αυτό εξασφάλισε και τη συνεχή ανάπτυξη του μετώπου της πυρκαγιάς. Άφησαν απείραχτες τις πλαγιές για να αρχίσει η διαδικασία αποκατάστασης και κατέγραψαν τις κλιματολογικές και διαβρωτικές παραμέτρους. Οκτώ χρόνια μετά, τις ξανακάψανε, χωρίς να προσθέσουν βιομάζα. Έτσι προσομοιάστηκε η επίδραση των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών στα οικοσυστήματα.

Μετρήθηκε ο χρόνος που η θερμοκρασία ήταν πάνω από 100°C γιατί από αυτή τη θερμοκρασία και πάνω, συμβαίνουν αλλαγές στις εδαφικές ιδιότητες.

1^η Φωτιά

Στην πυρκαγιά του 1995 η μέση θερμοκρασία του επιφανειακού εδάφους έφτασε στους 439°C στην περιοχή μεγάλης έντασης και 232°C στην περιοχή μεσαίας. Η διάρκεια κατά την οποία η θερμοκρασία του εδάφους ξεπερνούσε τους 100°C ήταν 36 min στην υψηλής έντασης και 27 min στη μέτριας έντασης πυρκαγιά.

2^η Φωτιά

Το 2003 η μέση θερμοκρασία εδάφους έφτασε στους 170° C σε όλες τις καμένες περιοχές, ενώ η διάρκεια που η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 100°C ήταν 4 min. Η πυρκαγιά αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί χαμηλής έντασης, ωστόσο για να γίνει η σύγκριση, ο διαχωρισμός σε περιοχές που κάηκαν με υψηλής και περιοχές που κάηκαν με χαμηλής έντασης πυρκαγιά διατηρήθηκε (Campo et al, 2006).

Χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης

Η συνολική ετήσια βροχόπτωση κυμάνθηκε από 204,5 mm το 1998, μέχρι 556,1 το 2002. Το 1995 η βροχόπτωση ήταν 344,9 mm, με τα 134,9 mm ν' αφορούν τους 5 μήνες αμέσως μετά τη φωτιά (Ιούνιος-Δεκέμβριος). Το 2003 η συνολική ετήσια βροχόπτωση ανήλθε στα 464 mm, 217 mm, τα οποία καταγράφηκαν το 5μηνο μετά τη φωτιά. Η διαφορά από τις 2 χρονιές κυμάνθηκε στα 119 mm. Τα συνολικά επεισόδια βροχής ήταν 72 το 1995 και 113 το 2003. Το 1995 το 30% της βροχόπτωσης σημειώθηκε πριν τη φωτιά, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό το 2003 ήταν 48%. Η καλύτερη κατανομή των βροχοπτώσεων το 2003, επέτρεψε την παραμονή συγκεκριμένης υγρασίας στο έδαφος και συνεπώς αυξημένη και πιο γρήγορη εμφάνιση της απορροής.

Οι δύο πυρκαγιές, τους 5 πρώτους κρίσιμους μήνες, είχαν και οι δύο 8 διαβρωτικά επεισόδια (ο διαχωρισμός αυτός επιβάλλεται σε σχέση με τις συνήθεις βροχές).

Η διάρκειά τους ήταν 153,8 min το 1995 και 327 min το 2003. Το 1995 τα 2 πρώτα διαβρωτικά επεισόδια, έγιναν μετά τη φωτιά, ενώ το 2003 έγιναν 2 επεισόδια 10 ημέρες μετά τη φωτιά. Το επεισόδιο του 1995 είχε ένταση I_{30} ίση με 20,8 mm/h για 90 min και η άλλη είχε I_{30} , 14,6 mm/h για 285 min. Τα αντίστοιχα ποσά το 2003 ήταν 65,4 mm/h για 30 min και 21 mm/h για 60 min.

Αυτές οι διαφορές στα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων προφανώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο μέγεθος της διάβρωσης (Campo et al, 2006).

Διάβρωση

Οι βροχοπτώσεις διάβρωσης το 2003 ήταν 56,2% σε σχέση με το σύνολο της βροχόπτωσης, σχεδόν 1/3 λιγότερο σε σχέση με το 1995, όπου το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 70%. Επομένως θα ήταν αναμενόμενο ότι η απορροή μετά την πυρκαγιά το 1995 να είναι μεγαλύτερη από αυτή του 2003. Εν τούτοις, η απορροή του 1995 ήταν μικρότερη σε σχέση με το 2003 κατά 69,6%. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλές εντάσεις των επεισοδίων του 2003 (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2. Τιμές υδρολογικών και διαβρωτικών παραμέτρων για την περίοδο μελέτης το 1995 και το 2003 (Campo et al, 2006).

	1995			2003		
	Υψηλής έντασης	Μέτριας έντασης	Περιοχή ελέγχου	Υψηλής έντασης	Μέτριας έντασης	Περιοχή ελέγχου
Μέση απορροή (L/m^2)	0,93	0,88	0,13	2,93	3,31	0,15
Μέση παραγωγή ιζήματος (g/m^2).	31,48	28,93	0,57	50,69	64,28	0,09
Μέσος βαθμός διήθησης (mm/hr)	5,64	5,67	6	10,11	9,34	12,23
Συντελεστής απορροής	4,83	4,65	0,78	17,08	17,95	0,86

Οι καμένες περιοχές αντιδρούν διαφορετικά, με τη μέση απορροή το 1995 να είναι 71% λιγότερη από το 2003. Οι διαφορές στις απορροές, μεταξύ των καμένων και των περιοχών ελέγχου, αυξήθηκαν από το 85,6% το 1995, στο 95,3% μετά την φωτιά, το 2003 (Campo et al, 2006).

Παρόλο που οι διαφορές στις απορροές μεταξύ των καμένων και των μετρίως καμένων περιοχών, στατιστικά δεν είναι διακριτές, αυξήθηκαν από το 5,3% το 1995, στο 11,3% το 2003. Τον τελευταίο χρόνο η απορροή ήταν μεγαλύτερη στην μέτριας έντασης φωτιάς σε σχέση με την μεγάλης έντασης σε αντίθεση με το 1995. Αυτό το φαινόμενο συμβαδίζει με την πληροφορία που αναφέρεται από τους Benavides-Solorio και McDonald (2001 from Campo et al, 2006) στο Κολοράντο, μετά από βροχοπτώσεις και υπό ξηρές συνθήκες σε παρόμοια εδάφη, που κάηκαν με διαφορετικές εντάσεις φωτιάς. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εδάφους σημειώθηκαν στις μέτριες φωτιές και σε συνδυασμό με την ξηρότητα, δημιούργησαν ένα υδροφόβο στρώμα, αμέσως κάτω ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, που εμπλούτισε την απορροή.

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην υδρολογική αντίδραση του εδάφους είναι το στρώμα στάχτης που καλύπτει την επιφάνεια του εδάφους μετά τη φωτιά. Μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της απορροής και μεταφορά ιζήματος, με την “σφράγιση” του εδάφους, ενώ μπορεί να αποτελέσει και το

προστατευτικό στρώμα ώστε να μειώσει την επίδραση των σταγόνων της βροχής. Στο πείραμα των (Campo et al, 2006), το 1995 το στρώμα αυτό ήταν πιο βαθύ και ομογενοποιημένο απ' ότι το 2003. Οι στάχτες αυτές συνέβαλλαν ώστε να ελαττώσουν τις διαβρωτικές επιδράσεις των πρώτων βροχών, όπως αποτυπώνεται από τις μετρήσεις της απορροής. Το 1995, παρόλο που τα επεισόδια βροχής είχαν παρόμοιες εντάσεις, η απορροή της δεύτερης βροχοπτώσεως και στα δυο είδη πυρκαγιών ήταν 3 L/m^2 , ενώ της πρώτης ήταν $0,2$ και $0,3 \text{ L/m}^2$ αντίστοιχα, για τη μεγάλη και τη μικρή ένταση. Η απουσία στάχτης φαίνεται να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας αυτής της δραστηκής μείωσης (Campo et al, 2006).

Οι συσχετισμοί μεταξύ των παραμέτρων των διαβρωτικών βροχοπτώσεων και των απορροών, για την περίοδο μετά την πυρκαγιά του 2003, δεν είναι τόσο εμφανείς όσο για το 1995. Το 1995, η απορροή από τις περιοχές που υπέστησαν τη φωτιά, φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από την ένταση των βροχοπτώσεων, ενώ στις ελεγχόμενες περιοχές ο όγκος των βροχοπτώσεων ήταν αυτός που είχε τη μέγιστη επιρροή. Το 2003, οι απορροές στις καμένες περιοχές συσχετίστηκαν τόσο με τον όγκο όσο και με την ένταση των βροχοπτώσεων, ενώ στις περιοχές ελέγχου μόνο το I_{30} διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο. Οι βροχοπτώσεις διάβρωσης αυτού του έτους είχαν μεγαλύτερη ένταση, όγκο και διάρκεια από εκείνη του 1995 και αυτό το γεγονός μπορεί να είναι το αίτιο στις διαφορές της αντίδρασης του εδάφους στη διάβρωση ανάμεσα στις δύο χρονιές (Campo et al, 2006).

Οι βαθμοί διήθησης παρουσιάζουν μία τάση παρόμοια με αυτή των υπολογισμένων απορροών, δηλαδή είναι πάντα υψηλότεροι το 2003 από ότι το 1995. Και στις δύο περιόδους που μελετήθηκαν, οι διαφορές στη διήθηση μεταξύ των καμένων και των ελεγχόμενων περιοχών δεν είναι στατιστικά διακριτές (πίνακας 5.2).

Παρόλα αυτά, το 2003 ο μέσος βαθμός διήθησης ήταν χαμηλότερος στις μετρίως καμένες περιοχές ($9,3 \text{ mm/h}$), από ότι στις υπόλοιπες ($10,1 \text{ mm/h}$, στις καμένες και $12,2 \text{ mm/h}$, στις περιοχές ελέγχου). Το γεγονός αυτό επισημαίνει την παρουσία ενός υδροφόβου στρώματος σ' αυτές τις περιοχές, αλλά και μια γενικότερη αλλαγή της δομής και της υδρολογικής κατάστασης του εδάφους.

Οι συντελεστές απορροών των δύο χρόνων είναι σχεδόν οι ίδιοι για όλες τις καμένες περιοχές, αν και οι τιμές της υψηλής έντασης του 1995 και της μέτριας του 2003 είναι ελαφρώς υψηλότερες επιβεβαιώνοντας την προηγούμενη τάση. Επιπλέον, και στις δύο περιόδους, οι συντελεστές απορροής στις περιοχές ελέγχου, έδειξαν παρόμοιες τιμές, ($0,8\%$) και οι διαφορές των συντελεστών μεταξύ των καμένων και των περιοχών ελέγχου είναι στατιστικά διακριτές (πίνακας 5.2). Το 1995, οι τιμές στις περιοχές ελέγχου ήταν 6 φορές μικρότερες απ' ότι στις καμένες, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις τιμές που αναφέρονται από τους Sala κ.α. (1994 from Campo et al, 2006), σε ένα καμένο λόφο του φυσικού πάρκου Collserona κοντά στη Βαρκελώνη. Αυτή η διαφορά αυξήθηκε έως και 20 φορές το 2003. Είναι σαφές ότι, λαμβάνοντας υπόψη και τις διαφορές στις κατακρημνίσεις, η επιρροή μιας επαναλαμβανόμενης πυρκαγιάς είναι καθοριστική στην γενικότερη υποβάθμιση του εδάφους.

Οι προσωρινές αλλαγές στην υδρολογική συμπεριφορά των περιοχών που καίγονται με διαφορετικής έντασης πυρκαγιές, είναι πιο εμφανείς στις απώλειες του εδάφους. Η παραγωγή φερτών υλικών παρουσιάζει μια τάση παρόμοια με αυτήν των απορροών και υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του όγκου των ιζημάτων και του όγκου των βροχοπτώσεων στις περιοχές ελέγχου το 1995 (πίνακας 5.2). Το 2003 όλες οι περιοχές έδειξαν συσχέτιση μεταξύ των εδαφικών απωλειών και της έντασης των βροχοπτώσεων, όχι όμως το ίδιο και με τον όγκο των βροχοπτώσεων. Αυτό φανερώνει την ισχυρότερη συμβολή των βροχοπτώσεων του 2003, όσο και της υψηλότερης

υποβάθμισης του εδάφους, εξαιτίας των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών, κάνοντας το έδαφος πιο ευπαθές στην ενέργεια και στην ποσότητα των βροχοπτώσεων (πίνακας 5.2, Campo et al, 2006).

Ο αντίκτυπος των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών σε συνδυασμό με την αυξημένη ένταση και την άμεση κατακρήμνιση μετά την πυρκαγιά το 2003, οδήγησαν στην τρομακτική διάβρωση, σχεδόν διπλάσια από αυτή του 1995 (πιν. 5.2). Η μέγιστη παραγωγή ιζήματος το 1995 ήταν 186,89 g/m², ενώ το 2003 ήταν 339,59 g/m². Επιπρόσθετα, η πιθανότητα αύξησης των υδροφόρων εδαφών, που ευνοεί τα εδάφη να παραμείνουν ξερά και εύκολα αποσπασίμα, αυξάνει τον κίνδυνο αφαίρεσης εδαφικού υλικού από την επίγεια ροή (Morgan, 1997, Shakesby et al, 2000 from Campo et al, 2006).

Οι διαφορές στην παραγωγή διαβρωμένου υλικού, μεταξύ των καμένων περιοχών και των περιοχών ελέγχου, ήταν διπλάσια το 1995 και τριπλάσια το 2003. Και οι δυο διαφορές είναι σημαντικές. Αυτά τα στοιχεία συμφωνούν με αυτά που αναφέρονται από τους Inbar κ.α. (1998), Benanides-Solorio και McDonald (2001) και DeBano (2000) (from Campo et al, 2006) και σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές του Ισραήλ και των ΗΠΑ. Παρόλο που οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (πιν. 5.2), είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στο ότι η απώλεια του εδάφους (soil loss) από τις περιοχές που κάρηκαν με υψηλή ένταση το 1995, ήταν 8,1% περισσότερη από την περιοχή που κάρηκε με μέτρια ένταση, ενώ η περιοχή με μέτρια έντασης φωτιά, το 2003 παρήγαγε 21,1% περισσότερα φερτά εδαφοϋλικά, από αυτές που κάρηκαν με υψηλή ένταση. Στις περιοχές ελέγχου, παρατηρήθηκε μια μείωση στη συνολική παραγωγή ιζήματος από 0,57 g/m² σε 0,09 g/m², εξαιτίας της αυξημένης φυτοκάλυψης κατά την διάρκεια των 8 ετών. Στις περιοχές με υψηλής έντασης πυρκαγιά, η αύξηση της βλάστησης εκτιμήθηκε στο 69%, ενώ σε αυτές με την μέτρια ήταν 63%.

Οι παρατηρηθείσες εδαφολογικές απώλειες είναι κρίσιμες για τα βουνά των Μεσογειακών οικοσυστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέγεθος του εδαφικού σχηματισμού στις Μεσογειακές περιοχές έχει εκτιμηθεί (DeBano et al, 1998) 200 g/m²/year. Αυτό δείχνει την επίπτωση των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών στην διάβρωση του εδάφους. Ο βαθμός της αποκατάστασης της βλάστησης, ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα σε δυο πυρκαγιές, ο χρόνος στον οποίο θα εμφανιστεί το πρώτο διαβρωτικό επεισόδιο και η έντασή του είναι παράγοντες κλειδιά στην συμπεριφορά του εδάφους στη διάβρωση (Emmerich and Cox, 1994, Inbar et al, 1998, from Campo et al, 2006), κυρίως σε επιρρεπή οικοσυστήματα, όπως είναι αυτά της Μεσογείου.

Οι διαφορές στην συγκέντρωση φερτών εδαφοϋλικών (ιζημάτων) στην απορροή, μεταξύ των ετών 1995 και 2003, είναι λιγότερο εμφανείς. Οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες στην περίοδο μετά την πυρκαγιά του 2003 απ' ότι του 1995. Το 1995, η διαφορά στη συγκέντρωση φερτών, ανάμεσα στην περιοχή ελέγχου και στις καμένες περιοχές, δεν είναι στατιστικά σημαντική, το 2003 όμως είναι (πιν. 5.2). Η αυξημένη απώλεια εδάφους στην μετρίως καμένη περιοχή, επιβεβαιώνεται και πάλι από την παροχή φερτών το 2003, όπου είναι υψηλότερη σε αυτές απ' ότι στις καμένες περιοχές με υψηλή ένταση. Η συγκέντρωση φερτών στις περιοχές ελέγχου, ήταν εντυπωσιακά μικρότερη, επιβεβαιώνοντας τη σημασία της φυτοκάλυψης για την προστασία του εδάφους από την διάβρωση (Andreau, 1994, Cammerat and Imeson, 1999 from Campo et al, 2006). Η καλύτερη φυτοκάλυψη ευνοεί τις υπόγειες ροές και επιτρέπει την καλύτερη υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, που ελαττώνει την απορροή και επομένως την απώλεια εδάφους λόγω διάβρωσης.

5.1.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκεκριμένα παραδείγματα από τον Ελλαδικό χώρο, όπου εμφανίσθηκαν φαινόμενα επιταχυνόμενης διάβρωσης, μετά από πυρκαγιά. Σε ορισμένες καμένες περιοχές έγιναν επιτόπιες μετρήσεις της διάβρωσης, ενώ σε άλλες υπάρχουν απλές αναφορές και οπτικές παρατηρήσεις. Θεωρήσαμε αναγκαία την αναφορά στις μετρήσεις αυτές, ως παραδείγματα, εφόσον η μέτρηση της διάβρωσης μετά από πυρκαγιά και ιδίως των φερτών υλικών είναι ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα. Δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μεθοδολογία και ο τρόπος δράσης εξαρτάται κάθε φορά από την συγκεκριμένη λεκάνη. Τα αποτελέσματα σε πολλές περιπτώσεις είναι εντυπωσιακά και δείχνουν την έντονη σχέση μεταξύ πυρκαγιάς και εδαφικής διάβρωσης.

Σιθωνία Νομού Χαλκιδικής

Στις 15 Αυγούστου 1985 εκδηλώθηκε πυρκαγιά στο νότιο άκρο της Σιθωνίας Χαλκιδικής και κατέστρεψε τον θαμνώνα μεταξύ των περιοχών Συκιάς, Πόρτο Κουφό και Τορώνης, δηλαδή μια επιφάνεια 29190 στρεμμάτων. Η περιοχή ανήκει στην πολύ εύφλεκτη ζώνη βλάστησης. Η πυρκαγιά είχε πολύ υψηλή ένταση (Καϊκής κ.α., 1986) και αποτέφρωσε κάθε είδους υπέργεια οργανική ουσία. Η επιτάχυνση του ρυθμού της διάβρωσης, μετά την συγκεκριμένη πυρκαγιά, έγινε φανερή από τις προσχώσεις στα χαμηλότερα τμήματα της περιοχής του Πόρτο Κουφό, καθώς και στην κοίτη εκκένωσης του χειμάρρου Μέγα Ρέμα, στο Καλαμίτσι. Παρατηρήθηκε επίσης και ασυνήθιστο “κοκκίνισμα” της θάλασσας μετά από βροχή. Αυτά τα φαινόμενα παρακίνησαν για έρευνα που πραγματοποιήθηκε τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο του 1986 (Καϊκής κ.α., 1986). Βέβαια, η βλάστηση της περιοχής, καθώς είναι τύπου μακί (βλ. παράρτημα) χαρακτηρίζεται από ισχυρή παραβλαστηκότητα (πρεμνο- και ριζοβλαστικότητα), με αποτέλεσμα την πολύ γρήγορη ανάκαμψη της βλάστησης, ήδη από τον πρώτο χρόνο.

Σε όλη την περιοχή της έρευνας, τα πετρώματα που επικρατούν είναι ο Γρανодиорίτης και ο Πρασινοσχιστόλιθος. Μετά από αυτοψία σε όμορες περιοχές, καθώς και σε απρόσβλητες κηλίδες μέσα στην περιοχή που κήκε, διαπιστώθηκε, ότι στους τόπους με γρανодиорίτη το έδαφος είχε βάθος 0-10 cm, πυκνότητα κόμης 50-70% και ο ξηροτάπητας, όταν υπήρχε, είχε ελάχιστο πάχος. Στους τόπους με πρασινοσχιστόλιθο, βρέθηκε μεγαλύτερο βάθος εδάφους 0-25 cm, πυκνότητα κόμης 60-90% και ξηροτάπητας πάχους 1 cm περίπου.

Για τη μέτρηση της διάβρωσης έγινε αξιοποίηση του παρακάτω φαινομένου. Η πυρκαγιά απαθρόκωσε τους κορμούς των θάμνων, μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, ενώ το υπόγειο τμήμα τους, καθώς και οι ρίζες και τα ριζίδια παρέμειναν ανέπαφα. Επίσης τμήματα λίθων που εξείχαν από την επιφάνεια του εδάφους “μαύρισαν” χαρακτηριστικά. Επομένως ήταν εφικτός ο προσδιορισμός του πάχους του εδάφους που απομακρύνθηκε με τη διάβρωση, από την ημέρα της πυρκαγιάς (15/8/85) μέχρι τις μετρήσεις (26-27/4/86).

Για τη συστηματοποίηση των μετρήσεων ορίστηκαν 8 δοκιμαστικές επιφάνειες διαστάσεων 10 x 10 m, με τα εξής κριτήρια:

- τη κατά το δυνατόν κανονική κατανομή τους στο χώρο
- τη κάλυψη όλου του φάσματος των κλίσεων
- την “εκπροσώπηση” και των δύο πετρωμάτων

Σε κάθε δοκιμαστική επιφάνεια βρέθηκαν από 14 έως 25 τέτοια χαρακτηριστικά σημεία για μέτρηση, που γενικά ήταν κανονικά κατανομημένα μέσα στην επιφάνεια. Σε ορισμένες όμως θέσεις των επιφανειών δεν βρέθηκαν καθόλου ενδείξεις διάβρωσης, όπως σε θέσεις βραχώδεις, πολύ πετρώδεις κ.λπ. Έτσι, για τον υπολογισμό του

ζυγισμένου μέσου πάχους διάβρωσης καθορίστηκε, για κάθε επιφάνεια, συντελεστής ανάλογος με την % συμμετοχή τέτοιων θέσεων σ' αυτή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, καθώς και τα χαρακτηριστικά της κάθε επιφάνειας φαίνονται στον πίνακα 5.3 (Καϊκής κ.α., 1986).

Πίνακας 5.3. Χαρακτηριστικά των δοκιμαστικών επιφανειών και αποτελέσματα των μετρήσεων (Καϊκής κ.α., 1986).

Επιφάνεια	1	2	3	4	5	6	7	8	M.O.
Κλίση %	31	55	32	8	27	58	68	35	39.25
Γενική έκθεση	B.	Δ.	BA.	BA.	NA.	NA.	NA.	ΝΔ.	-
Πέτρωμα	Γ	Π	Γ	Γ	Γ.Π	Π	Π	Π	-
Βάθος εδάφους (cm)	3-10	10-15	0-10	0-10	10-15	5-15	10-25	5-25	-
Ελάχιστο	1.50	1.50	1.00	2.00	2.00	2.00	1.50	2.00	-
Μέσο	2.87	3.88	2.29	3.19	3.44	4.05	6.87	3.28	3.73
Μέγιστο	5.50	10.0	4.00	5.00	4.50	6.00	12.0	5.50	-
Ποσοστό επιφάνειας που διαβρώνεται	0.90	0.60	0.70	0.90	0.90	0.80	0.70	0.90	0.80
Ζυγισμένο Μέσο πάχος Διάβρωσης (cm)	2.58	2.33	1.60	2.87	3.01	3.24	4.81	2.95	2.92

Π = Πρασινοσχιστόλιθος

Γ = Γρανοδιορίτης

Σε όλες τις δοκιμαστικές επιφάνειες το πάχος του διαβρωμένου εδάφους που μετρήθηκε ήταν εντυπωσιακό και κυμαινόταν από 1,60 cm μέχρι 4,81 cm. Το μέσο ζυγισμένο για όλη την καμένη περιοχή βρέθηκε να είναι ίσο με 2,92 cm. Υπήρχε η βάσιμη βεβαιότητα, ότι τον επόμενο χειμώνα η διάβρωση, μετά την φυσική αναβλάστηση της περιοχής, θα ήταν πολύ μικρότερη, καθώς η βλάστηση είναι τύπου μακί. Δεδομένου όμως ότι, τους μήνες μετά την πυρκαγιά παρασύρθηκε το 10% έως 30% του εδάφους της περιοχής, τυχόν αλλεπάλληλες πυρκαγιές θα έθεταν σε κίνδυνο την ίδια την υπόσταση του εδάφους (Καϊκής κ.α., 1986).

Καβάλα

Το καλοκαίρι του 1986, εκδηλώθηκε πυρκαγιά σε περιοχές γύρω από την πόλη της Καβάλας, με ιδιαίτερα μεγάλες κλίσεις, με αποτέλεσμα οι βροχές που ακολούθησαν να αποσπάσουν και να παρασύρουν μεγάλες ποσότητες εδαφοϋλικών, ακόμα και με βροχοπτώσεις μικρής έντασης (Στεφανίδης, 1991).

Ρόδος. Δασικές πυρκαγιές περιόδου 1980-1989

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι δασικές πυρκαγιές στο νησί της Ρόδου. Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας και κυρίως κατά τον περασμένο αιώνα, φαίνεται ότι στις ορεινές εκτάσεις η καλλιέργεια και η βόσκηση ήταν έντονες. Συχνά επίσης συνέβαιναν πυρκαγιές στις δασικές και θαμνώδεις εκτάσεις. Είναι γνωστό ότι οι

Τούρκοι δεν ενδιαφέρονταν ιδιαίτερα για την προσεκτική καλλιέργεια και χρήση ορεινών εκτάσεων, όπου κυρίως κατοικούσαν και προσπαθούσαν να ζήσουν οι Έλληνες. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης θα ήταν πιθανότατα οι συχνές και καταστρεπτικές πλημμύρες που φαίνεται να δικαιολογούν τις χαρακτηριστικά μεγάλες κοίτες στο πεδινό τμήμα πολλών χειμάρρων, παρά το σχετικά μικρό μέγεθος των λεκανών απορροής των χειμάρρων αυτών. Μετά την έναρξη της Ιταλικής κατοχής, στις αρχές του αιώνα, οι κάτοικοι αναγκάστηκαν να περιορίσουν την καλλιέργεια της γης. Αυτό σε συνδυασμό με τη σκόπιμα αυστηρότατη προστασία των δασών και της δασικής βλάστησης, είχαν αποτέλεσμα ολόκληρη η ορεινή και λοφώδης περιοχή να καλυφθεί γρήγορα με θάμνους και δάση τραχείας πεύκης και κυπαρίσσου. Με τη βοήθεια και των σχετικά ευνοϊκών συνθηκών υγρασίας, το 1950 το ορεινό και λοφώδες τμήμα της Ρόδου είχε μια δασοκάλυψη που περνούσε το 85% με αρκετά υψηλά δάση τραχείας πεύκης και κυπαρίσσου. Άμεσο αποτέλεσμα αυτού ήταν να σταματήσουν εντελώς οι διαβρώσεις, πλημμύρες και μεταφορά φερτών υλικών. Υπολογίζεται ότι περισσότερο από 90% του νερού των βροχοπτώσεων συγκρατούνταν επί τόπου (Παπαμίχος, 1990).

Το γεγονός αυτό παρότρυνε τους Ιταλούς και τους κατοίκους ν' αρχίσουν να καλλιεργούν τις ευρείες κοίτες των χειμάρρων στο κατώτερο πεδινό τμήμα. Οι ενέργειες αυτές επεκτάθηκαν μετά την προσάρτηση της Δωδεκανήσου και τη χρήση μεγάλης δυνάμεως προωθητήρων και άλλων μηχανικών μέσων. Σχεδόν ολόκληρες οι κοίτες των χειμάρρων καλύφθηκαν με γεωργικές καλλιέργειες, ξηνόδενδρα, ακόμη και κτίσματα και γήπεδα ποδοσφαίρου, όπως στην κοίτη των χειμάρρων Λάρδου και Αρχίπολης. Κανένα πρόβλημα δεν παρουσιάστηκε, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οπότε τα ρεύματα μετά από μεγάλες καταιγίδες άρχισαν να απογυμνώνονται, με τις πυρκαγιές και την καλλιέργεια συχνά μεγάλης κλίσεως εδαφών. Έτσι, το 1989 ολόκληρες λεκάνες απορροής ή τα μεγαλύτερα τμήματα αυτών, λόγω των πυρκαγιών, της έντονης και ανεξέλεγκτης αιγοβοσκίας και της γεωργικής καλλιέργειας, απογυμνώθηκαν χωρίς να υπάρχει ίχνος δασικής βλάστησης (Παπαμίχος, 1990).

Αποτέλεσμα της νέας καταστάσεως, τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν τον Νοέμβριο του 1989, που ως γνωστόν προξένησαν μεγάλες καταστροφές στους καλλιεργημένους αγρούς, σε δρόμους, γέφυρες, και διάφορα κτίσματα. Μικρά χωμάτινα φράγματα που είχαν κατασκευασθεί για την άρδευση των καλλιεργειών, μετά την υπερπήδηση τους από τα νερά καταστράφηκαν και η ποσότητα του νερού που συγκρατούσαν, προστέθηκε στις ήδη μεγάλες υδατοπαροχές των ρεμάτων. Ακόμη και ανθρώπινα θύματα σημειώθηκαν. Ο κόσμος εντυπωσιάστηκε από τις καταστροφές αυτές και ζήτησε από το κράτος την γρήγορη αποκατάστασή τους, χωρίς να αντιληφθεί τις πολύ μεγαλύτερες καταστροφές των φυσικών πόρων, όπως την απώλεια εκατομμυρίων κυβικών μέτρων γόνιμου επιφανειακού εδάφους, την ισχυρή διατάραξη των υδρολογικών συνθηκών, που οδηγεί εκατομμύρια τόνους γλυκού νερού στη θάλασσα, την ισχυρή υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης με άμεσες επιπτώσεις στην ομορφιά του νησιού. Και το σπουδαιότερο, ότι οι τελευταίες αυτές καταστροφές είναι εκείνες που πολύ δυσκολότερα αποκαθίστανται (Παπαμίχος, 1990).

Άγιον Όρος

Σύμφωνα με τον Στεφανίδη (1991), μεγάλη ήταν και η πυρκαγιά που εκδηλώθηκε στο Άγιο Όρος το καλοκαίρι του 1990 όπου κινδύνεψαν να γίνουν στάχτη κειμήλια ανεκτίμητης αξίας. Έντονα προβλήματα διάβρωσης δημιουργήθηκαν στις καμένες περιοχές με τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές.

Φούρκα Νομού Χαλκιδικής

Στο νομό Χαλκιδικής εκδηλώθηκε και άλλη μεγάλη πυρκαγιά στις 10/3/90, η οποία έκαψε 5.500 χιλιάδες περίπου στρέμματα δασών και δασικών εκτάσεων στις

ορεινές λεκάνες απορροής του χειμάρρου της Φούρκας και των μικροχειμάρρων που διαυλακώνουν τις γειτονικές περιοχές. Τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους μετά από ιδιαίτερα έντονες βροχοπτώσεις επήλθε βιβλική καταστροφή (Στεφανίδης, 1991).

Οι ζημιές που προκλήθηκαν ξεπέρασαν τα 2 δισεκατομμύρια δραχμές. Δύο σπίτια παρασύρθηκαν από τα ορμητικά νερά ύψους 10 μέτρων ενώ 4 ακόμη ξεθεμελιώθηκαν. Κατέρρευσαν δύο μεγάλες γέφυρες, στο Κασσανδρινό και στη Φούρκα. Εκατοντάδες σπίτια πλημμύρισαν, ζώα και μελίσσια χάθηκαν και παρασυρόμενα από τα νερά κατάληξαν στη θάλασσα. Ευτυχώς, δεν υπήρξαν ανθρώπινα θύματα (Στεφανίδης, 1991).

Βέβαια εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μικρή σχετικά καμένη έκταση στο σύνολο της περιοχής, δεν οδηγεί φυσικά στο συμπέρασμα ότι οι τρομερές καταστροφές οφείλονται μόνο στην πυρκαγιά της 10/3/90. Υπενθυμίζεται ότι ολόκληρη η Κασσάνδρα και οι αντίστοιχες περιοχές είχαν κατά τα τελευταία χρόνια ταλαιπωρηθεί από δασικές πυρκαγιές.

Άλλοι λόγοι, εκτός από την πυρκαγιά, που συντέλεσαν στην δημιουργία των εντυπωσιακών πράγματι πλημμυρικών φαινομένων και την έντονη στερεομεταφορά ήταν (Στεφανίδης, 1991):

- Η ιδιαίτερα μεγάλης έντασης βροχόπτωση.
- Τα ευπαθή στη δράση των κατακρημνισμάτων και αδιαπέρατα πετρώματα της περιοχής. Νεογενή ιζήματα, κροκαλοπαγή και μάργες σε μεγάλη έκταση. Οι μάργες, αν και εμφανίζονται ως ανθεκτικά σχετικά πετρώματα, όταν διαβραχούν, και μάλιστα μετά από παρατεταμένη βροχόπτωση, πλαστικοποιούνται και γίνονται ιδιαίτερα ευπαθείς.
- Η έντονη οικοδομική δραστηριότητα, ακόμη και μέσα στις κεντρικές κοίτες των χειμάρρων.

Θάσος

Το νησί της Θάσου γνώρισε δύο καταστρεπτικές πυρκαγιές, τον Αύγουστο του 1985 και μετά από 4 χρόνια ακριβώς, τον Αύγουστο του 1989.

Δασική Πυρκαγιά Αυγούστου 1985

Στη Θάσο τον Αύγουστο του 1985 συνέβη μία από τις καταστρεπτικότερες πυρκαγιές, η οποία κατέστρεψε τη δασική βλάστηση σε έκταση 104.000 στρέμματα του ΝΑ τμήματος του νησιού. Η πυρκαγιά ήταν πολύ έντονη και απανθράκωσε δάση τραχείας πεύκης με υπόροφο από αείφυλλα πλατύφυλλα και μικρή έκταση μαύρης πεύκης στις υψηλότερες θέσεις. Στην παραπάνω καμένη έκταση περιλαμβάνονται και γύρω στα 8000 στρ. με ελαιόδενδρα (Παπαμίχος, 1990).

Οι άμεσα αντιληπτές ζημιές από την πυρκαγιά αυτή θεωρήθηκαν πολύ σημαντικές και αφορούσαν κυρίως την καταστροφή των δένδρων της τραχείας και μαύρης πεύκης, την καταστροφή της θαμνώδους και ποώδους βλαστήσεως και προσωρινό περιορισμό της βοσκήσιμης ύλης. Επίσης σοβαρότατη ήταν και η υποβάθμιση της αισθητικής του τοπίου για αρκετά χρόνια και η υποβάθμιση της άγριας πανίδας. Μεγάλη ήταν και η ζημιά που υπέστη η μελισσοτροφία της περιοχής.

Οι μεγαλύτερες και σοβαρότερες ζημιές όμως ήταν εκείνες που δεν ήταν άμεσα αντιληπτές και που ελάχιστα είχαν εκτιμηθεί. Οι ζημιές αυτές αφορούσαν την απώλεια νερού λόγω των επιφανειακών απορροών, την απώλεια επιφανειακού παραγωγικού εδάφους λόγω διάβρωσης, τις ζημιές και καταστροφές σε δρόμους, γέφυρες, οικίες και καλλιεργήσιμους αγρούς στο πεδινό τμήμα λόγω καταστρεπτικών πλημμύρων (Παπαμίχος, 1990).

Σε μια προσπάθεια εκτίμησης των ζημιών της δεύτερης αυτής κατηγορίας, μετά από αυτοψία στην περιοχή τον Οκτώβριο του 1987 και από συστηματικές παρατηρήσεις και μετρήσεις διαπιστώθηκαν γενικά τα παρακάτω (Παπαμίχος, 1990):

Το Φθινόπωρο του 1985 μία μετρία σχετικά εντάσεως καταιγίδα, πιθανότατα της τάξεως των 30 mm/hr, προξένησε έντονες επιφανειακές απορροές, σοβαρή επιφανειακή και χαραδρωτική διάβρωση στην καμένη περιοχή και καταστρεπτικές πλημμύρες στους οικισμούς των Μαριών, Λιμεναρίων και Ποτού. Η πλημμύρα αυτή κατέστρεψε οχετούς και τμήματα ορεινών δρόμων και συσσώρευσε χαλίκια και λίθους σε πολλά σημεία. Στο πεδινό τμήμα καταστράφηκαν γέφυρες και πλημμύρισαν αρκετά σπίτια, σημαντικά τμήματα δρόμων, κήπων και αγρών καλύφθηκαν με χονδρόκοκκο υλικό. Ενώ λεπτότερο υλικό σχημάτισε χαρακτηριστική γλώσσα γης σε αρκετό βάθος μέσα στη θάλασσα στο σημείο εκβολής του χειμάρρου Λιμεναρίων. Όλα αυτά δείχνουν σοβαρή διάβρωση στην ορεινή περιοχή και μεγάλους όγκους μεταφερομένων φερτών υλικών στο πεδινό τμήμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι θα υπήρχαν παρόμοιες ή και μεγαλύτερες καταιγίδες τα περασμένα χρόνια, κανένας δεν θυμόταν να έχουν συμβεί παρόμοιες εκτάσεως πλημμύρες (Παπαμίχος, 1990).

Στην καμένη περιοχή έβοσκαν συνεχώς από την επόμενη της πυρκαγιάς περίπου 15.000 αιγοπρόβατα. Σχετική απαγορευτική διάταξη του Δασαρχείου και αθρόα υποβολή μηνύσεων δεν είχαν κανένα ουσιαστικό αποτέλεσμα, λόγω της αντιφατικής πολιτικής άλλων κυβερνητικών υπηρεσιών, με επιδοτήσεις της κτηνοτροφίας και του κακού τρόπου υποστήριξης των πληγέντων κτηνοτρόφων. Η έντονη βόσκηση είχε αποτέλεσμα η έκταση μετά από μια διετία και πλέον από την πυρκαγιά, να είναι καλυμμένη με βλάστηση σε ποσοστό περίπου 30% μόνο. Εάν η έκταση δεν βοσκούνταν, λόγω της έντονης ριζοβλαστικότητας των αείφυλλων πλατύφυλλων και της σημαντικής εμφάνισης ποώδους βλαστήσεως μετά από πυρκαγιές, το έδαφος θα έπρεπε να είχε καλυφθεί από βλάστηση σε ποσοστό πάνω από 80% και να είχε περιορισθεί σημαντικότερα η επιφανειακή απορροή και η διάβρωση (Παπαμίχος, 1990).

Κατά θέσεις παρατηρήθηκε μερική φυσική αναγέννηση τραχείας πεύκης. Η αναγέννηση της πεύκης σημαντικά περιορίστηκε από τη βοσκή, αλλά το σπουδαιότερο, όλα τα υπάρχοντα δενδρύλλια πεύκης ήταν φαγωμένα σε μεγάλο ποσοστό από τα αιγοπρόβατα. Η ελάχιστη τροφή που υπήρχε μετά την πυρκαγιά ανάγκαζε τα ζώα να διανύουν μεγάλες αποστάσεις με αποτέλεσμα, αφ' ενός την κακή διατροφή τους και αφ' ετέρου την συμπίεση του εδάφους όταν αυτό ήταν βρεγμένο ή την πλήρη κονιορτοποίησή του όταν ήταν ξηρό κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό είχε σαν συνέπεια τον περιορισμό της διήθησης του νερού των βροχών και την αύξηση της επιφανειακής απορροής και της διάβρωσης.

Τα κοπάδια των προβάτων κατά τους θερινούς μήνες, μόνιμα συνοδεύονται από ένα σύννεφο κονιορτοποιημένου εδάφους το οποίο απομακρύνονταν με τον άνεμο. Στην περίπτωση αυτή δηλαδή συνέβαινε ένα είδος αιολικής διάβρωσης, το μέγεθος και τη σημασία της οποίας δεν προσδιορίστηκε, αλλά πιθανότατα, να ήταν αρκετά σοβαρή (Παπαμίχος, 1990).

Ένας άλλος παράγοντας σοβαρής διατάραξης του ευαίσθητου μετά την πυρκαγιά εδάφους, και βλάστησης ιδιαίτερα σε κλίσεις πάνω από 40% που επικρατούν στην περιοχή, ήταν η υλοτομία των δένδρων και η μεταφορά των ξύλων. Η δραστηριότητα αυτή συνεχίστηκε δύο και πλέον χρόνια μετά την πυρκαγιά. Μικρών διαστάσεων κυρίως δένδρα υλοτομούνταν σε απότομες πλαγιές και σύρονταν μέχρι το δρόμο για να διαμορφωθούν σε μικρής αξίας καυσόξυλα. Η σύρση των ξηρών δένδρων προξενούσε μεγάλη διατάραξη στο επιφανειακό έδαφος και καταστροφή της βλάστησης και των αρτίφυτρων της πεύκης. Τα ιστάμενα ξηρά δένδρα προφυλάσσουν εν μέρει το έδαφος από τη βροχή και με ελαφρά σκιά δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την εγκατάσταση του δάσους. Ακόμη, με τα μικρά κατ' αρχήν κλαδιά

και στη συνέχεια με τα μεγαλύτερα, το φλοιό και άλλα υπολείμματα που συνεχώς φθάνουν στο έδαφος, το προστατεύουν και το εφοδιάζουν με οργανική ουσία και θρεπτικά συστατικά. Η υλοτομία των δένδρων αμέσως μετά την πυρκαγιά και η εγκατάλειψη τους επί τόπου, συμβάλλουν στην πρόληψη της διάβρωσης και των πλημμύρων και βοηθούν τη φυσική αναγέννηση (Παπαμίχος, 1990).

Κάτω από την πύκη παρατηρήθηκε η ανάπτυξη ενός επιφανειακού στρώματος πάχους 2-3 cm, με λεπτή κοκκώδη δομή, πλούσιου σε οργανική ουσία, το οποίο μετά την πυρκαγιά φαίνεται να ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητο στη διάβρωση. Και με μέτριας εντάσεως βροχή, το στρώμα αυτό εύκολα απομακρύνθηκε, αφήνοντας ένα περισσότερο συμπαγές υποεπιφανειακό στρώμα (Παπαμίχος, 1990).

Μετά από μία εκτεταμένη και συστηματική εξέταση ολόκληρης της καμένης περιοχής, εκτιμήθηκε ότι, δύο περίπου χρόνια μετά την πυρκαγιά και κάτω από τις συνθήκες που έχουν εκτεθεί παραπάνω, η απομάκρυνση του εδάφους λόγω διάβρωσης από την καμένη έκταση ήταν (Παπαμίχος, 1990):

- 1-2 cm επιφανειακού εδάφους από το 20% της έκτασης, που αντιστοιχεί σε 100 έως 200 m³/ha.
- 2-4 cm επιφανειακού εδάφους από το 50% της έκτασης, που αντιστοιχεί σε 200 έως 400 m³/ha.
- πάνω από 4 cm επιφανειακού εδάφους που αντιστοιχεί σε απώλεια εδάφους μεγαλύτερη από 400 m³/ha.

Οι μετρήσεις που έγιναν στην περιοχή, ώστε να διεξαχθούν οι προηγούμενες εκτιμήσεις είχαν ως εξής (Παπαμίχος, 1990):

- Τμήματα λίθων που εξείχαν από την επιφάνεια του εδάφους, με την υψηλή θερμοκρασία και την κάπνα από την πυρκαγιά άλλαξαν χρώμα και σαφώς διακρίνονταν από τα τμήματα των λίθων που ήταν κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μετά την απομάκρυνση του εδάφους με τη διάβρωση διακρίνονταν στους λίθους η γραμμή στην οποία έφθανε προ της πυρκαγιάς το έδαφος.
- Το ίδιο παραπάνω φαινόμενο διακρίνονταν και στο κάτω μέρος των κορμών πολλών δένδρων.
- Το μέρος πολλών λίθων που εξείχε της επιφάνειας του εδάφους πριν την φωτιά καλύπτονταν από λειχήνες, η ανάπτυξη των οποίων χαρακτηριστικά σταματούσε στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό επέτρεπε την εκτίμηση του πάχους του εδάφους που απομακρύνθηκε μετά την πυρκαγιά με τη διάβρωση.
- Αξιόλογες ενδείξεις σοβαρής διάβρωσης ήταν επίσης οι συχνές πρόσφατες χαραδρώσεις, οι όγκοι των φερτών υλικών που πάντα παρατηρούνται στα σημεία συμβολής των ρευμάτων με τους δρόμους ή όπου οι κλίσεις των ρευμάτων μειώνονταν. Και τέλος οι χιλιάδες τόνοι φερτών υλικών που εναποτέθηκαν στο πεδινό τμήμα, ή έφθασαν μέχρι τη θάλασσα.

Πέρα όμως από τις παραπάνω μετρήσεις, η προσεκτική παρατήρηση της περιοχής είχε οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι οι ζημιές, ιδιαίτερα στο έδαφος, από τη βοσκή και τις υλοτομίες που ακολούθησαν την πυρκαγιά, ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις ζημιές που προξένησε η ίδια η πυρκαγιά. Εκτιμήθηκε ότι μετά από 4 έως 5 χρόνια, θα ήταν δυνατόν να αποκατασταθεί φυσικώς η βλάστηση και τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής στην περίπτωση της Θάσου, εάν η καμένη έκταση προστατεύονταν αποτελεσματικά (Παπαμίχος, 1990).

Δασική Πυρκαγιά Αυγούστου 1989

Ένα άλλο χαρακτηριστικό αλλά και δραματικό παράδειγμα της επίδρασης των δασικών πυρκαγιών στη διάβρωση των ορεινών δασικών εδαφών, έχουμε στη Θάσο 4

χρόνια μετά, τον Αύγουστο του 1989. Μία ακόμη μεγάλη πυρκαγιά έκαψε στο βορειοδυτικό και κεντρικό τμήμα του νησιού (διαφορετική έκταση από αυτήν που κάηκε το 1985), μια έκταση περίπου 80.000 στρέμματα, με σχετικά καλά δάση τραχείας και μαύρης πεύκης στις υψηλότερες θέσεις.

Η φωτιά είχε μεγάλη ένταση και έκαψε ολοκληρωτικά ορισμένες λεκάνες απορροής των κοινοτήτων Πρίνου, Ραχωνίου, Σωτήρος και Καλλιράχης. Το τοπίο είναι έντονα ορεινό με μεγάλες κλίσεις, που κυμαίνονται μεταξύ 30 και 60% και σε ορισμένες θέσεις υπερβαίνουν το 80%. Το μητρικό πέτρωμα αποτελούσαν σκληροί ασβεστόλιθοι στις υψηλότερες θέσεις και γνευσιακοί σχιστόλιθοι στις κατώτερες. Η υφή των εδαφών ήταν αμμοπηλώδης έως αργιλοπηλώδης, η δομή μέτρια λεπτή υπογωνιώδης, με μεγάλη περιεκτικότητα σε λίθους και χάλικες και βάθος, που κυμαίνονται μεταξύ 20 και 50 cm.

Δυστυχώς και εδώ παρά τις προσπάθειες της Δασικής Υπηρεσίας, η βοσκή των αιγοπροβάτων δεν έπαυσε σχεδόν από την επομένη της πυρκαγιάς. Όσον αφορά την υλοτομία των καμένων δέντρων, αυτή περιορίστηκε στα δένδρα που ήταν κατάλληλα για παραγωγή πιστού ξύλου και κλώνες της ΔΕΗ και ΟΤΕ. Οι υλοτομίες προβλέπονταν να τελειώσουν μέχρι τέλος Μαρτίου 1990 και τούτο για να μη προξηνηθούν ζημιές στη φυσική αναγέννηση της πεύκης. Προβλεπόταν να αφαιρεθεί ένα 20 έως 30% του υπάρχοντος ξυλώδους όγκου και μάλιστα αρκετά έγκαιρα. Αυτό ήταν ένα πολύ θετικό μέτρο. Ωστόσο, σε θέσεις όπου τα υλοτομούμενα δένδρα ήταν περισσότερα, παρατηρήθηκε σοβαρή διατάραξη του εδάφους σε έκταση 30 έως 40% της όλης εκτάσεως.

Στις 7 Νοεμβρίου 1989, το φθινόπωρο δηλαδή αμέσως μετά την πυρκαγιά σημειώθηκε μια καταιγίδα διάρκειας 2 ωρών και 30 περίπου λεπτών, μετρίας σχετικής εντάσεως. Πιθανότατα το μέγιστο της καταιγίδας δεν πρέπει να ήταν μεγαλύτερο των 40 mm/hr και διήρκησε περίπου μία ώρα. Ιδιαίτερες ζημιές υπέστησαν οι κοινότητες του Πρίνου και του Σωτήρα, καθώς και ο οικισμός Παναγία στη σκάλα Καλλιράχης. Μετά από μία γρήγορη εξέταση των λεκανών απορροής των ρευμάτων "Παρμακά" Πρίνου και "Συκιάς" Καλλιράχης, μετά την καταιγίδα της 7/11/89, διαπιστώθηκαν τα παρακάτω (Παπαμίχος, 1990):

- Και οι δύο λεκάνες με έκταση 600 ha περίπου, καλύπτονταν κατά 84% από δάση τραχείας πεύκης με υπόροφο από αείφυλλα πλατύφυλλα κατά θέσεις, 10% από ελαιόδεντρα κατά το πλείστον σε βαθμίδες και 6% βραχώδεις ή άγονες γυμνές εκτάσεις.
- Κύριο χαρακτηριστικό και των δύο λεκανών το υψηλό ποσοστό κάλυψης με δάσος και οι σχετικά μεγάλες κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 40 και 60% και συχνά φθάνουν και πάνω από 80%.
- Με την καταιγίδα της 7/11/89 παρατηρήθηκαν και στις δύο λεκάνες σοβαρότατες επιφανειακές και χαραδρωτικές διαβρώσεις, καταστροφικές πλημμύρες στο πεδινό τμήμα καθώς και εκτεταμένες αποθέσεις φερτών υλικών.
- Μετά από πρόχειρη εκτίμηση, υπολογίστηκε ότι μόνο με την παραπάνω καταιγίδα είχε απομακρυνθεί με τη διάβρωση από τη λεκάνη "Συκιάς" της Καλλιράχης 1-3 cm επιφανειακού εδάφους από έκταση 20%, 3-5 cm από έκταση 60% και περισσότερο από 5 cm έκταση 20% της λεκάνης. Ελαφρά μικρότερη φαίνεται να ήταν η διάβρωση στο ρεύμα Αρπακά Πρίνου.
- Κανείς από τους γηραιότερους κατοίκους της περιοχής δεν θυμόταν να έχουν συμβεί παρόμοιες πλημμύρες, παρά το γεγονός ότι θυμούνται καταιγίδες πολύ μεγαλύτερης έντασης και διάρκειας. Αλλά και ποτέ δεν

θυμήθηκαν τόσο μεγάλης έντασης πυρκαγιές που να καίνε ολόκληρες λεκάνες.

Η κάλυψη των λεκανών με δασική βλάστηση ήταν τόσο ικανοποιητική που ακόμα και μεγάλης εντάσεως καταιγίδες δεν δημιουργούσαν επιφανειακές απορροές και διαβρώσεις. Στην αρχή του πεδινού τμήματος της κοίτης του ρεύματος “Συκιάς” φαινόταν καθαρά η ύπαρξη μιας παλαιάς ευρείας κοίτης. Αυτή όμως δεν φαινόταν να έχει δεχθεί πολλά νερά, τουλάχιστον τα τελευταία 400 χρόνια, εάν κρίνει κανείς από την ύπαρξη ελαιοδένδρων εντός της κοίτης ηλικίας μεγαλύτερης των 400 ετών.

Οι επιφανειακές απορροές και οι διαβρώσεις είχαν αποτέλεσμα καταστρεπτικότερες πλημμύρες και εκτεταμένες αποθέσεις στο πεδινό τμήμα των χειμάρρων.

Το πάχος των αποθέσεων στο κατώτερο πεδινό τμήμα του ρεύματος Καλλιράχης, έφθασε μέχρι 2 m, όπως καθαρά φάνηκε από τις προσχώσεις θερινών κατοικιών, φρακτών και γηραιών ελαιοδένδρων. Η σύσταση των αποθέσεων αυτών ήταν ιλύς, άμμος και στάχτη, ενώ σε μεγαλύτερες κλίσεις είχαν μικρότερο πάχος και πιο χονδρόκοκκη σύσταση.

Η ίδια περίπτωση έντασης και διάρκειας της βροχής προξένησε πολύ μικρότερη διάβρωση, πλημμύρα και μεταφορά φερτών υλικών στο αμέσως γειτονικό ρέμα της Κοινότητας Μαριών, η λεκάνη του οποίου είχε καεί από την πυρκαγιά του 1985. Αυτό ήταν μια καλή ένδειξη ότι 4 χρόνια μετά την πυρκαγιά, οι επιφανειακές απορροές και η διάβρωση είχαν ελαττωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Εάν μάλιστα φυλάγονταν καλά από τη βοσκή, ίσως η υδρολογική ισορροπία να επανέρχονταν στην προπυρική κατάσταση. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι είναι πράγματι δύσκολο να γίνει ακριβής εκτίμηση των ζημιών της πυρκαγιάς και των διαβρώσεων που ακολούθησαν. Εκείνο που μάλλον φαίνεται βέβαιο είναι ότι οι ζημιές στους φυσικούς πόρους της περιοχής ήταν τεράστιες και πολύ δύσκολο να αποκατασταθούν.

5.2 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

5.2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΜΕΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Η διατάραξη της ισορροπίας που παρατηρείται στο φυσικό οικοσύστημα μιας λεκάνης απορροής μετά από πυρκαγιά επανέρχεται βαθμιαία στην αρχική της κατάσταση μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα. Ο ρυθμός της διάβρωσης ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου και η ελάττωση αυτή εξαρτάται από το ρυθμό επανεμφάνισης της προστατευτικής βλάστησης. Η βλάστηση, και κυρίως η ποώδης, αρχίζει να επανεμφανίζεται μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις στην περιοχή. Το στάδιο αυτό μέχρι την εγκατάσταση κάποιας ικανοποιητικής βλάστησης (>60%) είναι ιδιαίτερα κρίσιμο και θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα δυνατά μέτρα για την ταχύτερη εγκατάσταση αυτής της βλάστησης.

Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την πλήρη αποκατάσταση της βλάστησης ποικίλει από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή. Επομένως και ο χρόνος που απαιτείται για να επανέλθει ο ρυθμός της διάβρωσης του εδάφους στα επίπεδα πριν την πυρκαγιά, ποικίλει και οι παράγοντες που τον επηρεάζουν αναφέρονται παρακάτω (Κωνσταντινίδης, 2003):

- Η ένταση και το μέγεθος της φωτιάς, καθώς ο χρόνος που έμεινε η λεκάνη άκαυτη πριν τη φωτιά. Οι σπόροι των δέντρων που μένουν μέσα στους κλειστούς κώνους και η οργανική ουσία του δασικού εδάφους αποτελούν τις προϋποθέσεις για την αναγέννηση της βλάστησης του εδάφους. Αν μια

πυρκαγιά μεγάλης έντασης καταστρέφει πλήρως σπόρους και οργανική ουσία, ή δεν υπάρχουν σπόροι και επαρκής οργανική ουσία, λόγω προηγούμενων πυρκαγιών, το αποτέλεσμα είναι η καθυστέρηση της επανεμφάνισης της βλάστησης και κατά συνέπεια η αύξηση του χρόνου μείωσης του ρυθμού διάβρωσης του εδάφους.

- Το κλίμα της περιοχής. Έχει διαπιστωθεί πως η αποκατάσταση της βλάστησης γίνεται γρηγορότερα σε υγρά κλίματα παρά σε ξηρά. Πράγματι, στα ξηρά κλίματα δεν υπάρχει η απαραίτητη υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών με αποτέλεσμα η αποκατάσταση της βλάστησης να γίνεται με βραδείς ρυθμούς.
- Η ανθρώπινη παρέμβαση μετά την πυρκαγιά. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να είναι κατασταλτικός ή ανασταλτικός για την επανεμφάνιση της βλάστησης, ανάλογα με το είδος της παρέμβασης. Έτσι, αν μετά την πυρκαγιά εφαρμοστεί τέλεια προστασία των δασικών εκτάσεων από τη βοσκή, αναχλόαση με ετήσια ποώδη φυτά, μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, καθώς και άλλα φυτοτεχνικά έργα, τότε δημιουργούνται συνθήκες μείωσης του ρυθμού διάβρωσης του εδάφους. Αν αντίθετα, μετά την πυρκαγιά, δεν προστατευτούν οι δασικές εκτάσεις, είτε από βοσκή είτε από άλλες ενέργειες που διαταράσσουν την περιοχή τότε επιμηκύνεται ο χρόνος για την αποκατάσταση της βλάστησης. Σημαντική μεταπυρική παρέμβαση θεωρείται η συγκομιδή της καμένης ιστάμενης ξυλείας, που πολλοί ερευνητές θεωρούν πως έχει θετικές επιδράσεις στην αναγέννηση της βλάστησης, την μείωση της διάβρωσης και την ανάκαμψη του οικοσυστήματος γενικότερα, ενώ πολλοί άλλοι υποστηρίζουν το αντίθετο.

Επίδραση της συγκομιδής της ξυλείας μετά την πυρκαγιά

Η συγκομιδή της καμένης ξυλείας μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη. Τέτοια είναι (Ξανθόπουλος κ.α., 2001):

- Χρήση του ξυλούδους κεφαλαίου για αντιδιαβρωτικούς σκοπούς.
- Μείωση της διάβρωσης που προκαλείται από τις συσσωματούμενες σταγόνες της βροχής, στα κλαδιά των νεκρών ιστάμενων δέντρων, καθώς αποκτούν ορμή κατερχόμενες από αυτά.
- Μείωση της διάβρωσης, λόγω της εκρίζωσης των νεκρών ιστάμενων δέντρων, από τον άνεμο.
- Μείωση του κινδύνου μελλοντικής πυρκαγιάς, καθώς αποτελούν εύφλεκτη καύσιμη ύλη.
- Διευκόλυνση φυσικής αναγέννησης.
- Διευκόλυνση διεύλεσης άγριας πανίδας.
- Διευκόλυνση εργασιών όπως φυτεύσεις και αναδασώσεις.
- Μείωση του κινδύνου ατυχημάτων, ειδικά αν το δάσος είναι επισκέψιμο.
- Οικονομικοί λόγοι
- Αισθητικοί λόγοι

Παράλληλα όμως, μπορεί να εμφανιστούν σοβαρά προβλήματα και κίνδυνοι από την συγκομιδή της καμένης ξυλείας. Τέτοιοι είναι (Ξανθόπουλος κ.α., 2001):

- Αύξηση της διάβρωσης, λόγω της έντονης μηχανοποίησης των συγκομιστικών εργασιών.
- Η πλήρης απομάκρυνση του μεγάλων κορμών και των νεκρών ιστάμενων δένδρων, μπορεί να εμποδίσει την φυσική ανάκαμψη του οικοσυστήματος, καθώς βραχυπρόθεσμα προσφέρουν προστασία από την διαβρωτική δράση των έντονων επεισοδίων βροχής και σκίαση (έως και 10%,

Κωνσταντινίδης, 2003), δημιουργώντας το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη της βλάστησης, ιδιαίτερα αν αποτελείται από σκιόφυτα είδη, όπως η ελάτη. Μακροπρόθεσμα, το ξυλώδες κεφάλαιο είναι κρίσιμο για τον εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία και άζωτο (βλ. κεφ. 3, χονδροειδή δασικά υπολείμματα ξύλου, DeBano et al, 1998).

- Η απομάκρυνση των ιστάμενων δέντρων θα έχει σαν αποτέλεσμα την πλήρη διακοπή του φαινομένου της ομιγλοβροχής στην περιοχή
- Η χρήση του συγκομισθέντος ξύλου μπορεί να δώσει κίνητρο για εμπρησμούς.

Γενικά, για να αποφασίσουμε αν πρέπει να γίνει συγκομιδή ή το ποσοστό αυτής που πρέπει να γίνει, για την λιγότερη διατάραξη του οικοσυστήματος, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη οι παρακάτω παράγοντες (Ξανθόπουλος κ.α., 2001):

- Ποσοστό δέντρων που νεκρώθηκαν.
- Η ηλικία, μέγεθος και το δασοπονικό είδος των δέντρων
- Οι εδαφικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και ο κίνδυνος διάβρωσης.
- Εκτίμηση κινδύνου μελλοντικών πυρκαγιών, χωρίς τη συγκομιδή.
- Εκτίμηση δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.
- Διαθέσιμα μέσα, μέθοδοι και τεχνογνωσία συγκομιδής.
- Διαθέσιμο οδικό δίκτυο πρόσβασης.
- Οικονομικά οφέλη.
- Κοινωνικές συνθήκες.

Η συγκομιδή του καμένου ξυλώδους κεφαλαίου πρέπει να γίνει άμεσα (το πολύ 9 μήνες μετά την πυρκαγιά), για να μην διαταραχθεί το οικοσύστημα στη φάση της αναγέννησής του και να μην χαλάσει η ποιότητα του ξύλου. Αν το ξύλο προορίζεται για πριστή ξυλεία, η συγκομιδή πρέπει να γίνει 1-2 μήνες μετά την πυρκαγιά (Ρουσοδήμους, 1986-87 από Ξανθόπουλος κ.α., 2001). Γενικά, εκτιμάται πως η συγκομιδή του καμένου ξύλου πρέπει να έχει τελειώσει πριν τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, δηλαδή 4-5 μήνες το πολύ, μετά την πυρκαγιά (Ξανθόπουλος κ.α., 2001).

Πάντως, είναι γενικά αποδεκτό πως η συγκομιδή σε μεγάλο βαθμό, με έντονα μηχανοποιημένα μέσα, θα προκαλέσει σοβαρή διατάραξη στην φυσική αναγέννηση και το δασικό έδαφος, ενισχύοντας σημαντικά τη διάβρωση (Καϊλίδης, 1993, Κωνσταντινίδης, 2003). Παρακάτω, παρουσιάζεται μια έρευνα για την επίδραση της συγκομιδής της καμένης ξυλείας στη διάβρωση, παρά του ότι λαμβάνει χώρα 13 μήνες μετά την πυρκαγιά.

Μελέτη επιδράσεων στην εδαφική διάβρωση, από την συγκομιδή της καμένης ξυλείας

Η επίδραση της πυρκαγιάς και της συγκομιδής ξυλείας στην υποβάθμιση του εδάφους αξιολογήθηκε σε μια καμένη περιοχή πεύκων στην Γαλικία της Ισπανίας. Κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους μετά από πυρκαγιά μέτριας έντασης, τα καμένα δέντρα δεν απομακρύνθηκαν και οι απώλειες εδάφους που μετρήθηκαν από τη συλλογή φερτών στο κατώτατο σημείο των οροθετημένων φραγμάτων ήταν πολύ χαμηλές (Fernandez et al, 2007).

Η επίδραση της πυρκαγιάς στο έδαφος ήταν μικρή, ωστόσο η μειωμένη διάβρωση, λόγω χαμηλών εντάσεων βροχόπτωσης μεταπυρικά, μπορεί να είναι ο λόγος γι αυτό το αποτέλεσμα. Η διαδικασία αντιμετώπισης της διάβρωσης πραγματοποιήθηκε 13 μήνες μετά. Τρεις εναλλακτικές λύσεις συγκρίθηκαν: α) καμία επέμβαση στα καμένα δέντρα, β) συγκομιδή των δέντρων συνοδευόμενη από θερισμό και γ) συγκομιδή με θρυμματισμό. Οι απώλειες του εδάφους ήταν ακόμη μικρότερες μετά από αυτή την επεξεργασία από ό,τι την περίοδο πριν τη συγκομιδή. Και πάλι η έκθεση

του εδάφους και η ελάχιστη βροχόπτωση φαίνεται να συμβάλλουν σε αυτό το αποτέλεσμα. Οι αλλαγές στο έδαφος και στην πυκνότητα του εδάφους μετά την συγκομιδή των δέντρων και τις υπόλοιπες επεξεργασίες ήταν μικρές και όχι αρκετές ώστε να προκαλέσουν σημαντική παραγωγή ιζημάτων. Οι διαδικασίες συγκομιδής των δέντρων αύξησαν την ανομοιογένεια του εδάφους (Fernandez et al, 2007). Αυτός ο βαθμός μεταβλητότητας προσδιορίστηκε καλύτερα με την χρησιμοποίηση μικροσκοπικών φραχτών. Το ποσοστό του εδάφους που διαταράχθηκε από τα μηχανήματα ήταν η μεταβλητή που σχετίζεται περισσότερο με τις μικρές απώλειες του εδάφους μετά την διαδικασία της συγκομιδής. Σ' αυτή τη μελέτη παρατηρήθηκε ότι οι συνδυασμένες επιπτώσεις της πυρκαγιάς και της εκκαθάρισης, προκάλεσαν μόνο μια επιτάχυνση της διάβρωσης όταν εμφανίστηκε έκθεση του εδάφους μετά τις επεξεργασίες. Ωστόσο τα αποτελέσματα αυτά πρέπει να εξεταστούν με προσοχή αφού η βροχόπτωση ήταν μικρή κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (Fernandez et al, 2007).

Η έρευνα αυτή έδειξε τη σχέση ανάμεσα στην παραμονή στρώματος οργανικού υλικού μετά τη πυρκαγιά με τον έλεγχο της εδαφικής διάβρωσης. Δε φάνηκε κάποιο πλεονέκτημα από την παραμονή των καμένων δέντρων ως έχουν. Η διάβρωση μετά τη συγκομιδή των δέντρων ήταν μικρή σε κάθε περίπτωση, και οι δύο μέθοδοι κοψίματος έδειξαν περίπου ίδιες απώλειες (Fernandez et al, 2007). Ο χρόνος που μεσολάβησε μετά την πυρκαγιά και μέχρι την μελέτη, δείχνει να έχει μεγαλύτερη σημασία από ότι τα ίδια τα έργα.

Στα ίδια συμπεράσματα, δηλαδή στην ελάχιστη διαφορά στους ρυθμούς διάβρωσης μεταξύ της περιοχής που υλοτομήθηκαν τα νεκρά ιστάμενα δέντρα και της περιοχής που δεν έγινε καμία παρέμβαση, κατέληξε και η έρευνα των Marques και Mora (1998), που έγινε στην Βαρκελώνη της Ισπανίας. Ωστόσο, οι Marques και Mora (1998) αναφέρουν την σημαντική επίπτωση των συρτών, που δημιουργήθηκαν από την κοπή και την σύρση των κορμών, στην διάβρωση της περιοχής. Χαρακτηριστικά αναφέρουν πως οι σύρτες που δημιουργήθηκαν, μετατράπηκαν σε αυλάκια (gullies), ενισχύοντας ελαφρά την επίγεια ροή και τη διάβρωση.

5.2.2 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Η διάβρωση το πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά μπορεί να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη απ' ότι σε κανονικά δάση (Robichaud and Elliot, 2006). Για να μετριαστεί η πιθανή διάβρωση μετά τη φωτιά, έχουν εφαρμοστεί πολλές αντιδιαβρωτικές εργασίες, σε περιοχές με υψηλό βαθμό διάβρωσης, στις οποίες οι κατάντη περιοχές έχουν ανάγκη από προστασία. Επειδή τα ποσοστά διάβρωσης μετά τη φωτιά μειώνονται μετά από κάθε έτος αποκατάστασης, οι αποτελεσματικές επεμβάσεις απαιτούνται κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους ή το πολύ του δεύτερου μετά την πυρκαγιά. Οι εργασίες περιλαμβάνουν τη σπορά, αναμόχλευση και τάφρους, φυσικές μπάρες όπως τα καταρριφθέντα κούτσουρα, πλέγματα άχυρου, βιοπλέγματα και γεωφάσματα (π.χ. γιούτας), προστατευτικό στρώμα με άχυρο καθώς και στρώμα από ρινίσματα ξύλου (chips).

Στις ΗΠΑ, σε μικρές λεκάνες, έγινε προσπάθεια σύγκρισης μετά από επεξεργασία στοιχείων για 7 χρόνια και η γενική διαπίστωση είναι ότι η μείωση της διάβρωσης μπορεί να επιτευχθεί, αλλά όχι για όλα τα επεισόδια βροχής. Επίσης φαίνεται ότι το προστατευτικό στρώμα είναι αποτελεσματικότερο απ' ότι η σπορά και οι φυσικές μπάρες. Για τα μικρά γεγονότα βροχοπτώσεων, η μείωση των ποσοστών διάβρωσης του πρώτου έτους έχει μετρηθεί για το προστατευτικό στρώμα άχυρου και ξύλου σε 60-80%, για τα καταρριφθέντα εμπόδια διάβρωσης (μπάρες) σε 50-70% και για υδροσπορά (Hydromulch) 19%. Οι εργασίες σποράς χλόης έχουν τη μικρότερη

επίδραση στη μείωση της διάβρωσης, κατά το πρώτο έτος. Για τα έντονα (ραγδαία) γεγονότα βροχής ($I_{10}>40$ mm/h) υπήρξε μικρή διαφορά μεταξύ των επεξεργασμένων και μη επεξεργασμένων περιοχών (Robichaud and Elliot, 2006).

Στην προηγούμενη δεκαετία, λόγω του αριθμού, του μεγέθους και της δριμύτητας των πυρκαγιών, στις Δυτικές ΗΠΑ, οι διοικητικές υπηρεσίες ξόδεψαν δεκάδες εκατομμύρια δολάρια για μέτρα σταθεροποίησης σε λεκάνες απορροής που βρίσκονταν σε έκτακτη ανάγκη, μετά από πυρκαγιά. Αυτές οι προσπάθειες προορίζονταν για να ελαχιστοποιήσουν τις απορροές πλημμυρών, τις αιχμές των παροχών, τη διάβρωση της περιοχής, τις προσχώσεις στα κατάντη, τη ροή φερτών και άλλων υδρολογικών καταστροφών στο φυσικό βιότοπο, καθώς και την προστασία δρόμων, γεφυρών, δεξαμενών και υδρευτικών συστημάτων (Robichaud and Elliot, 2006).

Οι αυξανόμενες δαπάνες και η δημόσια απαίτηση για την αποκατάσταση των περιοχών δημιούργησε την ανάγκη για έκτακτες οικονομικές και επιστημονικές μελέτες για να καθοριστεί η οικονομικότερη και αποτελεσματικότερη προσέγγιση για την μείωση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στις ανθρώπινες ζωές, στην ιδιοκτησία, στην παροχή και ποιότητα του νερού, στην παραγωγικότητα του εδάφους, καθώς και στον βιότοπο (Robichaud and Elliot, 2006).

Γενικά, οι επεμβάσεις αποκατάστασης μετά την πυρκαγιά σε λοφώδεις εκτάσεις, που σκοπό έχουν την μείωση της επιφανειακής απορροής και τη συγκράτηση του εδάφους, μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

- Σπορά για την αναγέννηση της φυτοκάλυψης και την αντιμετώπιση των ζιζανίων.
- Επεξεργασμένες επικαλύψεις ή προστατευτικά στρώματα.
- Εμπόδια και τάφροι που συγκρατούν με φυσικό τρόπο την απορροή και τα φερτά.

Σπορά (seeding)

Ιστορικά, η σπορά χλόης, συνήθως από αεροσκάφη, είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος. Οι Robichaud κ.α. (2000) εξέτασαν 9 μελέτες σποράς, σε κωνοφόρα δάση που παρείχαν ποιοτικά στοιχεία για την επικάλυψη του εδάφους. Την πρώτη εποχή ανάπτυξης μετά τη φωτιά, μόνο το 29% των περιοχών κατάφεραν να καλύψουν το 60% της συνολικής έκτασης, το ελάχιστο ποσοστό που απαιτείται για αποτελεσματική μείωση της διάβρωσης (Pannkuk and Robichaud, 2003 from Robichaud and Elliot, 2006). Οι Robichaud κ.α. (2000) ανέφεραν πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη διάβρωση, σε περιοχές που σπάρθηκαν και λιπάνθηκαν, σε απότομες και ολοσχερώς καμένες περιοχές της Βόρειας Ουάσινγκτον. Ο Beyers (2004 from Robichaud and Elliot, 2006) από την άλλη παρατήρησε μειωμένη μετακίνηση διαβρωμένων εδαφοϋλικών σε αντίστοιχες μελέτες και αυτό μόνο σε περιοχές που το σπαρμένο γρασίδι πληρούσε την εδαφική κάλυψη που απαιτείται, ώστε να επιτευχθεί η μείωση της διάβρωσης (60%). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι η σπορά μετατόπισε την εγγενή βλάστηση, όπως θάμνους και δένδρα (Beyers, 2004 from Robichaud and Elliot, 2006).

Προστατευτικό Στρώμα (mulching)

Το προστατευτικό στρώμα είναι ένα υλικό το οποίο απλώνεται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, για να το προστατέψει από την επίδραση της βροχής και να μειώσει την επίγεια ροή. Πολλά υλικά όπως κομμάτια ξύλου, άχυρο, ρύζι και φυσικά ή συνθετικά υφάσματα έχουν χρησιμοποιηθεί για προστασία. Το προστατευτικό αυτό στρώμα μετά τη διάστρωσή του πρέπει να έχει πάχος 5-7 cm (για τυπικό στρώμα άχυρου είναι 2 t/acres, Moench and Fusaro, 2008). Για την σταθεροποίηση του στρώματος από την δράση του ανέμου και της βροχής, πολλές φορές πάνω από αυτό μπαίνει ένα βιοπλέγμα, σαν δίχτυ, το οποίο αγκυρώνεται στο έδαφος (Moench and

Fusaro, 2008). Στην εικόνα 5.1, φαίνεται το στρώμα άχυρου, αμέσως μετά την διάστρωσή του σε καμένο έδαφος. Η προστασία με άχυρο έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να μειώσει τα ποσοστά διάβρωσης κατά 50%-94% (Bautista et al, 1996 from Robichaud and Elliot, 2006) και επιπλέον εμπλουτίζει το έδαφος με οργανική ουσία, προάγοντας την φυσική αναγέννηση (Wagenbrenner et al, 2006). Αντίθετα, η προστασία με στρώμα από μικρά τεμάχια ξύλου (chips) δεν βοήθησε στην φυσική αναγέννηση (Kim et al, 2008). Η υδροπροστασία (hydromulching), μια σχετικά νέα εφαρμογή αντιδιάβρωσης, είναι διαθέσιμη με μια πληθώρα συνδυασμών από συγκολλητική ουσία, πολυμερή σώματα, συνδετικές ίνες, σπόρους κ.α. που όταν αναμιχθεί με νερό και εφαρμοστεί στην επιφάνεια του εδάφους, δημιουργεί μια επιφάνεια που μπορεί να μειώσει τη διάβρωση και να βοηθήσει την ανάπτυξη των φυτών.

Σε μερικές καμένες περιοχές η φυσική προστασία μπορεί να παρέχει επαρκή κάλυψη του εδάφους μετατρέποντας το “καμιά επεξεργασία” σε μια πρακτική επιλογή γι’ αυτές τις περιοχές. Σε δάση κωνοφόρων δένδρων, όπου η ένταση της φωτιάς ήταν από χαμηλή ως μέτρια, συχνά υπάρχουν δένδρα τα οποία είναι ελαφρώς ή μερικώς καμένα και αφήνουν νεκρές βελόνες πάνω στην κόμη τους. Αυτές οι βελόνες που πέφτουν στο έδαφος, αφενός το εμπλουτίζουν με οργανική ύλη, αφετέρου παρέχουν ένα προστατευτικό στρώμα. Ο Pannkuk και ο Robichaud (2003 from Robichaud and Elliot, 2006), βρήκαν μείωση 80% στην διάβρωση του εδάφους και 20-40% αντίστοιχη στα ρυάκια και στα ρέματα, σε μια περιοχή που καλύφτηκε κατά το ήμισυ από νεκρές βελόνες.



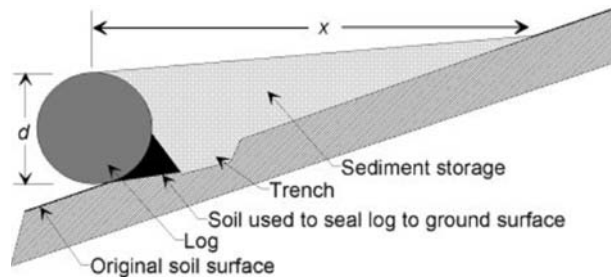
Εικόνα 5.1. Στρώμα άχυρου σε καμένο έδαφος (Moench and Fusaro, 2008).

Μπάρες Αντιδιάβρωσης ή κορμοδέματα (log erosion barriers, LEBs)

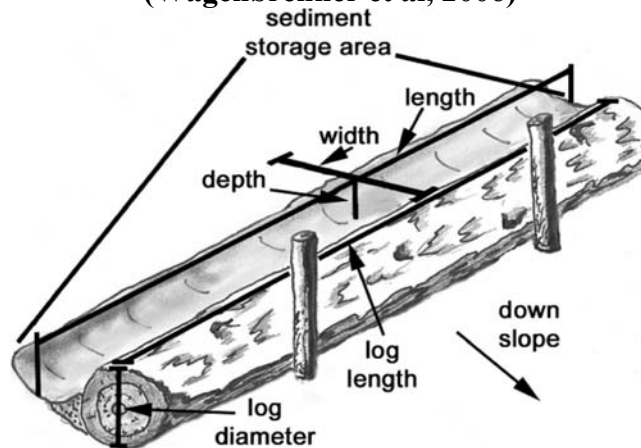
Δέματα και πλέγματα άχυρου, καταρριφθέντες κορμοί, αναμόχλευση και τάφροι και άλλες φυσικές και μηχανικές κατασκευές έχουν χρησιμοποιηθεί για να επιβραδύνουν την χερσαία ροή, να ευνοήσουν τη διήθηση, να παγιδεύσουν τα φερτά και κατ’ επέκταση να μειώσουν την μετακίνηση των διαβρωμένων εδαφοϋλικών σε καμένες βουνοπλαγιές. Πιο διαδεδομένα είναι τα κορμοδέματα, δηλαδή καταρριφθέντες κορμοί κατά μήκος των ισοϋψών του εδάφους (βλ. σχήμα 5.2, 5.3 και 5.4). Οι κορμοί και οι αναμοχλεύσεις γενικά του εδάφους, μπορούν να φανούν αποτελεσματικές όσον αφορά την διάσπαση του υδροφοβικού στρώματος του εδάφους, με σημαντικά οφέλη στην αύξηση της διήθησης και την μείωση της απορροής (Moench and Fusaro, 2008). Ωστόσο, οι αναμοχλεύσεις και κάθε είδους διαταραχές στο καμένο

έδαφος, ειδικά αν γίνουν σε μεγάλο βαθμό, μπορούν να αυξήσουν την διάβρωση και τις μετακινήσεις φερτών υλών.

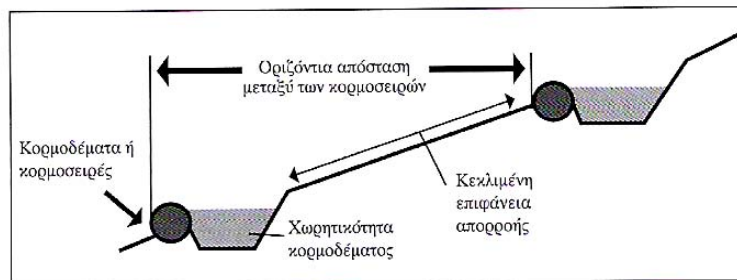
Η απορροή και η διάβρωση μετά την πυρκαγιά συχνά εκτιμώνται από σχετιζόμενες πληροφορίες, αφού η απευθείας μέτρηση τους είναι συχνά δαπανηρή, πολύπλοκη και απαιτεί εντατική εργασία (Robichaud et al, 2000). Παρ όλα αυτά πρόσφατες επιστημονικές προσπάθειες έχουν εστιάσει στην ανάπτυξη και στην εφαρμογή μεθόδων που μετρούν άμεσα την διάβρωση σε βουνοπλαγιές, για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα και οι περιορισμοί των διάφορων μεθόδων αποκατάστασης.



Σχήμα 5.2. Αναπαράσταση λειτουργίας κορμοδεμάτων. Φαίνεται η διατομή του κορμού (log), διαμέτρου d και η χωρητικότητά τους (sediment storage) (Wagenbrenner et al, 2006)



Σχήμα 5.3. Προοπτικό σχέδιο κορμοδεμάτων, όπου φαίνονται γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κορμού (log) και της περιοχής συγκράτησης φερτών (sediment storage area) (Robichaud et al, 2008).



Σχήμα 5.4. Κορμοδέματα σε σειρά, κατά μήκος μιας πλαγιάς, όπου δείχνονται οι χωρητικότητες, η οριζόντια απόσταση μεταξύ τους και η κεκλιμένη επιφάνεια απορροής απ' όπου “γεμίζει” το κάθε κορμόφραγμα (Μπαλούτσος κ.α., 2007(a)).

Για να εξασφαλιστεί ότι οι μετρήσεις γίνονται κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους μετά τη φωτιά όταν η απορροή και η διάβρωση είναι μέγιστες, οι Robichaud και Brown (2002) ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μια γρήγορη προσέγγιση απάντησης στις περιοχές υπό μελέτη. Οι συλλέκτες και οι φράκτες φερτών κατασκευάζονται εντός μιας εβδομάδας μετά την πυρκαγιά για να ελέγξουν την ποσότητα των φερτών υλών και τη συμπεριφορά της απορροής. Οι περιοχές ελέγχονται για 3-5 χρόνια ώστε να παρατηρηθεί η αρχική διαδικασία αποκατάστασης. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής, δηλαδή οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, ο υδροφοβικός χαρακτήρας του και η κάλυψή του, χρησιμοποιούνται ώστε να συγκριθούν περιοχές μεταξύ τους και να συσχετισθούν με τη διάβρωση και το βαθμό αποκατάστασης των περιοχών αυτών. Οι πληροφορίες για τις βροχοπτώσεις και τη διάβρωση μαζί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των περιοχών, χρησιμοποιούνται για να συγκριθούν περιοχές επεξεργασμένες με αντίστοιχες ακατέργαστες.

Συλλέκτες κατά ζεύγη (paired catchments)

Η διαδικασία αυτή μετρά την απορροή και τα φερτά υλικά, μετά από βροχόπτωση, σε δύο παρακείμενες περιοχές, που έχουν στα κατάντη συλλέκτες (2-10 ha, με φυσική αποξήρανση και έξοδο από ένα σημείο), στους οποίους υπάρχει μια αντιστοιχία με την περιοχή, στο μέγεθος, την κλίση, τις πτυχές, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την δριμύτητα της πυρκαγιάς. Στην περιοχή του ενός συλλέκτη έχει εφαρμοστεί κάποια μέθοδος αποκατάστασης, ενώ η άλλη έχει αφεθεί ως έχει, για έλεγχο. Η απορροή μετριέται χρησιμοποιώντας ένα φράκτη και το φερτό, διαβρωμένο υλικό, το οποίο έχει συγκεντρωθεί, αφαιρείται από τη λεκάνη και ζυγίζεται μετά από κάθε βροχόπτωση. Η ένταση της βροχόπτωσης, η ποσότητα και η διάρκεια συσχετίζονται με την μετρημένη απορροή και το ίζημα. Ένας τυπικός ζευγαρωτός συλλέκτης, μαζί με αισθητήρες καταγραφής μετρήσεων, φαίνεται στην εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2. Ζευγαρωτοί συλλέκτες φερτών υλικών (Robichaud et al, 2008(a)).

Οι φράκτες φερτών υλικών (sediment fences) κατασκευάζονται από ένα εργοστασιακό ύφασμα και παρέχουν μια λιγότερο δαπανηρή μέθοδο για την απ' ευθείας μέτρηση της διάβρωσης των βουνοπλαγιών (Robichaud and Brown, 2002) (βλ. εικόνα 5.3). Αν και δεν μπορεί να αξιολογηθεί η απορροή, οι πολλαπλοί φράκτες

επιτρέπουν συνεχείς εκτιμήσεις διαφορετικών επεξεργασιών. Όπως και στους ζευγαρωτούς συλλέκτες, συλλέγονται και αφαιρούνται τα φερτά υλικά, ζυγίζονται μετά από κάθε επεισόδιο καταιγίδας και η συνεχής καταγραφή αποτελεσμάτων μπορεί να συσχετίσει την ένταση, την ποσότητα και την διάρκεια της βροχής, με την ποσότητα των μεταφερομένων φερτών εδαφοϋλικών (Robichaud and Brown, 2002).



Εικόνα 5.3. Φράκτης φερτών υλικών με γεωφάσμα (Robichaud and Brown, 2002).

5.2.3 ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Μπάρες αντιδιάβρωσης ή κορμοδέματα (LEBs)

Οι μέχρι σήμερα ερευνητικές μελέτες δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε επεξεργασίας αποκατάστασης, εξαρτάται από την ποσότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων, ειδικά στα πρώτα 1 έως 3 έτη μετά την πυρκαγιά (κυρίως το πρώτο, Marshall et al, 1996). Για παράδειγμα, στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά Fridley, 3 επεισόδια βροχής συνέβησαν σε 7 ημέρες, με ύψος βροχής 49,7 mm με μέσο όρο I_{10} της τάξης των 48,9 mm/h. Η περιοχή που εφαρμόστηκε η μέθοδος με καταρριφθέντες κορμούς είχε παρόμοια διάβρωση με τη λεκάνη ελέγχου (5,8 mg/h και 6,7mg/h αντίστοιχα) (βλ. πίν. 5.4). Παρόλα αυτά, τον πρώτο χρόνο μετά την πυρκαγιά στην κοιλάδα Complex, δυο επεισόδια βροχής σε δυο μέρες είχαν ως αποτέλεσμα 19 mm βροχής με μέσο όρο $\max I_{10}$ της τάξης των 37,2 mm/h. Σε αυτή την περιοχή όχι μόνο υπήρξε λιγότερη διάβρωση από τη Fridley, αλλά η ποσότητα των 0,56 mg/h της λεκάνης ελέγχου ήταν ξεκάθαρα μεγαλύτερη συγκρινόμενη με την 0,15 mg/h από την λεκάνη που επεξεργάστηκε με καταρριφθέντες κορμούς (βλ. πίν. 5.4, Robichaud and Elliot, 2006). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από τους Wayenbrenner et al (2000) από μια έρευνα, ύστερα από πυρκαγιά στο Bdocat του Colorado, όπου μια βροχή έντασης $I_{30}=48$ mm/h σύντριψε κάθε επεξεργασία από σπορά, προστατευτικό στρώμα άχρου και κορμοφραγμάτων. Γίνεται φανερό πως για έντονα επεισόδια βροχής, όλα τα αντιδιαβρωτικά μέτρα υστερούν και πολλές φορές καταστρέφονται.

Μετά από μελέτη των προκαταρκτικών στοιχείων του πρώτου και δεύτερου χρόνου, ύστερα από την πυρκαγιά, για 6 ζευγαρωτούς συλλέκτες σε περιοχές όπου

τοποθετήθηκαν φράγματα κορμών, καταδείχτηκε η σχετικά μεγάλη διάβρωση που συντελέστηκε το πρώτο έτος της πυρκαγιάς (πίνακας 5.4, Robichaud and Elliot, 2006).

Πίνακας 5.4: Έλεγχος απόδοσης των κορμοφραγμάτων με τη βοήθεια συλλεκτών κατά ζεύγη (Robichaud and Elliot, 2006).

