



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

*Τίτλος διπλωματικής εργασίας: «Τρόποι αντιμετώπισης της διάβρωσης  
του εδάφους μετά από δασική πυρκαγιά»*



*Επιβλέπων καθηγητής:*

*Χριστοπούλου Όλγα*

*Λιαπάτης Φώτιος 030313015*

**ΒΟΛΟΣ 2015**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει σαν θέμα τους τρόπους αντιμετώπισης της διάβρωσης μετά από μια δασική πυρκαγιά. Μέσα από αυτήν εργασία θα δούμε το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών που μαστίζει σχεδόν όλες της χώρες του κόσμου και κυρίως όπως γνωρίζουμε την τελευταία δεκαετία τον ελλαδικό χώρο σε ποιο έντονο βαθμό. Θα αναλύσουμε το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών, τις ιδιότητες του εδάφους, τις επιπτώσεις που έχει στις εδαφικές ιδιότητες καθώς και το συνδυασμό τους που προκαλούν την διάβρωση των εδαφών. Η διάβρωση των εδαφών είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που προκαλείται μετά από μια πυρκαγιά για αυτό θα προσπαθήσουμε να βρούμε τρόπους αντιμετώπισής της καθώς και την προσπάθεια δημιουργίας αντιδιαβρωτικών μέτρων που γίνονται για τον περιορισμό της και την γρήγορη ανάκυψη των καμένων εκτάσεων. Στη συνέχεια θα δούμε ποια είναι αυτά τα μέτρα και ποια είναι τα αποτελέσματα τους.

**Λέξεις - Κλειδιά:** Δασικές πυρκαγιές, Έδαφος, Ιδιότητες εδάφους, Διάβρωση, Αντιδιαβρωτικά μέτρα



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>2</b>
<b>ΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ</b> .....	<b>2</b>
1.1 ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ .....	2
1.2 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ .....	3
1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΈΝΑΡΞΗ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ .....	4
1.3.1 Το τρίγωνο της πυρκαγιάς .....	4
1.3.2 Μετεωρολογικοί παράγοντες .....	6
1.3.3 Χρονική συχνότητα των δασικών πυρκαγιών .....	7
1.4 ΕΙΔΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ .....	7
1.5 ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ .....	8
1.5.1 Φυσικά αίτια δασικών πυρκαγιών .....	8
1.5.1 Ανθρωπογενή αίτια δασικών πυρκαγιών .....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>11</b>
<b>ΕΔΑΦΟΣ - ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ</b> .....	<b>11</b>
2.1 ΈΔΑΦΟΣ .....	11
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ .....	11
2.1.2 Σχηματισμός του εδάφους .....	12
2.1.3 Φυσικές ιδιότητες .....	13
2.1.4 Χημικές ιδιότητες .....	13
2.1.5 Κατηγορίες εδάφους .....	14
2.2 ΔΙΑΒΡΩΣΗ .....	16
2.2.1 Βασικές έννοιες .....	16
2.2.2 Προβλήματα που δημιουργεί η διάβρωση .....	27
2.2.3 Μηχανισμοί που δρουν κατά την διάβρωση .....	28
2.2.4 Τύποι διαβρώσεων .....	29
2.2.5 Εμφάνιση .....	32
2.2.6 Το πρόβλημα της διάβρωσης στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες .....	36
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>41</b>
<b>ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ</b> .....	<b>41</b>
3.1 Ο ρόλος της πυρκαγιάς στο φαινόμενο της διάβρωσης .....	41
3.2 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΈΡΓΑ .....	42
3.2.1 Ρόγγιασμα - Κλαδοσωροί .....	45
3.2.2 Αυλάκωση .....	46
3.2.3 Μπάρες Αντιδιάβρωσης ή Κορμοδέματα, Κλαδοδέματα, Ξυλοφράκτες .....	46
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ .....	54
3.3.1 Αποτελεσματικότητα των άμεσων αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων σε διάφορες περιοχές όπου εκτελέστηκαν .....	54
3.3.2 Αρχαία Ολυμπία μετά την πυρκαγιά της 26ης Αυγούστου 2007 .....	56
<b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>63</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>64</b>
<b>ΠΡΟΣΘΕΤΑ - ΆΡΘΡΑ</b> .....	<b>66</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ .....	11
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	14
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΛΟΦΟΥΣ. ΠΗΓΗ: McLAREN AND CAMERON, 2006.....	17
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΑΜΕΤΡΩΝ ΟΠΟΥ ΚΥΡΙΑΡΧΕΙ Ο ΚΑΘΕ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ) .....	20
ΕΙΚΟΝΑ 5. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΠΗΔΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ. ΠΗΓΗ: McLAREN AND CAMERON, 1996.....	20
<b>ΕΙΚΟΝΑ 6.</b> ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΑΓΡΟ ΣΙΤΗΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ, ΚΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΜΕΡΤΟΛΑ. ΣΗΜΕΙΩΣΤΕ ΤΟ ΓΑΛΑΚΤΩΔΕΣ ΧΡΩΜΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΠΟΥ ΔΕΙΧΝΕΙ ΟΤΙ Η ΑΡΓΙΛΟΣ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΕ ΑΙΩΡΗΣΗ. ....	30
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΑΥΛΑΚΩΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ. Η ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΑΙ Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΥΤΟ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΗΠΙΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ, ΔΕΙΧΝΟΝΤΑΣ ΟΤΙ ΚΑΙ ΣΕ ΜΙΚΡΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ. ....	31
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΧΑΡΑΔΡΩΤΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ, ΔΕΝΔΡΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΈΔΑΦΟΣ ΣΕ ΠΡΑΝΕΣ ΔΡΟΜΟΥ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΝΕΤΑΙ ΕΥΚΟΛΑ, ΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ .....	33
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΜΕ ΒΑΡΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ, ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΕΚΘΕΣΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΕ ΠΡΩΗΝ ΠΟΡΤΟΚΑΛΕΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ.....	34
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΟΤΑΝ ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ , ΑΡΧΙΖΕΙ Η ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΑΙ ΤΟ ΝΕΡΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΓΡΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΝΤΑΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΟΤΑΜΙΑ ΜΕΓΑΛΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	34
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΠΟΤΑΜΟΣ ΓΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΛΑΣΠΟΝΕΡΑ.....	34
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΜΩΣΑΪΚΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΕΙΤΕ ΠΗΓΕΣ ΕΙΤΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ .....	35
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΟ COCCOL ΤΗΣ ΙΣΠΑΝΙΑΣ .....	37
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΒΟΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΛΕΣΒΟ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΑΓΕΛΑΔΕΣ ΣΤΟ ΑΛΕΝΤΕΚΟ ΤΗΣ ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑΣ, ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 17. ΡΟΓΓΙΑΣΜΑ(ΚΛΑΔΟΣΩΡΟΙ) -ΠΡΟΣΟΨΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΤΗ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΡΟΓΓΙΑΣΜΑ(ΚΛΑΔΟΣΩΡΟΙ) -ΚΑΤΟΨΗ ΑΠΟ ΑΝΑΝΤΗ .....	46
ΕΙΚΟΝΑ 19. ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ. ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ (LOG), ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ D ΚΑΙ Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ (SEDIMENTSTORAGE) .....	47
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΠΡΟΟΠΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ, ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ (LOG) ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ (SEDIMENTSTORAGEAREA) .....	47
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΑ ΣΕ ΣΕΙΡΑ, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΜΙΑΣ ΠΛΑΓΙΑΣ, ΟΠΟΥ ΔΕΙΧΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ, Η ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΚΑΙ Η ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΠ' ΟΠΟΥ "ΓΕΜΙΖΕΙ" ΤΟ ΚΑΘΕ ΚΟΡΜΟΦΡΑΓΜΑ. ΠΗΓΗ: ΜΠΑΛΟΥΤΣΟΣ Κ.Α., 2007(Α) .....	47
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 23. ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΞΥΛΟΦΡΑΚΤΩΝ. ΠΗΓΗ: ΕΛΟΤ, 2009 .....	50
ΕΙΚΟΝΑ 24. ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ (3-4) ΚΑΙ ΚΛΑΔΟΠΛΕΓΜΑΤΩΝ (5-8) .....	52
ΕΙΚΟΝΑ 25. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΣΤΗΝ ΝΗΣΟ ΡΟΔΟ .....	54
ΕΙΚΟΝΑ 26. ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟΦΡΑΓΜΑ ΣΤΗΝ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 27. ΞΥΛΟΦΡΑΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ ΜΕ "ΠΟΔΙΑ" ΑΠΟΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΧΤΑ ΚΙΒΩΤΙΑ (ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ) .....	55
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΒΡΟΧΕΣ ΤΟΥ ΦΘΙΝΟΠΩΡΟΥ ΑΡΧΙΖΕΙ ΚΑΙ ΤΟ ΞΑΝΑΠΡΑΣΙΝΙΣΜΑ ΤΩΝ.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 29. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΟΡΜΟΣΕΙΡΩΝ .....	59
ΕΙΚΟΝΑ 30. ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΟΡΜΟΣΕΙΡΩΝ ΣΕ ΜΕΤΡΑ (M), ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΓΙΩΝ(%) ΚΑΙ ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΩΝ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΩΝ(M) .....	60
ΕΙΚΟΝΑ 31. «ΚΟΡΜΟΦΡΑΓΜΑΤΑ» ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΠΑΛΑΙΑ ΓΕΩΛΙΣΘΗ-ΣΗ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ ΒΑΘΜΙΑΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΤΟΥ 1932 .....	60
ΕΙΚΟΝΑ 32. «ΔΙΠΛΑ ΚΟΡΜΟΔΕΜΑΤΑ» ΣΕ ΑΠΟΤΟΜΗ ΠΛΑΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΜΕΓΑ-ΛΥΤΕΡΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ. ΔΕΙΛΑ – ΔΕΙΛΑ ΑΡΧΙΖΕΙ ΚΑΙ Η ΦΥΣΙΚΗ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ. ....	61