Όνομα φωτιάς, τοποθεσία	Έτος πυρκαγιάς	Μέση ετήσια στερεοαπορροή	
		Επεξεργασμένα με LEBs (Mg*ha ⁻¹)	Χωρίς επέμβαση (Mg*ha ⁻¹)
North 25 Washington	1999	1.2	0,64
	2000	0	0
Mixing, California	2000	0,44	0,02
	2001	0.08	1,4
Valley Complex, Montana	2001	0,15	0,64
	2002	0.48	0.93
Fridley Montana	2002	6.1	6.7
	2003	0.16	0.29
Cannon, California	2002	0.12	0.13
	2003	0	0.01
Hayman, Colorado	2003	11	24
	2004	1.4	7.1

Στο North 25, στο Mixing και στο Fridley (ΗΠΑ), παρατηρήθηκε παρόμοια ή και μεγαλύτερη διάβρωση, σε περιοχές με φράγματα κορμών σε σχέση με μη επεξεργασμένες περιοχές. Αντίθετα στις περιοχές Bitterroot, Hayman και Cannon διατυπώθηκε μείωση περίπου 50% της διάβρωσης στις επεξεργασμένες περιοχές με φράγματα κορμών. Με βάση τις έως τώρα πληροφορίες, η αναμενόμενη μείωση της διάβρωσης από τα LEBs, είναι περίπου 20-50% για βροχές μέτριας και υψηλής έντασης, ενώ για όλα τα υπόλοιπα επεισόδια βροχής το αναμενόμενο ποσοστό είναι περίπου 70% (Robichaud and Elliot, 2006). Πρέπει βέβαια να επισημανθεί πως μόλις η χωρητικότητα των LEBs πληρωθεί, η οποία είναι ούτως ή άλλως μικρή, το ίζημα μέσω της ροής του νερού μεταφέρεται γύρω και πάνω από τον κορμό.

Μετά από φωτιά το 2002 στο Hayman (ΗΠΑ), εφαρμόστηκε ένα σετ 3 συλλεκτών, στη μία περιοχή έγινε επεξεργασία με στρώμα άχυρου, στην άλλη με υδροπροστασία, ενώ ένα τρίτο αφέθηκε ως είχε για έλεγχο.

Το 2003 η ακατέργαστη περιοχή παρείχε 22,2 t/ha φερτά υλικά, ενώ τα μεγέθη για το στρώμα άχυρου και το υδραυλικό προστατευτικό στρώμα ήταν αντίστοιχα 8,09 t/ha (63% λιγότερο) και 18,2 t/ha (19% λιγότερο) (πίνακας 5.5, Robichaud and Elliot, 2006). Το 2004 υπήρξε μια σχετικά απρόσμενη αύξηση στην ποσότητα του ιζήματος, εξαιτίας της αύξησης των βροχοπτώσεων. Ακόμα και έτσι οι περιοχές με στρώμα άχυρου παράγααν 68% λιγότερο ίζημα ενώ αυτές με το υδραυλικό στρώμα 27% λιγότερο σε σχέση με την περιοχή ελέγχου (πίνακας 5.5, Robichaud and Elliot, 2006).

Επίσης, μέσα στο 2002, πάλι οι Robichaud και Elliot (2006) στην περιοχή Hayman, χρησιμοποίησαν φράχτες φερτών σε λοφώδεις περιοχές, για να εκτιμήσουν την αποτελεσματικότητα του στρώματος άχυρου και του στρώματος από μικροτεμάχια ξύλου (chips). Το 2003, το πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά, η ποσότητα ιζήματος από τις μη επεξεργασμένες περιοχές ήταν κατά μέσο όρο 19,6 t/ha και μειώθηκε σε 3,6 t/ha το 2004. Παρόλο που όλες οι επεξεργασμένες περιοχές παρουσίασαν μια σχετική μείωση στη διάβρωση σε σχέση με την περιοχή ελέγχου μόνο το προστατευτικό

στρώμα από κομμάτια ξύλου (chips) παρουσίασε αξιοσημείωτη μείωση με 4,3 t/ha το 2003 και 0,67 t/ha το 2004.

Πιν.5.5. Αποτελέσματα των συλλεκτών φερτών μετά από επεξεργασία με στρώματα άχρου και υδροπροστασία μετά από φωτιά στο Κολοράντο το 2002 (Robichaud and Elliot, 2006).

Είδος επεξεργασίας	2003 Στερεοαπορροή (t*ha ⁻¹)	2004 Στερεοαπορροή (t*ha ⁻¹)
Στρώμα αχύρου	8.09	12.4
Υδροπροστασία	18.2	28.3
Έλεγχος	22.2	38.9

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε πως η αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας αποκατάστασης παρέχουν ποιοτικές πληροφορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί η ποσότητα της μείωσης της διάβρωσης που συντελείται, οι περιορισμοί κάθε μεθόδου, καθώς και οι πληροφορίες που απαιτούνται, ώστε να αναπτυχθούν τα μοντέλα πρόβλεψης της διάβρωσης μετά από φωτιά. Τα στοιχεία συνιστούν ότι η απόδοση των έργων είναι στενά συνδεδεμένη με τα χαρακτηριστικά των επεισοδίων βροχής (ένταση, όγκος, διάρκεια και χρόνος που μεσολαβεί από την πυρκαγιά). Τα έργα δεν μπορούν να καταστείλουν πλήρως τη διάβρωση, μπορούν ωστόσο να μειώσουν την επίγεια απορροή, την απώλεια εδάφους και την ιζηματογένεση για κάποια γεγονότα. Οι συλλέκτες κατά ζεύγη συνιστούν το άχρου σαν ένα αποτελεσματικό αντιδιαβρωτικό μέτρο για τα πρώτα 2 έτη από την πυρκαγιά. Άλλα ξηρά προστατευτικά στρώματα όπως τα κομμάτια ξύλου και οι νεκρές βελόνες μπορούν να μειώσουν τη διάβρωση μέχρι και 70%. Τα LEBs μπορούν να επιβραδύνουν την απορροή και να κρατήσουν ίζημα κατά τη διάρκεια μικρής έντασης βροχών, ωστόσο για υψηλής έντασης βροχόπτωση ή για την περίπτωση μετά την πλήρωση τους κρίνονται αναποτελεσματικά (Robichaud and Elliot, 2006).

Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε και η έρευνα των Robichaud κ.α. (2008(a)), από τις ίδιες περιοχές, όπου επισημάνθηκε πως τα κορμοδέματα μείωσαν σημαντικά την στερεοαπορροή, την άμεση απορροή καθώς και τις αιχμές των παροχών, αλλά για επεισόδια βροχής μικρής έντασης και διάρκειας μικρότερης του 10λέπτου (επεισόδια με περίοδο επαναφοράς, μικρότερη των 2 ετών) (Robichaud et al, 2008(a)). Επιπλέον, τα κορμοδέματα σε αρκετές περιπτώσεις αστοχίσανε (μετακίνηση και υποσκαφή), ενισχύοντας τοπικά την διάβρωση, σχηματίζοντας αυλάκια (rill formation, Robichaud et al, 2008(a)). Μπροστά στον κίνδυνο των πλημμυρών και της διάβρωσης, σε κάθε περίπτωση χρειάζεται λεπτομερής έρευνα για τη χρήση της εκάστοτε επεξεργασίας.

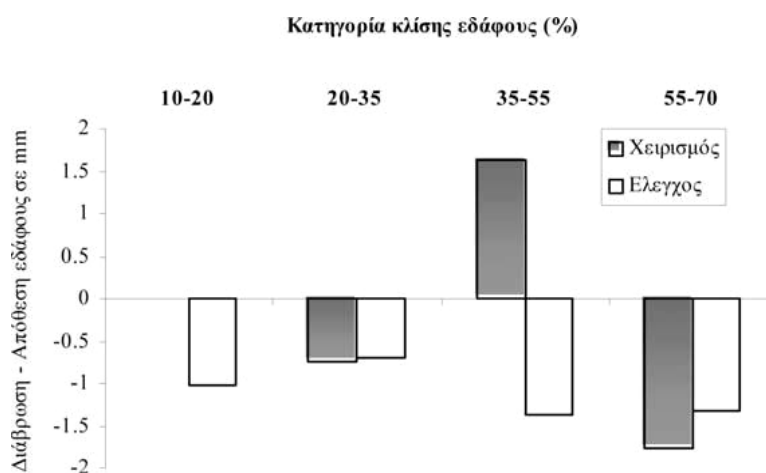
Μια μελέτη που έγινε στον Ελληνικό χώρο και αξίζει να αναφέρουμε είναι στην περιοχή της κοινότητας Ροβιών στη Λίμνη Ευβοίας. Σε αυτή την έρευνα, κατασκευάστηκαν, λειτούργησαν και μελετήθηκαν κορμοδέματα ή κορμοσειρές, σε πειραματικό στάδιο. Η πυρκαγιά έγινε στις 6 Ιουλίου 1996, ήταν επικόρυφη και έκαψε συνολικά 717 στρέμματα δασοσκεπούς έκτασης, με κύριο δασοπονικό είδος, την χαλέπιο πεύκη (Ξανθόπουλος κ.α., 2001). Οκτώ πειραματικές επιφάνειες, έκτασης 1600 m² η κάθε μία, επιλέχθηκαν και οριοθετήθηκαν τον Ιανουάριο 1997, έτσι ώστε να καλύπτουν εύρος κλίσεων από 10-70%. Συγκεκριμένα, σε κάθε μία από τις κατηγορίες κλίσεων 10-20%, 20-35%, 35-55% και 55-70% εγκαταστάθηκαν δύο επιφάνειες. Σε μία από τις δυο επιφάνειες κάθε κατηγορίας κλίσης (συνολικά 4 επιφάνειες) κατασκευάστηκαν σειρές κορμοδεμάτων παρόμοιου τύπου με αυτά που

κατασκευάστηκαν από τη Δασική Υπηρεσία στην Πεντέλη μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του 1995, για την αποτροπή διαβρώσεων και πλημμύρων. Οι υπόλοιπες τέσσερις επιφάνειες, αφέθηκαν ανέπαφες για τον έλεγχο ως δείκτες σύγκρισης (μάρτυρες), για τη λήψη στοιχείων στην περίπτωση της αδιατάρακτης ανόρθωσης του οικοσυστήματος (Ξανθόπουλος κ.α., 2001).

Από τις μετρήσεις προέκυψε ότι η επίδραση των κορμοδεμάτων, κρίνοντας ανάλογα με την πλήρωσή τους, ήταν πολύ θετική στην κατηγορία κλίσεων 35-55%, δεν βελτίωσε την κατάσταση στη χαμηλή κατηγορία κλίσεων <35%, αφού έτσι και αλλιώς η στερεοαπορροή ήταν μικρή, ενώ είχε αρνητικά αποτελέσματα στην κατηγορία μεγάλων κλίσεων (55-70%), πιθανώς λόγω της διαταραχής του εδάφους από τις εργασίες συγκομιδής, παράσυρσης και τοποθέτησης των κορμών, λόγω μεγάλης κλίσης (σχ. 5.5, Ξανθόπουλος κ.α., 2001).

Ακόμη, από τα αποτελέσματα της ίδιας έρευνας, δυο χρόνια μετά την πυρκαγιά προέκυψε ότι οι διαφορές μεταξύ συγκομισθεισών και μη, επιφανειών, μεγαλύτερων κλίσεων (έως και 70%), όσον αφορά την αποκατάσταση της βλάστησης και τη φυσική αναγέννηση, ήταν μικρές, γεγονός που αποδεικνύει ότι η απομάκρυνση των καμένων ιστάμενων δένδρων, όταν γίνεται με την κατάλληλη μέθοδο, έχει ελάχιστη επίδραση στη μεταπυρική δυναμική της βλάστησης.

Σε όλες τις επιφάνειες μετρήθηκαν οι επιπτώσεις στη διάβρωση του εδάφους, τη φυσική αναγέννηση της πεύκης και την αποκατάσταση της υπόλοιπης βλάστησης (αείφυλλα-πλατύφυλλα). Στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων διάβρωσης κατά τον Ιούνιο του 1998.



Σχήμα 5.5. Διάβρωση (-) και απόθεση (+) στις πειραματικές επιφάνειες χειρισμού και ελέγχου, στις αντίστοιχες κατηγορίες κλίσης (Ξανθόπουλος κ.α., 2001).

Σπορά (seeding)

Τα τελευταία 50 χρόνια η περισσότερο συνήθης πρακτική αποκατάστασης σε έκτακτη ανάγκη μετά από φωτιά, είναι η σπορά χλόης, συνήθως από αεροσκάφη (Robichaud et al, 2000). Η γρήγορη ανάπτυξη βλάστησης έχει καθιερωθεί ως η πιο αποδοτική οικονομική μέθοδος, η οποία βοηθά στη γρήγορη διήθηση του νερού, κρατά το χώμα στις βουνοπλαγιές και μειώνεται η ροή φερτών στα κανάλια και στις κατάντη περιοχές (Noble, 1965, Rice et al, 1965, Miles et al, 1969 from Robichaud et al, 2006). Οι χλόες είναι ιδιαίτερα επιθυμητές, επειδή τα εκτενή συστήματα ριζών τους αυξάνουν τη διήθηση και κρατούν το έδαφος.

Γενικά, τα τυχαίως αναπτυσσόμενα μη ιθαγενή είδη χλόης χρησιμοποιούνται επειδή αντίθετα από τα εγγενή είδη, είναι ανέξοδα και εύκολα διαθέσιμα σε μεγάλες

ποσότητες όταν υπάρχει έκτακτη ανάγκη. Οι Robichaud κ.α (2000) έκαναν μια εκτενή μελέτη σε ό,τι αφορά την αποτελεσματικότητα της σποράς μετά από φωτιά. Εξαιτίας της δυσκολίας αλλά και της δαπάνης που απαιτείται για να μετρηθεί άμεσα η διάβρωση σε βουνοπλαγιές, οι περισσότερες αξιολογήσεις για την αποτελεσματικότητα της σποράς έγιναν με μέτρο την κάλυψη των θόλων (πυκνότητα κόμης) που δημιουργείται σταδιακά, καθώς και με την επίγεια κάλυψη (Robichaud et al, 2000, Beyers, 2004 from Robichaud et al, 2006). Οι Robichaud κ.α (2000) εξέτασαν 9 μελέτες που καταπιάστηκαν με σπορά, σε δάση κωνοφόρων δέντρων και εξήχθησαν ποσοτικά στοιχεία επίγεια κάλυψης. Στην πρώτη περίοδο ανάπτυξης της σποράς σε πάνω από τις μισές μελέτες βρέθηκε λιγότερο από 30% επίγεια κάλυψη και μόνο σε 2 απ' αυτές αναφέρθηκε τουλάχιστον 60% κάλυψη. Με άλλα λόγια το 60-70% που απαιτείται για να θεωρηθεί μια επεξεργασία σποράς αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της διάβρωσης, επιτεύχθηκε σε λιγότερο από το 1/4 των περιοχών που μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου ανάπτυξης. Στη δεύτερη περίοδο ανάπτυξης όλες οι μελέτες ανέφεραν τουλάχιστον 30% κάλυψης εδάφους και 3 από αυτές 60% αντίστοιχα. Είναι πολύ πιθανό το πρώτο γεγονός βροχόπτωσης που είναι ικανό να επιφέρει διάβρωση να έρθει πριν την ολοκλήρωση της πρώτης περιόδου ανάπτυξης της πυρκαγιάς, με αποτέλεσμα η σπορά να μην εγγυάται επαρκή θωράκιση στα πρώτα κρίσιμα διαβρωτικά γεγονότα.

Εκτενής έρευνα από τους Robichaud, Lillybridge και Wagenbrenner (Robichaud et al, 2006) διεξήχθη στην πυρκαγιά στο 25 North στη ΒΑ Ουάσιγκτον (ΗΠΑ) η οποία άρχισε στις 4 Αυγούστου το 1998 και έκαψε 3200 ha. Η πυρκαγιά στην περιοχή χαρακτηρίστηκε υψηλής έντασης στο 48% της έκτασης, στο 12% μέτριας έντασης και στο 40% χαμηλής έντασης. Στο τέλος του Αυγούστου επιλέχθηκαν 8 περιοχές για να παρατηρηθεί η διάβρωση και η αποκατάσταση της βλάστησης. Σε κάθε περιοχή εντοπίστηκαν 4 τοποθεσίες από τις οποίες η πρώτη επεξεργάστηκε με σπορά, η δεύτερη με λίπασμα, η τρίτη με σπορά και λίπασμα ενώ η τελευταία αφήθηκε για έλεγχο. Χρησιμοποιήθηκε άσπρο χειμερινό σιτάρι, συνολικά 34 kg/ha (90 σπόροι/m²) και για λίπασμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα νιτρικού αμμωνίου 75% και θειικό άλας 25% (35 kg/ha)

Η κατακρήμνιση μετρήθηκε με κάδους μέτρησης βροχής. Τα γεγονότα βροχής που απείχαν μεταξύ τους από 6 ώρες και πάνω, θεωρήθηκαν ξεχωριστά γεγονότα, ενώ η συνολική βροχόπτωση, η μέση διάρκεια της, και η μέγιστη 10 min ένταση (I₁₀) που συντελέστηκε μεταξύ δύο επισκέψεων συνδυάστηκε με την εκάστοτε συλλογή διαβρωμένου υλικού.

Η κάλυψη της επιφάνειας (οργανικό υλικό υπό αποσύνθεση, που καλύπτει το ορυκτό έδαφος) και η κάλυψη θόλων (στρώματα ζωντανής βλάστησης επάνω από το χώμα) εξετάστηκαν χωριστά. Σε πολλές μελέτες διάβρωσης, αυτοί οι δύο τύποι κάλυψης συνδυάζονται σε μια ενιαία μέτρηση επίγεια κάλυψης. Εντούτοις υπολογίστηκαν χωριστά για να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τύπους αναλύσεων.

Τον Οκτώβριο του 1998, εγκαταστάθηκαν φράκτες φερτών εδαφοϋλικών κατά μήκος του κατώτατου σημείου κάθε περιοχής, για να συλλέξουν το διαβρωμένο ίζημα, ενώ σκάφτηκαν τάφροι κατά μήκος της κορυφής κάθε περιοχής έτσι ώστε να μειωθεί το σφάλμα από κάθε περιοχή. Το φερτά υλικό που συλλέχθηκε στους φράκτες, αφαιρέθηκε και ζυγίστηκε κατά τη διάρκεια 20 επισκέψεων μεταξύ Ιουνίου 1999 και Οκτωβρίου 2002. Σε διάφορα δείγματα μετρήθηκε η περιεκτικότητα του ιζήματος σε νερό, ώστε να βρεθεί το καθαρό ξηρό βάρος του ιζήματος και στη συνέχεια βρέθηκε το ετήσιο ποσοστό διάβρωσης.

Βροχές. Συνολικά υπήρξαν 299 γεγονότα βροχοπτώσεων μεταξύ Απριλίου 1999 και 24 Οκτωβρίου 2002 τα οποία οδήγησαν σε 20 περιόδους συσσώρευσης ιζημάτων.

Η πλειοψηφία των γεγονότων βροχόπτωσης (127), στις περιόδους άνοιξης και καλοκαιριού είχε μεγάλη διάρκεια, μικρή ένταση και προκάλεσαν λίγο έως καθόλου διάβρωση. Εννέα γεγονότα βροχής μικρής διάρκειας με μέγιστο 10 min βροχής, έντασης τουλάχιστον 13mm/h προκάλεσαν την περισσότερη από τη διάβρωση που μετρήθηκε. Η βροχή στις 25 Αυγούστου του 2002 ήταν ένα γεγονός περιόδου 10ετίας που διήρκησε 30 λεπτά. Όλα τα άλλα γεγονότα βροχής είχαν περίοδο επαναφοράς μικρότερη από 1 έτος (πίνακας 5.6, Robichaud et al, 2006).

Πίνακας. 5.6. Ημερομηνίες συλλογής ιζήματος σε συνδυασμό με τα επεισόδια βροχής, τη μέση διάρκειά τους, τη συνολική βροχόπτωση, καθώς και με την ημερομηνία και το μέγεθος της μέγιστης 10λεπτης έντασης βροχόπτωσης (I_{10}) για κάθε συλλογή (Robichaud et al, 2006).

year	Ημερομηνία Συλλογής φερτών	Επεισόδια Μεταξύ συλλογών	Μέση Διάρκεια Επεισοδίου (min)	Συνολική Βροχόπτωση (mm)	I_{10} (mm/h)	Ημερομηνία Max I_{10}
1999	25 Ιουν. –12 Ιουλ.	25	93	36.6	10.7	15 Μαη
	26 Ιουλ.	6	58	8.9	7.6	18 Ιουλ.
	9–12 Αυγ.	5	68	21.1	29.0	6 Αυγ
	16–18 Αυγ.	2	325	12.7	13.7	14 Αυγ
	31 Αυγ –9 Σεπ.	1	956	15.0	9.1	30 Αυγ.
	2–9 Νοεμ.	9	186	26.7	7.6	28 Οκτ.
2000	5–6 Ιουν.	18	167	32.0	9.1	30 Μάη
	13–14 Ιουν.	4	343	17.5	3.0	11 Ιουν.
	10–17 Ιουλ.	4	485	28.7	16.8	9 Ιουλ.
	31 Οκτ.–7 Νοεμ.	16	265	45.5	16.8	4 Αυγ.
2001	30 Μάη–4 Ιουν.	8	134	23.1	22.9	4 Απρ.
	2–3 Ιουλ.	6	547	38.9	9.1	12 Ιουν.
	21 Αυγ.	5	340	19.8	9.1	21 Ιουλ.
	22–27 Αυγ.	6	553	37.6	13.7	21 Αυγ.
	25–26 Οκτ.	8	252	39.4	16.8	23 Οκτ.
	8 Νοεμ.	9	437	53.8	16.8	23 Οκτ.
2002	18–27 Ιουν.	24	128	45.0	10.7	17 Απρ.

year	Ημερομηνία Συλλογής φερτών	Επεισόδια Μεταξύ συλλογών	Μέση Διάρκεια Επεισοδίου (min)	Συνολική Βροχόπτωση (mm)	I_{10} (mm/h)	Ημερομηνία Max I_{10}
	1–2 Ιουλ.	25	157	53.1	10.7	17 Απρ.
	5–9 Σεπ.	7	73	40.1	38.1	25 Αυγ.
	22–24 Οκτ.	3	162	7.9	3.0	16 Σεπ.

Κάλυψη εδάφους και θόλων. Πρέπει αρχικά να επισημανθεί ότι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει η στατιστική ανάλυση των δεδομένων της κάλυψης των θόλων και της επιφάνειας του εδάφους από νεκρή οργανική ύλη δεν ήταν μια απλή μαθηματική καταγραφή του ποσοστού της επιφάνειας που καλύφθηκε αλλά χρησιμοποιήθηκε μια διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων των δεδομένων, συγκρίνοντας αθροιστικά ανά δύο τα αποτελέσματα των επεξεργασιών, κάτι που για τους ερευνητές θεωρήθηκε καλύτερη προσέγγιση στη σύγκριση, τόσο της διάβρωσης μεταξύ των επεξεργασιών, όσο και στη μελέτη αυτής στο πέρασμα των χρόνων. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως μέθοδος Peritz (Robichaud et al, 2006).

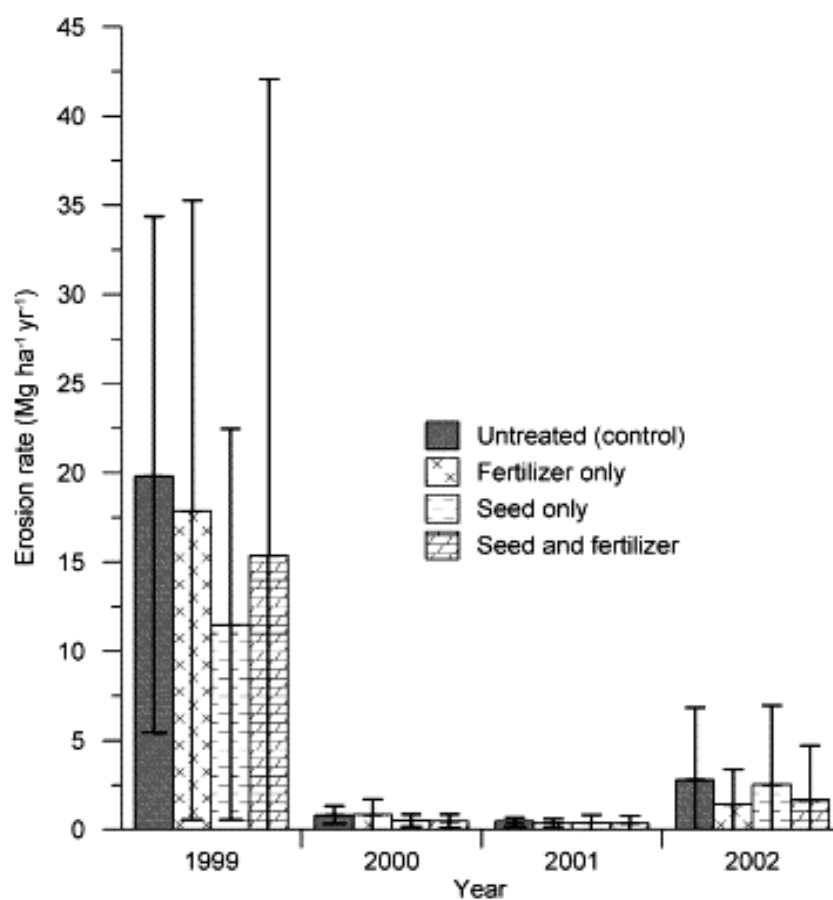
Το 1999 η μέση κάλυψη της επιφάνειας (επί τοις εκατό ποσότητα του εδάφους που καλύπτεται από μη διαβρώσιμο υλικό) για όλες τις επεξεργασίες ήταν 11%, ενώ το 2002 το ποσοστό αυτό έγινε 31%. Αυτό οφείλεται στην κάλυψη από αποσυντεθειμένα οργανικά υλικά η οποία αυξήθηκε από 6% το 1999 σε 30% το 2002. Ούτε η επεξεργασία με σπορά, ούτε του λιπάσματος, δεν αύξησαν σημαντικά την κάλυψη της επιφάνειας σε σχέση με τις μη επεξεργασμένες περιοχές. (πίνακας 5.7).

Πίνακας 5.7. Μέση κάλυψη εδάφους και θόλων για κάθε συνδυασμό επεξεργασίας από το 1999 ως το 2002 (Robichaud et al, 2006)

έτος	Σπορά+ Σπορά και λίπανση	Λίπανση+ Περιοχή ελέγχου	Λίπανση+ Σπορά και λίπανση	Σπορά+ Περιοχή ελέγχου	Σύνολο
<i>Κάλυψη επιφάνειας (%)</i>					
1999	12	9	10	12	11
2000	19	15	16	18	17
2001	24	17	23	19	21
2002	33	29	35	27	31
<i>Κάλυψη θόλων (%)</i>					
1999	17	18	18	17	18
2000	49	56	57	49	53

έτος	Σπορά+ Σπορά και λίπανση	Λίπανση+ Περιοχή ελέγχου	Λίπανση+ Σπορά και λίπανση	Σπορά+ Περιοχή ελέγχου	Σύνολο
2001	57	62	66	53	59
2002	59	70	74	55	64

Διάβρωση. Το μέσο ποσοστό διάβρωσης για όλες τις περιοχές το 1999 ήταν 16 Mg/ha/year. Το 2000 μειώθηκε σημαντικά σε 0,66 Mg/ha/yr και το 2001 μειώθηκε ακόμα περισσότερο στα 0,39 Mg/ha/year. Τα χαμηλότερα ποσοστά διάβρωσης του 2000 και 2001 οφείλονταν στο συνδυασμό της αύξησης της φυτικής αποκατάστασης αλλά και της μειωμένης έντασης βροχοπτώσεων. Το μέσο ποσοστό διάβρωσης αυξήθηκε σε 2,1 Mg/ha/year το 2002 εξ αιτίας όμως του ακραίου γεγονότος της 25^{ης} Αυγούστου. Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή μεταβλητότητα στα ποσοστά διάβρωσης, δεν φαίνεται κάποια σημαντική διαφορά στα μέσα ετήσια ποσοστά διάβρωσης μεταξύ των επεξεργασιών σε οποιαδήποτε χρονιά της μελέτης. Παρόλο που υπήρξε μια σημαντική αύξηση της κάλυψης θόλων στις περιοχές που λιπάνθηκαν (Πίνακας 5.7) δεν συνοδεύτηκε από κάποια αντίστοιχη μείωση στη διάβρωση σε σχέση με την περιοχή ελέγχου (Σχήμα 5.6) (Robichaud et al, 2006).



Σχήμα 5.6. Μέση ετήσια διάβρωση για κάθε επεξεργασία από το 1999 έως το 2002 (Robichaud et al, 2006).

Πίνακας 5.8. Μέση ετήσια διάβρωση, κάλυψη επιφάνειας και κάλυψη θόλων, για το Grouse Mountain, Lone Peak, και τις υπόλοιπες περιοχές (Robichaud et al, 2006).

Year	Grouse Mountain-1		Lone Peak-1		Υπόλοιπες περιοχές	
	Σπορά	Χωρίς σπορά	Σπορά	Χωρίς σπορά	Σπορά	Χωρίς σπορά
<i>Διάβρωση (Mg*ha⁻¹*year⁻¹)</i>						
1999	0.0	31	2.0	16	17	17
2000	0.0	0.4	0.04	0.6	0.6	0.9
2001	0.0	0.3	0.05	0.3	0.5	0.4
2002	0.01	0.5	0.02	0.2	2.8	2.7
<i>Κάλυψη επιφάνειας (%)</i>						
1999	44	16	5	4	8	9
2000	47	20	22	12	14	14
2001	55	22	18	19	20	16
2002	46	39	17	21	34	29
<i>Κάλυψη θόλων (%)</i>						
1999	7	11	30	17	17	19
2000	30	45	60	46	50	60
2001	47	82	64	64	57	58
2002	53	94	75	61	57	67

Αν εξετάσουμε χωριστά τις σπαρμένες περιοχές στο Grouse Mountain-1 και στο Lone Peak-1 φαίνεται να υπάρχει μια σημαντική μείωση στο βαθμό διάβρωσης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιοχές που σπάρθηκαν. Το 1999 οι περιοχές που σπάρθηκαν στο Grouse Mountain είχαν 44% κάλυψη εδάφους κυρίως από την απόθεση οργανικών υλικών. Αυτό το ποσοστό ήταν πολύ μεγαλύτερο από το μέσο όρο του 8%, για τις υπόλοιπες σπαρμένες περιοχές και υψηλότερο από το μέσο όρο των επόμενων τριών χρόνων της μελέτης. Παρόλο που στο Lone Peak-1 οι σπαρμένες περιοχές είχαν μικρότερο ποσοστό από το μέσο σε κάλυψη εδάφους το 1999 και σχεδόν στο μέσο όρο για τις χρονιές 2000-2002, η κάλυψη θόλων ήταν μεγαλύτερη από το μέσο για όλα τα 4 χρόνια μελέτης. Αυτές οι διαφορές δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντικές, αλλά το 1999, οι

σπαρμένες περιοχές στο Lone Peak-1 είχαν κάλυψη θάμνων 30%, σχεδόν διπλάσιο από τον μέσο που ήταν 17% στις υπόλοιπες σπαρμένες περιοχές (πίνακας 5.8).

Ως συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί ότι δεν υπήρξε μείωση της διάβρωσης είτε με τη σπορά, είτε με τη λίπανση. Για να υπάρξει μείωση της διάβρωσης κατά το πρώτο έτος μετά τη φωτιά θα πρέπει να έχει επιτευχθεί κάλυψη εδάφους κατά 60-70%, κάτι που δεν έγινε στην έρευνα. Οι δύο εξαιρέσεις, στο Grouse Mountain με αυξημένη επιφανειακή κάλυψη και στο Lone Peak-1 με αυξημένη κάλυψη θόλων, αποδεικνύουν την επίδραση της φυσικής επικάλυψης του εδάφους. Η απόφαση λοιπόν για την επέμβαση σε καμένες περιοχές με σπορά θα πρέπει να γίνει εφόσον υπάρχει η πιθανότητα η χλόη να έχει αναπτυχθεί πριν το πρώτο σημαντικό διαβρωτικό φαινόμενο πραγματοποιηθεί (Robichaud et al, 2006).

Σύγκριση και αξιολόγηση αντιδιαβρωτικών έργων

Τον Απρίλιο του 2000 εμφανίστηκαν οι μεγαλύτερες πυρκαγιές στην Κορέα, που είχαν καταγραφεί ποτέ και έκαψαν 23.794 εκτάρια δάσους, στην ανατολική ακτή. Η πόλη Sancheoksi καταστράφηκε από 2 πυρκαγιές στις αρχές Απριλίου, ενώ άλλες περιοχές κατά μήκος της ακτής δοκιμάστηκαν από έξι πυρκαγιές την περίοδο εκείνη (Kim and Lee, 2000, from Kim et al, 2008). Οι πυρκαγιές προκλήθηκαν από ατυχήματα, κάψιμο απορριμμάτων και τσιγάρα. Οι καμένες περιοχές συγκρότησαν ένα μωσαϊκό από ολοσχερώς (51%) και ελαφρώς καμένες (49%) περιοχές.

Μετά τις φωτιές ορισμένες καμένες περιοχές αφέθηκαν χωρίς επέμβαση για να παρατηρηθεί η φυσική αναγέννηση της βλάστησης. Οι Kim κ.α. (2008) διαπίστωσαν πως ο βαθμός αποκατάστασης των καμένων περιοχών καθορίστηκε κυρίως από την αναγέννηση βλαστών. Βρέθηκε ότι το 80% των περιοχών αυτών καλύφθηκε σε ένα μεγάλο βαθμό από βλάστηση μέσα σε 3 μήνες από την πυρκαγιά. Το υπόλοιπο 20% ωστόσο των περιοχών αυτών έδειξε μικρή αναγέννηση της βλάστησης, εξαιτίας της έλλειψης σπόρων στο διαβρωμένο έδαφος. Ο στόχος της μελέτης που διενεργήθηκε από τους Chang-Gi. Kim, Kwalgil Shin κ.α. (2008) ήταν ν' αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των αντιδιαβρωτικών έργων τα οποία κρίθηκαν απαραίτητα σε αυτές τις περιοχές. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκαν τα στρώματα κομματιών ξύλου, οι πεσμένοι κορμοί (LEBs) καθώς και η σπορά, σε ό,τι αφορά την διάβρωση και την απορροή, σε περιοχές αραιής βλάστησης, 3 χρόνια μετά την πυρκαγιά.

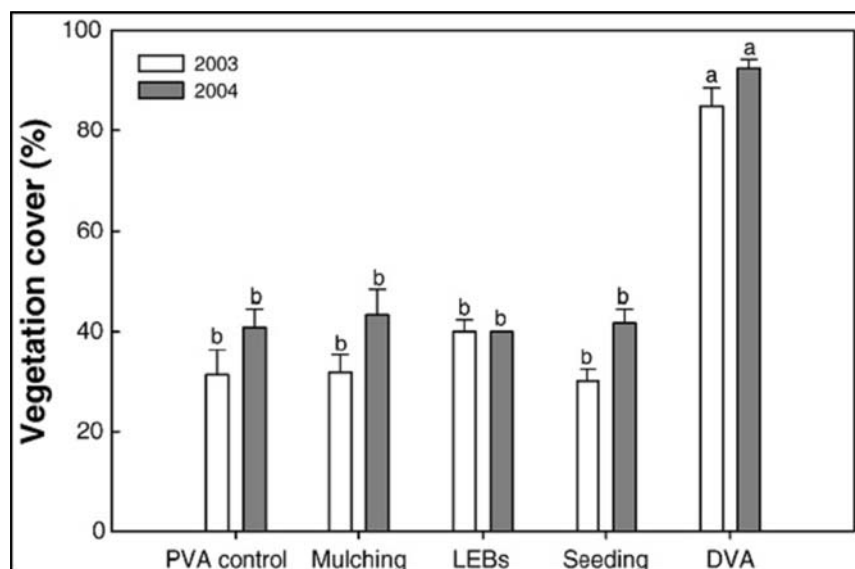
Τον Ιούλιο του 2003, επιλέχθηκαν 15 περιοχές μερικής βλάστησης και 2 πυκνής. Οι πλοκές ήταν 3 m x 10 m και οριοθετήθηκαν από λωρίδες χάλυβα. Μία τάφρος-συλλέκτης στον πάτο κάθε περιοχής συνδέθηκε με μια δεξαμενή χωρητικότητας 1000 L για να συλλεχθούν η απορροή και τα φερτά. Οι κλίσεις των περιοχών κυμαίνονταν από 38-63%, ενώ οι πτυχές από 130°-280° (Kim et al, 2008).

Τρεις διαφορετικές επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν στις πλαγιές τις 14 Αυγούστου 2003, κομμάτια ξύλου, κορμοί και σπορά. Τρεις περιοχές επεξεργάστηκαν με μικροτεμάχια ξύλου (chips) τοποθετώντας 1,7 Kg/m², καλύπτοντας το 70% της κάθε πλαγιάς. Το μέσο μέγεθος των κομματιών ξύλου ήταν 3,6 cm x 3,6 cm, ενώ το πάχος τους ήταν 6 mm, τα οποία αγοράστηκαν από το Gangwon Forest Resources και φτιάχτηκαν από κόκκινο πεύκο, το ίδιο που κάηκε στις περιοχές αυτές.

Ο δεύτερος τρόπος επεξεργασίας ήταν οι κορμοί, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε 3 πλαγιές, κατασκευάστηκαν από τους ήδη καμένους κορμούς δένδρων της περιοχής, ενώ τοποθετήθηκαν σε αποστάσεις 2 μέτρα μεταξύ τους, στηριζόμενοι σε πασσάλους. Η διάμετρος των κορμών ήταν 7-10 cm (Kim et al, 2008).

Η τρίτη επεξεργασία που ήταν η σπορά, έγινε σε 3 πλαγιές. Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι οσπρίων και χλόη σε ποσοστό 20 g/m². Η επεξεργασία της σποράς για καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων επαναλήφθηκε το Μάιο του 2004 αφού η πρώτη σπορά πραγματοποιήθηκε στην πιο ξηρή περίοδο του έτους με αποτέλεσμα να

αποτύχει. Έξι πλαγιές μερικής βλάστησης αφέθηκαν χωρίς παρέμβαση όπως και δύο πυκνής βλάστησης για να χρησιμοποιηθούν ως περιοχές ελέγχου (Kim et al, 2008).



Σχήμα 5.7. Αλλαγές στη μέση φυτοκάλυψη (%), για κάθε μέθοδο επεξεργασίας, στις υπό μελέτη πλαγιές (Kim et al, 2008).

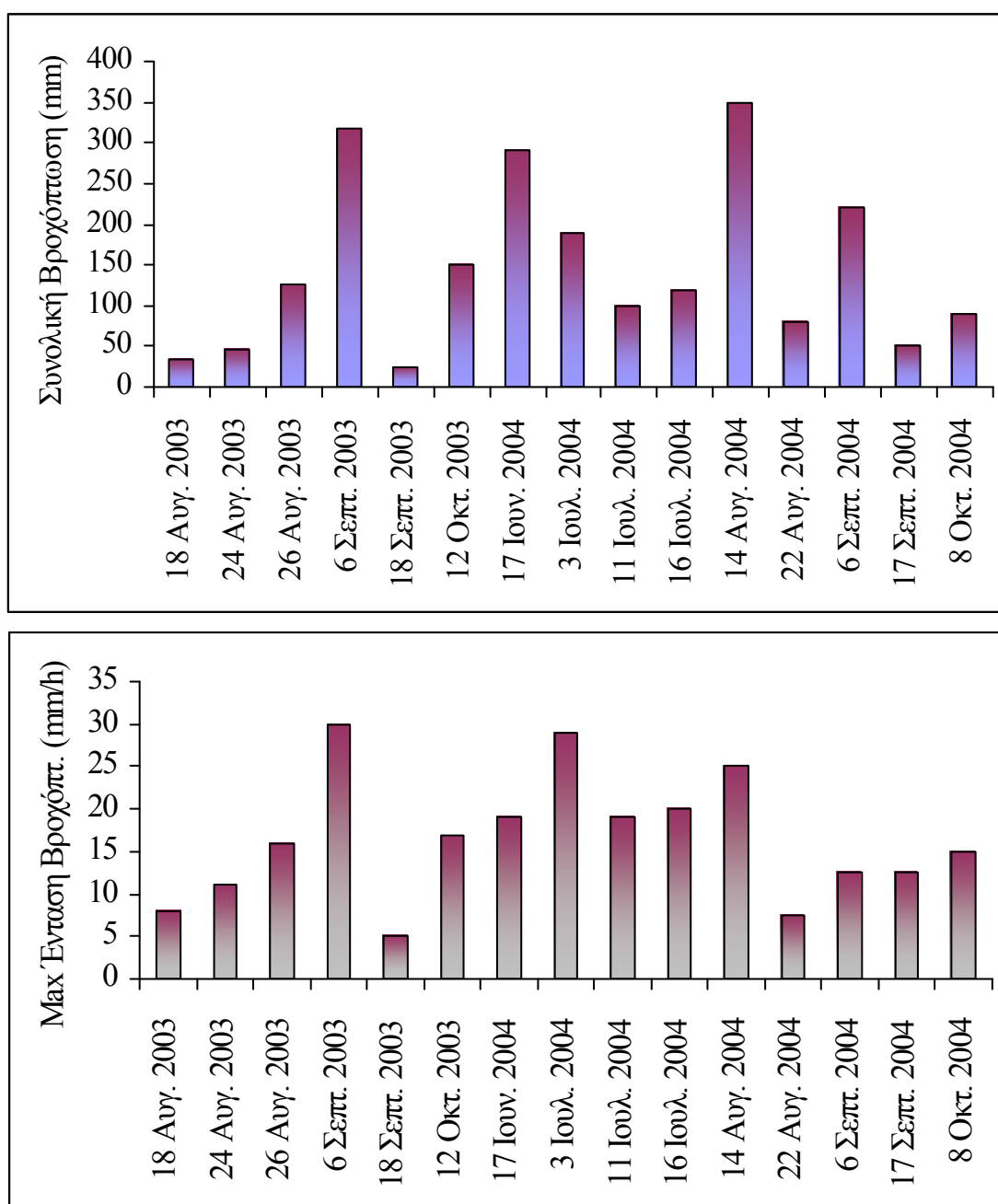
Οι βροχοπτώσεις μετρήθηκαν τοποθετώντας κάδους μέτρησης αιχμής βροχής, από Αύγουστο έως τον Οκτώβρη του 2003 και επαναλήφθηκαν το 2004. Από τα καταγεγραμμένα στοιχεία αξιολογήθηκε η διάρκεια και η ένταση του κάθε γεγονότος. Ο όγκος της απορροής και το βάρος του ιζήματος υπολογίστηκαν μετά από κάθε γεγονός βροχόπτωσης (>10 mm). Ο όγκος της αποθηκευμένης απορροής μετρήθηκε επί τόπου. Για να εκτιμηθεί ο συνολικός όγκος ιζήματος ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Αφέθηκε το ιζήμα να σταθεροποιηθεί, να αποτραβηχτεί το νερό και στη συνέχεια μεταφέρθηκε σε μπουκάλια των 5 L. Αφού υπολογίστηκε ο όγκος, ένα δείγμα 1 L διαβρωμένου φερτού υλικού μεταφέρθηκε στο εργαστήριο, ξηράθηκε και ζυγίστηκε.

Από τον Αύγουστο του 2003 έως τον Οκτώβρη του 2004 πραγματοποιήθηκαν 15 γεγονότα βροχοπτώσεων (Σχήμα 5.8). Η συνολική βροχόπτωση κατά τη διάρκεια αυτών των γεγονότων ήταν 2192 mm. Το Σεπτέμβρη του 2003 ο τυφώνας Maemi χτύπησε την Νοτιοανατολική Ν. Κορέα. Σε αυτή την περίοδο, 319 mm βροχής έπεσαν στην εξεταζόμενη περιοχή. Η μέγιστη ένταση (1 h) ήταν επίσης η μεγαλύτερη από κάθε άλλο γεγονός. Ο αριθμός και η διάρκεια των γεγονότων ήταν μέγιστα από τις 14 έως 20 Αυγούστου του 2004, όταν η Νοτιοδυτική Νότια Κορέα χτυπήθηκε από τον τυφώνα Megi (Kim et al, 2008).

Κατά τη διάρκεια της μελέτης η απορροή (mm) καθώς και η παραγωγή ιζημάτων εξ αιτίας της απορροής, αυξήθηκαν σημαντικά όσο οι βροχοπτώσεις αυξάνονταν (σχήμα 5.9) (Kim et al, 2008). Η απορροή καθώς και η παραγωγή ιζήματος μετά από βροχοπτώσεις, στις σπαρμένες και στις πλαγιές με κορμούς, ήταν παρόμοιες με τις πλαγιές ελέγχου μερικής βλάστησης. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των γραμμών παλινδρόμησης της απορροής και του ιζήματος που παράγει. Αυτές οι γραμμές παλινδρόμησης ήταν μικρότερες στις επεξεργασμένες με το προστατευτικό στρώμα περιοχές καθώς και στις περιοχές ελέγχου πυκνής βλάστησης σε σχέση με τις περιοχές ελέγχου αραιής βλάστησης. Αντίστοιχα μικρότερη ήταν η

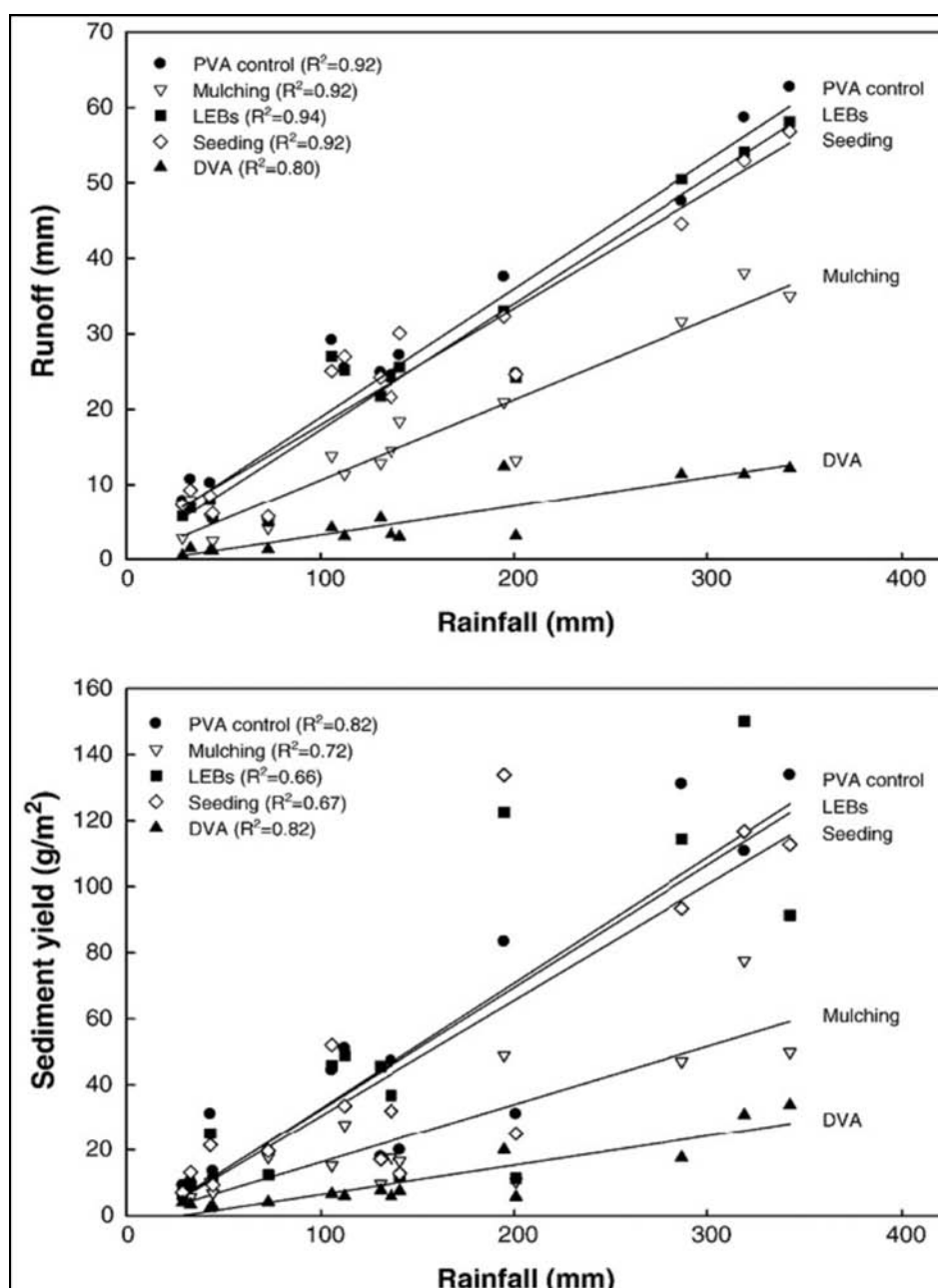
απορροή και το διαβρωμένο υλικό στις περιοχές του προστατευτικού στρώματος σε σχέση με τις περιοχές ελέγχου.

Οι επεξεργασίες στις πλαγιές επηρέασαν τη μέση απορροή και την ιζηματογένεση από την απορροή. Η μέση απορροή των περιοχών χαμηλής βλάστησης ήταν μεγαλύτερη το Σεπτέμβριο του 2003 και τον Αύγουστο του 2004, εξαιτίας της υψηλής βροχόπτωσης που προκάλεσαν οι τυφώνες. Η απορροή ήταν μεγαλύτερη στις περιοχές ελέγχου ωστόσο οι πλαγιές με τους κορμούς καθώς και οι σπαρμένες δεν μείωσαν σημαντικά την απορροή, 7% και 6% αντίστοιχα. Αντίθετα το προστατευτικό στρώμα μείωσε την απορροή κατά 42% ενώ η απορροή στις περιοχές ελέγχου πυκνής βλάστησης ήταν 81% μικρότερη σε σχέση με αυτή της αραιής (σχήμα 5.10).



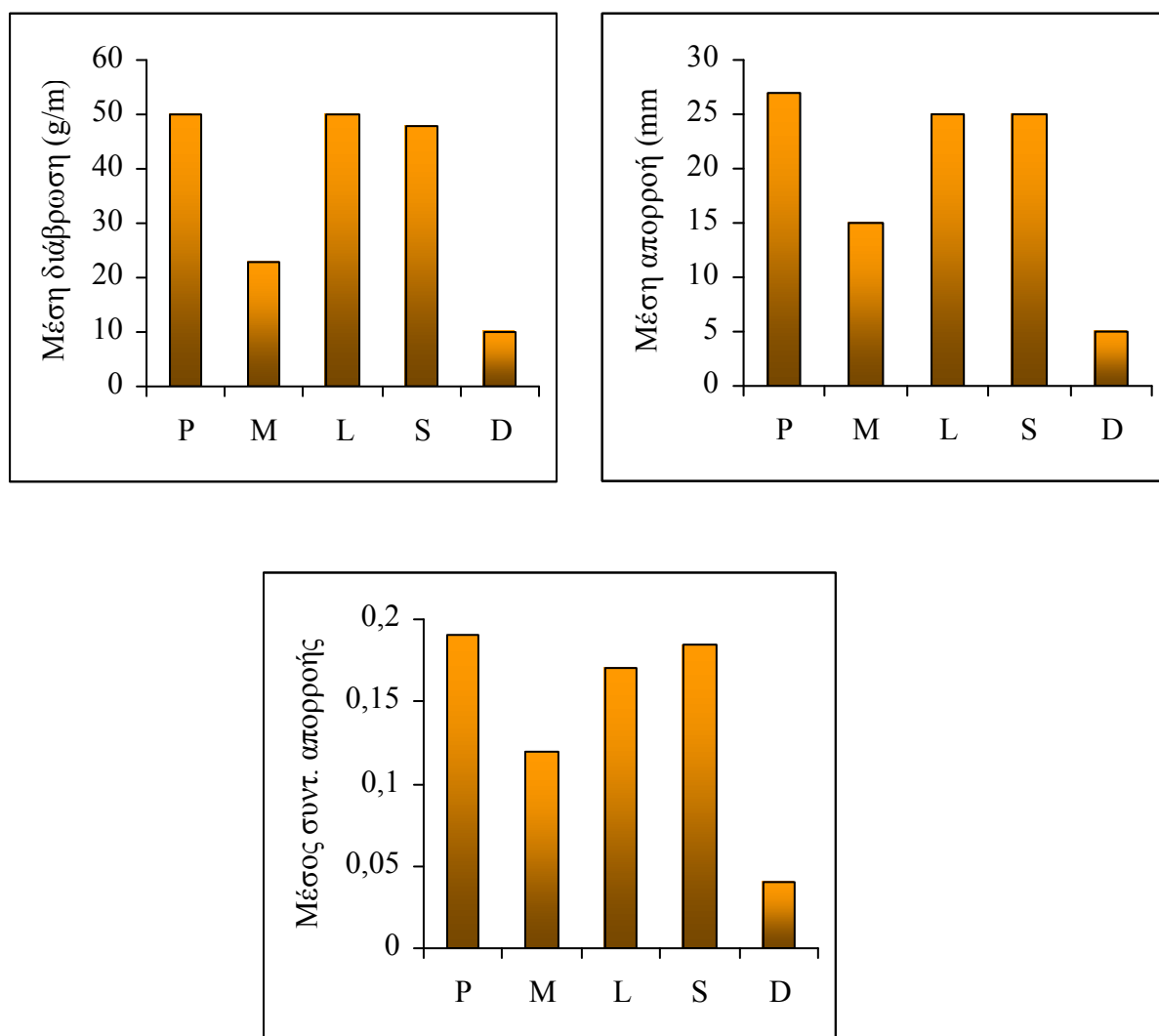
Σχήμα 5.8. Συνολική βροχόπτωση και max ένταση αυτής για την χρονική περίοδο 8/03 με 10/04 (Kim et al, 2008).

Η παραγωγή ιζήματος στις περιοχές ελέγχου αραιής βλάστησης ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες πλαγιές. Ωστόσο, η μείωση στις πλαγιές με κορμούς και σπορά ήταν μόλις 2% και 7% μικρότερη. Στις πλαγιές με προστατευτικό στρώμα ήταν 51% μικρότερη ενώ στις πλαγιές πυκνής βλάστησης ήταν 72% μικρότερη σε σχέση με τις πλαγιές αραιής βλάστησης και ο συντελεστής απορροής στις πλαγιές με προστατευτικό στρώμα ήταν μικρότερος σε σχέση με την περιοχή ελέγχου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι σπαρμένες πλαγιές δεν παρουσίασαν κάποια αξιοσημείωτη αύξηση στην φυτοκάλυψη σε σχέση με τις υπόλοιπες πλαγιές (σχήμα 5.7) (Kim et al, 2008).



Σχήμα 5.9. Σχέση μεταξύ βροχόπτωσης (mm) και απορροής (mm) (πάνω) και στερεοαπορροής (g/m²) (κάτω), για τις υπό μελέτη πλαγιές, για την περίοδο από 8/03 μέχρι 10/04 (Kim et al, 2008).

Μέσα από τη συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται πως η επέμβαση με το προστατευτικό στρώμα ξύλου, ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση της εδαφικής διάβρωσης με βάση τις μετρήσεις. Αυτό το αποτέλεσμα ταυτίζεται με τα συμπεράσματα του Buchanan (2002 from Kim et al, 2008), ο οποίος διαπίστωσε πως το προστατευτικό στρώμα μείωσε τη διάβρωση κατά 86% σε μια ιδιαίτερα απότομη πλαγιά. Το ίδιο αναφέρει και ο Bautista (1996 from Kim et al, 2008) όπου το προστατευτικό στρώμα από άχυρο αυτή τη φορά μείωσε σημαντικά τόσο την απορροή όσο και τη διάβρωση. Πρέπει βέβαια να επισημανθεί πως η συγκεκριμένη επεξεργασία δεν αύξησε τη φυτοκάλυψη στις πλαγιές (σχήμα 5.7) (Kim et al, 2008).



Σχήμα 5.10. Μετρηθείσες τιμές της μέσης απορροής (mm), της μέσης διάβρωσης (g/m^2) και του μέσου συντελεστή απορροής. P=PVA (περιοχή μερικής βλάστησης), M=Mulching (κομμάτια ξύλου), L=LEBs (κορμοσειρές), S=Seeding (σπορά), D=DVA (περιοχή πυκνής βλάστησης) (Kim et al, 2008).

Σε αντίθεση με το στρώμα ξύλου (chips), οι κορμοί δεν μείωσαν ούτε την απορροή, ούτε την διάβρωση. Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί πως σημαντικό ρόλο για αυτό το αποτέλεσμα ίσως συνετέλεσε η μικρή διάμετρος των κορμών (8-10 cm). Ο Wohlgemuth (2001), ανέφερε ότι οι κορμοί με διάμετρο μικρότερη των 10 cm είχαν πολύ μικρή αποθηκευτική ικανότητα και δεν συγκράτησαν σημαντική ποσότητα φερτών. Παράλληλα, πρέπει να αναφερθεί ότι κάποιες από αυτές τις μελέτες

ελέγχονται εξαιτίας της διαφορετικής φυσικής σύστασης του εδάφους στις επεξεργασμένες περιοχές και στις περιοχές ελέγχου. Στην έρευνα αυτή αναφέρεται επίσης ότι οι κορμοί ήταν αναποτελεσματικοί σε επεισόδια ραγδαίων βροχών (καταιγίδες), κάτι που συμφωνεί και με την έρευνα των Wagenbrenner κ.α. (2006) (βλ. παρακάτω). Επίσης, δεν είχαν θετική επίδραση στην φυτοκάλυψη (σχήμα 5.7), αντίθετα ίσως είχαν αρνητική επίδραση στην αναγέννηση των φυτικών ειδών στις καμένες περιοχές. Ακόμα, σύμφωνα και με την έρευνα των Σπανός κ.α. (2005) σε καμένο δάσος χαλεπίου πεύκης στην Ελλάδα, ΝΑ της Θεσσαλονίκης, οι κορμοί εμπόδισαν την αναγέννηση της βλάστησης. Βέβαια, η επίδραση στη βλάστηση εξαρτάται πάρα πολύ από το φυτικό είδος (Spanos et al, 2005), αλλά γενικά οι περιοχές με τις κορμοδετήσεις είχαν λιγότερη φυτοκάλυψη και μάλιστα είχαν 38-27% της φυτοκάλυψης των αντίστοιχων περιοχών που δεν έγιναν επεμβάσεις.

Η σπορά δεν κατάφερε να μειώσει είτε την απορροή, είτε την διάβρωση (Kim et al, 2008). Ωστόσο, ο Pinaya το 2000 ανέφερε μια σημαντική αύξηση στη φυτοκάλυψη από σπορά με εγγενή αλλά και με αγορασμένο σπόρο. Πρέπει όμως να σημειωθεί πως η αποτυχία της συγκεκριμένης έρευνας ίσως έγκειται στην κλίση των πλαγιών που ήταν της τάξης του 52% σε αντίθεση με την αντίστοιχη του Pinaya που ήταν 30%. Άλλωστε, η αυξανόμενη διάβρωση αλλά και οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να μετέφεραν τους σπόρους από τις πλαγιές προς τα κατόπι. Ο DeBano (1989) αναφέρει πως τα λιπάσματα θα πρέπει να αποφευχθούν τον πρώτο χρόνο μετά την πυρκαγιά αφού το διαθέσιμο άζωτο είναι ήδη υψηλό λόγω της πυρκαγιάς.

Μια άλλη έρευνα σύγκρισης τριών αντιδιαβρωτικών μέτρων (σπορά (seeding), στρώμα από άχυρο (straw mulching), κορμοδέματα (logs)), κατέληξε σχεδόν στα ίδια αποτελέσματα (Wagenbrenner et al, 2006). Η έρευνα αυτή ξεκίνησε μετά από έντονη πυρκαγιά (wildfire) σε δάσος πεύκων (*pinus ponderosa*), τον Ιούνιο του 2000 και διήρκεσε 3 χρόνια (2000-2003). Έλαβε χώρα στο Κολοράντο, βορειοδυτικά της πόλης Loveland (Wagenbrenner et al, 2006).

Η σπορά, είτε με εναέρια μέσα, είτε με το χέρι, ήταν εντελώς αναποτελεσματική, τόσο στην κάλυψη του εδάφους, όσο και στην μείωση της στερεοαπορροής. Αυτό γιατί η κάλυψη του εδάφους ήταν πολύ μικρή το πρώτο χρόνο (περίπου 5%, Wagenbrenner et al, 2006), την στιγμή που απαιτείται τουλάχιστον 60% κάλυψη, για επαρκή προστασία από διάβρωση (Robichaud et al, 2000).

Το στρώμα άχυρου που διαστρώθηκε, ήταν πολύ αποτελεσματικό και έφτασε σε ποσοστό μείωσης της απορροής, έως και 91% σε σχέση με τις περιοχές χωρίς επέμβαση (ελέγχου). Παράλληλα, παρατηρήθηκε πως είχε ευνοϊκή επίδραση στην κάλυψη του εδάφους και την επανεμφάνιση της βλάστησης, σε σχέση με την περιοχή ελέγχου και στο τέλος της έρευνας, η κάλυψη στην περιοχή που εφαρμόστηκε, ξεπέρασε το 80%. Ακόμα, το στρώμα από άχυρο μείωσε σημαντικά και την υδάτινη απορροή, καθώς αύξησε την τραχύτητα του εδάφους, μειώνοντας την ταχύτητα ροής και αυξάνοντας τους ρυθμούς διήθησης. Ωστόσο, στην διάρκεια μιας μεγάλης καταιγίδας (16/08/00), με περίοδο επαναφοράς 10ετίας, κρίθηκε αναποτελεσματικό, καθώς η στερεοαπορροή από την περιοχή που εφαρμόστηκε, διέφερε λιγότερο από 5% σε σχέση με την περιοχή ελέγχου (Wagenbrenner et al, 2006).

Η αποτελεσματικότητα των κορμοδεμάτων ποικίλει πάρα πολύ. Σημαντικοί παράγοντες που την επηρεάζουν είναι ο τρόπος που κατασκευάζονται, που πρέπει να είναι προσεγμένος, ώστε οι κορμοί να εφάπτονται πολύ καλά στο έδαφος, η πυκνότητα και το μέγεθός τους, καθώς και η διάρκεια και η ένταση των βροχοπτώσεων (Wagenbrenner et al, 2006). Για μικρές ή μέτριες εντάσεις βροχών, απεδείχθησαν αποτελεσματικά και μείωσαν την στερεοαπορροή έως και 70% (ακόμα και 90%, τον τρίτο χρόνο). Ωστόσο, γέμισαν σχετικά γρήγορα και πρακτικά αχρηστεύθηκαν τον

πρώτο χρόνο, όπου και αντικαταστάθηκαν. Επίσης, φάνηκαν εντελώς αναποτελεσματικά σε μεγάλες και έντονες βροχές, όπου και πολλά καταστράφηκαν από υποσκαφή, ενισχύοντας τοπικά την διάβρωση, λόγω συγκεντρωμένων ροών κάτω από τους κορμούς (Wagenbrenner et al, 2006, Robichaud et al, 2008(a)). Τέλος, δεν φάνηκαν αποτελεσματικά στην μείωση της υδάτινης απορροής και των αιχμών, ειδικά σε έντονες βροχοπτώσεις, κυρίως λόγω της μικρής χωρητικότητάς τους (Wagenbrenner et al, 2006).

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε την μελέτη των Robichaud κ.α. (2008(b)) που μελέτησαν και συνέκριναν την αποτελεσματικότητα τριών αντιδιαβρωτικών μέτρων, εφαρμόσιμων κατά μήκος των ισοϋψών γραμμών του εδάφους. Το ένα ήταν αναφερόμενα και προηγούμενος κορμοδέματα (LEBs), το δεύτερο ήταν φράκτες άχυρου (σαν γλωρά κλαδοπλέγματα, straw wattle) και το τελευταίο ήταν σκαμμένοι αύλακες (τάφροι, trenches) κατά μήκων των ισοϋψών. Για κάθε μέτρο, διατέθηκαν 4 παρόμοιες περιοχές (plot areas) και άλλες 4 διατέθηκαν για την περιοχή ελέγχου, περιοχή χωρίς καμία παρέμβαση. Σύνολο 16 περιοχές (Robichaud et al, 2008(b)). Σημειώνεται πως η φωτιά έκαψε μια τεράστια περιοχή 860000 στρ., στη δυτική Montana, το 2000 (Robichaud et al, 2008(b)). Η καταγραφή των μετρήσεων διήρκησε 3 έτη.

Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν εξομοιωτές βροχής, σαν συντριβάνια (rainfall simulators) και εφάρμοσαν τεχνητές βροχές χαμηλής ή μέτριας και σταθερής έντασης (25 mm/hr). Οι φράκτες άχυρου και τα κορμοδέματα μείωσαν σημαντικά την άμεση απορροή, την στιγμή που οι αύλακες δεν είχαν σημαντική διαφορά με τις περιοχές ελέγχου (Robichaud et al, 2008(b)). Ωστόσο, και τα τρία μέτρα άσκησαν σοβαρή μείωση στην αιχμή των απορροών.

Όσον αφορά την στερεοαπορροή, μόνον οι φράκτες άχυρου την μείωσαν σημαντικά (0,21 Mg/ha έναντι των περιοχών ελέγχου 2,2 Mg/ha, Robichaud et al, 2008 b). Οι αύλακες και τα κορμοδέματα δεν είχαν σημαντικές διαφορές από τις περιοχές ελέγχου (2,5 Mg/ha, Robichaud et al, 2008(b)). Οι αύλακες δεν μείωσαν την στερεοαπορροή πιθανότατα λόγω της διατάραξης του εδάφους, ενώ στα κορμοδέματα παρατηρήθηκε ροή φερτών από τα πλάγια (άκρες των κορμών) και από πάνω (υπερπήδηση), ακόμα και όταν ήταν γεμάτοι κατά το ήμισυ (Robichaud et al, 2008(b)).

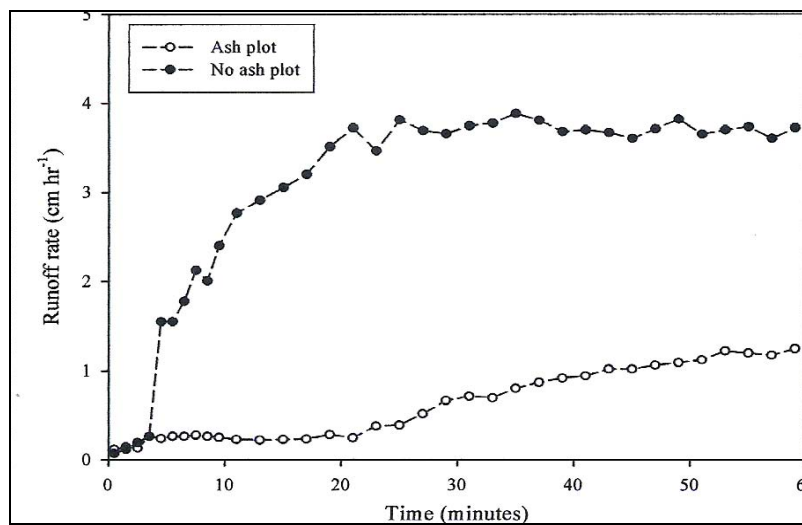
Σε ό,τι αφορά τις φυσικές βροχοπτώσεις με υψηλές και μεταβαλλόμενες εντάσεις, και τα τρία μέτρα αντιδιάβρωσης, φάνηκαν αναποτελεσματικά να συγκρατήσουν φερτά και η στερεοαπορροή μεταξύ των περιοχών με έργα (περιοχές επεμβάσεων, treated areas). Ωστόσο, η μέση ετήσια στερεοαπορροή, τον δεύτερο και τον τρίτο χρόνο (2002-03) ήταν σημαντικά μικρότερη σχέση με τον πρώτο (2001), με τιμές 0,6 Mg/ha και 0,2 Mg/ha, έναντι 21 Mg/ha αντίστοιχα. Η μείωση αυτή αποδόθηκε στην επανεμφάνιση της βλάστησης, καθώς τον τρίτο χρόνο, η φυτοκάλυψη έφτασε το 85% (Robichaud et al, 2008(b)). Από την παραπάνω έρευνα, γίνεται φανερό το πόσο κρίσιμη είναι η φυτοκάλυψη στην μείωση της διάβρωσης και της υδατοπαροχής, καθώς επίσης και το ότι οι φυσικοί μηχανισμοί είναι οι αποτελεσματικότεροι και αποδοτικότεροι έναντι της διάβρωσης.

Επίδραση της στάχτης στην εδαφική διάβρωση

Σε αρκετές έρευνες έχει μελετηθεί ο ρόλος του στρώματος στάχτης, σε συνδυασμό με βελόνες, τις αμέσως επόμενες μέρες μετά από τη πυρκαγιά. Οι απόψεις και τα αποτελέσματα αυτών των μελετών σε ότι αφορά την επίδραση της στάχτης στην απορροή και τη διάβρωση είναι αντιφατικές. Από τη μια λέγεται πως η στάχτη συμβάλει στο φράξιμο των πόρων (sealing effect) με αποτέλεσμα την αύξηση της απορροής και συνεπώς και της διάβρωσης (Malik et al, 1984, Lavee et al, 1995, DeBano et al, 1998, Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001). Από την άλλη η στάχτη

αναφέρεται ως απορροφητικό στρώμα νερού και θεωρείται πως περιορίζει ή τουλάχιστον καθυστερεί την εμφάνιση της απορροής (Cerda, 1998, Doerr et al, 2006, Leighton Boyce, 2007, Cerda and Doerr, 2008). Θα πρέπει να επισημανθεί πως η δεύτερη άποψη έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, καθώς οι έρευνες αυτές είναι πρόσφατες και σε αντίθεση με παλαιότερα, δίνεται η δυνατότητα στους ερευνητές, ακόμα και με ελεγχόμενες πυρκαγιές, να βρίσκονται στον τόπο μελέτης ακριβώς μετά την πυρκαγιά.

Πάνω στο θέμα έχουν γίνει αρκετές έρευνες και παρόλα αυτά το θέμα δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως. Μια από αυτές τις έρευνες αξίζει να παραθέσουμε. Η έρευνα αυτή έγινε στην δυτική Montana από τους Woods και Balfour (2006). Σε αυτήν την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν 2 περιοχές και μετρήθηκε η απορροή. Εφαρμόστηκε τεχνητή βροχή (simulated rainfall) εντάσεως 75 mm/hr για 1 ώρα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.11 (Woods and Balfour, 2006).



Σχήμα 5.11. Ρυθμός απορροής στην περιοχή με στάχτη (ash plot) και χωρίς στάχτη (no ash plot) (Woods and Balfour, 2006).

Φαίνεται καθαρά, πως παρά το φαινόμενο της έμφραξης των εδαφικών πόρων, η απορροή στην περιοχή με στάχτη είναι κατά πολύ μικρότερη. Ωστόσο φαίνεται πως μετά από μισή ώρα βροχής, ενώ η απορροή στην περιοχή χωρίς στάχτη σχεδόν σταθεροποιήθηκε, στην περιοχή με τη στάχτη συνέχιζε να αυξάνει και μάλιστα με εντονότερο ρυθμό. Αυτό, μπορεί να εξηγηθεί πως στην αρχή η στάχτη απορροφούσε υγρασία και μετά από κάποιο σημείο έφτασε σε κορεσμό, με αποτέλεσμα να αρχίσει να συμπαρασέρνεται και να φράσσει τους πόρους του εδάφους (Woods and Balfour, 2006).

Ακόμα, αναφέρεται πως η παρουσία βελόνων καθιστά ένα ακόμα καλύτερο προστατευτικό στρώμα, αφού προφυλάσσει την στάχτη να μην παρασυρθεί από τις πρώτες βροχοπτώσεις μετά τη πυρκαγιά. Γενικά το φαινόμενο επηρεάζεται πολύ από τον τύπο και την ποσότητα της στάχτης, την υφή του εδάφους και τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (ένταση, διάρκεια) (Cerda and Doerr, 2008).

Μια άλλη ενδεχομένως σημαντική επίδραση της στάχτης όπως αναφέρουν οι Doerr κ.α. (2006), που μπορεί άμεσα να μειώσει την απορροή και συνεπώς τη διάβρωση του εδάφους, είναι στην περίπτωση που έχουμε να αντιμετωπίσουμε υδρόφοβους σχηματισμούς στο έδαφος. Σε περίπτωση που οι υδροφόροι αυτοί σχηματισμοί δεν είναι ιδιαίτερα ισχυροί, η συνεχής επαφή με ένα υγρό στρώμα στάχτης μπορεί να τους μετατρέψει σε υδρόφιλους, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη αποθήκευση νερού και συνεπώς την μείωση της απορροής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

6.1 ΤΟ ΟΡΟΣ ΠΑΡΝΗΘΑ

6.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το δάσος του Εθνικού Δρυμού της Πάρνηθας, που μεγάλο τμήμα του κάηκε, εκτείνεται Β.Δ. των Αθηνών και καταλαμβάνει κλιτείες της Πάρνηθας. Η προσέγγιση στην καμένη περιοχή γίνεται από ασφαλτοδρόμους της Φυλής–Δερβενοχωριών και Μετοχίου–Αγίας Τριάδας καθώς και από υπάρχοντες δασικούς δρόμους δεύτερης και τρίτης κατηγορίας.

Η πυρκαγιά, που κατέστρεψε τη βλάστηση και το δασικό οικοσύστημα γενικότερα, ξέσπασε στις 27 Ιουνίου 2007 στα Δερβενοχώρια Βοιωτίας και την επόμενη (28 Ιουνίου 2007) επεκτάθηκε σε θέσεις του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας. Αναλυτικότερα, από την πυρκαγιά καταστράφηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό η δασική βλάστηση της περιοχής, η δασική φυλλάδα και η οργανική ουσία του εδάφους, τουλάχιστον στο ανώτερο στρώμα αυτού. Μετά την πυρκαγιά, οι συνθήκες εδαφοκάλυψης και κυρίως στο τμήμα της καμένης περιοχής που φέρει ασβεστόλιθο, που αντιπροσωπεύει το 80% περίπου της συνολικής καμένης έκτασης, είναι δραματικές. Το έδαφος εκεί, απαντάται συνήθως κατά θύλακες (σε ρωγμές και κοιλότητες βράχων), ενώ σε πολλές θέσεις, το βάθος του είναι ελάχιστο (<5 cm). Πολλές είναι επίσης οι θέσεις που στερούνται τελείως εδάφους, στον ασβεστόλιθο.

6.1.2 ΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ (ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ)

Ο ορεινός όγκος της Πάρνηθας θεωρείται ο σημαντικότερος της Αττικής από κλιματολογικής, περιβαλλοντικής, οικολογικής, αισθητικής, ιστορικής και πολιτιστικής πλευράς. Το οικοσύστημά της είναι από τα σημαντικότερα της χώρας και γι' αυτό βρίσκεται κάτω από καθεστώς απόλυτης προστασίας και χαρακτηρίζεται ως εθνικός δρυμός από το 1961. Ο εθνικός δρυμός αποτελείται από τον πυρήνα και την περιφερειακή ζώνη. Ο πυρήνας, στον οποίο απαγορεύεται κάθε ανθρώπινη επέμβαση, καταλαμβάνει έκταση καταλαμβάνει το κεντρικό (και υψηλότερο) τμήμα του βουνού και έχει έκταση 38120 στρέμματα, εκ των οποίων τα 2000 είναι περιφραγμένα (περιοχή Παλαιοχώρι) και αποτελούν μέρος επιστημονικής έρευνας και παρατήρησης. Μετά την πυρκαγιά του 2007, μέρος από την έκταση των 2000 στρεμμάτων, φιλοξενεί το δασικό φυτώριο του βουνού. Η περιφερειακή ζώνη δεν προστατεύεται τόσο αυστηρά και καταλαμβάνει έκταση 220000 στρεμμάτων (μέχρι τα Δερβενοχώρια), εκ των οποίων τα 74000 περίπου χαρακτηρίζονται ως καταφύγιο άγριων θηραμάτων (Νέξης, 2002). Ακόμα, όλος ο ορεινός όγκος ανήκει στο Ευρωπαϊκό δίκτυο Natura 2000 και αποτελεί ιδεώδη χώρο αναψυχής για τους κατοίκους της πρωτεύουσας και θεωρείται θεμελιώδης παράγοντας βελτίωσης της ποιότητας ζωής τους.

Η χλωρίδα της Πάρνηθας (προφανώς συμπεριλαμβανομένου του καμένου μέρους της), χαρακτηρίζεται από τις πιο πλούσιες της χώρας. Απαντώνται συνολικά 818 είδη φυτών, ήτοι το 15% της Ελληνικής χλωρίδας. Από αυτά τα 277 είναι μονοετή, τα 60 διετή, τα 297 πολυετή, τα 96 γεώφυτα, τα 70 θαμνώδη και τα 18 δένδρα

(Διαπούλης, 1958 από Νέζης, 2002). Η Πάρνηθα είναι και ονομαστή για τα αγριολούλουδά της, πολλά από τα οποία είναι σπανιότατα ενδημικά (γενικά τα ενδημικά είδη της Πάρνηθας υπολογίζονται πάνω από 90. Νέζης, 2002), όπως η κόκκινη τουλίπα, ο κόκκινος κρίνος, η άσπρη παιωνία και η μαύρη φριτιλάρια. Ακόμα, πρέπει να αναφερθούμε και στην τοπική (ενδημική) κεφαλληνιακή ελάτη, που κάλυπτε, μέχρι πριν από την πυρκαγιά, το 90% του πυρήνα του εθνικού δρυμού.

Η πανίδα της Πάρνηθας είναι εξίσου πλούσια, αν και δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες πάνω στο θέμα. Υπολογίζεται πως υπάρχουν 43 είδη θηλαστικών, από τα οποία τα κυριότερα είναι ελάφια, τσακάλια, νυφίτσες, ασβοί, λαγοί, αλεπούδες, σκίουροι κα. Ειδικά ο πληθυσμός των ελαφιών (κόκκινα ελάφια, γύρω στα 150 άτομα) είναι ο μοναδικός πληθυσμός του είδους σε ολόκληρη τη χώρα! Η πυρκαγιά εκτιμάται πως θανάτωσε άμεσα γύρω στα 40 άτομα. Ακόμα, έχουν καταγραφεί 132 είδη πουλιών, που φωλιάζουν στο βουνό ή είναι εποχιακοί επισκέπτες και 34 είδη ερπετών και αμφιβίων (Νέζης, 2002). Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως το οικοσύστημα της Πάρνηθας είναι ένα από τα σπουδαιότερα της χώρας μας και απαιτεί άμεση, ουσιαστική και οργανωμένη προστασία.

6.1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΙΣ 28/6/07

Πρέπει να επισημανθεί ότι η πρώτη γραπτή πληροφορία για μεγάλη πυρκαγιά στο ελατόδασος της Πάρνηθας αναφέρεται περί το 1806 (από τον άγγλο στρατιωτικό και τοπογράφο Leake) και έχει ιστορική και μόνο αξία (Αμοργιανιώτης, 2001). Επίσης πρέπει να αναφερθεί πως μεγάλη πυρκαγιά στην Πάρνηθα είχαμε το έτος 1916 και η έκταση που κάηκε ονομάζεται ξεροβούνι, ενώ η δεύτερη μεγάλη πυρκαγιά που σημειώθηκε το 1940 κατέκαψε έκταση που σήμερα ονομάζεται Καψάλα. Επίσης, μεγάλη πυρκαγιά σημειώθηκε το 1998, στην περιοχή της Αυλώνας, όπου κάηκαν 40000 στρέμματα (Αμοργιανιώτης, 2001). Πιο συγκεκριμένα, από το 1913 μέχρι το 1998 καταγράφηκαν 393 πυρκαγιές και κάηκαν 243581 στρέμματα. Στην περιοχή του ελατοδάσους οι πυρκαγιές ήταν ελάχιστες και η καείσα έκταση σχετικά μικρή. Αντίθετα, η υπόλοιπη περιοχή κάηκε από 1 έως 6 φορές (Αμοργιανιώτης, 2001).

Η πρόσφατη πυρκαγιά (και πιο καταστροφική, όσον αφορά το ελατόδασος) εξερράγη την 27^η Ιουνίου 2007 στα Δερβενοχώρια του Ν. Βοιωτίας και την επόμενη, 28^η Ιουνίου 2007, επεκτάθηκε στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Την ημέρα εκείνη (καθώς και τις προηγούμενες) επικρατούσαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες (ασυνήθιστες για την εποχή) και παρά το ότι δεν έπνεαν ισχυροί άνεμοι, ο δείκτης επικινδυνότητας ήταν υψηλός, για έναρξη πυρκαγιάς, με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη εμφάνιση πολλών περιστατικών ανά την χώρα. Η συνεχής εναλλαγή της διεύθυνσης του πνέοντος ανέμου βοήθησε τη φωτιά να ολοκληρώσει το καταστρεπτικό της έργο, έτσι ώστε σε διάρκεια ολίγων ωρών, κάηκε μεγάλο μέρος του Δρυμού και ορισμένα κτίσματα (π.χ. Ξενία κ.λ.π.) (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

Η πυρκαγιά αυτή, έκαψε συνολικά έκταση 56 km² περίπου (σύμφωνα με εκτιμήσεις της δασικής υπηρεσίας, εκ των οποίων τα 36 ανήκουν στην Αττική (βλ. χάρτη 6.2) και τα υπόλοιπα 20 στην Βοιωτία). Η πυρκαγιά κατέστρεψε 21.800 στρέμματα δάσους κεφαλληνιακής ελάτης στον πυρήνα του δρυμού και περίπου το 58% του συνολικού δάσους Κεφαλληνιακής Ελάτης (Ανδρου κ.α., 2007(b)). Αξίζει να αναφέρουμε, πως η έκταση όλου του ορεινού όγκου, πάνω από την ισοϋψή των 600, που ήταν κατάφυτη πριν την πυρκαγιά, (σε ποσοστό >85%) υπολογίζεται σε 350 km² (Νέζης, 2002). Από αυτήν κάηκαν τα 56, δηλαδή το 1/6 περίπου!

Η πυρκαγιά του Ιουνίου του 2007 εκτιμάται πως ήταν σφοδρότατη, λόγω των ακραίων συνθηκών καύσιμα που επικρατούσαν την περίοδο εκείνη και κατέκαψε σε πολύ μεγάλο ποσοστό (>90% κατά μ.ο.) την δασική βλάστηση, την φυλλάδα και το

οργανικό υλικό του εδάφους. Σε πολλές κορυφές (Λαγός, Πλατύ Βουνό, Ξερόλακες, Στατήρι, Κακή ράχη) και ανώτερα τμήματα πλαγιών με έντονη κλίση, το ποσοστό της οργανικής βιομάζας που κάηκε άγγιξε το 100%, λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύχθηκαν εκεί, από τα ανοδικά ρεύματα των θερμών αερίων μαζών κατά την καύση χαμηλότερων τμημάτων (φαινόμενο καμινάδας). Ελάχιστες συστάδες, πολύ μικρού μεγέθους (λόχμες), έμειναν άκαυτες, σε κοίτες βαθιών ρεμάτων και κοιλάδων, όπως στο ρέμα της Αγ. Τριάδος κοντά στο εκκλησιάκι και στο ρέμα Καμπέρα (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

6.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

6.2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η περιοχή που κάηκε εκτείνεται βόρεια-βορειοδυτικά των Αθηνών και καταλαμβάνει τις ΝΔ πλαγιές του όρους της Πάρνηθας. Περιμετρικά καθορίζεται από τους Δήμους Φυλής, Αχαρνών, Άνω Λιοσίων, Θρακομακεδόνων, Αυλώνας και Δερβενοχωρίων (βλ. χάρτη 6.2, στο τέλος του κεφαλαίου). Τέλος, δασικά, η περιοχή υπάγεται στο Δασαρχείο Πάρνηθας που υπάγεται στη Διεύθυνση Δασών Ανατολικής Αττικής της Περιφέρειας Αττικής.

6.2.2 ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η καμένη έκταση ανήκει ιδιοκτησιακά στο Ελληνικό Δημόσιο και αποτελεί τμήμα του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας (Β.Δ. 644/1961-ιδρυτικό διάταγμα), περιλαμβάνει δε μεγάλο τμήμα του πυρήνα (κεντρικός ορεινός όγκος), τμήμα του δάσους του Ε.Ο.Τ. και τμήμα του δημοσίου δάσους Βουτήματος (βορειοδυτική Πάρνηθα).

6.2.3 ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Ολόκληρο το όρος Πάρνηθας εκτείνεται στη Β.Δ. πλευρά του Λεκανοπεδίου Αττικής και αποτελεί ένα μεγάλο ορεινό συγκρότημα με διεύθυνση από Ανατολάς προς Δυσμάς που μόνο δυτικά ενώνεται με το όρος Πάστρα (1075m) και το οροπέδιο των Σκούρτων (μέσο υψόμετρο 550m). και παρουσιάζει έντονο και αξιόλογο ανάγλυφο. Το υψομετρικό εύρος του κυμαίνεται από 400m περίπου (Νότιο Μετόχι) έως 1413m (Καραβόλα) με υψηλότερες κορυφές: το Όρνιο (1350m) το Αβγό (1.201m) το Πλατοβούνι (1163m) την Κυρά (1160m) το Φλαμπούρι (1158m) το Λαγό (1150m) και τον Αέρα (1127m).

Ένας μεγάλος αριθμός ρεμάτων χαραδρώνει ολόκληρο το όρος Πάρνηθα. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι: Το ρέμα Γιαννούλας, το ρέμα Αγίας Τριάδας, Χούνης, Μαυρορέματος και Αγίου Γεωργίου. Παρατηρείται επίσης ένας μεγάλος αριθμός σπηλαίων και βάραθρων, όπως το σπήλαιο του Πανός, το βάραθρο Γκούρας, το σπηλαιοβάραθρο Νταβέλη, το σπήλαιο της Αγίας Τριάδας, το βάραθρο της Ι. Μονής Κλειστών κ.λπ. (Ανδρου κ.α., 2007(a))

Οι εγκάρσιες κλίσεις κυμαίνονται μεταξύ 16-72% με επικρατούσες κλίσεις 40%. Στον χάρτη των κλίσεων 6.3 (στο τέλος του κεφαλαίου) εμφανίζονται οι κλίσεις στις καμένες λεκάνες απορροής των ρεμάτων και στις περιοχές εκτέλεσης των έργων.

6.2.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ, ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας τα μητρικά πετρώματα που κυριαρχούν είναι οι σκληροί ασβεστόλιθοι και οι σχιστόλιθοι (φλύσχες) (βλ. χάρτη 6.4). Τα εδάφη που εμφανίζονται πάνω στα πετρώματα αυτά είναι γενικά πολύ αβαθή, έντονα διαβρωμένα, δηλαδή ασυνεχή-διακοπτόμενα, από την εμφάνιση του μητρικού πετρώματος.

Βαθύτερα εδάφη παρατηρούνται μόνο σε ορισμένες θέσεις (κυρίως φλύσχη). Τέτοιες θέσεις είναι ορισμένα καρστικά πλατώματα και βυθίσματα, όπως αυτά της Ντράσιζας, της Μόλας, του Ξερολίβαδου κλπ που είναι φυσικά λιβάδια με ποώδη βλάστηση (βλ. χάρτες 6.4 και 6.5, στο τέλος του κεφαλαίου).

Οι ασβεστόλιθοι της Πάρνηθας παρουσιάζονται σε πολλά σημεία εκτεθειμένοι και είναι έντονα καρστικοποιημένοι. Η ύπαρξη των καρστικοποιημένων ασβεστόλιθων μαζί με τους αδιαπέρατους σχιστολιθικούς σχηματισμούς, κάνουν την Πάρνηθα πλούσια σε πηγές (πηγές επαφής) (βλ. χάρτη 6.5, στο τέλος του κεφαλαίου).

Τα ρέματα της Πάρνηθας είναι κυρίως χειμαρροί, με εποχιακή ροή. Εμφανίζουν έντονη χειμαρρικότητα, δηλαδή γρήγορες και πολύ υψηλές αιχμές παροχών, οι οποίες σταματούν σχεδόν αμέσως μετά το επεισόδιο βροχής. Αυτό οφείλεται περισσότερο στα ραγδαία (κυρίως) επεισόδια βροχής, που εμφανίζονται στην Πάρνηθα, όπως θα αναφέρουμε και παρακάτω, και όχι λόγω της φυτοκάλυψης ή των γεωλογικών σχηματισμών. Βέβαια, μετά την πυρκαγιά και λόγω έλλειψης φυτοκάλυψης, η χειμαρρικότητα των Δ-ΝΔ κυρίως ρεμάτων (και ειδικά του ρέματος της Γιαννούλας), αναμένεται να αυξηθεί πολύ σημαντικά, με αρκετές πλημμύρες στις κτάνη περιοχές (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

Λόγω της έντονης χειμαρρικότητας των ρεμάτων, υπάρχει και έντονη στερεοπαροχή και πολλές φορές μάλιστα, με φερτά σημαντικών διαστάσεων. Και αυτή η παράμετρος αναμένεται να μεταβληθεί πολύ μετά την πυρκαγιά του Ιουνίου του 2007. Η παραγωγή φερτών αναμένεται να αυξηθεί πολύ (Ανδρου κ.α., 2007(a)), με πιθανές συνέπειες την έμφραξη της κοιτών και έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στις κατάντη πεδινές περιοχές.

Η οροσειρά της Πάρνηθας ανήκει γεωλογικά, κατά το περισσότερο μέρος, όμοια με τη συνεχόμενη μ' αυτή οροσειρά του Κιθαιρώνα, στη ζώνη Παρνασσού–Γκιώνας, μέρος δε αυτής, ιδίως οι βόρειοι λόφοι Αρμένι (υψόμε. 846m) και Αγελαδίτσα (υψόμε. 720m) ανήκουν στην Ανατολική ζώνη, που εφάπτεται της Αττικοκυκλαδικής ζώνης. Στη γεωλογική δομή του βουνού κυριαρχούν σκληροί ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι στα σημεία επαφής των οποίων εμφανίζονται πολλές μικρές πηγές με συνεχή ή εποχιακή ροή. Το Ι.Γ.Μ.Ε. και το Δασαρχείο Πάρνηθας έχουν καταγράψει και καταμετρήσει τις παροχές 46 συνολικά πηγών. Από τα πετρώματα αυτά, ο ασβεστόλιθος δημιουργεί γενικά ένα έντονο ανάγλυφο του κυριαρχεί στην περιοχή, ενώ οι σχιστόλιθοι δίνουν ένα ομαλό και άμορφο θα λέγαμε ανάγλυφο. Τα εδάφη της ζώνης Παρνασσού–Γκιώνας στην Πάρνηθα είναι του ανώτερου παλαιοζωικού (μέσου και ανώτερου λιθανθρακοφόρου Περμίου) και του κατώτερου μεσοζωικού (τριάδικου). Τα εδάφη της Ανατολικής ζώνης στην Πάρνηθα είναι του μεσοζωικού (ιουρασικού–κρητιδικού) (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

Στο κέντρο της Πάρνηθας, γύρω από την ψηλότερη κορυφή της μεταξύ της θέσης Αγία Τριάδα και της Πηγής Αγίου Πέτρου Μόλας, εμφανίζεται το μέσο λιθανθρακοφόρο με τη μορφή κροκαλοπαγούς πλούσιου σε χαλαζία. Πάνω σ' αυτό ακολουθεί το ανώτερο λιθανθρακοφόρο με τη μορφή σχιστόλιθων και σκοτεινόχρωμων ασβεστόλιθων και ψαμμιτών. Οι σχιστόλιθοι όταν αποσαθρώνονται παίρνουν το χρώμα της τέφρας ή κιτρινόλευκο, οι ψαμμίτες είναι φαιοί ως σκοτεινοπράσινοι, περιέχοντες λεπτότατους κόκκους χαλαζία ή μαρμαρυγία και μάργας. Η εμφάνιση του Περμίου στην Πάρνηθα γίνεται με τη μορφή παχιών ασβεστόλιθων ανοικτού χρώματος και κατά ένα μέρος δολομιτικών μαζών οι οποίες αντιστοιχούν με τους Wettertein και του Esino των Άλπεων, οι οποίοι αποτελούν τον επικρατέστερο ασβεστόλιθο της Πάρνηθας.

Εδαφολογικά στοιχεία

Στην περιοχή έχουν γίνει εδαφοτομές από το τέως Ι.Δ.Ε. και η κατάταξή τους ακολουθεί το σύστημα FAO-UNESCO.

Οι αναγνωρισμένοι εδαφολογικοί τύποι που δημιουργήθηκαν πάνω στα μητρικά πετρώματα είναι οι εξής:

i) *Σκελετικά εδάφη*. Πάνω στα εδάφη αυτά εμφανίζονται φυτικά είδη της ξηροθερμικής οικολογικής ομάδας, τα οποία είναι ενδεικτικά του δυσμενούς τοπικού κλίματος με τάσεις ξηραντικές, τα οποία είναι: *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *spartium*, *thymelaea hirsuta*, *juniperus oxycedrus*. Πάνω στα σκελετικά αυτά εδάφη παρατηρείται αναγέννηση της ελάτης και μπορεί κανείς να δει αρκετές μικροομάδες νεοφύτων ελάτης όλων των ηλικιών, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι δε θα κατεβούμε κάτω από κλιματικό θερμοόριο της ελάτης.

ii) *Ερυθρά εδάφη* πάνω σε ασβεστόλιθο.

iii) *Ορφνά εδάφη* πάνω σε προσχώσεις.

iv) *Ορφνά εδάφη* που έχουν αποπλυθεί.

Τα εδάφη που εμφανίζονται επί των παραπάνω πετρωμάτων είναι γενικά πολύ αβαθή, έντονα διαβρωμένα, ασυνεχή-διακοπτόμενα από την εμφάνιση του μητρικού πετρώματος όπως regosols, lithosols και δευτερογενείς ρετζίνες. Μόνο κατά θέσεις όπου οι μικρές κλίσεις και η μη κατεστραμμένη φυσική βλάστηση ενήργησαν προστατευτικά, παρατηρούνται βαθύτερα εδάφη όπως ορφνά, ορφνά διαπηλωθέντα και ερυθρά μεσογειακά εδάφη (βλ. χάρτη 6.5, στο τέλος του κεφαλαίου).

Η καταλληλότητα των εδαφών για δραστηριότητες αναψυχής, εξαρτάται από ορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά όπως η διαβρωσιμότητα, η ικανότητα για αποστράγγιση, η ευκολία για συμπίεση, η υφή, η πλαστικότητα κ.λ.π. και μπορούμε να πούμε, από την άποψη αυτή, ότι τα εδάφη της Πάρνηθας περιορίζουν ακόμη περισσότερο, σε συνδυασμό και με τις κλίσεις, την επιλογή των χώρων αναψυχής. Η αναγκαιότητα όμως δημιουργίας των χώρων αυτών, υποχρεώνει σε σχεδιασμό εναλλακτικών λύσεων ώστε να αποφεύγεται η επί μεγάλο χρόνο φόρτιση του εδάφους που θα έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση ή σε τεχνητές επεμβάσεις που αυξάνουν την αντοχή των εδαφών (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

6.2.5 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το κλίμα ενός τόπου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι των οποίων είναι το γεωγραφικό πλάτος του, η θέση του ως προς τη θάλασσα και ως προς τα κέντρα δράσης των γενικών αερίων ρευμάτων, το υπερθαλάσσιο ύψος του και το ανάγλυφό του.

Για την πληρέστερη κατανόηση των κλιματικών δεδομένων στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας λαμβάνουμε υπόψη τα στοιχεία που δίνει ο χάρτης των βιοκλιματικών ορόφων της Ελλάδας και τις παρατηρήσεις των κλιματικών δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών, που δίνονται στους πίνακες.

Κλιματολογικά στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών

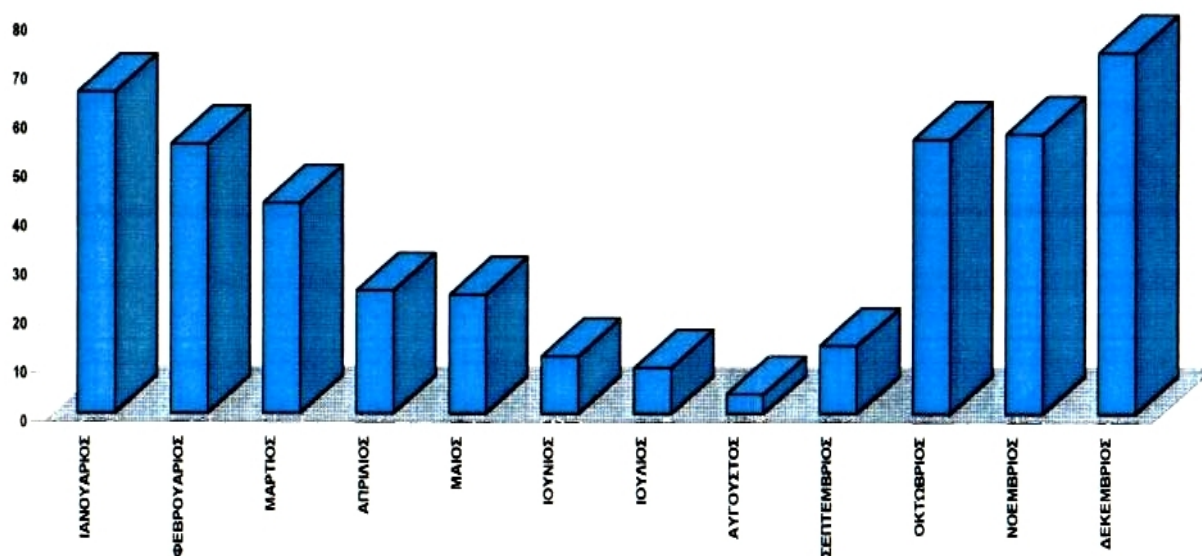
Για την κατανόηση των κλιματικών δεδομένων στον ορεινό όγκο Πάρνηθας θα αναλύσουμε στη συνέχεια τα δεδομένα των πλησιέστερων προς το βουνό σταθμών. Πλήρη στοιχεία και για χρονικό διάστημα (1956-1992) υπάρχουν για τον μετεωρολογικό σταθμό του κτήματος Τατοΐου (υψόμετρο 234,7 m και αφορά τα μικρότερα υψόμετρα της Πάρνηθας από 450 m έως 700 m) Προγενέστερα τα μετεωρολογικά στοιχεία λαμβάνονταν περιοδικά από τον σταθμό του Σανατορίου (1020 m) και τον σταθμό του ΠΓΜΕ (Πάρνηθας) και αφορούσαν τα υψόμετρα υπεράνω των 700 m. Στο βόρειο τμήμα του δρυμού δεν υφίσταται επίσημος μετεωρολογικός

σταθμός, ούτε σε χαμηλό ούτε σε μεγάλο υψόμετρο, παρά μόνο διάφοροι ερασιτεχνικοί.

Πίνακες σταθμών.

**Πίνακας 6.1. Μηνιαίο και ετήσιο ύψος βροχής (mm) για την περίοδο 1952-92
(Ε.Μ.Υ. σταθμός Τατοΐου)**

ΕΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1952	51,2	59,2	41,1	3,4	60,6		6,1	0,2	3,0	12,8	66,7	191,3	495,6
1953		19,4	42,4	51,5	73,8	20,7			11,8	104,0	48,6	58,0	430,2
1954	80,7	67,2	38,6	47,4	17,4	29,0			4,0	62,3	79,7		426,3
1955	73,1	50,5	31,2	55,5	1,1	11,8		29,1	25,3	261,6	139,1	19,2	697,5
1956	43,9	90,8	78,7	21,7	9,5	3,0			4,8	7,5	63,6	66,5	390,0
1957	98,2	6,4	21,5	26,1	86,5	2,5			36,0	92,4	55,2	40,1	464,9
1958	124,6		57,6		21,9	2,5			56,4	23,1	81,9	13,2	381,2
1959	37,6	10,7	42,0		62,9	17,2	18,4	4,5	11,4	114,8	31,2	31,2	381,9
1960	121,6	25,3	38,8	52,0	53,8	0,3	1,0	2,6	2,7	8,1	86,6	159,7	552,5
1961	94,7	59,6	55,9	10,5	8,6	5,6			0,6	37,1	185,2	63,4	521,2
1962	45,2	77,7	15,1	31,6	17,4	1,0	1,0		26,4	54,3	124,6		394,3
1963	89,0	44,7	28,6		59,6	2,2				143,5	67,0	56,8	491,4
1964	125,6	59,0	14,2	15,2	1,8	43,8			98,0	34,3	29,9	63,9	485,7
1965	84,8	119,4	45,7		18,9	46,9				4,5	23,4	47,3	390,9
1966	49,4	17,6	84,8	20,0	26,1	24,1			24,2		31,8	113,6	391,6
1967	38,2	22,3	26,2	54,5	41,7	9,5	2,2	1,0	41,4	176,8	107,6	80,0	601,4
1968	135,3	100,7	43,7	10,2	22,6	22,2		12,7	1,0	99,0	141,4	159,2	748,0
1969	161,7	18,0	69,8	14,4	2,7	0,7	0,2	15,8	3,5		23,9	93,9	404,6
1970	49,2				13,1	24,8	19,7		7,5	83,5	15,3	78,0	291,1
1971	57,3	130,1	94,5	11,5	6,2	4,4	46,6	0,6	2,4	40,8	23,3	73,6	491,3
1972	104,2	59,8	25,6	72,0	16,5		116,5	4,8	11,3	93,1	3,0	10,3	517,1
1973	111,5	71,4	66,4	8,8	0,2	3,0	16,0	2,0	25,7	27,3	24,8	29,4	386,5
1974	72,1	115,3	73,3		22,0	27,0	0,2	1,2	4,6	86,1	40,8	66,4	509,0
1975	61,6	63,2	29,2	22,0	42,9	56,0		17,2		6,1	59,8	160,0	518,0
1976	45,0	171,0	38,0	49,0	33,0	7,0	16,0	12,0	15,0	94,7	104,4	40,0	625,1
1977	19,0	9,6	20,0	19,0	3,0	15,0			55,0	4,0	77,4	242,2	464,2
1978	175,9	108,6	24,3	39,4	9,9	2,8			46,1	72,8	52,4	88,3	620,5
1979	28,8	59,4	23,7	2,1	26,0	5,4	17,7	5,2	2,7	127,5	107,7	65,1	471,3
1980	42,9	49,1	81,7	31,9	25,6	19,8				135,9	69,9	112,8	569,6
1981	148,5	49,5	19,2		2,3		12,4	0,6	2,0	2,0	29,4	91,3	357,2
1982		72,5	84,0	60,9		3,4		0,7			3,4	5,6	230,5
1983	1,1	86,2	44,3	3,1			58,1				1,3	83,4	277,5
1984	6,9		80,0	105,9	3,2		5,7			18,2	18,2	150,4	388,5
1985	185,1		44,4	35,5	20,9	1,2	20,5		1,0	31,4	47,5	31,8	419,3
1986	18,9	81,0	51,4	8,7	37,7	2,2	9,3				7,2	7,4	223,8
1987	4,1	36,9			1,9	24,0				15,8	96,0	43,7	222,4
1988	32,0	103,2	73,3	24,5									233,0
1989		3,8	24,0	4,0	47,4	11,8	4,4	21,9	33,1	135,4	14,0	14,9	314,7
1990	2,6	18,2	0,3		0,3			10,8	0,6	25,7	79,8	122,0	260,3
1991	55,2	67,5	42,6	78,7	58,9		4,3	16,8	10,7	41,4	42,1	171,1	589,3
1992	13,3	49,0	42,0	34,3	35,0	25,2	6,4			17,3	37,6	75,8	335,9



Σχήμα 6.1. Μέσοι όροι υψών βροχής (mm) για την περίοδο 1952-92
 (Ε.Μ.Υ. σταθμός Τατοΐου)

Πίνακας 6.2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία για την περίοδο 1956-92
 (Ε.Μ.Υ. σταθμός Τατοΐου)

ΕΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1956	8,5	7,4	6,7	15,1	19,1	23,9	27,6	27,9	22,4	17,2	13,1	8,1	197,0
1957	6,9	9,6				25,3	27,1	27,8	22,5	18,4	13,0	8,4	159,0
1958	7,8	10,6	10,4	13,8	21,5	24,1	27,2	27,6	20,4	16,8	13,1	10,4	203,7
1959	7,4	5,6	10,8	13,9	19,2	23,0	26,4	26,2	20,4	14,2	11,9	11,0	190,0
1960	8,4	9,2	9,3	13,9	19,4	24,0	26,8	27,3	21,3	19,5	15,1	12,1	206,3
1961	7,8	7,0	11,2	16,5	19,9	24,2	26,3	26,3	21,2	16,6	14,5	9,5	201,0
1962	8,5	6,9	11,5	14,7	21,0	24,6	27,1	27,8	23,0	16,9	14,8	9,0	205,8
1963	7,7	9,5	9,4	13,9	18,1	24,4	27,2	28,1	23,5	17,0	14,0	10,5	203,3
1964	4,9	6,5	10,3	13,9	18,3	23,8	25,8	25,2	20,9	18,1	13,2	10,0	190,9
1965	7,8	6,0	11,0	14,0	18,1	24,1	27,4	24,5	23,3	16,0	13,3	10,3	195,8
1966	7,9	11,1	9,8	15,5	18,5	23,5	27,6	27,5	21,3	19,5	14,3	9,5	206,0
1967	7,0	6,5	9,9	14,0	19,6	23,3	26,2	27,4	22,3	18,1	12,6	9,7	196,6
1968	6,5	9,1	9,8	16,1	23,0	24,0	27,5	25,4	23,2	16,5	12,9	9,0	203,0
1969	6,4	10,0	9,8	12,9	21,6	25,1	25,1	26,2	23,5	16,7	14,7	10,1	202,1
1970	9,5	9,8	10,5	16,4	18,2	24,7	26,8	26,6	21,8	15,8	12,1	8,6	200,8
1971	9,2	7,4	10,1	13,4	20,4	24,8	24,7	26,2	21,3	15,2	12,1	8,0	192,8
1972	7,5	7,7	10,2	15,0	19,3	25,3	25,0	25,1	21,7	15,0	11,6	8,2	191,6
1973	7,0	8,6	8,5	13,5	20,6	24,2	27,7	24,9	23,0	17,5	10,7	10,0	196,2
1974	6,1	8,6	10,3	12,8	18,8	24,4	27,1	26,2	22,3	19,1	12,3	8,0	196,0
1975	6,7	5,9	11,4	14,7	19,6	23,6	26,9	25,0	23,3	17,0	11,9	7,7	193,7
1976	6,9	6,3	9,9	14,0	18,3	23,6	25,0	23,5	21,7	16,9	11,7	9,0	186,8
1977	7,5	10,7	10,8	14,8	21,0	24,6	27,6	26,8	20,8	15,2	13,5	7,1	200,4

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ

1978	6,6	9,9	11,1	13,8	19,0	25,6	25,4	24,2	18,7	14,5	9,4	10,3	188,5
1979	7,8	8,7	12,1	13,7	19,3	25,8	26,2	25,7	22,6	16,3	12,4	9,3	199,9
1980	6,5	6,7	9,5	12,8	17,8	24,0	27,6	26,1	21,5	17,7	14,2	8,9	193,3
1981	5,3	7,2	11,9	14,5	18,1	26,1	25,9	26,0	22,9	20,1	10,5	11,0	199,5
1982	7,8	5,7	8,2	12,7	18,6	24,7	25,7	26,0	23,3	17,3	11,3	9,0	190,3
1983	7,0	5,2	9,4	15,6	21,0	22,8	26,3	24,9	21,8	14,6	11,6	8,8	189,0
1984	7,9	8,3	9,1	11,8	20,3	23,7	25,9	24,5	23,0	18,8	12,6	8,3	194,2
1985	8,2	5,9	9,5		20,9	24,6	26,3	27,2	22,5	15,1	13,7	10,1	184,0
1986	8,9	8,6	10,0	16,4	20,0	25,1	27,0	28,0	23,4	16,5	10,5	7,6	202,0
1987	8,4	8,7	6,3	12,9	18,1	24,7	28,5	26,0	24,3	16,1	11,8	9,0	194,8
1988	8,8	7,8	10,1	13,6	19,9	25,0	29,4	27,2	22,4	16,2	9,7	7,8	197,9
1989	6,0	8,0	11,4	16,6	18,3	23,4	25,9	26,3	22,3	15,2	11,5	8,4	193,3
1990	6,2	8,4	12,2	15,3	19,9	24,8	27,8	25,9	21,9	17,3	14,1	9,2	203,0
1991	6,5	7,5	10,9	13,0	16,7	24,7	26,1	25,2	21,6	17,3	12,0	4,7	186,2
1992	6,5	4,9	8,6	13,9	17,5	23,6	25,1	27,4	21,3	18,9	13,0	6,6	187,3

Πίνακας 6.3. Μέση μηνιαία σχετική υγρασία για την περίοδο 1956-92
(Ε.Μ.Υ. σταθμός Τατοΐου)

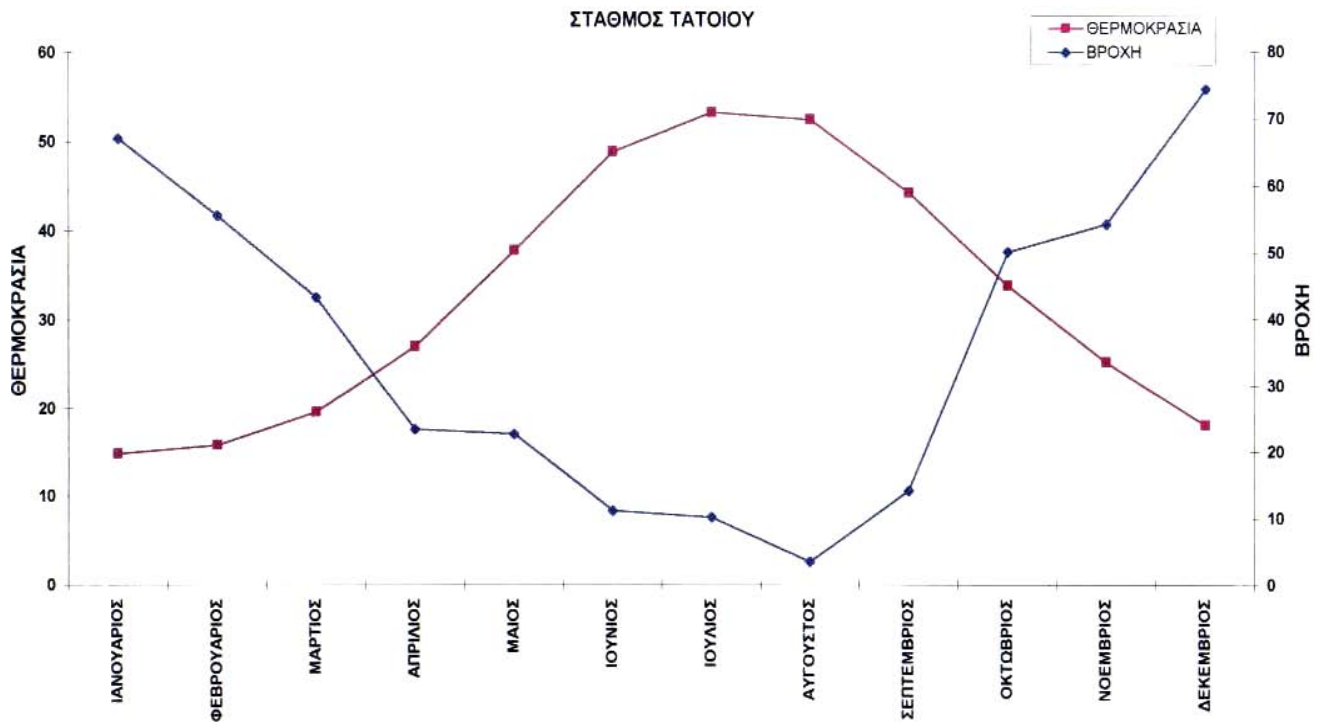
ΕΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1956	79,5	78,7	71,5	63,3	58,8	50,3	41,6	42,3	51,1	57,7	75,4	69,2	739,4
1957	72,6	69,3				44,9	43,7	45,0	60,4	71,1	73,5	76,0	556,5
1958	75,7	71,8	73,6	69,1	55,6	54,0	49,0	41,2	70,4	65,5	75,0	77,0	777,9
1959	71,5	63,7	68,0	62,6	57,2	47,7	44,7	42,6	55,5	64,5	75,7	79,2	732,9
1960	75,5	74,6	74,0	64,8	56,9	44,6	39,0	44,8	60,7	61,5	69,8	80,4	746,6
1961	79,7	68,5	65,5	58,6	54,2	44,8	39,6	39,8	44,2	67,8	73,4	76,5	712,6
1962	78,3	73,9	71,5	57,2	47,6	41,9	39,0	34,1	52,7	72,2	85,3	81,1	734,8
1963	81,4	76,8	71,6	64,5	66,4	48,6	49,8	39,9	55,9	78,4	82,5	79,9	795,7
1964	77,0	76,8	76,5	59,4	61,7	54,6	44,7	46,8	52,6	62,8	76,0	81,4	770,3
1965	79,0	75,4	69,7	69,4	62,7	48,3	43,0	44,9	43,0	56,7	71,7	75,8	739,6
1966	76,7	70,5	70,5	62,2	54,2	49,8	38,8	43,5	57,3	71,9	73,3	74,0	742,7
1967	68,4	71,5	67,3	64,5	52,7	43,4	42,2	42,5	58,8	68,3	79,1	80,4	739,1
1968	75,5	80,6	71,4	59,8	50,7	52,1	39,0	50,2	54,2	65,7	82,2	80,9	762,3
1969	80,5	78,6	78,4	62,3	51,8	46,0	44,3	41,7	53,0	62,8	71,7	81,2	752,3
1970	80,8	74,6	71,5	60,6	54,3	46,5	45,3	44,9	50,9	67,7	73,8	76,7	747,6
1971	81,0	79,3	70,6	65,8	53,8	48,6	48,4	45,7	57,0	66,3	77,6	75,5	769,6
1972	84,1	83,8	67,9	72,8	58,9	44,7	61,8	52,1	65,9	73,1	75,5	82,9	823,5
1973	83,7	80,4	75,9	68,5	47,9	42,7	45,8	45,6	53,8	65,3	74,2	75,5	759,3
1974	78,4	77,8	74,8	69,3	56,2	50,8	35,2	37,9	50,1	64,6	75,7	73,1	743,9
1975	74,7	74,9	72,9	59,4	64,2	47,7	43,1	55,5	48,1	52,4	59,5	68,0	720,4
1976	67,3	71,7	72,1	66,4	60,1	53,6	60,3	60,9	59,6	66,6	71,6	76,3	786,5
1977	77,4	75,8	69,5	55,2	49,2	47,6	47,2	49,0	58,2	63,2	80,0	78,1	750,4

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ

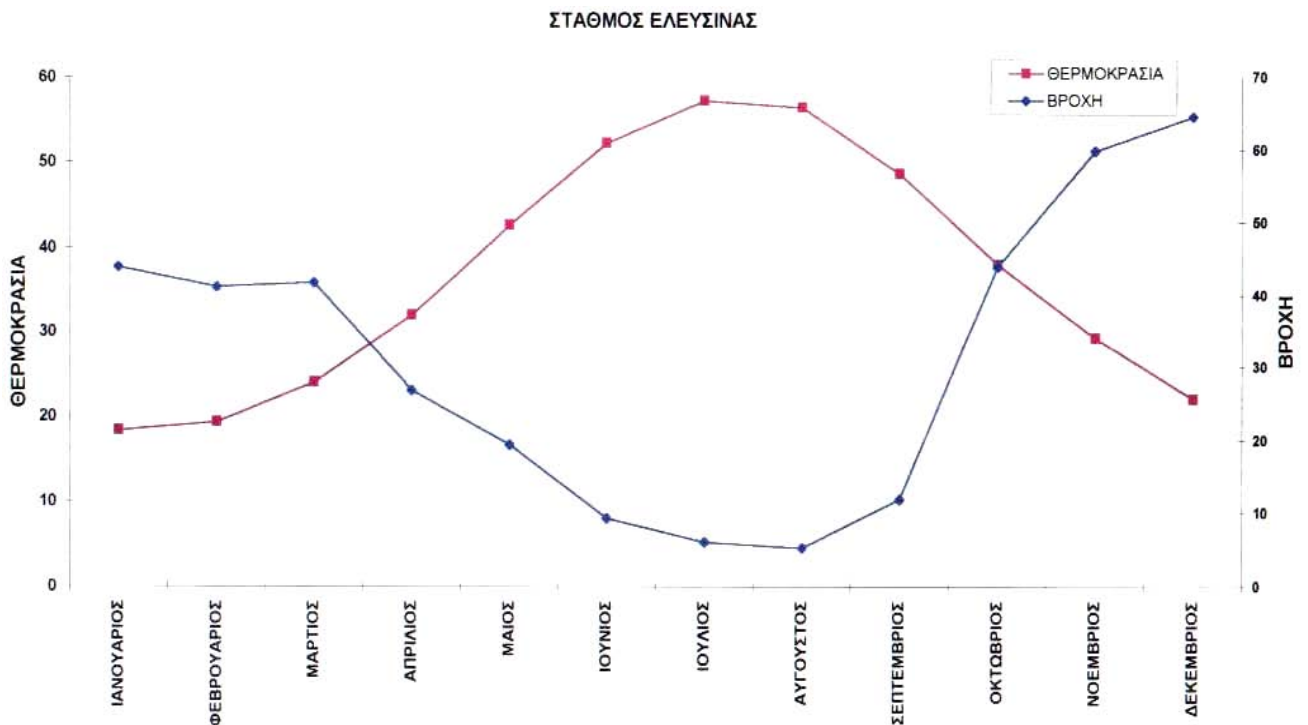
1978	77,1	76,1	67,2	70,6	58,0	47,6	54,3	58,1	67,6	73,5	76,9	84,3	811,3
1979	77,4	78,1	75,4	67,9	68,8	44,9	54,8	52,8	55,3	78,0	79,6	79,9	812,9
1980	79,3	79,8	78,6	72,5	63,4	48,7	42,0	50,0	56,2	74,1	80,0	77,4	802,0
1981	79,3	77,6	71,9	63,1	57,0	47,4	49,5	46,5	56,9	67,7	70,7	79,9	767,5
1982	77,3	74,2	72,9	71,8	53,6	46,3	45,2	46,1	49,9	66,5	71,0	77,0	751,8
1983	68,0	76,2	68,5	60,6	49,6	48,6	50,3	48,3	51,3	67,4	76,7	78,5	744,0
1984	76,4	77,5	74,9	72,7	50,3	42,8	39,0	46,2	52,0	58,3	74,6	74,4	739,1
1985	76,0	71,8	76,9		60,4	51,5	42,0	40,2	46,7	61,5	76,4	78,3	681,7
1986	74,0	76,7	71,5	53,8	51,2	50,9	46,3	41,6	51,7	66,2	69,9	68,0	721,8
1987	74,3	72,8	70,3	63,3	53,8	48,0	37,6	46,8	47,2	66,4	81,5	75,4	737,4
1988	80,4	76,0	69,5	67,8	54,6	47,2	38,1	40,3	50,7	58,2	74,7	70,5	729,0
1989	63,3	66,3	65,3	52,5	54,6	47,5	43,0	43,9	57,4	65,5	71,6	78,1	709,0
1990	70,9	64,9	52,1	56,6	46,6	40,2	35,9	40,3	55,6	65,0	79,0	80,8	687,9
1991	76,3	77,4	73,9	71,3	66,4	50,9	45,5	51,4	58,0	72,2	79,8	77,5	800,6
1992	72,2	71,3	70,5	67,6	57,0	54,6	48,5	38,8	49,8	68,1	70,8	77,2	746,4

Πίνακας 6.4. Μέσοι όροι μετεωρολογικών παρατηρήσεων για την περίοδο 1956-1992 (Ε.Μ.Υ. σταθμός Τατοΐου)

ΜΗΝΑΣ	ΠΙΕΣΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΝΕΦΩΣΗΣ	ΚΑΤΑΚΡΙΜΝΗΣΜΑΤΑ (ΜΜ)	
		ΜΕΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ			ΣΥΝΟΛΙΚΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΟ 24ωρο
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.017,2	7,3	11,8	3,1	76,2	4,7	67,2	138,8
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.016,1	7,9	12,5	3,5	74,7	4,8	53,8	68,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	1.015,0	10,1	14,8	5,0	71,2	4,5	44,0	37,0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.012,6	14,3	19,5	7,7	64,2	3,9	23,3	41,0
ΜΑΙΟΣ	1.013,1	19,4	24,8	11,7	56,1	3,2	20,9	37,3
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.012,1	24,4	29,6	15,9	47,8	2,0	11,2	29,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	1.011,1	26,6	31,8	18,9	44,8	1,1	10,2	46,0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.011,5	26,2	31,6	19,1	45,3	0,9	3,5	21,9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.014,9	22,1	27,9	15,5	54,6	1,7	14,2	44,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.017,3	16,9	22,3	11,7	66,4	3,2	50,5	110,7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.017,7	12,6	17,7	7,7	75,3	4,2	54,3	175,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.016,8	9,0	13,5	4,8	77,2	4,6	74,4	111,0



Σχήμα 6.2. Ομβροθερμικό διάγραμμα περιόδου 1956-92 για τον σταθμό Τατοΐου.



Σχήμα 6.3. Ομβροθερμικό διάγραμμα περιόδου 1958-92 για τον σταθμό Ελευσίνας.

Το κλίμα της Πάρνηθας

Από τον συνδυασμό των παραπάνω στοιχείων που λήφθηκαν από τους σταθμούς Τατοΐου και Ελευσίνας, συμπερασματικά η διαφοροποίηση των κλιματικών συνθηκών στην Πάρνηθα έχει ως εξής:

Στο ενδιάμεσο ύψος των 500 m το μέσο ύψος βροχής κατ' έτος ανέρχεται σε 640 mm περίπου, όμως η ανώτερη υψομετρική ζώνη (άνω των 1000 m) δέχεται διπλάσιες σχεδόν βροχοπτώσεις από τα χαμηλά υψόμετρα (περίπου 1000 mm). Οι βροχοπτώσεις σε όλους του σταθμούς είναι άνισα κατανεμημένες κατά την διάρκεια του έτους και παρατηρούνται κυρίως στην υγρή περίοδο (τέλος φθινοπώρου έως αρχές άνοιξης). Η ξηρή περίοδος είναι το ίδιο ξηρή όσον αφορά τις βροχοπτώσεις και στα μεγάλα και στα χαμηλά υψόμετρα, διαρκεί όμως περισσότερο στα δεύτερα.

Η μέση θερμοκρασία του αέρα είναι περίπου 6° C, στις κορυφογραμμές της Πάρνηθας. Οι χιονοπτώσεις είναι περισσότερες στα ορεινά του βουνού παρά στις χαμηλές παρυφές του και ποικίλλουν πολύ από έτος σε έτος. Τα κατακρημνίσματα έχουν πολύ μεγάλη διακύμανση και τα τελευταία χρόνια καταγραφών, παρατηρείται κάθε τρία με τέσσερα χρόνια μια ξηρή χρονιά, στην οποία τα κατακρημνίσματα εμφανίζονται μειωμένα σε ποσοστό μέχρι και 40% (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

Γενικότερα στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας επικρατούν οι εξής κλιματικοί χαρακτήρες του μεσογειακού κλίματος:

- Στις υψηλότερες κορυφές της κεντρικής Πάρνηθας επικρατεί το υπομεσογειακό κλίμα.
- Σε υψόμετρα από 700 έως 1100m περίπου επικρατεί το ασθενές μεσομεσογειακό κλίμα.
- Στις Ν και ΝΔ περιοχές από υψόμετρο 100 έως 600m περίπου, επικρατεί το ασθενές θερμομεσογειακό κλίμα.

Με βάση τα κλιματολογικά στοιχεία των ανωτέρω σταθμών και τον βιοκλιματικό χάρτη της Ελλάδας, το κλίμα της Πάρνηθας είναι μεσο-μεσογειακό μέχρι τα 700 m για τις βόρειες πλευρές, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών που κυμαίνεται μεταξύ 75 και 100 για τα προαναφερόμενα υψόμετρα και προς την κορυφή μετατρέπεται σε ασθενές μέσο-μεσογειακό με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 75. Τέλος, στη χαμηλότερη περιοχή η οποία προς τα άνω χαρακτηρίζεται από τα ψυχρά όρια του σίνιου, μέχρι τα 500 m περίπου, το κλίμα είναι ασθενές θερμομεσογειακό με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών 100 έως 125 (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

Οι γεωγραφικές περιοχές της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου (συμπεριλαμβανομένης και της Πάρνηθας), με εξαίρεση τις πολύ ορεινές, έχουν ένα τύπο κλίματος ιδιαίτερο. Το κλίμα αυτό, είναι το λεγόμενο ηπειρωτικό ή Ελληνικού τύπου, και χαρακτηρίζεται από μία αρκετά μεγάλη βροχόπτωση το χειμώνα και την άνοιξη και πολύ έντονη ξηρασία το καλοκαίρι. Προφανώς, αυτές οι συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για την ανάπτυξη μεγάλων πυρκαγιών, κατά την ξηρή περίοδο φυσικά. Γενικά για την περιοχή της Πάρνηθας, μπορούμε να συμπεράνουμε τα παρακάτω, χωρίς βέβαια να λείπουν και σημαντικές αποκλίσεις ανάλογα τις συνθήκες.

Ο χειμώνας στην περιοχή της Πάρνηθας είναι γλυκός, συνήθως όψιμος, το καλοκαίρι πρώιμο και η διάρκεια της άνοιξης μικρή.

Κατά την εποχή της άνοιξης, οι εναλλαγές της θερμοκρασίας είναι απότομες, συχνές και συχνά εμφανίζονται θερμοκρασίες που δεν είναι του καιρού, οι οποίες ακολουθούνται από όψιμους παγετούς μικρής διάρκειας.

Το καλοκαίρι είναι πολύ ξηρό, σχεδόν χωρίς βροχές με εξαίρεση κάποιες καταιγίδες. Το καλοκαίρι αυτό, με τη μεγάλη ξηρασία του και τους τροπικούς καύσωνες, δεν θεωρείται καλοκαίρι κεντροευρωπαϊκού τύπου.

Το φθινόπωρο είναι θερμό και μικρής διάρκειας. Η θερμοκρασία εμφανίζεται σημαντικά υψωμένη λόγω της υψωμένης υγρομετρικής κατάστασης και της ελάττωσης της εντάσεως των ανέμων. Η βλάστηση εμφανίζεται αμέσως μετά τις πρώτες βροχές και τα ποώδη φυτά αρχίζουν να καλύπτουν το έδαφος. Είναι η δεύτερη άνοιξη της Ελλάδας, δηλαδή παρουσιάζει το πλεονέκτημα της κάπως υψηλότερης θερμοκρασίας και της σταθερότητας του καιρού. Οι άνεμοι πνέουν προς όλες τις διευθύνσεις και μπορεί να θεωρηθεί ότι η Πάρνηθα είναι εκτεθειμένη σε αρκετούς και ισχυρούς ανέμους.

Η κατανομή των ανέμων και η απουσία χαμηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων στη λεκάνη της Μεσογείου, εξηγούν την ξηρασία του καλοκαιριού. Οι επικίνδunami άνεμοι που επικρατούν στην Πάρνηθα είναι συνήθως οι νοτιοδυτικοί, μερικές φορές δε και οι βόρειοι.

Οι βροχές παρουσιάζονται κυρίως σε τρεις εποχές του έτους, δηλαδή κατά το φθινόπωρο, την άνοιξη και κυρίως το χειμώνα, ενώ κατά το θέρος επικρατεί μια υπερβολική ξηρασία, η οποία αποτελεί τον κύριο χαρακτήρα του κλίματος του λεκανοπεδίου της Αττικής και Βοιωτίας. Οι πρώτες βροχές, αρχίζουν να πέφτουν συνήθως κατά τον Οκτώβριο–Νοέμβριο, με βροχερότερο μήνα συνήθως το Νοέμβριο ή Δεκέμβριο. Οι βροχές είναι περισσότερο ραγδαίες, μετά από τις οποίες εμφανίζεται ήλιος. Γενικά οι βροχές είναι λίγες (λιγότερο των 90 ημερών ετησίως) αλλά αυτές πέφτουν με ραγδαιότητα και εξαπολύουν μέσα σε λίγες ώρες τεράστιες πλημμύρες, οι οποίες καταστρέφουν τα πάντα στο πέρασμά τους. Γι' αυτό οι πρώτες βροχές, αντί να είναι αποκλειστικά ευεργετικές καθίστανται αντίθετα καταστρεπτικές, διότι εκριζώνουν και μεταφέρουν το καλό χώμα μακριά, το οποίο εναποτίθεται στη θάλασσα ή και αναμιγνύεται με χαλίκια και κροκάλες στους καλλιεργούμενους αγρούς που βρίσκονται χαμηλότερα (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

Σημαντική είναι και η συνιστώσα της ομιχλοβροχής στην περιοχή του ελατοδάσους της Πάρνηθας, που παρουσιάζεται τους χειμερινούς κυρίως, αλλά και τους φθινοπωρινούς μήνες και ανέρχεται περίπου, για κάποιες περιοχές, στο 30% της συνολικής ετήσιας βροχής (Μπαλούτσος κ.α., 2007(b)). Φυσικά, η ομιχλοβροχή εμφανίζεται κάτω από την δασική κομοστέγη και όχι στα διάκενα του δάσους ή σε αποδασωμένες πλαγιές. Εξαρτάται από τοπικές συνθήκες, όπως η δομή, μέγεθος και σύνθεση της συστάδας και δεν είναι ενιαία σε όλη την έκταση του ορεινού όγκου. Η καταστροφή μεγάλου μέρους του ελατοδάσους από την πυρκαγιά του 2007 θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής, καθώς θα εξαφανιστεί το φαινόμενο της ομιχλοβροχής από την καμένη έκταση.

Έτσι και σύμφωνα με τα παραπάνω, το κλίμα της περιοχής τους Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας είναι ξηρό, οι θερμοκρασίες κατά το καλοκαίρι τη μεν ημέρα είναι υψηλές, παρά το μεγάλο σχετικά υψόμετρο, τη δε νύχτα σχετικά χαμηλές.

Η πτώση του χιονιού είναι μερικές φορές άφθονη κατά τους χειμερινούς μήνες, με σχηματισμό έντονων ρευμάτων ψυχρών ανέμων στα βαθύτερα σημεία των κοιλάδων και χαραδρών. Η θέση «Γοργόνα» στην προτελευταία ανάκαμψη της δημόσιας οδού Αθηνών–Πάρνηθας στο 28° περίπου χιλιόμετρο, είναι ονομαστή για τη δύναμη του ανέμου, που τοπικά εκεί επικρατεί, σε σημείο ώστε να διακόπτει ακόμη και την κυκλοφορία σε μοτοσικλέτες. Κατά το φθινόπωρο και ιδίως κατά τον χειμώνα παρατηρείται αρκετή ομίχλη και υγρασία.

Η σχετική υγρασία του αέρα είναι ένας κλιματικός παράγοντας σημαντικός κατά την περίοδο της βλάστησης, ως ρυθμιστής της εξάτμοδιαπνοής. Η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας του αέρα ποικίλει μεταξύ 65 και 72,5%.

Η μέση θερμοκρασία είναι υψωμένη και οφείλεται στην επίδραση της Μεσογείου, η οποία δρώντας ως μια μεγάλη λεκάνη θερμότητας τροφοδοτεί τις ακτές

με υψωμένες θερμοκρασίες. Η διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ της ζέστης της ημέρας και του ψύχους της νύχτας είναι ισχυρή, αλλά οι ισχυρότερες αντιθέσεις γεννιούνται από τοπογραφικές συνθήκες (έκθεση στον ορίζοντα, έκθεση στον ήλιο, ηπειρωτικότητα κ.λ.π.)

Η νέφωση είναι βέβαια περιορισμένη κατά το καλοκαίρι γι' αυτό και η Ελλάδα είναι ονομαστή για τον ήλιο της. Η ετήσια ηλίαση ποικίλει μεταξύ 2200 και 3000 ωρών.

Η φωτεινότητα είναι εξαιρετική με διαυγείς και γαλανούς ουραμούς, ένα φως αρκετά έντονο και μια διαφάνεια του αιθέρα θαυμάσια.

Σύμφωνα με παλαιότερες παρατηρήσεις σε υψόμετρο 1020m το ετήσιο ύψος βροχής είναι 822 mm, ετήσιο ύψος χιονιού 120 cm, μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα 11°C και μέση μέγιστη 16°C, δηλαδή στοιχεία που δημιουργούν ένα κλίμα δροσερότερο οπωσδήποτε από εκείνο του λεκανοπεδίου, αλλά και από εκείνο των γύρω από την Αθήνα βουνών (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Θα πρέπει πάντως να αναφέρουμε και να επισημάνουμε το γεγονός ότι το κλίμα της Πάρνηθας παρουσιάζει μεγάλη ιδιομορφία. Το μικροκλίμα της παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές από αυτό του λεκανοπεδίου της Αττικής, καθώς υπάρχει η διαφορά του υψόμετρου και η ποικιλία του ανάγλυφου. Εκτός από αυτό όμως μεγάλες διαφορές παρατηρούνται και μέσα στο ίδιο το μικροκλίμα της Πάρνηθας, όσον αφορά τις εκθέσεις προς τον ορίζοντα, ανάλογα πάντα και με το υψόμετρο. Έτσι παρατηρούνται διαφορετικές κλιματικές συνθήκες από τα βόρεια στα νότια ή από τα ανατολικά στα δυτικά και ακόμα διαφορετικές κλιματικές συνθήκες από το ένα υψόμετρο στο άλλο, μια και όσο ψηλότερα ανεβαίνουμε τόσο περισσότερη υγρασία παρουσιάζεται. Γι' αυτούς τους λόγους παρατηρείται και πολύ μεγάλη ποικιλία ειδών στη χλωρίδα της Πάρνηθας.

6.2.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΑΜΕΝΟΥ ΔΑΣΟΥΣ

Κύριο δασοπονικό είδος του καμένου δάσους ήταν η κεφαλληνιακή ελάτη (*abies cephalonica*), σε ποσοστό 50% περίπου, κυρίως αμιγής και σε μικρότερο ποσοστό σε μίξη με χαλέπιο πεύκη (*pinus halepensis*), η οποία είναι το δεύτερο κυρίαρχο είδος της καμένης έκτασης (σε ποσοστό 48% περίπου) και παρουσιάζει την μορφή του τυπικού πευκοδάσους της Αττικής (υπόροφος αείφυλλων πλατυφύλλων-πυρναίρι, κουμαριά, σχίνος φυλλίκι κ.λ.π.) (βλ. χάρτη 6.6, στο τέλος του κεφαλαίου) (Γεωμελάς κ.α., 2007).

Το δάσος της ελάτης εξαπλωνόταν στα μεγαλύτερα υψόμετρα (άνω των 900 m) σε αμιγή μορφή. Στο Β και ΒΔ. τμήμα αυτής (θέσεις Μόλα, Γκούρα), που είναι και άκαυτο, το ελατοδάσος είναι σε μίξη με τον οξυκέδρο (*juniperus oxycedrus*), ως υπόροφο σε θαμνώδη μορφή. Το ελατοδάσος πιεζόταν διαρκώς σε υποχώρηση, λόγω των δυσμενών κλιματεδαφικών συνθηκών, αλλά κυρίως λόγω της συνεχιζόμενης επιδημίας του *Gryphal Piceae* (Γεωμελάς κ.α., 2007).

Από άποψη διαχειριστικής μορφής, το ελατοδάσος εσυγκροτείτο από ομήλικες ή σχεδόν ομήλικες ομάδες, λόχμες και πολλές φορές μικροσυστάδες διαφόρων κλάσεων διαμέτρου, που διαδέχονταν ακανόνιστα η μία την άλλη. Στα μέσα και κατώτερα υψόμετρα επικρατούσαν οι διαπλάσεις της χαλεπίου πεύκης και των αείφυλλων πλατύφυλλων. Στα όρια του ελατοδάσους τα οποία δεν ήταν σαφώς διακριτά και ποίκιλαν κατά περιοχή, συναντιόταν το μικτό δάσος ελάτης-χαλεπίου πεύκης (κυρίως στα δυτικά –θέσεις Γκούρα, Ρουμάνι, Αγία Τριάδα κ.λ.π.)

Από άποψη διαχειριστικής μορφής το πευκοδάσος εμφανιζόταν σε ακανόνιστες, πολυόροφες, κηπευτοειδείς, ανομήλικες συστάδες.

Τέλος, σε μικρές ομάδες ή και διάσπαρτα συναντώνταν και είδη δρυός, όπως Δρυς η χνοώδης (*Quercus Pubescens*), Δρυς η βελανιδιά (*Quercus aegilops*) και Αριά

(*Quercus ilex*) και σπάνια φυτά όπως η Άσπρη Παιωνία (*Paeonia mascula*), ο Κόκκινος Κρίνος (*Lilium calcedonium*), η Κόκκινη τουλίπα (*Tulipa orphanidae*) κα.

Αποκατάσταση του καμένου δάσους

Η αποκατάσταση του δάσους θα γίνει είτε με φυσική αναγέννηση, είτε με τεχνητή αναδάσωση. Τα τμήματα της πεύκης που κάηκαν, είχαν μεγάλο αριθμό ώριμων κώνων με υγιείς και βιώσιμους σπόρους, το άνοιγμα των κώνων που έγινε μετά το πέρασμα της φωτιάς είχε σαν επακόλουθο την άφθονη φυσική σπορά σε ορισμένες περιπτώσεις οι σπόροι που έχουν πέσει ανά τετραγωνικό μέτρο ξεπερνούν τους χίλιους (Γεωμελάς κ.α., 2007).

Τα αείφυλλα πλατύφυλλα που συγκροτούν την υπόροφο βλάστηση θα αναγεννηθούν φυσικά χάρη στην έντονη παραβλαστική δύναμη του ριζικού τους συστήματος που είναι ζωντανό. Ήδη ξεκίνησε η παραβλάστησή τους και σε πολλούς καμένους θάμνους τα παραβλαστήματα έχουν ήδη ξεπεράσει το 1 m. Δυστυχώς, η ελάτη είναι είδος που δεν έχει προσαρμοσθεί στις πυρκαγιές, όπως η χαλέπιος πεύκη, και γι' αυτό δεν αναμένεται η φυσική της αναγέννηση. Γι' αυτό το λόγο η τεχνητή αναδάσωση θεωρείται απαραίτητη (Γεωμελάς κ.α., 2007).

Η χαλέπιος πεύκη έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα στα πυρόπληκτα περιβάλλοντα, αντέχει στην ξηρασία και συναγωνίζεται με επιτυχία την υπόλοιπη φυσική βλάστηση στις καμένες εκτάσεις γι' αυτό αποτελεί σιγουριά φυσικής αναγέννησης με την προϋπόθεση της πλήρους προστασίας των εκτάσεων από τη βοσκή και τους εκχερσωτές-καταπατητές.

Η τεχνητή αναδάσωση στην περιοχή της χαλεπίου πεύκης, θα πρέπει να γίνει στις διπλοκαμένες νεαρές συστάδες κάτω των δεκαπέντε ετών που δεν υπάρχουν σπορείς-κώνοι και δεν περιμένουμε φυσική αναγέννηση. Επίσης, τεχνητή αναδάσωση, πιθανότατα θα χρειαστεί στην περιοχή της ελάτης, καθώς παρά του ότι τα περισσότερα άτομα ήταν ενήλικα, το είδος αυτό δεν έχει προσαρμοστεί στα πυρόπληκτα περιβάλλοντα και επιπλέον, την περίοδο της πυρκαγιάς δεν υπήρχαν κώνοι πάνω στα δέντρα. Τέλος, η αναδάσωση θα πρέπει να γίνει με μίξη πλατύφυλλων όπου οι εδαφικές συνθήκες το επιτρέπουν (Γεωμελάς κ.α., 2007). Γενικά, η περιοχή των παρεμβάσεων με τεχνητές αναδασώσεις, αλλά και με αντιδιαβρωτικά έργα, ανήκει στην ευρύτερη καμένη περιοχή της Πάρνηθας, εντός του νομού Αττικής, (κόκκινη περιοχή στον χάρτη 6.2 και ειδικότερα οι αναδασωτικές επεμβάσεις στην περιοχή της ελάτης, φαίνονται στο χάρτη 6.7, στο τέλος του κεφαλαίου).

6.3 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ-ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ

6.3.1 ΓΕΝΙΚΑ-ΑΝΑΓΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ

Τα περιστατικά της βροχής στην Αττική χαρακτηρίζονται από διαστήματα μεγάλης ραγδαιότητας. Επιπλέον, όπως προαναφέραμε τα ρέματα της Πάρνηθας χαρακτηρίζονται από έντονη χειμαρρικήτητα. Έτσι, ο κίνδυνος πλημμύρας και μεταφοράς στερεοουλικών από την ορεινή ζώνη αυξάνεται σημαντικά μετά την ολοσχερή καταστροφή της βλάστησης, τα πρώτα δύο-τρία χρόνια μετά την πυρκαγιά και με συνηθισμένο ύψος βροχής (περίπου 80% το πρώτο έτος, 20% το δεύτερο και 10% το τρίτο, (Ανδρου κ.α., 2007(b)). Πολύ κρίσιμα ειδικά, είναι τα πρώτα επεισόδια βροχής, μετά την πυρκαγιά. Τα αντιδιαβρωτικά μέτρα σε θέσεις των λεκανών απορροής λαμβάνονται αφού λάβουμε υπόψη την φυτοκάλυψη (μετά την πυρκαγιά), τον κίνδυνο διάβρωσης κάθε θέσης, την κλίση του εδάφους, καθώς και το βάθος εδάφους και κατόπιν ιεραρχείται η προτεραιότητα επέμβασης.

Τα προβλήματα που αναμένονται να προκύψουν από τη μεταπυρική διαμορφούμενη κατάσταση είναι τα εξής:

- α) Αύξηση της απορροής των υδάτων.
- β) Σημαντική μείωση του χρόνου συρροής.
- γ) Διάβρωση και απόπλυση του εδαφικού υλικού.
- δ) Μεταφορές φερτών υλικών στις κατάντη περιοχές.
- ε) Μείωση του εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Ειδικά για την Πάρνηθα, ο κίνδυνος διάβρωσης και απόπλυσης του εδαφικού υλικού, καθώς και η δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων, είναι πολύ υψηλός, καθώς τα περισσότερα εδάφη της είναι αβαθή έως πολύ αβαθή (σε ορισμένα σημεία <5 cm) και οι πρώτες φθινοπωρινές βροχές, είναι μεγάλης ραγδιότητας, με συνέπεια η πλήρης υποβάθμισή της να είναι ένα πολύ πιθανό σενάριο (Άνδρου κ.α., 2007(a)).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση και την έκταση των χειμαρρικών φαινομένων είναι τα χαρακτηριστικά των όμβριων υδάτων, οι εξάρσεις-κλίσεις του εδάφους, η σύσταση των πετρωμάτων και η φυτοκάλυψη.

Η αντιμετώπιση των χειμαρρικών-πλημμυρικών φαινομένων γίνεται με συνδυασμένες ενέργειες φυτοκομικών έργων (αναδασώσεις στις λεκάνες απορροής, αναχλοάσεις κλπ.) και μικρών τεχνικών έργων στις κλιτείς και φράγματα κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων σε επιλεγμένες εγκάρσιες θέσεις.

6.3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΝΗΘΑ

Η συνολική έκταση των έργων που κατασκευάστηκαν, καταλαμβάνει 19 km², εξ ολοκλήρου στον νομό Αττικής (εντός της κόκκινης περιοχής του χάρτη 6.2) και στον ορεινό όγκο της Πάρνηθας, με εξαίρεση κάποια φράγματα από συρματοκιβώτια, που κατασκευάστηκαν για αντιπλημμυρική προστασία, σε κοίτες υδατορεμάτων στα κατάντη πεδινά τμήματα του βουνού (κυρίως περιοχή Θρακομακεδόνων).

Τα έργα που κατασκευάστηκαν χωρίζονται κατ' αρχάς σε:

- έργα λεκανών απορροής και
- έργα ρεμάτων.

Τα πρώτα έχουν κυρίως αντιδιαβρωτικό χαρακτήρα και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως βασικά ή έργα πρώτης γραμμής άμυνας, ενώ τα δεύτερα έχουν κυρίως αντιπλημμυρικό και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως έργα δεύτερης γραμμής άμυνας (Μπαλούτσος, 2007).

Όσον αφορά τα βασικά ή έργα πρώτης γραμμής άμυνας, σκοπό έχουν την σταθεροποίηση του επιφανειακού εδάφους, την μείωση της παρασυρτικής δύναμης και την συγκράτηση επί τόπου-διήθηση των πλημμυρικών υδάτων. Χώρος εκτέλεσής τους είναι η λεκάνη απορροής των ρεμάτων και οι μικροχαραδρώσεις (Άνδρου κ.α., 2007(a, b)).

Τα έργα αυτά είναι δύο κατηγοριών:

Η πρώτη κατηγορία αφορά έργα με βασική ύλη το ξύλο και το κλαδοξύλο των απονεκρωθέντων δένδρων που θα υλοτομηθούν (*κορμοδέματα και κλαδοδέματα*) η διάρκεια ζωής των έργων αυτών είναι 3-5 έτη, μετά την πάροδο των οποίων θα αυτοκαταστραφούν (σαπίσουν), αφού ήδη επιτελέσουν το σκοπό τους.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά την *βαθιά αυλάκωση* των εδαφών με κλίση μικρότερη του 30% με χωματοουργικά μηχανήματα στα ενδιάμεσα των παραπάνω έργων, με στόχο την αύξηση της διαπερατότητας και συγκράτησης του επιφανειακά απορρέοντος νερού, υλικών. Ο καθοριστικός παράγοντας της αποτελεσματικότητας των έργων αυτών είναι η ταχύτητα ολοκλήρωσής τους, πριν από τις φθινοπωρινές βροχές.

Τα έργα δεύτερης γραμμής άμυνας ή δεύτερου βαθμού παρέμβασης, κατασκευάζονται στις κοίτες των καμένων υδατορεμάτων. Σκοπός των έργων αυτών είναι η συγκράτηση φερτών υλών, η μείωση της ταχύτητας του νερού και η προστασία

της κοίτης από αξονική διάβρωση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν 2 επιπλέον υποκατηγορίες. Η πρώτη αφορά τα μη μόνιμα ή προσωρινά έργα και περιλαμβάνει όλα τα ξυλοφράγματα, μικρούς μεγέθους από κορμούς καμένων δένδρων (*κορμοφράγματα*). Η δεύτερη υποκατηγορία αφορά τα μόνιμα έργα και περιλαμβάνει φράγματα, συνήθως μεγάλου μεγέθους, από *ξηρολιθιές* και *συρματοκίβωτια λίθων (σαρζανέτ)* (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

6.3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ-ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Η περιγραφή των έργων που ακολουθεί, στηρίζεται στην μελέτη των αντιδιαβρωτικών έργων, που εκπόνησε το δασαρχείο Πάρνηθας και δεν αναφέρεται στην τωρινή κατάσταση των έργων. Η υφιστάμενη κατάστασή τους περιγράφεται και αξιολογείται παρακάτω.

ΕΡΓΑ ΠΡΩΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΜΥΝΑΣ (ΕΡΓΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ)

A) Έργα λεκανών απορροής με βασική ύλη το ξύλο των απονεκρωθέντων δέντρων (κορμοδέματα και κλαδοδέματα).

1. Συγκέντρωση υπολειμμάτων υλοτομιών σε γραμμές (κλαδοδέματα ή κλαδοπλέγματα ή κλαδοσωροί).

Το μέτρο αυτό θεωρείται πολύ αποτελεσματικό όταν η βασική ύλη είναι χλωροί και εύκαμπτοι κλάδοι. Ωστόσο σε καμένες λεκάνες απορροής, οι χλωροί κλάδοι είναι δυσεύρετοι και γι' αυτό χρησιμοποιείται η τεχνική των κλαδοσωρών από καμένους κλάδους (Μπαλούτσος, 2005). Σχεδιαστικές λεπτομέρειες και τεχνικές κατασκευής αυτών των κλαδοσωρών, αναφέρονται παρακάτω. Ωστόσο, επειδή οι κλάδοι δεν έχουν καμία συνάφεια με το έδαφος και μεταξύ τους, φάνηκαν εντελώς αναποτελεσματικοί (Μπαλούτσος, 2005), όπως θα πούμε παρακάτω, στην παράγραφο των συμπερασμάτων του κεφαλαίου.

Όλα τα υπολείμματα του κλαδοξύλου της υλοτομίας της ελάτης και της χαλεπίου πεύκης, που είναι πολύ λεπτά και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κορμοδεμάτων, συγκεντρώνονται κατά τις ισοΰψεις, στοιβαγμένα σε γραμμές ύψους 0,70 m, και πλάτους 0,8–1,0 m, σχηματίζοντας κλαδοσωρούς, μια διαδικασία γνωστή και ως *ρόγγιασμα*, που είναι συνεχόμενοι σε γραμμές κατά μήκος των ισοΰψων. Στις μικροχαραδρώσεις συνεχίζεται η κατασκευή των κλαδοδεμάτων, με την διαφορά ότι αυτά μπορούν να είναι ψηλότερα μέχρι και το ύψος του 1 m (Ανδρου κ.α., 2007(b)) (βλ. εικόνα 6.1).

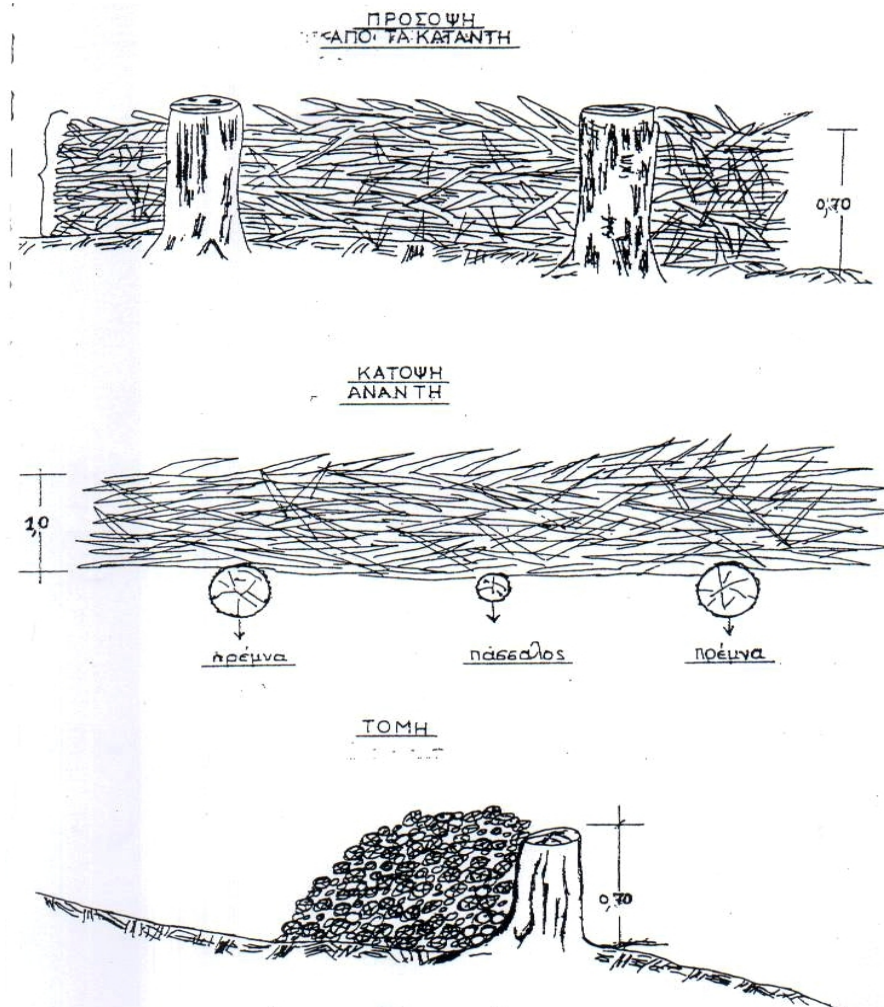
Χρησιμοποιούνται όλοι οι κλάδοι, μέχρι τους λεπτότερους που μπορούν να συγκεντρωθούν, καθώς και οι πολύ λεπτοί κορμοί. Στο πάνω μέρος τοποθετούνται οι χονδρότεροι και μακρύτεροι κλάδοι για προστασία των σωρών.

Η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 10 m στις κλίσεις από 0–50%. Στις κλίσεις πάνω από 50% τα υπολείμματα διαμορφώνονται και αφήνονται επί τόπου διασκορπισμένα ομοιογενώς επί όλης της επιφανείας για λόγους αντιδιαβρωτικής.

Στο σχεδιάγραμμα των κλαδοπλεγμάτων (σχ. 6.4) φαίνονται οι περισσότερες από τις σχεδιαστικές λεπτομέρειες, που αναφέρονται σε αυτήν την παράγραφο.

Η κάθε γραμμή υπολειμμάτων διακόπτεται ανά 15 m κατά 1–2 m για την διέλευση της άγριας πανίδας, όμως πρέπει να υπάρχει επικάλυψη από την αμέσως επόμενη χαμηλότερη (κατάντη) γραμμή, ώστε να μην υπάρχουν κενά.

Η στερέωση των κλαδοσωρών θα γίνεται στα πρέμνα ή με πασσάλους. Για καλύτερη στήριξη, τα πρέμνα και οι πάσσαλοι προβλέπονται να είναι λίγο ψηλότεροι. Οι πάσσαλοι που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη των κλαδοδεμάτων, εμπήγνυνται στο έδαφος τουλάχιστον σε βάθος 30 cm, το δε ύψος τους καλύπτει το ύψος του κλαδοδέματος κατά 10 cm (Ανδρου κ.α., 2007(b)).



Σχήμα 6.4. Σχεδιάγραμμα (κάτοψη, όψη, τομή) κλαδοδεμάτων (Ανδρου κ.α., 2007(b))



Εικόνα 6.1. Κλαδοσωροί κατά μήκος των ισοϋψών γραμμών (ρόγγιασμα) στην Πάρνηθα (φωτ. από συγγραφείς).

2. Κορμοδέματα ή κορμοπλέγματα

Από τα (πλησιέστερα) νεκρά δένδρα που υλοτομούνται, χρησιμοποιείται το κορμόξυλο, εφόσον έχουν κορμό μέσης διαμέτρου μέχρι 20 cm ή και μικρότερης στην περίπτωση των κορμοπλεγμάτων. Στην περίπτωση των κορμοπλεγμάτων, η διάμετρος αποτελείται από τρεις έως πέντε λεπτότερους κορμούς, των οποίων όμως η διάμετρος μετά το δέσιμο με σύρμα, σαν σύνολο, είναι περίπου 20-30 cm (διπλά ή τριπλά κορμοδέματα, βλ. σχ. 6.6) (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

Η τοποθέτηση των κορμών γίνεται κατά τις ισοϋψείς, στηριζόμενοι στα πρέμνα των υλοτομηθέντων δένδρων ή σε πασσάλους από λεπτότερο ξύλο (8-15 cm), όταν τα πρέμνα στήριξης απέχουν απόσταση μεγαλύτερη από 3 m. Οι πάσσαλοι προβλέπονται να διεισδύουν σε βάθος τουλάχιστον 30 cm. Για την καλύτερη σταθεροποίησή τους, τα κορμοτεμάχια προσδένονται επί των πρεμνών ή των πασσάλων με σύρμα. Ιδιαίτερη προσοχή καταβάλλεται στην τέλεια εφαρμογή τους, τόσο στο έδαφος, όσο και μεταξύ τους για την περίπτωση των κορμοπλεγμάτων, ώστε να μην δημιουργούνται κενά. Επιπλέον, από την ανάντη πλευρά κατασκευάζεται ένας αύλακας και τα εκχώματα τοποθετούνται επί του κορμού, πλευρικά και ανάντη, για καλύτερη συνάφεια με το έδαφος.

Στην γραμμή τοποθέτησης, καθαρίζονται τα υπολείμματα και αναμοχλεύεται ελαφρά το έδαφος. Έτσι τοποθετείται ο κορμός ή το κορμόπλεγμα κατά τρόπο που να εφάπτεται πλήρως του εδάφους, στερεούμενος στα πρέμνα, εφόσον είναι κατά τις ισοϋψείς ή με πασσάλους. Προσδένεται με σύρμα στα πρέμνα ή στον πάσσαλο στερέωσης (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

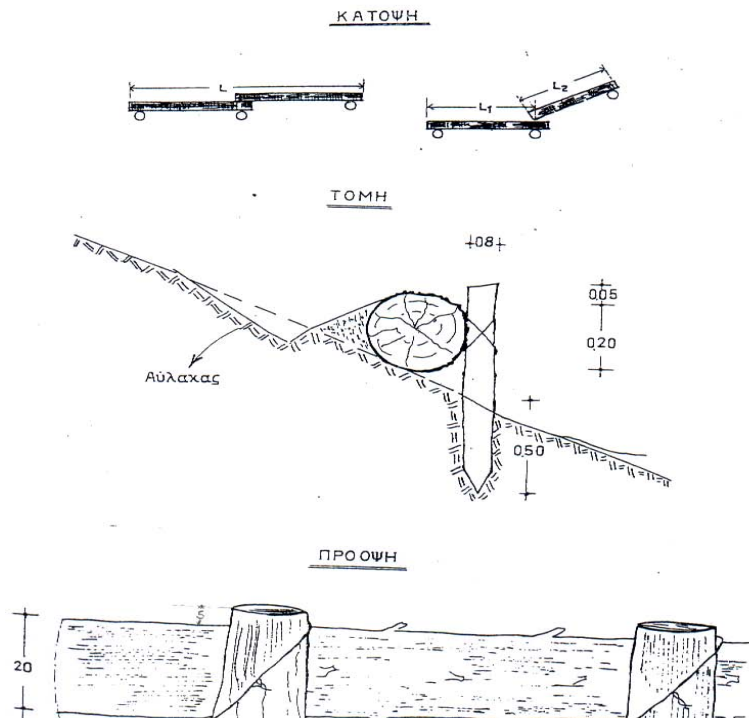
Οι κορμοί προέρχονται από την υλοτομία μόνον των νεκρών δένδρων, θάμνων που βρίσκονται επί τόπου του έργου. Το σύρμα για την πρόσδεση και στερέωση τους θα έχει πάχος 2-3 mm.

Σε περίπτωση που η γραμμή των κορμοδεμάτων ή κορμοπλεγμάτων έχει μήκος μεγάλο, διακόπτεται με κάθετα τοποθετούμενο κορμό μήκους 1 m, ο οποίος στο σημείο επαφής καλύπτεται αμφίπλευρα με έδαφος. Οι διακοπές αυτές μπορεί να γίνουν λόγω τοπογραφικών ανωμαλιών ή για λόγους διευκόλυνσης της μετακίνησης της άγριας πανίδας. Οι διακοπές αυτές είναι της τάξης του 1-2 m και γίνονται συνήθως ανά 40-50 m. Φυσικά, τυχούσα διακοπή μιας γραμμής θα πρέπει να επικαλύπτεται από την αμέσως επόμενη (κατάντη) γραμμή. Οι παραπάνω πληροφορίες φαίνονται και στο σχετικό σχεδιάγραμμα κορμοδεμάτων (σχ. 6.5 και 6.6) (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

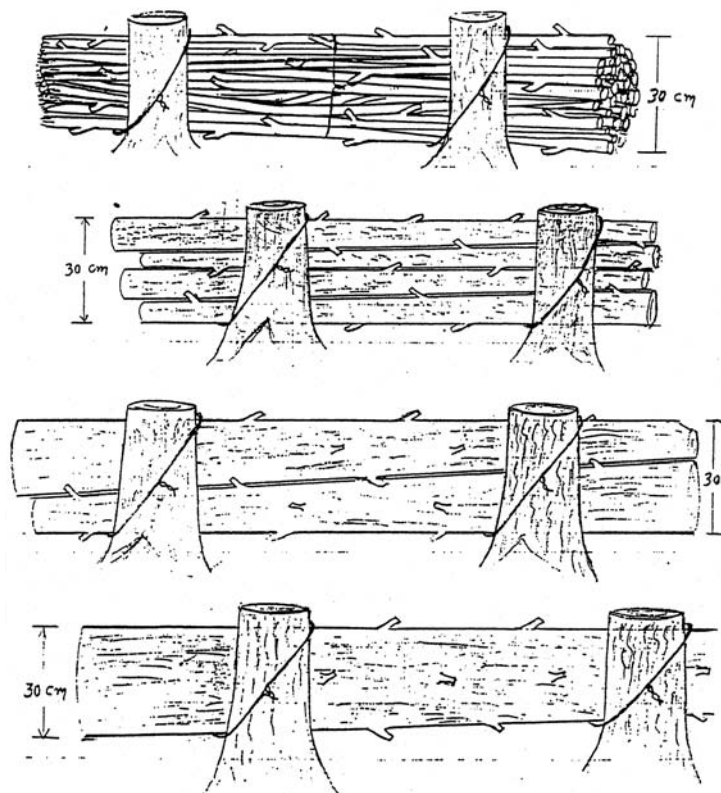
Τα παραπάνω έργα προβλέπονται να κατασκευαστούν μόνον εκεί που υπάρχουν συστάδες ελάτης και πεύκης. Στις συστάδες των αειφύλλων-πλατυφύλλων δεν πρέπει να γίνει καμιά τέτοια επέμβαση, γιατί αυτές πολύ γρήγορα αναπτύσσουν πρεμνοβλαστήματα και καλύπτουν πλήρως το έδαφος, προσφέροντας την επιθυμητή αντιδιαβρωτική προστασία.

Οι αποστάσεις μεταξύ των κορμοδεμάτων, καθώς και η χωρητικότητάς τους καθορίζεται ανάλογα με την εγκάρσια κλίση του εδάφους, από την διαβρωσιμότητα του εδάφους, το ύψος τους (διάμετρος για τα απλά ή το άθροισμα διαμέτρων για τα πολλαπλά) κορμοδεμάτων και από την εκτιμώμενη απορροή που θα προκληθεί από την καταιγίδα σχεδιασμού. Γενικά, στις κλίσεις από 20% και έως 50% η απόσταση μεταξύ τους είναι 8 m, ενώ για μεγαλύτερες κλίσεις είναι 6 m. Το μήκος τους κυμαίνεται από 5,0 m και άνω (στην περίπτωση που δεν υπάρχει μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με μήκος μικρότερο) κατά τις ισοϋψείς και το ύψος τους είναι 0,20-0,30 m. Ακόμα, προβλέπεται η πλήρης πλήρωσή τους σε βάθος χρόνου, περίπου 1 έτος. (Ανδρου κ.α., 2007(b)). Τυπικά κορμοδέματα ή κορμοσειρές στις πλαγιές της Πάρνηθας φαίνονται στις εικόνες 6.2 και 6.3.

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
 ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ



Σχήμα 6.5. Σχεδιάγραμμα (κάτωψη, όψη, τομή) απλών κορμοδεμάτων (Ανδρου κ.α., 2007(b))



Σχήμα 6.6. Όψη απλών, διπλών και πολλαπλών κορμοδεμάτων (Ανδρου κ.α., 2007(b)).

Ο υπολογισμός των αποστάσεων καθώς και της χωρητικότητας, τόσο των κορμοδεμάτων, όσο και των κλαδοσωρών, σύμφωνα με την μελέτη των αντιδιαβρωτικών έργων, που εκπονήθηκε από την δασική υπηρεσία, παρουσιάζεται στο παράρτημα (Ανδρου κ.α., 2007(b)).



Εικόνα 6.2. Κορμοδετήσεις στις πλαγιές της Πάρνηθας (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.3. Κορμοδέματα με στήριξη στα πρέμνα (φωτ. από συγγραφείς).

B) Αύλακες

Η δεύτερη κατηγορία των έργων πρώτης γραμμής άμυνας είναι η βαθιά αυλάκωση. Στις επιφάνειες με κλίση κάτω από 30% και μετά την κατασκευή των παραπάνω έργων και την απομάκρυνση όλων των υπολειμμάτων της υλοτομίας εφαρμόζεται βαθιά αυλάκωση. Εκτελείται με χωματουργικά μηχανήματα τα οποία φέρουν δύο ειδικούς αναμοχλευτήρες με πτερύγια. Η αυλάκωση γίνεται κατά τις ισοϋψείς και το βάθος είναι 50 cm ή ανάλογο με τη βαθύτητα του εδάφους. Η

απόσταση των αυλάκων θα κυμαίνεται από 2,00 έως 2,50 m και το μήκος τους όσο επιτρέπει η διαμόρφωση του εδάφους (Άνδρου κ.α., 2007(b)).

Η εργασία αυτή εκτός από τον αντιδιαβρωτικό της ρόλο θα βοηθήσει και στην εισαγωγή άλλων βελτιωτικών ειδών με τεχνητή αναδάσωση εκεί όπου θα προβλεφθεί από την ακολουθούσα μελέτη ανάπλασης του περιαστικού δάσους.

Παρόλα αυτά, η εργασία αυτή έγινε πολύ περιορισμένα (σχεδόν καθόλου), καθώς το έδαφος στην Πάρνηθα είναι σε πολλά σημεία πολύ αβαθές, αλλά και γιατί πολλοί ερευνητές υποστήριξαν πως η εισαγωγή χωματογενικών μηχανημάτων θα διατάρασσε το έδαφος με αποτέλεσμα την ενίσχυση της διάβρωσης, αντί την μείωσή της. Έτσι, το μεγαλύτερο βάρος της αντιδιαβρωτικής προστασίας πέφτει στα “ξύλινα” έργα.

ΕΡΓΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΑΜΥΝΑΣ (ΕΡΓΑ ΡΕΜΑΤΩΝ)

A) Προσωρινά ή μη μόνιμα έργα (κορμοφράγματα ή ξυλοφράγματα).

Τα έργα αυτά, έχουν ως βασική ύλη το ξύλο και περιλαμβάνουν μικρά ξυλοφράγματα, σε μικρές χαραδρώσεις (ρέματα τάξης 1 και 2, Μπαλούτσος, 2007), για την αποτροπή της αξονικής διάβρωσης και την συγκράτηση φερτών υλών. Ωστόσο και ο αντιπλημμυρικός τους ρόλος δεν είναι αμελητέος, καθώς μπορούν να προκαλέσουν ανάσχεση μειώνοντας την πλημμυρική αιχμή (λόγω αύξησης της διήθησης) και αυξάνοντας τον χρόνο συρροής ή συγκέντρωσης της λεκάνης.

Η τοποθέτηση των κορμών είναι συνήθως οριζόντια (ο ένας κορμός επάνω στον άλλον), αλλά σπανιότερα μπορεί να είναι και κατακόρυφη (ο ένας κορμός δίπλα στον άλλον) και τότε το μήκος των κορμών είναι και το ύψος του φράγματος. Τυπικά φράγματα με οριζόντιους και κατακόρυφους κορμούς φαίνονται στις εικόνες 6.4 και 6.5 αντίστοιχα.

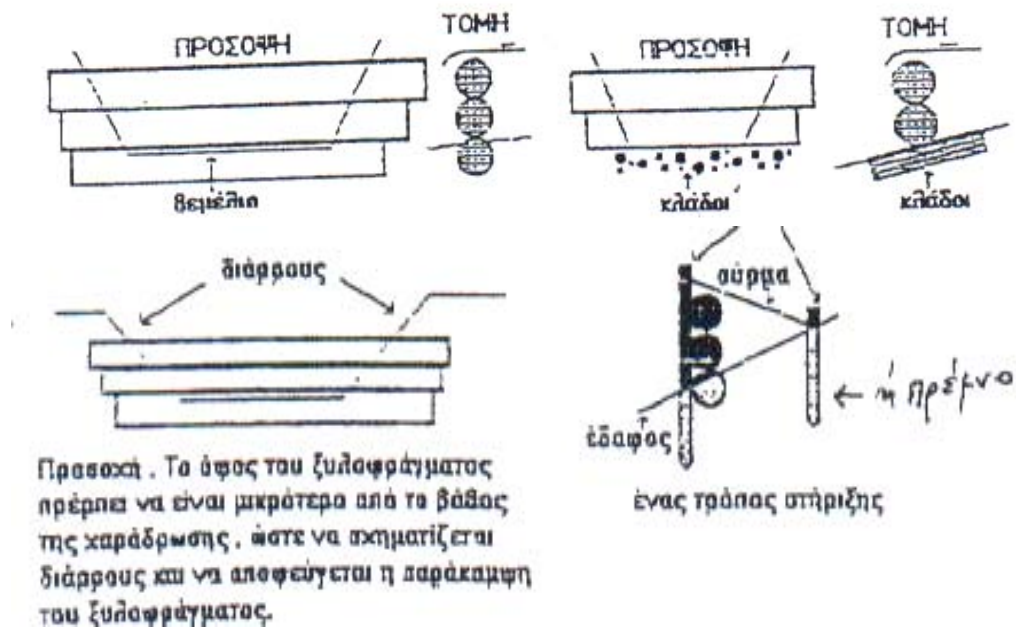
Οι απαιτούμενοι κορμοί και κλάδοι προέρχονται από νεκρά δένδρα και από επιφάνειες με μικρό κίνδυνο διάβρωσης. Το κατακόρυφο υπέργειο ύψος του έργου είναι από 40 cm μέχρι 1 m (χωρίς να αποκλείεται και μεγαλύτερο ύψος, ανάλογα την περιοχή) (Άνδρου κ.α., 2007(b)) και μικρότερο από το ύψος των πρηνών της χαραδρώσης, για να σχηματίζεται διάρρους και να αποφεύγεται η παράκαμψη του ξυλοφράγματος. Για τον λόγο αυτό σε πολλά κορμοφράγματα κατασκευάστηκε υπερχειλιστής, δηλαδή μια εγκοπή στον ανώτερο κορμό (βλ. εικόνα 6.4). Για την κατασκευή του, χρησιμοποιούνται κορμοί διαμέτρου τουλάχιστον 10 cm. Οι κορμοί στερεώνονται ασφαλώς στα πρηνή και σε βάθος τουλάχιστον 30 cm και εφάπτονται καλά μεταξύ τους, ώστε να μην υπάρχουν μεγάλα κενά από τα οποία θα μπορούσε να γίνει διαρροή εδαφοϋλικών. Για την ασφαλή στερέωση των κορμών χρησιμοποιούνται πάσσαλοι, που δένονται με σύρμα πάχους 3 mm ή και αντηρίδες.

Για την αποτροπή της υποσκαφής του ξυλοφράγματος και της διαρροής των εδαφοϋλικών γίνεται και θεμελίωση στον πυθμένα σε βάθος τουλάχιστον 20 cm. Σε μερικές περιπτώσεις, η υποσκαφή μπορεί να αποτραπεί με την κατασκευή κλαδοστρώματος στον πυθμένα της κοίτης. Το κλαδοστρώμα αποτελείται από παράλληλους στη ροή κλάδους και καλύπτει όλο το πλάτος της κοίτης σε μήκος 1 m περίπου. Το κυρίως φράγμα κατασκευάζεται στο μέσο περίπου του κλαδοστρώματος, ώστε τα νερά που υπερχειλίζουν από τη στέψη του, να πέφτουν στα κλαδιά και να μην υποσκάπτουν το έδαφος.

Οι παραπάνω πληροφορίες, για τα φράγματα με οριζόντιους κορμούς, απεικονίζονται και στα σχετικά σχεδιαγράμματα των ξυλοφραγμάτων στο σχήμα 6.7 (Άνδρου κ.α., 2007(b)).

Προφανώς, η οριζόντια απόσταση τόσο των ξυλοφραγμάτων, όσο και των κορμοσειρών, στις πλαγιές της λεκάνης απορροής εξαρτάται από το ύψος τους, την

κλίση της πλαγιάς, την διαβρωσιμότητα του εδάφους, καθώς και από την καταγίδα σχεδιασμού και την εκτιμώμενη επιφανειακή απορροή, που αυτή θα προκαλέσει.



Σχήμα 6.7. Σχεδιάγραμμα (όψη, τομή) τυπικού ξυλοφράγματος (Ανδρου κ.α., 2007(b)).



Εικόνα 6.4. Κορμόφραγμα από οριζόντιους κορμούς, στηριγμένους σε βράχους, με υπερχειλιστή (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.5. Κορμόφραγμα από κατακόρυφους κορμούς, που στηρίζονται σε οριζόντιο και αυτός με τη σειρά του σε πρέμνο από δεξιά (κατά τη ροή) και πάσσαλο από αριστερά (φωτ. από συγγραφείς)

Υδραυλική λειτουργία κορμοδεμετων και κορμοφραγματων

Κορμοδέματα. Η υδραυλική λειτουργία των κορμοδεμάτων, με μονή σειρά κορμών (απλά κορμοδέματα ή κορμοσειρές), προσομοιάζεται με αυτή των υπερχειλιστών ευρείας στέψης. Πιο συγκεκριμένα, στην διάρκεια ενός επεισοδίου βροχής και αφού έχει δημιουργηθεί επιφανειακή (επίγεια) απορροή, το απορρέον νερό συσσωρεύεται και λιμνάζει προσωρινά ανάντη του κορμοδέματος με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της ταχύτητάς του, των τύρβων και των υδροδυναμικών συνθηκών γενικότερα. Αυτές οι συνθήκες ηρεμίας προκαλούν συνθήκες καθίζησης, τουλάχιστον για τα χοντρότερα υλικά, με αποτέλεσμα την συγκράτηση φερτών και το σταδιακό “γέμισμα” των κορμοσειρών. Το νερό που υπερχειλίζει είναι κατά πολύ καθαρότερο και με σαφώς μειωμένη ταχύτητα, λόγω της επίδρασης των κορμών. Η μείωση της ταχύτητας οδηγεί σε μείωση της συρτικής (ή παρασυρτικής) δύναμης του νερού και συνεπώς και σε μείωση της διαβρωτικότητας της ροής. Η λειτουργία των κορμοσειρών, πέραν της συγκράτησης φερτών, οδηγεί και σε ανάσχεση της πλημμυρικής παροχής στα κατάντη, με σημαντικά αντιπλημμυρικά οφέλη. Αυτό επιτυγχάνεται κατ’ αρχάς με την μείωση του πλημμυρικού όγκου, καθώς παρατηρείται αύξηση της διήθησης, έως και 15% (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Ακόμα, η ύπαρξη των κορμοδεμάτων, μειώνοντας σημαντικά την ταχύτητα ροής, οδηγεί σε αύξηση του χρόνου συγκέντρωσης της λεκάνης, δηλαδή του χρόνου που χρειάζεται για να απορρεύσει και το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης απορροής (Κουτσογιάννης, 1999), με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του χρόνου υστέρησης της πλημμυρικής αιχμής, μέχρι και 35% (Ανδρου κ.α., 2007(a))! Με άλλα λόγια, η αιχμή της πλημμύρας εμφανίζεται πιο αργά και σαφώς πιο μειωμένη, με την ύπαρξη των κορμοδεμάτων. Συνεπώς, η δράση των κορμοδεμάτων συνοψίζεται στην μείωση της ταχύτητας και του όγκου της άμεσης απορροής και άρα και στην μείωση της στερεοαπορροής.

Προφανώς, η απόδοση των έργων αυτών και η επίτευξη του σκοπού τους στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην καλή συνάφεια του κορμού με το έδαφος. Αυτό προϋποθέτει μια μικρή αναμόχλευση του εδάφους πριν την τοποθέτηση των κορμών. Για αποδοτικότερη λειτουργία, σε πολλές χώρες που έχουν εφαρμοστεί αυτά τα έργα, ανάντη των κορμών, τοποθετείται ξηρό χόρτο ή άχυρο (Μπαλούτσος, 2005). Στην

περίπτωση που υπάρξει ροή κάτω από τους κορμούς, τότε θα επακολουθήσει έντονη υποσκαφή και η δημιουργία μεγάλων αυλακιών. Με άλλα λόγια, όχι μόνο δεν θα λειτουργήσουν καθόλου τα έργα, αλλά λόγω συγκέντρωσης της ροής, θα ενισχυθεί σημαντικά και η διάβρωση.

Κορμοφράγματα. Τα κορμοφράγματα έχουν την ίδια υδραυλική λειτουργία με τις κορμοσειρές, σε μεγαλύτερη όμως κλίμακα. Έτσι, η σημαντική διαφορά τους είναι ότι τα πρώτα τοποθετούνται σε ρέματα, δηλαδή σε έντονες ροές, με μεγάλες ταχύτητες, παροχές και στερεοπαροχές. Γι' αυτό είναι πολύ ψηλότερα και οι απαιτήσεις στήριξής τους πολύ αυστηρότερες. Η λειτουργία τους συνίσταται στην τόσο στην συγκράτηση φερτών (αδρομερών κυρίως λόγω των έντονων υδροδυναμικών συνθηκών), όσο και στην αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη περιοχών, κάνοντας ανάσχεση καθώς μειώνουν σημαντικά την ταχύτητα ροής του υδατορέματος (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Τα κορμοφράγματα αποτελούνται από πολλές σειρές κορμών, η μία πάνω στην άλλη, δημιουργώντας ένα φράγμα ύψους της τάξης του 0,5-1 m. Ο κατώτατος κορμός ή κορμός βάσης, επιβάλλεται να εξασφαλίζει πολύ καλή συνάφεια με το έδαφος, καθώς εδώ οι πιθανότητες υποσκαφής είναι πολύ περισσότερες απ' ότι στις κορμοσειρές, λόγω των έντονων υδροδυναμικών συνθηκών. Πολύ καλή συνάφεια επίσης, πρέπει να υπάρχει και με τα πρηνή της κοίτης, για να μην υπάρξουν πλάγια νεροφαγώματα και αυτό προϋποθέτει το πλήρες θάψιμο των άκρων των κορμών. Φυσικά, το σώμα του φράγματος είναι διαπερατό, λόγω των αρμών επαφής των κορμών καθ' ύψος (μεταξύ των σειρών). Για αυτόν τον λόγο, σε πολλές χώρες η ανάντη πλευρά του φράγματος είναι καλυμμένη με γεωϋφάσματα ή απλά από χόρτα και κλαδιά μικρού μεγέθους.