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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. 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 στις ιδιότητες του εδάφους και τη διάβρωση που συντελείται μεταπυρικά στο έδαφος.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναφερθώ στο καταστροφικό φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών, στις κύριες επιπτώσεις τους καθώς και στους παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη και στην εξάπλωση τους. Θα αναφέρω τα είδη και τα αίτια των δασικών πυρκαγιών και θα προσπαθήσω να κάνω μια ιστορική ανάδρομη στην Ελλάδα. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθώ στο έδαφος και τις ιδιότητες του, στις κατηγορίες εδαφών και στην διάβρωση, ενώ στο τρίτο θα δούμε τις επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών στις ιδιότητες και στην βιολογία του εδάφους. Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο θα δούμε το πρόβλημα της διάβρωσης μετά από μια δασική πυρκαγιά και θα αναφερθούμε στα αντιδιαβρωτικά έργα που έχουν εφαρμοστεί σε όλο τον κόσμο κάνοντας μια προσπάθεια αξιολόγησής τους.

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 με την σειρά μου θα ήθελα να ευχαριστήσω κατά αρχήν την επιβλέπων καθηγήτρια μου κ. Χριστοπούλου Όλγα για την καθοδήγηση και την παρότρυνση επιλογής αυτού του θέματος και στην συνέχεια όλους αυτούς που με βοήθησαν για την ολοκλήρωση της. Κυρίως όμως της μητέρας μου και του αδελφού μου που μετά του πρόσφατα θανάτου του πατέρα μου με παρότρυναν να την ολοκληρώσω.

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.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

### 1.1 Δασικές Πυρκαγιές

Πριν από πάρα πολλά χρόνια ο Προμηθέας έκλεψε τη φωτιά από τους θεούς για να βοηθήσει τους ανθρώπους. Η φωτιά βοήθησε την εξέλιξη του ανθρώπου και είναι αναντικατάστατη στην καθημερινή ζωή του.

Οι δασικές πυρκαγιές, ως φυσικό φαινόμενο, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα καθώς συμβάλουν στην ισορροπία και την αναγέννησή τους. Σε χώρες, με μεσογειακού τύπου κλίμα – Καλιφόρνια, Χιλή, Ν. Αφρική, ΝΔ. Αυστραλία – ξεσπούν φωτιές σε δασικές εκτάσεις, απειλώντας και κατοικημένες περιοχές, όπως συμβαίνει και στη χώρα μας. Οι πυρκαγιές, παρότι είναι η πιο σοβαρή απειλή των Μεσογειακών οικοσυστημάτων, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των πευκοδασών και των θαμνότοπων καθώς μπορούν να ανακάμψουν.

Τα οικοσυστήματα αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό προσαρμοσμένα στη φωτιά, με αποτέλεσμα να έχουν συνήθως τη δυνατότητα να αναγεννηθούν άμεσα και αποτελεσματικά μετά από αυτή. Κατά μέσο όρο σε ένα Μεσογειακού τύπου δάσος εμφανίζεται μία πυρκαγιά από φυσικά αίτια κάθε 100-150 χρόνια. Όμως τα φυσικά αίτια ευθύνονται μόνο για το 5% των πυρκαγιών που ξεσπούν στην Ελλάδα. Το υπόλοιπο 95% οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και έχει σαν συνέπεια τη διατάραξη του φυσικού ρόλου των πυρκαγιών ή την εξάντληση της φυσικής ικανότητας των οικοσυστημάτων να ανταποκρίνονται στις προκλήσεις της μεταπυρικής αναγέννησης. Το αποτέλεσμα είναι πως οι πυρκαγιές αποτελούν πλέον την πιο σοβαρή απειλή των Ελληνικών Μεσογειακών δασών.