Ωστόσο, λόγω της συσσώρευσης εδαφικών υλικών μεγάλων διαστάσεων, που δεν ξεπλένονται μέσα από το σώμα του φράγματος (χαλίκια, κροκάλες), αλλά και λόγω της μείωσης των υδροδυναμικών συνθηκών λόγω της υποκειμένης κορμοσειράς, σταδιακά ο κάθε αρμός φράσσει με αποτέλεσμα να γεμίζει η παραπάνω σειρά και τέλος να έχουμε την πλήρη πλήρωση του φράγματος. Φυσικά, το κατά πόσο θα φράξουν οι αρμοί εξαρτάται κυρίως από το μέγεθός τους και γι' αυτό πρέπει οι κορμοί να είναι καθαρισμένοι από τα πλευρικά κλαδιά και να ακουμπάνε όσο το δυνατόν καλύτερα μεταξύ τους. Σε κορμοφράγματα μεγάλου μεγέθους μορφώνεται και υπερχειλιστής, δηλαδή μια εγκοπή στο κέντρο του φράγματος και στην ανώτατη κορμοσειρά, για την αποφυγή πλάγιας ροής (Ανδρου κ.α., 2007(a)), μεταξύ του φράγματος και του πρηνούς της κοίτης, όταν το φράγμα θα έχει πληρωθεί πλήρως. Η πλάγια αυτή ροή μπορεί να κάνει ένα μεγάλο νεροφάγωμα στα πλάγια του φράγματος και να το καταστρέψει ακόμα και μετά την πλήρη πλήρωσή του. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στο νερό που υπερχειλίζει, καθώς η συγκεντρωμένη αυτή ροή, λόγω πτώσης (το ύψος πτώσης είναι το κατακόρυφο υπέργειο ύψος του φράγματος), αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια και μπορεί να προξενήσει φαινόμενα υποσκαφής από τα κατάντη. Για τον λόγο αυτό, στην θεμελίωση του φράγματος μπορεί να τοποθετηθούν κλάδοι, παράλληλα στη ροή και κάθετα στον άξονα του φράγματος.

Β) Μόνιμα έργα (ξηρολιθιές και συρματοκιβώτια).

Τα έργα αυτά έχουν ως βασική ύλη τους συλλεκτούς λίθους. Γενικά, τα έργα αυτά δεν εφαρμόστηκαν πολύ, παρά μόνο στις πετρώδεις περιοχές ασβεστολίθου, λόγω της δυσκολίας συλλογής λίθων.

1) Συρματοπλεκτα κιβώτια (συρματοκιβώτια) με ξηρολιθιές (σαρζανέτι)

Αφορά την κατασκευή μικρών λιθοφραγμάτων σε μικροχαράδρες (ρέματα τάξης 1 και 2) για την αποτροπή της αξονικής διάβρωσης και τη συγκράτηση φερτών υλών. Τα υλικά κατασκευής τους είναι συρματοπλεγμα (2 mm) και σύρμα ραφής (3 mm) για την κατασκευή φατνών και πλήρωση των φατνών με λίθους συλλεκτούς από την περιοχή της κοίτης του ρέματος (μέχρι 20 m απόσταση). Τα κιβώτια τοποθετούνται

κάθετα στην κατεύθυνση της μισγάγγειας και γίνεται η στερέωσή τους. Προηγουμένως γίνεται θεμελίωση στον πυθμένα βάρους τουλάχιστον 20 cm. Η θεμελίωσή τους στην κοίτη και τα πρανή θα γίνεται με μεγάλη επιμέλεια, ώστε να εξασφαλίζεται από την υποσκαφή η παράκαμψη και η παράσυρση από το νερό από τα οποία κινδυνεύει ιδιαίτερα. Το κατακόρυφο υπέργειο ύψος τους κυμαίνεται από 0,5-1 m. Εναλλακτική λύση των συρματοπλεκτων κιβωτίων είναι η κατασκευή τους με σκυρόδεμα, με σημαντικά πλεονεκτήματα την ταχύτητα κατασκευής, αλλά σοβαρά μειονεκτήματα την περιβαλλοντική και αισθητική υποβάθμιση του τοπίου (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

Μεγάλα φράγματα από συρματοπλεκτα κιβώτια λίθων (σαρζανέτι) κατασκευάστηκαν, κυρίως για αντιπλημμυρικούς λόγους, στα υδατορέματα των πεδινών εκτάσεων (τάξη 2 ή 3), κατάντη της καμένης περιοχής της Πάρνηθας (π.χ. ρέμα Χούνης στην περιοχή Θρακομακεδόνων, ρέμα Γιαννούλας στην περιοχή Φυλής) (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Τα φράγματα αυτά έχουν ως σκοπό την ανάσχεση (προσωρινή συγκράτηση, αφού είναι διαπερατά) του πλημμυρικού όγκου, καθώς και την συγκράτηση των φερτών. Τα έργα αυτά, επειδή κατασκευάζονται στην πεδινή έκταση, που δεν πλήττεται άμεσα από τις επιπτώσεις της πυρκαγιάς, αποτελούν τον τελευταίο βαθμό παρέμβασης και συνιστούν την *τέταρτη γραμμή άμυνας* (Μπαλούτσος, 2007). Κατασκευάζονται σε θέσεις που η γεωμορφολογία της περιοχής επιτρέπει την ταμίευση μεγάλων όγκων απορροής. Ακόμα, βασική παράμετρος για την επιλογή της θέσης είναι η δυνατότητα (οδικής) πρόσβασης. Εναλλακτικά μπορούν να κατασκευαστούν από σκυρόδεμα (φράγματα ανάσχεσης ΕΥΔΑΠ, Πεντέλη, Αττική), όταν απαιτείται ταχεία περάτωση του έργου ή όταν δεν επαρκούν οι λίθοι στην περιοχή, όμως τα σαρζανέτ υπερέρχουν σημαντικά τόσο περιβαλλοντικά, όσο και αισθητικά (Μπαλούτσος, 2005). Στη φωτογραφία 6.6 απεικονίζεται ένα μεγάλο σαρζανέτ (τύπος 5, κύριο), στην έξοδο του στο ρέματος της Χούνης, πάνω από τους Θρακομακεδόνες.

Τα μεγάλα φράγματα από συρματοκιβώτια, σύμφωνα με την μελέτη που εκπονήθηκε για την αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη περιοχών, χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες, ανάλογα το μέγεθός και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής της κοίτης. Αυτές οι κατηγορίες είναι τα κύρια και τα δευτερεύοντα (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

Τα κύρια φράγματα περιλαμβάνουν 5 τύπους φραγμάτων:

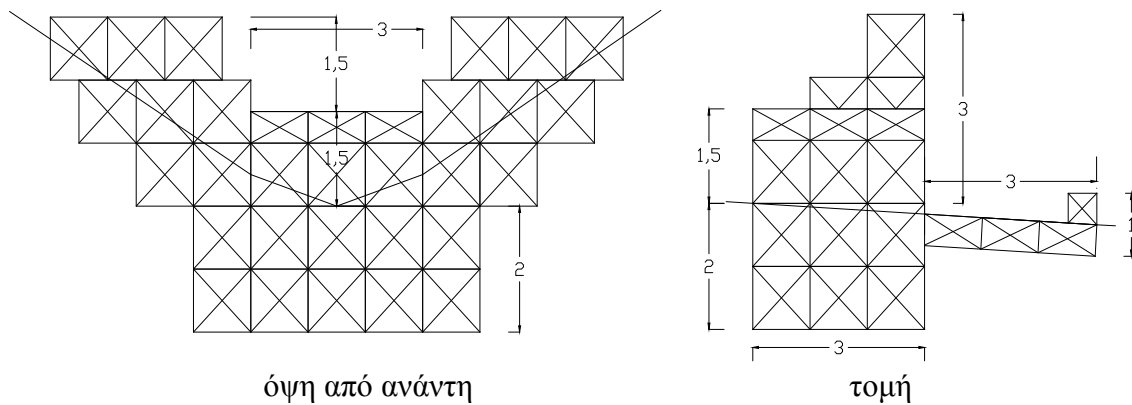
- Τύπος 1. Φράγμα υπέργειου ύψους 1 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 7 m.
- Τύπος 2. Φράγμα υπέργειου ύψους 1,5 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 3 m.
- Τύπος 3. Φράγμα υπέργειου ύψους 0,5 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 5 m.
- Τύπος 4. Φράγμα υπέργειου ύψους 1 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 4 m.
- Τύπος 5. Ο τύπος 5 είναι το μεγαλύτερο φράγμα, υπέργειου ύψους 4 m, διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 7-10 m και τοποθετείται στην έξοδο της κοίτης, προς την πεδινή περιοχή.

Τα δευτερεύοντα φράγματα περιλαμβάνουν 2 τύπους:

- Τύπος 1. Φράγμα υπέργειου ύψους 0,5 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 4 m.
- Τύπος 2. Φράγμα υπέργειου ύψους 0,5 m, με διάρρου ύψους 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 3 m.

Τα φράγματα από συρματοκιβώτια ελέγχθηκαν αυστηρά ως προς τη στατική τους επάρκεια. Τα φράγματα αυτά καλούνται να αντιμετωπίσουν, μέσω του ίδιου βάρους τους, που μπορεί να βρίσκεται υπό άνωση, την κρουστική δύναμη,

(υδροδυναμική φόρτιση) του νερού, κατά την διάρκεια της πλημμύρας. Για λόγους οικονομικότητας, στους ελέγχους ευσταθείας, δεν συνυπολογίστηκε η επίδραση της άνωσης, η οποία λόγω της διαπερατότητας του φράγματος είναι πολύ μικρή. Ο συντελεστής ευσταθείας τους έναντι ολίσθησης και ανατροπής, επιλέχθηκε μεταξύ 1,1-1,3 (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Η θεμελίωσή τους έχει βάθος μεταξύ 0,5-2 m, ανάλογα τον τύπο του φράγματος, τις εδαφικές και υδροδυναμικές συνθήκες της περιοχής. Αξίζει να αναφέρουμε πως οι αναβαθμοί στο σώμα του φράγματος, είναι από την ανάντη μεριά, για την εκμετάλλευση του βάρους των φερτών υλών, κατά την πλήρωσή του (διατομή, σχήμα 6.8). Πολύ κρίσιμη για τα φράγματα αυτά είναι και η υποσκαφή. Γι' αυτό σε πολλά από αυτά, ο πυθμένας της κοίτης, από κατάντη, ντύνεται με λίθινα συρματοκιβώτια, ύψος 0,5 m (Ανδρου κ.α., 2007(a)).



Σχήμα 6.8. Τυπική διατομή φράγματος από συρματοκιβώτια, με κατάντη δόντι και υπέργειο ύψος 1,5 m, ύψος διάρρου 1,5 m, σε κοίτη μέσου πλάτους 3 m (τύπος 2, κυρίων φραγμάτων) (προσαρμοσμένο από Ανδρου κ.α., 2007(a)).



Εικόνα 6.6. Μεγάλο φράγμα από συρματοκιβώτια (το μεγαλύτερο με πλάτος κοίτης πάνω από 10 m) στην έξοδο του ρέματος Χούνης (φωτ. από συγγραφείς).

Ακόμα, για την μείωση της ενέργειας αμέσως κατάντη του φράγματος, πολλές φορές, όχι πάντα, τοποθετήθηκαν συρματοκιβώτια, υπέργειου ύψους $>0,5$ m, σαν δόντι στο τέλος της κατάντη επένδυσης από σαρζανέτ. Στο σχήμα 6.8 φαίνεται μια τυπική διατομή (όψη και τομή), ενός φράγματος από συρματοκιβώτια και στον χάρτη 6.1 φαίνονται οι ενδεικτικές θέσεις των φραγμάτων αυτών, στους νότιους πρόποδες του βουνού (Ανδρου κ.α., 2007(a)). Φράγματα από συρματοκιβώτια μπήκαν και στις ΝΔ υπώρειες του βουνού (ρέμα Γιαννούλας), αλλά όχι σε τέτοια έκταση όσο στις Ν υπώρειες και αυτό είναι λογικό αφού οι δεύτερες είναι ανάντη του λεκανοπεδίου και ο κίνδυνος πλημμύρας πιο έντονος και πιο ζημιογόνος.

2) Ξηρολιθιές (πεζούλες ή αναβαθμοί)

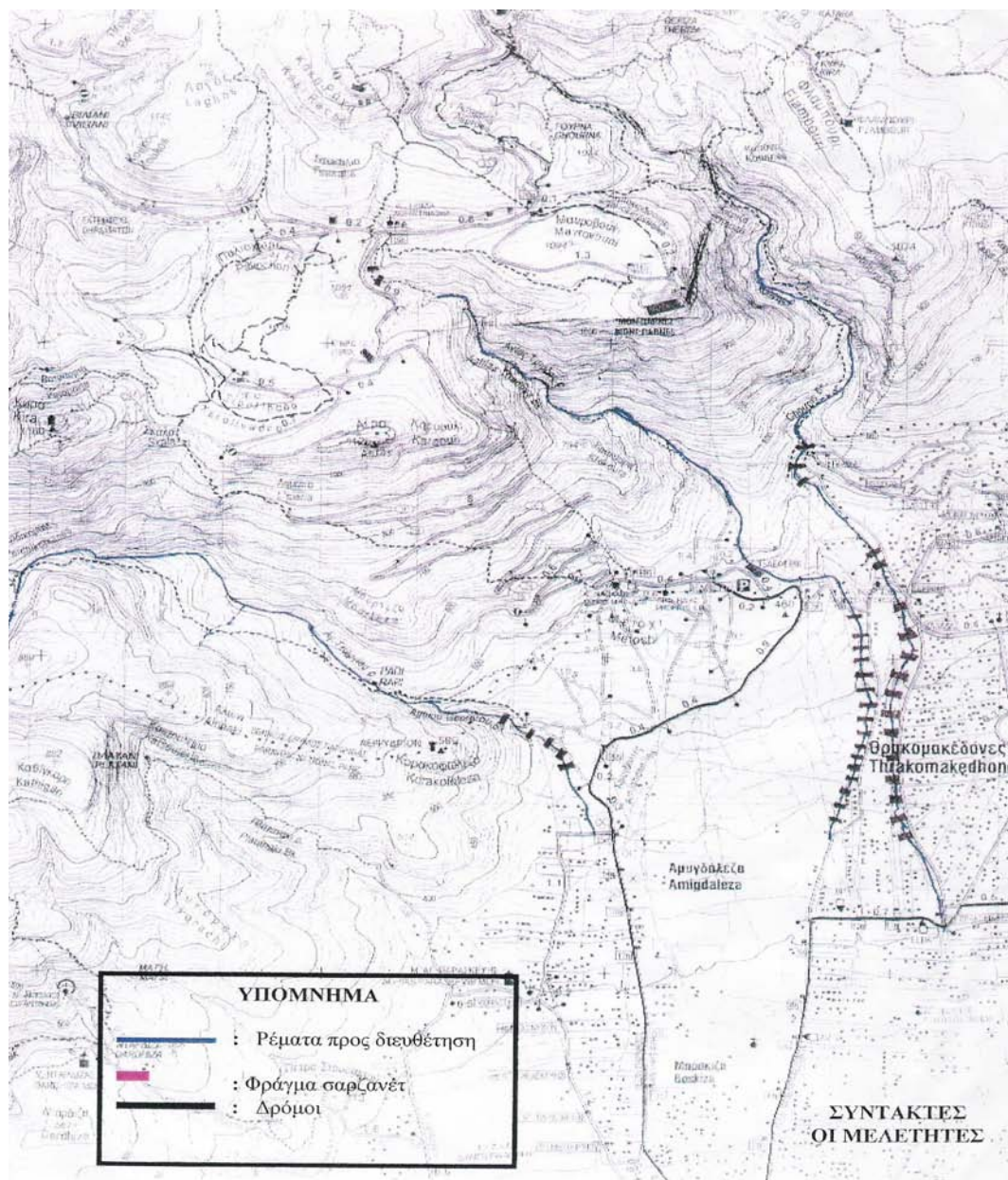
Αφορά την κατασκευή μικρών λιθοφραγμάτων, κάθετα στην κοίτη, πιο πολύ με την μορφή αναβαθμών, σε μικροχαραδρώσεις (ρέματα τάξης 1 και 2) για την μείωση της ταχύτητας ροής, με συνέπεια την αποτροπή της αξονικής διάβρωσης και την συγκράτηση φερτών υλών.

Τα υλικά κατασκευής τους βρίσκονται στις μικροχαραδρώσεις ή πλησίον αυτών μέχρι 20 m. Συνίσταται από λίθους συλλεκτούς, διαφόρων διαστάσεων οι οποίοι τοποθετούνται κατάλληλα σχηματίζοντας ένα τοίχο κάθετο στις χαραδρώσεις και στα μικρορέματα.

Αρχικά, γίνεται θεμελίωση βάθους 20-30 cm και στο κάτω μέρος τοποθετούνται επιμελημένα μεγάλων διαστάσεων λίθοι. Το ύψος της ξηρολιθιάς θα είναι μικρό (ανάχωμα), έτσι ώστε να σχηματιστούν οι επιθυμητοί αναβαθμοί και φυσικά δεν θα υπερβαίνει το ύψος της χαράδρωσης, ώστε να μην έχουμε παράκαμψη του νερού, υποσκαφή και ανατροπή.

Τα έργα αυτά δεν προτιμήθηκαν λόγω του μεγάλου κόστους τους (κόστος σύνδεσης λίθων) και της αδυναμίας εύρεσης καταλλήλων λίθων, που να μην απαιτούν σύρμα για την σύνδεσή τους. Έτσι, κατασκευάστηκαν κατά κόρον τα προαναφερθέντα φράγματα από συρματοκιβώτια.

Όλα τα παραπάνω έργα, είναι απόλυτα φυσικό, να μην αποσβένουν πλήρως τα πλημμυρικά φαινόμενα, ούτε βεβαίως κατακρατούν το σύνολο των φερτών υλών. Πολλοί ερευνητές υποστήριξαν πως τα φράγματα, ακόμα και στις ορεινές κοίτες, έπρεπε να είναι πολύ μεγαλύτερα. Τα πολύ μεγάλα έργα όμως, πέραν του μεγάλου κόστους τους μπορεί να προξενούσαν πολύ μεγάλη διατάραξη στο καμένο έδαφος, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της διάβρωσης της περιοχής. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια αξιολόγησης των κατασκευασθέντων έργων και επιχειρήσαμε να δούμε αν επέτευξαν το σκοπό τους ή μήπως δεν χρειάζονταν καθόλου και προξένησαν περισσότερο κακό παρά καλό. Πάντως, πέρα από τα έργα που κατασκευάστηκαν, η ανάκαμψη της βλάστησης είναι αυτή που θα αμβλύνει ουσιαστικά τα ενδεχόμενα πλημμυρικά και διαβρωτικά φαινόμενα. Παράλληλα όμως, για ουσιαστική αντιπλημμυρική προστασία, είναι πολύ σημαντικό να μελετηθεί (και πραγματοποιηθεί) η διευθέτηση, απόφραξη και καθαρισμός των κοιτών των υδατορεμάτων, στις πεδινές κατάντη περιοχές, συμπεριλαμβανομένου του λεκανοπεδίου και να απαγορευτούν άλλες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (κάτι που δεν συμβαδίζει με τις Ελληνικές συνήθειες) στα ρέματα.



Χάρτης 6.1. Ενδεικτικές θέσεις φραγμάτων από συρματοκιβώτια στα ρέματα Χούνης, Αγ. Τριάδας και Αγ. Γεωργίου, στην περιοχή των Θρακομακεδόνων (Ανδρου κ.α., 2007(a)).

6.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

6.4.1 Η ΠΑΡΝΗΘΑ ΣΗΜΕΡΑ

Στην παράγραφο αυτή περιγράψουμε την υφιστάμενη κατάσταση της Πάρνηθας, τόσο σε ό,τι αφορά τα αντιδιαβρωτικά-αντιπλημμυρικά έργα, από οπτικής πλευράς, όσο και στην ανάκαμψη της βλάστησης, ενάμιση σχεδόν χρόνο μετά την πυρκαγιά του Ιουνίου του 2007.

Όσον αφορά τα κορμοφράγματα και τα κορμοδέματα, αυτά φαίνονται να έχουν πετύχει το σκοπό τους, αφού έχουν πληρωθεί πλήρως, στις περιοχές όπου υπήρχε φλύσχη και βαθύ έδαφος, στο οικοσύστημα του ελάτου. Αντίθετα, στις περιοχές όπου υπάρχει ασβεστόλιθος, το έδαφος είναι ελάχιστο και συνεπώς τα έργα δεν έχουν γεμίσει καθόλου ή έχουν γεμίσει ελάχιστα και πιο πολύ με πέτρες. Στο οικοσύστημα

του πεύκου, τα αντίστοιχα κορμοδέματα είναι εντελώς άδεια, ανεξάρτητα του αν υπάρχει φλύσχη ή ασβεστόλιθος. Τέλος, οι κλαδοσωροί δεν έχουν συγκρατήσει τίποτα, οπουδήποτε και αν μπήκαν αφού είναι οφθαλμοφανές πως δεν δημιουργούν καμία συνάφεια με το έδαφος. Στην επόμενη παράγραφο θα ασχοληθούμε διεξοδικά με την αξιολόγηση των έργων, χρησιμοποιώντας και εργαστηριακά αποτελέσματα.

Η βλάστηση, φαίνεται πως έχει επανέλθει σε μεγάλο βαθμό στις περιοχές όπου υπήρχε έδαφος (κυρίως περιοχές με φλύσχη). Αντίθετα, στις περιοχές του ασβεστόλιθου, που στο μεγαλύτερο μέρος είναι εκτεθειμένος, η φυτοκάλυψη που έχει επανέλθει είναι υποτυπώδης έως μηδενική, ειδικά στην περιοχή του ελάτου (βλ. εικόνα 6.2). Ωστόσο, στο οικοσύστημα του πεύκου, η αναγέννηση όλων των ειδών και των πεύκων, είναι πολύ καλή, καθώς είδαμε πολλά πευκάκια να έχουν φυτρώσει στο καμένο έδαφος. Φυσικά, στην περιοχή του ελάτου, η βλάστηση που έχει επανέλθει με φυσικό τρόπο, δεν συμπεριλαμβάνει φυτάρια ελάτων, αλλά τα παραβλασπάνοντα είδη (μακεία βλάστηση, βλ. παράστημα) και άλλα είδη ποώδους βλάστησης. Όλα τα παραβλασπάνοντα είδη και ειδικά τα σπάρτα, τα πουρνάρια και οι αγριοτριανταφυλλίες έχουν σχηματίσει καινούργιους κλάδους που σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνούν το 1,5 m (βλ. εικόνα 6.7). Παρόλα αυτά, η Δ/ση Αναδάσωσης Αττικής έχει φυτέψει πολλά μικρά έλατα (γραμμοσκιασμένες περιοχές του χάρτη 6.7, στο τέλος του κεφαλαίου), τα οποία έχει προστατέψει άλλοτε με λινάτσες και άλλοτε με νάυλον, για λόγους σκίασης και βόσκησης από τα ελάφια, τα οποία φαίνεται πως πάνε πολύ καλά, καθώς τα περισσότερα έχουν σχηματίσει φειτούς κλάδους. Πάντως, η αναγέννηση της ελάτης απαιτεί πολλά χρόνια και μεγάλη προστασία και γι' αυτό πρέπει να περιμένουμε τουλάχιστον 10-15 έτη για να εξάγουμε κάποιο συμπέρασμα.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε πως στο βουνό έχει συντελεστεί πολύ μεγάλη διάβρωση και απώλεια εδάφους, πράγμα που εξηγεί και την άμεση πλήρωση των έργων. Η διάβρωση είναι εμφανής λόγω αυλακώσεων σε απότομα πρανή, λόγω των πολλών φερτών που έχουν συγκεντρωθεί στην άκρη των δρόμων, αλλά και από τη βάση του κορμού των περισσοτέρων φυτών, από την οποία και εκτιμήθηκε οπτικά και μόνο, μέση απώλεια εδάφους 2-4 cm (βλ. εικόνα 6.8).



Εικόνα 6.7. Φυσική αναγέννηση στις καμένες πλαγιές της Πάρνηθας. Η ανάπτυξη των ειδών της μακείας βλάστησης είναι πραγματικά εντυπωσιακή (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.8. Το μη μαύρισμα στη βάση του κορμού υποδεικνύει απώλεια εδάφους. Στην συγκεκριμένη περιοχή, η απώλεια είναι της τάξης των 3,5 cm (φωτ. από συγγραφείς).

6.4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ

Περιγραφή του πειράματος

Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος είναι η αξιολόγηση των αντιδιαβρωτικών μέτρων που λήφθηκαν στην Πάρνηθα μετά από την πυρκαγιά του 2007. Συλλέχθηκαν συνολικά 31 δείγματα εδάφους από 11 περιοχές (συγκεκριμένα οι περιοχές δειγματοληψίας φαίνονται στον χάρτη κλίσεων 6.3, στο τέλος του κεφαλαίου). Πιο συγκεκριμένα λήφθηκαν δείγματα από καμένες πλαγιές με κορμοσειρές, από ρέματα με κορμοφράγματα, από καμένες πλαγιές χωρίς επεμβάσεις, καθώς και από άκαυτες πλαγιές, ώστε να χρησιμοποιηθούν ως έλεγχος. Επίσης αναλύθηκαν ξεχωριστά τα εδάφη στα οποία κυριαρχούσε η ελάτη από αυτά που κυριαρχούσε το πεύκο, αφού η αναγέννηση της φυσικής βλάστησης στα εδάφη του πεύκου ήταν ραγδαία, σε αντίθεση με αυτήν της ελάτης που ήταν σχεδόν μηδαμινή. Ακόμα, διαφορετικά αναλύθηκαν τα δείγματα φλύσχης από αυτά του ασβεστόλιθου, αφού η διάβρωση των δύο πετρωμάτων, καθώς και η δυνατότητα αναγέννησης της βλάστησης είναι διαφορετική, καθώς τα ασβεστολιθικά πετρώματα είναι ιδιαίτερα βραχώδη. Από κάθε πλαγιά, είτε ήταν με έργα είτε χωρίς, λήφθηκαν 3 δείγματα, ώστε να προσεγγιστεί η κατάσταση της εκάστοτε πλαγιάς με μεγαλύτερη ακρίβεια. Συγκεντρωτικά τα δείγματα που λήφθηκαν είναι τα εξής:

- 3 δείγματα από έδαφος καμένου πεύκου χωρίς έργα.
- 3 δείγματα από έδαφος καμένου πεύκου με κορμοσειρές.
- 3 δείγματα από άκαυτο πεύκο.
- 3 δείγματα από έδαφος ελάτης με κορμοφράγματα.
- 3 δείγματα από έδαφος ελάτης με κορμοσειρές.
- 3 δείγματα από έδαφος άκαυτης ελάτης.
- 3 δείγματα από έδαφος καμένης ελάτης χωρίς έργα.
- 3 δείγματα από άκαυτο ασβεστολιθικό έδαφος.
- 3 δείγματα από καμένο ασβεστολιθικό έδαφος χωρίς έργα.
- 3 δείγματα από καμένο ασβεστολιθικό έδαφος με κορμοσειρές.
- 1 δείγμα από έδαφος άκαυτης ελάτης με αρκετά μεγάλη κλίση.

Όλα τα δείγματα λήφθηκαν από περιοχές με κλίσεις της τάξεως 15-25%. Στις αντίστοιχες περιοχές με επεμβάσεις και μη, έγινε προσπάθεια οι κλίσεις να είναι ίδιες. Το τελευταίο δείγμα χρησιμοποιήθηκε, ώστε να προσδιορισθεί η επίδραση της κλίσης (>80%) στην κοκκομετρική σύσταση του εδάφους, ώστε να ελεγχθούν και τα υπόλοιπα δείγματα με βάση αυτό το συμπέρασμα. Ακόμα, τα δείγματα ελήφθησαν με απλή εκσκαφή μέγιστου βάθους 10 cm περίπου, αφαιρώντας πρώτα τον δασικό τάπητα, δηλαδή τα φύλλα και τις βελόνες που δεν είχαν αρχίσει να αποσυντίθενται. Το βάθος επιλέχθηκε, καθώς η φωτιά επηρεάζει τις εδαφικές ιδιότητες, το πολύ σε βάθος 10 cm (DeBano et al, 1998).

Η πρώτη εργαστηριακή μέτρηση που έγινε ήταν ο προσδιορισμός της οργανικής ύλης στα δείγματα των εδαφών. Τα δείγματα μετά τη λήψη τους τοποθετήθηκαν στον κλίβανο στους 45°C με 50°C και αφέθηκαν για μία περίπου ημέρα, ώστε να φύγει η υγρασία. Αφού ζυγίστηκαν στη συνέχεια τοποθετήθηκαν και πάλι στον κλίβανο όπου αφέθηκαν στους 110°C με 120°C, για 1 έως 3 ημέρες και ξαναζυγίστηκαν. Η διαφορά θεωρήθηκε ως περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε διαφορά στην ποσότητα της οργανικής ουσίας που χάθηκε ανάλογα με τις μέρες που αφέθηκε το δείγμα στον κλίβανο. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι όπως έχει αναφερθεί και από τον DeBano et al (1998), η οργανική ουσία εξαερώνεται σε ποσοστό >95% σε θερμοκρασίες πάνω από 400°C, την οποία θερμοκρασία δεν μπορούσε να αναπτύξει ο κλίβανος. Σε θερμοκρασίες γύρω στους 100°C εμφανίζονται μικρές απώλειες, κυρίως πτητικών οργανικών ουσιών. Γι' αυτό το λόγο, τα αποτελέσματα τα οποία βρέθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει μια αναλογική σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων και όχι για να προσδιοριστεί η συνολική ποσότητα της οργανικής ύλης σε κάθε δείγμα. Μέσω της σύγκρισης αυτής έγινε μια απόπειρα προσέγγισης της διαδικασίας επαναφοράς του εδάφους στην αρχική του κατάσταση καθώς και της διαδικασίας της αναγέννησης της βλάστησης, αφού υποτέθηκε πως η παρουσία οργανικής ύλης μαρτυρά την ύπαρξη φύλλων και άλλων αποσυντιθεμένων οργανικών υλικών.

Η μέτρηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι σημαντικότερη παράμετρος καθώς οι περισσότερες επιπτώσεις των πυρκαγιών στο έδαφος οφείλονται στην κατανάλωση του εδαφικού οργανικού υλικού (DeBano et al, 1998). Επιπλέον, η οργανική ουσία καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητα του εδάφους, καθώς τα περισσότερα θρεπτικά (και κυρίως το N) συνδέονται με αυτήν και την αποσύνθεσή της (Ντάφης, 1986).

Το επόμενο βήμα στο πείραμα ήταν η κοκκομέτρηση των δειγμάτων. Αρχικά το δείγμα “εμβαπτίζεται” στο νερό για μία ημέρα περίπου ώστε να εξαλειφθούν τα συσσωματώματα. Στη συνέχεια το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε στο κόσκινο No 200, και έγινε πλύση του δείγματος με νερό, ώστε να απομακρυνθεί η ιλύς και η άργιλος για να διευκολυνθεί η κοκκομέτρηση. Ακολούθως έγινε κοκκομέτρηση με την χρήση 8 κόσκινων και αφού τελείωσε, τα κόσκινα ξηράθηκαν στο φούρνο για μία ημέρα. Στη συνέχεια κάθε κόσκινο ζυγίστηκε ξεχωριστά και καταρτίστηκαν οι πίνακες των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Για να ολοκληρωθεί η εικόνα της κοκκομετρικής διαβάθμισης χρησιμοποιήθηκε και το αραιόμετρο, ώστε να γίνει διαβάθμιση και στα πιο λεπτόκοκκα υλικά. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν 45g περίπου από κάθε δείγμα από υλικό που περνούσε το κόσκινο No 200, τα οποία αφού τοποθετήθηκαν για μία ημέρα σε αντιθρομβωτικό διάλυμα, στη συνέχεια εισήχθησαν στο αραιόμετρο, όπου σημειώθηκαν οι ενδείξεις του πυκνόμετρου, που πάρθηκαν ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Μέσα από τη διαδικασία της κοκκομέτρησης, έγινε προσπάθεια να αξιολογηθεί η απόδοση των έργων, υποθέτοντας ότι η ύπαρξη αυξημένου λεπτόκοκκου υλικού, προδίδει, τη συσσώρευση εδάφους πίσω από τα έργα.

Έπρεπε να ληφθεί υπ' όψιν επίσης ότι η διαβάθμιση των κόκκων του εδάφους, επηρεάζει και τη διαδικασία της φυσικής αναγέννησης. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί πως σε κανένα δείγμα από άκαυτο έδαφος δεν κατέστη δυνατό να πραγματοποιηθεί κοκκομέτρηση εξαιτίας της αυξημένης παρουσίας οργανικών υλικών και της αδυναμίας του κλιβάνου να αναπτύξει την κατάλληλη θερμοκρασία, ώστε να τις εξαερώσει.

Τέλος, βρέθηκαν τα όρια πλαστιμότητας και υδαρότητας (Attemberg) στα δείγματα από έδαφος καμένου πεύκου χωρίς έργα, από έδαφος άκαυτου πεύκου, καθώς και από το δείγμα καμένου πεύκου πίσω από κορμοσειρές. Τα όρια Attemberg δείχνουν κάποιες παραμέτρους αντοχής του εδάφους και χρησιμοποιήθηκαν, ώστε να εξαχθούν περεταίρω συμπεράσματα καθώς και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά της κοκκομέτρησης, αφού τα όρια πλαστιμότητας και υδαρότητας, εκτός των άλλων μαρτυρούν και την παρουσία λεπτόκοκκων υλικών μέσα στο δείγμα. Για να πραγματοποιηθεί το πείραμα αυτό, χρησιμοποιήθηκαν 200g από κάθε δείγμα εδάφους, που πέρασαν το κόσκινο Νο 40 και τα οποία αφού ομογενοποιήθηκαν, βρέθηκαν τα όρια πλαστιμότητας με τον απλό τρόπο της προσθήκης νερού έως ότου γίνει το υλικό πλάστιμο (πλάσιμο) και της ξήρανσης, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η μηχανή Casagrande, και με απανωτές δοκιμές βρέθηκαν και τα όρια υδαρότητας των δειγμάτων.

Αποτελέσματα μετρήσεις

Οργανική ύλη: Πρέπει να σημειωθεί ότι τα βάρη των δειγμάτων που αναφέρονται είναι καθαρά βάρη, αφού έχουν αφαιρεθεί από τις τιμές τα εργαστηριακά ταμιά που χρησιμοποιήθηκαν για τη ζύγιση των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

Πίνακας 6.5. Οργανική ύλη στα δείγματα εδάφους άκαυτου πεύκου.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 40°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	845,33	828,43	2,00
Δείγμα 2	866,18	847,18	2,20
Δείγμα 3	1082,77	1072,07	0,98

Πίνακας 6.6. Οργανική ύλη στα δείγματα εδάφους καμένου πεύκου, χωρίς επεμβάσεις.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 40°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	968,44	952,64	1,63
Δείγμα 2	826,49	806,29	2,40
Δείγμα 3	756,05	743,55	1,65

Πίνακας 6.7. Οργανική ύλη στα δείγματα εδάφους καμένου πεύκου πίσω από κορμοσειρές.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 40°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	816,17	810,27	0,72
Δείγμα 2	867,07	858,97	0,93
Δείγμα 3	730,17	722,37	1,06

Πίνακας 6.8. Οργανική ύλη στα δείγματα εδάφους άκαυτου ελατου.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 45°C	Βάρος μετά από ξήρανση στους 115°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	461,67	446,87	3,30
Δείγμα 2	628,87	614,75	2,25
Δείγμα 3	359,52	348,32	3,10

Πίνακας 6.9. Οργανική ύλη σε δείγμα εδάφους άκαυτου ελάτου σε μεγάλη κλίση

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 40°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	940,10	934,30	0,61

Πίνακας 6.10. Οργανική ύλη σε δείγματα εδάφους (φλύσχη) καμένου ελάτου χωρίς επεμβάσεις

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 45°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 115°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	625,36	616,80	1,37
Δείγμα 2	678,20	671,80	0,94
Δείγμα 3	588,80	581,07	1,31

Πίνακας 6.11. Οργανική ύλη από δείγματα εδάφους (φλύσχη) σε καμένο έλατο πίσω από κορμοσειρές.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 45°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 115°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	649,43	645,60	0,59
Δείγμα 2	714,00	710,40	0,56
Δείγμα 3	1029,20	1021,60	0,74

Πίνακας 6.12. Οργανική ύλη σε δείγματα εδάφους (φλύσχη) σε καμένο έλατη, πίσω από κορμοφράγματα.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 45°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 115°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	576,60	572,68	0,67
Δείγμα 2	849,50	846,00	0,41
Δείγμα 3	870,80	867,50	0,38

Πίνακας 6.13. Οργανική ύλη από δείγματα ασβεστολιθικού εδάφους σε άκαυτο έλατο.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 50°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 115°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	812,80	702,00	13,40
Δείγμα 2	627,80	571,00	9,00
Δείγμα 3	676,20	615,10	9,03

Πίνακας 6.14. Οργανική ύλη από δείγματα ασβεστολιθικού εδάφους σε καμένο έλατο, χωρίς επεμβάσεις.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 50°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	677,90	654,50	3,40
Δείγμα 2	950,00	940,70	0,98
Δείγμα 3	727,60	691,70	4,90

Πίνακας 6.15. Οργανική ύλη από δείγματα ασβεστολιθικού εδάφους σε καμένο έλατο πίσω από κορμοσειρές.

Δείγματα	Βάρος μετά από ξήρανση στους 50°C (g)	Βάρος μετά από ξήρανση στους 110°C (g)	Οργανική ύλη (%)
Δείγμα 1	1371,40	1340,00	2,29
Δείγμα 2	1329,50	1306,80	1,71
Δείγμα 3	1791,70	1753,20	2,15

Στους πρώτους 3 πίνακες (βλέπε πιν.6.5, πιν.6.6, πιν. 6.7) παρατηρούμε τα αποτελέσματα της παρουσίας οργανικής ύλης σε δείγματα που λήφθηκαν σε έδαφος που κυριαρχούσε το πεύκο. Με εξαίρεση το δείγμα, το οποίο βρίσκεται πίσω από τις κορμοσειρές, δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη αυξομείωση στο ποσοστό της οργανικής ύλης που “κάηκε” μέσα στον κλίβανο, με τα ποσοστά να κυμαίνονται στις 2 πρώτες πλαγιές στο 2%, ενώ πίσω από τις κορμοσειρές λιγότερο από 1% αντίστοιχα. Στους επόμενους 5 πίνακες που ακολουθούν (βλέπε πιν. 6.8, πιν. 6.9, πιν. 6.10, πιν. 6.11, πιν. 6.12) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε έδαφος που κυριαρχούσε το έλατο. Εδώ παρουσιάζεται μια ομοιομορφία στην ποσοστιαία απώλεια της οργανικής ύλης, με εξαίρεση τα ποσοστά τα οποία εξαερώθηκαν στα δείγματα του άκαυτου έλατου, τα οποία κυμαίνονται στο 3% περίπου με τα υπόλοιπα να βρίσκονται στο 1 % ή και λιγότερο. Αξιοσημείωτη είναι η μικρή απώλεια η οποία υπήρξε στο δείγμα του άκαυτου έλατου σε μεγάλη κλίση (βλέπε πιν. 6.9). Ελέγχεται ξεχωριστά το δείγμα στα κορμοφράγματα, αφού η απορροή στα ρεύματα επηρεάζει και την σύσταση των κόκκων στο έδαφος και κατ’ επέκταση την παρουσία οργανικής ύλης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πέτρωμα από τις πλάγιες που λήφθηκαν δείγματα που αναφέρονται στους πρώτους 8 πίνακες είναι φλύσχης. Τέλος στους 3 τελευταίους πίνακες (βλέπε πιν. 6.13, πιν. 6.14, πιν. 6.15) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανικής ουσίας που εξαερώθηκε στα εδαφικά δείγματα των οποίων το πέτρωμα είναι ασβεστόλιθος. Πρέπει να σημειωθεί εκ των προτέρων ότι η αυξημένη απώλεια οργανικής ύλης, αποδίδεται περισσότερο στην παραμονή των δειγμάτων στον κλίβανο, 2 μέρες περισσότερες από τα υπόλοιπα, παρά στην αυξημένη παρουσία οργανικής ύλης στα δείγματα αυτά.

Πρέπει να τονιστεί πως ειδικά στον ασβεστόλιθο το έδαφος ήταν τελείως οργανικό (βελονοτάπητας και τάπητας υπό μερική αποσύνθεση-χούμος) και σε πολύ μικρό βάθος (<10 cm) συναντήσαμε το μητρικό πέτρωμα. Γι’ αυτό στον καμένο ασβεστόλιθο, το έδαφος ήταν ελάχιστο και συνήθως ήταν εκτεθειμένος ο ασβεστόλιθος. Αυτή η παρατήρηση από μόνη της εξηγεί την παντελή αποτυχία των κορμοδετήσεων στον ασβεστόλιθο. Έτσι λοιπόν η απώλεια οργανικού υλικού που βγήκε από το κάψιμο στον κλίβανο σε καμία περίπτωση δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Στα δείγματα με τις ήπιες κλίσεις, ο δασικός τάπητας και ο χούμος είχαν βάθος πάνω από 10 cm, ασκώντας την απόλυτη αντιδιαβρωτική προστασία.

Ενδεικτική είναι η εικόνα 6.9 από το οικοσύστημα του πεύκου. Ακόμα και στο άκαυτο δείγμα με την μεγάλη κλίση, δεν φαινόταν σε καμία περίπτωση το μητρικό πέτρωμα και μας έκανε εντύπωση πως το έδαφος καλυπτόταν με στρώμα από βελόνες πάχους 2-3 cm. Βέβαια, το δείγμα σε μεγάλη κλίση ήταν σε φλύσχη, που είναι ευδιάβρωτος και βοηθά στο σχηματισμό βαθιών εδαφών. Ωστόσο, η κάλυψή του με βελόνες, σε τέτοια κλίση, είναι εντυπωσιακή. Η αποκλειστικότητα του οργανικού υλικού στα δείγματα άκαυτου εδάφους, ήταν και ο λόγος που στα άκαυτα δείγματα δεν έγινε κοκκομέτρηση.



Εικόνα 6.9. Δασικός τάπητας σε άκαυτη πευκόφυτη περιοχή (φωτ. από συγγραφείς).



(A)



(B)



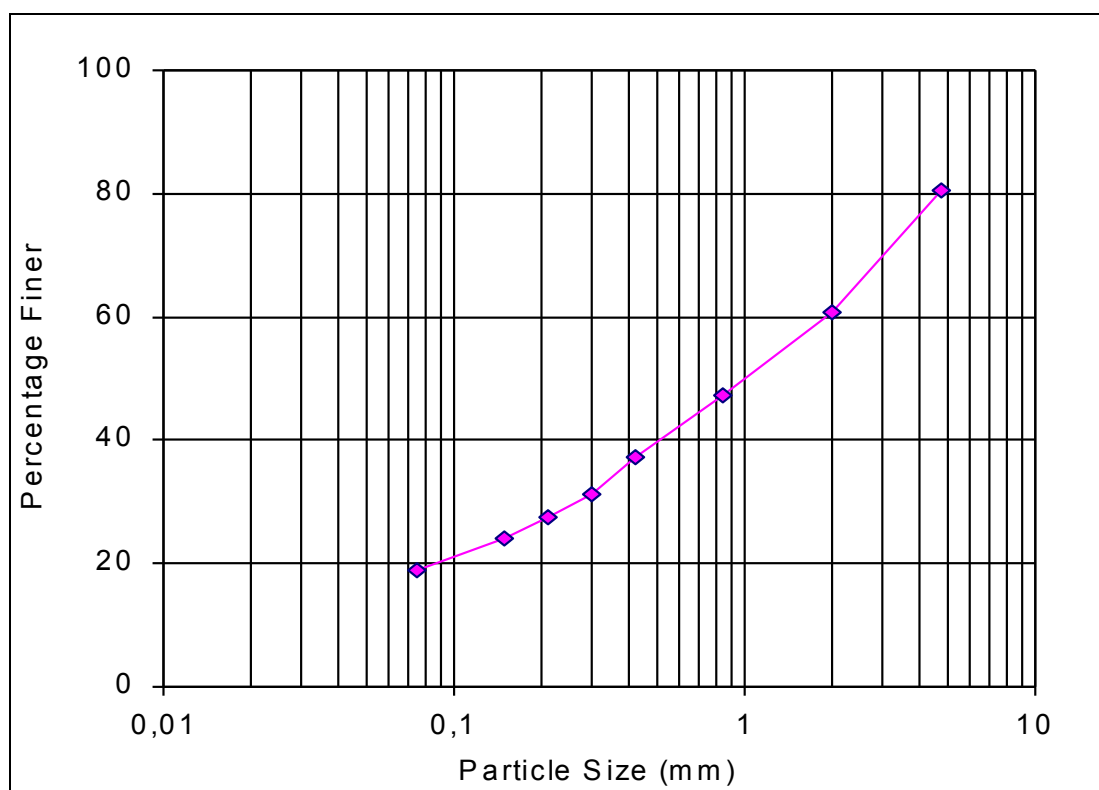
(Γ)

Εικόνα 6.9. “Επιτυχημένα” κορμοδέματα (A), (B) και κορμοφράγματα (Γ) που έχουν γεμίσει πλήρως. Ωστόσο, είναι εμφανής η δυσκολία που φέρνουν στην φυσική αναγέννηση. Συγκεκριμένα από τα κορμοδέματα (B) έγινε η δειγματοληψία για το δείγμα καμένου εδάφους φλύσχη πίσω από κορμοσειρές (πίνακας 6.18) (φωτ. από συγγραφείς)

Κοκκομετρήσεις: Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο από τις κοκκομετρήσεις όσο και από το αραιόμετρο που δίνει τις συμπληρωματικές πληροφορίες σε ό,τι αφορά το πιο λεπτόκοκκο υλικό.

Πίνακας 6.16. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκρατούνται από αυτά για το δείγμα του άκαυτου εδάφους φλύσχη σε μεγάλη κλίση (>80%).

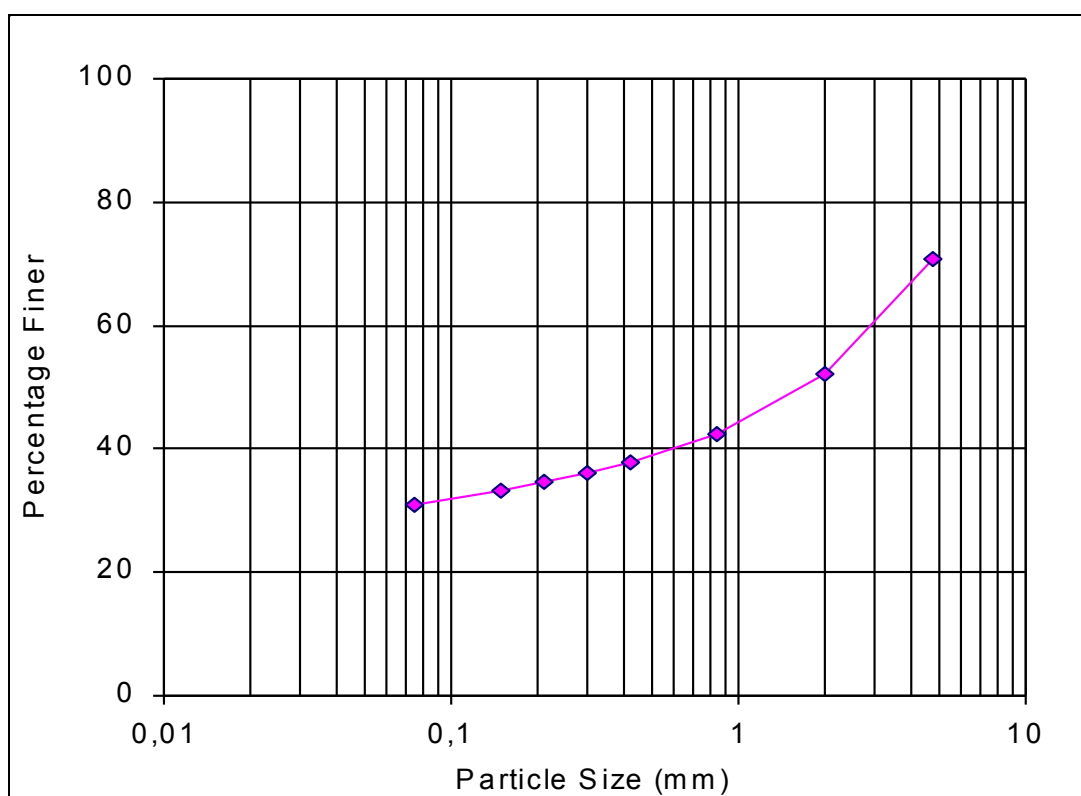
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	183,73	183,73	19,40	80,60
N ₀ 10	2,000	189,30	373,03	39,39	60,61
N ₀ 20	0,841	125,35	498,38	52,62	47,38
N ₀ 40	0,420	95,82	594,20	62,74	37,26
N ₀ 50	0,300	57,33	651,53	68,79	31,21
N ₀ 70	0,212	36,38	687,91	72,63	27,37
N ₀ 100	0,149	32,36	720,27	76,05	23,95
N ₀ 200	0,074	46,97	767,24	81,01	18,99
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	947,10		



Σχήμα 6.9. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης του άκαυτου δείγματος εδάφους φλύσχη σε μεγάλη κλίση (>80%).

Πίνακας 6.17. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκροτούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους φλύσχη, στα έλατα, χωρίς επεμβάσεις.

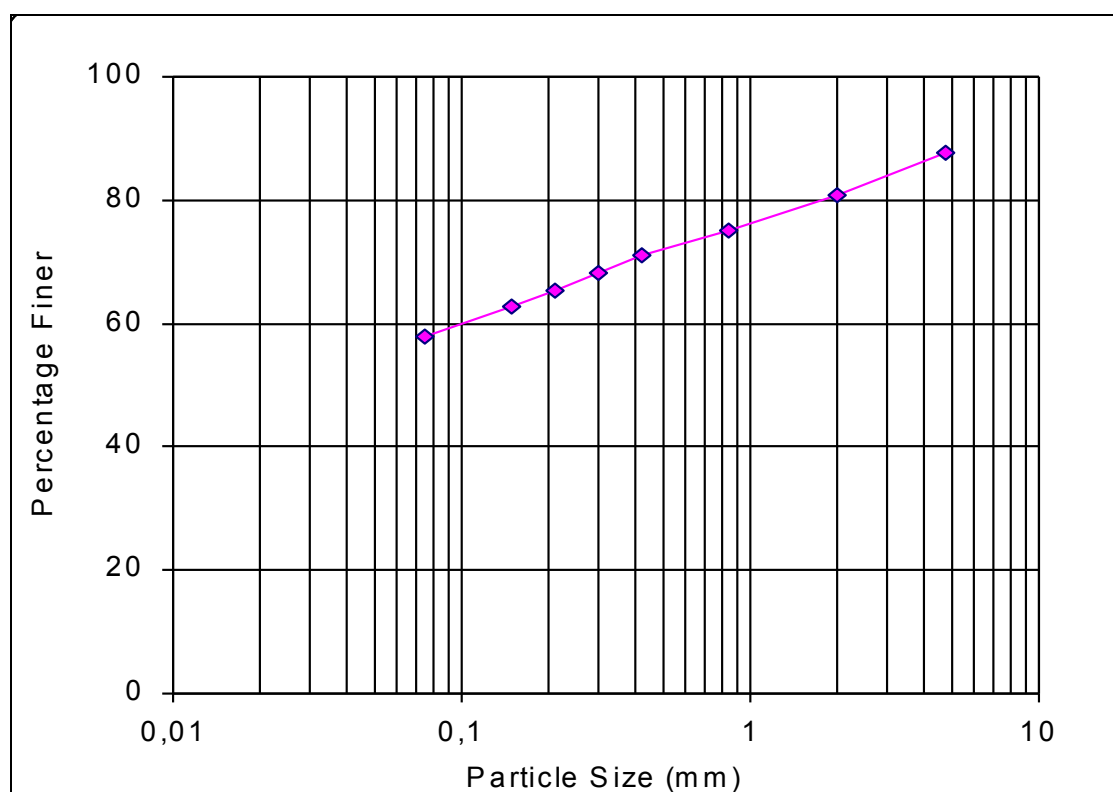
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	173,73	173,73	29,25	70,75
N ₀ 10	2,000	110,37	284,10	47,84	52,16
N ₀ 20	0,841	58,62	342,72	57,71	42,29
N ₀ 40	0,420	27,17	369,89	62,28	37,72
N ₀ 50	0,300	9,78	379,67	63,93	36,07
N ₀ 70	0,212	8,86	388,53	65,42	34,58
N ₀ 100	0,149	7,88	396,41	66,75	33,25
N ₀ 200	0,074	14,54	410,95	69,20	30,80
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	593,90		



Σχήμα 6.10. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου εδάφους φλύσχη, στα έλατα, χωρίς επεμβάσεις.

Πίνακας 6.18. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκρατούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους φλύσχη πίσω από κορμοσειρές.

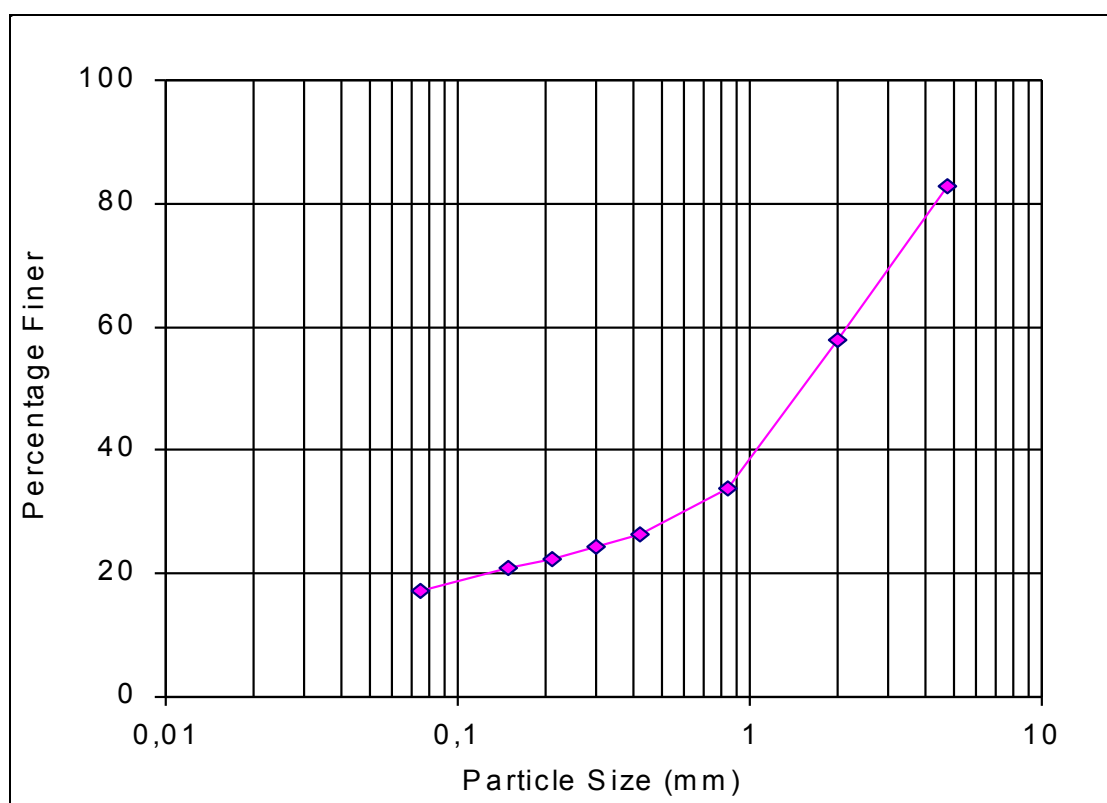
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	81,90	81,90	12,44	87,56
N ₀ 10	2,000	45,20	127,10	19,30	80,70
N ₀ 20	0,841	37,12	164,22	24,94	75,06
N ₀ 40	0,420	27,14	191,36	29,06	70,94
N ₀ 50	0,300	18,70	210,06	31,90	68,10
N ₀ 70	0,212	18,63	228,69	34,73	65,25
N ₀ 100	0,149	17,38	246,07	37,37	62,63
N ₀ 200	0,074	31,10	277,17	42,10	57,90
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	658,40		



Σχήμα 6.11. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης του δείγματος καμένου εδάφους πίσω από κορμοσειρές.

Πίνακας 6.19. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκρατούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους φλύσχη πίσω από κορμοφράγματα.

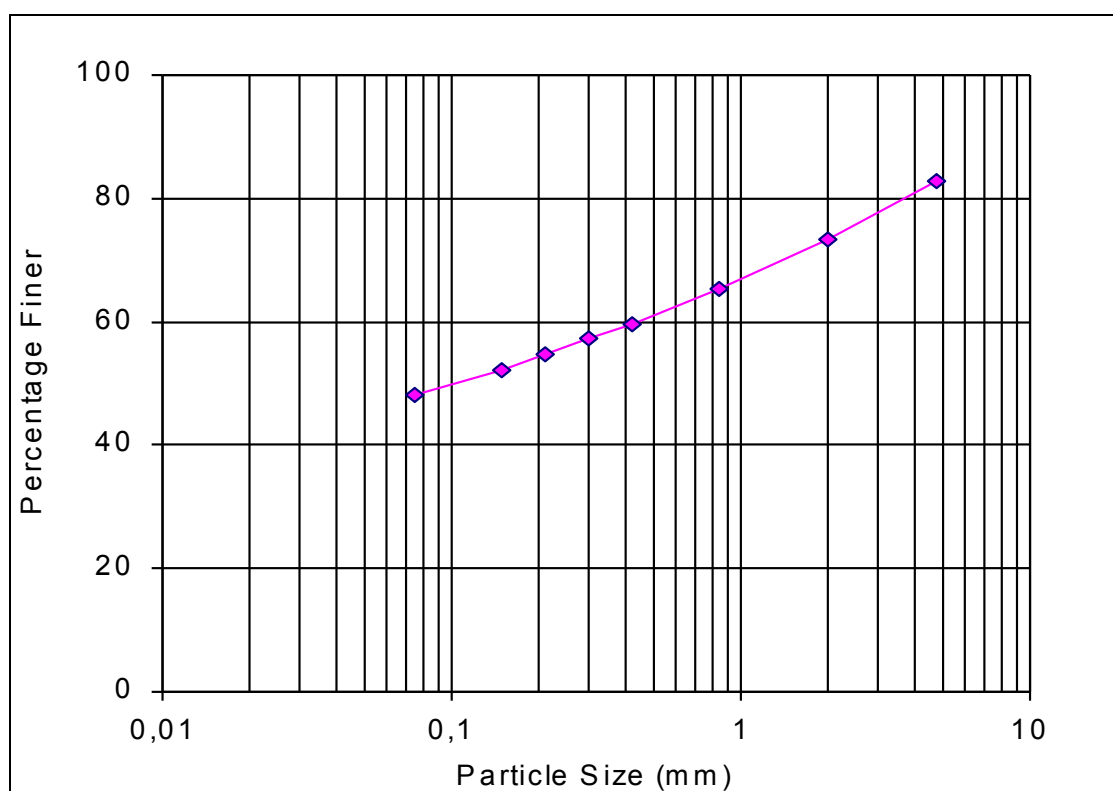
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	148,60	148,60	17,30	82,70
N ₀ 10	2,000	214,18	362,78	42,24	57,76
N ₀ 20	0,841	204,83	567,61	66,09	33,91
N ₀ 40	0,420	65,54	633,15	73,72	26,28
N ₀ 50	0,300	16,87	650,02	75,69	24,31
N ₀ 70	0,212	15,89	665,91	77,54	22,46
N ₀ 100	0,149	14,06	679,97	79,18	20,82
N ₀ 200	0,074	30,05	710,02	82,68	17,32
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	858,80		



Σχήμα 6.12. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου εδάφους πίσω από κορμοφράγματα.

Πίνακας 6.20. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκρατούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους σε πεύκο, χωρίς επεμβάσεις.

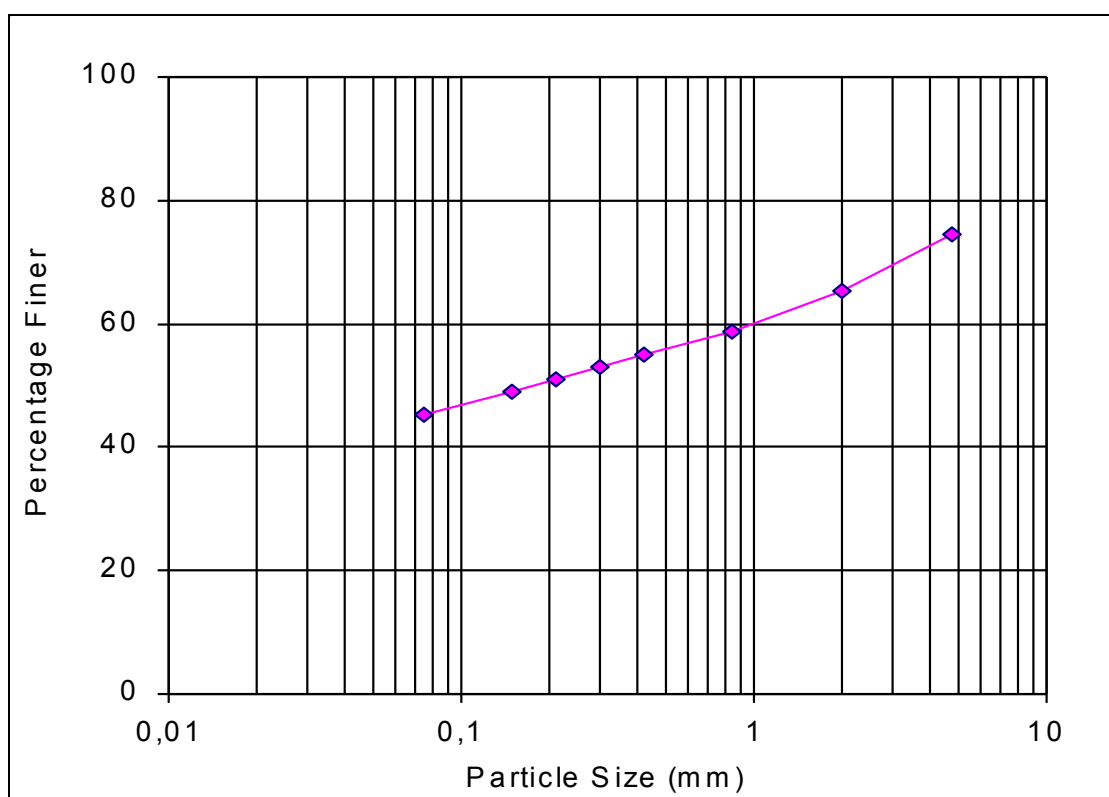
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	176,37	176,37	17,15	82,85
N ₀ 10	2,000	98,05	274,42	26,68	73,32
N ₀ 20	0,841	82,07	356,49	34,66	65,34
N ₀ 40	0,420	58,70	415,19	40,36	59,64
N ₀ 50	0,300	25,00	440,19	42,80	57,20
N ₀ 70	0,212	25,75	465,94	45,30	54,70
N ₀ 100	0,149	27,69	493,63	47,99	52,01
N ₀ 200	0,074	38,87	532,50	51,77	48,23
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	1028,60		



Σχήμα 6.13. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου εδάφους σε πεύκο, χωρίς επεμβάσεις.

Πίνακας 6.21. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκρατούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους σε πεύκο πίσω από κορμοσειρές.

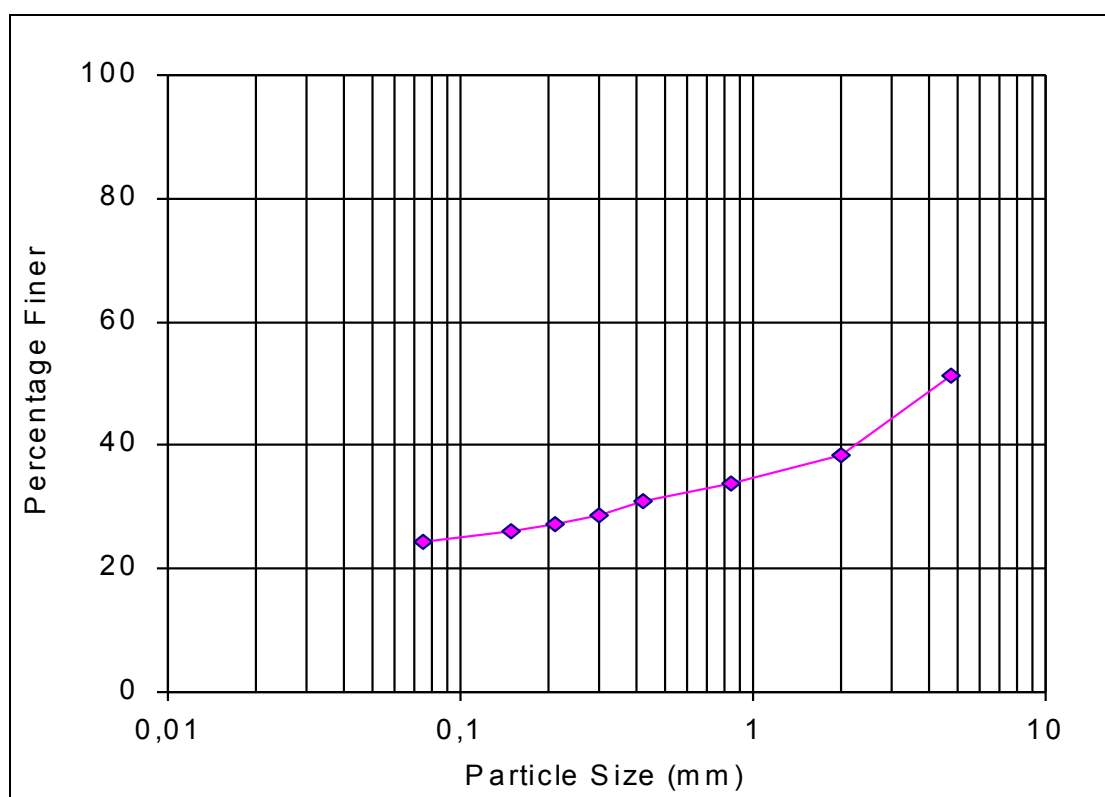
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	223,51	223,51	25,64	74,36
N ₀ 10	2,000	79,62	303,13	34,77	65,23
N ₀ 20	0,841	55,60	358,73	41,15	58,85
N ₀ 40	0,420	32,76	391,49	44,90	55,09
N ₀ 50	0,300	17,02	408,51	46,86	53,14
N ₀ 70	0,212	17,50	426,01	48,86	51,14
N ₀ 100	0,149	18,30	444,31	50,96	49,04
N ₀ 200	0,074	32,81	477,12	54,73	45,27
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	871,80		



Σχήμα 6.14. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου εδάφους σε πεύκο πίσω από κορμοσειρές.

Πίνακας 6.22. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκροτούνται από αυτά για το δείγμα καμένου εδάφους σε ασβεστολιθικό έδαφος, χωρίς επεμβάσεις.

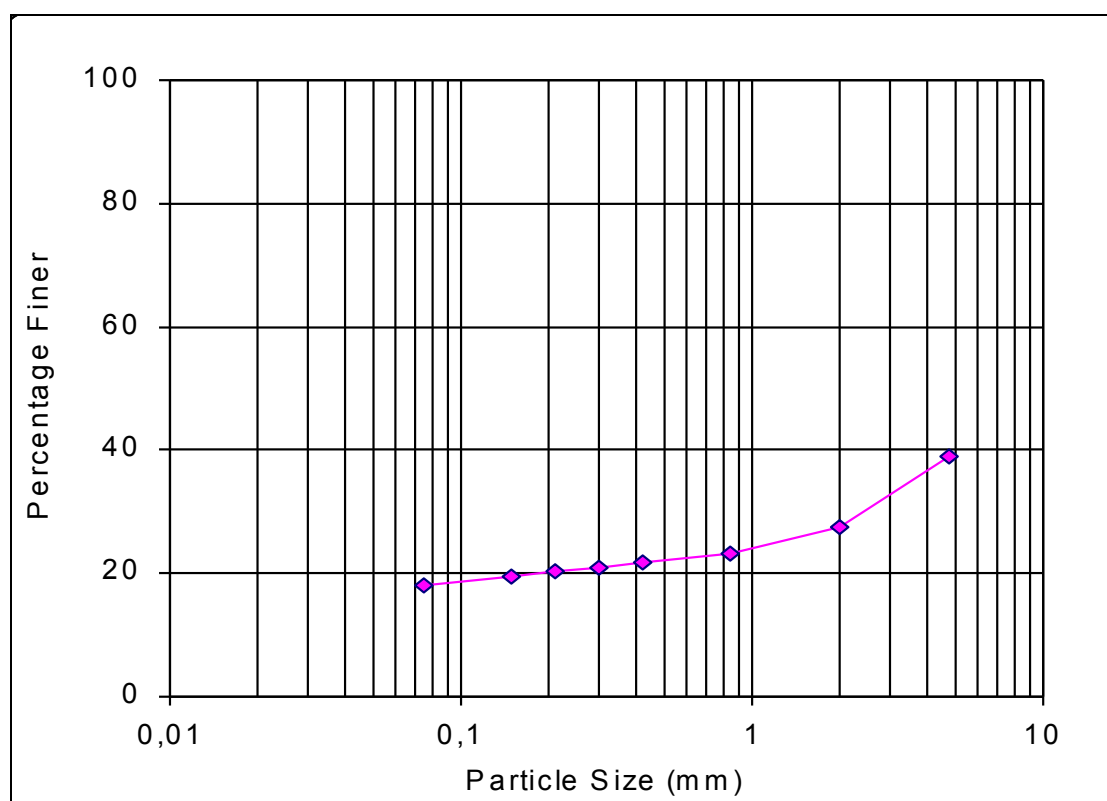
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	325,57	325,57	48,79	51,21
N ₀ 10	2,000	85,54	411,11	61,61	38,39
N ₀ 20	0,841	29,68	440,79	66,06	33,94
N ₀ 40	0,420	19,47	460,26	68,97	31,03
N ₀ 50	0,300	16,72	476,98	71,48	28,52
N ₀ 70	0,212	7,85	484,83	72,66	27,34
N ₀ 100	0,149	8,40	493,23	73,91	26,09
N ₀ 200	0,074	12,37	505,60	75,77	24,23
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	667,30		



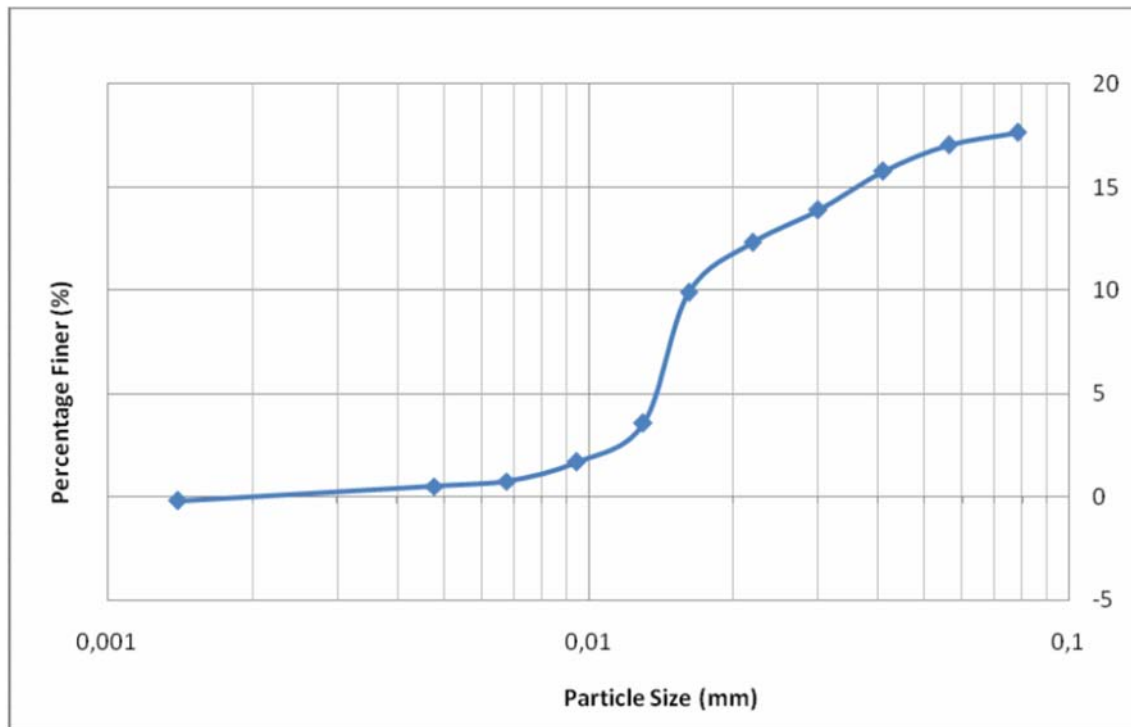
Σχήμα 6.15. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου εδάφους σε ασβεστολιθικό έδαφος, χωρίς επεμβάσεις.

Πίνακας 6.23. Βάρη των κόσκινων και ποσοστά που συγκροτούνται από αυτά για το δείγμα καμένου ασβεστολιθικού εδάφους πίσω από κορμοσειρές.

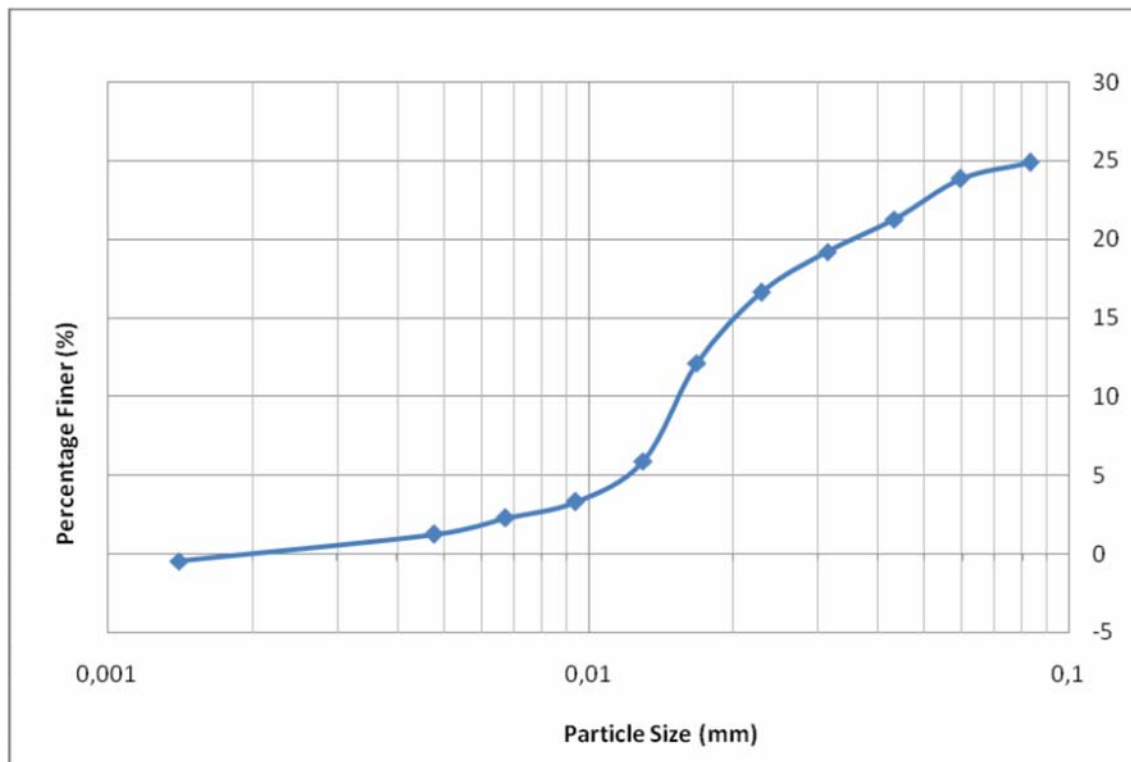
Κόσκινο	Διάμετρος (mm)	Βάρος συγκρ.(g)	Συνολ. συγκρ. βάρος (g)	Ποσοστό συγκρατ. (%)	Ποσοστό διερχ. (%)
N ₀ 4	4,760	824,90	824,90	60,98	39,02
N ₀ 10	2,000	155,84	980,74	72,50	27,50
N ₀ 20	0,841	57,99	1038,73	76,78	23,22
N ₀ 40	0,420	18,27	1057,00	78,13	21,87
N ₀ 50	0,300	11,00	1068,00	78,95	21,05
N ₀ 70	0,212	10,81	1078,81	79,75	20,25
N ₀ 100	0,149	11,12	1089,93	80,57	19,43
N ₀ 200	0,074	17,98	1107,91	81,90	18,10
		ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΥΣΗ	1352,80		



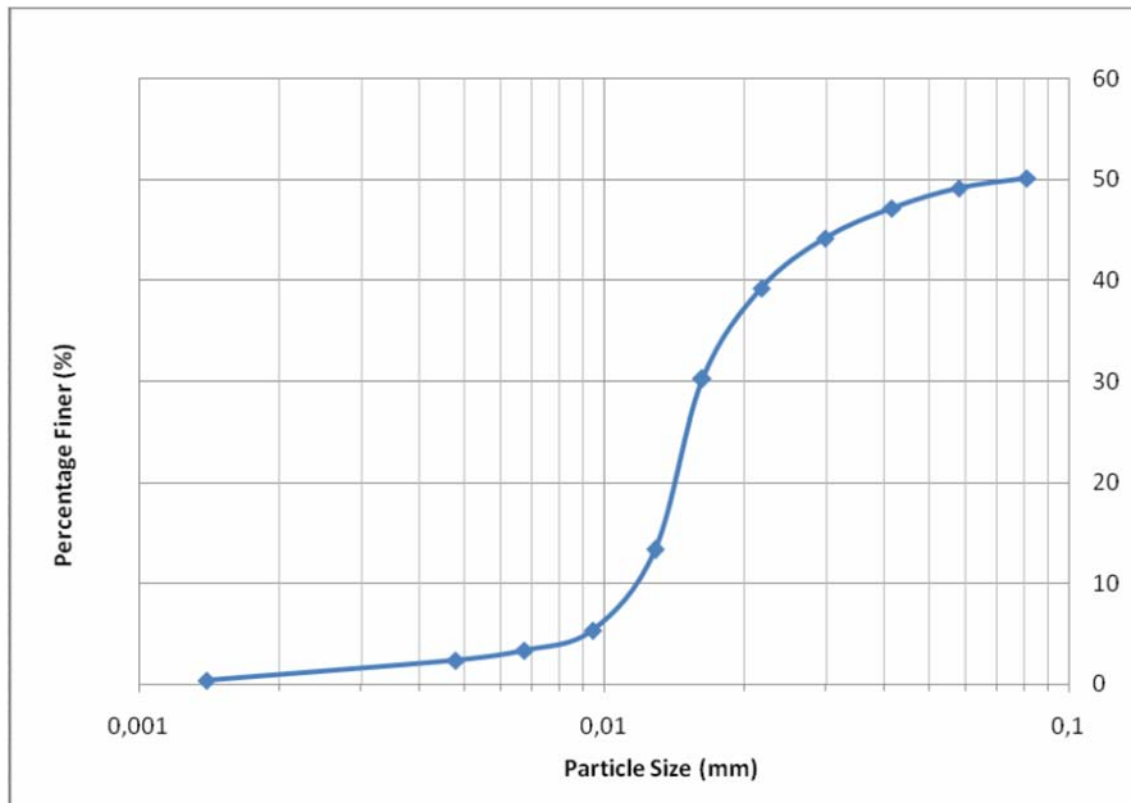
Σχήμα 6.16. Διάγραμμα κοκκομετρικής διαβάθμισης για το δείγμα καμένου ασβεστολιθικού εδάφους πίσω από κορμοσειρές.



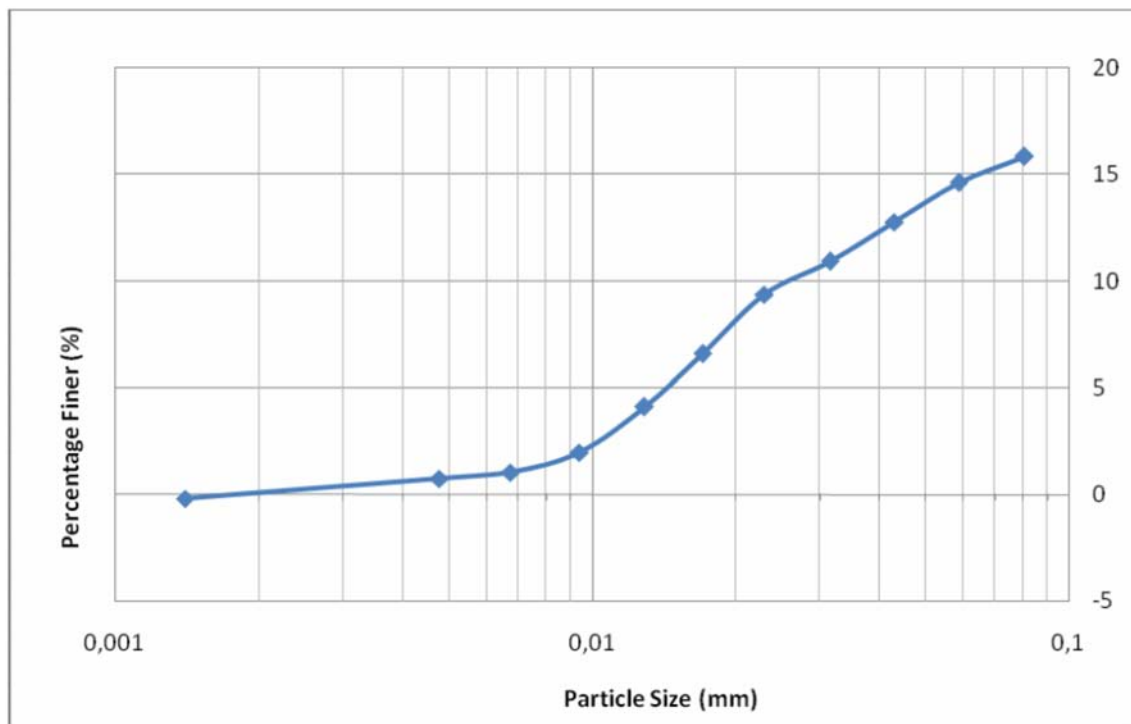
Σχήμα 6.17. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα άκατου εδάφους φλύσχη, σε έλατο, με μεγάλη κλίση (>80%).



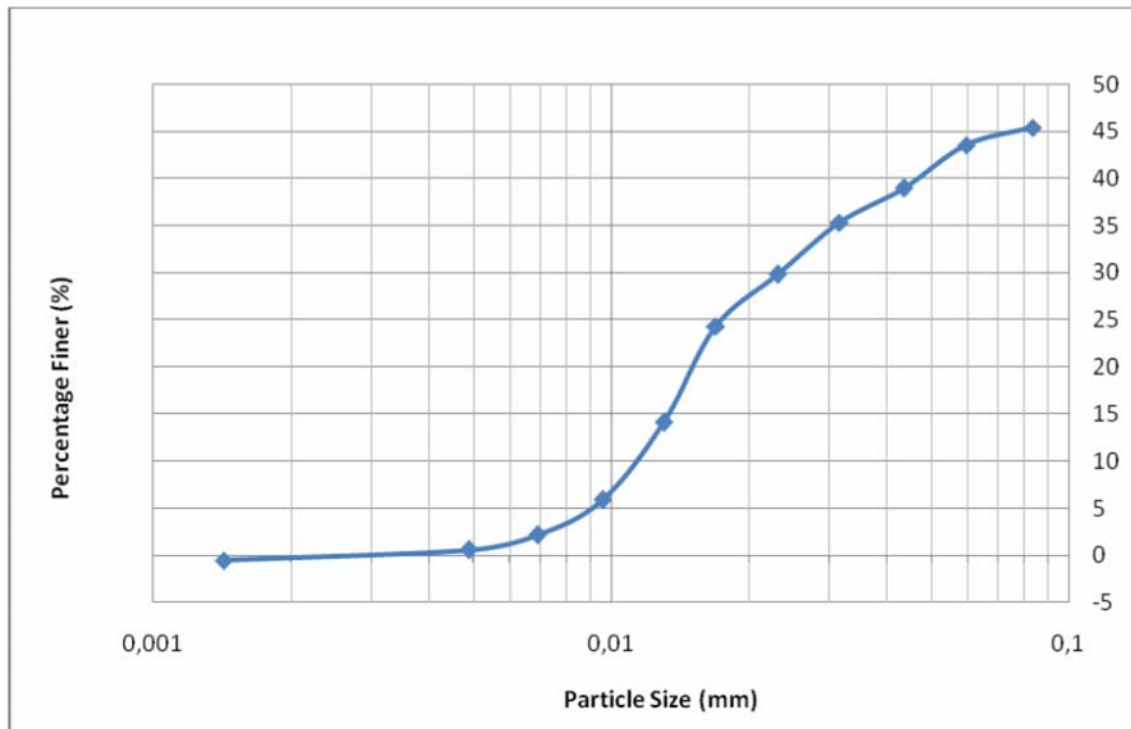
Σχήμα 6.18 Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα του καμένου εδάφους φλύσχη, από έλατο, χωρίς επεμβάσεις.



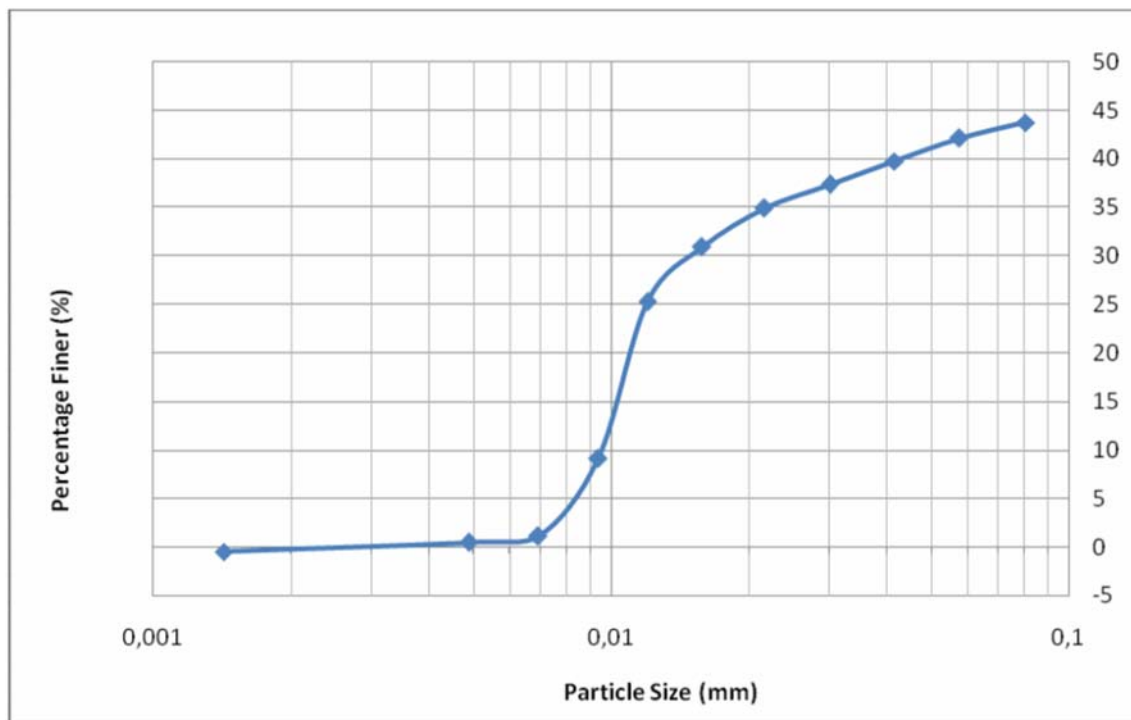
Σχήμα 6.19. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα του καμένου εδάφους φλύσχη, σε έλατο, πίσω από κορμοσειρές.



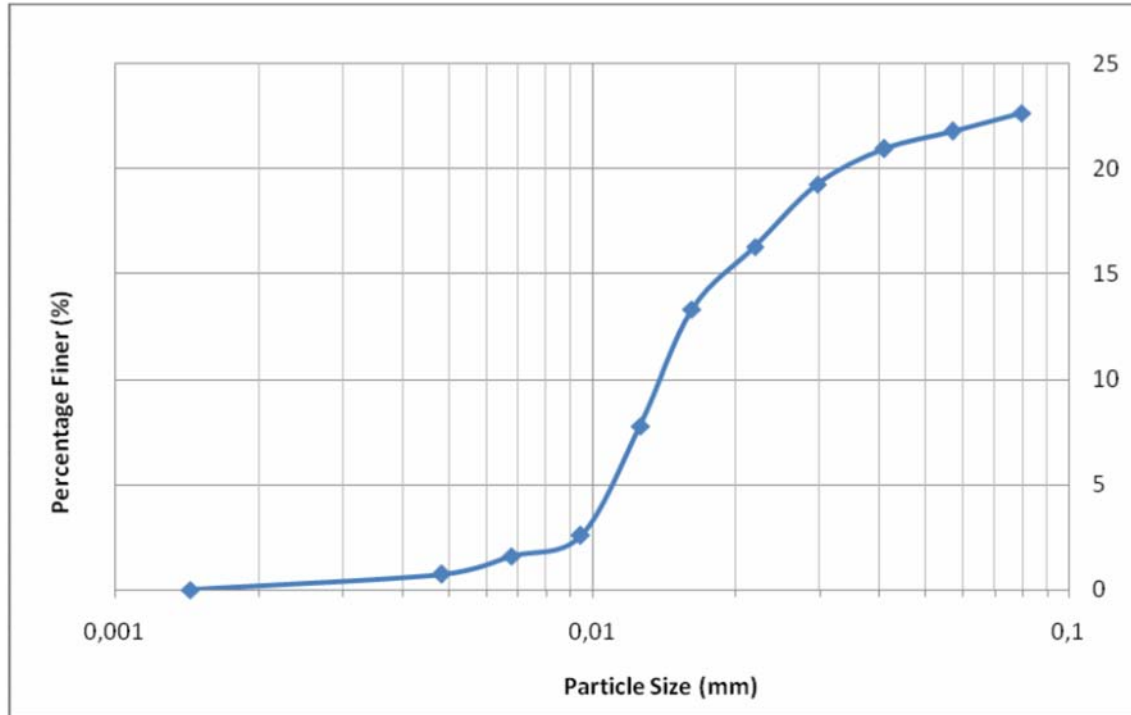
Σχήμα 6.20. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα του καμένου εδάφους από έλατο πίσω από κορμοφράγματα.



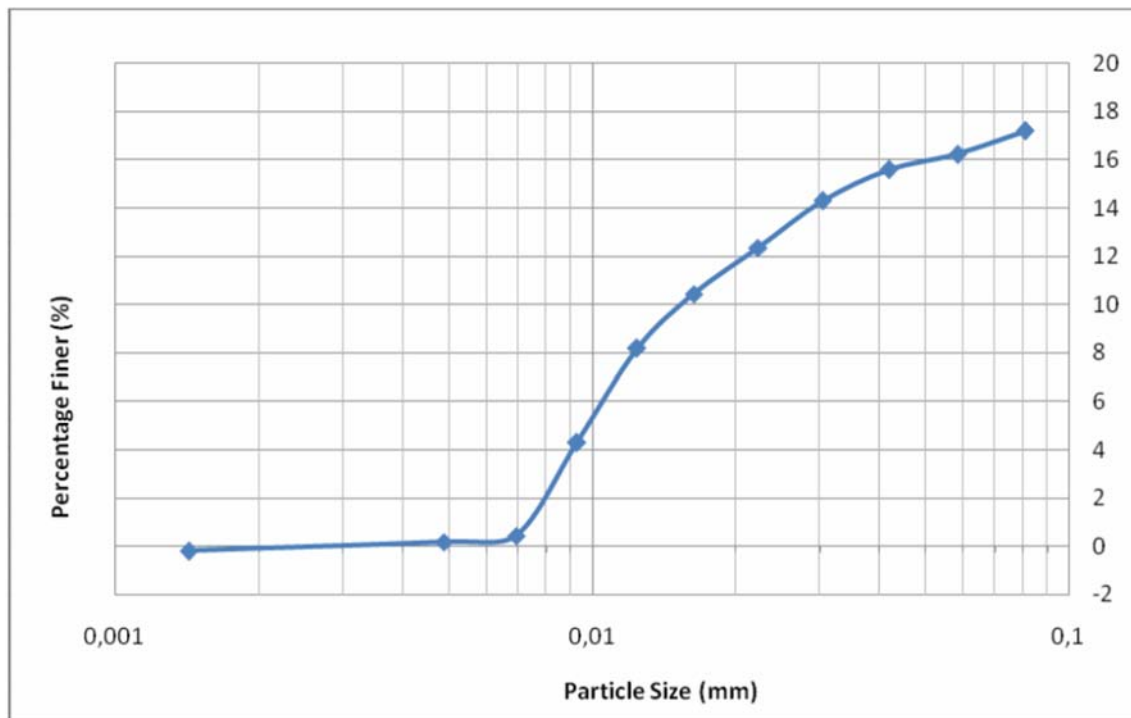
Σχήμα 6.21. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα του καμένου εδάφους φλύσχη, σε πεύκο, χωρίς επεμβάσεις.



Σχήμα 6.22. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα του καμένου εδάφους φλύσχη, σε πεύκο, πίσω από κορμοσειρές.



Σχήμα 6.23. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα καμένου ασβεστολιθικού εδάφους, χωρίς επεμβάσεις.



Σχήμα 6.24. Κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων στο δείγμα καμένου ασβεστολιθικού εδάφους, πίσω από κορμοσειρές.

Στα σχήματα 6.9, 6.10, 6.11, 6.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κοκκομέτρησης στην περιοχή του έλατου, σε περιοχή άκαυτου σε μεγάλη κλίση και σε περιοχές καμένου έλατου, χωρίς έργα, πίσω από κορμοσειρές και πίσω από κορμοφράγματα αντίστοιχα. Τα 2 επόμενα σχήματα (6.13, 6.14) αφορούν τα εδάφη σε καμένο πεύκο χωρίς έργα και πίσω από κορμοσειρές αντίστοιχα, ενώ τα 2 επόμενα (6.15, 6.16) έχουν να κάνουν με καμένο ασβεστολιθικό έδαφος χωρίς έργα και πίσω

από κορμοσειρές αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι στα υπόλοιπα δείγματα άκαυτου εδάφους, ενώ έγινε απόπειρα να κοκκομετρηθούν, η αυξημένη παρουσία οργανικής ουσίας, σε πολλές περιπτώσεις ούτε καν υπό αποσύνθεση, καθιστούσε κάτι τέτοιο αδύνατο.

Τα σχήματα 6.17-6.24 είναι οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις για τα λεπτόκοκκα υλικά ($d < 0,075$ mm), που έγιναν με αραιόμετρο, για τα αντίστοιχα δείγματα.

Όρια πλαστιμότητας και υδαρότητας: Αυτή η εργαστηριακή μέτρηση πραγματοποιήθηκε στα δείγματα του εδάφους που κυριαρχούσε το πεύκο. Πραγματοποιήθηκε στα δείγματα του άκαυτου πεύκου, του καμένου πεύκου χωρίς έργα, και του καμένου πεύκου πίσω από κορμοσειρές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.24. Όριο πλαστιμότητας του δείγματος του καμένου πεύκου χωρίς έργα.

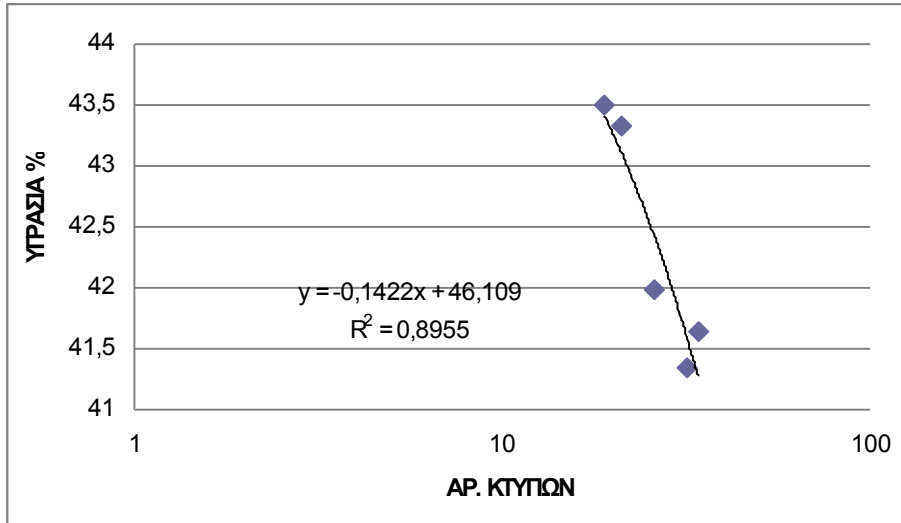
ΔΕΙΓΜΑ	A	B
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	13,20	13,46
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	10,52	10,76
ΔΙΑΦΟΡΑ	2,68	2,70
W (% ΞΗΡΟΥ)	25,48	25,09
W _m	25,28%	

Πίνακας 6.25. Όριο πλαστιμότητας του δείγματος καμένου πεύκου πίσω από κορμοσειρές.

ΔΕΙΓΜΑ	A	B
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	13,24	13,55
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (g)	10,65	10,80
ΔΙΑΦΟΡΑ	2,59	2,75
W (% ΞΗΡΟΥ)	24,32	25,46
W _m	24,89%	

Πίνακας 6.26. Αποτελέσματα δοκιμής Casagrande για την εύρεση του ορίου υδαρότητας στο δείγμα του καμένου χωρίς έργα.

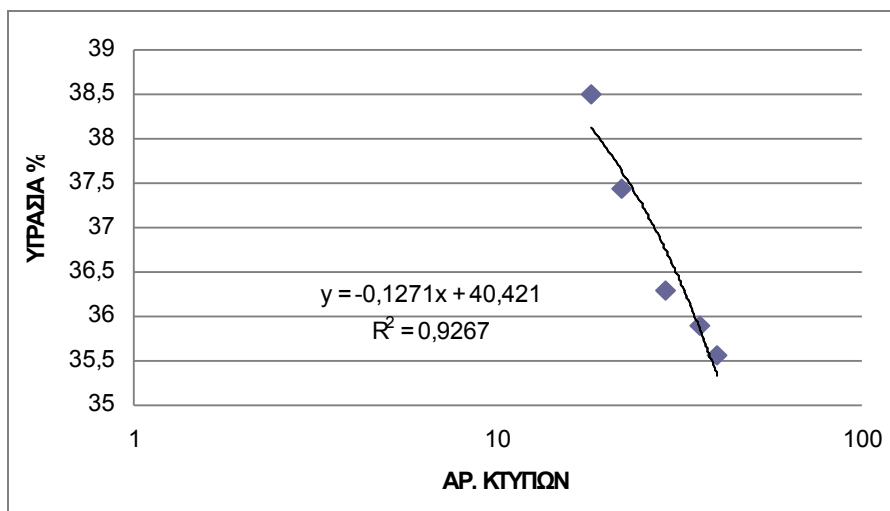
ΔΕΙΓΜΑ	A	B	Γ	Δ	E
ΚΤΥΠΟΙ	21	34	19	26	32
ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ A (g)	30,63	31,70	29,00	30,98	31,64
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ B (g)	28,23	29,31	26,56	28,23	28,99
ΑΠΟΒΑΡΟ C (g)	22,69	23,57	20,95	21,68	22,58
A-B	2,40	2,39	2,44	2,75	2,65
B-C	5,54	5,74	5,61	6,55	6,41
W (% ΞΗΡΟΥ ΚΑΘΑΡΟΥ)	43,32	41,64	43,49	41,98	41,34
W ₂₅	42,55				



Σχήμα 6.25. Γραφική παράσταση που συνδέει τους χτύπους της δοκιμής Casagrande με την υγρασία στο δείγμα του εδάφους χωρίς έργα.

Πίνακας 6.27. Αποτελέσματα δοκιμής Casagrande για την εύρεση του ορίου υδαρότητας στο δείγμα του καμένου εδάφους πίσω από κορμοσειρές.

ΔΕΙΓΜΑ	A	B	Γ	Δ	E
ΚΤΥΠΟΙ	22	40	36	29	18
ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ A (g)	31,28	30,80	29,29	28,51	31,86
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ B (g)	29,18	28,67	27,28	26,50	29,28
ΑΠΟΒΑΡΟ C (g)	23,57	22,68	21,68	20,96	22,58
A-B	2,10	2,13	2,01	2,01	2,58
B-C	5,61	5,99	5,60	5,54	6,70
W (% ΞΗΡΟΥ ΚΑΘΑΡΟΥ)	37,43	35,56	35,89	36,28	38,51
W25	37,24				



Σχήμα 6.26. Γραφική παράσταση που συνδέει τους χτύπους της δοκιμής Casagrande με την υγρασία στο δείγμα του εδάφους πίσω από τις κορμοσειρές.

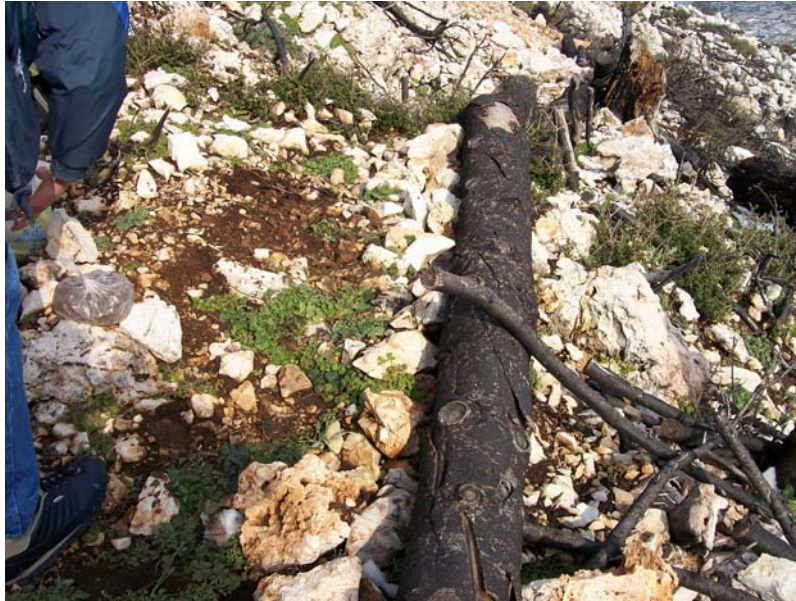
Πρέπει να σημειωθεί ότι στο δείγμα του άκαυτου πεύκου η δοκιμή σταμάτησε στο σημείο που βρέθηκε ότι το δείγμα μας δεν είναι πλάστιμο. Ακόμα, η ύπαρξη οργανικών ουσιών μέσα σε όλα τα δείγματα, αφού ο κλίβανος που προηγήθηκε ήταν σε χαμηλή θερμοκρασία και δεν αφαίρεσε το σύνολο της οργανικής ουσίας, έκανε την δοκιμή Casagrande πολύ επίπονη και εκεί οφείλεται το παράδοξο, ότι σε κάποιες περιπτώσεις που οι κτύποι μειώνονται με παράλληλη αύξηση της υγρασίας, αν και υπήρξε ομογενοποίηση σε υγραντήρα για 1 ημέρα.

Ανάλυση-συζήτηση.

Οργανική ύλη: Παρατηρώντας τον πίνακα 6.8, και όπως προφανώς ήταν αναμενόμενο, η οργανική ουσία που βρέθηκε στο δείγμα του άκαυτου εδάφους σε πλαγιές ελάτου είναι, συγκριτικά πάντα, ιδιαίτερα αυξημένη και κυμαίνεται από 2,25% έως 3,3%. Κάτι τέτοιο είναι προφανές αφού στο άκαυτο δείγμα η παρουσία βελόνων και άλλων αποσυντιθέμενων οργανικών ουσιών ήταν πολύ υψηλή γι' αυτό για τη λήψη του δείγματος έγινε προσπάθεια να σκαφτεί το σημείο όσο περισσότερο γινόταν. Στα δείγματα του καμένου εδάφους χωρίς επεμβάσεις (βλ. πιν. 6.10), η οργανική ουσία κυμάνθηκε από 0,94 έως 1,37%, προφανώς λιγότερη από την αντίστοιχη του άκαυτου αλλά και παραδόξως λίγο περισσότερη από αυτή του καμένου εδάφους πίσω από κορμοσειρές (βλ. πιν. 6.11), η οποία κυμάνθηκε από 0,56 έως 0,74%. Αν και οι διαφορές είναι ιδιαίτερα μικρές για να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα, η οπτική παρατήρηση μαρτυρά πως ενώ στα καμένα εδάφη η φυτοκάλυψη ήταν φτωχή, πίσω από τις κορμοσειρές ήταν ανύπαρκτη. Η οργανική ύλη πίσω από κορμοφράγματα (βλ. πιν. 6.12) είναι η χαμηλότερη που βρέθηκε (0,38-0,67%), κάτι λογικό αφού η απορροή των ρεμάτων αφήνει πίσω από τα φράγματα ένα ιδιαίτερα χονδρόκοκκο υλικό και η γενική απουσία της βλάστησης και κατ' επέκταση οργανικής ύλης είναι αναμενόμενη, κάτι που για τους ίδιους λόγους ισχύει και στο έδαφος με μεγάλη κλίση (βλέπε πιν. 6.9). Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί και με τους Spanos κ.α. (2005), που ισχυρίστηκαν ότι οι κορμοσειρές επηρεάζουν αρνητικά την φυσική αναγέννηση.

Παρατηρώντας τώρα τους αρχικούς πίνακες που αναφέρονται στο πεύκο θα δούμε στον πίνακα 6.5 ότι η οργανική ύλη στο άκαυτο δείγμα κυμάνθηκε από 0,98 έως 2,2%, αποτελέσματα που σχεδόν ταυτίζονται με την οργανική ύλη που βρέθηκε στα δείγματα του καμένου πεύκου χωρίς έργα (βλ. πιν. 6.6) όπου η οργανική ουσία μετρήθηκε από 1,63 έως 2,4%. Αυτό σε ένα βαθμό φανερώνει την υψηλή ικανότητα της φυσικής αναγέννησης που παρουσιάζουν τα εδάφη που κυριαρχεί το πεύκο, λόγω κλιματικών συνθηκών περισσότερο. Στη συνέχεια στον πίνακα 6.7 βλέπουμε την οργανική ουσία στο καμένο έδαφος πίσω από κορμοσειρές η οποία κυμαίνεται από 0,72 σε 1,06%, ποσοστό λιγότερο από τα υπόλοιπα δείγματα κάτι που επιβεβαιώνει τον ισχυρισμό ότι πίσω από τις κορμοσειρές δεν ευνοείται η φυτοκάλυψη. Σύμφωνα με τον δασολόγο ερευνητή κ. Μπαλούτσο (προσωπική επικοινωνία) κάτι τέτοιο οφείλεται σε μια επιφανειακή μεμβράνη (κρούστα) που δημιουργούν τα λεπτόκοκκα υλικά, όπως είναι αυτά πίσω από κορμοσειρές, η οποία εμποδίζει τη φυσική αναγέννηση. Δηλαδή για την ανάπτυξη της φυτοκάλυψης χρειάζεται να είναι σε μια ισορροπία το λεπτόκοκκο, που δημιουργεί μικροπόρους στους οποίους ευθύνεται η ικανότητας συγκράτησης υγρασίας του εδάφους, και το χονδρόκοκκο υλικό, που ευθύνεται για τους μακροπόρους μέσω των οποίων γίνεται η στράγγιση και ο αερισμός του εδάφους (Ντάφης, 1986, DeBano et al, 1998). Στις κορμοσειρές, είχαμε έντονη παρουσία λεπτόκοκκου με αποτέλεσμα την δυσκολία αερισμού του εδάφους και άρα και φύτευσης. Αντίθετα στα κορμοφράγματα λόγω των έντονων υδροδυναμικών ροών κρατήθηκε περισσότερο χονδρόκοκκο υλικό, κάτι το οποίο λέγεται και παρακάτω με τις κοκκομετρήσεις, με αποτέλεσμα το έδαφος να μην

κρατά υγρασία και να μην φυτρώνει και αυτό. Αντίθετα, το καμένο έδαφος χωρίς επεμβάσεις εμφανίστηκε πολύ πιο φυτρωμένο (βλ. εικόνα 6.9 (Α) (Β) και (Γ)).



Εικόνα 6.10. Κορμοσειρές σε ασβεστόλιθο (φωτ. από συγγραφείς)

Οι επόμενοι πίνακες (6.13-6.15) παρουσιάζουν τα αποτελέσματα στα δείγματα ασβεστολιθικού εδάφους. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι τα δείγματα αυτά αφέθηκαν στον κλίβανο 3 24ωρα σε αντίθεση με τα υπόλοιπα (1 24ωρο) συμπεραίνουμε πως η οργανική ύλη δεν είναι περισσότερη στον ασβεστόλιθο αλλά ο χρόνος καύσης είναι αυτός που παίζει το σημαντικότερο ρόλο. Άλλωστε κάτι τέτοιο επιβεβαιώθηκε και με νέο ασβεστολιθικό δείγμα το οποίο λήφθηκε ώστε να παραμείνει στον κλίβανο μόνο για ένα 24ωρο. Στον πίνακα 6.13 παρατηρούμε πως η οργανική ύλη στον άκαυτο ασβεστόλιθο είναι από 9% έως 13,4%, ενώ στον πίνακα 6.14 από το δείγμα του καμένου χωρίς έργα η αντίστοιχη ποσότητα είναι από 3,4% έως 4,9%. Στο δείγμα του καμένου ασβεστόλιθου πίσω από κορμοσειρές (βλ πιν. 6.15), η οργανική ουσία είναι από 2 έως 2,3%. Αυτή τη φορά ως αιτία εντοπίζεται οι ακανόνιστοι σχηματισμοί πολύ χονδρόκοκκου υλικού πίσω από τις κορμοσειρές οι οποίοι εμποδίζουν την παρουσία κάποιας υποτυπώδους φυτοκάλυψης (βλ. εικόνα 6.10).

Κοκκομετρήσεις: Ξεκινώντας από τις κοκκομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο καμένο έδαφος πεύκου χωρίς έργα και στο αντίστοιχο πίσω από κορμοσειρές παρατηρούμε στους πίνακες 6.20 και 6.21 τα αποτελέσματα. Βλέπουμε λοιπόν ότι το ποσοστό διερχομένων από το κόσκινο 200 στο δείγμα του καμένου πεύκου χωρίς έργα είναι 48% ενώ το αντίστοιχο στο δείγμα πίσω από τις κορμοσειρές είναι 45%. Με μία μικρή απόκλιση στα χονδρόκοκκα υλικά, οι καμπύλες κοκκομέτρησης ταυτίζονται κάτι που δείχνει αφενός ότι οι κορμοσειρές δεν απέδωσαν κάποιο ουσιαστικό αποτέλεσμα, αφετέρου ότι η φυσική αναγέννηση σε έδαφος που κυριαρχεί πεύκο είναι τόσο αποτελεσματική που μπορεί να υποτεθεί ότι η διάβρωση μετά από φωτιά περιορίζεται χαρακτηριστικά, τουλάχιστον αφού ξεκινήσει η φυσική αναγέννηση. Αυτή η υπόθεση επιβεβαιώνεται και από την τοπική παρατήρηση, όπου διαπιστώθηκε ότι οι κορμοί όχι μόνο δεν έχουν γεμίσει με διαβρωμένο υλικό αλλά παρουσιάζονται σχεδόν άδειοι. Τόσο η τοπική παρατήρηση όσο και η παρουσία οργανικής ύλης επιβεβαιώνουν επίσης την ραγδαία φυσική αναγέννηση του εδάφους σε πεύκο είτε με, είτε χωρίς κορμοσειρές, σε σχέση με αυτή του καμένου εδάφους σε έλατο.

Σε ό,τι αφορά το καμένο έδαφος φλύσχη σε έλατο τα αποτελέσματα των κοκκομετρήσεων παρουσιάζονται στους πίνακες από 6.16 έως 6.19. Στον πίνακα 6.17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το δείγμα σε καμένο έδαφος χωρίς επεμβάσεις, όπου παρατηρούμε την αυξημένη παρουσία χονδρόκοκκων υλικών, συγκριτικά πάντα με τα υπόλοιπα (εξαιρώντας το δείγμα πίσω από κορμοφράγματα). Συγκεκριμένα, το ποσοστό των χονδρόκοκκων που συγκρατείται από τα κόσκινα Νο 4 και Νο 10 αποτελεί το 52% του συνολικού δείγματος, ενώ το ποσοστό των λεπτόκοκκων, δηλαδή αυτών που διέρχονται από το κόσκινο Νο 200, είναι 30%. Αντίθετα, παρατηρώντας τον πίνακα 6.18, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στο δείγμα πίσω από κορμοσειρές, θα δούμε ότι το ποσοστό του δείγματος που διέρχεται από τα κόσκινα Νο 4 και Νο 10 είναι 19%, ενώ τα αντίστοιχα λεπτόκοκκα είναι το 57% του συνολικού δείγματος. Μια προσέγγιση ώστε να εξηγηθούν αυτά τα αποτελέσματα είναι η υπόθεση ότι έχει συντελεστεί κάποια διάβρωση στο έδαφος χωρίς έργα με αποτέλεσμα να κυριαρχούν σε αυτό χονδρόκοκκα υλικά, ενώ τα πιο λεπτόκοκκα έχουν παρασυρθεί από την επίγεια απορροή προς τα κατάντη. Έτσι εξηγείται και η τόσο ισχυρή παρουσία λεπτόκοκκων στο δείγμα πίσω από τις κορμοσειρές. Αυτό το γεγονός δείχνει πως η παρουσία των κορμοσειρών ήταν επιτυχής, σχετικά όμως, αν λάβουμε υπ' όψιν τις εναλλακτικές επιλογές, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Η οπτική παρατήρηση επιβεβαιώνει το αποτέλεσμα, αφού οι κορμοσειρές, αν εξαιρεθούν μεμονωμένες κακοτεχνίες, γέμισαν με διαβρωμένο λεπτόκοκκο υλικό, επιτελώντας τον σκοπό τους. Στον πίνακα 6.19 βλέπουμε τα αποτελέσματα από την κοκκομέτρηση πίσω από κορμοφράγματα, σε ρέματα. Εδώ παρατηρούμε την ιδιαίτερα αυξημένη παρουσία χονδρόκοκκου υλικού. Ως αιτία πιθανολογείται το ξέπλυμα που υφίσταται το έδαφος, από την απορροή των ρεμάτων, με αποτέλεσμα το λεπτόκοκκο υλικό να διαφεύγει με τη έντονη ροή του νερού προς τα κατάντη (είτε ανάμεσα από τους κορμούς, είτε με υπερχειλίση). Στα 3 πρώτα κόσκινα συγκρατείται το 66% του συνολικού δείγματος, ενώ μόλις το 17% διαφεύγει από το κόσκινο Νο 200. Αξίζει να σημειωθεί πως, έχοντας ως πρότυπο το καμένο έδαφος σε πεύκο, χωρίς επεμβάσεις, αφού είναι αυτό που συγκριτικά έχει δεχτεί τη λιγότερη διάβρωση, η κοκκομετρική καμπύλη του πεύκου βρίσκεται ανάμεσα από τις αντίστοιχες του έλατου χωρίς έργα και του έλατου πίσω από κορμοσειρές. Αυτή η παρατήρηση ίσως επιβεβαιώνει τόσο την διάβρωση που έχει συντελεστεί στο έδαφος του έλατου όσο και την ακαταλληλότητα αυτού, ώστε να προωθήσει την φυσική αναγέννηση. Άλλωστε σύμφωνα και με τον κ. Μπαλούτσο (προσωπική επικοινωνία), η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους για να θεωρηθεί κατάλληλη ώστε να ευνοείται η αναγέννηση της βλάστησης δεν πρέπει να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα, όπως ήδη ειπώθηκε, αλλά και η απουσία αυτών, στερεί το έδαφος από απαραίτητα θρεπτικά συστατικά.

Τέλος, σε ό,τι αφορά τις κοκκομετρήσεις, έχουμε τα αποτελέσματα από τα δείγματα σε καμένο ασβεστολιθικό έδαφος τα οποία παρουσιάζονται στους πίνακες 6.22 και 6.23. Στον πίνακα 6.22 παρατηρούμε το δείγμα το οποίο δεν βρίσκεται σε έργα, στο οποίο το 48% συγκρατείται από το κόσκινο Νο 4 ενώ μόλις το 24% αυτού είναι ιλύς και άργιλος, διαφεύγοντας από το κόσκινο Νο 200. Αντίστοιχα στο δείγμα πίσω από κορμοσειρές (6.23), το 60% του δείγματος συγκρατείται από το κόσκινο Νο 4 ενώ το λεπτόκοκκο υλικό είναι μόλις 18%. Τα αποτελέσματα αυτά μοιάζουν φυσιολογικά, αφού στα εδάφη που κυριαρχεί ο ασβεστόλιθος, είναι βραχώδη και είναι λογικό τα δείγματά μας να έχουν αυξημένη παρουσία χονδρόκοκκου υλικού. Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι ότι στις κορμοσειρές όχι μόνο δεν επιτεύχθηκε κάποια συγκέντρωση διαβρωμένου εδάφους, με τη μορφή λεπτόκοκκου υλικού, αλλά η κοκκομέτρηση δείχνει ότι εκεί το έδαφος είναι ακόμα πιο χονδρόκοκκο (σάρα) (βλ. εικόνα 6.10). Κάτι τέτοιο εξηγείται, αφού λόγω και του καρστικού χαρακτήρα της

διάβρωσης του ασβεστόλιθου, πίσω από τις κορμοσειρές δημιουργείται μια συστάδα από όγκους πετρών, η οποία αφήνει πολλά κενά στο σχηματισμό της, με αποτέλεσμα την απώλεια, του όποιου λεπτόκοκκου, προς τα κατάντη. Αυτή η υπόθεση επιβεβαιώνεται και από την τοπική παρατήρηση. Συμπερασματικά λοιπόν οι κορμοσειρές σε ασβεστολιθικό έδαφος όχι μόνο δεν είχαν το επιθυμητό αποτέλεσμα, αλλά πιθανόν να πρέπει να αποφεύγονται. Η τελευταία κοκκομέτρηση που έγινε σε άκαυτο δείγμα σε μεγάλη κλίση δείχνει την σημαντική επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας του εδάφους, όπου παρατηρείται πολύ χονδρόκοκκο υλικό. Σε τέτοιες περιπτώσεις και αν το έδαφος εκεί ήταν καμένο, θα πρέπει να γίνεται ιδιαίτερη επεξεργασία, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα χαρακτηριστικά αυτά.

Σχετικά με τις κοκκομετρήσεις των λεπτόκοκκων ($d < 0,075$ mm), οι οποίες έγιναν με *αραιόμετρο*, παρατηρούμε πως γενικά σε όλα τα δείγματα δεν υπάρχει άργιλος ή το ποσοστό της είναι πολύ κοντά μηδέν ($d < 0,002$). Αυτό εξηγείται καθώς λόγω της διάβρωσης, η άργιλος μεταφέρεται πολύ εύκολα (σε αιώρηση και δύσκολα καθιζάνει) προς τα κατάντη, είτε έχουν γίνει επεμβάσεις, είτε όχι. Ωστόσο πολλή ιλύς παρατηρείται πίσω από κορμοσειρές σε φλύσχη, στην περιοχή του ελάτου (βλ. σχήμα 6.19). Στις κορμοσειρές δεν δημιουργούνται έντονες υδροδυναμικές συνθήκες, με αποτέλεσμα τα χοντρότερα από τα λεπτόκοκκα (ιλύς), να καθιζάνουν πίσω από τις κορμοσειρές. Εντύπωση προκαλεί πως στο οικοσύστημα του πεύκου κρατιέται πολύ λεπτόκοκκο, είτε έχουν γίνει επεμβάσεις, είτε όχι (βλ. σχήματα 6.21 και 6.22). Πιθανή εξήγηση για το παραπάνω φαινόμενο είναι η άμεση ανάκαμψη της βλάστησης στο οικοσύστημα του πεύκου, καθώς και η όχι και τόσο έντονη κλίση στην περιοχή της δειγματοληψίας (10-15%).

Όρια Attemberg: Στους πίνακες 6.24 και 6.25 και στους πίνακες 6.26 και 6.27 τα αποτελέσματα των ορίων πλαστιμότητας και υδαρότητας αντίστοιχα. Το όριο πλαστιμότητας για το δείγμα σε πεύκο χωρίς έργα είναι 25,28 (επί τοις εκατό υγρασία στο σύνολο του δείγματος), ενώ στο δείγμα πίσω από κορμοσειρές είναι 24,89%. Το όριο υδαρότητας είναι 42,55% (υγρασία στους 25 κτύπους της συσκευής Casagrande) στο δείγμα χωρίς έργα και 37,25 πίσω από κορμοσειρές. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως τα δύο δείγματα εδάφους βρίσκονται πολύ κοντά σε ό, τι αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά τους και επιβεβαιώνουν τον ισχυρισμό ότι στα δείγματα του πεύκου οι κορμοσειρές δεν είχαν κάποια ουσιαστική επίδραση είτε στην αποφυγή της διάβρωσης είτε στην επιτάχυνση της φυσικής αναγέννησης. Η μικρή απόκλιση που παρουσιάζεται στο όριο υδαρότητας πιθανόν να οφείλεται στην μεγαλύτερη οργανική ουσία που βρέθηκε στο δείγμα χωρίς επεμβάσεις, κάτι που το εμποδίζει να απορροφήσει υγρασία συγκριτικά με το δεύτερο δείγμα. Στην αυξημένη οργανική ύλη αποδίδεται και το γεγονός ότι το δείγμα του άκαυτου πεύκου χαρακτηρίστηκε ως μη πλάστιμο. Άλλωστε πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διαδικασία της εμβάπτισης σε οποιοδήποτε άκαυτο δείγμα πριν από κοκκομέτρηση μεγάλο ποσοστό αυτού, “επέπλεε”, κάτι που δείχνει την αδυναμία απορρόφησης υγρασίας.

Συμπεράσματα-προτάσεις: Αναλύοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων σε ό,τι αφορά το καμένο πεύκο, διαπιστώνουμε ότι η επεξεργασία σε αυτό με τη χρήση κορμοσειρών δεν επέφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα, αφού ούτε γέμισαν με διαβρωμένο υλικό αλλά και δεν ενόησαν τη φυσική αναγέννηση (βλ. εικόνα 6.11). Αντίθετα, θα λέγαμε πως η δυνατότητα του εδάφους, όπου κυριαρχεί το πεύκο, να αναγεννάται ταχύρρυθμα, μας δείχνει ότι η καλύτερη επεξεργασία θα ήταν να αφεθεί το έδαφος όπως έχει. Η χλόη και οι θάμνοι που αναπτύσσονται μετά τα πρώτα επεισόδια βροχοπτώσεων είναι ικανά να συγκρατήσουν αρκετό έδαφος και να αποφευχθεί σημαντικό μέρος της διάβρωσης.

Μετά από την πυρκαγιά στο Πήλιο την ίδια χρονιά σε έδαφος φλύσχη που κυριαρχούσε το πεύκο δοκιμάστηκε μια εναλλακτική μέθοδος αντιδιάβρωσης. Σε ορισμένα σημεία όπου η μικρή κλίση το ευνοούσε, κατασκευάστηκαν, με το χέρι αυλακώσεις, παράλληλα με τις ισοϋψείς, σε αποστάσεις μεταξύ τους 2 με 3 m. Αυτή η επεξεργασία φάνηκε να αποδίδει, αφού οι αυλακώσεις κράτησαν διαβρωμένο υλικό αλλά με τοπική παρατήρηση, φάνηκε πως κατά μήκος τους, άρχισαν να αναπτύσσονται δεκάδες μικρά πεύκα και θάμνοι (βλ. εικόνα 6.12). Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι μια τέτοια παρέμβαση, σε κλίσεις μεγαλύτερες, θα μπορούσε πιθανόν να αποφέρει αντίθετα αποτελέσματα, εξαιτίας της διαταραχής του εδάφους, λόγω μηχανικής παρέμβασης. Οι κορμοσειρές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο ίδιο μέρος κρίνονται με την τοπική παρατήρηση, πλήρως αποτυχημένες.



Εικόνα 6.11. Κορμοσειρές από το οικοσύστημα του πεύκου στην Πάρνηθα. Είτε υπάρχουν, είτε όχι είναι το ίδιο πράγμα. (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.12. Αύλακες στην περιοχή του Πηλίου. Παρατηρούμε πως τα περισσότερα φυτικά είδη φυτρώνουν μέσα στο αυλάκι (φωτ. από συγγραφείς).

Στο καμένο έδαφος του φλύσχη, που κυριαρχούσε το έλατο, τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων, παρουσιάζουν την απόδοση των κορμοσειρών σχετικά επιτυχημένη, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά την πλήρωση των κορμών με διαβρωμένο υλικό (εικόνες 6.9 (A) και (B)). Η εικόνα αυτή δεν είναι το ίδιο ενθαρρυντική για την φυτοκάλυψη πίσω από τα έργα εξαιτίας του λεπτόκοκκου υλικού και το πώς επιδρά αυτό, όπως αναλύθηκε προηγουμένως (εικόνες 6.9 (A) και (B)).

Για να γίνει μια πιο ολοκληρωμένη κριτική στην απόδοση των κορμοσειρών επιβάλλεται να ανατρέξουμε και πάλι στις αναφορές από τις έρευνες που έγιναν στο εξωτερικό και συγκεκριμένα από τους Kim κ.α. (2008) στην Ν. Κορέα και από τους Robichaud και Elliot (2006) στις Η.Π.Α. Οι έρευνες αυτές θεωρούνται ιδιαίτερα αξιόπιστες, αφού η μέτρηση της διάβρωσης έγινε άμεσα από τις πλαγιές με τεχνητές δεξαμενές, στα κατόντη τους. Μια διαπίστωση στην οποία συμφωνούν οι μελετητές είναι η μειωμένη αποτελεσματικότητα των κορμοσειρών. Το εντυπωσιακό στοιχείο ήταν ότι διαπιστώθηκε πλήρωση των κορμών, αλλά το επιπλέον διαβρωμένο υλικό, ιδιαίτερα σε έντονα επεισόδια βροχής, περνούσε τους κορμούς και κατευθυνόταν προς τα κατόντη. Μία διαπίστωση η οποία έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την συνήθεια των Ελληνικών μελετών οι οποίες περιορίζουν την αποτελεσματικότητα στην απάντηση της πλήρωσης, ή όχι του κορμού. Παράλληλα διαπιστώθηκε μειωμένη φυτοκάλυψη, ενώ πολλές φορές παρατηρήθηκε και αλλοίωση της εγγενούς βλάστησης. Αντί αυτού, οι έρευνες πρότειναν πως σε αυτές τις περιπτώσεις είναι καλύτερο να εφαρμόζεται η επεξεργασία του mulching, δηλαδή η χρήση προστατευτικού στρώματος από κομμάτια ξύλου ή άχυρου. Πράγματι κάτι τέτοιο θα ήταν ενδιαφέρον να εφαρμοστεί και στις πλαγιές της Πάρνηθας, ειδικά στις πλαγιές με τις ιδιαιτερότητες του έλατου.

Η μέθοδος των κορμοσειρών αντιπροσωπεύει μία βίαιη και τεχνητή απόπειρα να παραμείνει το έδαφος στη θέση του. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε μια λογική παρατήρηση: τα κορμοδέματα δεν είναι ανάγκη να είναι συνεχόμενα σε όλη την ισοϋψή, αλλά μόνο στις μισγάγγειες και όχι στις ράχες (κυρτώσεις) (βλ. εικόνα 6.13). Το συνεχόμενο κορμόδεμα το μόνο που προσφέρει είναι αυξημένη διατάραξη στο έδαφος και επιπλέον εμποδίζει την διέλυση της άγριας πανίδας.



Εικόνα 6.13. Η συνεχόμενη κορμοσειρά δεν έχει κανένα νόημα. Η πλήρωση θα γίνει μόνο στο κοίλωμα (φωτ. από συγγραφείς).

Αντίθετα το στρώμα από κομμάτια ξύλου (chips) αντικαθιστά το φυσικό μηχανισμό της αποσυντιθέμενης οργανικής ουσίας (χούμος) και το δασικού τάπητα

(βελονοτάπητας) στην περίπτωση πριν την πυρκαγιά. Απορροφούν την κινητική ενέργεια των σταγόνων της βροχής με αποτέλεσμα να βοηθούν τη διαδικασία της διήθησης του νερού στο έδαφος και κατ' επέκταση τον περιορισμό της απορροής. Αναφέρεται πως το ποσοστό του εδάφους που παρέμεινε στη θέση του μετά από επεξεργασία με mulching έφτασε το 80% ή και περισσότερο (91% Wagenbrenner et al, 2006), ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μετά από χρήση κορμοσειρών, το οποίο κυμαίνεται από 50% μέχρι 70% μόνο για επεισόδια βροχής μικρής και μέτριας έντασης, ενώ σε υψηλής έντασης αναφέρονται ως αναποτελεσματικά. Ακόμη, αναφέρεται πως με τη χρήση άχυρου ή κομματιών ξύλου επιταχύνθηκε η διαδικασία της αναγέννησης, αφού αυτό το οργανικό στρώμα, προσέφερε άμεσα σημαντικά θρεπτικά συστατικά στο έδαφος, με την αποσύνθεσή του.

Η επεξεργασία στα ρέματα με τη χρήση κορμοφραγμάτων ήταν η καλύτερη δυνατή. Αν και εμποδίζουν την ανάπτυξη της βλάστησης, είναι προσωρινά έργα, φιλικά προς το περιβάλλον, με σκοπό την προσωρινή συγκράτηση των φερτών, μέχρι να ανακάμψει η βλάστηση στις ανάντη πλαγιές (βλ. εικόνα 6.14, 6.15 και 6.16). Άλλωστε η πηγή της διάβρωσης δεν είναι η απορροή των ρεμάτων, αλλά τα ρυάκια που σχηματίζονται στην επιφάνεια του εδάφους των πλαγιών και οδηγούν προς αυτά.



Εικόνα 6.14. Κορμοφράγματα σε σειρά. Αν και έχουν πληρωθεί εντελώς με αμμώδες υλικό που δεν μπορεί να φυτρώσει, παραμένουν φιλικά προς το περιβάλλον (φωτ. από συγγραφείς)

Πολύ καλή και φτηνή επιλογή αποδείχτηκε και η κατασκευή φραγμάτων από συρματοκιβώτια, στις πεδινές κατάντη περιοχές, καθώς φαίνεται πως εκπλήρωσαν το σκοπό τους (συγκράτησαν αρκετά φερτά (βλ. εικόνα 6.6, 6.17) και ασκούν σημαντική ανάσχεση, με σημαντικότερες ωφέλειες στα κατάντη), με το ελάχιστο δυνατό κόστος και είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Αντίθετα στην Πεντέλη, τα κορμοφράγματα χρησιμοποιήθηκαν ελάχιστα και σαν αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα, χρησιμοποιήθηκαν μικρά και μεγάλα φράγματα από σκυρόδεμα, τα οποία, λόγω και του ότι κατάντη βρίσκεται η Νέα Μάκρη, υπερδιαστασιολογήθηκαν (και πολύ μεγάλα σε μέγεθος (Μακρής και Μαντούδι, 1997), αλλά πολλά κατασκευάστηκαν σε σειρά κατά μήκος του ρέματος, με πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, σε σχέση με το μέγεθός τους). Σήμερα, 15 σχεδόν έτη μετά δεν έχουν πληρωθεί ούτε κατά το ήμισυ

(ίδια κατάσταση με πρίν από μια δεκαετία, Μακρής και Μαντούδι, 1997) και συνεχίζουν να πληγώνουν το τοπίο (βλ. εικόνα 6.18).



Εικόνα 6.15. Μεγάλα κορμοφράγματα (πλάτος κοίτης περίπου 10 m και υπέργειο ύψος 1,5 m) στο ρέμα Μποντιά της Πάρνηθας, που δένουν καλά με το τοπίο (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.16. Κορμόφραγμα στην Πεντέλη, όπου είναι εμφανές πως το συγκρατούμενο έδαφος δύσκολα φυτρώνει. Ωστόσο, το φράγμα φαίνεται πως δένει με το τοπίο (Ανδρου κ.α. 2007(b))

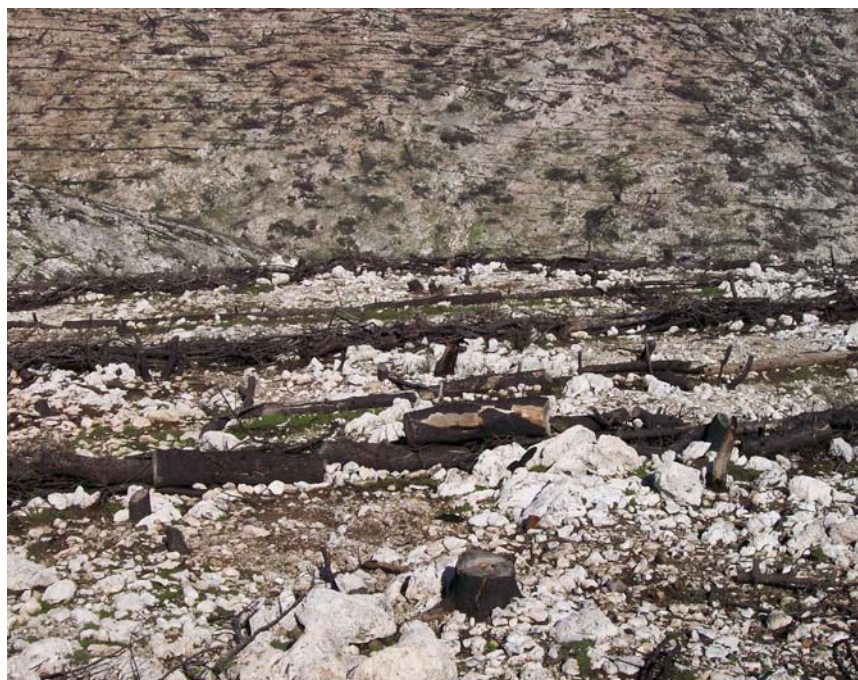


Εικόνα 6.18. Φράγμα από συρματοκιβώτια από τα ανάντη, ακριβώς πάνω από τα πρώτα σπίτια των Θρακομακεδόνων. Έχει συγκρατηθεί σημαντική ποσότητα φερτών χωρίς να πληγώνεται ιδιαίτερα η αισθητική του τοπίου (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα 6.19. Φράγμα από σκυρόδεμα στην Πεντέλη (ρέμα Ραπεντώσας), από ανάντη, με αντιδιαβρωτικό και αντιπλημμυρικό χαρακτήρα. Κατάντη διακρίνεται η λεκάνη αποτόνωσης της ενέργειας. Η συνολική κατασκευή είναι πραγματικά πολύ υπερβολική για τα δεδομένα του τοπίου (φωτ. από συγγραφείς).

Η περίπτωση που προκαλεί το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, αναλύοντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα, είναι αυτή του ασβεστολιθικού εδάφους. Είναι γεγονός πως σε βραχώδη εδάφη, όπως είναι τα ασβεστολιθικά, η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους, ακόμα και πριν την πυρκαγιά, αποτελείται από ιδιαίτερα χονδρόκοκκο υλικό και έλλειψη εδάφους (βλ. εικόνα 6.20).



Εικόνα 6.20. Κορμοσειρές στον ασβεστόλιθο, όπου η σχεδόν πλήρης έλλειψη του εδάφους είναι εμφανής και αναποτελεσματικότητα των έργων προκαθορισμένη (φωτ. από συγγραφείς).

Οι προβλέψεις που έχουν να κάνουν με την δυνατότητα αποκατάστασης της βλάστησης του έλατου σε αυτά τα πετρώματα, πόσο μάλλον μετά την πυρκαγιά, όπου το λιγιστό έδαφος μετακινήθηκε προς τα κατόντη, δεν είναι αισιόδοξες, σύμφωνα με δασολόγους. Οποιαδήποτε απόπειρα επέμβασης με κορμοσειρές, όπως έγινε προσπάθεια να αποδειχτεί παραπάνω, αλλά και με τις αδιάσειστες αποδείξεις της τοπικής παρατήρησης, δεν στέφθηκε με επιτυχία, αφού ακόμα και αν αυτές πληρώθηκαν μερικώς αυτό έγινε με πέτρες μεγάλων διαστάσεων (βλ. εικόνα 6.10). Αυτές οι εξαιρετικά ιδιαίτερες συνθήκες θα έπρεπε να αντιμετωπιστούν με αντίστοιχα ιδιαίτερα μελετημένα έργα αποκατάστασης και όχι από απερίσκεπτα έργα, μόνο και μόνο για το θεαθήναι.

Δεδομένου ότι η απουσία εδάφους οδηγεί, οποιαδήποτε απόπειρα για αντιδιαβρωτικό έργο σε αδιέξοδο, μία φιλόδοξη αλλά και αποτελεσματική επέμβαση θα ήταν η συγκρότηση αναβαθμών. (Μπαλούτσος, 2008(b)). Σύμφωνα με αυτήν την πρόταση, θα μπορούσαν να συγκροτηθούν αναβαθμοί από λίθους, οι οποίοι μπορούν να συλλεχθούν εύκολα και επί τόπου, αφού για κάτι τέτοιο ενδείκνυται το ασβεστολιθικό πέτρωμα, και αφού διαμορφωθούν με συρματοπλέγματα (προτείνονται σειρές από συρματοπλεκτούς κυλίνδρους, για καλύτερη συνάφεια με το έδαφος, διαμέτρου περίπου 40 cm, οι οποίοι θα πληρωθούν με λίθους επί τόπου, Μπαλούτσος, 2008(b)), μπορεί να προστεθεί έδαφος, το οποίο θα μεταφερθεί στην συγκεκριμένη περιοχή (η μεταφορά μπορεί να γίνει εναέρια, με σακιά ή με ζώα. Πάντως πρέπει να αποφευχθεί η κατασκευή νέων δρόμων. Οι αναβαθμοί θα είχαν τη δυνατότητα να συγκρατήσουν το έδαφος και έτσι θα μπορούσε σε ένα βάθος χρόνου, η βλάστηση να επανέλθει τουλάχιστον στα επίπεδα πριν την πυρκαγιά, ίσως και σε καλύτερα. Το θέμα απαιτεί μελέτη και επί τόπου δοκιμή, σε μικρές πειραματικές επιφάνειες. Δεν είναι σωστό να παίρνουμε ως κάτι σίγουρο, σε κάθε περιοχή και κάθε τύπο εδάφους, την τεχνική των κορμοσειρών, οι οποίες δεν θα είναι και πολύ φτηνότερες από τους λίθινους αναβαθμούς, αφού οι λίθοι θα είναι συλλεκτοί επί τόπου.

Δεν έγινε κάποια αναφορά στην επεξεργασία του εδάφους με σπορά, μια γενικά διαδεδομένη και οικονομική αντιδιαβρωτική επέμβαση, διότι η επιτυχία της εξαρτάται από αστάθμητους παράγοντες όπως η εμφάνιση των πρώτων επεισοδίων βροχής, ή πιθανές περιόδους ξηρασίας, κάτι που καθιστά την συγκεκριμένη επεξεργασία άλλοτε επαρκή και άλλοτε ως πλήρως αποτυχημένη.



(A)



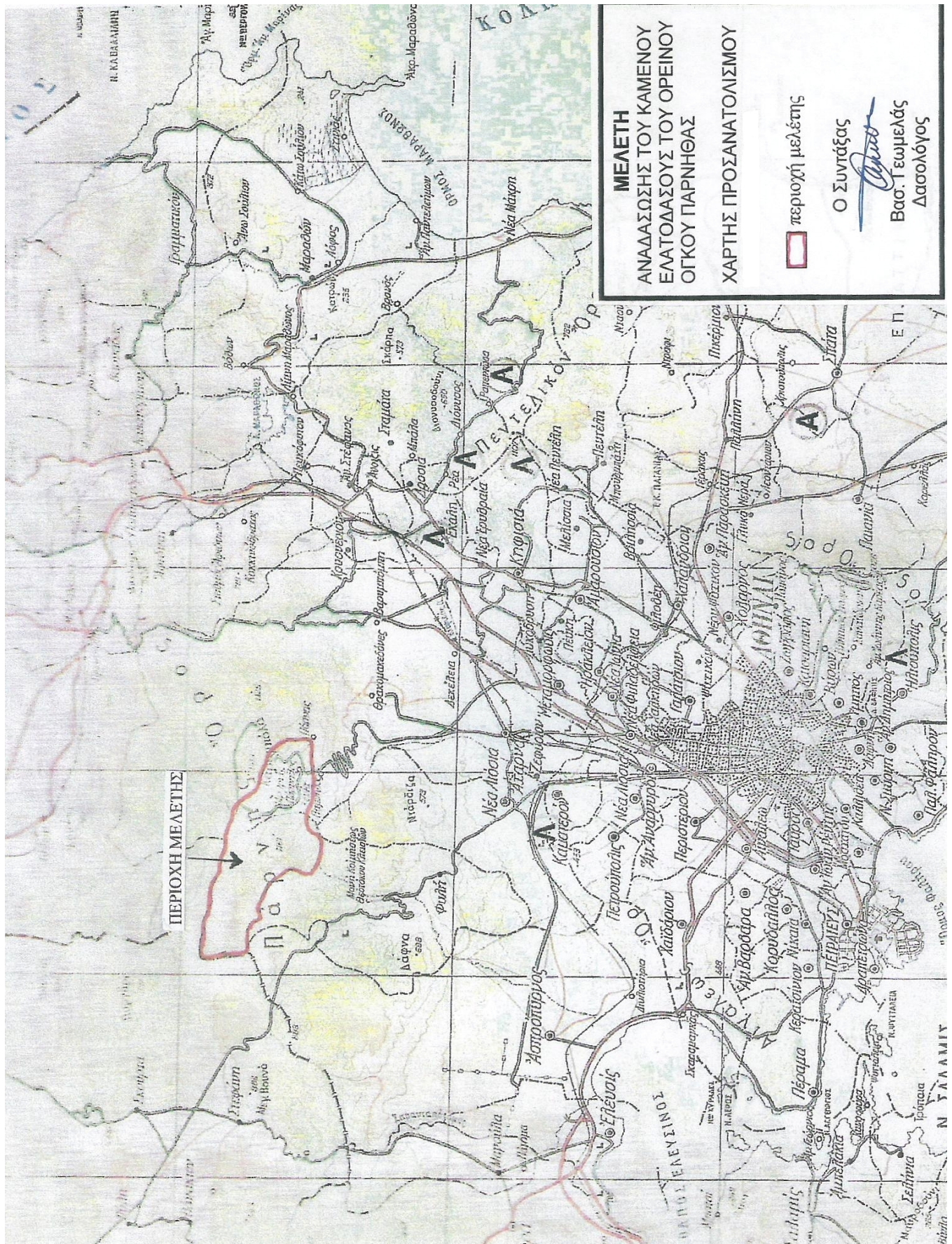
(B)

Εικόνα 6.21. Κλαδοσωροί σε Πάρνηθα (A) και Πεντέλη (B). Το μέτρο αυτό είναι πλήρως αναποτελεσματικό αλλά και επικίνδυνο (φωτ. από συγγραφείς).

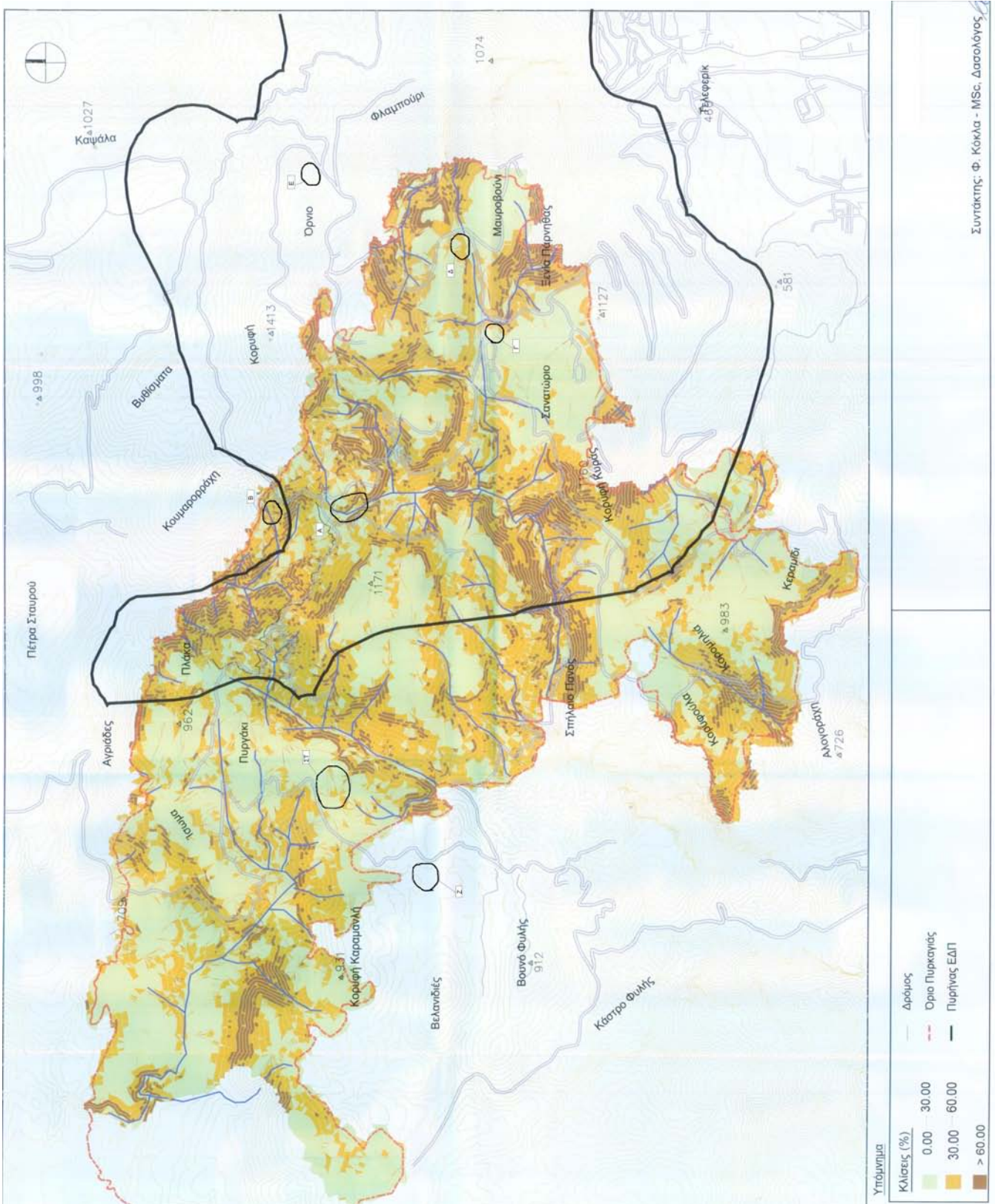
Επίσης, δεν έγινε καμία αναφορά, ούτε σκέψη για κάποια εργαστηριακή ανάλυση, στην επέμβαση με κλαδοπλέγματα, αφού τόσο ο διαπερατός και ακανόνιστος σχηματισμός τους, όσο και το ασβεστολιθικό έδαφος στο οποίο κυρίως εφαρμόστηκε εγγυήθηκαν, προκαταβολικά, την αναποτελεσματικότητά τους. Οι κλαδοσωροί συγκεκριμένα δεν απέδωσαν στο ελάχιστο, όπως δείχνουν και οι εικόνες 6.21 (A) και (B), όχι μόνο για την Πάρνηθα. Επιπλέον, προτείνουμε να αποφεύγονται, καθώς με την χρήση τους, δυσκολεύεται η διέλευση της άγριας πανίδας, αλλά και η περιοχή γίνεται

πολύ πιο εύφλεκτη για πολλά χρόνια. Σημειώνουμε πως στο Μεσογειακό κλίμα, ένας κλάδος διαμέτρου 2-3 cm (κυρίως τέτοιοι αποτελούν τους κλαδοσωρούς) θα αποσυνδεθεί σε 10-15 έτη (Κωνσταντινίδης, 2003). Οι κλαδοσωροί αυξάνουν πάρα πολύ την ευφλεκτότητα της περιοχής και μια δεύτερη πυρκαγιά, πριν την πλήρη ανάκαμψη του οικοσυστήματος, ειδικά του ελάτου, θα ήταν καταστροφική.

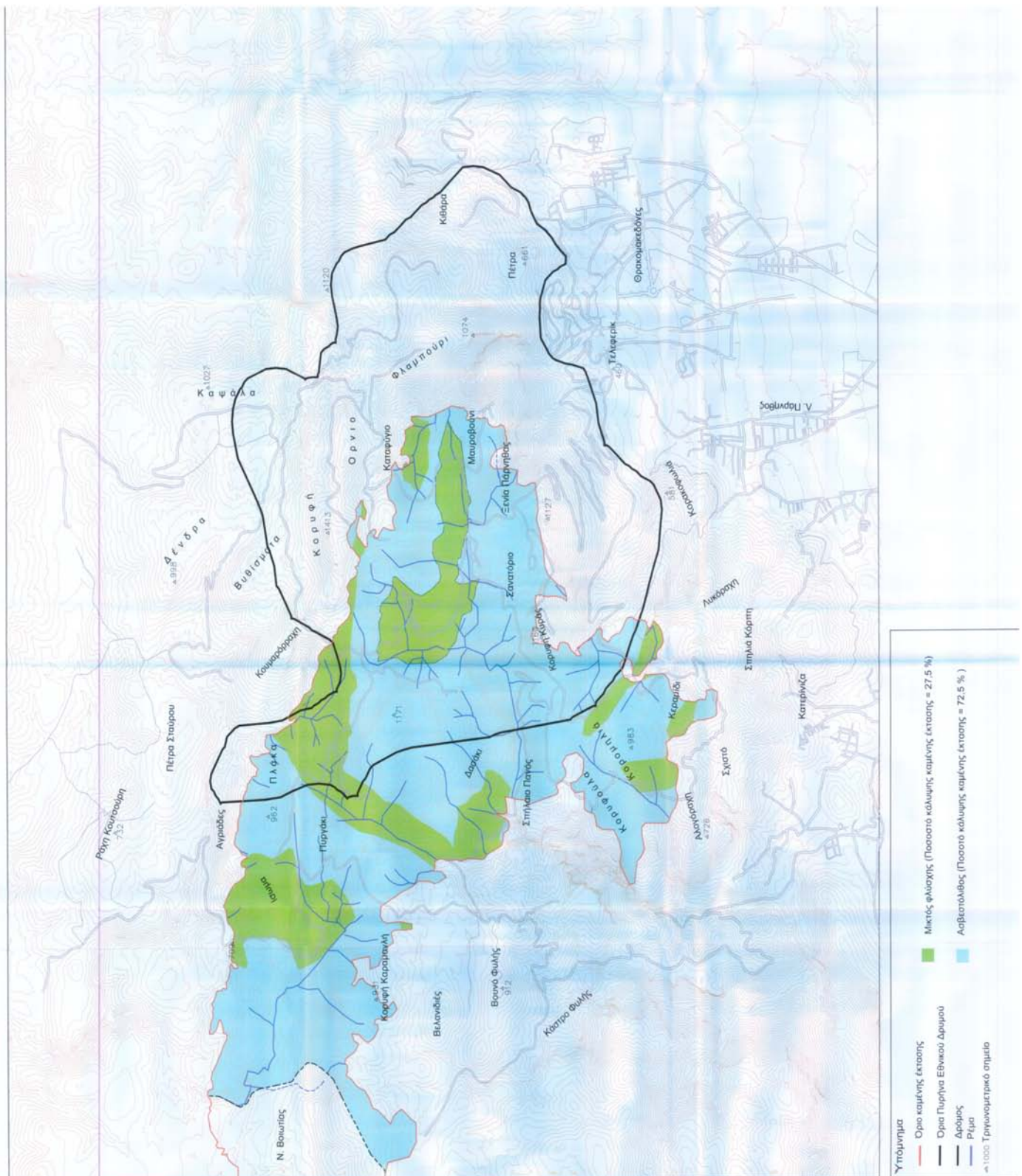
Στις εργαστηριακές αυτές αναλύσεις έγινε μια πρώτη απόπειρα προσέγγισης της αξιολόγησης αντιδιαβρωτικών έργων, με αυτό τον τρόπο, με όποιες αδυναμίες και υποθέσεις μπορεί να εμπεριέχει μία τέτοια προσπάθεια. Το μόνο ασφαλές συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί, είναι η ανάγκη εκπόνησης μιας συγκροτημένης και μακρόπνοης επιστημονικής έρευνας που θα θέσει τις βάσεις, ώστε σε οποιαδήποτε επέμβαση, να μην ακολουθείται κάποια μηχανική διαδικασία, αλλά κάθε έργο αποκατάστασης να δεσμεύεται από μελέτες, οι οποίες λαμβάνουν ξεχωριστά υπ' όψιν τα γεωγραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους, καθώς και τις ιδιότητες της εκάστοτε βλάστησης. Μην ξεχνούμε πως οι επιπτώσεις των πυρκαγιών στα δασικά οικοσυστήματα είναι πολύπλευρες και εξαρτώνται από μια πλειάδα παραγόντων, περισσότεροι από τους οποίους καθορίζονται από τις τοπικές συνθήκες κάθε περιοχής. Άρα, αυτό που πρέπει να μείνει είναι πως πριν από οποιαδήποτε επέμβαση σε κάποια περιοχή, πρέπει να προϋπάρχουν μελέτες με επί τόπου μετρήσεις και έρευνες, οι οποίες θα αναφέρονται στην συγκεκριμένη περιοχή και τις τοπικές συνθήκες της και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται (αντιγράφονται, σύμφωνα με τις Ελληνική νοοτροπία) μελέτες από άλλες άσχετες περιοχές.



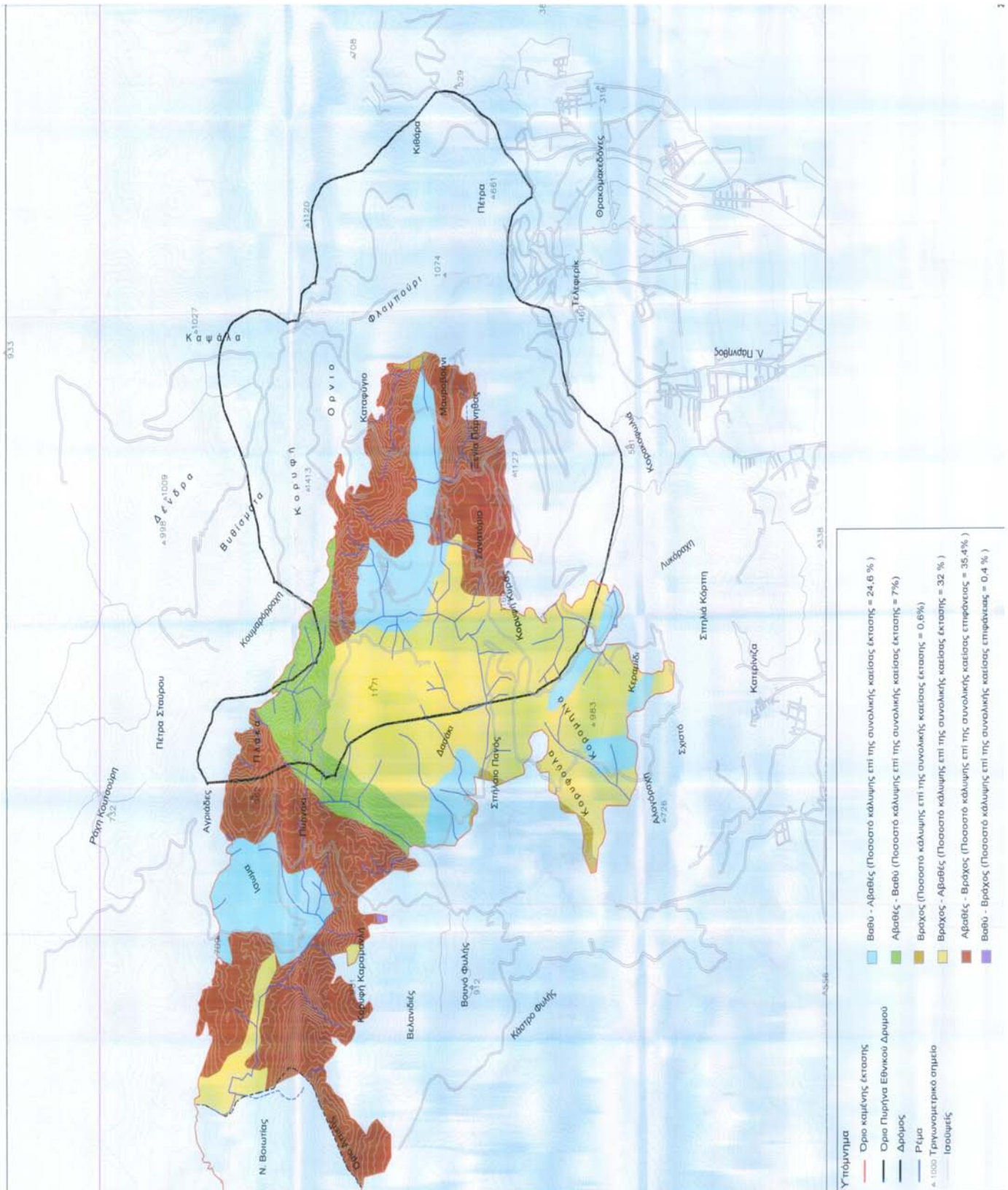
Χάρτης 6.2. Γενικός χάρτης καμένης (σε κόκκινο περίγραμμα) περιοχής, εντός του νομού Αττικής (Γεωμελάς κ.α., 2007).



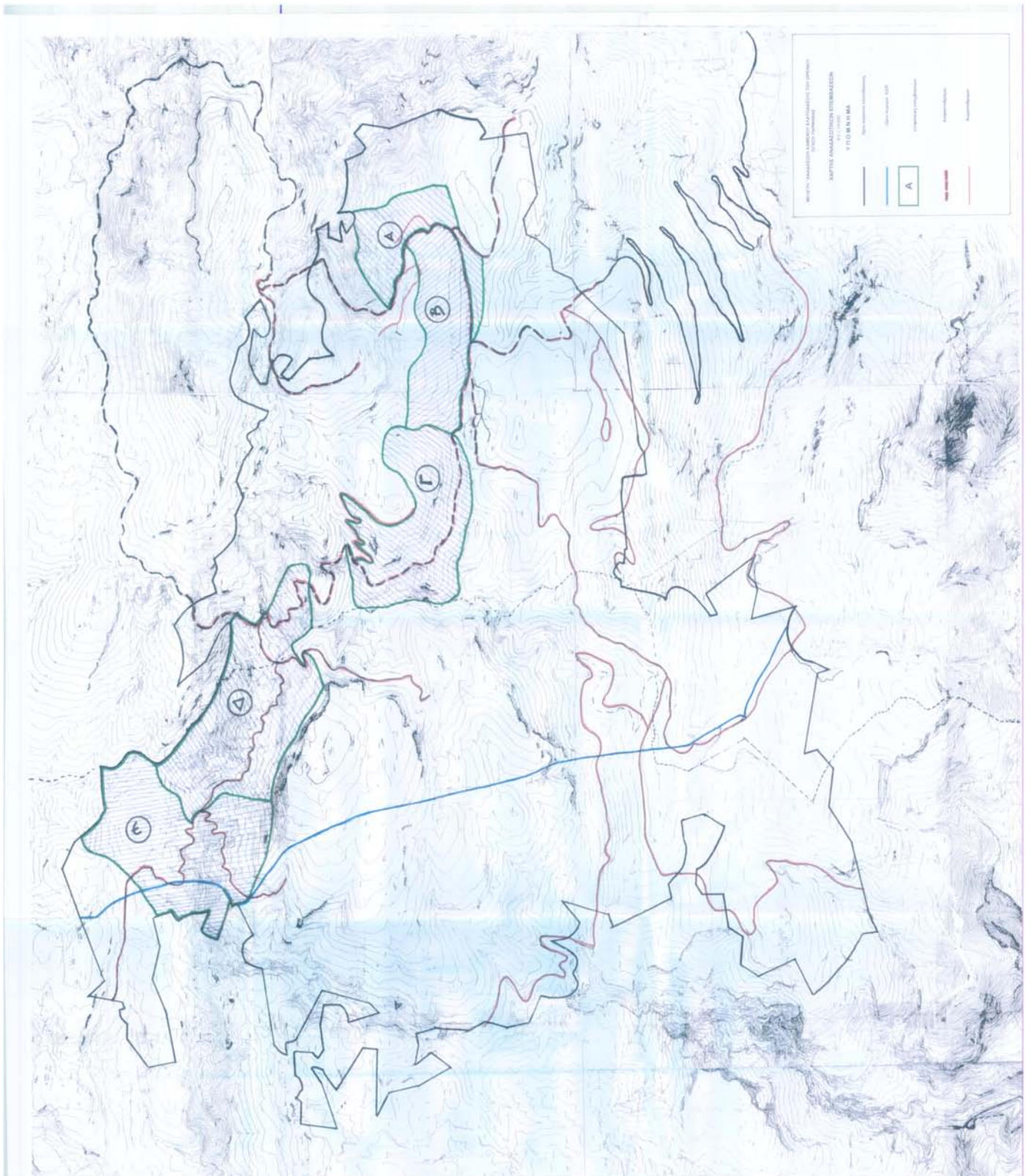
Χάρτης 6.3. Χάρτης κλίσεων καμένης περιοχής (νομού Αττικής). Επίσης, σημειώνονται και οι περιοχές δειγματοληψίας: Α) καμένο έλατο σε φλύσχη με κορμοσειρές και κορμοφράγματα, Β) καμένο έλατο σε φλύσχη χωρίς καμία επέμβαση, Γ) καμένος ασβεστόλιθος χωρίς επεμβάσεις, Δ) καμένος ασβεστόλιθος με κορμοσειρές, Ε) άκαυτη περιοχή ελάτου, ΣΤ) καμένη περιοχή πεύκου (με και χωρίς κορμοσειρές), Ζ) άκαυτη περιοχή πεύκου (Ανδρου κ.α., 2007(α)).



Χάρτης 6.4. Χάρτης πετρωμάτων καμμένης περιοχής(νομού Αττικής). Φαίνεται καθαρά η έντονη μίξη μεταξύ φλύσχη και ασβεστολίθου ((Ανδρου κ.α., 2007(b)).



Χάρτης 6.5. Εδαφολογικός χάρτης στον οποίο φαίνονται τα βάθη των εδαφών. Ο χάρτης αναφέρεται στην καμένη περιοχή νομού Αττικής ((Ανδρου κ.α., 2007(b)).



Χάρτης 6.7. Χάρτης αναδασωτικών επεμβάσεων εντός του νομού Αττικής (γραμμοσκιασμένες περιοχές) (Γεωμελάς κ.α., 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα παγκόσμιο φυσικό φαινόμενο, που πλήττει κυρίως τις περιοχές με έντονα ξηροθερμικό κλίμα, όπως το Μεσογειακό.
- Οι κυριότερες αιτίες αύξησης του φαινομένου των πυρκαγιών εντοπίζονται στην εγκατάλειψη της αγροτικής παραγωγής καθώς και στην ιδιοκτησία-καταπάτηση της γης.
- Η Ελλάδα δεν ξεπερνά τον μέσο όρο της Ευρώπης στο ποσοστό των δασικών εκτάσεων που καίγονται.
- Η διάβρωση είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο που μετατρέπει ταχύρρυθμα, σε πολλά μέρη στον κόσμο, τις αγροτικές και δασικές εκτάσεις σε άγονες και βραχώδεις.
- Η πυρκαγιά είναι ο κύριος παράγοντας που ευνοεί τις διεργασίες της διάβρωσης, μαζί με τη βοσκή.
- Μία από τις κυριότερες επιπτώσεις της πυρκαγιάς είναι οι επιδράσεις της (άμεσες και έμμεσες) στις χαρακτηριστικές ιδιότητες (φυσικές, όπως η δομή και το πορώδες, χημικές και βιολογικές) του εδάφους, ειδικά σε περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών.
- Μία από τις κυριότερες και άμεσες επιπτώσεις της πυρκαγιάς στο έδαφος, είναι η συγκρότηση υδροφοβικών σχηματισμών, οι οποίοι συμβάλουν καταλυτικά στην αύξηση τόσο της απορροής, όσο και της διάβρωσης.
- Η πυρκαγιά έχει ως αποτέλεσμα, οι απώλειες λόγω παρεμπόδισης να μειώνονται, εξαιτίας, της καταστροφής των θόλων βλάστησης και των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος.
- Οι απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής μειώνονται, εξ αιτίας της απώλειας της φυτοκάλυψης, κάτι που αυξάνει και την απορροή.
- Η πυρκαγιά επιφέρει μείωση της διηθητικής ικανότητας εξαιτίας της μείωσης του πορώδους, αφού αυξάνεται η πυκνότητα του εδάφους ως αποτέλεσμα της απώλειας οργανικής ύλης, που λειτουργεί ως συγκολλητικό υλικό.
- Επίσης, επέρχεται μείωση της δυνατότητας αποθήκευσης νερού στο έδαφος.
- Σαν συνέπεια έχουμε και την αύξηση της βασικής απορροής όσο και την αιχμή της παροχής.
- Οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς είναι πολύπλευρες και έχουν αθροιστικό χαρακτήρα, αφού οι επιτόπιες αλλαγές στις περιβαλλοντικούς παραμέτρους, δρουν τόσο αντισταθμιστικά μεταξύ τους, όσο και αθροιστικά στα κατάντη, μέσω των διεργασιών της λεκάνης απορροής. Γενικά και αθροιστικά, οι επιπτώσεις των πυρκαγιών φαίνονται στον πίνακα 7.1.
- Οι επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές σε μια δασική έκταση υποβαθμίζουν αθροιστικά την υδρολογική διεργασία και το έδαφος, αφού τόσο η απορροή όσο και η διάβρωση αυξάνουν, αλλά και το έδαφος υποβαθμίζεται σε ό,τι αφορά τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του (παραγωγικότητα).

Πίνακας 7.1. Διαχρονικές και αθροιστικές μεταβολές χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής μετά από πυρκαγιά, διεργασίες διάβρωσης του εδάφους και δημιουργίας πλημμύρας, από ισχυρή βροχή (Μπαλούτσος κ.α., 2001).

Δημιουργία υδροφόρου στρώματος εντός του εδάφους μετά την πυρκαγιά από καύση οργανικής ουσίας και διεύθυνση χημικών ενώσεων εντός αυτού. Συντελεί στην αύξηση της επιφανειακής απορροής και σε πλάγια κίνηση της υπεδάφιας απορροής	1	Πτώση μεγαλύτερου ύψους βροχής στην επιφάνεια της λεκάνης λόγω έλλειψης βλάστησης-υδατοσυγκράτησης.	2
Συγκράτηση λιγότερης υγρασίας στην επιφάνεια του εδάφους λόγω της καύσης των επιφανειακών φυτικών υπολειμμάτων (φυλλάδας, χούμου, κ.λπ.)	3	Κατακεραματισμός των εδαφικών συσσωμάτων λόγω μεγαλύτερης ενέργειας των σταγόνων της βροχής.	4
Μείωση της ταχύτητας διήθησης της βροχής στο έδαφος λόγω απόφραξης των πόρων του.	5	Δημιουργία επιφανειακής απορροής στις πλαγιές της λεκάνης.	6
Μείωση της αντίστασης του εδάφους στην παράσυρση από την επιφανειακή απορροή, λόγω έλλειψης βλάστησης.	7	Διάβρωση και παράσυρση του εδάφους από τις πλαγιές της λεκάνης προς τα κατάντη και τις κοίτες των υδατορευμάτων.	8
Σημαντική και απότομη αύξηση της υδατοστερεοπαροχής στην κοίτη των υδατορευμάτων.	9	Διάβρωση του πυθμένα και των πρανών της κοίτης των υδατορευμάτων και μεταφορά των υλικών προς τα κατάντη.	10
Υπερχείλιση της πεδινής κοίτης του υδατορευμάτος και επιδείνωση της κατάστασης σε περίπτωση ύπαρξης ανθρώπινων παρεμβάσεων.	11	Δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων στην πεδινή γεωργική και κατοικημένη περιοχή της λεκάνης με πληθώρα δυσμενών επιπτώσεων.	12

- Οι σημαντικότερες επεμβάσεις που έχουν εφαρμοστεί ανά τον κόσμο είναι η σπορά το mulching, τα φυσικά εμπόδια με καταρριφθέντες κορμούς, οι τάφροι και η υδροσπορά.
- Οι κορμοσειρές έχουν χαρακτηριστεί από μερικούς αποτελεσματικές έως ανεπαρκείς, αφού έχουν περιορισμένη αποθηκευτική ικανότητα και δεν αντέχουν σε υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας επεισόδια. Το ποσοστό του διαβρωμένου υλικού που συγκρατούν κυμαίνεται από 20% έως 50%.
- Η σπορά έχει χαρακτηριστεί σαν μια πρακτική και οικονομική επέμβαση η επιτυχία της οποίας όμως εξαρτάται από αστάθμητους παράγοντες.
- Το προστατευτικό στρώμα, πιθανολογείται πως αποτελεί την πλέον επιτυχημένη επέμβαση, με το ποσοστό της διάβρωσης που συγκρατείται να φτάνει το 70%.
- Σε αντίθεση με αρκετές απόψεις που έχουν ακουστεί, η στάχτη φαίνεται πως επιδρά θετικά στη μείωση της απορροής και κατ' επέκταση στην μείωση της διάβρωσης

- Από τις εργαστηριακές αναλύσεις φαίνεται πως η βλάστηση στο καμένο έδαφος που κυριαρχεί το πεύκο αναγεννιέται ταχύρρυθμα, αφού δεν βρέθηκε ουσιαστική διαφορά στα δείγματα από καμένο και άκαυτο πεύκο.
- Αντίθετα το έδαφος που κυριαρχεί το έλατο δεν αναγεννιέται το ίδιο εύκολα.
- Η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους επηρεάζει την δυνατότητα αναγέννησης της φυσικής βλάστησης.
- Οι κορμοσειρές τόσο στο έλατο όσο και στο πεύκο φαίνεται να εμποδίζουν τη φυσική αναγέννηση, εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης λεπτόκοκκου εδάφους.
- Οι κορμοσειρές στο έλατο κρίνονται ανεπαρκείς, αφού η αποθηκευτικότητά τους είναι περιορισμένη, ενώ εμποδίζουν και τη φυσική αναγέννηση.
- Ενώ στο πεύκο κρίνονται αναποτελεσματικές, αφού η αναγέννηση της φυσικής βλάστησης φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην συγκράτηση του εδάφους.
- Οι κορμοσειρές στον ασβεστόλιθο κρίνονται άστοχες αφού, αφενός δεν υπάρχει έδαφος να συγκρατηθεί αφετέρου, οι ακανόνιστοι σχηματισμοί μεγάλων λίθων πίσω από αυτές καθιστούν το έργο διαπερατό.
- Μια εναλλακτική μέθοδος που προτείνεται τόσο για τα εδάφη σε πεύκο όσο και σε έλατο, είναι το mulching, το οποίο αναφέρεται ως πιο αποτελεσματικό, με ένα από τα προτερήματα να είναι η διατήρηση της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους.
- Στα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα οποία φαίνεται πως δεν έχουν τη δυνατότητα να αναγεννηθούν φυσικά, επιβάλλεται για την αποκατάσταση της περιοχής η μεταφορά εδάφους από άλλα μέρη, που θα εδράζεται σε όγκους λίθων, συγκροτημένοι με συρματοπλεγμα.
- Τέλος, επιβάλλεται η εκπόνηση μακροχρόνιων επιστημονικών μελετών, ώστε να σταματήσουν οι επεμβάσεις αποκατάστασης να γίνονται μηχανικά, χωρίς τεκμηρίωση και με αβέβαια αποτελέσματα και να λαμβάνονται υπ' όψιν οι ιδιαιτερότητες της βλάστησης του εδάφους και των υδρολογικών διεργασιών της κάθε περιοχής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΙ

ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

ΠΙ.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στις σχέσεις του δάσους και του περιβάλλοντός του και επικεντρώνεται στις (θετικές) επιδράσεις του δάσους σε πολλές συνιστώσες του οικοσυστήματος, όπως το νερό και το έδαφος. Θεωρούμε πως η αναφορά σε αυτό το κεφάλαιο είναι απαραίτητη, για την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών στα χερσαία οικοσυστήματα, καθώς αυτές έχουν ως άμεση συνέπεια την αφαίρεση του δάσους.

Το δάσος γενικότερα είναι ένας φυσικός ανανεώσιμος πόρος (Ντάφης, 1986). Σαν βιολογικό εργοστάσιο, με ειδική δομή και σύνθεση, το δάσος παρέχει προστασία έναντι της διάβρωσης, εμπλουτίζει τον υπόγειο υδροφόρα μειώνοντας τις απώλειες νερού από το οικοσύστημα, βελτιώνει την ποιότητα τόσο των επιφανειακών, όσο και των υπογείων υδάτων, λειτουργεί σαν απορρυπαντής της ατμόσφαιρας, παίζει καθοριστικό ρόλο στην ρύθμιση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας, της θερμοκρασίας και άλλα πολλά (Ντάφης, 1986). Παρακάτω θα αναλύσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια τις φυσικές, χημικές και βιολογικές επιδράσεις του δάσους στο οικοσύστημα.

Εκτός των παραπάνω, τα οποία φανερώνουν αμέσως την περιβαλλοντική αξία του δάσους, δεν πρέπει να ξεχνάμε και την αισθητική του αξία. Το δάσος είναι ιδεώδης χώρος αναψυχής, σωματικής και πνευματικής και γι' αυτό πολύς κόσμος καταφεύγει σε αυτό με κάθε μέσο για να ζήσει σε κατασκηνώσεις, σε δασικά καταφύγια και, για να χαρεί την φύση και να ηρεμήσει ψυχικά. Το δάσος πάντοτε ομορφαίνει ένα τοπίο και αδιαμφισβήτητα αυξάνει την ποιότητα ζωής του ανθρώπου (Γκόφας, 2001). Δυστυχώς όμως ο άνθρωπος, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο, δεν έχει καταφέρει να φτάσει σε τέτοιο πολιτιστικό επίπεδο ώστε να σέβεται, να εκτιμά και να προστατεύει το δάσος, χωρίς αυτό να του αποφέρει άμεσα οικονομικά οφέλη.

ΠΙ.2 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

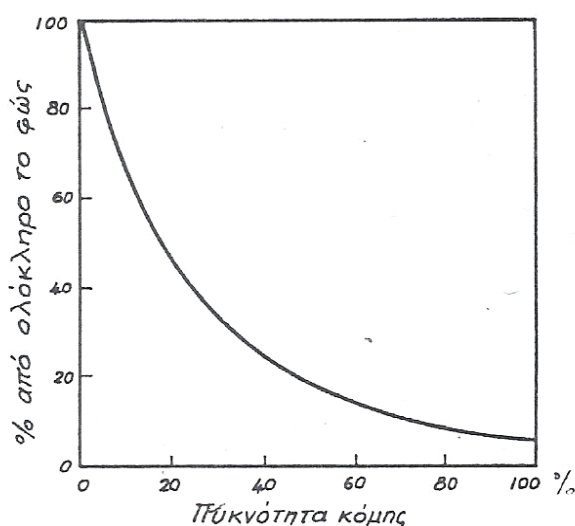
Επίδραση φωτός στο δάσος

Το φως αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην ανάπτυξη και τη διαμόρφωση των δασικών συστάδων. Από αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η δυνατότητα αναγέννησης των συστάδων, η διαμόρφωση του κορμού και της κόμης των δέντρων, καθώς και η παραγωγή των συστάδων σε βιομάζα και συνεπώς σε ξυλώδη όγκο. Οι ποικίλες ενώσεις υδατανθράκων, οι οποίες αποτελούν τα 9/10 και περισσότερο από το ξηρό βάρος των δασικών δέντρων, είναι προϊόντα της αφομοίωσης του CO₂ (Ντάφης, 1986). Η αφομοίωση αυτή πραγματοποιείται με την παρουσία φωτός και χλωροφύλλης, μια διαδικασία γνωστή ως φωτοσύνθεση. Πιο συγκεκριμένα, το φως (η ένταση και η σύνθεσή του) επιδρά καθοριστικά στην αφομοίωση, με τις ευνοϊκότερες συνθήκες να είναι όταν το φως είναι κυρίως ερυθρό και χαμηλής έντασης, δηλαδή οι πρωινές και απογευματινές ώρες. Επιπλέον, το φως επιδρά στη δομή και διάταξη των φύλων, καθώς και στη διαμόρφωση του κορμού και της κόμης (φωτοτροπική αντίδραση, Ντάφης, 1986). Ανάλογα με τις απαιτήσεις των

δασοπονικών ειδών σε φως, που φυσικά είναι διαφορετικές, και τις υπάρχουσες συνθήκες φωτός, αναπτύσσονται και οι ανάλογες δασοσυστάδες.