Το Μεσογειακό κλίμα (βροχεροί και ήπιοι χειμώνες, ξηρά και ζεστά καλοκαίρια), χαρακτηρίζει παράκτιες και νησιωτικές περιοχές της χώρας μας όπου έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της χλωρής ύλης την άνοιξη και τη μετατροπή της το καλοκαίρι, σε εύφλεκτη ύλη λειτουργώντας προωθητικά για την έναρξη πυρκαγιάς.

«Πρέπει να γίνει κατανοητό και στη χώρα μας, ότι μία πυρκαγιά, αποτελώντας αβιοτικό παράγοντα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη διαχείριση οικοσυστημάτων. Στον αντίποδα, οι καμένες περιοχές επιβάλλεται να προστατευθούν και η φύση να κάνει την αποκατάσταση των οικοσυστημάτων. Οι επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές στην ίδια



περιοχή σε συνδυασμό με την ελλιπή μεταπυρική διαχείριση έχουν ως συνέπεια την υποβάθμιση του οικοσυστήματος». (Σιάφακας, 2009)

Σε όλη αυτή την προσπάθειά μας και τη στάση μας οφείλουμε να μη ξεχνάμε ότι η ύπαρξη μας εξαρτάται από το φυσικό περιβάλλον και η υποβάθμισή του υπονομεύει τις επόμενες γενιές. Κάθε χρόνο η καταστροφή χτυπάει και κάποια άλλη περιοχή. Είναι αδύνατο να μετατρέψει κανείς όλη αυτή τη καταστροφή σε αριθμούς. Πόση αξία μπορεί να έχει μία ανθρώπινη ζωή; Ανεκτίμητη!

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που τα ελληνικά δάση είναι ευάλωτα στις πυρκαγιές - τα παρατεταμένα θερμά και ξηρά καλοκαίρια, οι ήπιοι χειμώνες (χαρακτηριστικοί του Μεσογειακού κλίματος), οι δυνατοί άνεμοι, το έντονο ανάγλυφο των δασικών εδαφών και η εύφλεκτη ξηροφυτική βλάστηση. Όταν σε αυτούς τους παράγοντες προστεθεί και η έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, η ελλιπής διαχείριση των εύφλεκτων αυτών δασών και η επικράτηση της αντίληψης ότι η προστασία από τις δασικές πυρκαγιές ταυτίζεται με την δασοπυρόσβεση, αυξάνεται ο αριθμός των πυρκαγιών όπως και οι δασικές εκτάσεις που αυτές καταστρέφουν.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι κατά τη δεκαετία του '90 ο μέσος όρος των καμένων εκτάσεων προσέγγισε τα 500.000 στρέμματα, ενώ μόνο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού του 2007 το σύνολο των καμένων εκτάσεων ξεπέρασε τα 2,5 εκ. στρέμματα.

## **1.2 Κυριότερες Επιπτώσεις των Δασικών Πυρκαγιών**

Καταστροφή της βλάστησης. Τα περισσότερα δασικά είδη που απαντώνται σε χαμηλά υψόμετρα της χώρας μας (π.χ. πεύκα) είναι προσαρμοσμένα στην πυρκαγιά και μπορούν να ανακάμψουν άμεσα με δεδομένο πάντα ότι δεν έχουν καεί επανειλημμένα στο πρόσφατο παρελθόν. Πολλές φορές μάλιστα, τα είδη αυτά μπορεί και να ωφελούνται από την ανανέωση που προκύπτει μετά από μία πυρκαγιά. Αντιθέτως τα περισσότερα είδη των μεγάλων υψομέτρων (π.χ. έλατα) δεν μπορούν να ανακάμψουν με φυσικό τρόπο μετά από μία πυρκαγιά, και ούτε μπορεί να θεωρηθεί πως ωφελούνται με οποιονδήποτε τρόπο.

Διάβρωση του εδάφους. Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σε μία πυρκαγιά, μεταξύ άλλων παραγόντων, μεταβάλλουν την εδαφική δομή και μειώνουν τη συνοχή του εδάφους. Ταυτόχρονα, η απομάκρυνση της βλάστησης το αφήνει απόλυτα εκτεθειμένο στη βροχή και τον αέρα και μειώνει τη δυνατότητα απορρόφησης του νερού. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα εδάφη γίνονται πιο ευπαθή, μπορεί να απομακρύνονται από τον

άνεμο ή να παρασύρονται από το ορμητικό βρόχινο νερό. Ανάλογα με την κλήση του εδάφους, αυτή η φθορά μπορεί να οδηγήσει τόσο σε σταδιακή απώλεια της εδαφικής κάλυψης – με συνέπειες για τις δυνατότητες αναγέννησης της βλάστησης-, ενώ η μειωμένη δυνατότητα απορρόφησης νερού μπορεί να συμβάλει σε φαινόμενα πλημμυρών.

Επιπτώσεις στην πανίδα. Ο τρόπος με τον οποίο οι πυρκαγιές επηρεάζουν την πανίδα είναι ιδιαίτερα σύνθετος και δύσκολα μπορεί να αποτιμηθεί σε γενικό επίπεδο. Σε γενικές γραμμές τα περισσότερα μεγάλα θηλαστικά όπως και τα πουλιά έχουν τη δυνατότητα να διαφύγουν από την περιοχή της πυρκαγιάς, ενώ πολλά είδη ερπετών προφυλάσσονται από αυτήν καλυπτόμενα στο έδαφος ή στα βράχια. Αντίθετα τα μικρότερα θηλαστικά, τα αρθρόποδα αλλά και πολλά είδη ερπετών και μικρών δασόβιων πουλιών δεν προλαβαίνουν συνήθως να διαφύγουν. Αντίστοιχα, οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη βλάστηση ωφελούν μεγάλο αριθμό ειδών που προτιμούν τους ανοικτούς χώρους ή βόσκουν ενώ θίγουν τα καθαρά δασόβια είδη πουλιών και μικρών θηλαστικών. Οι επιπτώσεις μπορεί είναι σημαντικότερες εάν η πυρκαγιά εκδηλωθεί την εποχή της αναπαραγωγής, εάν η έκτασή της είναι τόσο μεγάλη που να καλύπτει μεγάλο μέρος της εξάπλωσης ενός είδους ή εάν η διάσπαση του βιοτόπου από υποδομές είναι τέτοια που να εμποδίζει τη διαφυγή των ζώων και μετέπειτα τον επανεποικισμό.

Αλλαγή του κλίματος και ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι πυρκαγιές μπορεί να επιβαρύνουν προσωρινά τον ατμοσφαιρικό αέρα ενώ η καταστροφή της βλάστησης επηρεάζει το μικροκλίμα των συγκεκριμένων περιοχών, καθώς μειώνει τις ευεργετικές ψυκτικές επιδράσεις των δασικών δέντρων και αυξάνει την ηλιακή αντανάκλαση του εδάφους.

Επιπτώσεις στην πρωτογενή παραγωγή. Παρότι η παραγωγή μίας περιοχής θίγεται συνολικά από την πυρκαγιά, οι επιπτώσεις στην πρωτογενή παραγωγή, δηλαδή στη γεωργία, την κτηνοτροφία και την υλοτομία, είναι οι πιο συχνές και εμφανείς αλλά και αυτές οι οποίες αλληλεπιδρούν άμεσα με τα οικολογικά χαρακτηριστικά.

### **1.3 Παράγοντες που Επιδρούν στην Έναρξη και Εξάπλωση των Δασικών Πυρκαγιών**

#### **1.3.1 Το τρίγωνο της πυρκαγιάς**

Είναι γνωστό ότι για να υπάρξει καύση θα πρέπει οπωσδήποτε να συνυπάρχουν οι τρεις βασικοί παράγοντες του τριγώνου της πυρκαγιάς δηλαδή η καύσιμη ύλη το οξυγόνο και η θερμότητα.

Η καύσιμη ύλη στις δασικές πυρκαγιές διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

Στην υπεδάφια καύσιμη ύλη που περιλαμβάνει την σε αποσύνθεση οργανική ύλη όπως ο χούμος, η τύρφη και οι νεκρές ρίζες.

Στην καύσιμη ύλη επί του εδάφους μέχρι ύψους 2 μέτρων από αυτό που περιλαμβάνει τον ξηροτάπητα (πεςμένα φύλα και βελόνες), την ποώδη βλάστηση (το καλοκαίρι βρίσκεται συνήθως σε ξερή κατάσταση), τους θάμνους, τα πεσμένα δένδρα, τα υπολείμματα των υλοτομιών, τα φρύγανα κλπ.

Στην εναέρια καύσιμη ύλη που περιλαμβάνει τα καύσιμα υλικά που βρίσκονται πάνω από τα 2 μέτρα από το έδαφος όπως το φύλλωμα και τα λεπτά κλαδιά των δένδρων (κύρια των κωνοφόρων), οι λειχήνες, τα αναρριχόμενα φυτά, τα όρθια νεκρά δένδρα κλπ.