Επίδραση δάσους στο φως

Το δάσος με την κομοστέγη του, επιδρά τόσο στην ένταση, όσο και στη σύνθεση του φωτός και δημιουργεί ένα ιδιαίτερο φωτόκλιμα, διαφορετικό από εκείνο του υπαίθριου περιβάλλοντος. Η επίδραση αυτή εξαρτάται από το δασοπονικό είδος, τη δομή των συστάδων, το ύψος των δέντρων και την μορφή και το βαθμό συγκόμωσης. Ακόμα και κάτω από μοναχικά δέντρα, το φως μπορεί να μειωθεί στο μισό ή ακόμη περισσότερο από το αντίστοιχο υπαίθριο. Για παράδειγμα, κάτω από μια μεγάλη γέρικη οξυά, η ένταση του φωτός φτάνει το 1/10 του υπαίθριου! (Ντάφης, 1986) Κλειστές συστάδες μειώνουν το φως ακόμη ισχυρότερα. Έτσι για παράδειγμα, σε συστάδες ερυθρελάτης 70 ετών, το φως στο εσωτερικό των συστάδων φτάνει το 8% την άνοιξη και το 4% το φθινόπωρο, του αντίστοιχου υπαίθριου! (Nageli από Ντάφης, 1986). Έτσι εξηγείται η φτώχεια σε είδη του υπορόφου των δασών ελάτης και ερυθρελάτης και η εμφάνιση διαφόρων φασμάτων παρεδάφιας βλάστησης, ανάλογα με την εποχή, στα δάση φυλλοβόλων. Σημειώνεται πως η μείωση του φωτός στο ενδοδασικό περιβάλλον είναι καθοριστική για την ανάπτυξη σκιοφυτών ειδών, όπως η ελάτη (Ντάφης, 1986). Εκτός από την επίδραση στην υποβλάστηση, η μείωση του φωτός επιφέρει και ξήρανση των κατωτέρων κλάδων των δέντρων με συνέπεια τη φυσική αποκλάδωση, την μείωση των κλαδοταξιών, την καθυστέρηση και μείωση της ανθοφορίας και την παρεμπόδιση της φυσικής αναγέννησης. Η φυσική αποκλάδωση, αλλά και η μείωση της υποβλάστησης, είναι κρίσιμος παράγοντας για την μετάδοση των δασικών πυρκαγιών και την μετατροπή τους από έρπουσες, σε επικόρυφες (Καϊλίδης, 1993). Γενικά, η μείωση της εντάσεως του φωτός, εξαρτάται κυρίως από την πυκνότητα της κομοστέγης της συστάδας, όπως φαίνεται στο σχήμα Π1.1.



Σχήμα Π1.1. Μείωση εντάσεως φωτός συναρτήσει της πυκνότητας κόμης (Ντάφης, 1986).

Πέρα από την ποσοτική μεταβολή, το φως στο ενδοδασικό περιβάλλον υφίσταται και ποιοτική μεταβολή. Τα φύλλα απορροφούν περισσότερο την ερυθρή και λιγότερο την πράσινη και υπέρυθη ακτινοβολία (Ντάφης, 1986). Με αυτόν τον τρόπο, το ενδοδασικό περιβάλλον είναι πιο πλούσιο σε πράσινη ακτινοβολία, καθιστώντας το έτσι πιο ευχάριστο και πιο ξεκούραστο στο μάτι, επιδρώντας ηρεμιστικά. Προφανώς, αυτή η ποιοτική μεταβολή εξαρτάται από δασοπονικό είδος, το στάδιο ανάπτυξής του,

την εποχή και την σύνθεση του υπαιθρίου φωτός (Ντάφης, 1986). Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης και οι περιπλανώμενες φωτοκηλίδες. Ως φωτοκηλίδες καλούνται οι δέσμες φωτός που διαπερνούν την κομοστέγη και φτάνουν στο έδαφος. Αυτές κινούνται συνέχεια ακολουθώντας την κίνηση του ήλιου. Η ύπαρξή του είναι σημαντική για την ανάπτυξη της βλάστησης του υπορόφου. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως ανάλογα τη σύνθεση, την δομή και την πυκνότητα της δασοσυστάδας, το ενδοσυσταδικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερο φωτόκλιμα, καθοριστικό για την ανάπτυξη της υποβλάστησης και αναγέννησης.

Επίδραση πυρκαγιών στις συνθήκες φωτισμού

Η εξαφάνιση της βλάστησης από τις δασικές πυρκαγιές και η έκθεση του εδάφους απευθείας στον ήλιο, σε συνδυασμό με το μαύρισμα των επιφανειών εδάφους και πετρωμάτων, αλλάζουν ριζικά την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στο δασικό οικοσύστημα. Όσο πιο σκιοφιλό είναι ένα είδος (φυτικό ή ζωικό), τόσο πιο μεγάλη επίδραση δέχεται και τόσο πιο δύσκολη γίνεται η επιβίωσή του μεταπυρικά. Αντίθετα, πολλά φωτόφιλα είδη ευνοούνται, όπως τα φωτόφυτα (π.χ. πεύκες) και τα ημερόβια ζώα (π.χ. σκίουροι) (Κωνσταντινίδης, 2003).

Π1.3 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Επίδραση θερμοκρασίας στο δάσος

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς κλιματικούς παράγοντες που καθορίζουν την εξάπλωση και ευδοκίμηση των διαφόρων ζωντανών οργανισμών και συνεπώς και των δασοπονικών ειδών. Όπως είναι φυσικό, η θερμοκρασία επιδρά στην εξάπλωση των δασοπονικών ειδών, τόσο γεωγραφικά, όσο και υψομετρικά. Οι ακραίες θερμοκρασίες κυρίως είναι αυτές που καθορίζουν τα δασοόρια. Ωστόσο, η επίδραση εξαρτάται κυρίως από το δασοπονικό είδος. Ακόμα, επιδρά καθοριστικά στην αφομοίωση και την ανάπτυξη, με βέλτιστες τιμές τους 20 με 30°C (Ντάφης, 1986).

Επίδραση δάσους στη θερμοκρασία

Το δάσος με την κομοστέγη του συγκρατεί ένα μεγάλο μέρος από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ ταυτόχρονα παρεμποδίζει τη διαφυγή γήινης ακτινοβολίας. Με αυτό τον τρόπο το δάσος ασκεί μια εξισωτική επίδραση στις ακραίες θερμοκρασίες, με την μείωση των μεγίστων και αύξηση των ελαχίστων τιμών. Στις θερμές ημέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία μέσα στο δάσος μπορεί να είναι μικρότερη κατά 8-10°C ή και περισσότερο, έναντι της αντίστοιχης στο υπαίθρο. Κατά τον Markgraf (1920 από Ντάφης, 1986) παρατηρήθηκαν οι θερμοκρασίες αέρος, του πίνακα Π1.1, στο υπαίθρο και σε δάσος φυλλοβόλου δρυός, κάτω από αίθριο ουρανό:

Κατακόρυφα, η μεταβολή της θερμοκρασίας διαφέρει από την αντίστοιχη του υπαιθρίου περιβάλλοντος. Ενώ στο υπαίθριο περιβάλλον η θερμοκρασία μειώνεται προοδευτικά με το ύψος, στο δάσος αντίθετα έχουμε αναστροφή των θερμοκρασιών.

Πίνακας Π1.1. Σύγκριση θερμοκρασιών μεταξύ ενδοδασικού και υπαίθριου περιβάλλοντος (Markgraf, 1920 από Ντάφης, 1986).

Ημερ.	17 Φεβρ.	4 Μαΐου	11 Μαΐου	14 Μαΐου	18 Αυγούστου
ώρα	14.00´	0.9.30´	11.00´	09.30´	12.15´
στο υπαίθρο	11.5	23.2	41.0	30.5	45.0
στο δάσος	7.3	17.6	18.3	19.0	28.4

Μεγάλη σημασία αποκτούν οι τοπικές συνθήκες θερμοκρασίας που δημιουργούνται σε μικρές επιφάνειες. Σε κοιλώματα και διάκενα του δάσους μπορούν

να συσσωρευτούν κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, όπως ισχυρή νυχτερινή ακτινοβολία, ψυχρές μάζες αέρα που προκαλούν τοπικές ζημιές από παγετούς. Η επίδραση των διάκενων πάνω στη συσσώρευση ψυχρών μαζών αέρα εξαρτάται από το μέγεθός τους. Σε μικρά διάκενα, μέχρι διαμέτρου 1,25 του ύψους των δένδρων δεν εμφανίζεται τέτοιος κίνδυνος. Αντίθετα, οι κίνδυνοι παγετών εντείνονται, όταν η διάμετρος των διακένων ξεπερνά το διπλάσιο του ύψους των δένδρων (Ντάφης, 1986). Γενικά όμως, όπως προαναφέραμε, το εύρος διακύμανσης των θερμοκρασιών, στο ενδοοδικό περιβάλλον, είναι μικρότερο από ότι στο αντίστοιχο υπαίθριο. Έτσι λοιπόν, οι μικροκλιματικές συνθήκες μέσα στο δάσος δε χαρακτηρίζονται μόνο από μια ωκεανικότερη χροιά, αλλά και από διάφορες μεταβολές σε πολύ μικρή απόσταση, ανάλογα με τη δομή και την πυκνότητα των συστάδων. Αυτό το μεταβαλλόμενο μωσαϊκό συνθηκών παίζει αποφασιστικό πόλο στην αναγέννηση του δάσους.

Επίδραση πυρκαγιών στη θερμοκρασία

Η απώλεια της βλάστησης έχει ως αποτέλεσμα, το έδαφος να μένει έκθετο στις ακτίνες του ηλίου την ημέρα και της ακτινοβολίας την νύχτα. Έτσι, αυξάνεται πολύ το θερμοκρασιακό εύρος, δημιουργώντας δύσκολες συνθήκες διαβίωσης στα φυτά, αλλά περισσότερο στα ζώα. Μεγαλύτερη είναι η επίδραση των πυρκαγιών στις θερμοκρασίες του εδάφους, για τις οποίες θα μιλήσουμε παρακάτω.

Π1.4 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΝΕΡΟΥ

Το νερό αποτελεί το περισσότερο αναγκαίο ανόργανο συστατικό για τα φυτά. Ο παράγοντας νερό είναι σημαντικότερος από τη θερμότητα γιατί επιδρά κατά πολύ δραστηρότερα και άμεσα πάνω στα φυτά. Η βασική πηγή νερού για τα δασικά δένδρα είναι το έδαφος. Τα κατακρημνίσματα αυτά καθεαυτό δεν επηρεάζουν άμεσα την αύξηση των φυτών. Βροχή, χιόνι και άλλες μορφές κατακρημνισμάτων όμως, έχουν μεγάλη σημασία για τα φυτά διότι εμπλουτίζουν το έδαφος με υγρασία και με αυτόν τον τρόπο επηρεάζουν έμμεσα την αύξησή τους (Καϊλίδης, 1993).

Επίδραση βροχών στο δάσος.

Από οικολογική από οικολογική άποψη έχει σημασία τόσο το συνολικό ύψος της βροχής όσο και η κατανομή των βροχοπτώσεων στο έτος, καθώς και η ένταση και η διάρκεια των βροχών. Στη χώρα μας το ετήσιο ύψος βροχής αυξάνει γενικά από το Νότο προς το Βορρά και από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Επίσης αυξάνει με το υπερθαλάσσιο ύψος (υψόμετρο). Μεγαλύτερη σημασία από το συνολικό ύψος βροχής παρουσιάζει η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους και ιδιαίτερα το νερό που πέφτει κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Στη χώρα μας η κατανομή αυτή είναι πιο ομοιόμορφη από Νότο προς Βορρά και από Ανατολικά προς τα Δυτικά. Έτσι οι οικολογικές συνθήκες, στην Ελλάδα, βελτιώνονται από ΝΑ προς τα ΒΔ και συναρτήσει φυσικά του υψομέτρου (Ντάφης, 1986).

Ο τρόπος με τον οποίο πέφτουν οι βροχές, δηλαδή η ένταση και η διάρκειά τους, ασκεί επίσης μια σημαντική επίδραση πάνω στο δάσος. Βροχές με μέτρια ένταση και με μεγάλη διάρκεια είναι οι πιο ευνοϊκές διότι το μεγαλύτερο μέρος τους εισέρχεται (διηθείται) στο έδαφος. Ασθενείς, μικρής έντασης και διάρκειας βροχές, κατακρατούνται κυρίως από την κομοστέγη του δάσους από όπου και εξατμίζονται, χωρίς να φτάσουν στο έδαφος (απώλεια παρεμπόδισης, Κουτσογιάννης, 1996). Βροχές μεγάλης έντασης, συνήθως μικρής διάρκειας, που πέφτουν με τη μορφή καταιγίδων, ασκούν δυσμενή επίδραση, καθώς προκαλούν μεγάλες επιφανειακές απορροές και έντονες διαβρώσεις. Οι περισσότερες ανοιξιάτικες και σχεδόν όλες οι καλοκαιρινές βροχές της χώρας μας, ανήκουν σε αυτή την κατηγορία (Καϊλίδης, 1993).

Επίδραση δάσους στις βροχές και τον υδρολογικό κύκλο

Το δάσος επηρεάζει πολύ λίγο ή και καθόλου το ύψος της βροχής η οποία πέφτει στη επιφάνεια που καταλαμβάνεται από αυτό. Μια μικρή αύξηση που ανέρχεται το πολύ μέχρι 6%, παρατηρείται σε περιοχές που δέχονται βροχές ανάγλυφου (ορογραφική ανύψωση υδρατμών, Ντάφης, 1986). Συνεπώς, το δάσος δεν είναι το αίτιο αλλά το αποτέλεσμα των βροχοπτώσεων. Υπάρχει δάσος διότι υπάρχουν βροχές. Σημαντική εντούτοις είναι η αύξηση της βροχομίχλης, ιδιαίτερα σε δάση κωνοφόρων (Ντάφης, 1986). Το φαινόμενο αυτό αναλύεται εκτενώς στο κεφάλαιο 4. Κατά τον Baumgartner (1959, 1967 από Ντάφης, 1986) στα δάση της Βαυαρίας, το ποσοστό της βροχομίχλης, σε σχέση με τα συνολικά κατακρημνίσματα, φτάνει το 70%. Στο ελατόδασος της Πάρνηθας, η βροχομίχλη εκτιμάται επίσης σημαντική και φτάνει σε ποσοστό το 30% των συνολικών κατακρημνίσεων (Μπαλούτσος κ.α., 2007(b)). Συνεπώς, οι βροχομίχλες έχουν μεγάλη σημασία για το υδατικό ισοζύγιο του δάσους καθώς ένα μεγάλο ποσοστό των κατακρημνισμάτων που πέφτουν σε βροχές ή χιόνια διακρατούνται από την κομοστέγη και χάνονται (εξατμίζονται).

Το δάσος προκαλεί αρκετά μεγάλες απώλειες νερού από τη συνολική ποσότητα που θα έφτανε στο έδαφος από τις κατακρημνίσεις, ανάλογα βέβαια και την ένταση και την διάρκεια αυτών και την δομή, σύνθεση και πυκνότητα της βλάστησης. Οι κύριες απώλειες οφείλονται στην διαπνοή και στην κατακράτηση από την κομοστέγη (παρεμπόδιση, Κουτσογιάννης, 1996). Το ποσό του νερού που καταναλίσκεται με τη διαπνοή από τα δασικά δένδρα κυμαίνεται από τα 100 μέχρι 450 mm/yr (Ντάφης, 1986). Αν σε αυτό προσθέσουμε το νερό που κατακρατείται από την κομοστέγη, που υπολογίζεται πως είναι σημαντικό (15-20 mm για πλατύφυλλα και 20-35 mm για κωνοφόρα, Μπαλούτσος κ. ά., 2001), ειδικά αν η κατακρήμνιση αποτελείται από πολύ λεπτές σταγόνες, καθώς και το νερό που διαπνέεται και κατακρατείται από την υποβλάστηση και αυτό που εξατμίζεται από το έδαφος, έχουμε τη συνολική εξατμόδιαπνοή του δάσους. Σημειώνεται πως σε παραμεσόγεια δάση κωνοφόρων, με καλό βαθμό συγκόμωσης, υπολογίζεται πως φτάνει στο έδαφος μόνο το 50% των βροχοπτώσεων (Γκόφας, 2001). Το ύψος της εξατμόδιαπνοής του δάσους, όταν συγκρίνεται με το αντίστοιχο από άλλες φυτοκοινωνίες ή με το γυμνό έδαφος, προκύπτει σημαντικό μεγαλύτερο. Ωστόσο, το ύψος αυτό φαίνεται πως αντισταθμίζεται από πολλούς παράγοντες. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι η σημαντική μείωση της εξάτμισης της υγρασίας του εδάφους, τις ξηρές ημέρες, από την επιφάνειά του σε περιοχές που καλύπτονται με δάσος. Ακόμα είναι γενικώς παραδεκτό ότι το δάσος μειώνει τη μέση ετήσια απορροή κατά 10 με 20% και επιδρά ρυθμιστικά πάνω στα πλημμυρικά γεγονότα μειώνοντας τις πλημμυρικές αιχμές κατά 50 με 70% (Ντάφης, 1986). Το φύλλωμα, ο χούμος, η παρεδάφια βλάστηση και οι κορμοί δένδρων και θάμνων εμποδίζουν και επιβραδύνουν την επίγεια ροή του νερού αναγκάζοντάς το ή δίνοντάς του χρόνο να διηθηθεί μέσα στο έδαφος. Ακόμα, σημαντική είναι η υδατοσυγκράτηση που ασκείται από τον χούμο και την φυλλάδα. Εκτιμάται πως 1 cm δασικού χούμου και φυλλάδας, συγκρατούν 2 mm (Μπαλούτσος κ. ά., 2001) ή ακόμα και 5 mm (Γκόφας, 2001) ύψος βροχής. Εδώ είναι, που το δάσος υπερτερεί έναντι όλων των άλλων χερσαίων οικοσυστημάτων, καθώς επίσης το έδαφος του είναι διασωληνωμένο από τις φυτικές ρίζες και τις στοές των εδαφικών μικροοργανισμών (σκουλήκια, έντομα κ.α.) παρουσιάζοντας πολύ μεγάλο πορώδες.

Γενικά η ικανότητα συγκράτησης νερού από το δασικό έδαφος εξαρτάται από το βάθος του εδάφους, το πορώδες του, την κατάσταση υγρασίας του, τη σύνθεση και δομή της συστάδας που το καλύπτει καθώς και από το είδος και τη διάρκεια της βροχής (Ντάφης, 1986). Επίσης όμως εξαρτάται και από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Έτσι, το δάσος δρα ως μια μεγάλη ρυθμιστική δεξαμενή αποταμιεύοντας νερό κατά τη

διάρκεια των βροχών, μειώνοντας παράλληλα τις πλημμύρες και αποδίδοντας νερό κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων.

Επίδραση πυρκαγιών στις βροχές

Οι πυρκαγιές δεν επηρεάζουν το καθεστώς των βροχών μιας περιοχής. Σημαντική είναι η επίδρασή τους όμως στο φαινόμενο της ομιχλοβροχής. Η καταστροφή του δάσους συνεπάγεται την απώλεια του φαινομένου, με σημαντικές επιπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής. Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στο κεφάλαιο 4.

Επίδραση δάσους στην ποιότητα των υδάτων.

Το δάσος πέρα από την ρυθμιστική του επίδραση στην απορροή του νερού, το δάσος με το έδαφός του δρα σαν φυσικό φίλτρο και βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα του νερού που απορρέει από το έδαφός του. Το νερό που περνάει και φιλτράρεται από το έδαφος του δάσους, έχει διαπιστωθεί πως είναι ποιοτικά ανώτερο από αυτό που προέρχεται από ακάλυπτες ή γεωργικές εκτάσεις από κάθε άποψη: οργανοληπτική φυσικοχημική και βακτηριολογική. Από οργανοληπτική άποψη η βελτίωση του νερού που προέρχεται από δασικά εδάφη συνίσταται στην καλύτερη διαύγεια, την καλύτερη γεύση, την εξαφάνιση οσμής και χρώματος. Από χημική άποψη, είναι πιο ουδετεροποιημένο σε pH, έχει μειωμένη συγκέντρωση αμμωνιακών και νιτρικών αλάτων και μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ωφέλιμα ιόντα ορυκτών ουσιών. (Nikolaenko, 1973, Molkianov, 1973, Spirodonov, 1966 από Ντάφης, 1986). Ιδιαίτερη σημασία έχει η αντιβακτηριολογική επίδραση του δάσους όπως φαίνεται στον πίνακα Π1.2 (Spiridonov, 1966 από Ντάφης, 1986).

Ιδιαίτερα ευνοϊκή επίδραση στην ποιότητα του νερού ασκούν τα δάση οξυάς. Έτσι οι εκτεταμένες αποψιλωτικές υλοτομίες δεν υποβαθμίζουν μόνο την ποιότητα του εδάφους αλλά και την ποιότητα του νερού. Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως η εξαιρετικά μεγάλη βιολογική δραστηριότητα των δασικών εδαφών αποτελεί έναν ακόμα λόγο απορρύπανσης και μείωσης της περιεκτικότητας σε οργανικά, στα απορρέοντα και εκρέοντα ύδατα. Με λίγα λόγια το δάσος λειτουργεί σαν ένα αντιμικροβιολογικό φίλτρο, σαν ένας βιολογικός καθαρισμός για τα νερά των πηγών και των ποταμών (Ντάφης, 1986, Καϊλίδης, 1993).

Πίνακας Π1.2. Αντιβακτηριολογική επίδραση δασικών σχηματισμών και σύγκριση με την υπαίθρο (Ντάφης, 1986).

Βακτηριολογικά χαρακτηριστικά νερών πηγών από ακάλυπτη και από δασωμένη επιφάνεια (Spirodonov 1966)		
Θέση λήψης δείγματος	Σπόρια κολοβακτηρίων ανά λίτρο νερού	Ελάχιστη ποσότητα νερού στην οποία αναβρίσκειται ένα κολοβακτηρίδιο
Νερό από υπαίθριο περιβάλλον	920	1,1
Νερό από δάσος πεύκης	18	56
Νερό από δάσος δρυός	9	111

Επίδραση πυρκαγιών στην ποιότητα των υδάτων

Οι πυρκαγιές, είναι παραδεκτό πως υποβαθμίζουν την ποιότητα των απορρεόντων υδάτων (Γκόφας, 2001, DeBano et al, 1998). Ειδικά μετά τα πρώτα μεταπυρικά επεισόδια βροχής, τα νερά των απορροών παρουσιάζονται πολύ θολά, λόγω των αιωρούμενων εδαφικών υλικών που παρασύρθηκαν. Ακόμα, η χημική

σύσταση παρουσιάζεται τελείως διαφορετική, καθώς παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις σε ενώσεις αζώτου N (αμμωνιακά, νιτρώδη και νιτρικά), φωσφόρου P και άλλων στοιχείων (K, Ca, Mn, Mg και κατιόντων), καθώς και σε οργανικές ουσίες, λόγω της παράσυρσης της στάχτης (Γκόφας, 2001). Τέλος, η θερμοκρασία των μεταπυρικών απορρεόντων υδάτων εμφανίζεται αυξημένη, κυρίως λόγω της απογύμνωσης που οδηγεί στην έκθεση της λεκάνης απορροής και των υδατοορεμάτων στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία (Γκόφας, 2001, Johnson and Miyanishi, 2001). Λεπτομερής περιγραφή για τις επιπτώσεις των πυρκαγιών στην ποιότητα των υδάτων, γίνεται στο κεφάλαιο 4.

Επίδραση δάσους στην ατμοσφαιρική υγρασία

Στο δάσος, η σχετική υγρασία αέρος, την κρίσιμη περίοδο του καλοκαιριού, είναι μεγαλύτερη κατά 5-8% και σε κάποιες περιπτώσεις 11-13% σε σχέση με την υγρασία του αντίστοιχου υπαιθρίου περιβάλλοντος (Ντάφης, 1986). Η διαφορά αυτή οφείλεται κατά ένα μέρος στην μεγαλύτερη συγκέντρωση υδρατμών λόγω διαπνοής των δέντρων, των θάμνων και της παρεδάφιας βλάστησης και κατά ένα άλλο στην μειωμένη εξατμική λόγω της μικρότερης θερμοκρασίας στο ενδοδασικό περιβάλλον. Συνεπώς, και από εδώ φαίνεται η αξία του δάσους στην ανάπτυξη των νέων φυταρίων, αλλά και στην παρεμπόδιση των δασικών πυρκαγιών.

Επίδραση πυρκαγιών στην ατμοσφαιρική υγρασία

Η υγρασία σχετίζεται με την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και τον άνεμο. Ως συνέπεια της απώλειας της βλάστησης, η υγρασία στις καμένες περιοχές την ημέρα, είναι φανερά μικρότερη από τις αντίστοιχες δασωμένες περιοχές.

Δάσος και χιόνι

Το χιόνι επιδρά τόσο με τρόπο ωφέλιμο, όσο και με τρόπο επιζήμιο για το δάσος. Καταρχάς προστατεύει τα νεαρά φυτάρια από τους παγετούς. Η θερμοκρασία εδάφους που καλύπτεται από χιόνι 20-30 cm μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του γυμνού εδάφους κατά 15-20°C. Έτσι, έχει παρατηρηθεί πως τα φυτά αναπτύσσονται καλύτερα εκεί όπου μαζεύεται παχύ στρώμα χιονιού (Ντάφης, 1986, Κωνσταντινίδης, 2003). Ακόμα, σε κλίματα όπως το δικό μας (μεσογειακό), όπου οι βροχές πέφτουν συγκεντρωμένες κάποιες εποχές του χρόνου, τα χιόνια επειδή λιώνουν βαθμιαία, συμβάλλουν σημαντικά στον εμπλουτισμό του εδάφους με νερό. Επίσης, σημαντική είναι η συνεισφορά του χιονιού στη μεταφορά των σπόρων που πέφτουν πάνω σε αυτό. Ωστόσο, το χιόνι μπορεί να προκαλέσει πολλές ζημιές, ειδικά σε συνδυασμό με τον άνεμο, όπως το σπάσιμο των κορμών και κλάδων (χιονοθλασίες), το ξερίζωμα (χιονορριπίες) και το λύγισμα δέντρων (χιονοκάμψεις).

Το δάσος διακρατεί πάνω στην κομοστέγη του σημαντικό μέρος χιονιού, από το οποίο ένα μέρος πέφτει στο έδαφος με την τήξη του (διάπτωση, Κουτσογιάννης, 1996) και ένα άλλο εξατμίζεται χωρίς να φτάσει σε αυτό. Έτσι το πάχος το χιονιού, κατά την διάρκεια του χειμώνα, είναι μικρότερο κάτω από δάσος σε σύγκριση με αυτό σε υπαίθριο περιβάλλον. Σε αντιστάθμιση το χιόνι λιώνει με αργότερο ρυθμό κάτω από την κομοστέγη του δάσους και έτσι διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Ντάφης, 1986).

Επίδραση πυρκαγιών στην χιονοκάλυψη

Το ύψος και η διάρκεια του χιονιού είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την διαβίωση τόσο των φυτών όσο και των ζώων. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται πολύ από τις πυρκαγιές. Σε καμένες περιοχές, το ύψος του χιονιού που πέφτει είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο σε δασωμένες περιοχές, αφού δεν υφίσταται κατακράτηση χιονιού στην κομοστέγη. Η διάρκεια όμως μειώνεται πολύ, δημιουργώντας μεγάλες απορροές στα κατάντη, χωρίς όμως μεγάλη διάρκεια. Εξαιρέση αποτελούν οι καμένες ανήλιες και σκιερές περιοχές που μπορεί να

κρατήσουν χιόνι για μεγάλο χρονικό διάστημα, δημιουργώντας προβλήματα σε φυτά και ζώα της περιοχής (Κωνσταντινίδης, 2003).

Π1.5 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΑΕΡΑ

Ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίστηκε από έντονη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακος (CO₂) λόγω των καύσεων των ορυκτών καυσίμων. Η αύξηση αυτή δεν είναι άμεσα επικίνδυνη για τα ζώα και τους ανθρώπους, ωστόσο θεωρείται ωφέλιμη για τα φυτά (Ντάφης, 1986). Αύξηση του CO₂ εντείνει την αφομοίωση σχεδόν ανάλογα, για τις περιεκτικότητες του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ένα εκτάριο δάσους επεξεργάζεται 10-12 x10⁶ m³ και προσλαμβάνει περισσότερο από 4 t CO₂ το χρόνο (Ντάφης, 1986). Παρόλα αυτά, η συγκέντρωση του CO₂ στην επιφάνεια του δάσους θεωρείται σταθερή και περίπου ίδια με αυτή των άλλων περιοχών. Αυτό λόγω της συνεχούς παραγωγής CO₂ από τους μικροοργανισμούς του δασικού εδάφους, αλλά και λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα. Όσον αφορά το οξυγόνο (O₂) της ατμόσφαιρας, η ποσότητά του που καταναλίσκεται για την αναπνοή των φυτών είναι σχετικά ασήμαντη σε σχέση με την ποσότητα που αποδίδεται με την φωτοσύνθεση. Συγκεκριμένα ένα δάσος μέσης παραγωγικότητας παράγει γύρω στους 4 t/ha O₂ το χρόνο. Αν από αυτό αφαιρέσουμε την κατανάλωση O₂ για τις ανάγκες του ίδιου οικοσυστήματος δηλαδή 1,5 t/ha/yr μένει καθαρή παραγωγή 2,5 t/ha/yr ή 250 g/m²/yr (Ντάφης, 1986). Αν υπολογίσει κανείς ότι ο άνθρωπος καταναλώνει 250 kg O₂ το χρόνο, τότε ένα εκτάριο δάσους εξασφαλίζει την αναπνοή σε 10 ανθρώπους (Ντάφης, 1986). Η μεγαλύτερη παραγωγή O₂ από τα χερσαία οικοσυστήματα προέρχεται από τα δάση. Η παραγωγή του δάσους σε O₂ είναι σχεδόν δεκαπλάσια από οποιοδήποτε άλλο χερσαίο οικοσύστημα. Βέβαια μπροστά στα αποθέματα της ατμόσφαιρας η παραγωγή των δασών φαντάζει αμελητέα. Ωστόσο, συμβάλλει αποφασιστικά στη διατήρηση και ισορροπία του O₂.

Το δάσος ως απορρυπαντής

Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει τη θεμελιώδη λειτουργία του δάσους ως ένα μεγάλο φίλτρο για τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το δάσος ως παράγοντας απορρύπανσης επιδρά με δύο τρόπους (Ντάφης, 1986).

- Με φυσικομηχανικά μέσα. Συγκρατώντας τα στερεά σωματίδια (σκόνη) στην επιφάνεια των φύλλων, των κλαδιών και των φλοιών των δένδρων, των θάμνων και της υποβλάστησης. Εκτιμάται πως ένα εκτάριο δάσους πεύκης μπορεί να συγκρατήσει 32 τόνους ενώ ένα αντίστοιχο οξυάς 65! Έτσι δρα σαν ένα τεράστιο φίλτρο απαλλάσσοντας την ατμόσφαιρα από τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Επίσης, μειώνοντας την ταχύτητα του ανέμου, τα στερεά σωματίδια αναγκάζονται σε κατακάθιση. Επειδή η επιφάνεια της κομοστέγης του δάσους είναι ψυχρότερη κατά τη διάρκεια της νύχτας, από την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργούνται καθοδικά ρεύματα αέρα από υψηλότερα στρώματα, που είναι απαλλαγμένα από αερολύματα, τα οποία ανανεώνουν τις κατώτερες μάζες αέρα οι οποίες έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αυτά. Επίσης το δάσος εμποδίζει την αναστροφή θερμοκρασιών σε κοιλάδες και αποτρέπει τη δημιουργία νέφους.
- Το δάσος επίσης επιδρά βιοχημικώς, απορρυπαίνοντας την ατμόσφαιρα μέσω του μεταβολισμού των δένδρων και άλλων χλωροφυλλούχων φυτών. Κλασικό παράδειγμα είναι η ρύθμιση του CO₂, όπως ήδη αναφέρθηκε. Επίσης ένα μέρος του SO₂ καθώς και άλλων οξειδίων προσροφώνται και συγκρατούνται από τα φύλλα και τις βελόνες των δένδρων, επενεργώντας

έτσι απορρυπαντικά. Για παράδειγμα 1 εκτάριο δάσους ερυθρελάτης μπορεί και απορροφά μέχρι 250 kg SO₂.

Επίδραση πυρκαγιών στη ρύπανση της ατμόσφαιρας

Στην περίπτωση που καιγόταν τέλεια 1 ha δάσους, που περιέχει 50 t κάυσιμης ύλης, θα ρυπαίνονταν 273000 m³ καθαρού αέρα και θα παράγονταν 92 t διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και 27 t υδρατμών (Γκόφας, 2001). Όμως, σε μία δασική πυρκαγιά η καύση ποτέ δεν είναι τέλεια (κυρίως λόγω ανεπάρκειας οξυγόνου από τοπικές ανακυκλώσεις του αέρα) και γι' αυτό διαφεύγουν ουσίες, πολλές από τις οποίες είναι τοξικές, όπως μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα αιθάνιο, αιθυλένιο και άλλες αλκαλικές ενώσεις. Επίσης, πίσσες και άλλα σύνθετα υδροξύλια διαφεύγουν από την επιφάνεια του καιγόμενου ξύλου, στο στάδιο της πυρόλυσης. Επίσης, στο στάδιο της καύσης, από την επιφάνεια του καιγόμενου ξύλου, διαφεύγουν μικροσωματίδια άνθρακα και στάχτης (<10 μm). Τα μικροσωματίδια αυτά μπορούν να μεταφερθούν μέσω του καπνού και του ανέμου σε μεγάλες αποστάσεις και ευθύνονται για την μείωση της ορατότητας. Τα πιο μικρά (<1 μm), που αντιπροσωπεύουν το 90% των μικροσωματιδίων, ευθύνονται για αναπνευστικά προβλήματα, καθώς μπαίνουν στους πνεύμονές μας και κατακρατούνται από τις πνευμονικές κυψελίδες (Γκόφας, 2001). Τα μικροσωματίδια, καθώς είναι προϊόντα ατελούς καύσης, εξαρτώνται από την ένταση της πυρκαγιάς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καύσης. Έτσι, έχει παρατηρηθεί πως οι εκπομπές τους είναι αντιστρόφως ανάλογες της έντασης της πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, οι εκπομπές μικροσωματιδίων, σε καύση οργανικών ουσιών χωρίς φλόγα, είναι οκταπλάσιες της αντίστοιχης καύσης με φλόγα (Γκόφας, 2001).

Επίδραση κίνησης ατμοσφαιρικού αέρα (άνεμος) στο δάσος.

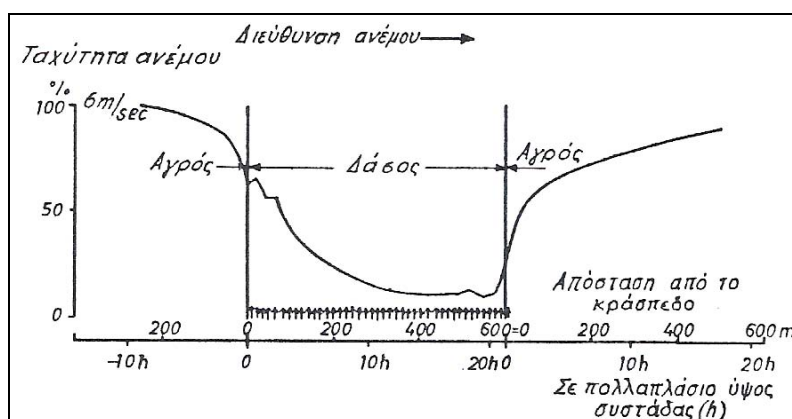
Οι άνεμοι ασκούν μια φυσιολογική όσο και μια μηχανική επίδραση πάνω στο δάσος. Η φυσιολογική επίδραση συνίσταται στην ανανέωση του ατμοσφαιρικού αέρα που περιβάλλει τα φύλλα, στην επίταση της διαπνοής με συνέπεια την αύξηση της κίνησης των χυμών και τη μείωση της θερμοκρασίας των φύλλων (Ντάφης, 1986). Η μηχανική επίδραση συνίσταται στη μεταφορά γύρης, τη διασπορά των σπόρων, την εκτροπή των φύλλων από την κανονική τους θέση, την πλήγωση των ανθέων, βλαστών και κλαδιών, την αμοιβαία μαστίγωση των κομών γειτονικών δένδρων, την έκκεντρη διαμόρφωση του κορμού και της κόμης, τις ανεμοθλασίες και ανεμορριψίες, την χαλάρωση του εδάφους στην περιοχή των ριζών, καθώς και στη διαμόρφωσή τους για καλύτερη αγκύρωση των φυτών. Ακόμα, οι άνεμοι προκαλούν παράσυρση της φυλλάδας και των λεπτών συστατικών του επιφανειακού στρώματος του εδάφους (αιολική διάβρωση) (Ντάφης, 1986).

Επίδραση δάσους στους ανέμους.

Το δάσος επιδρά ως εμπόδιο στην κίνηση του αέρα και μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα, την κατεύθυνση καθώς και τη δομή των ανέμων τόσο στο εσωτερικό του όσο και στη γυμνή επιφάνεια που βρίσκεται κοντά του (Ντάφης, 1986). Η μείωση της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο δάσος οφείλεται κατά ένα μέρος στο ότι η μάζα του αέρα προσκρούει στα κράσπεδα και δεν μπορεί να περάσει όλη μέσα από αυτά και κατά ένα άλλο στην αντίσταση που προβάλλουν οι κορμοί και τα κλαδιά των δένδρων στην κίνηση του αέρα. Έτσι, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται προοδευτικά από τα κράσπεδα, προς το εσωτερικό των συστάδων. Εκτιμάται πως σε απόσταση 120 m από το προσήνεμο κράσπεδο, επικρατεί πρακτικά νηνεμία μέσα στο δάσος (Ντάφης, 1986). Φυσικά η επίδραση του δάσους εξαρτάται από το δασοπονικό είδος, τη δομή και την κατάσταση των κρασπέδων. Πολυόροφες συστάδες με ελαφρώς χαλαρά κράσπεδα, ασκούν την ευνοϊκότερη επίδραση. Τελείως κλειστά κράσπεδα εκτρέπουν τον άνεμο προς τα επάνω χωρίς να μειώνουν ουσιαστικά την κινητική του ενέργεια. Κλειστά ή ελαφρώς χαλαρά κράσπεδα επιτρέπουν το πέρασμα σε ένα μεγάλο μέρος του αέρα

μέσα στο δάσος. Με την αντίσταση που προβάλλεται από τους κορμούς και τα κλαδιά των φυτών του μεσόροφου και του υπόροφου, η κινητική ενέργεια του ανέμου, μειώνεται σημαντικά μέχρι εκμηδενισμού. Στο σχήμα Π1.2 (Nageli, 1954 από Ντάφη, 1986) απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου μέσα σε δάσος ερυθρελάτης μέσου ύψους 28 m και ηλικίας 80 ετών.

Επειδή η αντίσταση που προβάλλεται στη περιοχή της κόμης, των κορμών και της παρεδάφιας βλάστησης είναι διαφορετική και μάλιστα μεγαλύτερη στην περιοχή των κορμών, η ταχύτητα του ανέμου μέσα στο δάσος μεταβάλλεται κατακόρυφα με το ύψος. Η μικρότερη ταχύτητα παρατηρείται στην επιφάνεια του εδάφους, αυξάνει στην περιοχή των κορμών για να μειωθεί μέσα στην κόμη και να αυξηθεί έξω από αυτή. Η επίδραση του δάσους στην ταχύτητα των ανέμων έχει σημασία όχι μόνο για τη διατήρηση ενός εξισορροπημένου ενδοδασικού κλίματος αλλά και για τις γεωργικές καλλιέργειες που βρίσκονται στο υπήνεμο κράσπεδο. Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα με τη μορφή αντιανεμικών φραχτών, για την προστασία των καλλιεργιών και του εδάφους από την αιολική διάβρωση, στις ΗΠΑ, στη Ρωσία, Ουγγαρία, Δανία κα. Η επίδραση των αντιανεμικών φραχτών εξαρτάται από τη δομή τους, το ύψος τους, την πυκνότητά τους και τη γωνία πρόσπτωσης των ανέμων. Χονδρικά μπορούμε να δεχθούμε πως η προστατευτική επίδραση των φραχτών αυτών, απέναντι σε κάθετα προσπίπτοντες ανέμους, ανέρχεται στο διπλάσιο του ύψους των δένδρων προς την προσήνεμη πλευρά και στο 15πλάσιο προς την υπήνεμη.



Σχήμα Π1.2. Μείωση ταχύτητας ανέμου συναρτήσει της απόστασης από το μέτωπο (κράσπεδο) της συστάδας (Nageli, 1954 από Ντάφης, 1986).

Επίδραση πυρκαγιών στον άνεμο

Οι πυρκαγιές, οδηγώντας στην καταστροφή της βλάστησης, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ανέμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας στο ενδοδασικό περιβάλλον, με επιπτώσεις στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς και ειδικά στους θερμόβιους, όταν πνέουν ψυχροί άνεμοι (Κωνσταντινίδης, 2003). Ακόμα, η αύξηση της έντασης των ανέμων μπορεί να ενισχύσει να φαινόμενα αιολικής διάβρωσης, ειδικά αν η επιφάνεια του καμένου εδάφους διαταραχθεί από εξωγενείς παράγοντες.

Επίδραση του κλίματος σαν σύνολο.

Κατά τη διαπραγματεύση της επίδρασης των επιμέρους παραγόντων του περιβάλλοντος, τονίστηκε πολλές φορές η συνεπίδραση και αλληλεπίδρασή τους. Φως, θερμότητα, υγρασία και κίνηση του αέρα δεν πρέπει να θεωρηθούν σαν παράγοντες που δρουν μεμονωμένα πάνω στο δάσος. Εμφανίζονται πάντα να συνεπιδρούν, σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος. Η επίδραση ενός παράγοντα γίνεται αισθητή μόνο όταν αυτός βρίσκεται στην περιοχή των ακραίων τιμών του.

Γενικά όμως η επίδραση των κλιματικών παραγόντων δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά αλλά σαν σύνολο (ομβροθερμικά διαγράμματα, ξηροθερμικοί δείκτες κ.α.).

Π1.6 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΕΔΑΦΟΥΣ

Το δασικό έδαφος είναι εκείνο το τμήμα του φλοιού της γης, το οποίο χρησιμεύει σαν φορέας και μέσο διατροφής της δασικής βλάστησης, συνίσταται από ανόργανα και οργανικά υλικά, διαφαίνεται από εναλλασσόμενα πεδία νερού και αέρα, κατοικείται από ζωντανούς οργανισμούς και έχει εδαφογενετικούς παράγοντες, όπως οι φυτικές ρίζες, οι οποίοι δεν επιδρούν σε άλλα εδάφη (Ντάφης, 1986).

Από καθαρά δασολογική-οικολογική άποψη, το έδαφος δεν αποτελεί απλά και μόνο τον φορέα της δασικής βλάστησης και την πηγή των θρεπτικών στοιχείων, αλλά και ένα αναπόσπαστο κομμάτι του οικοσυστήματος-δάσους. Για παράδειγμα η ζωή στον χώρο των ριζών χαρακτηρίζεται από πολύπλοκες σχέσεις που δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε από την όλη οικολογία του δάσους. Δασικό έδαφος, δασικό κλίμα και δασοσυστάδα δημιουργούν ένα αδιαχώριστο πλέγμα από αλληλοεπιδράσεις και αλληλοεξαρτήσεις.

Βάθος εδάφους

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας του δασικού εδάφους είναι το βάθος του. Βάθος καλείται το μεγαλύτερη απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους που μπορούν να φτάσουν οι φυτικές ρίζες και μπορούν να αντλήσουν νερό και θρεπτικά συστατικά (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Υπολογίζεται πως σε κλίματα με μεγάλες περιόδους ξηρασίας, το έδαφος για να υπάρξει δάσος πρέπει να ξεπερνά τα 20 cm (Ντάφης, 1986). περισσότερο από το γεωλογικό βάθος μας ενδιαφέρει το φυσιολογικό βάθος, δηλαδή το βάθος που μπορούν να φτάσουν οι ρίζες. Το φυσιολογικό βάθος ακόμα και καλά αποσαθρωμένα εδάφη μπορεί να περιορίζεται πολύ λόγω δυσμενών φυσικοχημικών ή και βιολογικών παραγόντων, όπως πολύ υψηλή στάθμη νερού ή μεγάλη συγκέντρωση τοξικών αλάτων. Αντίθετα, σε φαινομενικά αβαθή ορεινά εδάφη, που εδράζονται σε σχιστόλιθους, οι σχισμές και οι ρωγμές των πετρωμάτων αυξάνουν κατά πολύ το φυσιολογικό βάθος (Ντάφης, 1986).

Το βάθος του εδάφους παίζει ζωτικό ρόλο, ειδικά για είδη με ψηλό ανάστημα, για την καλή αγκύρωση και διατροφή τους. Το βάθος του εδάφους που εκμεταλλεύονται τα δέντρα, εξαρτάται κυρίως από τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, την διαμόρφωση των ριζών και την συγκέντρωση αλάτων. Ανάλογα με το βάθος του χαλαρού και διαπερατού από τις ρίζες στρώματος, τα δασικά εδάφη διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: πολύ αβαθές για βάθος μικρότερο από 0,15 m, αβαθές για βάθη μεταξύ 0,15-0,3 m, μετρίως βαθύ για βάθη 0,3-0,6 m, βαθύ για βάθη 0,6-1 m και πολύ βαθύ για βάθος μεγαλύτερο του 1 m (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006).

Το δάσος επιδρά θετικά στην αύξηση του βάθους του εδάφους, γιατί το προστατεύει από την διάβρωση και ακόμα, λόγω των εκκρίσεων των ριζών και της έντονης βιολογικής δραστηριότητας, επιταχύνει την αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος και προάγει την εδαφογένεση. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης, τα οργανικά υπολείμματα (φύλλα κα) που αυξάνουν τον όγκο και το βάθος του εδάφους.

Επίδραση πυρκαγιών στο βάθος του εδάφους

Οι πυρκαγιές μεταβάλλουν (μειώνουν) το βάθος του εδάφους άμεσα, καίγοντας τον χούμο και τον δασικό τάπητα και έμμεσα, με τους μεταπυρικούς μηχανισμούς της διάβρωσης. Η διάβρωση μπορεί να παρασύρει μεγάλες ποσότητες εδάφους και στάχτης (μέχρι και 20 cm, σε ακραίες περιπτώσεις, σε περιοχές με μεγάλες κλίσεις, Καραμήτρος, 1981 από Καϊλίδης, 1993). Επίσης, η απώλεια του δάσους, σταματά τον ρυθμό παραγωγής εδάφους (το δάσος θεωρείται ισχυρός εδαφογενετικός παράγοντας),

χούμου και δασικού τάπητα, με αρνητικές συνέπειες στο βάθος και την παραγωγικότητα του εδάφους (Ντάφης, 1986).

Επίδραση δάσους στην ορυκτή σύσταση του εδάφους

Τα διάφορα δασοπονικά είδη καταναλώνουν διαφορετικές ποσότητες από τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Γι' αυτό η παραγωγικότητα του εδάφους δεν είναι ίδια για όλα τα είδη. Επίσης, δεν εξαρτάται μόνο από την περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά, αλλά και από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, οι οποίες καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη βλάστησης (δάσους) και την σύνθεση αυτής (σύνθεση φυτοκοινωνίας, Ντάφης, 1986). Τα δέντρα και γενικότερα τα φυτά δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών, οι οποίες όμως ανακυκλώνονται και επιστρέφουν στο έδαφος, καθώς αποθηκεύονται σε μεγάλο ποσοστό (50%), σε εύκολα βιοδιασπάσιμα μέρη τους (φύλλα, μικρά κλαδιά κα) και όχι στον κορμό, που είναι γενικά πολύ χρονοβόρα η αποσύνθεσή του. Γι' αυτό είναι κρίσιμο να μην απομακρύνεται το υλικό λεπτών διαστάσεων κατά τις υλοτομίες. Έτσι, ένα μεγάλο μέρος των θρεπτικών παραμένει σε μια διαρκή κυκλοφορία. Ακόμα, με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα δασικά εδάφη, προάγεται η αποσάθρωση των μητρικών υλικών και συνεπώς, προστίθενται νέα ορυκτά και μάλιστα σε διαθέσιμη για τα φυτά μορφή. Μάλιστα, καθώς η υγρασία στο ενδοδασικό περιβάλλον είναι γενικά μεγαλύτερη και το δασικό έδαφος είναι γενικά υγρότερο (μεγαλύτερη διήθηση, μειωμένη εξάτμιση εδάφους), ενισχύεται κατά πολύ τόσο η βιολογική δραστηριότητα σε αυτό, όσο και οι χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα οι συνθήκες παραγωγής νέων ορυκτών να είναι πολύ καλύτερες από αυτές του αντίστοιχου υπαιθρίου εδάφους.

Επίδραση πυρκαγιών στην ορυκτή σύσταση του εδάφους

Η επίδραση των πυρκαγιών στην ορυκτή σύσταση του εδάφους είναι κυρίως έμμεση επίδραση, αφαιρώντας την δασική βλάστηση και απογυμνώνοντας την επιφάνεια του εδάφους. Ωστόσο, και άμεσα, οι πυρκαγιές μπορούν, λόγω των έντονων θερμοκρασιών, να αποσαθρώσουν τα επιφανειακά τμήματα του μητρικού πετρώματος, αλλά και να μεταβάλλουν την ορυκτή σύσταση, αργλικών κυρίως, εδαφών, μειώνοντας συνήθως το κλάσμα της αργίλου. Περισσότερα πάνω στο θέμα αναφέρονται στο κεφάλαιο 3.

Έδαφος και χούμος

Ο χούμος αποτελεί το φυσικό λίπασμα των δασικών εδαφών και θεωρείται ως ένα σπουδαίο εδαφογενετικό μέσο (Ντάφης, 1986). Χούμος χαρακτηρίζεται το επιφανειακό οργανικό στρώμα του εδάφους, φαιού χρώματος, με διαφορετικό βαθμό αποσύνθεσης (αυξάνεται με το βάθος) και μπορεί να είναι αναμεμιγμένος με ανόργανο έδαφος (Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006). Στο έδαφος, την πρώτη ύλη για την δημιουργία του χούμου αποτελούν τα δασικά υπολείμματα, δηλαδή φύλλα και οι βελόνες που πέφτουν κάθε χρόνο, τα υπόλοιπα φυτικά υπολείμματα (κλαδιά κα) και τα απορρίμματα και υπολείμματα των ζωικών οργανισμών (Stevenson, 1994). Η πιο επιφανειακή στρώση του, αποτελείται από οργανικά υπολείμματα που ακόμα δεν έχουν υποστεί σοβαρή αποσύνθεση και καλείται δασικός τάπητας. Κατά την αποσύνθεση του χούμου γίνεται διάσπαση της οργανικής ουσίας σε απλούστερες ενώσεις (ορυκτοποίηση) και η σύνθεση πολύπλοκων χουμικών ενώσεων (χουμοποίηση) (Stevenson, 1994). Η ταχύτητα των παραπάνω 2 διεργασιών εξαρτάται από το είδος της φυλλάδας, τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τις βιολογικές διεργασίες του εδάφους, καθώς από τι κλιματικές συνθήκες (ενδοδασικές και μη). Οι συνηθέστεροι τύποι δασικού χούμου είναι: ο ενδόχουμος (ή Mull), που παράγεται από ανεμπόδιστη αποσύνθεση της φυλλάδας, ο εκτόχουμος (ή Morf), που παράγεται σε συνθήκες δύσκολης αποσύνθεσης, συνήθως σε ψυχρά κλίματα ή εδάφη με υψηλή οξύτητα και ο

εκτοενδόχουμος ή αμφίδρομος (ή Moder), που είναι κάτι ενδιάμεσο των άλλων 2. Ο τύπος του χούμου κυρίως αναγνωρίζεται από τον λόγο C/N. Όσο μικρότερος ο λόγος, τόσο περισσότερο N ανά μονάδα βιομάζας και τόσο καλύτερη μορφή του χούμου. Από τους παραπάνω τύπους, ο καλύτερος είναι ο ενδόχουμος με C/N από 10/1 μέχρι 25/1 (Stevenson, 1994).

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και η μορφή του χούμου παίζουν σπουδαίο ρόλο στη διατροφή των δασικών φυτών και την αναγέννησή τους. Επηρεάζουν επίσης τον κίνδυνο πυρκαγιάς, την υδατοϊκανότητα του εδάφους, το πορώδες και την διαβρωσιμότητα, καθώς και την παραγωγικότητα γενικώς. Κύρια πηγή N στα δασικά εδάφη θεωρείται ο χούμος (Ντάφης, 1986). Η ύπαρξή του και η μορφή του είναι πολλές φορές δείκτης γονιμότητας εδάφους. Σημειώνεται πως ο χούμος αποτελεί την κύρια πηγή τροφής των (μη συμβιωτικών) αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων και μυκήτων. Επιπλέον, το ανώτερο στρώμα του, ο δασικός τάπητας, παίζει σημαντικότατο ρόλο στην ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους, εμποδίζοντας τις ακραίες τιμές, αλλά και της υγρασίας, περιορίζοντας την εξάτμιση από αυτό. Επίσης, δημιουργεί καλύτερες συνθήκες για τη δράση των μικροοργανισμών. Τέλος, προστατεύει το έδαφος από την διάβρωση, καθώς περιορίζει την επιφανειακή (επίγεια) απορροή του νερού και βοηθά στην απορρόφηση και αποθήκευσή του στο έδαφος (DeBano et al, 1998).

Πολλές φορές βέβαια, μπορεί να έχει και αρνητικές επιδράσεις. Ακατέργαστος χούμος (εκτόχουμος) μπορεί να παρεμποδίσει σημαντικά την φυσική αναγέννηση, αν φτάσει σε αρκετό πάχος. Ακόμα, σε ξηρά κλίματα όπου η αποσύνθεσή του είναι δύσκολη, μετατρέπεται σε ξηροτάπητα αυξάνοντας σοβαρά τους κινδύνους πυρκαγιάς. Στην τελευταία περίπτωση ανήκει και το Μεσογειακό κλίμα, που δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού ξηροτάπητα και γι' αυτό πολλές φορές η ξερή φυλλάδα πρέπει να αφαιρείται (Ντάφης, 1986).

Επίδραση πυρκαγιών στο χούμο

Οι πυρκαγιές συμβάλλουν στην ταχύτατη αποσύνθεση του χούμου. Αυτό είναι ευεργετικό για την περίπτωση του εκτόχουμου, που βιολογικά δύσκολα διασπάται. Με την γρήγορη αποσύνθεσή του, γίνονται άμεσα διαθέσιμα πολλά θρεπτικά στοιχεία, με την προϋπόθεση φυσικά, πως δεν θα παρασυρθούν.

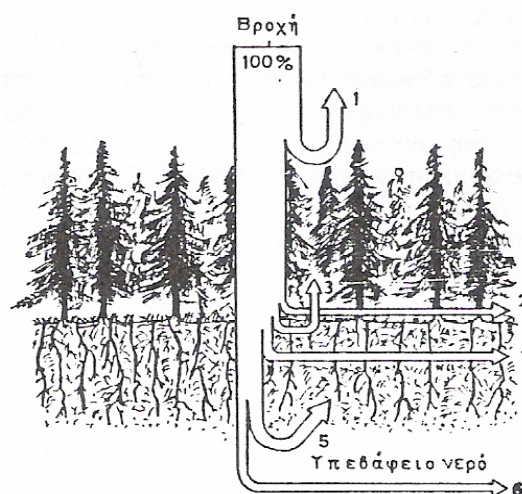
Σχέσεις δάσους και εδαφικού νερού

Επίδραση στην υδατική οικονομία εδαφών.

Το υδατικό ισοζύγιο των εδαφών συντίθεται από 2 σκέλη. Τα «έσοδα» ή εισροές, οι οποίες εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και από τις «δαπάνες» ή εκροές, στις οποίες ανήκουν η κατακράτηση νερού από την κομοστέγη (και όχι μόνο), η απορροή από την επιφάνεια του εδάφους (επίγεια ροή), η εξάτμιση του νερού από το έδαφος και η κατανάλωσή του από την παρεδάφια βλάστηση, η υπεδάφεια απορροή, που γίνεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (υποδερμική ροή, Κουτσογιάννης, 1996), η κατανάλωση νερού από τα δέντρα και τους θάμνους (διαπνοή) και οι απώλειες από την διήθηση του νερού σε βαθιά εδαφικά στρώματα (καθεισδυση), προς τον εμπλουτισμό του υπογείου υδροφορέα (υπεδάφιο νερό). Παρακάτω στο Σχήμα Π1.3 παρουσιάζεται η κατανομή του νερού των βροχοπτώσεων, όπου (1) η κατακράτηση στην κόμη πλησιάζει το 30% του ολικού ύψους βροχόπτωσης, (2) η επίγεια απορροή το 5%, (3) η εξάτμιση και κατανάλωση από τα φυτά της υποβλάστησης το 10%, (4) η υπεδάφια ροή το 10%, (5) κατανάλωση από τα δένδρα το 30% και (6) το διηθούμενο προς τα υπόγεια ύδατα το 15% (Ντάφης, 1986).

Κατά την διάρκεια της βλαστητικής ηρεμίας, η οποία στη χώρα μας συμπίπτει με την εποχή κατά την οποία πέφτει το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνισμάτων, το

σκέλος των εισροών είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το σκέλος των εκροών και το έδαφος εμπλουτίζεται με υγρασία. Η ικανότητα εναποθήκευσης νερού αυτή την περίοδο εξαρτάται από το ύψος των κατακρημνίσεων, από την κατανομή τους καθώς και από το βάθος, τη δομή και την υφή του εδάφους. Με την έναρξη της βλαστητικής δραστηριότητας αρχίζει μια έντονη κατανάλωση νερού από τη βλάστηση με αποτέλεσμα τη μείωση της υγρασίας του εδάφους, όπου εκτείνεται το ριζικό σύστημα των δένδρων, αλλά κυρίως στα επιφανειακά στόματα, όπου και παρατηρείται η μεγαλύτερη συγκέντρωση ριζών (περισσότερο από 40% της ολικής κατανάλωσης νερού από τα φυτά, δεσμεύεται από το επάνω τέταρτο του ριζοστρώματος, δηλαδή από τις ρίζες των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων, Παναγούλια και Δήμου, 2000). Επιπροσθέτως λόγω της επιφανειακής εξάτμισης του εδάφους και λόγω των ριζών της υποβλάστησης που είναι κατά κύριο λόγο επιφανειακές, παρατηρείται στο έδαφος μια ξήρανση στην επιφάνεια του εδάφους, η οποία προχωρεί βαθμιαία προς τα κατώτερα στρώματα. Οι βροχές που πέφτουν κατά τη διάρκεια της βλαστητικής δραστηριότητας, εμπλουτίζουν ανάλογα με την ένταση και τη διάρκειά τους, τα ανώτερα στρώματα του εδάφους μέχρι βάθους 10 με 20 cm ή και σπανιότερα μέχρι 30 cm. Έτσι, την περίοδο του καλοκαιριού μετά από βροχή και για ένα μικρό χρονικό διάστημα εμφανίζονται πολλές φορές τα ανώτερα εδαφικά στρώματα, υγρότερα από τα κατώτερα (Ντάφης, 1986). Η υγρασία αυτή καταναλώνεται πολύ γρήγορα από τη δασική βλάστηση και την επιφανειακή εξάτμιση και το έδαφος ξηραίνεται και πάλι μέχρι την επόμενη βροχή.



Σχήμα Π1.3. Κατανομή νερού και βροχοπτώσεων (Ντάφης, 1986).

Πολλές φορές, σε σύγκριση με το υπαίθριο έδαφος το δασικό, είναι στα ανώτερα του στρώματα ξηρότερο, η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στην κατακράτηση της κομοστέγης και εμφανίζεται μέχρι ένα βάθος το πολύ 80 cm (Ντάφης, 1986). Έτσι λοιπόν εκτιμάται πως η υλοτομίες μπορούν να αυξήσουν την εδαφική υγρασία παράλληλα όμως πολύ ισχυρές αραιώσεις έχουν αρνητική επίδραση καθώς, αυξάνουν μεν το ποσό των κατακρημνισμάτων που φτάνουν στο έδαφος, ταυτόχρονα όμως αυξάνουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας, την κίνηση του αέρα, την εξάτμιση και την ανάπτυξη της υποβλάστησης.

Επίδραση δασών στα υπόγεια ύδατα.

Το δάσος, με την κατακράτηση στην κομοστέγη του και με την έντονη κατανάλωση νερού, λόγω διαπνοής, κατά την βλαστητική περίοδο, γενικά προκαλεί ταπείνωση της στάθμης των υπογείων υδάτων, ειδικά σε πεδινές περιοχές, χωρίς κλίσεις. Πολλές έρευνες έχουν γίνει πάνω σε αυτό, αν και αποκλίνουν πολύ μεταξύ τους ποσοτικά, από τις οποίες παρουσιάζουμε μια των Holstener-Jorgensen (1967 από

Ντάφης, 1986), όπου ύστερα από αποψιλωτικές υλοτομίες σε δασοσυστάδες οξυάς 75 ετών, επήλθε άνοδος του υπογείου (φρεατίου) υδροφορέα κατά 1,2-1,4 m. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε ορεινές περιοχές με κλίσεις, έδωσαν ακριβώς αντίθετα αποτελέσματα. Στις περιοχές αυτές, η ύπαρξη του δάσους προκαλεί ανύψωση της στάθμης του υπογείου υδροφορέα (Engler, 1907 από Ντάφης, 1986). Αυτό οφείλεται στο ότι καθώς τα εδάφη αυτά, λόγω κλίσεων, παρουσιάζουν έντονη επιφανειακή απορροή (επίγεια και υποδερμική), το δάσος αυξάνει την διαπερατότητα του εδάφους (πορώδες) και μειώνει την εξάτμιση από την επιφάνειά του.

Επίδραση πυρκαγιών στην υδατική οικονομία του εδάφους

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν καθοριστικά την υδρολογία μιας περιοχής, καθώς αφαιρώντας την βλάστηση, αυξάνεται δραστικά η επιφανειακή απορροή και μειώνεται η διήθηση. Έτσι, έχουμε αύξηση των πλημμυρικών γεγονότων (και σε συχνότητα και σε ένταση) και μείωση των βασικών απορροών. Εκτενής αναφορά των επιπτώσεων των πυρκαγιών στην υδρολογία μιας περιοχής γίνεται στο κεφάλαιο 4.

Επίδραση δάσους στο πορώδες και τον αερισμό

Το δάσος, είναι γνωστό πως επιδρά θετικά στην δομή του εδάφους εμπλουτίζοντάς το με οργανική ουσία συνεχώς, αυξάνοντας έτσι το πορώδες και την υδατοϊκανότητα (υδατοχωρητικότητα) και βελτιώνοντας τον αερισμό του. Όσον αφορά την υδατοϊκανότητα, υπάρχουν θεωρίες που λένε πως η αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος, πέρα από κάποια όρια οδηγεί σε υπέρμετρη αύξηση των εδαφικών οργανικών κολλοειδών με αποτέλεσμα την αύξηση της υδατοϊκανότητας, με παράλληλη αύξηση του νερού που δεσμεύεται από αυτά τα κολλοειδή (McLaren and Cameron, 1996). Το νερό που δεσμεύεται δεν είναι διαθέσιμο για τα φυτά με αποτέλεσμα να αυξάνει το σημείο μόνιμου μαρασμού των φυτών, δηλαδή η ποσότητα της εδαφικής υγρασίας κάτω από την οποία τα φυτά μαραίνονται και πεθαίνουν. Ωστόσο, δεν υπάρχουν καταγραφές που να αναφέρουν καταστροφή δασοσυστάδων από αυτό το αίτιο (Ντάφης, 1986). Περισσότερα για το πώς βελτιώνεται η εδαφική δομή από το εδαφικό οργανικό υλικό αναφέρονται στο κεφάλαιο των επιδράσεων των δασικών πυρκαγιών στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους (DeBano et al, 1998).

Το δάσος, πέρα από την επίδραση της οργανικής ύλης στο έδαφος, προσφέρει ιδανικές οικολογικές συνθήκες για την ύπαρξη και ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών από οργανισμούς, φυτικούς και ζωικούς, οι οποίοι με την σειρά τους επηρεάζουν πολλές εδαφικές ιδιότητες και μαζί το πορώδες και τον αερισμό. Τα φυτά κατ' αρχάς με το ριζικό τους σύστημα διασωληνώνουν το έδαφος και όταν ένα δέντρο νεκρώνεται και οι ρίζες του αποσυντίθενται ανοίγουν μεγάλες στοές στο έδαφος, αυξάνοντας σημαντικά το (ενεργό) πορώδες. Επιπλέον, οι εδαφικοί μικροοργανισμοί (μακροβιοτικοί, όπως σκώληκες και έντομα) και μικρά ζώα του δάσους κατεργάζονται μεγάλες ποσότητες εδάφους, ανοίγουν μικρότερες στοές από πριν, βελτιώνοντας την ομοιομορφία και κατανομή του πορώδους, αναμιγνύουν τα εδαφικά συστατικά και βελτιώνοντας ουσιαστικά τον αερισμό. Συγκεκριμένα, η «οικοδομική» δραστηριότητα των μυρμηγκίων θεωρείται πολύ σημαντική στην αύξηση του πορώδους και τον μορφοποίηση του μικροαναγλύφου του εδάφους (Ντάφης, 1986).

Η χρήση μεγάλων μηχανημάτων κατά τις υλοτομίες μπορεί, όταν το ευνοεί και η υγρασία, να διαταράξουν και να συμπιέσουν το επιφανειακό έδαφος, συμπυκνώνοντας το τόσο ώστε να μειωθεί πολύ το πορώδες και να έχουμε συνθήκες πολύ κακού αερισμού. Ο κακός αερισμός είναι κρίσιμος για την θρέψη των φυτών και μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ανάπτυξη των ριζών, στην ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων των φυτών, καθώς επίσης μπορεί να οδηγήσει και στην δημιουργία τοξικών ενώσεων (αναερόβιες συνθήκες, Παπαμίχος, 1990).

Επίδραση πυρκαγιών στο πορώδες και τον αερισμό

Οι πυρκαγιές, καταναλώνοντας το οργανικό υλικό του εδάφους, μεταβάλλουν σημαντικά την εδαφική δομή και το πορώδες (μέγεθος και κατανομή πόρων) και συνεπώς και τον αερισμό του εδάφους. Για τις επιπτώσεις των πυρκαγιών στην δομή, το πορώδες και τις φυσικές εδαφικές ιδιότητες γενικότερα αναφερόμαστε στο κεφάλαιο 3. Πάντως πρέπει να σημειωθεί πως καθοριστικές είναι και οι μεταπυρικές (ανθρωπογενής) παρεμβάσεις για την διαμόρφωση της εδαφικής δομής και του πορώδους, καθώς το μεταπυρικό έδαφος είναι πολύ ευάλωτο σε διαταραχές.

Επίδραση δάσους στη θερμοκρασία του εδάφους

Η θερμοκρασία του εδάφους αποτελεί σημαντικό οικολογικό παράγοντα. Η φύτευση των σπόρων, η ανάπτυξη των ριζών, η βιολογική δραστηριότητα και πολλές φυσικοχημικές διεργασίες, καθώς και η πρόσληψη θρεπτικών από τα φυτά εξαρτάται στενά από αυτήν (Ντάφης, 1986). Το δάσος με την κομοστέγη του παρεμποδίζει ένα μεγάλο μέρος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του εδάφους ενώ συγχρόνως μειώνει σημαντικά την ακτινοβολία από το έδαφος κατά τη διάρκεια της νύχτας. Με αυτή την επίδραση μειώνεται το εύρος διακύμανσης των θερμοκρασιών, με μείωση των μεγίστων και αύξηση των ελαχίστων. Φυσικά η επίδραση αυτή είναι έντονη στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα και μειώνεται σημαντικά με το βάθος μέχρι που εκμηδενίζεται σε ένα βάθος 1-1,2 m (Ντάφης, 1986). Για παράδειγμα οι διαφορές των μεγίστων θερμοκρασιών της επιφάνειας του εδάφους, κάτω από δάσος και στο ύπαιθρο, μπορούν να φτάσουν το καλοκαίρι τους 30°C και πάνω. Δασοπονικό είδος, ηλικία, δομή συστάδων και εποχή του έτους επηρεάζουν σημαντικά την επίδραση αυτή του δάσους (Ντάφης, 1986). Πολυόροφες κλειστές συστάδες από σκιάφυτα είδη, όπως η ελάτη, ασκούν τη μεγαλύτερη επίδραση ενώ μονοόροφες χαλαρές συστάδες φωτοφύτων τη μικρότερη. Πάντως, γενικά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία του δασικού εδάφους είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη του υπαίθριου, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι μεγαλύτερη ή ίση με αυτή (Ντάφης, 1986).

Επίδραση πυρκαγιών στις εδαφικές θερμοκρασίες

Οι πυρκαγιές, καταστρέφοντας την δασική βλάστηση και αλλάζοντας πολλές από τις φυσικές εδαφικές ιδιότητες, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο έδαφος. Η απώλεια της βλάστησης οδηγεί σε σημαντική αύξηση του θερμοκρασιακού εύρους του εδάφους, μεταξύ μέρας και νύχτας και χειμώνα και καλοκαιριού. Επίσης, η μείωση της περιεκτικότητας του καμένου, απογυμνωμένου εδάφους σε νερό (λόγω επίδρασης ανέμων και ηλιακής ακτινοβολίας) και σε οργανικές ύλες, οδηγεί σε μείωση της θερμοχωρητικότητας του, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολύ υψηλών ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Στην απογυμνωμένη επιφάνεια του καμένου εδάφους, τις θερινές μεσημβρινές ώρες μπορούν να αναπτυχθούν θερμοκρασίες της τάξης των 70-80°C. Αντίστοιχα, τις χειμερινές νύχτες με ξαστεριά, η έλλειψη βλάστησης οδηγεί σε έντονη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να πέφτει πολύ χαμηλά δημιουργώντας παγετούς (Κωνσταντινίδης, 2003). Στην περίπτωση της Πάρνηθας, μετά την καταστροφική πυρκαγιά του Ιουνίου του 2007, η αφαίρεση του δάσους και η ύπαρξη πολύ αβαθούς εδάφους (<5 cm), οδηγεί στο ότι τα εκτεθειμένα πλέον (μητρικά) πετρώματα, που είναι ασβεστολιθικής σύστασης και απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, ώστε στις γυμνές, καμένες και βραχώδεις εκτάσεις να αναπτύσσονται θερμοκρασίες εδάφους μεγαλύτερες των 50°C το καλοκαίρι. Το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντική τροχοπέδη στην αναγέννηση του καμένου δάσους αλλά και στην επιβίωση πολλών εδαφικών μικροοργανισμών (Ε. Λέκκας από ΤΑ ΝΕΑ, 28/9/08).

Επίδραση του δάσους στην εδαφική διάβρωση.

Το δάσος βρίσκεται σε στενή σχέση τόσο στην υδατική οικονομία του δασικού εδάφους, όσο και στη διάβρωσή του. Το δάσος, που είναι ένα από τα πιο πολύτιμα αγαθά της φύσης για τον άνθρωπο, δημιουργήθηκε με φυσικοχημικές και βιολογικές εργασίες, που κράτησαν εκατομμύρια χρόνια και έπαιξε και παίζει σημαντικό, ίσως θεμελιώδη, ρόλο στην αποσάθρωση των πετρωμάτων και την εδαφογένεση, καθώς και στην προστασία και διατήρηση του υπάρχοντος εδάφους. Ωστόσο, η διάβρωση μπορεί να καταστρέψει αιώνες εξέλιξης και εδαφογένεσης και μπορεί να αποτελέσει σοβαρή τροχοπέδη στην εγκατάσταση του δάσους. Ιδιαίτερα σε ορεινές περιοχές με κλίσεις, η διάβρωση θεωρείται ο σοβαρότερος εχθρός του δάσους (Ντάφης, 1986). Το δάσος και η δασική βλάστηση προστατεύει, πολύ χονδρικά, το έδαφος 1) από τις κατακρημνίσεις, μειώνοντας την ορμή και την ποσότητά τους με την κομοστέγη του, 2) μειώνοντας την επιφανειακή απορροή και αυξάνοντας την διήθηση, 3) βελτιώνοντας την εδαφική συνοχή και αντοχή με το ριζικό σύστημα των φυτών και 4) μειώνοντας την ένταση του ανέμου και προστατεύοντας από την διαβρωτική του ενέργεια. Με άλλα λόγια, το δάσος είναι μείζων εδαφογενετικός παράγοντας, ενισχύοντας την αποσάθρωση των πετρωμάτων και εμποδίζοντας την απόσπαση και μεταφορά εδαφικών υλικών (διάβρωση).

Η διάβρωση βέβαια εξαρτάται και από τον τύπο του εδάφους, την μορφολογία του, το ποσοστό κάλυψής του και την ένταση των βροχών. Πιο επιρρεπή στην διάβρωση είναι τα αργιλώδη εδάφη σε μεγάλες κλίσεις, καθώς το λεπτόκοκκο υλικό, που είναι και πιο γόνιμο, παρασύρεται ευκολότερα, αλλά και λόγω του ότι τα αργιλώδη εδάφη δημιουργούν έντονες επιφανειακές (επίγειες) ροές. Φυσικά, η διάβρωση εξαρτάται και από την σύνθεση και δομή των δασοσυστάδων, με καλύτερες αυτές των κηπευτών κωνοφόρων, αλλά και από τους δασοκομικούς χειρισμούς. Έτσι για παράδειγμα, στα Ουκρανικά Καρπάθια, ύστερα από έντονες αποψιλωτικές υλοτομίες, παρατηρήθηκε απώλεια εδάφους 500-650 m³/ha στα 8-10 πρώτα χρόνια. Ακόμα, η διάνοιξη νέων τρακτερόδρομων για εργασίες υλοτομίας και όχι μόνο, επιδείνωσε κατά πολύ το φαινόμενο (Smagliuc, 1978, Drobisky and Pogomarev, 1977 από Ντάφης, 1986). Το πρόβλημα της υπερβολικής διάνοιξης δασικών δρόμων αντιμετωπίζεται και στην χώρα μας έντονα, με σημαντική αύξηση των κινδύνων διάβρωσης, αποδεικνύοντας για μια ακόμη φορά, την κακή δασική πολιτική της Ελλάδας (Καϊλίδης, 1993). Στον πίνακα Π1.3 (Ντάφης, 1986), παρουσιάζονται πίνακες που δείχνουν την διάβρωση, συναρτήσει της έντασης της βροχής, των χαρακτηριστικών του εδάφους και του ανάγλυφου, της κάλυψης και των χρήσεων γης.

Γενικά, η διάβρωση επιδεινώνεται από κάθε είδους ανθρώπινη επέμβαση που συνεπάγεται εκδάσωση ή εμποδίζει την φυσική αναγέννηση του δάσους. Τέτοιες επεμβάσεις είναι οι υλοτομίες, οι εκχερσώσεις για γεωργικούς σκοπούς, η βοσκή, η διάνοιξη δρόμων κα. Τέλος, οι δασικές πυρκαγιές είναι μια από τις βασικότερες αιτίες έντονων φαινομένων διάβρωσης, καθώς αποδασώνουν άμεσα και πλήρως μεγάλες δασικές εκτάσεις. Για την σύνδεση των δασικών πυρκαγιών και της εδαφικής διάβρωσης αναφερόμαστε εκτενώς στο κεφάλαιο 5.

Πίνακας Π1.3. Μετρήσεις διάβρωσης μετά από επεισόδια βροχής, για συγκεκριμένα δασικά είδη και συγκεκριμένες χρήσεις γης (από Ντάφης, 1986)

Διάβρωση του εδάφους υπαίθριου περιβάλλοντος σε συνάρτηση με την ένταση της βροχής (Fournier, 1972)			
Ομάδα έντασης βροχής mm/h		Διάβρωση t/h/Km ²	
25		372	
26 - 50		595	
51 - 101		1.101	
102 - 178		3.609	
229 - 254		4.793	
Διάβρωση εδάφους σε πλαγιές με κλίση (Gaspar, 1981).			
Χαρακτηριστικά πλαγιάς		Διάβρωση t/ha/έτος	
Α. Υδρολογική λεκάνη με διαπερατά εδάφη			
Συστάδα πεύκης με πλήρη συγκόμωση κλίση 50%		0,05	
Συστάδα οξυάς με πλήρη συγκόμωση κλίση 100%		0,15	
Συστάδα ψευδακακίας με συγκόμωση 0,6, κλίση 70%		0,15	
Λειμώνες με κλίση 50%		0,14	
Βοσκότοποι με κλίση 60%		0,89	
Β. Σε λεκάνη με εδάφη δυσκολοδιαπερατά			
Γυμνά εδάφη με κλίση 38% και ενεργό ολίσθηση		76,4	
Εδάφη με αραιά χόρτα, με ενεργό διάβρωση κλίσης 59%		29,2	
Υποβαθμισμένοι βοσκότοποι κλίσης 60%		27,0	
Εδάφη καλυμμένα με ποώδη βλάστηση και μισοσταθεροποιημένη διάβρωση		2,9	
Δασοσκεπείς λειμώνες και βοσκότοποι κλίσης 40-60%		0,15 - 0,27	
Δάσος με κλειστή συγκόμωση, κλίσης 62%		0,21	
Διάβρωση σε συνάρτηση με τη χρήση του εδάφους (κατά τους Ursic και Dendis, 1969)			
Χρήση εδάφους	Επιφανειακή απορροή σε ποσοστό Ετήσια διάβρωση t/ha		Ετήσια διάβρωση t/ha
	ετήσιων κατακρημνισμάτων (1320 mm)		
Γεωργικό έδαφος	34	10,00	
Βοσκότοπος	29	0,80	
Χέρσο	13	0,07	
Δάσος φυλλοβόλων	10	0,05	
Αναδάσωση Πεύκης	2	0,01	
Στερεοπαροχή «εν αιωρήσει» σε σχέση με ποσοστό δασοκάλυψης (Traci, 1974)		Στερεοπαροχή προερχόμενη από πλαγιές της λεκάνης Bristita (Traci, 1972)	
Χρήση εδάφους	Στερεοπαροχή m ³ /έτος/ha	Ποσοστό δασοκά-Στερεοπαροχή εν λυψης %	αιωρήσει t/έτος/ha
Έδαφος ακάλυπτο από βλάστηση	20 - 40	Πάνω από 60	1 - 5
Έδαφος χρησιμοποιούμενο για λιβάδια		40 - 60	5 - 10
- Κοφτολίβαδα	1,175 - 0,374	20 - 40	- 10
- Λιβάδια	0,002 - 0,170	Κάτω από 20	25
Δάσος οξυάς	0,001 - 0,260		

Π1.7 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΖΩΟΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ

Οι σχέσεις του δάσους και της ζωοκοινότητας, δηλαδή του συνόλου των κατωτέρων και ανωτέρων ζώων που σε αυτό, είναι πολύπλοκες, πολυσύνθετες και αμφίδρομες (Ντάφης, 1986). Το να περιγράψουμε τις σχέσεις αυτές ξεφεύγει από τα πλαίσια της εργασίας αυτής, αν και μέσα στο κείμενο αρκετών κεφαλαίων αναλύονται κάποιες από αυτές εξετάζοντας της επιδράσεις τους (βλ. επίδραση πυρκαγιών στην βιολογία του εδάφους). Ωστόσο, η ζωοκοινότητα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο του δασικού οικοσυστήματος και ασκεί σημαντικότερη επίδραση στην εξέλιξη της δασικής βλάστησης. Γι' αυτό μια μικρή μνεία κρίνεται απαραίτητη. Το δάσος, ανάλογα με την σύνθεσή του και τη δομή του προσφέρει κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη των ζώων, γιατί σε αυτό βρίσκουν καταφύγιο και την αναγκαία τροφή (Ντάφης, 1986). Τα ζώα με την σειρά τους ασκούν τόσο άμεσες, όσο και έμμεσες επιδράσεις, στο δασικό έδαφος και την δασική βλάστηση. Οι επιδράσεις αυτές μπορεί να είναι είτε ευνοϊκές, είτε δυσμενείς. Τόσο η σύνθεση της φυτοκοινωνίας επηρεάζει την σύνθεση της ζωοκοινωνίας και το αντίστροφο! Έτσι, τελειώνοντας θέλουμε να τονιστεί πως η μελέτη της δυναμικής των οικοσυστημάτων, απαιτεί την αντιμετώπιση σαν ένα σύνολο, τις κοινωνίες των φυτών και των ζώων που διαβιούν στο συγκεκριμένο οικοσύστημα (Ντάφης, 1986).

Επίδραση πυρκαγιών στη ζωοκοινότητα

Πολλές φορές ακούμε, μετά από πυρκαγιά, για καταστροφή της άγριας πανίδας, για εξαφάνιση άγριων ζώων κ.α. Αν και δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες πάνω στο θέμα, μια γενική παρατήρηση είναι πως παρά τις συνεχείς πυρκαγιές στα Μεσογειακά οικοσυστήματα, τα ζώα που ζούσαν πριν εκατοντάδες χρόνια, συνεχίζουν ζουν ακόμα και σήμερα, χωρίς να επηρεάζονται τόσο από τις δασικές πυρκαγιές, αλλά περισσότερο από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις (Κωνσταντινίδης, 2003). Εκτιμάται, πως οι αιτίες εξαφάνισης άγριων ζώων, σε πολλές περιοχές, επικεντρώνονται περισσότερο σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως το κυνήγι, η απομόνωση περιοχών λόγω κατασκευής μεγάλων δρόμων κ.α. και λιγότερο στις δασικές πυρκαγιές. Είναι λογικό, όπως η δασική γλωρίδα έχει αναπτύξει μηχανισμούς επιβίωσης στις δασικές πυρκαγιές, έτσι να έχει κάνει και η δασική πανίδα. Γι' αυτό, σπάνια συναντάμε απανθρακωμένα άγρια ζώα, σε καμένες περιοχές, αντίθετα με τα οικόσιτα ζώα.

Οι πυρκαγιές μπορεί να δρουν άμεσα κατά των αγρίων ζώων, δηλαδή να τα θανατώνουν άμεσα, λόγω υψηλών θερμοκρασιών και ασφυκτικών συνθηκών ή έμμεσα, μεταβάλλοντας το περιβάλλον (βιοτικό και αβιοτικό) στο οποίο κινούνται, τρέφονται, βρίσκουν καταφύγιο, αναπαράγονται και διαβιούν γενικότερα. Η άμεση θανάτωση είναι μηδαμινή και πλήττει τα βραδυκίνητα ζώα, όπως οι χελώνες, που είναι και τα πιο εύκολα θύματα των δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993). Ακόμα, έχει παρατηρηθεί πως οι πυρκαγιές επηρεάζουν πολύ τους πληθυσμούς των εντόμων, άλλους θετικά (όπως τα ξυλοφάγα έντομα) και άλλους αρνητικά. Οι πληθυσμοί που επηρεάζονται αρνητικά είναι οι περισσότεροι και αυτή είναι και μία αιτία εφαρμογής ελεγχόμενης πυρκαγιάς. Τέλος, οι πυρκαγιές επιδρούν σημαντικά και στους πληθυσμούς των πουλιών. Άλλα είδη πουλιών ωφελούνται από αυτές, άλλα όχι και άλλα δεν επηρεάζονται καθόλου. Η πιο αρνητική επίδραση είναι η άμεση καταστροφή των φωλιών και των νεοσσών. Πάντως, από μια έρευνα που έγινε στην Ανάβυσσο Αττικής το 1982, σε μόνιμα και μεταναστευτικά πουλιά, παρατηρήθηκε πως αν υπάρχει ένα μωσαϊκό από άκαυτες και καμένες περιοχές, σε διάφορα στάδια αναγέννησης, τότε οι περισσότεροι πληθυσμοί, όχι μόνο μένουν ανεπηρέαστοι, αλλά πολλοί από αυτούς αυξάνονται και επίσης μπορεί να παρατηρηθούν και νέοι (Μάργαρης, 2001). Με άλλα λόγια, το μωσαϊκό από άκαυτες και καμένες περιοχές είναι το βέλτιστο και βλέπουμε

πως η φωτιά βοηθά στην διατήρηση και στον εμπλουτισμό της βιοποικιλότητας μιας περιοχής!

Π1.8 ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΑΣΟΥΣ-ΦΩΤΙΑΣ

Για πολλά χερσαία οικοσυστήματα, με κλασσικό παράδειγμα τα Μεσογειακά, η φωτιά αποτελεί έναν σπουδαίο οικολογικό παράγοντα, καθώς συμβάλει καθοριστικά στην διαμόρφωση της βιοποικιλότητας του ίδιου του οικοσυστήματος (Moreno and Oechel, 1994). Τα οικοσυστήματα αυτά, είναι συνήθως πολύ ανταγωνιστικά, λόγω ανεπάρκειας νερού, θρεπτικών ή και εδάφους. Σε τέτοια οικοσυστήματα εμφανίζονται φυσικές πυρκαγιές κατά σχεδόν κανονικά διαστήματα. Γι' αυτό το λόγο, σ' αυτά έχουν αναπτυχθεί τυπικά πυρόφυτα ή πυρόφιλα είδη, αν και ο πιο σωστός όρος είναι πυράντοχα (Ντάφης, 1986). Πολλά από αυτά τα είδη, έχουν πολύ μικρή ανταγωνιστική ικανότητα και ισχυρούς μηχανισμούς προσαρμοστικότητας στις πυρκαγιές, με συνέπεια να επωφελούνται από αυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η δική μας χαλέπιος πεύκη, η οποία έχει πολύ μικρή ανταγωνιστική ικανότητα απέναντι στα πλατύφυλλα είδη του υπόροφου (Ραδόγλου, 2001). Με την επίδραση των πυρκαγιών καταστρέφεται η ανταγωνιστική υποβλάστηση με συνέπεια την ανάπτυξη και επιβίωση του είδους (Ντάφης, 1986, Καϊλίδης, 1993, Μάργαρης, 2001). Έτσι λοιπόν, τα πυρόφιλα οικοσυστήματα οφείλουν τη διατήρηση, ανανέωση και επέκτασή τους στις πυρκαγιές, εφόσον βέβαια εμφανίζονται κατά λογικά χρονικά διαστήματα. Έτσι και τα Μεσογειακά οικοσυστήματα, με την δομή και σύνθεση που γνωρίζουμε, οφείλουν την ύπαρξή τους στα επεισόδια των πυρκαγιών που συμβαίνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Moreno and Oechel, 1994)

Βέβαια η επίδραση των πυρκαγιών δεν είναι πάντα ευνοϊκή, ανάλογα με τη μορφή της, την έντασή της, τη συχνότητα επανάληψής της και την επίδραση μεταπυρικών παραγόντων όπως είναι η βοσκή. Με τις πυρκαγιές εναποτίθεται μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ουσιών στο έδαφος, άμεσα διαθέσιμων για τα φυτά, οι οποίες όμως είναι υδατοδιαλυτές και μπορούν εύκολα να παρασυρθούν από τα επιφανειακά ύδατα και να χαθούν από το συγκεκριμένο οικοσύστημα, με συνέπεια την υποβάθμισή του (Καϊλίδης, 1993). Επιπροσθέτως, οι πυρκαγιές επιδρούν στη σύνθεση της ζωοκοινότητας. Στα περισσότερα είδη ζώων επιδρά αρνητικά με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του πληθυσμού τους. Σε ελάχιστα μόνο είδη (κάποια είδη μυκήτων και σκαθαριών) ασκούν θετικές επιδράσεις (Ντάφης, 1986, DeBano et al, 1998).