Το οξυγόνο υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα και μάλιστα σε αναλογία 21% κατ' όγκο ή 23% κατά βάρος.

Την θερμότητα που απαιτείται για την έναρξη της πυρκαγιάς (ανάφλεξη). Η θερμότητα αυτή μπορεί να δοθεί με διάφορους τρόπους που αποτελούν και τις αιτίες των δασικών πυρκαγιών που είναι:

Πυρκαγιές από κεραυνούς. Αυτές αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό των πυρκαγιών των δασών. Συνήθως δεν εξαπλώνονται, γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθεί βροχή η οποία σβήνει την πυρκαγιά. Εάν όμως δεν ακολουθήσει βροχή, προκαλούν καταστροφικές πυρκαγιές, γιατί οι κεραυνοί πέφτουν κυρίως σε ανώμαλες ή απόκρημνες περιοχές που είναι απρόσιτες ή τόσο δύσβατες, ώστε να μεσολαβεί πολύς χρόνος από την έναρξη της πυρκαγιάς μέχρι την έναρξη της καταστολής.

Πυρκαγιές από εμπρησμούς από αμέλεια. Εδώ θα μπορούσαμε να κατατάξουμε την απόρριψη αναμμένου τσιγάρου, την καύση των καλαμιών των αγρών ή το κάψιμο ξερών χόρτων, κλαδιών κλπ, τις βολές του πυροβολικού και των λοιπών όπλων των Ενόπλων Δυνάμεων, από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, τα καλώδια μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, το κάψιμο των σκουπιδιών κα.

Πυρκαγιές από εμπρησμούς από πρόθεση. Με πολλούς τρόπους και επινοήσεις για την δημιουργία βοσκοτόπων ή χωραφιών, ή το χειρότερο για οικοπεδοποίηση (σε περιοχές που η αξία της γης είναι μεγάλη). Στην κατηγορία αυτή οφείλονται πολλές από τις πιο

καταστροφικές πυρκαγιές γιατί συνήθως οι εμπρηστές λαμβάνουν μέτρα και επιλέγουν ημέρες που ευνοούν την γρήγορη και μεγάλη εξάπλωσή τους.

Παρατηρούμε ότι το συντριπτικό ποσοστό των δασικών πυρκαγιών προέρχεται από τον παράγοντα άνθρωπο. Η ανθρώπινη βούληση (πρόθεση) ή η ανθρώπινη αδιαφορία (αμέλεια) είναι η κύρια αιτία των δασικών πυρκαγιών. Ένα σφάλμα που γίνεται συχνά, ίσως αθέλητα, από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης είναι η απόδοση όλων σχεδόν των δασικών πυρκαγιών σε εμπρηστές είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο να διαβάζουμε ή να ακούμε την φράση «Εμπρηστές έκαψαν την ...» η απόδοση αυτή δημιουργεί την εσφαλμένη εντύπωση ότι η πυρκαγιά δεν θα προέλθει από την δική μας αδιαφορία ή/και αμέλεια.

Δεν θα προέλθει πυρκαγιά από το κάψιμο των χόρτων ή το πέταγμα του τσιγάρου μας, δεν θα προέλθει από το «μπάρμπεκιου» που κάνουμε μέσα στο δάσος με 400 C και 8 Beaufort, τις πυρκαγιές τις προκαλούν κάποιοι σκοτεινοί τύποι οι «ΕΜΠΡΗΣΤΕΣ». Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμαι ένα «αποδομποιαίο τράγο» στον οποίο φορτώνουμε όλα μας τα αμαρτήματα.

Δυστυχώς η αλήθεια είναι διαφορετική αν εξαιρέσουμε το 3% περίπου των πυρκαγιών που προέρχονται από κεραυνούς οι υπόλοιπες οφείλονται περίπου κατά το ήμισυ σε εμπρησμούς από πρόθεση και κατά το ήμισυ σε εμπρησμούς από αμέλεια.

### **1.3.2 Μετεωρολογικοί παράγοντες**

Οι κυριότεροι μετεωρολογικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη και εξάπλωση των δασικών πυρκαγιών είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα, το ύψος της βροχής και ο άνεμος. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι κανένας μετεωρολογικός παράγοντας δεν δρα μόνος του, αλλά αποφασιστικής σημασίας είναι ο συνδυασμός τους έτσι ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο περιβάλλον για την έναρξη και εξάπλωση της πυρκαγιάς.