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε οι πυρκαγιές παίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των πυρόφυλλων φυτοκοινωνιών και κατά επέκταση των πυρόφυλων οικοσυστημάτων. Σε αυτά τα οικοσυστήματα ισχύει η πυρογενής κλίμακα ή πυρογενής διαδοχή, σύμφωνα με την οποία, η διαδοχή των φυτικών ειδών στηρίζεται στις πυρκαγιές. Δηλαδή, η ύπαρξη ή η εξαφάνιση πολλών φυτικών ειδών εξαρτάται κατ' αρχήν από το καθεστώς των πυρκαγιών. Για παράδειγμα, στην περιοχή Περγουλίου Τρικάλων, η ύπαρξη του δάσους ελάτης οφείλετε στις επανειλημμένες πυρκαγιές. Προ του 1200 π.Χ. το δάσος ήταν μάλλον δάσος δρυός. Μετά την κάθοδο των Δωριέων, η περιοχή κάηκε αρκετές φορές μέχρι την περίοδο της Τουρκοκρατίας, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους και την επικράτηση της ολιγαρκέστερης ελάτης. Βλέπουμε δηλαδή, πως οι πυρκαγιές δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη εντελώς διαφορετικών διαπλάσεων, που χωρίς αυτές πιθανώς να μην υπάρχουν καν στην περιοχή (Αθανασιάδης, 1974 από Καϊλίδης, 1993).

Ένα άλλο κλασσικό παράδειγμα για τη μεσογειακή περιοχή, είναι τα πευκοδάση, που διατηρούνται και έχουν διαδεχθεί άλλα δάση (δρυών κ.α.), λόγω των ευεργετικών για αυτά επιδράσεων των πυρκαγιών. Τα πεύκα, πέρα από τους μεταπυρικούς

μηχανισμούς ανάκαμψης που διαθέτουν, χρησιμοποιούν μηχανισμούς που τα κάνουν εύφλεκτα. Πρωτεύων μηχανισμός τέτοιου είδους, είναι η ρητίνη που περιέχεται στις πεύκες, που κάνει πολύ εύφλεκτες ακόμα και τις πράσινες βελόνες (Γκόφας, 2001). Επιπλέον, στα νεαρά δενδρύλλια πεύκης, καθυστερεί η φυσική αποκλάδωση των χαμηλότερων κλαδιών, που συνήθως είναι ξερά λόγω έλλειψης φωτός, με αποτέλεσμα να μετατρέπεται κάθε πυρκαγιά σε πυρκαγιά κόμης (Μάργαρης, 2001). Τέλος, η πεύκη αποδίδει στο έδαφος μεγάλη μάζα εύφλεκτου υλικού από βελόνες, που συσσωρεύονται σε χαλαρά στρώματα, οδηγώντας έτσι σε πολύ εύκολη και ταχύτατη διάδοση των πυρκαγιών. Αντίθετα, οι βελόνες της ελάτης, που εναποτίθενται στο έδαφος, συσσωρεύονται σε συμπαγή στρώματα, τα οποία πρακτικά δεν καίγονται (Ντάφης, 1986). Χωρίς τις πυρκαγιές, εκτιμάται πως τα πευκοδάση θα εξαφανίζονταν από τον ανταγωνισμό των πλατύφυλλων θαμνωδών ειδών (Ντάφης, 1986).

Τα πλατύφυλλα θαμνώδη είδη από την άλλη, είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις ξηροθερμικές συνθήκες του Μεσογειακού κλίματος, λόγω της αειφυλλίας και της σκληροφυλλίας τους. Παράλληλα όμως, έχουν και μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα, για περαιτέρω εξοικονόμηση υγρασίας, που στηρίζεται σε 2 μηχανισμούς. Ο πρώτος στηρίζεται στις ασφυκτικές συνθήκες που δημιουργούν στο έδαφος, κρύβοντας εντελώς τον ήλιο από αυτό, εμποδίζοντας έτσι την φύτευση νέων σπόρων και ο δεύτερος στην αλληλοπάθεια, δηλαδή την ικανότητα κάποιων φυτών να τροφοδοτούν το έδαφος με τοξικές ουσίες για άλλα είδη, μέσω των ριζών τους (Κωνσταντινίδης, 2003). Τα περισσότερα από αυτά τα είδη, χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά πυράντοχα, έχοντας ισχυρούς μηχανισμούς πνευνοβλαστικότητας και ρίζοβλαστικότητας και συνεπώς η φωτιά δεν τα πολυεπηρεάζει, σε βαθμό που να επανέρχονται πλήρως σε 5 έτη (Καϊλίδης, 1993). Συνεπώς, σε αυτήν την περίπτωση, η φωτιά είναι καθοριστική, όχι τόσο για την επιβίωση συγκεκριμένων ειδών, αλλά για την διατήρηση της βιοποικιλότητας, καθώς αν απουσιάσει για πολλά χρόνια, η αλληλοπάθεια θα οδηγήσει στην επικράτηση λίγων και πιο ανταγωνιστικών ειδών. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως πολλά φρυγανικά είδη, εκτιμάται πως οφείλουν την ύπαρξή τους στις φωτιές και μάλιστα στις συχνές φωτιές, καθώς παράγουν εύφλεκτα αιθέρια έλαια και μάλιστα σε συνθήκες με έντονη ζέστη και ξηρασία (Αριανούτσου, 2001).

Παρόλο που τα Μεσογειακά οικοσυστήματα είναι πλήρως προσαρμοσμένα στις δασικές πυρκαγιές, υπάρχουν πολλά Μεσογειακά είδη φυτών, που ευδοκιμούν συνήθως σε μεγάλο υψόμετρο, που είναι ευπαθή στις πυρκαγιές. Τέτοια είδη είναι τα είδη ελάτης και τα δάση φυλλοβόλων πλατύφυλλων (με εξαίρεση τα δρυοδάση), όπως τα δάση οξυάς, καστανιάς και φιλύρας. Σε αυτά τα δάση εμφανίζονται σπάνια πυρκαγιές και δεν διαδίδονται πολύ. Μπορεί να εμφανιστούν, όταν στα δάση αυτά, για κάποιο λόγο όπως ασθένειες, υπάρχει μεγάλη συσσώρευση νεκρής φυτικής βιομάζας και όταν οι καιρικές συνθήκες (έντονη ζέστη και ξηρασία) το επιτρέπουν. Πάντως, είναι γενικά παραδεκτό, πως στα ορεινά δάση πλατύφυλλων και ελάτης της Μεσογειακής περιοχής, δεν εμφανίζονται συχνά φυσικές πυρκαγιές (Ντάφης, 1986).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Π2

ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΦΥΤΟΔΙΑΠΛΑΣΕΙΣ

Π2.1 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Διασχίζοντας την Ελλάδα, εύκολα παρατηρεί κανείς, ότι η φυσιογνωμία του δασικού τοπίου και της βλάστησης αλλάζει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Άλλη μορφή έχει η βλάστηση σε χαμηλά υψόμετρα, κοντά στη θάλασσα, και άλλη στις ορεινές περιοχές. Οι διαφορές στη φυσιογνωμία της βλάστησης και του τοπίου είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών ειδών και βιοτικών τύπων φυτών που ευδοκίμούν στις οικολογικές συνθήκες κάθε περιοχής, αλλά και των χρήσεων του φυσικού χώρου που εφαρμόζει ο άνθρωπος (Γκόφας, 2001).

Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από κλιματικές συνθήκες που προκύπτουν από τη γεωγραφική του θέση (γεωγραφικό πλάτος, δηλαδή η απόσταση από τον ισημερινό και τον βόρειο πόλο), την επίδραση της θάλασσας και τα συνήθη μετεωρολογικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην περιοχή αυτή. Πιο ειδικά, το κλίμα της Ελλάδας και της εκάστοτε περιοχής καθορίζεται από τους εξής 5 παράγοντες (Γκόφας, 2001): το γεωγραφικό πλάτος, την κίνηση των αερίων μαζών και τα διάφορα είδη ανέμων (αύρες-θαλάσσιοι, κοιλάδων, ορέων, μελτέμια, τύπου λίβα, καταιγίδας, ανεμοστρόβιλοι, ψυχρού μετώπου και άλλα είδη τοπικών ανέμων), το ανάγλυφο του εδάφους, την κατανομή των βροχοπτώσεων και τη βλάστηση. Ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να χαρακτηριστεί το κλίμα της Ελλάδας και γενικότερα των χωρών της Μεσογείου είναι “(βιο)κλίμα μεσογειακού τύπου” (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993).

Στα πλαίσια του γενικού αυτού κλίματος, οι διάφορες περιοχές της Ελλάδας μπορεί να διαφοροποιούνται κλιματικά σε σημαντικό βαθμό, καθώς οι παραπάνω παράγοντες διαφέρουν ανάλογα με την απόστασή τους από τη θάλασσα, τη γεωμορφολογία της περιοχής, το υψόμετρο και άλλες παραμέτρους που οδηγούν σε αξιοσημείωτο (αν όχι μοναδικό) εύρος οικολογικών βαθμίδων. Η εξάπλωση της Ελλάδας, από τον 36° έως 42° παράλληλο, που βρίσκεται εξ’ ολοκλήρου στο μέσο της εύκρατης ζώνης, δίνει μια μόνο εικόνα της ποικιλίας των κλιματικών τύπων στην Ελλάδα και κατ’ επέκταση της ποικιλίας της χλωρίδας. Έτσι, οι ορεινές Β-ΒΔ εκθέσεις που δεν επηρεάζονται άμεσα από τη θάλασσα, τείνουν προς το ηπειρωτικό κλίμα της Μεσευρώπης (Ντάφης, 1986). Σε αυτό επικρατεί ψυχρός χειμώνας με πολλά χιόνια και παγετούς. Αντίθετα, οι ορεινές Ν-ΝΑ εκθέσεις και τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους, έχουν εύκρατο μεσογειακό κλίμα, με ήπιους χειμώνες.

Σε κάθε περιοχή, θεωρώντας μια υψομετρική βαθμίδα, από το επίπεδο της θάλασσας, έως την υψηλότερη κορυφή των βουνών της, κατά μήκος της οποίας μεταβάλλονται οι τιμές των κλιματικών παραμέτρων (κυρίως πτώση της θερμοκρασίας και αύξηση της υγρασίας), παρατηρείται μια αλλαγή των φυτικών διαπλάσεων. Η τυπική σειρά των διαπλάσεων αυτών, ανάλογα με την κλιματική ή την υψομετρική βαθμίδα, είναι: θαμνώδεις εκτάσεις (φρύγανα και μακεία), δάση φυλλοβόλων, ορεινά δάση κυρίως κωνοφόρων αλλά και φυλλοβόλων και αλπικά λιβάδια (Γκόφας, 2001, Ντάφης, 1986). Ανάλογα με τις περιοχές και τις οικολογικές συνθήκες, οι διαπλάσεις αυτές μπορούν να αποτελούνται από διαφορετικά είδη. Σε ορισμένες περιπτώσεις κάποια από τις ζώνες αυτές μπορεί να λείπει.

Τα είδη που συναποτελούν κάθε μια από τις διαπλάσεις αυτές χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο φυσιολογικών και βιολογικών προσαρμογών, την προσαρμοστική στρατηγική, που τους επιτρέπει να επιβιώνουν και να αναπαράγονται στις οικολογικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσονται. Κάθε είδος, βέβαια, παρουσιάζει τη δική του προσαρμοστική στρατηγική, στα πλαίσια όμως της ίδιας βιοκλιματικής ζώνης παρατηρούνται σημαντικές αναλογίες και σημαντικές ομοιότητες, όσον αφορά τουλάχιστον στις προσαρμογές της φυσιολογίας τους (Ντάφης, 1986).

Το υψομετρικό εύρος της κάθε διάπλασης κυμαίνεται από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τις κλιματικές και μικροκλιματικές συνθήκες της περιοχής. Δεν υπάρχουν σαφή όρια μεταξύ των διαδοχικών διαπλάσεων. Συχνά παρατηρούνται μεταβατικές ζώνες, όπου συνυπάρχουν είδη και από τις δύο διαδοχικές διαπλάσεις. Η έλλειψη μεταβατικής ζώνης υποδεικνύει συνήθως απότομη μεταβολή των οικολογικών συνθηκών ή υποβάθμιση της ζώνης αυτής από τον άνθρωπο (Γκόφας, 2001).

Στον Ελλαδικό χώρο, η ποικιλία της βλάστησης είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένου ότι στις διάφορες διαπλάσεις, ανάλογα με την περιοχή, συχνά συνυπάρχουν στοιχεία της μεσογειακής, της κεντροευρωπαϊκής και νοτιοευρωπαϊκής χλωρίδας καθώς και καθαρώς ενδημικά στοιχεία της βαλκανικής και της χώρας μας συγκεκριμένα. Τούτο οφείλεται στο πολυποίκιλο τοπογραφικό υπόβαθρο της Ελλάδος, στην έντονη επίδραση της θάλασσας αλλά και στο γεωγραφικό της πλάτος. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως η ελληνική χλωρίδα χαρακτηρίζεται από τέτοια βιοποικιλότητα, ώστε κατά μέσο όρο, ανά χίλια τετραγωνικά χιλιόμετρα, αντιστοιχούν 42 είδη φυτών ενώ στην κεντρική Ευρώπη αντιστοιχούν μόλις 2.5. Στην Καλιφόρνια και την Αυστραλία, όπου το κλίμα είναι σχεδόν ίδιο με το μεσογειακό, ο αριθμός αυτός ανέρχεται σε 12 (Μάργαρης, 2001, Ντάφης, 1986)!

Π2.2 ΟΙ ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η μέθοδος περιγραφής των φυτικών διαπλάσεων που επιλέχθηκε για την παρουσίαση της ελληνικής χλωρίδας, στηρίζεται στη φυσιολογία των σχηματισμών, το χαρακτηριστικό του βασικού δασικού είδους και τη θέση τους κατά μήκος της κλιματικής και υψομετρικής βαθμίδας (Γκόφας, 2001). Από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες περιοχές και από τα χαμηλά προς τα υψηλά υψόμετρα, απαντώνται διαδοχικά οι παρακάτω, πιο κύριοι, σχηματισμοί (Γκόφας, 2001).

Π2.2.1 ΘΑΜΝΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Ίσως οι πιο διαδεδομένοι δασικοί σχηματισμοί της Ελλάδος. Οι σχηματισμοί αυτοί αναπτύσσονται σε ευρείες περιοχές της χώρας μας καλύπτοντας ζώνες που εξαπλώνονται από το επίπεδο της θάλασσας έως το υψόμετρο των 500 ή και 700 μέτρων (Ντάφης, 1986). Συνολικά καλύπτουν έκταση 315000 εκταρίων που αντιστοιχεί στο 13,5% των δασικών εκτάσεων της Ελλάδας (Γκόφας, 2001). Η αειφυλλία και η σκληροφυλλία είναι κοινά χαρακτηριστικά στα περισσότερα είδη των σχηματισμών αυτών, κάνοντάς τους πολύ ανθεκτικούς στις έντονα ξηροθερμικές συνθήκες, που εμφανίζονται στα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Πολλοί πιστεύουν πως οι σχηματισμοί αυτοί είναι αποτέλεσμα μακρόχρονης υποβάθμισης των Ελληνικών δασών από τον άνθρωπο (Pyne, 1997). Άλλοι πάλι πιστεύουν πως οι θαμνώδεις σχηματισμοί πάντα υπήρχαν στο ελληνικό περιβάλλον, κυρίως στις έντονα ξηροθερμικές περιοχές, όπως υπάρχουν και στην Αυστραλία, για παράδειγμα, σε περιοχές όπου δεν έχει σημειωθεί ανθρώπινη επέμβαση τους τελευταίους αιώνες (Μάργαρης, 2001).

Στις ξηρότερες περιοχές της ζώνης αυτής και όπου φωτιά και βόσκηση έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την αρχική βλάστηση, αναπτύσσονται θαμνώδεις σχηματισμοί που ονομάζονται φρύγανα (Καϊλίδης, 1993). Τα φρύγανα είναι φυτικοί σχηματισμοί χαμηλής πυκνότητας, όπου επικρατούν οι χαμηλοί θάμνοι (μικρότεροι του 0,5 m), στους οποίους οφείλεται η χαρακτηριστική φυσιογνωμία των φρυγανών. Βασική προσαρμοστική ιδιότητα των φυτών αυτών στις οικολογικές συνθήκες των ξηρών περιοχών, είναι ο εποχικός διμορφισμός (Ντάφης, 1986). Τα φυτά αυτά έχουν δύο τύπους φύλλων, το χειμωνιάτικο και το καλοκαιρινό φύλλωμα, ενώ ορισμένα είδη φυλλοβολούν κατά την περίοδο της ξηρασίας.

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί φρυγανών είναι οι εξής (Γκόφας, 2001):

- Λαδανιάς
- Ασφάκας
- Θυμαριού

Τις περισσότερες φορές η ασφάκα (*Phlomis Fruticosa*) συνυπάρχει με το θυμάρι. Άλλα χαρακτηριστικά είδη που υπάρχουν στους φρυγανικούς σχηματισμούς είναι οι γαλατσίδες, η λεβάντα, ο αμάραντος, το θρούμπι, η ασπалаθιά, η φασκομηλιά, το λυχνάρακι, η ρίγανη, η μέντα, η αστοιβή κ.α.

Στις υγρότερες περιοχές της ζώνης αυτής και όπου οι ανθρώπινες επεμβάσεις δεν έχουν οδηγήσει σε εκτεταμένη υποβάθμιση της βλάστησης, αναπτύσσεται η λεγόμενη μακεία θαμνώδης βλάστηση (Γκόφας, 2001). Η μακεία βλάστηση αποτελείται από πλατύφυλλους και αείφυλλους θάμνους και γι' αυτό χαρακτηρίζεται και ως φυτοδιάπλαση αειφύλλων-πλατύφυλλων. Οι θάμνοι αυτοί έχουν συνήθως χαμηλό ύψος, γύρω στο 1 m, αλλά σε ακραίες περιπτώσεις μπορούν να ξεπεράσουν και τα 3 m ανάλογα το είδος των βιοτικών τύπων που ευδοκούν, τις κλιματικές συνθήκες, αλλά κυρίως τα φαινόμενα διαταραχής (φωτιά, βόσκηση), σε κάθε περιοχή, που αφαιρούν σημαντικά ποσά βιομάζας και συντηρούν τη χαμηλή βλάστηση (Καϊλίδης, 1993). Βασική προσαρμοστική στρατηγική των φυτών αυτών για τη ρύθμιση του υδατικού ισοζυγίου, κατά την περίοδο της ξηρασίας, είναι η ανάπτυξη βαθιού και εκτεταμένου ριζικού συστήματος για τη μεγιστοποίηση πρόσληψης νερού και εκμετάλλευσης του εδάφους (συνήθως φτωχό και πετρώδες), και τη μείωση της διαπνοής από τα φύλλα με μια σειρά χαρακτηριστικών μορφολογικών, φυσιολογικών και ιστολογικών προσαρμογών. Εύκολα καταλαβαίνει κανείς τη θεμελιώδη σημασία της βλάστησης αυτής, στην προστασία του εδάφους από φαινόμενα διάβρωσης.

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί της μακείας βλάστησης είναι (Γκόφας, 1995):

- Πουρναριού
- Σχίνου
- Αριάς

Σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές και ανάλογα με τις μικροκλιματικές συνθήκες, ο σχίνος (*Pistacia Lentiscus*) συνυπάρχει με τη χαρουπιά, τη μυρτιά και το θαμνοκυπάρισσο, ενώ το πουρνάρι (*Quercus Coccifera*) συνυπάρχει με το μικρό φιλίκι και η αριά με το μικρό φράξο. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι σε αυτή την κατηγορία των σχηματισμών, ανήκουν και οι σχηματισμοί όπου κυριαρχούν οι κουμαριές (*Arbutus Unedo*) (άγρια και ήμερη) και τα ρείκια (*Erica Arborea*). Συχνά παρατηρούνται μικροί σχηματισμοί όπου συνυπάρχουν σχίνα και πουρνάρια ενώ άλλα χαρακτηριστικά είδη μακείας βλάστησης είναι η αγριελιά, το σπάρτο, η δάφνη, το χρυσόξυλο, η αγριοτσικουδιά, διάφοροι κέδροι και κυπαρίσσια. Γενικά, οι παραπάνω σχηματισμοί χαρακτηρίζονται, με σειρά αυξανόμενης υγροβιότητας και σαν θερμομεσογειακές, μεσογειακές και υπόμεσογειακές διαπλάσεις (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993, Ντάφης, 1986), ανάλογα την σύνθεσή τους (θερμομεσογειακή με χαρουπιές, αγριελιές και σχίνο, μεσογειακές με αριά και πουρνάρι και υπομεσογειακή

με γάυρο, οστρυνά, κουτσουπιά και πρίνο). Η υπομεσογειακή διάπλαση, που είναι και η υγροβιότερη, πολλές φορές συνυπάρχει με την επόμενη διάπλαση που είναι οι σχηματισμοί φυλλοβόλων δρυών (Ντάφης, 1986).

Π2.2.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΥΛΛΟΒΟΛΩΝ

Οι σχηματισμοί αυτοί φύονται σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές με υψόμετρο συνήθως μικρότερο των 1000 m (Ντάφης, 1986). Χαρακτηρίζονται και σαν θερμόφιλες υποηπειρωτικές διαπλάσεις (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993) και αποτελούνται από υψηλόκορμα φυλλοβόλα δένδρα σχηματίζοντας πυκνές συστάδες. Κυριαρχούνται από διάφορα είδη φυλλοβόλου δρυός (βελανιδιάς, *Quercus*) κυρίως, αλλά και από άλλα πλατύφυλλα φυλλοβόλα είδη, εκτός από την οξυά. Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτουν 750000 εκτάρια, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 30% της δασικής επιφάνειας της Ελλάδας (Γκόφας, 2001).

Σημειώνεται ότι το γένος των δρυών περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό ειδών στην Ελλάδα (χνοώδης, πλατύφυλλος, ήμερη βελανιδιά, μακεδονίτικη βελανιδιά κλπ. Γκόφας, 2001).

Τοπικά, οι διαπλάσεις των φυλλοβόλων κυριαρχούνται ακόμη από την καστανιά και την οστρυνά, ενώ στη Βόρεια Ελλάδα, υπάρχουν και μικροί σχηματισμοί φυλλοβόλων, όπου απαντώνται φλαμουριές, γάυροι και κρανιές (Γκόφας, 2001).

Π2.2.3 ΟΡΕΙΝΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟΒΟΛΩΝ

Οι σχηματισμοί αυτοί, που ανήκουν γενικώς στις ορομεσογειακές, ψυχρόβιες διαπλάσεις (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993) και διαδέχονται στην υψομετρική βαθμίδα, τους σχηματισμούς φυλλοβόλων δρυών σε όλο τον Ελλαδικό χώρο. Στη Νότια Ελλάδα, οι ξηρότερες κλιματικές συνθήκες και η έντονη επίδραση της μεσογειακής χλωρίδας, οδηγούν στην επικράτηση δασικών σχηματισμών στους οποίους κυριαρχούν τα κωνοφόρα και κυρίως το έλατο της Κεφαλονιάς. Στη Βόρεια Ελλάδα, σε ψυχρότερες και υγρότερες περιοχές, όπου η επίδραση της χλωρίδας των κεντροευρωπαϊκών χωρών αυξάνει σε σχέση με τις νοτιότερες περιοχές (Ντάφης, 1986), οι ορεινοί δασικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από την έντονη επικράτηση της οξυάς, της λευκής ελάτης και των υβριδογεννών μορφών της κεφαλληνιακής ελάτης, καθώς και διαφόρων ειδών ψυχρόβιας πεύκης. Η ερυθρελάτη περιορίζεται σε σχηματισμούς στα βόρεια άκρα της χώρας (Σφήκας, 1996).

Σημειώνεται πως η κύρια αιτία υποβάθμισης των δασών αυτών είναι η υπερβόσκηση του ούτος η άλλος φτωχού υπορόφου.(ειδικά στα δάση των κωνοφόρων) και λιγότερο οι δασικές πυρκαγιές, καθώς στα δάση αυτά υπάρχει συνήθως αυξημένη υγρασία (Σφήκας, 1996). Τα δάση αυτά βρίσκονται γενικά σε υψόμετρα από 500 m μέχρι 2000 m και χαρακτηρίζονται ως δάση μέσης ορεινής ζώνης. Τα δάση αυτά, εξαιτίας της μερικής ή ολικής εγκατάλειψης των περισσότερων ορεινών χωριών της χώρας τα τελευταία 40 χρόνια, αύξησαν την έκτασή τους (5% την τελευταία 20ετία, Χατζημπίρος, 2003) και καλυτέρευσαν την ποιότητά τους. Με τη μαζική φυγή των κατοίκων σταμάτησαν να καλλιεργούνται τα γύρω από τα χωριά ορεινά χωράφια, αφανίστηκε η οικόσιτη κτηνοτροφία και μειώθηκε σημαντικά η ξύλευση των δασών καθώς οι άνθρωποι δε χρειάζονται ξύλα για θέρμανση και μαγείρεμα. Έτσι, τα δάση της μέσης ορεινής ζώνης έμειναν σε μεγάλο βαθμό ανέπαφα σε αντίθεση με τα πεδινά δάση, όπου έχουμε έντονη οικιστική ανάπτυξη και αγροτικές καλλιέργειες και τα δάση της ανώτερης ορεινής ζώνης όπου υπάρχει εντατική θερινή κτηνοτροφία (Σφήκας, 1996). Βέβαια, η εγκατάλειψη των δασών αυτών έχει οδηγήσει και στη δημιουργία μεγάλων δασικών πυρκαγιών, κυρίως στις νοτιότερες περιοχές, όταν βέβαια οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν. Συνεπώς, οι δύο πιο σημαντικοί κίνδυνοι των δασών αυτών είναι η υπερβόσκηση και οι

πυρκαγιές. Τα δάση της μέσης ορεινής ζώνης δεν είναι απλές εκτάσεις καλυμμένες από πολλά δένδρα, ούτε απλώς μια σημαντική πηγή πλούτου για την εθνική μας οικονομία, αλλά ζωντανά οικοσυστήματα που χρειάζονται προστασία και η εκμετάλλευσή τους πρέπει να γίνεται με σεβασμό, ευαισθησία και προσοχή.

Παρακάτω παρατίθενται οι πιο σημαντικοί σχηματισμοί της ζώνης αυτής (Σφήκας, 1996, Ντάφης, 1986).

Σχηματισμοί κεφαληνιακής ελάτης (*abies cephalonica*).

Οι σχηματισμοί αυτοί εξαπλώνονται από υψόμετρο 500 m έως 1500 m (Ντάφης, 1986) και απαντώνται στα βουνά της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας (από τα Άγραφα ως τον Πάρνωνα και στην Εύβοια και Κεφαλονιά). Εκτεταμένα δάση κεφαληνιακής υπάρχουν και στην Πάρνηθα της Αττικής, αλλά ένα μεγάλο μέρος των δασών αυτών καταστράφηκε με την πυρκαγιά της 28^{ης} Ιουνίου 2007, για την οποία θα γίνει εκτενής αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο. Το κύριο δασικό είδος των σχηματισμών αυτών είναι το έλατο της Κεφαλονιάς. Το είδος αυτό είναι ενδημικό της Ελλάδας (Σφήκας, 1996), έχει χαρακτηριστική κοντόχοντρη, σκουρόχρωμη κόμη και οι κώνοι του βγαίνουν όρθιοι από τα ανώτερα κλαδιά του δένδρου. Ακόμα. Οι βελόνες του σχηματίζουν χαρακτηριστική σπειροειδή διάταξη η οποία είναι η κύρια διαφορά του είδους αυτού από τα υβρίδιά του, όπως είναι το μακεδονίτικο έλατο (*abies borisii-regis*), που φυτρώνει στα βουνά της βόρειας χώρας, βόρεια των Αγράφων και το χτενοέλατο (*abies alba*) (Σφήκας, 1996) που φυτρώνει στα βουνά των βορείων συνόρων μας. Οι σχηματισμοί κεφαληνιακής ελάτης συνήθως φύονται σε ασβεστολιθικά κυρίως εδάφη και όταν οι συνθήκες εδάφους το επιτρέπουν αναπτύσσονται μικτά, με σχηματισμούς μαύρης πεύκης. Τα δάση ελάτης ή και μαύρης πεύκης χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα φτωχούς υπορόφους και συνεπώς εύκολα γίνεται αντιληπτό το πόσο καταστροφική είναι η βοσκή στη φυσική αναγέννηση των δασών αυτών (Ντάφης, 1986). Στα ελατοδάση του Νότου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς, λόγω των συχνών και ενίοτε εντόνων ξηρών περιόδων.

Σχηματισμοί μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*).

Οι σχηματισμοί του είδους αυτού εξαπλώνονται στο ίδιο υψομετρικό εύρος με την κεφαληνιακή ελάτη και εμφανίζονται ως αμιγείς σχηματισμοί κυρίως στα βουνά της Βόρειας Ελλάδος (Βόρεια Πίνδος, Φαλακρό) και λιγότερο στα βουνά της Νότιας χώρας (Σφήκας, 1996). Ακόμα, κάποιοι σχηματισμοί μικρής έκτασης εμφανίζονται στα βουνά της Πελοποννήσου (Πάρνωνα, Ταΰγετος) και των νήσων του Ανατολικού Αιγαίου (Σάμος, Μυτιλήνη). Η πιο συνήθης περίπτωση είναι οι μικτοί σχηματισμοί με το κεφαληνιακό έλατο και τα υβρίδιά του. Το κύριο δασικό είδος των σχηματισμών αυτών, η μαύρη πεύκη, έχει χαρακτηριστική ψηλόλιγνη κόμη, ολόισιο κορμό και είναι από τα κυριότερα είδη για την παραγωγή ξυλείας στη χώρα μας. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν ελάχιστες απαιτήσεις και επιβιώνουν επιτυχώς στα πιο φτωχά και πετρώδη εδάφη, για αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως στις αναδασώσεις και χαρακτηρίζονται από ελάχιστο υπόροφο (Ντάφης, 1986). Σημειώνεται επίσης, πως τα δάση της μαύρης πεύκης είναι περισσότερο εύφλεκτα σε σχέση με αυτά της ελάτης (Σφήκας, 1996).

Σχηματισμοί οξυάς-ελάτης.

Με νοτιότερο όριο εξάπλωσης την κοιλάδα του Σπερχειού (όρος Οξυά) (Σφήκας, 1996), οι σχηματισμοί της οξυάς κυριαρχούν στο βόρειο ελλαδικό χώρο. Όσο προχωρούμε προς τα Βόρεια, η παρουσία της οξυάς στα ορεινά δάση γίνεται όλο και πιο έντονη, ενώ η παρουσία της ελάτης μειώνεται σταδιακά. Σε περιοχές εξάπλωσης της οξυάς συναντώνται επίσης και σχηματισμοί μαύρης πεύκης (Ολυμπος, Πιέρια). Η υψομετρική εξάπλωση της οξυάς είναι πολύ μεγάλη και κυμαίνεται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Για παράδειγμα,

το χαμηλό όριο του δάσους οξυάς, στις Βόρειες περιοχές της Χαλκιδικής βρίσκεται περίπου στα 200 m ενώ στο Βέρμιο εμφανίζεται πάνω από το υψόμετρο των 1000 m (Σφήκας, 1996). Η οξυά μπορεί να φτάσει μέχρι το υψόμετρο των 1800 m (Σφήκας, 1996). Στην Ελλάδα έχουμε δυο είδη οξυάς, την κοινή ή ευρωπαϊκή (*fagus sylvatica*), και την οξυά της Μοισίας (*fagus moesiaca*) (Σφήκας, 1996), που κάνει μεγαλύτερα φύλλα και απαντάται στα ΒΑ βουνά της Ελλάδος. Είναι γενικά είδος που αποφεύγει τα ασβεστολιθικά εδάφη όπως και οι καστανιές. Στους σχηματισμούς οξυάς ελάτης ο υπόροφος είναι αρκετά πλούσιος και αποτελείται από νεαρές οξυές, φτέρες και νεαρά έλατα, τα οποία είναι σκιοφιλά. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν αντιμετωπίζουν στη χώρα μας κανένα σοβαρό κίνδυνο και χαρακτηρίζονται από πολύ καλή δομή.

Σχηματισμοί καστανιάς (*castanea sativa*).

Οι σχηματισμοί του είδους αυτού έχουν περίπου τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτούς της οξυάς. Υπάρχει και εδώ πολύ μεγάλο υψομετρικό εύρος, αν και η καστανιά δε φτάνει τόσο ψηλά όσο η οξυά (Ντάφης, 1986). Αμιγείς σχηματισμοί καστανιάς, υπάρχουν κυρίως στα βουνά της κεντρικής Πίνδου (Τριγγιά) και ελάχιστα σε άλλες περιοχές της χώρας. Δυστυχώς αυτοί οι σχηματισμοί διαρκώς περιορίζονται και κυριαρχούνται από άλλα δασικά είδη, κυρίως λόγω της εγκατάλειψής τους. Παλαιότερα, υπήρχαν εκτεταμένα δάση καστανιάς σε πολλές περιοχές της Ελλάδος και ιδιαίτερα στην Πελοπόννησο (Σφήκας, 1996).

Σχηματισμοί ερυθρελάτης (*Picea abies*).

Η ερυθρελάτη είναι είδος κωνοφόρου που μοιάζει με έλατο, είναι όμως εντελώς διαφορετικό από αυτό της Κεφαλονιάς και η κύρια διαφορά τους είναι πως οι κώνοι στην ερυθρελάτη βγαίνουν κρεμαστοί (Σφήκας, 1996). Είναι είδος που είναι πολύ κοινό στη χλωρίδα της κεντρικής Ευρώπης, αλλά στην Ελλάδα απαντάται μόνο στα βόρεια σύνορα, στην οροσειρά της Ροδόπης (Ντάφης, 1986). Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται και σαν υποαλπικοί της βαλκανικής. Στους σχηματισμούς αυτούς, εκτός από την ερυθρελάτη, απαντώνται επίσης η δασική πεύκη, είδος ψυχρόβιας πεύκης που απαντάται πολύ συχνά στις περιοχές αυτές, η οξυά, η ψυχρόβια λευκόδερμος πεύκη (ρόμπολο), το χτενοέλατο και άλλα είδη σε μικρότερη κλίμακα όπως η συμήδα (Σφήκας, 1996). Οι κυριότεροι κίνδυνοι των σχηματισμών αυτών είναι η υπερβόσκηση, καθώς ο υπόροφος είναι αρκετά φτωχός και η υλοτομία που σε αυτές τις περιοχές της χώρας μας είναι πραγματικά υπερβολική (70% της ελληνικής παραγωγής ξυλείας, Σφήκας, 1996). Η πιθανότητα φωτιάς σε αυτούς τους σχηματισμούς είναι πολύ μικρή, λόγω των αρκετά ψυχρών και υγρών κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή ανάπτυξής τους.

Σχηματισμοί ρόμπολου (λευκόδερμος πεύκη, *Pinus heldreichii*).

Οι σχηματισμοί του ρόμπολου έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό ότι είναι οι ορεινότεροι σχηματισμοί της χώρας. Το ρόμπολο είναι είδος ψυχρόβιας πεύκης, ενδημικό της Βαλκανικής (Σφήκας, 1996), το οποίο μεγαλώνει με βραδύτατους ρυθμούς και φυτρώνει πάνω από το υψόμετρο των 1500 m και μέχρι το δασοόριο με τα αλπικά λιβάδια. Δάση ρομπόλου απαντώνται στον Όλυμπο και στις υψηλές κορυφές της βόρειας Πίνδου. Στο χαμηλό όριο των σχηματισμών αυτών συχνά συνυπάρχουν οξυές, έλατα και μαύρη πεύκη, ενώ σε μεγαλύτερο υψόμετρο το ρόμπολο κυριαρχεί πλήρως. Τα δάση του ρόμπολου χαρακτηρίζονται από πολύ φτωχούς υπορόφους και για αυτό ο μοναδικός κίνδυνος των δασών αυτών είναι η υπερβόσκηση, που είναι συχνή στην περιοχή τους (Καϊλίδης, 1993).

Π2.2.4 ΑΛΠΙΚΑ ΛΙΒΑΔΙΑ

Τα αλπικά λιβάδια είναι αραιές θαμνώδεις εκτάσεις όπου κυριαρχούν ο θαμνόκεδρος, το θαμνοκυπάρισσο, το σκλίθρο και άλλοι θάμνοι (Ντάφης, 1986). Οι εκτάσεις αυτές εξαπλώνονται πάνω από τα δασοόρια, εκεί όπου τα δένδρα δεν

μπορούν να ευδοκιμήσουν, λόγω του έντονου ψύχους δηλαδή πάνω από το υψόμετρο των 1800 m με 2000 m. Χαρακτηριστική προσαρμογή τους στις κλιματικές συνθήκες είναι η σύντομη περίοδος βλάστησης, ανθοφορίας και αναπαραγωγής, μετά το λιώσιμο του χιονιού (Ντάφης, 1986). Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από μια τυπική αλπική χλωρίδα μη ξυλωδών φυτών, ποών και γράστων. Τα περισσότερα αλπικά λιβάδια στην Ελλάδα υποβαθμίζονται έντονα από την εντατική θερινή κτηνοτροφία, με αποτέλεσμα την έντονη εδαφική διάβρωση και απογύμνωση των βράχων (Γκόφας, 2001).

Π2.2.5 ΛΟΙΠΟΙ ΔΑΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Εκτός από τους παραπάνω σχηματισμούς, που συνδέονται άμεσα με τις κλιματικές-υψομετρικές ζώνες, στην Ελλάδα εξαπλώνονται σχηματισμοί που συνδέονται περισσότερο με τις συνθήκες του εδάφους και την ανθρώπινη επέμβαση (Ντάφης, 1986). Τέτοιοι σχηματισμοί είναι:

Δάση χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*).

Τα δάση αυτά επικρατούν σε αμμώδη και ασβεστολιθικά εδάφη, σε παράλιες ζώνες και μέχρι το υψόμετρο των 700 m σε όλο τον ελλαδικό χώρο (Γκόφας, 2001).

Δάση τραχείας πεύκης ή θασίτικου πεύκου (*Pinus brutia*).

Τα δάση αυτά εξαπλώνονται στις Νότιες περιοχές της Ελλάδας και τα νησιά (Θάσος, Σάμος κ.α) και παρουσιάζουν ιδιαίτερη αντοχή στις αντίξοες ξηροθερμικές συνθήκες (Γκόφας, 2001). Το είδος αυτό αντικαθιστά το είδος της χαλεπίου αλλά τις περισσότερες φορές συνυπάρχουν. Τόσο τα δάση της χαλεπίου πεύκης όσο και αυτά της τραχείας είναι εξαιρετικά εύφλεκτα και έχουν υποστεί σοβαρή υποβάθμιση, κυρίως λόγω δασικών πυρκαγιών, λόγω του γεγονότος ότι η ζώνη εξάπλωσής του συμπίπτει με τη ζώνη ανάπτυξης των σημαντικότερων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων (Καϊλίδης, 1993).

Δάση κουκουναριάς (*Pinus Pineae*).

Τα δάση αυτά αναπτύσσονται σε αμμώδη παράλια εδάφη. Το πιο γνωστό και μεγάλο δάσος κουκουναριάς είναι αυτό στη Στροφιλιά Αχαΐας

Παραποτάμια δάση.

Πρόκειται για φυτικούς σχηματισμούς που αναπτύσσονται στις παρόχθιες περιοχές των ποταμών της Ελλάδας και κυμαίνονται σημαντικά, όσον αφορά το υψόμετρο, ανάλογα με την κάθε περιοχή (γι αυτό χαρακτηρίζονται και σαν αζωνική βλάστηση, Σφήκας, 1996). Είναι προφανές ότι οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες στη βιολογία των ειδών και στην οικολογία των συστημάτων τους δεδομένου ότι ευδοκούν σε συνθήκες σχετικής αφθονίας σε νερό, σε σύγκριση με άλλους φυτικούς σχηματισμούς που πιέζονται από έλλειψη νερού στις ξηρές περιοχές και εποχές του μεσογειακού κλίματος. Χαρακτηριστικά δασικά είδη των σχηματισμών αυτών είναι ο πλάτανος και η λεύκα (Ντάφης 1986). Η εξάπλωση των σχηματισμών αυτών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη, αφού συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη των ποταμών, αλλά και επειδή οι περιοχές εξάπλωσής τους χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα για καλλιέργειες και άρα αποψιλώθηκαν σε ευρεία κλίμακα (Γκόφας, 2001).

Δάση κυπαρισσιών (*cupressus sempervirens*) και κέδρων.

Η αυτοφυής εξάπλωση των σχηματισμών αυτών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στην Ελλάδα. Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί κυπαρισσιών απαντώνται στα ορεινά συγκροτήματα της Κρήτης, των νησιών του Ανατολικού Αιγαίου και της Πελοποννήσου σε μέσο κυρίως υψόμετρο (500 m με 1000 m) (Σφήκας, 1996). Αυτοφυή δάση κέδρων στην Ελλάδα δεν υπάρχουν παρά μόνο στα βουνά της Κύπρου (Τρόδος). Τα δάση αυτά αντιμετωπίζουν τους ίδιους σοβαρούς κινδύνους με τα δάση κωνοφόρων της μέσης ορεινής ζώνης που αναφέραμε παραπάνω.

Π2.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΔΑΣΩΝ

Στη χώρα μας σήμερα έχουμε μόνον 25000000 στρέμματα δάσους, έκταση που αντιστοιχεί στο 19% του ελλαδικού χώρου και 32000000 στρέμματα δασικών και υποβαθμισμένων εκτάσεων (μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις), που αντιστοιχούν στο 24% της συνολικής έκτασης της χώρας μας (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993). Περίπου 25000000 στρέμματα, δηλαδή το 19% της επιφανείας της, είναι άγονα και χαρακτηρίζονται ως βοσκότοποι, ενώ αντίστοιχα οι γεωργικές και καλλιεργούμενες εκτάσεις ανέρχονται σε 39000000 στρέμματα και καλύπτουν ποσοστό 30% (Γκόφας, 2001). Ποσοστό 3%, δηλαδή περίπου 4000000 στρέμματα, καλύπτονται από το ανθρωπογενές περιβάλλον (οικισμοί, πόλεις, δρόμοι κλπ.). Επιπλέον, ένα 5%, δηλαδή 7000000 στρέμματα καλύπτονται από άλλες δασικές εκτάσεις (Γκόφας, 2001) (λίμνες φυσικές και τεχνητές, ποτάμια, έλη καλύπτουν το 1-2% και γυμνές, βραχώδεις εκτάσεις, απόλυτα ερημοποιημένες το 2-3%) (βλ. πίνακα. Π2.1, Γκόφας, 2001).

Η Ελλάδα δεν έχει μεγάλης έκτασης παραγωγικά δάση (ή βιομηχανικά δάση, όπως αλλιώς λέγονται τα δάση από τα οποία μπορούμε να εξάγουμε δασικά υποπροϊόντα, όπως ξυλεία) (Ντάφης, 1986). Τα παραγωγικότερα βρίσκονται στην οροσειρά της Ροδόπης, καλύπτοντας το 70% περίπου των αναγκών, της χώρας μας, σε ξυλεία (Σφήκας, 1996).

Πίνακας Π2.1. Συνολική κατανομή εδαφών στην χώρα μας, σύμφωνα με τα στατιστικά του υπουργείου γεωργίας (Γκόφας, 2001)

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΔΑΦΩΝ			
Εδάφη		Έκταση σε εκτάρια	%
A. Δασικά εδάφη			
1. Δάση		2.500.000	19%
Κωνοφόρα	1.000.000		
Πλατύφυλλα	1.500.000		
2. Μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις		3.200.000	24%
3. Δασικοί βοσκότοποι		2.500.000	19%
4. Λοιπά δασικά εδάφη		700.000	5%
	Σύνολο	8.900.000	67%
B. Γεωργικά εδάφη			
Καλλιεργούμενες εκτάσεις και Αγραναπαύσεις		3.900.000	30%
Γ. Λοιπά εδάφη			
Εκτάσεις (οικισμοί - δρόμοι)		400.000	3%
	Γενικό Σύνολο	13.200.000	100%
Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας			

Από άποψη σύνθεσης διακρίνουμε τρεις κατηγορίες Ελληνικών δασών (Γκόφας, 1995).

- Τα κωνοφόρα, συνολικής έκτασης 9500000 στρεμμάτων από τα οποία μόνο τα 4000000 είναι υψηλής παραγωγικότητας και παράγουν 3 με 5m³/ha/έτος, ενώ τα υπόλοιπα είναι χαμηλής παραγωγικότητας και παράγουν 1 με 3m³/ha/έτος.
- Τα φυλλοβόλα-πλατύφυλλα, συνολικής έκτασης 1700000 στρεμμάτων από τα οποία μόνον τα 1300000 στρέμματα είναι υψηλής παραγωγικότητας και παράγουν πάνω από 3m³/ha/έτος, ενώ τα υπόλοιπα είναι μέσης παραγωγικότητας και παράγουν 2 με 3m³/ha/έτος.

- Τα αείφυλλα-πλατύφυλλα, είναι συνολικής έκτασης 4800000 στρεμμάτων και είναι γενικά χαμηλής παραγωγικότητας και παράγουν μόνο καυσόξυλα σε ποσότητα 1m³/ha/έτος.

Η αξία των δασών μας βέβαια, δεν μπορεί και δεν πρέπει να εκτιμηθεί μόνο από άποψη παραγωγικότητας (ξύλεια, κα). Το δάσος, όπως θα δούμε και σε επόμενο κεφάλαιο προσφέρει τα μέγιστα στο περιβάλλον και στη ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Από άποψη ιδιοκτησίας τα ελληνικά δάση χωρίζονται στα ακόλουθα (Γκόφας, 1995):

- Δημόσια δάση, που η διαχείριση και η εκμετάλλευσή τους γίνεται αποκλειστικά από τη δασική υπηρεσία. (65,4% του συνόλου των δασών)
- Μοναστηριακά δάση
- Δάση των ΟΤΑ (Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης)
- Ιδιωτικά δάση

Τα μη δημόσια δάση αποτελούν μικρό ποσοστό των συνολικών δασών της χώρας και συχνά είναι συνιδιόκτητα μετά του Δημοσίου. Την ευθύνη της προστασίας όλων των δασών της χώρας μας, καθώς και της άγριας πανίδας, έχει η δασική υπηρεσία καθώς και την εποπτεία στην εκμετάλλευσή όλων των δασών (δημοσίων και μη).

Π2.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΦΥΤΟΔΙΑΠΛΑΣΕΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

Στον Ελληνικό χώρο, όπου οι δύσκολες ξηροθερμικές κλιματικές συνθήκες και οι ανθρώπινες “συνήθειες”, από αρχαιοτάτων χρόνων, είναι τέτοιες, ώστε οι δασικές πυρκαγιές να τείνουν να γίνουν ένα μόνιμο καλοκαιρινό φαινόμενο, οι περισσότεροι τύποι βλάστησης που αναπτύσσονται σήμερα είναι αρκετά ανθεκτικοί στη φωτιά και χαρακτηρίζονται ως πυρόφιλοι (Καϊλίδης, 1993). Βέβαια, δεν έχουν όλοι οι πυρόφιλοι σχηματισμοί την ίδια αντοχή στη φωτιά και την ίδια μέθοδο ανάκαμψης μετά από αυτή.

Οι πιο πυρόφιλοι (ή ορθότερα πυράντοχοι, Ντάφης, 1986) φυτικοί σχηματισμοί της χώρας μας είναι όλοι οι θαμνώδεις σχηματισμοί, πλην της αλπικής ζώνης, (θερμομεσογειακές, μεσογειακές και υπομεσογειακές διαπλάσεις), οι σχηματισμοί της χαλεπίου και τραχειάς πεύκης και ιδιαίτερα αυτοί με υπόροφο από αείφυλλα-πλατύφυλλα, λόγω του ότι συνίστανται από λίαν πυρόφιλα δασοπονικά είδη. Οι περιοχές της Ελλάδας που καλύπτονται από αυτούς τους σχηματισμούς, θεωρούνται ως ιδιαίτερα εκτεθειμένες και ευαίσθητες στις πυρκαγιές και βάση του άρθρου 25 του Ν.998/79, χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες περιοχές (Γκόφας, 2001).

Οι φυτικοί σχηματισμοί των φυλλοβόλων πλατύφυλλων και ψυχροβίων κωνοφόρων παρουσιάζουν αντιπυρική αντοχή κυρίως λόγω του υγρού περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται. Παρόλα αυτά γίνονται εξαιρετικά επικίνδυνοι στις πυρκαγιές σε ξηρές περιόδους και ιδιαίτερα ύστερα από ένα ξηρό χειμώνα που συνοδεύεται από μια επίσης ξηρή άνοιξη, όταν έχει συσσωρευτεί ξηρή νεκρή βιομάζα στο έδαφος (ξηρά φύλλα, κλαδιά κλπ) (Γκόφας, 2001). Η ξηρασία του χειμώνα και της άνοιξης δεν επιτρέπει την αποσύνθεση της βιομάζας αυτής με αποτέλεσμα τη μετατροπή της σε εύφλεκτη ύλη. Έτσι, οι σχηματισμοί αυτοί καθίστανται αρκετά πυρόπληκτοι και οι έρπουσες (και υπόγειες σπανιότερα) πυρκαγιές, που είναι αρκετά συχνές στους σχηματισμούς αυτούς, να μετατρέπονται σε μικτές, με καταστροφικές συνέπειες (Καϊλίδης, 1993).

Θέλοντας να κατηγοριοποιήσουμε τις πιο κύριες, πυρκαγιές που συμβαίνουν στην Ελλάδα, ανάλογα με τον τύπο της βλάστησης τον οποίο καίνε, θα διακρίνουμε

τις εξής 5 κατηγορίες, με σειρά φθίνουσας συχνότητας εμφάνισης (με βάση αυτές τις κατηγορίες κατατάσσονται και οι πιο πυρόπληκτοι φυτικοί σχηματισμοί-περιοχές). (Γκόφας 2001, Καϊλίδης, 1993, Κωνσταντινίδης, 2003)

Στις τρεις πρώτες κατηγορίες, συμβαίνουν κάθε χρόνο κατά μέσο όρο το 85% του αριθμού των πυρκαγιών, που καίνε ετήσια το 95% της μέσης καιγόμενης δασικής επιφάνειας της Ελλάδας (Καϊλίδης, 1993).

- ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΡΥΓΑΝΩΝ

Κάθε καλοκαίρι μεγάλες εκτάσεις, χορτολίβαδα και θαμνώνες καίγονται, που ξεπερνούν σε μέσους όρους τα τελευταία χρόνια (1975-1990) τα 60000 στρέμματα ετησίως (Γκόφας, 2001).

Η κατανομή των πυρκαγιών αυτών στον Ελλαδικό χώρο δεν είναι ομοιόμορφη. Οι περισσότερες πυρκαγιές συμβαίνουν στα ξερά χορτολίβαδα της Νότιας Ελλάδας και τα Νησιά και λίγες συμβαίνουν στα υγρά χορτοθαμνολίβαδα της Βόρειας Ελλάδας και της Ηπείρου (Γκόφας, 2001).

Όλες σχεδόν οι πυρκαγιές αυτού του είδους οφείλονται σε εμπρησμούς, διότι οι κτηνοτρόφοι πιστεύουν λαθεμένα, ότι έτσι βελτιώνουν τα λιβάδια (Καϊλίδης, 1993). Κάτω από τον όρο “Φυσικά Λιβάδια” ή απλώς λιβάδια, υπάγονται διάφοροι τύποι λιβαδικής βλάστησης, που διαφέρουν στη φυσιογνωμία, τη χρήση και φυσικά τη συμπεριφορά των πυρκαγιών (Ντάφης, 1986).

- Πρώτη κατηγορία λιβαδικής βλάστησης είναι τα ποολίβαδα. Σε αυτά επικρατούν τα ποώδη φυτά. Οι πυρκαγιές που συμβαίνουν εδώ είναι μικρής έντασης και δεν ζημιώνουν τους σπόρους και τα ριζώματα των φυτών (Καϊλίδης, 1993).
- Μια δεύτερη κατηγορία λιβαδικής βλάστησης είναι τα φρυγανολίβαδα. Σε αυτά κυριαρχούν οι ημίθαμοι, δηλαδή τα φρύγανα (λαδανιά, ασφάκα, λεβάντα, ασπαλαθιά, αμάραντος, γαλατσίδες κλπ.). Σε αυτά τα λιβάδια η πυρκαγιά είναι συνήθως εσκεμμένη, διότι μετά τη φωτιά φυτρώνει τρυφερό και εύγευστο χορτάρι για τα ζώα (Καϊλίδης, 1993). Εδώ, αν και η έκταση των πυρκαγιών είναι λίγο μεγαλύτερη, συνήθως δεν ζημιώνεται μεγάλο ποσοστό σπόρων και ριζωμάτων των φυτών. Επειδή όμως οι πυρκαγιές αυτές επαναλαμβάνονται ανά 2-3 χρόνια, τα φυτά εξαντλούνται και το έδαφος υποβαθμίζεται (Καϊλίδης, 1993).
- Μια τρίτη κατηγορία λιβαδιών είναι τα θαμνολίβαδα, όπου κατ' έκταση κυριαρχούν οι θάμνοι.

Πολλά από τα είδη αυτά που επικρατούν στον τύπο αυτό της λιβαδικής βλάστησης, επειδή περιέχουν αιθέρια έλαια, έχουν υψηλό βαθμό ευφλεκτικότητας (Ντάφης, 1986, Αριανούτσου, 2001).

Η ένταση της πυρκαγιάς εδώ εξαρτάται από την ποσότητα της καύσιμης ύλης. Στην κατηγορία αυτή των λιβαδιών, μια ελεγχόμενη πυρκαγιά θα μπορούσε να βελτιώσει το θαμνολίβαδο, αλλά μόνο κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες βόσκησης (Καϊλίδης, 1993).

Η ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς στα λιβάδια είναι ανάλογη της σύνθεσης, της ποσότητας και της περιεκτικότητας σε εύφλεκτες ουσίες (αιθέρια έλαια).

Η ευφλεκτικότητα στα ποολίβαδα είναι μεγαλύτερη από εκείνη της καύσιμης ύλης των δασών, αλλά η ποσότητα του νερού που χρειάζεται για την κατάσβεση της πυρκαγιάς σε διάφορους τύπους βλάστησης, ποολίβαδο-θαμνολίβαδο-αραιό δάσος-πυκνό δάσος, είναι αντίστοιχα 1:10:20:50 φορές περισσότερη (Γκόφας, 2001).

- ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΑΕΙΦΥΛΛΩΝ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσουμε όλα τα πρεμνοφυώς εκμεταλλευόμενα δάση αειφύλλων πλατύφυλλων. Στην Ελλάδα τα δάση αυτά καταλαμβάνουν περίπου 1,5 εκατομμύρια στρέμματα και η καθ' ύψος εξάπλωσή τους, όπως έχουμε προαναφέρει, αρχίζει από τη θάλασσα και φθάνει μέχρι τα 700 m (Γκόφας, 2001). Τα μικτά αυτά δάση, ανάλογα με τη σύνθεση τους δημιουργούν συνήθως παχύ φυλλόστρωμα, το οποίο πολλές φορές μετά τις υλοτομίες ενισχύεται ακόμη περισσότερο από τα ξερά υπολείμματα των υλοτομιών. Η βλάστησή τους, συνήθως δεν είναι συνεχής, αλλά διακόπτεται από χορτοβριθή διάκενα, που το χόρτο τους ξεραίνεται το καλοκαίρι.

Από τα δάση αυτά, λόγω της ξερής οργανικής τους ύλης, ξεκινούν το καλοκαίρι εσκεμμένες ή μη πυρκαγιές μεγάλης έντασης, που καίνε μεγάλες συνήθως εκτάσεις.

Η φύση όμως, έχει προνοήσει, έτσι ώστε αν και καίγονται για πολλές χιλιάδες χρόνια συνεχώς ανά περιόδους, εν τούτοις είναι βιολογικά προσαρμοσμένα στη φωτιά. Για το λόγο αυτό έχουν αποκτήσει γενετικά ισχυρή πρεμνοβλαστικότητα (ή ριζοβλαστικότητα) και ταχύτητα ανάπτυξης, ιδίως κατά τα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά. Εκτιμάται πως μετά τα πρώτα 2-3 έτη, έχουμε σχεδόν πλήρη κάλυψη του εδάφους (Καϊλίδης, 1993). Τα πρεμνοβλαστήματα έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα ανάπτυξης από τους άκαυτους αναπτυσσόμενους κλάδους και τα φύλλα τους είναι μεγαλύτερα (και πιο βοσκήσιμα!) και πιο πλούσια σε χλωροφύλλη (Αριανούτσου, 2001). Η πρεμνοβλάστηση και η ταχύτητα ανάπτυξης των πρεμνοβλαστημάτων εξαρτάται από την ένταση και την διάρκεια της πυρκαγιάς, την ηλικία και την πυκνότητα των θάμνων, την εποχή της πυρκαγιάς, το βάθος του εδάφους (και των ριζών), τις μεταπυρικές συνθήκες κ.α. (Καϊλίδης, 1993).

Στα δάση αυτά συναντάμε τα παραβλασπάνοντα είδη: Αριά, Κουμαριά, Πουρνάρι, Γαύρο, Φράξο, Σχοίνο, Φυλίκι, Σπάρτο, Ρείκι, Αγριελιά, Αγριομηλιά, Γκορτσιά, Φούσκα, Κουτσουπιά, Φουντουκιά, Μελιάδι, Σφενδάμι κλπ., που ανάλογα με τη σύνθεση του δάσους, έχουν διάφορη ανθεκτικότητα στις πυρκαγιές (Καϊλίδης, 1993).

Σε εμάς, τα πυρόφιλα δάση προήλθαν από οπισθοδρομική διαδοχή άλλων δασών (π.χ. δρυοδάση) μετά τις συνεχείς πυρκαγιές, την αλόγιστη βοσκή και τις λαθροϋλοτομίες (Ντάφης, 1986, Γκόφας, 1995).

- ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΔΙΦΥΩΝ ΔΑΣΩΝ ΧΑΛΕΠΙΟΥ Ή ΤΡΑΧΕΙΑΣ ΠΕΥΚΗΣ

Οι μεγαλύτερες σε ένταση και έκταση δασικές πυρκαγιές, συμβαίνουν κάθε χρόνο στα δάση της τραχείας και χαλεπίου πεύκης. Στα διφυή αυτά δάση, ο μεν υπόροφός τους συνίσταται κυρίως από αειφύλλα-πλατύφυλλα, με αναγέννηση κατά θέσεις τραχείας ή χαλεπίου πεύκης, ο δε ανώροφός τους, μόνο από πεύκη (Ντάφης, 1986, Καϊλίδης, 1993).

Στην ουσία οι πυρκαγιές διφυών δασών είναι πυρκαγιές αειφύλλων και τραχείας ή χαλεπίου πεύκης. Στα δάση αυτά οι πυρκαγιές ξεκινούν συνήθως έρπουσες, από το παχύ στρώμα του φυλλοστρώματος των αειφύλλων και του βελονοτάπητα της πεύκης ή από διάκενα ξερών λιβαδικών χόρτων, που το καλοκαίρι ξεραίνονται και αποτελούν όλα μαζί ένα πολύ εύφλεκτο οργανικό υλικό.

Τέτοια δάση, επειδή εξαπλώνονται σε μεγάλης έκτασης παραλιακές ζώνες που γειτνιάζουν, με τουριστικούς οικισμούς, με χωριά ή πόλεις, έχουν καταστεί ο στόχος των οικοπεδοφάγων και τις περισσότερες φορές οι πυρκαγιές που συμβαίνουν στους χώρους αυτούς είναι κατά μεγάλο ποσοστό εσκεμμένες (Καϊλίδης, 1993).

Τα δάση αυτά για να αναγεννηθούν φυσικά, πρέπει να υλοτομηθεί αποψιλωτικά κατά θέσεις κυρίως ο πυκνός υπόροφος των αειφύλλων πλατύφυλλων

που παρουσιάζει την έντονη παραβλαστικότητα, ώστε να μπορούν να βλαστήσουν οι σπόροι της πεύκης στο γυμνό και φωτεινό έδαφος. Για να φυτρώσουν όμως οι σπόροι και να αναγεννηθεί το δάσος στο γυμνό έδαφος η φύση εδώ προέβλεψε τις πυρκαγιές, οι οποίες συμβαίνουν στα διφυή πευκοδάση (χαλεπίου-τραχείας) από αρχαιοτάτων χρόνων και εκτιμάται πως η επιβίωση της πεύκης στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στις δασικές πυρκαγιές (Ντάφης, 1986), αλλά για να γίνει αναγέννηση χρειάζονται ώριμοι σπόροι. Το συνεχές κάψιμο των δασών αυτών όμως, κατά διαστήματα μικρότερα από την ηλικία καρποφορίας τους (νεαρές συστάδες) και η υποβάθμιση του εδάφους από τις συνεχείς πυρκαγιές, είναι οι κύριες αιτίες της απογύμνωσης των περισσότερων Ελληνικών βουνών της Νότιας Ελλάδας, που οικολογικά ήταν στο παρελθόν ο ζωτικός ιδεώδης χώρος εξάπλωσης των διφυών δασών τραχείας και χαλεπίου πεύκης (Ντάφης, 1986, Καϊλίδης, 1993).

Στην Ελλάδα σπανίζουν τα αμιγή δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης με υπόροφο αναγέννηση πεύκης και με αγροστώδη λιβαδικά φυτά. Λίγα τέτοια δάση συναντάμε στην Ανατολική Θράκη από τραχεία πεύκη, στη Ρόδο, τη Μυτιλήνη και κυρίως σε μερικά δάση-πάγκα τραχείας ή χαλεπίου πεύκης που γειτνιάζουν με πόλεις (Δάσος Κέδρινου λόφου της Θεσσαλονίκης) (Γκόφας, 2001). Στα δάση αυτά οι πυρκαγιές είναι αρχικά έρπουσες, που με τη βοήθεια ισχυρού ανέμου καταλήγουν σε επικόρυφες (Καϊλίδης, 1993). Πάντως πρέπει να γνωρίζουμε, ότι όλες αυτές οι πυρκαγιές είναι μεγάλης έντασης και με τη βοήθεια των ισχυρών ανέμων (μελτέμια) εξαπλώνονται με μεγάλη ταχύτητα οπότε γίνονται αρκετά επικίνδυνες.

- ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΔΡΥΟΔΑΣΩΝ

Οι πυρκαγιές δρυοδασών στη Χώρα μας είναι λίγες σε αριθμό και σε καιγόμενη έκταση, υπολογίζεται ότι δεν ξεπερνούν το 5% (Καϊλίδης, 1993).

Τα πρεμνοφυή δρυοδάση μας δεν διατρέχουν σοβαρό κίνδυνο από τις πυρκαγιές (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001, Κωνσταντινίδης, 2003).

Οι πυρκαγιές που αναφέρονται από τα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας (Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος) δείχνουν, ότι είναι κυρίως έρπουσες, ξεκινούν από το κάψιμο καλαμιάς χωραφιών και σπάνια από κτηνοτρόφους (Γκόφας, 2001). Επειδή η δρυς πρεμνοβλαστάνει έντονα μετά την πυρκαγιά, αμιγή δάση δρυός που κάηκαν, αφού υλοτομήθηκαν αμέσως αποψιλωτικά, ανέκαμψαν μετά 2-3 χρόνια (Καϊλίδης, 1993).

Οι πυρκαγιές των δρυοδασών είναι μικρής έντασης και εύκολα καταπολεμούνται κατά τις νυκτερινές κυρίως ώρες.

- ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΨΥΧΡΟΒΙΩΝ ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

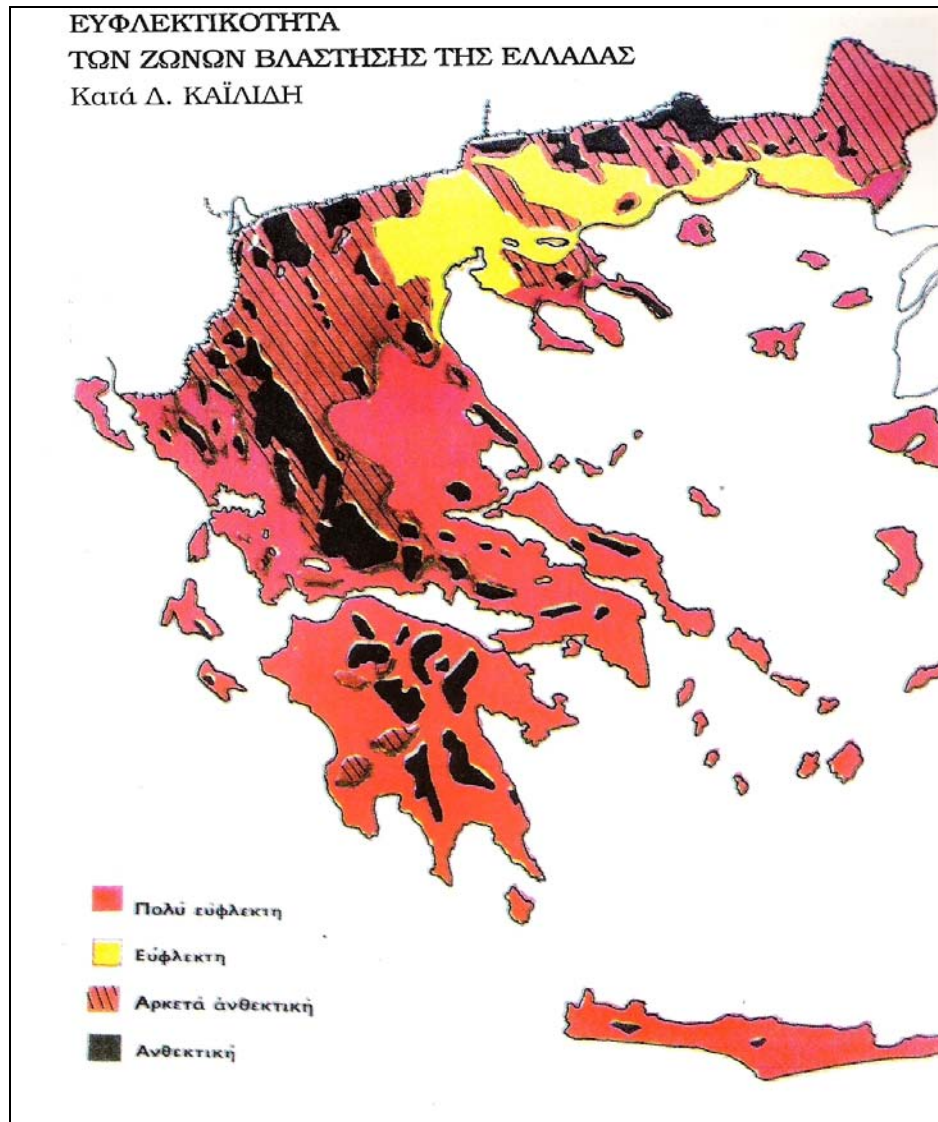
Οι πυρκαγιές αυτές είναι σπάνιες στον Ελλαδικό χώρο. Είναι κυρίως πυρκαγιές έρπουσες, που καίνε συνήθως τον χλοοτάπητα, τα υπολείμματα της φυσικής αποκλάδωσης και των υλοτομιών, το παχύ στρώμα των φύλλων της καστανιάς και της οξιάς και τέλος το βελονόστρωμα της μαύρης πεύκης, της δασικής πεύκης και της ελάτης.

Οι πυρκαγιές αυτές προκαλούν ζημιές κυρίως στη βάση των δένδρων και επομένως σε τέτοια καμένα δάση έχουμε δευτερογενείς προσβολές εντόμων και μυκήτων. Ο πολύ σκληρός φλοιός σε ψυχρόβια είδη (μαύρη πεύκη, ρόμπολο) είναι μηχανισμός αντοχής σε φωτιές τέτοιου είδους (Ντάφης, 1986). Πυρκαγιές επικόρυφες εδώ σπανίζουν, όπως συνέβη προ ετών στη μαύρη πεύκη της Θάσου και πέρυσι στο δάσος κεφαληνιακής ελάτης της Πάρνηθας.

Οι πυρκαγιές αυτές γίνονται επικόρυφες, σε απότομες ανοδικές κλίσεις και σε μικτά δάση τραχείας και μαύρης πεύκης, με πυκνό συνήθως υπόροφο αείφυλλων ή σε νεαρά δάση μαύρης πεύκης-ελάτης με έντονη ποώδη υποβλάστηση.

Γενικά οι πυρκαγιές στα δάση αυτά είναι μικρής έντασης, εξαπλώνονται με μικρή ταχύτητα και η συμπεριφορά τους επιδέχεται άμεση προσβολή κατά την εφαρμογή των κατασταλακτικών μέτρων.

Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης Π2.1 πυρόπληκτων περιοχών, ανάλογα με την ευφλεκτικότητα της βλάστησης της εκάστοτε περιοχής, καθώς και ο πίνακας Π2.2 που μας δείχνει το πόσο καίγεται η κάθε δασοπονική διάπλαση στο χρονικό διάστημα 1964-87 (Καϊλίδης, 1993).



Χάρτης Π2.1. Χάρτης ευφλεκτότητας περιοχών, στο σύνολο της Ελληνικής επικράτειας (Καϊλίδης, 1993)

Η μεταπυρική διαδοχή στα δάση της χώρας μας και γενικά στα Μεσογειακά δάση, είναι μια πορεία αυτοδιαδοχής (autosuccession, Αριανούτσου, 2001), σύμφωνα με την οποία η καμένη φυτοκοινωνία, αν και αρχικά φαίνεται διαφορετική από την άκαυτη, διατηρεί την χλωριδική ταυτότητά της και σε βάθος χρόνου, ανάλογα τις μεταπυρικές συνθήκες και ανθρώπινες παρεμβάσεις, θα επιστρέψει σε παρόμοια κατάσταση με αυτή των άκαυτων φυτοκοινωνιών (Αριανούτσου, 2001).

Πίνακας Π2.2. Ποσοστό % και επιφάνεια που καίγεται κατά δασοπονικά είδη και διάπλαση (Καϊλίδης, 1993).

Δασοπονικά είδη	Σύνολο επιφανείας δασών-βοσκοτόπων χώρας στρ.	Μ.Ο. 1964 - 1987 (24 χρόνια)
1. Ελάτη	3.250.970	0,011
2. Μαύρη πεύκη	1.370.470	0,180
3. Τραχεία πεύκη	1.336.190	1,573
4. Χαλέπιος πεύκη	3.421.190	1,329
5. Κυπαρίσσι	60.110	0,389
6. Φυλλοβόλοι δρύες	7.475.490	0,202
7. Οξυά	2.190.700	0,023
8. Καστανιά	228.500	0,162
9. Πρινώνες+Θάμνοι+ μερ. δασοσκ.	32.421.400	0,602
10. Ποολίβαδα+ φρυγανότοποι	18.976.120	0,300
Σύνολο	ΕΚΤΑΣΗ ΣΤΡ.	Μ.Ο. 1964 - 1987
Δάση χώρας	25.124.180	0,3601
Βοσκότοποι χώρας	51.397.520	0,3248

Οι βασικές μέθοδοι ανάκαμψης από πυρκαγιά των ελληνικών φυτοδιαπλάσεων είναι τρεις:

- Με *φύτρωση σπερμάτων* (φύτρωση σπόρων, *seed germination*)
- Με *παραβλαστήματα* (το ίδιο το καμένο φυτό παραβλασταίνει από τις ρίζες, που σε μεγάλο βαθμό μένουν ανέπαφες, και το κάτω μέρος του κορμού, ανάλογα και την ένταση της πυρκαγιάς, *resprouting*)
- Με *συνδυασμό των δυο παραπάνω*.

Οι θαμνώδεις σχηματισμοί και ιδιαίτερα οι φρυγανικοί, οι οποίοι είναι οι πιο προσαρμοσμένοι στις πυρκαγιές, λόγω των έντονων και παρατεταμένων ξηρασιών που πλήττουν τις περιοχές στις οποίες αναπτύσσονται, ανακάμπτουν με συνδυασμό φύτρωσης σπερμάτων και παραβλαστημάτων. Εδώ, κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε εν συντομία, τον εκπληκτικό τρόπο ανάκαμψης ενός φρυγανικού είδους, τη λαδανιά. Από πειράματα της Μαργαρίτας Αριανούτσου (2001, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Βιολογικού Πανεπιστημίου Αθηνών), έχει παρατηρηθεί πως οι σπόροι της λαδανιάς δεν φυτρώνουν σε συνθήκες ιδανικής υγρασίας, όπως θα ήταν αναμενόμενο, παρά μόνο αν τρυπηθούν με μια καρφίτσα. Με αυτό τον τρόπο σπάει το σκληρό σπερματικό περίβλημα και φυτρώνει ο σπόρος. Τη δουλειά αυτή την κάνει η φωτιά και για αυτό η λαδανιά φυτρώνει σε τεράστιους αριθμούς στο καμένο έδαφος, αμέσως μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, ενώ σε ελάχιστους σε άκαυτο. Γίνεται φανερό πως το φυτό αυτό είναι πλήρως προσαρμοσμένο στις φωτιές και μάλιστα τις περιμένει, διατηρώντας στο έδαφος σημαντικό αριθμό σπερμάτων σε λήθαργο (τράπεζα σπόρων, *dormant soil seed bank*, Ραδόγλου, 2001). Από την άλλη, όλοι σχεδόν οι θάμνοι της μακείας βλάστησης (πουρνάρι, σχίνο κ.α.) ανακάμπτουν κυρίως με παραβλαστήματα, με έντονη ανάπτυξη τα 2-3 πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά και μέσα σε 10 το πολύ χρόνια, αν το επιτρέψουν και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις, δεν ξεχωρίζουν οι καμένες εκτάσεις από τις άκαυτες. Η αναβλάστηση συμβαίνει από ληθαργικούς οφθαλμούς, οι οποίοι βρίσκονται μέσα στο έδαφος, στη βάση του καμένου βλαστού και παραμένουν άθικτοι από την φωτιά (Ραδόγλου, 2001).

Οι σχηματισμοί των φυλλοβόλων δρυών, είναι αρκετά πυράντοχοι και την ανθεκτικότητα αυτή την οφείλουν αφενός στον πολύ σκληρό και παχύ φλοιό του είδους της δρυός και αφετέρου στην έντονη παραβλαστικότητα (ή πρεμνοβλαστικότητα) του είδους.

Η αζωνική παραποτάμια βλάστηση, πυροοικολογικά θεωρείται λίαν ανθεκτική στις πυρκαγιές λόγω της έντονης υγρασίας που χαρακτηρίζει το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται, αλλά και λόγω της σύνθεσης της βλάστησης που καλύπτει το έδαφος της. Πάντως, σε ακραίες περιπτώσεις πυρκαγιών σε τέτοιους σχηματισμούς, πολλά είδη επανέρχονται με παραβλαστήματα (π.χ. πλάτανος) (Κωνσταντινίδης, 2003).

Οι σχηματισμοί κωνοφόρων ανακάμπτουν μόνο με φύτευση σπερμάτων. Βέβαια, η πυραντοχή τους στηρίζεται και σε άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, ο πολύ χοντρός φλοιός του κορμού που σχηματίζουν είναι ένα χαρακτηριστικό αντιπυρικό-προστατευτικό μέσο, ενάντια στις έρπουσες πυρκαγιές τουλάχιστον (Ντάφης, 1986). Επιπλέον, οι πεύκες χαρακτηρίζονται από πολύ γρήγορη επούλωση των τραυμάτων του φλοιού, ενισχύοντας έτσι την αντοχή τους ενάντια στις πυρκαγιές. Όσον αφορά την φύτευση, που αποτελεί και τον κύριο μηχανισμό ανάκαμψης, όλα τα είδη πεύκης διαθέτουν κώνους οι οποίοι είναι ώριμοι το καλοκαίρι και με την έντονη ζέση, 70 με 80°C (Ντάφης, 1986), όταν πλησιάζει η πυρκαγιά, ανοίγουν κατά πολύ και εκτοξεύουν, σχεδόν ομοιόμορφα και σε μεγάλη απόσταση, τους σπόρους. (σε αυτό βοηθά και ο άνεμος καθώς οι σπόροι φέρουν πτερύγια, τρίχες, θυσάνους κ.α.) Η φύτευση των σπόρων εξαρτάται από το είδος και την ηλικία της πεύκης, την ένταση της πυρκαγιάς (κατά πόσο θα καούν οι σπόροι και τα κουκουνάρια), τις κλίσεις της περιοχής, την υγρασία της, τις εδαφολογικές συνθήκες, τις ανθρώπινες επεμβάσεις φυσικά κ.α. Χαρακτηριστικό είναι πως πολλοί κώνοι που πέφτουν στο έδαφος δεν ανοίγουν κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς, ώστε να μην καούν οι σπόροι, αλλά 24 με 48 ώρες αργότερα, όταν θα έχει κρυώσει το έδαφος. Επιπλέον, η φύτευση των σπόρων δεν γίνεται με την πρώτη ασθενή βροχή, αλλά ύστερα από μία ή δύο βροχές ύψους μεγαλύτερου των 20-30 mm, που σημαίνει πως το έδαφος έχει διαποτιστεί με αρκετό νερό, ώστε να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη των νέων φυταρίων (αρτιφύτρων) (Ντάφης, 1986). Τα είδη της χαλεπίου και τραχειάς πεύκης έχουν υψηλότερη φυτρωτικότητα από τα άλλα είδη πεύκης και μάλιστα κρατούν τα κουκουνάρια πάνω στο δένδρο, με φυτρώσιμους σπόρους, πολλές φορές περισσότερο από 5-10 χρόνια (canopy seed bank of closed cones, Ραδόγλου, 2001), ώστε να έχουν “απόθεμα” σπόρων σε περίπτωση πυρκαγιάς (Καϊλίδης, 1993, Ντάφης, 1986)! Γι αυτό, όταν η πυρκαγιά συμβαίνει σε ώριμες συστάδες δένδρων, που έχουν καρποφορήσει, η φυσική αναγέννηση είναι σχεδόν πάντα έντονη, ιδίως τα 5 πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά. Αν όμως συμβούν 2 ή περισσότερα επεισόδια πυρκαγιάς, στην ίδια περιοχή, με το μεταξύ τους χρονικό διάστημα μικρότερο από το απαιτούμενο ώστε τα νεαρά δενδρύλλια να μεγαλώσουν και να καρποφορήσουν, (15-20 χρόνια) τότε η φυσική αναγέννηση περιορίζεται σημαντικότερα. (Ντάφης, 1986, Καϊλίδης, 1993). Συνοψίζοντας τα παραπάνω, για τους σχηματισμούς χαλεπίου και τραχειάς πεύκης, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα Π2.3, ο οποίος δείχνει την φυσική αναγέννηση συναρτήσει πολλών παραγόντων (περίοδος και μέγεθος πυρκαγιάς, έδαφος και πέτρωμα, κλίση, έκθεση, βροχερή ή ξερή επόμενη χρονιά), σύμφωνα με μελέτες πολλών δασολόγων (Μουλόπουλος, Καϊλίδης) σε περισσότερες από 50 πυρκαγιές, την εικοσαετία 1970-90 (Καϊλίδης, 1993).

Πίνακας Π2.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την φύτευση σπόρων χαλεπίου και τραχείας πεύκης, από παρατηρήσεις σε 50 πυρκαγιές την περίοδο 1970-90 (Μουλόπουλος και Καϊλίδης από Καϊλίδης, 1993).

Μήνες (που έλαβαν χώρα οι πυρκαγιές)			Παρατηρήσεις
Μήνας	Αριθμός	Αναγέννηση	
Ιούνιος	8 περιπτ.	2 πολύ καλή αναγέν. 6 0 αναγέν.	Όσο πιο νωρίς το χρόνο γίνεται η πυρκαγιά τόσο χειρότερα, γιατί οι σπόροι χάνονται. Όσο πιο αργά τόσο καλύτερα.
Ιούλιος	16 περιπτ.	12 πολύ καλή αναγέν. 4 0 αναγέν.	
Αύγουστος	20 περιπτ.	12 πολύ καλή αναγέν. 8 0 αναγέν.	
Σεπτέμβριος	4 περιπτ.	4 πολύ καλή αναγέν.	
Οκτώβριος	8 περιπτ.	8 καλή ως πολύ καλή αναγ.	
Σύνολο	56		
Καείσα επιφάνεια			Παρατηρήσεις
0,1-100 στρ.	10 περιπτ.	4 καλή αναγέν. 6 0 αναγέννηση	Όσο μικρότερη επιφάν. τόσο περιο. καίγονται οι σπόροι (πυρκ. μικτές έρπουσες+κόμη)
101-1000 στρ.	34 περιπτ.	26 καλή, μέτρια, άριστη 8 0 αναγέννηση	Γενικά καλή μέτρια ως άριστη αναγέννηση
1001+	12 περιπτ.	10 καλή αριστ. αναγέννηση 2 0 αναγέννηση	Όσο μεγαλ. επιφάν. καίγονται, έχουμε γενικά πυρκ. έρπουσες, οι κώνοι μένουν ανέπαφοι. 0,2 περιπτ. με αναγ. 0 οφείλονται και σε συνδιασμό πολλών άλλων λόγων, π.χ. καίγονται νέες συστάδες κ.λ.π.
Εδαφος - Πέτρωμα			Παρατηρήσεις
Ασβεστολιθικό	24 περιπτ.	12 μικρή ως καλή αναγέν.	Όσο καλύτερα εδάφη τόσο καλύτερη αναγέν. Οι 2 περιπτ. οφείλονται σε άλλους λόγους, πυρκ. νέων συστάδων κ.λ.π.
-βραχώδες	23 περιπτ.	12 μικρή ως καλή αναγέν. 21 μικρή ως άριστη αναγ. 2 0 αναγέννηση	
γαιώδες	8 περιπτ.	6 μικρή ως πολύ καλή αναγ. 2 0 αναγέννηση 1 αναγ. μόνο στις Β εκθέσ.	
γαιώδες ως βραχ. αμμώδες (Κασσάνδρα)	8 περιπτ.	6 μικρή ως πολύ καλή αναγ. 2 0 αναγέννηση 1 αναγ. μόνο στις Β εκθέσ.	Στα ασβεστολιθικά βραχ. εδάφη η αναγέννηση ήταν 50% σε συνδιασμό βέβαια και με άλλους παράγοντες.
Κλίσεις			Παρατηρήσεις
0 - 20%	34* περιπτ.	30 μικρή ως άριστη αναγ. 4 0 αναγέννηση	Όσο μικρότ. κλίση τόσο μεγαλ. φυσική αναγέν. Οι 4 αποτυχίες οφείλονται σε συνδιασμό και άλλων λόγων. Αντίθετα όσο μεγαλύτερη κλίση τόσο πιο φτωχή ως ανύπαρκτη η αναγέν. Το τελικό στάδιο είναι η γνωστή βραχοποίηση.
21 - 40%	16 περιπτ.	12 μικρή ως μέτρια ως αρισ. 4 0 αναγέννηση	
41 - 60%	14 περιπτ.	8 μικρή ως μέτρια αναγέν. 6 0 αναγέννηση	
60%+	4 περιπτ.	2 μικρή ως μέτρια αναγέν. 2 0 αναγέννηση	
Διάφορες	1 περιπτ.	περιο. καλή ως πολύ καλή	
Εκθεση (ποικίλει πολύ)			Παρατηρήσεις
B, BA, ΒΔ	13 περιπτ.	7 καλή ως άριστη αναγέν. 6 0 αναγέννηση	Η έκθεση ποικίλη πολύ, παίζει ίσως μικρότερο ρόλο. Στα χαμηλοβούνια που φύτευται η χαλέπιος, πρακτικά όλες οι εκθέσεις έχουν την ίδια υγρασία. Όμως στη μεγάλη πυρκαγιά της Κασσάνδρας 21-29 Ιουλ.1981, όπου η χαλέπιος φύτευται πάνω σε καθαρούς άμμους τελικά καλύτερη επιτυχία είχαμε στις Β εκθέσεις.
A	8 περιπτ.	4 καλή ως πολύ καλή αναγ. 4 0 αναγέννηση	
N, NA, ΝΔ	10 περιπτ.	5 καλή ως πολύ καλή αναγ. 5 0 αναγέννηση	
N	6 περιπτ.	5 καλή ως πολύ καλή αναγ. 1 0 αναγέννηση	
Βροχές επομένης χρονιάς			Παρατηρήσεις
Επόμενη χρον. υγρή 31 περιπτ.	καλή ως πολύ καλή ως αριστ. αν.		Η υγρασία της επομένης χρονιάς παίζει ρόλο, όχι όμως πάντοτε. Στις πυρκαγιές του 1984 στην Αττική, Κασσάνδρα, Θάσο, την επομένη πολύ ξερή χρονιά 1985 είχαμε καλή αναγέννηση.
Επόμενη χρον. υγρή 14 περιπτ.	0 αναγέννηση		
Επόμενη χρον. Ξερή 9 περιπτ.	καλή ως πολύ καλή ως αριστ. αναγ.		
Επόμενη χρον. μέτρια 2 περιπτ.	καλή ως πολύ καλή ως άριστη αν.		

* Η πυρκαγιά καίει περισσότερες κλίσεις

Στην επανεγκατάσταση των πεύκων, σημαντικό ρόλο παίζουν τα φρυγανικά ψυχανθή είδη (π.χ. η λαδανιά). Αμέσως μετά την φωτιά, με τις πρώτες βροχές, παρατηρείται μαζική φύτευση των ειδών αυτών (35-100 άτομα/m²), η οποία συνεχίζει για τα 3 πρώτα χρόνια. Μετά μειώνεται σταδιακά, καθώς εμφανίζονται τα αρτίφυτρα της πεύκης (Ραδόγλου, 2001). Γενικά, μετά από 15 έτη ο πληθυσμός τους είναι πολύ μικρός, σε αντίθεση με αυτόν της πεύκης, αλλά υπάρχουν πάντα πολλά διαθέσιμα σπέρματα στο έδαφος. Αν καθυστερήσει η αναγέννηση της πεύκης, τα είδη αυτά μπορούν να παραμείνουν σε ικανοποιητικούς πληθυσμούς για δεκαετίες (Ραδόγλου, 2001). Τα είδη αυτά είναι σημαντικότερα για την αποκατάσταση του

οικοσυστήματος, αφού κατ' αρχάς, φυτρώνουν άμεσα και προστατεύουν το έδαφος από διάβρωση. Επιπλέον το εμπλουτίζουν με άζωτο (ψυχανθή) (Μάργαρης, 2001). Τέλος, προστατεύουν τα αρτίφυτρα της πεύκης από κάθε είδους διαταραχή και από βόσκηση, καθώς είναι ξυλώδη και τα περισσότερα αγροτικά ζώα τα αποφεύγουν. Καταλαβαίνουμε λοιπόν, πόσο καταστρεπτική είναι η αποψίλωση (π.χ. από βόσκηση αιγών) αυτής της πρώιμης μεταπυρικής βλάστησης για την αποκατάσταση της περιοχής (Μάργαρης, 2001).

Όλοι οι σχηματισμοί του ελάτου ανακάμπτουν σχετικά δύσκολα σε σχέση με τα άλλα είδη κωνοφόρων, καθώς είναι σκιοφιλα είδη, και μόνο με φύτευση σπερμάτων, η οποία είναι πολύ πιο περιορισμένη από αυτή της χαλεπίου πεύκης. Αυτό συμβαίνει καθώς οι κώνοι του ελάτου ωριμάζουν κυρίως στα τέλη του Οκτώβρη. Έτσι, την περίοδο των πυρκαγιών, δηλαδή το καλοκαίρι, οι ώριμοι κώνοι είναι ελάχιστοι και συνεπώς ελάχιστη θα είναι και φύτευση των σπερμάτων μετά την πυρκαγιά. Γίνεται φανερό πως το έλατο είναι ένα είδος που δεν είναι προσαρμοσμένο στις πυρκαγιές, και η αντιπυρική αντοχή των σχηματισμών του είδους αυτού στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στο υγρό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται. Την ίδια συμπεριφορά έχουν και τα είδη ψυχρόβιας πεύκης, όπως είναι το ρόμπολο.

Γίνεται φανερό πως όσο πιο ψυχρόβιο είναι το δασοπονικό είδος τόσο δυσκολότερη είναι και η φυσική αναγέννησή του μετά τη φωτιά. Η ανάκαμψη των δασικών σχηματισμών είναι γενικά μια χρονοβόρα διαδικασία, ανάλογα βέβαια και τον τύπο της βλάστησης, την ένταση της πυρκαγιάς, τις καιρικές συνθήκες μετά από αυτή και φυσικά τις (μεταπυρικές) ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο καμένο τοπίο (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001).

Η πλήρης ανάκαμψη των δασικών σχηματισμών συνεπάγεται και την διαδικασία της διαδοχής, δηλαδή τη χρονική μεταβολή των τύπων της βλάστησης. Η διαδοχή είναι η μεταβολή του φυτικού συστήματος που χαρακτηρίζεται από αντικατάσταση των φυτοκοινωνιών του από άλλες, διαφορετικής δομής, φυσιογνωμίας και σύνθεσης (Γκόφας, 2001, Ντάφης, 1986, Χατζημήτρος, 2003). Το φαινόμενο της διαδοχής είναι τόσο περίπλοκο, ώστε δεν υπάρχει μια γενική θεωρία που να την εξηγεί και αυτό διότι οι μηχανισμοί που ελέγχουν τη μεταβολή και αντικατάσταση των ειδών, ορίζονται σε πολλά επίπεδα λειτουργίας του φυτικού συστήματος. Εντελώς σχηματικά, μια τυπική διαδοχή της βλάστησης που ξεκινάει από το γυμνό έδαφος και φτάνει σε δασώδεις σχηματισμούς περνάει από τα στάδια όπου η κυρίαρχη βλάστηση είναι αρχικά ποώδη φυτά, ύστερα πολυετή ξυλώδη φυτά, θάμνοι, μικρά δενδρύλλια και τέλος μεγάλα δένδρα (Γκόφας, 2001, Χατζημήτρος, 2003). Η διαδικασία αυτή συχνά διαρκεί πολύ περισσότερο από αιώνα (Ντάφης, 1986). Φαινόμενα διαδοχής παρατηρούνται κυρίως σε φυτικούς σχηματισμούς, οι οποίοι λόγω κάποιας διαταραχής, συχνότερα φωτιά, αλλά και υπερβόσκηση ή εκχέρσωση, καταστράφηκαν και σταδιακά αναγεννώνται με την επανεγκατάσταση των ειδών που τους αποτελούσαν πριν από αυτή (Ντάφης, 1986).

Π2.5 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΔΑΣΩΝ-ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως τα ελληνικά δάση καταλαμβάνουν μόνο το 19% περίπου του ελλαδικού χώρου (κάποιοι ισχυρίζονται πως το ποσοστό αυτό είναι 17%!, Παπαϊωάννου και Τάντος, 2006) και παρά τις εύκρατες συνθήκες που επικρατούν στην χώρα μας και που ευνοούν την ανάπτυξη των δασών μέχρι και τα 2000 m σε καλές δομές, αντίθετα, τα δάση μας, σε γενικές γραμμές, παρουσιάζουν πολύ κακή δομή (Σφήκας, 1996) με μικρή ίσως εξαίρεση κάποια δάση της μέσης ορεινής ζώνης, τα οποία λόγω της εγκατάλειψης της υπαίθρου, σταμάτησαν να υπερεκμεταλούνται. Έτσι, τα δάση μας παρουσιάζονται να είναι πολύ χαμηλής

ζωτικότητα καθώς είναι έντονα γερασμένα και ταλαιπωρημένα από ασθένειες (που συχνά ενισχύονται από τον άνθρωπο, όπως η βαμβακίαση των πεύκων, η οποία έχει ανθρωπογενή προέλευση με υποτιθέμενα οφέλη στην μελισσοκομία, Σφήκας, 1996) και έχουν μεγάλα ποσά συσσωρευμένης νεκρής ύλης, γεγονός που τα κάνει πολύ εύφλεκτα. Ακόμα, πολλές παράνομες χωματερές και διάσπαρτοι σκουπιδότοποι σε δάση και ρεματιές συμπληρώνουν το τραγικό σκηνικό της Ελληνικής χλωρίδας και συμβάλλουν στη μόλυνση, την υποβάθμιση καθώς και την ευφλεκτότητά της. Επιπλέον, οι παράνομες οικοπεδοποιήσεις σε καμένες και μη δασικές εκτάσεις μπαίνουν σαν τροχοπέδη στην φυσική αναγέννηση και καλύτερευση της ποιότητας των Ελληνικών δασών. Τέλος, η ανεξέλεγκτη και υπερβολική υλοτομία, παράνομη και μη, η εγκατάλειψη μεγάλων ποσοτήτων υπολειμμάτων υλοτομίας καθώς και η συστηματική υπερβόσκηση, ακόμη και σε ευαίσθητες, προστατευόμενες περιοχές, υποβαθμίζουν ακόμη περισσότερο τα δάση μας και φανερώνουν την ανύπαρκτη προστασία και την έντονη κακοδιαχείριση τους από την Ελληνική πολιτεία (Καϊλίδης, 1993). Μεγάλη ευθύνη για την κατάσταση αυτή φέρει το Υπουργείο Γεωργίας και τα εκάστοτε δασαρχεία και τοπικοί φορείς.

Οι παραπάνω παράγοντες ευθύνονται για την υποβάθμιση των ελληνικών δασών αλλά και για την μείωσή τους. Στο όλο κλίμα της κακοδιαχείρισης, της εγκατάλειψης και της αδιαφορίας προστέθηκαν και οι πυρκαγιές οι οποίες, όπως αναφέραμε και στα στατιστικά των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα (βλ Κεφ1), αυξήθηκαν σε τρομερό βαθμό από το 1975 και μετά, όταν τα δάση αφέθηκαν στη “μοίρα” τους και στο έλεος του κάθε επιτήδειου. Οι δασικές πυρκαγιές, όπως φαίνεται, δεν είναι η μοναδική αιτία υποβάθμισης και μείωσης των ελληνικών δασών, αλλά ένα σύνολο συνδυασμένων παραγόντων που λειτουργεί είτε πυροδοτώντας τες, είτε ενισχύοντας τις καταστρεπτικές συνέπειές τους στα οικοσυστήματα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω θα μπορούσαμε να πούμε πως τα κύρια αίτια “αποδάσωσης” της χώρας μας είναι οι εξής (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993):

- *Συστηματικές και κυρίως παράνομες υλοτομίες*
- *Παράνομες χωματερές*
- *Παράνομες εκχερσώσεις και οικοπεδοποιήσεις*
- *Ασθένειες από έντομα και μύκητες.*
- *Υπερβόσκηση*
- *Πυρκαγιές*

Σημειώνουμε πως η έντονη βοσκή σε δασικές εκτάσεις προκαλεί σημαντικές οικολογικές διαταραχές και αν συνδυαστεί με άλλη διαταραχή, όπως αυτή της πυρκαγιάς, μπορεί να οδηγήσει το οικοσύστημα σε κατάρρευση. Μεγάλες δασικές εκτάσεις μετατράπηκαν σε άγονες βραχώδεις εκτάσεις μετά από πυρκαγιά και βόσκηση, χωρίς καμία ελπίδα ανάκαμψης (Ντάφης, 1986).

Εν κατακλείδι τονίζουμε πως ο χειρότερος εχθρός του δάσους είναι η φωτιά. Τίποτα άλλο δεν προξενεί τόσο εκτεταμένες και γρήγορες καταστροφές στο οικοσύστημα όσο οι δασικές πυρκαγιές (Ντάφης, 1986). Στην Ελλάδα είναι μακράν ο κύριος παράγοντας αποδάσωσης, λόγω του ξηρού κλίματός της το καλοκαίρι (Καϊλίδης, 1993). Η φωτιά στο δάσος προκαλεί σοβαρές διαταραχές σε όλους τους πληθυσμούς των ζωντανών οργανισμών, φυτικών και ζωικών και η αποκατάσταση της βιολογικής ισορροπίας του διαταραγμένου οικοσυστήματος απαιτεί μακρόχρονη περίοδο, χωρίς εξωγενείς παρεμβάσεις. Σε επόμενο κεφαλαίο θα αναφερθούμε στις οικολογικές συνέπειες των δασικών πυρκαγιών, σε όλα τα επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Π3

ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΚΑΨΙΜΟ

Π3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΨΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους δασικής διαχείρισης και πρόληψης πυρκαγιών είναι το ελεγχόμενο κάψιμο. Η μέθοδος αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα και πολλά μειονεκτήματα. Μπροστά στο μείζον πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών που καλούνται να αντιμετωπίσουν όλα τα Ευρωπαϊκά κράτη, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, θεωρήσαμε απαραίτητο να αναφερθούμε συνοπτικά σε αυτό.

Ελεγχόμενο (προδιαγραμμένο) κάψιμο είναι η φτηνή εκείνη πρακτική που, κάτω από τον έλεγχό μας πάντα και σε κατάλληλη εποχή, ανάβουμε φωτιά στη νεκρή και ζωντανή καύσιμη δασική ύλη, χωρίς κατά το δυνατόν να βλάπτουμε το οικοσύστημα, για σκοπούς διαχείρισης του δάσους (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004, Καϊλίδης, 1993). Το ελεγχόμενο κάψιμο εφαρμόζεται συνήθως με έρπουσες και μικρής έντασης πυρκαγιές, χωρίς να αποκλείονται και οι περιπτώσεις μεγάλων και εκτεταμένων πυρκαγιών (wildfires, Johnson and Miyanishi, 2001).

Ελεγχόμενο κάψιμο είναι ακόμη το κάψιμο από ιδιώτες ή υπαλλήλους, όπως π.χ. το κάψιμο κλαδεύσεων στα δάση αναψυχής της Ελλάδας, επίσης κλαδιών, χόρτων κ.λπ. τα οποία καίνε, κάτω από έλεγχο, σε κατάλληλο μέρος ή εποχή. Στην Θεσπρωτία εφαρμόζεται και το κάψιμο των αγκαθιών κάθε 4-5-6 χρόνια, όπως και των ανεπιθύμητων φυτών, για βελτίωση των εκεί φτωχών καρστικών βοσκοτόπων. Και αυτό φυσικά είναι ελεγχόμενο κάψιμο (Καϊλίδης, 1967, Λιάκος, 1973, Παπαναστάσης 1978 από Καϊλίδης, 1993).

Το ελεγχόμενο κάψιμο έχει εφαρμοστεί αρκετά, κυρίως στα βόρεια Ευρωπαϊκά κράτη, κυρίως για λόγους μείωσης (αποφόρτισης) των δασικών οικοσυστημάτων, από την φυτική βιομάζα. Γενικά, πιστεύεται πως το ελεγχόμενο κάψιμο είναι ένα καλό εργαλείο διαχείρισης δασικών εκτάσεων και επίσης ένα άριστο εργαλείο διαχείρισης πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993), αφού μειώνοντας την φυτική βιομάζα, μειώνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης πυρκαγιάς.

Οι Φιλανδοί και οι Ρώσοι, ήδη εδώ και 200 χρόνια, ήταν αναγκασμένοι για να αναγεννήσουν τα δάση τους, να κάψουν τον συσσωρευμένο βελονοτάπητα της δασικής πεύκης, λάρικας κ.λπ., (Belon, 1973, Ντάφης 1975, Sannikov, 1973 από Καϊλίδης, 1993). Την τεχνική αυτή χρησιμοποίησαν, όπως και οι προηγούμενοι, από τις αρχές του τωρινού αιώνα και οι Σουηδοί, ήδη όμως εγκαταλείφτηκε, επειδή το ελεγχόμενο κάψιμο χρειάζεται εργατικά χέρια, αλλά ακόμη και γιατί στις καμένες περιοχές είχαν προσβολή των δασών από τον μύκητες (Uggla, 1979 από Καϊλίδης, 1993). Και ο ίδιος ερευνητής σημειώνει ότι ελεγχόμενο κάψιμο σε υγρά εδάφη, ενεργοποιεί επικαθήμενο ενδόχουμο, ενώ σε φτωχά ξερά εδάφη έχει καταστρεπτικές ιδιότητες και υποβαθμίζει το έδαφος (Καϊλίδης, 1993). Ακόμη, την τεχνική αυτή χρησιμοποίησαν τον περασμένο αιώνα οι Αυστριακοί και οι Γερμανοί (Wilde, 1985 από Καϊλίδης, 1993). Έτσι, στη Β. Ευρώπη έκαιγαν το καλοκαίρι περιοχές με παχύ στρώμα υγρού βελονοτάπητα-χούμου, που η επιφάνεια του είχε ξεραθεί αρκετά και όχι περιοχές με λεπτό στρώμα και ξερό βελονοτάπητα-χούμο) έχοντας διπλό σκοπό, δηλαδή την ενεργοποίηση του αζώτου, αλλά και τη φυσική ή τεχνητή αναγέννηση (Καϊλίδης, 1993).

Ακόμη, στη Γαλλία οι Delabraze και Valette (1983 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρουν ότι το ελεγχόμενο κάψιμο μπορεί να εφαρμοσθεί Μάρτιο-Απρίλιο σε δάση βελανιδιάς και κυρίως στις αντιτυρικές ζώνες, ενώ το απορρίπτουν ως πολύ επικίνδυνο στα δάση της παραθαλάσσιας και χαλεπίου πεύκης. Στην Γαλλία επίσης ο Trabanol (1983 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρει ότι σε επανειλημμένα καψίματα των πουρναριών κάθε 2-3-6 χρόνια μετά από κάθε άνοιξη ή φθινόπωρο, το κάψιμο είχε για αποτέλεσμα την ελάττωση της βλάστησης, μετά δημιουργούσε αύξηση που ήταν βραδύτερη στις φθινοπωρινές καύσεις, ενώ στις ανά 6 χρόνια καύσεις, βρήκε ότι μετά τα 5 χρόνια η βλάστηση είναι όμοια με την άκαυτη (στην Ελλάδα, αυτό γίνεται μετά 7-8-10 χρόνια) και ότι με τα επανειλημμένα καψίματα τα χόρτα τελικά αυξάνονται.

Στην Πορτογαλία οι Vega κ.α. (1983 από Καϊλίδης, 1993) εφάρμοσαν ελεγχόμενη φωτιά σε δάση πεύκων (*pinus pinaster* και *radiata*) και αναφέρουν ότι τα δέντρα φαινομενικά δεν έπαθαν τίποτε, ενώ 1 χρόνο μετά τη φωτιά η υποβλάστηση είχε το 20% της αρχικής βλάστησης και μετά 2 χρόνια το 25% κ.λπ. Επίσης, οι Rego κ.α. (1983 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρουν ελεγχόμενο κάψιμο σε δάσος παραθαλάσσιας πεύκης και βρήκαν αύξηση του PH, αύξηση P ενώ το K και η οργανική ουσία ελαττώθηκε.

Για την Αμερική, πρέπει να αναφέρουμε ότι τα τελευταία χρόνια, στις άγριες περιοχές και στις περιοχές κυνηγιού, όπως και στα Εθνικά τους Πάρκα σε μεγάλα υψόμετρα, σε πυρκαγιές που ξεκινούν από κεραυνούς, εφαρμόζουν κανονικό ελεγχόμενο κάψιμο δηλαδή τις αφήνουν να καίνε θεωρητικά υπό έλεγχο. Όμως το 1988 στο Εθνικό Πάρκο του Yellowstone άναψαν 248 πυρκαγιές, οι 31 από αυτές αφέθηκαν να καίνε ως ελεγχόμενες και το αποτέλεσμα είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος του Πάρκου κάηκε, ενώ αναφέρουν ακόμη ότι στον Green Canyon κάηκαν 1.000.000 στρ. και το αποδίδουν στην ελλιπή εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς και επισημένουν ότι πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα (Wakimoto, 1989 από Καϊλίδης, 1993). Ακόμη ο Harrington (1987 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρει ότι μετά από ελεγχόμενο κάψιμο φθινοπώρου, άνοιξης, καλοκαιριού σε πεύκα (*pinus ponderosa*) στο Εθνικό Πάρκο του Κολοράντο, τα δέντρα αυτά παρουσίασαν μετά 1 έτος νέκρωση 5-17-21% και μετά 5 χρόνια 12-26-29% και είχαν καψάλισμα κόμης έως και 90%.

Στις Μεσογειακές χώρες το ελεγχόμενο κάψιμο έχει εφαρμοστεί ελάχιστα και ο Ιταλός ερευνητής Susmel (1977 από Καϊλίδης, 1993) λέγει ότι για την Ιταλία και τις Μεσογειακές Χώρες το ελεγχόμενο κάψιμο μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για τη βελτίωση των βοσκοτόπων, το απορρίπτει όμως για τα δάση και μάλιστα προτρέπει, όπου είναι δυνατόν, την επανίδρυση των δασών της αριάς.

Για να αποφασίσουμε να κάνουμε ελεγχόμενο κάψιμο, πρέπει αυτό να δικαιολογείται, τουλάχιστο με την προστασία του δάσους από πυρκαγιά ή για λόγους δασοκομικούς, μπορεί όμως να συνυπάρχουν και άλλοι λόγοι, όπως απομάκρυνση ανεπιθύμητων θάμνων και χόρτων, βελτίωση βοσκοτόπων, καταπολέμηση φυτοπαθολογικών ασθενειών, βελτίωση του οικοσυστήματος για τα θηλαστικά άγρια ζώα και τα πουλιά, όπως ακόμη για να μπορούν να περνούν ή να περπατούν εύκολα την περιοχή δασικοί υπάλληλοι, μελισσοκόμοι, ρετσίναδες, υλοτόμοι και φυσιολάτρες-ερευνητές.

Η φωτιά που θα ανάψουμε, σε κατάλληλη εποχή, πρέπει να είναι χαμηλής εντάσεως, να καίει αυτό που θέλουμε και να μη βλάπτει το υπερκείμενο δάσος ή το έδαφος. Ακόμη, πρέπει να έχουμε απομονώσει καλά την περιοχή που θα κάψουμε, να έχουμε αρκετό διαθέσιμο προσωπικό και μέσα, γιατί αν δεν υπολογίσουμε καλά την κατάσταση, αρκετές φορές η φωτιά ξεφεύγει ή πηδάει (όπως έγινε στη Θάσο, το 1978, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004), και τότε πρέπει να είμαστε ικανοί να τη σβήσουμε (Καϊλίδης, 1993). Πολύ επικίνδυνο για να πηδήξει η

φωτιά είναι όταν η περιοχή έχει μεγάλες κλίσεις. Γενικά, σε κλίσεις άνω του 50% απαγορεύεται η χρήση φωτιάς (Καϊλίδης, 1993), καθώς εύκολα μπορεί από έρπουσα να γίνει επικόρυφη. Ακόμα, κίνδυνος επέκτασης υπάρχει όταν τα εδάφη είναι πολύ ξερά. Επιπλέον σε ξερά, αβαθή και πετρώδη εδάφη, με μεγάλες κλίσεις, το ελεγχόμενο κάψιμο προκαλεί βλάβες στο έδαφος και αυξάνει τον κίνδυνο της διάβρωσης (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004, Κωνσταντινίδης, 2003).

Π3.2 ΣΚΟΠΟΙ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΨΙΜΑΤΟΣ

Πρόληψη πυρκαγιών

Πρώτος και σπουδαιότερος λόγος εφαρμογής του ελεγχόμενου καψίματος είναι η πρόληψη πυρκαγιών. Η αιτία των δασικών πυρκαγιών της χώρας μας είναι κυρίως η ύπαρξη θάμνων και χόρτων, που ως υπόροφος στα δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης, μας δίνουν τις γνωστές καταστροφικές πυρκαγιές της χαλεπίου και τραχείας, ή οι νεκρές βελόνες (βελονοτάπητας) που όταν καίγονται δίνουν τις έρπουσες πυρκαγιές της μαύρης πεύκης. Μια πρώτη και ίσως η σπουδαιότερη, τις περισσότερες φορές, αιτία εφαρμογής του ελεγχόμενου καψίματος είναι κάψιμο της ζωντανής υποβλάστησης από θάμνους και χόρτα και της νεκρής φυλλάδας (βελονοτάπητα, κάθε 2-3 χρόνια, Καϊλίδης, 1993) ή και των υπολειμμάτων των υλοτομιών σε κατάλληλη εποχή (π.χ. χειμώνα, νωρίς άνοιξη, αργά φθινόπωρο), ώστε κατά την επικίνδυνη εποχή των πυρκαγιών (καλοκαίρι) να μην υπάρχει υλικό για κάψιμο (καύσιμη ύλη).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε την επίδραση της ζωντανής υποβλάστησης στο δάσος, αφού αυτή καλείται να καταναλώσει η ελεγχόμενη πυρκαγιά. Αυτή η επίδραση είναι άλλοτε δυσμενής και άλλοτε φυσικά ευνοϊκή. Ξεκινώντας από τις ευνοϊκές επιδράσεις, η υποβλάστηση, όταν δεν είναι πολύ πυκνή προστατεύει το έδαφος από διάβρωση, συμβάλει στην χουμοποίηση της φυλλάδας, προστατεύει το έδαφος από την ηλιακή ακτινοβολία και δημιουργεί ιδανικές οικολογικές συνθήκες για την φύτευση και ανάπτυξη των νέων φυταρίων, ειδικά των σκιδόφυτων όπως η ελάτη (Ντάφης, 1986). Όταν η υποβλάστηση όμως είναι πολύ πυκνή, τότε εμποδίζεται σημαντικά η φυσική αναγέννηση. Καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να προκαλεί την ξήρανση των ανώτερων στρωμάτων του εδάφους, αποτρέποντας την ανάπτυξη των αρτιφύτρων. Επίσης, το καλοκαίρι όταν ξηραίνεται μπορεί να γίνει πολύ εύφλεκτη και αν είναι και ψηλή μπορεί εύκολα μια έρπουσα πυρκαγιά να την κάνει επικόρυφη (Ντάφης, 1986). Τέλος, αναφέρουμε πως η υποβλάστηση μπορεί να γίνει ξενιστής για μικροοργανισμούς και έντομα, που προσβάλλουν τα δασικά δέντρα (Ντάφης, 1986).

Τα υπολείμματα υλοτομιών από την άλλη πέραν του ότι αποτελούν νεκρή δασική ύλη και συνεπώς πολύ εύφλεκτη, όταν δεν βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες μέσα στα δάση, έχει θετικές επιδράσεις στο δασικό οικοσύστημα. Κατ' αρχάς, με την αποσύνθεσή τους (ειδικά τα υπολείμματα μικρών διαστάσεων) εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία και κυρίως με άζωτο (Ντάφης, 1986). Επιπλέον, αποτελούν καταφύγιο για πολλά είδη της άγριας πανίδας και επιπλέον προστατεύουν τα αρτίφυτρα από διαταραχές, βοηθώντας έτσι στην ανάπτυξή τους και την φυσική αναγέννηση του δάσους (Κωνσταντινίδης, 2003).

Δασοκομικοί-διαχειριστικοί σκοποί

Το ελεγχόμενο κάψιμο χρησιμεύει και για δασοκομικούς-διαχειριστικούς σκοπούς. Τέτοιοι είναι οι τεχνητές αραιώσεις, ώστε να αποκαλυφθεί το χώμα και να φυτρώσουν ευκολότερα οι σπόροι κάποιων ειδών, η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την αναγέννηση τυπικών πυρόφιλων ειδών (π.χ. θέρμανση για το άνοιγμα των κώνων των πεύκων, Καϊλίδης, 1993), το αραιώμα συστάδων, ώστε να

μειωθεί η ανταγωνιστικότητα, η κατανάλωση υπολειμμάτων υλοτομίας, όταν αυτά εμποδίζουν την φυσική αναγέννηση, η καύση συστάδων που έχουν προσβληθεί από κάποια ασθένεια, την οποία θέλουμε να καταπολεμήσουμε πλήρως ή να μην διαδοθεί, η βελτίωση βοσκοτόπων (αύξηση λιβαδικής αξίας) και η μείωση ανεπιθύμητων φυτών (όπως οι αγκαθωτοί θάμνοι, που δυσκολεύουν τα ζώα να βοσκήσουν ή τα ζιζάνια), η καύση και κατανάλωση του ξηροτάπητα, που σε ξηρά κλίματα μπορεί να γίνει πολύ παχύς, εμποδίζοντας την φυσική αναγέννηση και αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς και τέλος η διάνοιξη του εσωτερικού των δασών για να είναι πιο προσβάσιμο ή για τη δημιουργία χώρων αναψυχής (Καϊλίδης, 1993, Γκόφας, 2001). Με λίγα λόγια το ελεγχόμενο κάψιμο είναι η τεχνική με την οποία εκμεταλλευόμαστε τις ωφέλειες των πυρκαγιών, με μικρή επίδραση στο οικοσύστημα και τη δασική βλάστηση.

Η πιο συνήθης αιτία εφαρμογής ελεγχόμενης πυρκαγιάς στην Ελλάδα, είναι η δημιουργία βοσκοτόπων. Το πιο κλασσικό παράδειγμα είναι η περιοχή της Ηγουμενίτσας, όπου οι κτηνοτρόφοι καίνε κάθε 3-5 χρόνια τους αγκαθωτούς θάμνους στους φτωχούς καρστικούς βοσκοτόπους τους, στη συνέχεια βλαστάνουν τα φαγώσιμα χόρτα που υπερβόσκονται, ο βοσκότοπος γεμίζει πάλι αγκαθωτούς θάμνους, που δεν τρώγονται και πάλι καίγονται κ.λπ. και φυσικά τα εδάφη συνεχώς υποβαθμίζονται (Καϊλίδης, 1967, Παπαναστάσης, 1978 από Καϊλίδης, 1993). Η εφαρμογή του ελεγχόμενου καψίματος, με συνεχείς επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές και σε συνδυασμό με εντατική βόσκηση, μπορεί να προκαλέσει τη χειρότερη υποβάθμιση του εδάφους, μετατρέποντας το τοπίο σε βραχύτοπο (ερημοποίηση) (Καϊλίδης, 1993, Παπαϊωάννου και Ταντος, 2006, Γκόφας, 2001).

Στο εξωτερικό έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον το ελεγχόμενο κάψιμο για την καταπολέμηση ασθενειών. Το ελεγχόμενο κάψιμο ωφελεί στην καταπολέμηση του μύκητα *scirrhia acicola* (ΗΠΑ) σε δενδρύλλια πεύκης *pinus contorta* και *palustris* (Grelen, 1978 από Καϊλίδης, 1993). Ακόμη έχει παρατηρηθεί ότι σε αμμώδη και φτωχά σε χούμο εδάφη, το ελεγχόμενο κάψιμο, 1 και 3 χρόνια ύστερα από αραιώσεις πεύκων, περιορίζει την προσβολή σε δάση πεύκης, του ξυλοσηπτικού μύκητα *fomes annosus* (Reeves, 1977 από Καϊλίδης, 1993), που προσβάλλει μετά τις υλοτομίες, πρώτα τα πρέμνα, εισχωρεί μετά στις ρίζες και από εκεί προσβάλλει τα γειτονικά δέντρα. Ακόμη με την ελεγχόμενη φωτιά καταπολεμείται η σκωρίαση και άλλα διάφορα παράσιτα και ζιζάνια (Καϊλίδης, 1993). Αντίθετα με το ελεγχόμενο κάψιμο αναπτύσσεται, σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, ο επικίνδυνος μύκητας *rhizina inflata* (Solbraa, 1983 από Καϊλίδης, 1993) όπως επίσης και σηψιρριζίες των κωνοφόρων, ενώ έμμεσα το ελεγχόμενο κάψιμο ευνοεί την αύξηση των θάμνων που αποτελούν τον δεύτερο ξενιστή της σκωρίασης. Επίσης ο Ana-Magan (1981 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρει ότι στην Ισπανία, Πορτογαλία, Γαλλία, μετά από πειραματικές ελεγχόμενες φωτιές στα δάση πεύκης (*pinus pinaster*) αναπτύχθηκε ο μύκητας *Leptograhium gallaeciae*, που προσβάλλει ρίζες, προκαλεί χρωματισμό του ξύλου και νέκρωση δέντρων, ενώ πριν από τη φωτιά ο μύκητας αυτός βρίσκεται και διατηρείται σε ισορροπία από τον ανταγωνιστικό μύκητα *trichoderma viridens*, ο οποίος όμως νεκρώνεται από την υψηλή θερμοκρασία της ελεγχόμενης φωτιάς.

Π3.3 ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΨΙΜΑΤΟΣ

Το ελεγχόμενο κάψιμο γίνεται σε κατάλληλη εποχή, οπότε το νεκρό υλικό έχει ορισμένη ασφαλή υγρασία και καίγεται όπως το ζωντανό υλικό, με μικρή φλόγα και χαμηλή θερμοκρασία, ώστε να μη βλάπτεται το δάσος και ακόμη να μην υπάρχει κίνδυνος η φωτιά να πηδήσει και να δημιουργήσει νέες εστίες πυρκαγιάς.

Γενικά πριν από το ελεγχόμενο κάψιμο και μάλιστα πριν από 24-48 ώρες, πρέπει να έχει βρέξει 12-25 mm, βροχής και να υπάρχει σχετική υγρασία αέρα 30-50%. Εάν η σχετική υγρασία είναι πάνω από 60%, τότε το υλικό δεν καίγεται καλά. Φυσικά εξαρτάται και από το είδος και τις διαστάσεις της καύσιμης ύλης. Η θερμοκρασία του αέρα, εξάλλου, για χειμωνιάτικο κάψιμο πρέπει να είναι από 0°C ως και λιγότερο από 10°C, επειδή πάνω από 10°C υπάρχει κίνδυνος βλάβης των δέντρων. Η υγρασία επίσης του νεκρού λεπτού υλικού πρέπει να είναι 5-10% και να επικρατεί αέρας από 3-5 km/hr. Για μεγαλύτερες εντάσεις αέρα, η υγρασία της νεκρής λεπτής καύσιμης ύλης πρέπει να είναι 20-25% και κάτω από 15%, η φωτιά πηδάει και δημιουργεί νέες εστίες (Καϊλίδης, 1993).

Ακόμα, τα φυτά βλάπτονται από ελεγχόμενο κάψιμο περισσότερο κατά τη βλαστική περίοδο παρά τον χειμώνα, δηλαδή κατά την περίοδο ηρεμίας των φυτών. Άρα, την άνοιξη καλό είναι να αποφεύγεται το ελεγχόμενο κάψιμο. Ακόμη τα πλατύφυλλα είδη βλάπτονται περισσότερο από ελεγχόμενο κάψιμο, επειδή πιο εύκολα παθαίνουν ραγάδες και προσβάλλονται, στη συνέχεια, από φλοιοφάγα έντομα και σήψεις.

Το ελεγχόμενο κάψιμο καλό είναι να εφαρμόζεται σε απομονωμένες περιοχές που να διαχωρίζονται από αντιπυρικές ζώνες. Ακόμα, πρέπει να αποφεύγονται οι μεγάλες κλίσεις (>30%) και θα πρέπει τα δασικά δέντρα να μην είναι ευπαθή στις έρπουσες πυρκαγιές και το καψάλισμα του κορμού τους (τα πιο ευπαθή, είναι τα δέντρα με λεπτό φλοιό κορμού, Ντάφης, 1986) και να είναι φυσικώς αποκλαδωμένα μέχρι μεγάλο ύψος (Καϊλίδης, 1993). Το καψάλισμα στην κόμη των δέντρων δεν πρέπει να ξεπεράσει το 15%, αλλιώς τα επόμενα χρόνια, τα δένδρα δεν αναπτύσσονται ή ξεραίνονται (Johansen, 1975 από Καϊλίδης, 1993).

Π3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΨΙΜΑΤΟΣ

Π3.4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΤΟΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΖΩΟΚΟΙΝΟΤΗΤΑ

Ο πολιτισμένος άνθρωπος, στις τελευταίες δεκάδες χρόνια, προστάτεψε τα δάση από τη φωτιά, ώστε δημιουργήθηκε μια νέα οικολογική ισορροπία ανάμεσα στα υπάρχοντα φυτικά είδη, που όμως δεν είναι αρεστή από τη πλευρά της δασοκομικής-διαχειριστικής. Έτσι π.χ. στην Ελλάδα, τα δάση της χαλεπίου και τραχείας πεύκης καίγονταν και αναγεννιόνταν μόνα τους ύστερα από πυρκαγιές, που έκαίγαν τον άφθονο υπόροφό τους από αείφυλλα-πλατύφυλλα, εδώ και χιλιάδες χρόνια. Όμως η προστασία των δασών αυτών, με τη σύγχρονη απουσία ξύλευσης των περιοχών αυτών και με την ελάττωση της βόσκησης (όπως γινόταν λίγο παλαιότερα από τους χωρικούς των γύρω χωριών), είχε για αποτέλεσμα, ο υπόροφος από αείφυλλα-πλατύφυλλα να μεγαλώσει, να πυκνώσει, να γίνει αδιαπέραστος, ώστε έχουμε 2-4 φορές περισσότερη καύσιμη ύλη και έτσι ώστε τελευταία, να μας δίνει τις γνωστές μεγάλες ως και πολύ μεγάλες πυρκαγιές, ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες που υπάρχουν σε κάθε περίπτωση. Επομένως τι πρέπει να κάνουμε; Πως θα προφυλάξουμε και πως θα αναγεννήσουμε τα δάση αυτά; Η απάντηση είναι ότι τα δάση αυτά αναγεννώνται μετά από πυρκαγιές, μόνο που εμείς πρέπει να προσπαθήσουμε να γίνει αυτό μια φορά κάθε περίτροπο χρόνο, δηλαδή μια φορά ανά όσα χρόνια χρειάζεται το δασικό είδος για να φτάσει σε ηλικία καρποφορίας.

Αναφέρουμε από τη χώρα μας την περίπτωση των δασών μαύρης πεύκης στον Πάρνωνα, όπου μετά την καλή προστασία των δασών αυτών από το 1950, τη δημιουργία δηλαδή των Δασικών Κρατικών Εκμεταλλεύσεων και κυρίως μετά τη διάνοιξη των δασικών δρόμων, άρχισε να επιστρέφει σιγά-σιγά η ελάτη, που τα παλαιότερα χρόνια, από τις έρπουσες πυρκαγιές των δασών αυτών που την

νέκρωναν εύκολα, είχε σχεδόν εξαφανιστεί. Βλέπουμε λοιπόν πως το ελεγχόμενο κάψιμο αν διαταράσσει το καθεστώς των πυρκαγιών στην περιοχή μπορεί να φέρει αλλαγές στη φυτοκοινωνία και να εισάγει ή να εξαφανίσει φυτικά είδη στο οικοσύστημα (Καϊλίδης, 1993). Από την άλλη, το ελεγχόμενο κάψιμο μπορεί να διατηρήσει την βιοποικιλότητα μιας περιοχής, καθώς χωρίς τις πυρκαγιές θα επιβιάσουν τα πιο ανταγωνιστικά είδη της υποβλάστησης (Ντάφης, 1986).

Το ελεγχόμενο κάψιμο μπορεί να επιδράσει και στη ζωοκοινότητα. Έχει παρατηρηθεί πως ασκεί αρνητική επίδραση σε ορισμένους εδαφικούς μικροοργανισμούς (μύκητες και λειχήνες (DeBano et al, 1998) και έντομα του εδάφους (Rego et al, 1983 από Καϊλίδης, 1993) αλλά παράλληλα, με την διάνοιξη του ενδοδασικού περιβάλλοντος, ευνοούνται τα μεγάλα ζώα, όπως το ζαρκάδι και το ελάφι (Καϊλίδης, 1993).

Π3.4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Ο καπνός στο ελεγχόμενο κάψιμο περιέχει, γενικά, μικρές αναλογίες από CO, CO₂, H₂O, HC, NH₄ και στερεές ουσίες, δεν δημιουργεί SO και δημιουργεί NO μόνο σε μεγάλες θερμοκρασίες. Δεν προκαλεί φωτοχημική καπνομίχλη, ενώ γενικά, προκαλεί ρύπανση πολύ πιο υποδεέστερη από την ρύπανση που προκαλούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Ωστόσο, επειδή μπορεί ο καπνός να επηρεάζει την ορατότητα σε δημόσιους δρόμους, σε αεροδρόμια κ.λπ., το ελεγχόμενο κάψιμο δεν επιτρέπεται παντού ή και αν, επιτρέπεται με αρκετή δυσκολία και με προϋποθέσεις, ώστε να γίνεται καλή διευθέτηση του καπνού, ώστε π.χ. να μη σπρώχνεται ο καπνός από τον άνεμο προς τις πόλεις, τους δημόσιους δρόμους, τα αεροδρόμια κ.λπ. Ακόμα, η παραγωγή καπνού σχετίζεται και με την κλίση της πλαγιάς που καίγεται. Έτσι π.χ. έχει διαπιστωθεί ότι όταν η πυρκαγιά προχωρεί στην πλαγιά από πάνω προς τα κάτω, τότε ο εκλυόμενος καπνός είναι 35% λιγότερος, παρά όταν καίει από κάτω προς τα πάνω (Ward and Lamb, 1970 από Καϊλίδης, 1993).

Π3.4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Οι επιδράσεις του ελεγχόμενου καψίματος στα εδάφη, είναι λίγο-πολύ οι ίδιες με τις γενικές επιδράσεις των πυρκαγιών στα εδάφη, τις οποίες αναφέραμε εκτενώς στα κεφάλαια 3, 4, 5. Το σημαντικό εδώ είναι η επανάληψη σε τακτά χρονικά διαστήματα, κάτι που υποστηρίζουν πολλοί επιστήμονες πως είναι καταστροφικό για το έδαφος. Άλλοι πάλι υποστηρίζουν, πως επειδή η ελεγχόμενη πυρκαγιά είναι συνήθως χαμηλής έντασης, το έδαφος μένει αδιάφορο από αυτήν.

Είναι γενικά όμως παραδεκτό πως το ελεγχόμενο κάψιμο σε συνδυασμό με υπερβόσκηση, οδηγεί σε βαθμιαία υποβάθμιση του εδάφους και αυτό γιατί ακόμα και στα πιο πυρόφιλα δάση, τα διαστήματα μεταξύ των πυρκαγιών όταν βόσκονται πρέπει να είναι τουλάχιστον 10-20 έτη (Ντάφης, 1986, Γκόφας, 2001, DeBano et al, 1998, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004). Το ελεγχόμενο κάψιμο όμως επαναλαμβάνεται συνήθως κάθε 6 χρόνια το πολύ, διάστημα γενικά πολύ μικρό για την πλήρη ανάκαμψη του οικοσυστήματος (Γκόφας, 2001, Καϊλίδης, 1993). Έτσι και στους βοσκότοπους της Θεσπρωτίας που αναφέραμε προηγουμένως, το έδαφος συνεχώς υποβαθμίζεται και μετατρέπεται βαθμιαία σε βραχύτοπο (Λιάκος, 1973 από Καϊλίδης, 1993).

Η σπουδαιότερη απώλεια από τις επαναλαμβανόμενες ελεγχόμενες πυρκαγιές είναι η απώλεια του αζώτου (Wilde, 1958) και οι μεγαλύτερες απώλειες παρατηρήθηκαν εκεί που κάηκε περισσότερο ο βελονοτάπητας. Σε εδάφη που ο βελονοτάπητας κάηκε πλήρως, είχαμε και ολική εξαέρωση του

αζώτου, ενώ εκεί που κήκε μέτρια ως ελαφρά, υπήρξε απλή μείωση (Wilde, 1958).

Επιπλέον, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου από ελεγχόμενο κάψιμο παρατηρήθηκε αύξηση της υδροφοβικότητας, με παράλληλη αύξηση της επίγειας ροής και της στερεοαπορροής (Καϊλίδης, 1993). Οι Debyle και Packer (1981 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρουν πως το ελεγχόμενο κάψιμο αύξησε τη διάβρωση σε ψηλά ορεινά εδάφη, με μεγάλες κλίσεις, ύστερα από καλοκαιρινές, έντονες βροχοπτώσεις. Ακόμα, η παράσυρση του χούμου και του φυλλοτάπητα και βελονοτάπητα είναι ένα μείζον θέμα. Όταν καίγεται σε ποσοστό λιγότερο από 30%, τότε η παράσυρσή του είναι μικρή, ακόμα και ύστερα από ραγδαίες βροχές, σε μεγάλες κλίσεις (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004).

Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα εδάφη είναι πολύ κρίσιμος παράγοντας για την γονιμότητά του (Wilde, 1958). Σε υγρά εδάφη, η θερμοκρασία από το ελεγχόμενο κάψιμο, παραμένει σε χαμηλά επίπεδα και φτάνει το πολύ τους 100°C σε βάθος 2 cm. Σε ξηρά εδάφη όμως, η θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια και μέχρι 2 cm βάθος μπορεί να φτάσει τους 680°C, καταστρέφοντας φυτικές ρίζες και εδαφικούς μικροοργανισμούς (Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004). Είναι λοιπόν σημαντικό το ελεγχόμενο κάψιμο να εφαρμόζεται σε υγρά εδάφη. Ο λόγος των ξηρών εδαφών και ο λόγος των μεγάλων κλίσεων είναι αυτοί που κάνουν πολλούς ερευνητές να υποστηρίζουν πως το ελεγχόμενο κάψιμο για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα είναι απαγορευτικό (Susmel, 1977, Shantz, 1974, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004, Γκόφας, 2001, Κωνσταντινίδης, 2003).

Όσον αφορά τις απώλειες θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, οι Walendzik και Sxoltyk (1983 από Καϊλίδης, 1993) αναφέρουν σε ελεγχόμενα καψίματα σε ξηρά φτωχά εδάφη με κωνοφόρα (όπως δηλαδή και της Ελλάδας) στην Πολωνία, ότι το κάψιμο του βελονοτάπητα, του χούμου και της επεδάφειας βλάστησης είχε αποτέλεσμα την ελάττωση της οξύτητας και, προσωρινά για 1-3 χρόνια, αύξηση του προσλαμβανόμενου P, Ca, Mg, και λιγότερο του K και N, η ελάττωση όμως της οργανικής ουσίας, με την έκπλυση των διαλυτών χημικών στοιχείων του εδάφους είχε για αποτέλεσμα και την ελάττωση της παραγωγικότητας για αρκετά χρόνια. Και συνιστούν εκεί (Πολωνία) αμέσως μετά την πυρκαγιά, ότι πρέπει να γίνεται φύτευση. Ακόμη οι Jorgensen και Wells (1986 από Καϊλίδης, 1993) σε δάση πεύκης στις ΗΠΑ πριν και μετά το ελεγχόμενο κάψιμο, αναφέρουν ότι το κάψιμο πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά για να μην εκτίθεται το έδαφος στη διάβρωση, ενώ οι μεταβολές στα θρεπτικά στοιχεία φαίνονται στον πίνακα Π3.1.

Πάνω στο ελεγχόμενο κάψιμο και τα αποτελέσματά του στην απορροή και τη διάβρωση, σκόπιμο κρίναμε να παραθέσουμε μερικές έρευνες, που φαίνονται παρακάτω.

Τα αποτελέσματα στην απορροή, λόγω ελεγχόμενης πυρκαγιάς, είναι γενικά μικρότερα σε μέγεθος, από αυτά μιας πυρκαγιάς μεγάλης έντασης. Ωστόσο, μια ελεγχόμενη πυρκαγιά, μπορεί να κάψει τη συσσώρευση φυλλώματος στο έδαφος και άλλων αποσυντεθειμένων οργανικών υλικών με αποτέλεσμα δραστικές μεταβολές στη διαδικασία της ροής, κάτι το οποίο διαφέρει από τους στόχους της.

Μια ελεγχόμενη πυρκαγιά για την μείωση της καύσιμης ύλης σε μια λεκάνη 180 ha στη Νότια Αφρική, είχε ως αποτέλεσμα 15% αύξηση στη μέση ετήσια παροχή. Η λεκάνη ήταν καλυμμένη με θάμνους, οι περισσότεροι από τους οποίους δεν καταστράφηκαν από τη φωτιά. Η επίδραση της ελεγχόμενης πυρκαγιάς ήταν μικρότερη του αναμενόμενου, εξαιτίας της ιδιαίτερα υψηλής βροχοπτώσης την χρονιά εκείνη (Scott 1993, από DeBano et al 1998).

Πίνακας Π3.1. Μεταβολές στα θρεπτικά στοιχεία πριν και μετά το ελεγχόμενο κάψιμο (Jorgensen and Wells, 1986 από Καϊλίδης, 1993).

Θρεπτ. στοιχεία πριν και μετά από πυρκ.	Βελονοτάπητα		Χούμος	
	Kg/ha	αλλαγή	Kg/ha	αλλαγή
Ασβέστιο πριν από ελεγχόμενο κάψιμο	87,7		200,7	
μετά από ελεγχ.	38,0	-55%	221	+10%
Μαγνήσιο πριν από ελεγχόμενο κάψιμο	33,4		58,0	
μετά από ελεγχ.	11,2	-66%	60,0	+3%
Κάλιο πριν από ελεγχόμενο κάψιμο	40,2		93,7	
μετά από ελεγχ.	15,7	-61%	91,5	-2%
Άζωτο πριν από ελεγχόμενο κάψιμο	102,0		656,2	
μετά από ελεγχ.	69,2	-45%	613,7	-6%
Φωσφόρος πριν από ελεγχόμενο	15,7		41,5	
μετά από ελεγχ.	6,7	-57%	46,7	+10%

Σε μια λεκάνη απορροής στη Βόρια Αριζόνα, σε πευκόφυτο δάσος, όπου κάηκε το 43% της έκτασης, δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μεταβολή της ετήσιας παροχής 6 χρόνια μετά την ελεγχόμενη πυρκαγιά. Το σχέδιο καύσης για 70% μείωση σε λεπτά καύσιμα και 40% σε βαριά, καλύφθηκε επαρκώς. Η βλάβη στην υπόλοιπη βλάστηση ήταν ελάχιστη (Gottfried and DeBano 1990, από DeBano et al 1998).

Το κάψιμο της χαμηλής βλάστησης και των υπολειμμάτων της συγκομιδής ξυλείας, το κάψιμο ανταγωνιστικής βλάστησης για την προετοιμασία μιας περιοχής για φύτευση, καθώς και το κάψιμο δασών για την προετοιμασία μιας περιοχής για αγροτική παραγωγή, που είναι συνήθεις πρακτικές σε πολλά μέρη του κόσμου, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στην παροχή των λεκανών στις οποίες διευθετούνται αυτά τα έργα, παρόλα αυτά είναι δύσκολο ν' απομονωθούν οι επιπτώσεις αυτών των εργασιών ξεχωριστά σε ό,τι αφορά την παροχή. Για παράδειγμα, ο καθαρισμός της βλάστησης ενός τροπικού δάσους στη Μαλαισία πριν τοποθετηθούν φυτείες από ακακία γρήγορης ανάπτυξης, ήταν ο κύριος λόγος για την αύξηση της παροχής στη λεκάνη απορροής. Παρόλα αυτά η συνήθης πρακτική να καίγεται και η δευτερεύουσα βλάστηση σαν μέρος της εργασίας εκκαθάρισης, πρόσθεσε ένα άγνωστο παράγοντα αύξησης της απορροής, (Malmer 1992, από DeBano et al 1998).

Οι Robichaud & Waldrop (1994), ανέφεραν ότι η ροή του νερού στα καμένα εδάφη, αυξήθηκε ανάλογα με την ένταση της φωτιάς. Η μεταβλητότητα στις ροές που παρατηρήθηκαν, συσχετίζεται με τη διαφορετικότητα στην υγρασία που περιείχε η συσσωρευση φύλλων πριν την ανάφλεξη. Ωστόσο οι υδρολογικές επιπτώσεις από αφαίρεση δέντρων δεν είναι γνωστές.

Σε μια προσπάθεια διαχείρισης της παραγωγής στη Χιλή το 1975, αγρότες έκοψαν τα τοπικά δέντρα και θάμνους και καλλιέργησαν την καθαρή γη με σιτάρι, όταν άρχισαν οι βροχές του χειμώνα. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας στην παροχή μελετήθηκε σε τρεις διαφορετικές λεκάνες 289, 76 και 34 ha αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη λεκάνη φυτεύτηκε με σιτάρι σύμφωνα με την παραδοσιακή χρήση της γης, ενώ οι δύο άλλες με πεύκο. Το αποτέλεσμα στην παροχή σε επεισόδιο βροχής στις 3 λεκάνες δεν διέφερε. Ωστόσο η αιχμή της απορροής στις καμένες κοιλάδες, αυξήθηκε στο 90%, σε σχέση με πριν. Δεν είναι εύκολο να απομονωθούν οι

επιπτώσεις της πυρκαγιάς στην αιχμή της απορροής. Η απομάκρυνση των δέντρων και των θάμνων, σίγουρα συντέλεσαν στην αλλαγή της διαδικασίας της απορροής (Jones et al 1975, από DeBano et al 1998).

Π3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

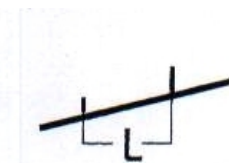
Το ελεγχόμενο (προδιαγραμμένο) κάψιμο, ως μέσο πρόληψης των δασικών πυρκαγιών, θεωρείται μια φθηνή μέθοδος απομάκρυνσης της νεκρής ή και της ζωντανής ανεπιθύμητης βλάστησης. Είναι μία από τις μεθόδους για την απομάκρυνση της ζωντανής βλάστησης (οι άλλες είναι η μηχανική απομάκρυνση, με διάφορους τρόπους ή χρησιμοποίηση ζιζανιοκτόνων, η βόσκηση κυρίως με αιγοπρόβατα κ.α.). Το ελεγχόμενο κάψιμο πρέπει να χρησιμοποιείται προσεκτικά, ύστερα από τοπικά πειράματα, ενώ τελική απόφαση θα βγει ύστερα από περισσότερα καψίματα, (γιατί φυσικά οι θάμνοι επαναβλασταίνουν και θέλουν κάψιμο ύστερα από λίγα πάλι χρόνια. Υπάρχουν όμως και αντίθετες γνώμες, που υποστηρίζουν ότι στα δάση πρέπει να εφαρμόζεται όταν χρειάζεται, η μηχανική ή με ζιζανιοκτόνα (που δεν είναι ίσως και πολύ ακριβότερη από το ελεγχόμενο κάψιμο) απομάκρυνση μέρους της (εύφλεκτης) φυτικής βιομάζας, επειδή δεν γνωρίζουμε μακροπρόθεσμα, τι επίδραση θα έχουν τα επανειλημμένα καψίματα στο δάσος.

Πάντως, στην Ελλάδα, όπου οι κλίσεις είναι έντονες και τα εδάφη ξερά, φτωχά και αβαθή και το θέμα διάβρωση των εδαφών είναι έντονο (ειδικά στα δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης, που φύονται σε απότομες πλαγιές), δεν πρέπει με κανένα τρόπο να εφαρμόζεται ελεγχόμενο κάψιμο (Καϊλίδης, 1993, Καϊλίδης και Καρανικόλας, 2004, Γκόφας, 2001).

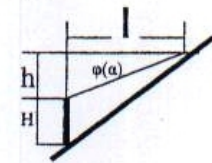
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Π4

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

Π4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ, ΚΛΑΔΟΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΡΜΟΦΡΑΓΜΑΤΩΝ



σχήμα 1



$$h = L \cdot \epsilon\phi\alpha = L \cdot \epsilon\phi\phi - H$$

$$\Rightarrow L = \frac{H}{\epsilon\phi\phi - \epsilon\phi\alpha}$$

σχήμα 2

Θα χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες μονάδες και σύμβολα:

L: Οριζόντια απόσταση κορμοδεμάτων [m]

H: Ύψος κορμοδεμάτων [cm]

D: Υποθέτουμε ότι με την επιφανειακή διάβρωση και σε κάθε βροχερή περίοδο αφαιρείται στρώμα εδάφους μέσου πάχους [mm]

φ: Γωνία κλίσης πλαγιάς

α: Γωνία κλίσης προσχώσεων ανάντη του κορμοδέματος

n: Αριθμός βροχερών περιόδων λειτουργίας των έργων

λ: Συντελεστής μετατροπής όγκου φυσικού εδάφους σε όγκο επιχώματος (συνήθως 1 φυσικού εδάφους αποδίδει 1,25 επιχώματος)

Η χωρητικότητα των κορμοδεμάτων θα υπολογιστεί ανά μέτρο μήκους της εκάστοτε κορμοσειράς. Συνεπώς, υποθέτουμε λωρίδα εδάφους κάθετη στην κορμοσειρά, πλάτους 1 m.

Η χωρητικότητα της τάφρου που σχηματίζεται ανάντη της κορμοσειράς, ανά μέτρο μήκους, δίνεται από τον τύπο (1).

$$V_t = \frac{H^2}{2 \cdot (\epsilon\phi\phi - \epsilon\phi\alpha) \cdot 10^4} [\text{m}^3] \quad (1)$$

Από τον τύπο αυτό, συνάγεται γενικά πως η χωρητικότητα είναι ανάλογη του τετραγώνου του ύψους των κορμοδεμάτων και σχεδόν αντιστρόφως ανάλογη της κλίσης της πλαγιάς στην οποία θα κατασκευαστούν τα έργα. Άρα, για να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα, κάθε κορμοσειρά ύψους H θα πρέπει να αντικατασταθεί από 4 κορμοσειρές ύψους H/2. Η οριζόντια απόστασή τους δηλαδή, θα πρέπει να γίνει L/4. Επίσης, αν η κλίση διπλασιαστεί, για να συγκρατηθεί ίδια ποσότητα φερτών, διατηρώντας το ίδιο ύψος κορμοδέματος, η μεταξύ τους οριζόντια απόσταση, θα πρέπει να γίνει περίπου L/2.

Για να προσδιορίσουμε την οριζόντια απόσταση των κορμοδεμάτων πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω στάδια (Μπαλούτσος κ.α., 2007(a)):

1. Εξαγωγή όμβριων καμπυλών της περιοχής.
2. Εκτίμηση καταίγιδας σχεδιασμού (προσδιορισμός περιόδου επαναφοράς).
3. Εκτίμηση της επιφανειακής απορροής από την καταίγίδα σχεδιασμού. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ δύσκολη ιδιαίτερα μετά από πυρκαγιά. Γενικά, σε αυτές τις περιπτώσεις, λόγω έλλειψης μετεωρολογικών δεδομένων και λόγω της επιτακτικής ανάγκης για όσο το δυνατόν περισσότερο έδαφος, η αντιμετώπιση είναι συντηρητική και η απορροή εκτιμάται πολύ υψηλή, σε ποσοστό της τάξης του 50%!
4. Εκτίμηση της διαβρωσιμότητας του εδάφους, λόγω σύστασης, κλίσεων και ανθρωπογενών παρεμβάσεων.
5. Υπολογισμός των οριζοντίων αποστάσεων μεταξύ των κορμοσειρών, ανάλογα με το ύψος τους (διάμετρος κορμών για τα απλά κορμοδέματα).

Ο όγκος του εδάφους που αφαιρείται λόγω επιφανειακής διάβρωσης, ανά μέτρο μήκους, σε n επεισόδια βροχής και περιλαμβάνεται μεταξύ 2 κορμοσειρών είναι $(L \cdot D \cdot n) / 1000$, σε m^3 . Το επίχωμα που θα προκύψει και θα πληρώσει την τάφρο του κορμοδέματος, είναι ο παραπάνω όγκος πολλαπλασιασμένος με το λ δηλαδή το επίπλησμα και δίνεται από τον τύπο (2).

$$V_d = L \cdot \frac{D}{1000} \cdot n \cdot \lambda \quad [m^3] \quad (2)$$

Πρέπει $V_t < V_d$. Συνήθως λαμβάνουμε συντελεστή επίπλησματος $\lambda = 1,25$ και κλίση των προσχώσεων στην κορμοσειρά $\epsilon = 0,1$. Το D εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, εκφράζει την διαβρωσιμότητα του εδάφους και είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί. Σύμφωνα με τα παραπάνω και στηριζόμενοι σε παλιά έργα που έγιναν στην Αττική (Πεντέλη), το L προσδιορίστηκε μεταξύ 5-15 m, ανάλογα την κλίση και την κλάση ύψους των κορμοδεμάτων. Το D εκτιμήθηκε περίπου 4-5 mm.

Με βάση το ύψος των κορμοδεμάτων, προκύπτουν τρεις τύποι (κλάσεις):

1. Χαμηλά, με ύψος 20 cm και απόκλιση 2,5 cm.
2. Μεσαία, με ύψος 25 cm και απόκλιση 2,5 cm.
3. Ψηλά, με ύψος 30 cm και απόκλιση 2,5 cm.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συντάχθηκε ο παρακάτω πίνακας Π4.1.

Πίνακας Π4.1. Αποστάσεις κορμοσειρών (m), ανάλογα με την κλίση του εδάφους και την διάμετρο των κορμοδεμάτων.

Κλάση κλίσης % με σφάλμα 10%	Κλάση ύψους (διαμέτρου) κορμοδεμάτων (cm) με σφάλμα 2,5 cm		
	20	25	30
40	7	10	15
60	5	6	8
70	4	5	6

Π4.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ



Εικόνα Π4.1. Χαρακτηριστική αστοχία κορμοφράγματος στην Πάρνηθα, λόγω μη καλής συνάφειας των κορμών μεταξύ τους. Οι δυο κατώτεροι κορμοί που “ακουμπάνε” καλύτερα μεταξύ τους έχουν συγκρατήσει κάποια ποσότητα φερτών (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.2. Αστοχία κορμοδέματος καθώς έχει τοποθετηθεί επάνω σε κύρτωση της πλαγιάς. Η τοποθέτηση αυτή δεν έχει κανένα νόημα (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.3. Αστοχία κορμοδεμάτων καθώς έχουν τοποθετηθεί σε πολύ μικρές κλίσεις (<10%). Η τοποθέτησή τους (και τόσο πυκνά) σε σχεδόν επίπεδα εδάφη δεν έχει κανένα νόημα (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.4. Στο τελείωμα της κορμοσειράς, συνήθως μπαίνει ένας κάθετος κορμός μήκους περίπου 1 m. Η τεχνική αυτή φαίνεται πως αποδίδει. Και εδώ βέβαια φαίνεται πως το έδαφος που συγκρατείται δεν φυτρώνει (φωτ. από συγγραφείς).



(A)



(B)

Εικόνα Π4.5 (A) και (B). Κορμοφράγματα από ανάντη, σε πλήρη αστοχία, λόγω κακής συνάφειας με τον πυθμένα της κοίτης, με συνέπεια την υποσκαφή. Στα σημεία που υπάρχει υποσκαφή η διάβρωση είναι εντονότερη απ' ό,τι αν δεν υπήρχαν τα κορμοφράγματα (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.6. Όταν υπάρχει έλλειψη κορμών, οι κορμοί κόβονται κατά μήκος. Η τεχνική αυτή ίσως να έχει καλύτερα αποτελέσματα καθώς βοηθά στην καλύτερη συνάφεια κορμού-εδάφους (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.7. Η κακή συνάφεια κορμοδέματος-εδάφους έφερε σοβαρό πρόβλημα υποσκαφής και αυτό με τη σειρά του σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης. Χωρίς το κορμόδεμα πιθανώς να αποφεύγαμε αυτή τη χαραδρωτική διάβρωση (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.8. Κορμόδεμα σε πλήρη αστοχία στον Υμηττό. Είναι φανερό πως στα σημεία υποσκαφής συντελείται πολύ ισχυρή διάβρωση (φωτ. από συγγραφείς).



Εικόνα Π4.9. Οι κλαδοσφοροί όχι μόνον είναι πλήρως αναποτελεσματικοί, καθώς δεν υπάρχει καμία συνάφεια μεταξύ των κλάδων και κλάδων-εδάφους, αλλά και επικίνδυνοι καθώς κάνουν την περιοχή πολύ πιο εύφλεκτη (φωτ. από συγγραφείς).

Π4.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΔΑΣΩΣΕΩΝ

Η βλάστηση στα καμένα εδάφη, δυστυχώς πολλές φορές δεν αναγεννάται φυσικά και πολλές φορές απαιτείται τεχνητή αναδάσωση. Οι αναδασώσεις αυτές για να έχουν επιτυχία πρέπει να λαμβάνεται πολύ σοβαρά η απαίτηση των φυταρίων σε νερό. Γι' αυτό το λόγο, οι τεχνητές αναδασώσεις γίνονται το φθινόπωρο, μετά τις πρώτες βροχές, το χειμώνα ή την άνοιξη, για τις ορεινότερες περιοχές (Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

Για το σκοπό αυτό, η βέλτιστη επιλογή είναι η κατά το δυνατόν περισσότερη εκμετάλλευση του νερού των βροχών, τοποθετώντας τα φυτάρια σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε να συσσωρεύεται εντός του "λάκκου συντήρησης" όσο περισσότερο βρόχινο νερό γίνεται, χρησιμοποιώντας το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο.

Οι κατάλληλες θέσεις λοιπόν είναι εκεί όπου περνούν τα "αβαθή" αυλάκια (Μπαλούτσος, 2008(a)) του επιφανειακού υδρογραφικού δικτύου. Τα αυλάκια αυτά σχηματίζονται λόγω της μικροτοπογραφίας της περιοχής, αλλά και από την ύπαρξη αντιδιαβρωτικών-αντιπλημμυρικών έργων. Σημειώνεται πως το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο θα είναι συγκεκριμένο για όσο διαρκούν και τα αντιδιαβρωτικά έργα, δηλαδή για 5 έτη περίπου. Μετά μπορεί να αλλάξει λόγω των συνεχών διεργασιών διάβρωσης και εδαφογένεσης.

Όσον αφορά τις κατάλληλες θέσεις φύτευσης, σε σχέση με τα αντιδιαβρωτικά έργα αυτές είναι κυρίως οι άκρες των κορμοσειρών ή ακριβώς κατάντη από το διάκενο 2 συνεχόμενων κορμοδεμάτων (Μπαλούτσος, 2008(a)).

Με τις παραπάνω ενέργειες αυξάνονται πάρα πολύ οι πιθανότητες επιβίωσης του φυτού, καθώς συγκεντρώνεται στον "λάκκο συντήρησης" του φυτού, που είναι 0,2-0,3 m², το νερό που απορρέει από 3-4 m², ενισχύοντας και την αντιπλημμυρική δράση των έργων. Επιπλέον, στον λάκκο συντήρησης θα συγκρατείται και σημαντική ποσότητα φερτών, ενισχύοντας έτσι την αντιδιαβρωτική δράση των έργων, αλλά και την γονιμότητα του εδάφους στο σημείο της φύτευσης (Μπαλούτσος, 2008(a)).

Σημειώνεται επίσης πως τοποθετώντας τα φυτάρια σε θέσεις με βάση τους παραπάνω παράγοντες, πιθανό να αλλάξει ο φυτευτικός σύνδεσμος, δηλαδή οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών. Οι αλλαγές αυτές όμως όταν είναι της τάξης του 0,5 m το πολύ, δεν έχει καμία αρνητική επίπτωση στην επιτυχία της αναδάσωσης (Μπαλούτσος, 2008(a), Χατζηστάθης και Ντάφης, 1989).

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

Στη διάρκεια της εργασίας αυτής απαιτήθηκαν πολλοί δασολογικοί όροι, εκ των οποίων οι περισσότεροι ήταν άγνωστοι μέχρι τότε για εμάς. Επειδή πιθανότατα και ο αναγνώστης να μην τους γνωρίζει (αν και πολλοί από αυτούς εξηγούνται και μέσα στο κείμενο), καθώς είναι εξειδικευμένοι, σχηματίσαμε ένα μικρό λεξιλόγιο με αυτούς που θεωρήσαμε πιο σημαντικούς και που τους συναντάμε πιο συχνά μέσα στο κείμενο.

Αείφυλλα-Πλατύφυλλα: Η θαμνώδης κυρίως ζώνη βλάστησης που συναντάται πρώτη αν διατρέξουμε μια περιοχή από το επίπεδο της θάλασσας προς τα πάνω. Αναπτύσσεται σε ξηρές περιοχές με ήπιο χειμώνα.

Αναχλόαση: Δημιουργία ποώδους βλάστησης.

Αρτίφυτρα: Φυτά αμέσως μετά την φύτευση των σπόρων (φυτάρια), ηλικίας μέχρι 12 μηνών.

Ενδοσυσταδικό περιβάλλον: Το ξεχωριστό περιβάλλον (με ξεχωριστό μικρόκλιμα) στο εσωτερικό των δασικών συστάδων. Συχνά ταυτίζεται με το ενδοδασικό περιβάλλον, αν και υπάρχουν διαφορές (π.χ. το ενδοδασικό περιλαμβάνει και τα ξέφωτα).

Κόμη δέντρων: Κλαδιά και φύλλωμα των δέντρων (ανώροφος).

θόλοι βλάστησης (canopy cover): Τα επίπεδα (όροφοι) βλάστησης στο ενδοσυσταδικό περιβάλλον.

Μακεία βλάστηση ή βλάστηση τύπου μακί: Η θαμνώδης βλάστηση των αείφυλλων-πλατύφυλλων.

Ξηροτάτητας: Το στρώμα των ξηρών φύλλων στην επιφάνεια του δασικού εδάφους.

Δασικός τάπητας (φυλλοτάπητας ή βελονοτάπητας): Το ανώτερο στρώμα φύλλων και οργανικής ουσίας που δεν έχει μπει ακόμα στην φάση της αποσύνθεσης (φάση χουμοποίησης).

Χούμος: Η εδαφική οργανική ουσία που βρίσκεται σε πλήρη αποσύνθεση, αναμεμιγμένη με ανόργανα υλικά του εδάφους. Συνήθως αποτελεί τον ανώτερο εδαφικό ορίζοντα (στρώμα).

Όροφος: Το δάσος, από το έδαφος μέχρι την κορυφή των πιο ψηλών δέντρων, οργανώνεται σε ορόφους (επίπεδα) βλάστησης, τα οποία αναφέρονται αμέσως παρακάτω.

- *Ανώροφος* είναι ο όροφος που περιλαμβάνει την κόμη των ψηλών δέντρων.
- *Μεσόροφος* είναι ο όροφος που περιλαμβάνει την κόμη των μικρότερων δέντρων και τους θάμνους.
- *Υπόροφος* είναι ο όροφος που περιλαμβάνει την ποώδη βλάστηση, δηλαδή τα χορτώδη φυτά. Ο όρος αυτός συναντιέται πολύ συχνά καθώς αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την κάλυψη και προστασία του εδάφους.

Παραβλάστηση: Έκπτυξη νέων κλάδων από το σημείο κοπής ενός δέντρου.

Πλαγιοσπορά ή πλευροσπορά: Σπορά από πλάγια, μετακίνηση των σπόρων ενός δέντρου εξαιτίας του πνέοντος ανέμου.

Πολύοροφο δάσος: Δάσος με ανώροφο, μεσόροφο και υπόροφο.

Πρέμνο: Το τμήμα του δέντρου που παραμένει στο έδαφος μετά από υλοτομία.

Πρεμνοβλάστηση : Έκπτυξη νέων κλάδων από το πρέμνο.

Ριζοβλαστικότητα: Η ικανότητα έκπτυξης νέων κλάδων από τις (ανώτερες) ρίζες, όταν έχει καταστραφεί το υπέργειο τμήμα του φυτού.

Σκιοφύτα ή σκιοφιλα είδη: Φυτά που αναπτύσσονται καλύτερα σε συνθήκες “σκιάς”, δηλαδή σε συνθήκες μείωσης του ηλιακού φωτός σε σύγκριση με το υπαίθριο περιβάλλον (κλασσικό σκιοφυτο είδος είναι η ελάτη).

Φωτόφυτα: Φυτά που αναπτύσσονται καλύτερα σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας.

Φρύγανα: Ποώδη φυτά μεταξύ θάμνων και χόρτων (π.χ. ρίγανη, φτέρη).
Φύονται στα ξηρότερα μέρη της χώρας.

Ψυχανθή φυτά: Φυτά που το άνθος τους έχει σχήμα ψυχής (πεταλούδας). Έχουν την ιδιότητα να εμπλουτίζουν το έδαφος σε άζωτο (φασόλια, κουκιά κλπ.).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αμοργιανιώτης Γ., Η Φυσική Αναγέννηση του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας μετά από τις Πυρκαγιές των Τελευταίων 85 Ετών (1913-1998), Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
2. Άνδρου Α., Βερδή Ι., Γεωμελάς Β., Ειδική Μελέτη Κατασκευής Αντιπλημμυρικών Έργων των Καμένων Εκτάσεων του Ορεινού Όγκου της Πάρνηθας, Περιφέρεια Αττικής, Δ/ση Αναδασώσεων Αττικής, Αθήνα, 2007(α).
3. Άνδρου Α., Βερδή Ι., Γεωμελάς Β., Ζιάζιαρης Γ., Θεοχάρης Α., Κόκλα Φ., Ειδική Μελέτη Κατασκευής Αντιδιαβρωτικών-Αντιπλημμυρικών Έργων των Καμένων Εκτάσεων του Ορεινού Όγκου της Πάρνηθας, Περιφέρεια Αττικής, Δ/ση Αναδασώσεων Αττικής, Αθήνα, 2007(β).
4. Αντωνόπουλος Π., Προστασία Δασών από πυρκαγιές, Ίων, 1997.
5. Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη Ν., Δείκτες Μεταπυρικής Φυσικής Αναγέννησης στα Μεσογειακά Οικοσυστήματα, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
6. Γεωμελάς Β., Βερδή Ι., Κόκλα Φ., Μελέτη Αναδάσωσης του Καμένου Ελατόδασους του Ορεινού Όγκου της Πάρνηθας, Περιφέρεια Αττικής, Δ/ση Αναδασώσεων Αττικής, Αθήνα, 2007.
7. Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 2001.
8. Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπυρόσβεσης, Υπουργείο Γεωργίας-Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 1995.
9. Θεάκος Ι., Δασικές Πυρκαγιές, Πρόληψη-Πυρόσβεση, Διπλωματική Εργασία, Επιβλέπουσα: Χατζοπούλου Α., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.
10. Καββαδάς, Στοιχεία Εδαφομηχανικής, ΕΜΠ, 2005.
11. Καΐκης Μ., Παυλίδης Θ., Στεφανίδης Π., Η Διάβρωση σαν Συνέπεια Πυρκαγιάς, Πρακτικά του Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Αθήνα, 1986.
12. Καϊλίδης Δ., Δασικές Πυρκαγιές, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 1993.
13. Καϊλίδης Δ., Καρανικόλας Π., Δασικές Πυρκαγιές 1900-2000, Θεσσαλονίκη, Γιαχούδη, 2004.
14. Κουτσογιάννης Δ., Απορροές και Διευθετήσεις Υδατορεμάτων, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Αθήνα, 1982.
15. Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Τεχνική Υδρολογία, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Έκδοση 3, 1999.
16. Κουτσογιάννης Δ., Υδρολογία και Ποσοτικές Εκτιμήσεις Φερτών Υλών, Σεμινάριο Εγγείων Βελτιώσεων, Αθήνα, 1986.
17. Κωνσταντινίδης Π., Μαθαίνοντας να Ζούμε με τις Δασικές Πυρκαγιές, Χριστοδουλίδη, 2003.
18. Λυριντζής Γ., Τα Έργα Αποκατάστασης του Αρχαιολογικού και Ευρύτερου Τοπίου της Ολυμπίας, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 32, Αθήνα, 2008.

19. Μακρής Α., Μαντούδη Α., Πυρκαγιές και Εδαφική Διάβρωση, η Περίπτωση της Πεντέλης, Διπλωματική Εργασία, Επιβλέπων: Κουτσογιάννης Δ., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, 1997.
20. Μάργαρης Ν.Σ., Οδοιπορικό στο Ελληνικό Περιβάλλον, Ελληνικά Γράμματα, 2001.
21. Μαρκάλας Σ., Προβλήματα και Προοπτικές στην Καταστολή των Δασικών Πυρκαγιών στην Ελλάδα, ΑΠΘ, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 1990.
22. Μιμίκου Α.Μ., Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων, Παπασωτηρίου, 1994.
23. Μπαλούτσος Γ., Η Αξιοποίηση των Βροχοπτώσεων στις Αναδασώσεις Καμένων Περιοχών, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 31, Αθήνα, 2008(a).
24. Μπαλούτσος Γ., Λυριντζής Γ., Μπουρλέτσικας Α., Καούκης Κ., Τα Αντιδιαβρωτικά και Αντιπλημμυρικά Έργα στους Χώρους της Αρχαίας Ολυμπίας μετά την Πυρκαγιά της 26/8/07, Σχεδιασμός, Κατασκευή και Λειτουργικότητα, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 30, Αθήνα, 2007(a).
25. Μπαλούτσος Γ., Μπουρλέτσικας Α., Καούκης Κ., Υδατοσυγκράτηση, Διαπερώσα Βροχή και Κορμοαπορροή με Συνθήκες Ομιχλοβροχής σε Συστάδα Οξυάς της ΒΑ Όσσας, Δασική Έρευνα, Τεύχος 17, Αθήνα, 2004.
26. Μπαλούτσος Γ., Μπουρλέτσικας Α., Καούκης Κ., Υδατοσυγκράτηση, Διαπερώσα Βροχή και Κορμοαπορροή στα Αείφυλλα, Πλατύφυλλα της ΝΔ Ελλάδας, Δασική Έρευνα, Τεύχος 19, Αθήνα, 2006.
27. Μπαλούτσος Γ., Μπουρλέτσικας Α., Μιχόπουλος Π., Γκούμα Β., Καούκης Κ., Τσόπελας Π., Σουλιώτη Ν., Μελέτη των Υδρολογικών Συνθηκών του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας, Ερευνητικό Πρόγραμμα, Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας, Αθήνα 2007(b).
28. Μπαλούτσος Γ., Ο Κίνδυνος Πλημμύρας σε Λεκάνες Απορροής μετά από Πυρκαγιά, Μέτρα και Έργα Μείωσης των Επιπτώσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 21, Αθήνα, 2005.
29. Μπαλούτσος Γ., Οι Ορεινοί Όγκοι του Λεκανοπεδίου της Αττικής Σήμερα: Μπορούν να Γίνουν "Τα Πράσινα Τείχη" για τη Βελτίωση της Ποιότητας Ζωής των Κατοίκων του; ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 33, Αθήνα, 2008(b).
30. Μπαλούτσος Γ., Οικονόμου Α., Καούκης Κ., Ο Κίνδυνος Πλημμύρας σε Λεκάνη Απορροής μετά από Πυρκαγιά, Ανάλυση Προβλήματος και Άμεσα Μέτρα Μείωσης των Επιπτώσεων, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
31. Μπαλούτσος Γ., Προτεινόμενα Αντιδιαβρωτικά και Αντιπλημμυρικά Έργα στην Καμένη Περιοχή της Πάρνηθας, Ανακοίνωση ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2007.
32. Νέζης Ν., Τα Βουνά της Αττικής, Ανάβαση, 2002.
33. Ντάφης Α.Σ., Δασική Οικολογία, Γιαχούδη, 1986.
34. Ξανθόπουλος Γ., Γκαγκάρη Π., Λυριντζής Γ., Μπαλούτσος Γ., Διαχειρίσεις Καμένης Ξυλείας μετά από Πυρκαγιά, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
35. Ξανθόπουλος Γ., Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα 10 Χρόνια Αργότερα, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 28, Αθήνα, 2007.
36. Οικονόμου Α., Νάκος Γ., Διάβρωση Εδάφους και Ταξινόμηση Γαιών, Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου με Θέμα: Προστασία Εδαφών-Ποιότητα Ζωής, Αθήνα, 1990.
37. Παναγούλια Δ., Δήμου Γ., Εισαγωγή στα Εγγειοβελτιωτικά Έργα, ΕΜΠ, 2000.
38. Παπαμίχος Ν., Επίδραση Δασικών Πυρκαγιών στη Διάβρωση των Δασικών Εδαφών της Ελλάδας, Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου με Θέμα: Προστασία Εδαφών-Ποιότητα Ζωής, Αθήνα, 1990.

39. Ραδόγλου Κ., Αποτελεσματικότητα της Φυσικής Αναγέννησης στην Αποκατάσταση Οικοσυστημάτων Μεσογειακών Πεύκων μετά από Πυρκαγιά, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
40. Σέχος Μ.Δ., Υδραυλική και Υδραυλικά-Λιμενικά Έργα, ΕΜΠ, 2001.
41. Σόλτας Σ., Γκοκοστάμου Ζ., Αι Πυρκαϊάι των Δασών, Υπηρεσία Δασικών Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεων, Τεύχος 33, 1975.
42. Στάμου Ν.Ι., Κοινωνικοοικονομικές Επιπτώσεις Δασικών Πυρκαγιών, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου με Θέμα: Αποκατάσταση Καμένων Εκτάσεων, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, 2001.
43. Στεφανίδης Π., Φυσικό Περιβάλλον, Δασικές Πυρκαγιές, Υδρολογικές Συνεπειες, Ανακοίνωση Αριθμός 21, ΑΠΘ, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 1991.
44. Σφήκας Γ., Τα Δάση των Ορεινών Περιοχών, Πατάκη, 1996.
45. Τάντος Β., Παπαϊωάννου, Δασική Εδαφολογία, Παπασωτηρίου, 2006.
46. Χατζημπίρος Κίμων, Οικολογία, Οικοσυστήματα και Προστασία του Περιβάλλοντος, Συμμετρία, Έκδοση Β', Αθήνα, 2003.
47. Χατζηστάθης Α., Ντάφης Σ., Αναδασώσεις-Δασικά Φυτώρια, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 1989.
48. World Wide Fund for Nature (WWF) Ελλάδα, Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, Ενότητες Δάσους και Εδάφους, Αθήνα, 1995.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Baker M. B. Jr., Hydrologic and Water Quality Effects of Fire, In: Krammes J. S., Technical Coordinator, Effects of Fire Management of SW Natural Resources, USDA Forest Service, general Report RM-191, 1990.
2. Black C. A., Soil-Plant Relationships John Wiley & Sons, New York, 1968.
3. Bosh J. M., Hewlett J. D., A Review of Catchment Experiments to Determine the Effect of Vegetation Changes on Water Yield and Evapotranspiration, Journal of Hydrology 55, 1982.
4. Brooks K. N., Ffolliott P. F., Gregersen H. M., DeBano L. F., Hydrology and Management of Watersheds, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1997.
5. Brown G. W., Forestry and Water Quality, Oregon State University, Bookstones, Corvallis, Oregon, 1980.
6. Burch G. J., Moore F. D., Burns J., Soil Hydrophobic Effects on Infiltration and Catchment Runoff, Hydrological Processes 3, 1989.
7. Byram G. W., Forest Fire, Control and Use, McGraw Hill, New York, 1959.
8. Campo J., Andreu V., Gimeno-Garcia E., Gonzalez O., Rubio J. L., Occurrence of Soil Erosion After Repeated Experimental Fires in a Mediterranean Environment, Geomorphology 82, Issues 3-4, 2006.
9. Cerda A., Doerr S. H., The Effect of Ash and Needle Cover on Surface Runoff and Erosion in the Immediate Postfire Period, Catena 74, 2008.
10. Chafer C. J., Nooman M., McNaught E., The Postfire Measurement of Fire Severity and Intensity in the Christmas 2001 Sydney Wildfires, International Journal of Wildland Fire 13, 2004.
11. Chalender C., Cheney P., Fire and Forestry, John Wiley & Sons, New York, 1991.
12. Clayton J. L., Nutrient Gains to Adjacent Ecosystems During a Forest Fire, An Evaluation, Forest Science 22.

13. Crockford S., Topadalis S., Richardson D. P., Water Repellency in a Dry Sclerophyll Forest, Measurements and Processes, Hydrological Processes 5, 1991.
14. DeBano L. F., Daniel G. L., Ffolliot P. F., Fire's Effects on Ecosystems, John Wiley & Sons, 1998.
15. DeBano L. F., Effects of Fire in the Soil Resource in Arizona Chaparral, In : Krammes J. S., Technical Coordinator, Effects of Fire Managements of SW Natural Resources, USDA, Forest Service, General Technical Report PM-191, 1990.
16. DeBano L. F., Influence of Forest Practices on Water Yield, Channel Stability, Erosion and Sedimentation in the SW, In: Forests for People: A Challenge in World Affairs, Proceedings of the Society of American Foresters, Washington, 1977.
17. DeBano L. F., Krammes J. S., Water Repellent Soils and their Relation to Wildfire Temperatures, International Bulletin of the Association of Hydrological Sciences II, 1966.
18. DeBano L. F., The Effects of Fire on Soil properties, USDA, Forestry Service, General Technical Report, INT-2, 1991.
19. DeBano L. F., Water Repellent Soils, A-State-of-the-Art, USDA, Forestry Service, General Technical Report, PSW-46, 1981.
20. Doerr S. H., Shakesby R. A., Blake W. H., Chafer C. J., Humphreys G. S., Wallbrink R. J., Effects of Differing Wildfire Severities on Soil Wettability and Implications for Hydrological Response, Journal of Hydrology, 319, 2006.
21. Doerr S. H., Shakesby R. A., Walsh R. P.D., Spatial Variability of Soil Hydrophobicity in Fire-Prone Eukalyptus and Pine Forests, Soil Science 163, Portugal, 1998.
22. Duran J., Rodriguez A., Fernandez-Palacios J. M., Gallardo A., Changes in Soil N and P Availability in a Pinus Canariensis Fire Chronosequence, Forest Ecology and Management 256, 2008.
23. Dyrness C. T., Effect of Wildfire on Soil Wettability in the High Cascade of Oregon, USDA, Forest Service Research Paper PNW-202, 1976.
24. Fernandez C., Vega J. A., Fonturbel T., Perez-Gorostiaga P., Jimenez G., Madrigal J., Effects of Wildfire Salvage Logging and Slash Treatments on Soil Degradation, Land Degradation and Development 18, 2007.
25. Ffolliott P. F., Brooks K. N., Process Studies in Forest Hydrology: A World-Wide Review, In: Singh V. P., Kumar B., Editors: Surface Water Hydrology, Kluwer Academic Publishers, 1996.
26. Food and Agricultural Organization (FAO) Forest Fire Statistics, UN Publications 48, 1995.
27. Fuller M., Forest Fires, An Introduction to Wildland, Fire Behavior, Management, Fire Fighting and Prevention, John Wiley & Sons, 1991.
28. Gonzalez-Pelayo O., Andreu V., Campo J., Gimeno-Garcia E., Rubio J. L., Hydrological Properties of a Mediterranean Soil Burned with Different Fire Intensities, Catena 68, 2006.
29. Grier C. C., Wildfire Effects on Nutrient Distribution and Leaching in a Coniferous Ecosystem, Canadian Journal of Forestry 5, 1975.
30. Hare R. C., Heat Effects on Living Plants, USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station Occasional Paper 183, New Orleans, Louisiana, 1961.
31. Jenny H., The Soil Resource: Origin and Behavior, Springer-Verlang, New York, 1980.
32. Johanna D., Fire and Forests, Fire: A Good Servant or a Bad Master, World Forestry Congress, Antalya, Turkey, 1998.
33. Johnson E. A., Miyanishi K., Forest Fires: Behavior and Ecological Effects, Academic Press, 2001.

34. Kim Chang-Gi, Kwangi Shin, Joo Kwang Yeong, Lee Kyu Song, Shin Seung Sook, Choung Yeonsook, Effects of Soil Conservation Measures in a Partially Vegetated Area after Forest Fires, *Science of the Total Environment* 399, 2008.
35. Kirkby M. J., Morgan R. P. C., *Soil Erosion*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
36. Klock G. O., Helvey J. D., Soil Water Trends Following a Wildfire on the Entiat Experimental Forest, *Annual Proceedings of the Tall Timber Fire Ecology Conference* 15, 1976.
37. Kozlowski T. T., *Fire and Ecosystems (Physiological Ecology)*, Academic Press, 1975.
38. Marques M. A., Mora E., Effects on Erosion of Two Postfire Management Fire Practices: Clear-Cutting versus Non Intervention, *Soil & Tillage Research* 45, 1998.
39. Marshall T. J., Holmes J. W., Rose C. W., *Soil Physics*, Cambridge University Press, Third Edition, 1996.
40. Matson P. A., Vitousek J. J. E., Mazzarino M. J., Robertson G. P., Nitrogen Transformations Following Tropical Forest Felling and Burning on a Volcanic Soil, *Ecology* 68, 1987.
41. McLaren R. G., Cameron K. C., *Soil Science*, Oxford University Press, 1996.
42. McNeil J. R., *The Mountains of the Mediterranean World, An Environmental History*, Cambridge University Press, 1992.
43. Moench R., Fusaro J., *Soil Erosion Control After Wildfire*, Natural Resources Series, Forestry, Colorado State University Extension, 2008.
44. Moreno M. J., Oechel C. W., *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*, Springer-Verlag, 1994.
45. Neary D. G., Gottfried G. J., Ffolliott P. F., *Post Wildfire Watershed Flood Responses*, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, School Of Renewable Natural Resources, University of Arizona, 2004.
46. Pyne S. J., *World Fire-The Culture of Fire on Earth*, University of Washington Press, 1997.
47. Reid L. M., *Research and Cumulative Watershed Effects*, USDA Forest Service, General Technical Report PSW-GTR-141, 1993.
48. Robichaud P. R., Beyers J. L., Neary D. J., *Evaluating the Effectiveness of Postfire Rehabilitation Treatments*, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-63, 2000.
49. Robichaud P. R., Brown R. E., *Silt Fences: An Economical Technique for Measuring Hillslope Soil Erosion*, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-94, 2002.
50. Robichaud P. R., Elliot W. J., *Protection from Erosion Following Wildfire*, ASABE, Paper Number: 068009, 2006.
51. Robichaud P. R., Llybridge T. R., Wagenbrenner J. W., *Effects of Postfire Seeding and Fertilizing on Hillslope Erosion in North-Central Washington, USA*, *Catena* 67, Issue 1, 2006.
52. Robichaud P. R., Pierson F. B., Brown R. E., Wagenbrenner J. W., *Measuring Effectiveness of Three Postfire Hillslope Erosion Barrier Treatments, Western Montana, USA*, *Hydrological Processes* 22, John Wiley & Sons, 2008(b).
53. Robichaud P. R., Wagenbrenner J. W., Brown R. E., Wohlgemuth P. M., Beyers J. L., *Evaluating the Effectiveness of Contour-Felled Log Erosion Barriers as a Postfire Runoff and Erosion Mitigation Treatment in the Western US*, *International Journal of Wildland Fire* 17, 2008(a).
54. Savage S. M., *Mechanism of Fire-Induced Water repellency in Soils*, *Proceedings of the Soil Science Society of America* 38, 1974.

55. Scholl D. B., Soil Wettability and Fire In Arizona Chaparral, Proceedings of the Soil Science Society of America 39, 1975.
56. Smil V., Cycles of the Life, Scientific American Library, New York, 2000.
57. Spanos I., Raftoyannis Y., Goudelis G., Xanthopoulou E., Samara Th., Tsiontsis A., Effects of Postfire Logging on Soil and Vegetation Recovery in a Pinus Halepensis Mill Forest of Greece, Plant and Soil 278, Springer, 2005.
58. Stevenson F. J., Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, John Wiley & Sons, New York, 1994.
59. Velez R., The Challenge of the Forest Fire Prevention in a Global Environment: The Case of Mediterranean Basin by the End of the 20th Century, World Forestry Congress, Antalya, Turkey, 1997.
60. Wagenbrenner J. W., McDonald L. H., Rough D., Effectiveness of Three Postfire Rehabilitation Treatments in the Colorado Front Range, Hydrological Processes 20 John Wiley & Sons, 2006.
61. Wallbrihk P., English P., Chafer C., Humphreys G., Shakesby R., Blake W., Doerr S., Impacts on Water Quality by Sediments and Nutrients Released During Extreme Bushfires, Report 1: A Review of the Literature Pertaining to the Effect of Fire on Erosion and Erosion Rate with Emphasis on the Nattai Catchment Following 2001 Bushfires, Sydney, 2004.
62. Wilde S. A., Forest Soils, Ronald Press, New York, 1958.
63. Wolman M. G., Changing Needs and Opportunities in the Sediment Field, Water Resources Research 13, 1977.
64. Woods S. W., Balfour V., Effect of Vegetative Ash on Infiltration Rates after Forest Wildfire in the Northern Rocky Mountain Region, USA, University of Montana, Department of Ecosystem and Conservation Services, 2006.
65. Xian Wen Z., Ping J., Xiao Bing S., Shizong G., Prevention and Control of Forest Fires Using Satellite Data, World Forestry Congress, Antalya, Turkey, 1997.