Η θερμοκρασία του αέρα έχει άμεση επίδραση στις δασικές πυρκαγιές, γιατί συντελεί στην ξήρανση και προθέρμανση της καύσιμης ύλης.

Η σχετική υγρασία του αέρα είναι ο λόγος της μάζας των υπαρχόντων στον αέρα υδρατμών προς την μάζα των υδρατμών που απαιτούνται για να γίνει ο αέρας κορεσμένος στην συγκεκριμένη θερμοκρασία επί εκατό. Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι χαμηλή, τότε η βλάστηση ξηραίνεται έντονα, ιδίως με την ταυτόχρονη επίδραση του ανέμου (χαμηλή σχετική υγρασία έχουμε το μεσημέρι). Όταν όμως υπάρχει υψηλή σχετική υγρασία του αέρα, έχουμε σαν επακόλουθο την αύξηση της υγρασίας που περιέχεται στις

καύσιμες ύλες (υψηλή σχετική υγρασία έχουμε νωρίς το πρωί). Κατά γενικό κανόνα, όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι 50 – 55 %, ελάχιστες πυρκαγιές συμβαίνουν και αυτές που ανάβουν δεν επεκτείνονται, ιδιαίτερα όταν έχουμε μικρή ταχύτητα ανέμου.

Το ύψος των βροχοπτώσεων επιδρά άμεσα στην περιεχόμενη στα καύσιμα υλικά υγρασία. Μεγάλη σημασία έχει το χρονικό διάστημα που έχουμε βροχόπτωση. Δυστυχώς στη χώρα μας το καλοκαίρι και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου είναι χωρίς βροχές, με αποτέλεσμα την έντονη ξήρανση της βλάστησης.

Ο άνεμος ασκεί σοβαρή επίδραση στις δασικές πυρκαγιές, γιατί αφ' ενός προσδιορίζει τη διεύθυνση διάδοσης της φωτιάς και αφ' ετέρου την ταχύτητα εξάπλωσής της. Ο άνεμος όταν είναι ξηρός συντελεί στην ξήρανση της καύσιμης ύλης. Το κύριο χαρακτηριστικό των ανέμων που πνέουν το καλοκαίρι είναι ότι συνήθως τη νύχτα και ιδιαίτερα τις πρωινές ώρες καταπαύουν ή πάντως η σφοδρότητά τους ελαττώνεται με αποτέλεσμα να είναι ευκολότερη η κατάσβεση των πυρκαγιών.

Επίσης ο άνεμος σε συνδυασμό με τα ανοδικά ρεύματα που δημιουργούνται από την πυρκαγιά, προκαλεί την εμφάνιση του φαινομένου της «κηλίδωσης». «Κηλίδωση» είναι η μεταφορά αναμμένων τεμαχίων καύσιμης ύλης σε αποστάσεις συνήθως μέχρι 100 μέτρα και σε σπάνιες περιπτώσεις μέχρι 800 μέτρα περίπου με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων εστιών μπροστά από το κύριο μέτωπο της πυρκαγιάς.

### **1.3.3 Χρονική συχνότητα των δασικών πυρκαγιών**

Το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό των δασικών πυρκαγιών, οι πιο καταστροφικές, συμβαίνουν συνήθως από τις αρχές Ιουνίου έως το τέλος Οκτωβρίου και ελάχιστες το υπόλοιπο χρονικό διάστημα. Ως προς την ώρα έναρξης οι περισσότερες συμβαίνουν από 8 το πρωί έως τις 11 το βράδυ με μέγιστο μεταξύ 2 και 3 το μεσημέρι ενώ ελάχιστες ενάρξεις πυρκαγιών έχουμε νωρίς το πρωί.

### **1.4 Είδη Δασικών Πυρκαγιών**

Ανάλογα με την κατηγορία της καύσιμης ύλης διακρίνουμε τα διάφορα είδη δασικών πυρκαγιών:

Πυρκαγιές εδάφους. Σε αυτές καίγεται η οργανική ύλη κάτω από την επιφάνεια του φυλλοστρώματος του δάσους. Έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό η βραδεία καύση και είναι δυνατόν να μην έχουμε παραγωγή καπνού, οπότε γίνονται πολύ δύσκολα αντιληπτές, συνήθως όμως αργά ή γρήγορα προκαλούν την επόμενη κατηγορία των επιφανειακών

πυρκαγιών, γιατί εφ' όσον υπάρχει βλάστηση η φωτιά μεταδίδεται σ' αυτή. Οι πυρκαγιές αυτές μπορεί να διεισδύουν σε βάθος έως και 2 μέτρα εξαπλώνονται αργά και είναι από τις πιο δύσκολες στην κατάσβεση. Ευτυχώς οι πυρκαγιές αυτού του είδους είναι σπάνιες στην Ελλάδα και συναντώνται κύρια στα επιφανειακά κοιτάσματα τύρφης.

Πυρκαγιές επιφανείας ή έρπουσες. Σ' αυτές καίγεται ο ξηροτάπητας, η χαμηλή βλάστηση κλπ. Αποτελούν το συνηθέστερο είδος δασικής πυρκαγιάς και από αυτές προέρχεται το επόμενο είδος δασικών πυρκαγιών οι πυρκαγιές κόμης. Χαρακτηριστικά τους είναι η έως μεγάλη ταχύτητα διάδοσης (ιδίως όταν πνέει άνεμος) με φλόγα και θερμότητα. Ο καπνός τους εξαπλώνεται συνήθως μέχρι το ύψος των δένδρων και έχει σχετικά ανοικτό χρώμα. Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες. Σ' αυτές καίγεται η κόμη των δένδρων. Είναι από τις πιο καταστροφικές γιατί μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή μεγάλων δασών, συνήθως οι επικόρυφες πυρκαγιές.

Μικτές πυρκαγιές. Τα τρία παραπάνω είδη δασικών πυρκαγιών είναι δυνατόν να συνυπάρχουν, γιατί το καθένα καταναλώνει μια διαφορετική κατηγορία καύσιμης ύλης. Όταν συνυπάρχει επικόρυφη και έρπουσα πυρκαγιά τότε δημιουργείται ένα μέτωπο φλογών που επεκτείνεται από το έδαφος έως μερικά μέτρα πάνω από τις κορυφές των δένδρων που κινείται σαρώνοντας την υπάρχουσα βλάστηση.

## **1.5 Αίτια Δασικών Πυρκαγιών**

### **1.5.1 Φυσικά αίτια δασικών πυρκαγιών**

Ασθένειες των δέντρων του δάσους που προκαλούνται από κάποια έντομα, όπως η νυχτοπεταλούδα που τρώει τις βελόνες των πεύκων και προκαλεί ακόμα και την θανάτωση τους. Οι φωλιές που σχηματίζει το έντομο αυτό στα γυμνά κλαδιά πέρα από την άσχημη εικόνα μπορούν να προκαλέσουν και αλλεργίες στους επισκέπτες του δάσους.

Πυρκαγιές εύφλεκτων δασικών φυτών από φυσικές αιτίες (παρατεταμένη ξηρασία, υψηλή θερμοκρασία, έντονοι άνεμοι) και γενικά έντονα και ακραία καιρικά φαινόμενα.

«Κεραυνοί. Τα τελευταία χρόνια είχαμε μια αύξηση από τις πυρκαγιές που προκλήθηκαν από κεραυνούς. Σημαντικό ρόλο παίζει η τοπογραφία του μέρους, δηλαδή αν έχει απότομες κορυφές και αν η περιοχή έχει συχνές καταιγίδες. Το αν θα προκληθεί πυρκαγιά μετά από τη πτώση κεραυνού εξαρτάται από το αν ο κεραυνός προκλήθηκε από καταιγίδα και η βροχή συνεχίζεται, αν υπάρχει καύσιμη ύλη, δηλαδή ξερά χόρτα κλπ., στη περιοχή, αν φυσούν δυνατοί αέριδες κλπ.

Κλιματική αλλαγή. Ζεστά και ξηρά καλοκαίρια (αύξηση της θερμοκρασίας).

Ισχυροί καλοκαιρινοί άνεμοι» (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2010)

Ειδικότερα: Οι κλιματικές αλλαγές είναι υπεύθυνες για την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και τη μεγαλύτερη ξηρασία του εδάφους. Εξαιτίας τους, οι περίοδοι λειψυδρίας είναι συχνότερες, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη ξηρότητα της βλάστησης και κατά συνέπεια της ευφλεκτότητας της.

### **1.5.1 Ανθρωπογενή αίτια δασικών πυρκαγιών**

**Οι πυρκαγιές** που προέρχονται από τον άνθρωπο είτε λόγω αμέλειας (πέταμα αναμένου τσιγάρου, άναμμα φωτιάς για πικνίκ κ.α.) είτε ηθελημένα (εμπρησμός). Οι διάφορες γεωργικές δραστηριότητες και κυρίως η καύση ξερών χόρτων. Διάφορες δραστηριότητες σε εξοχικές κατοικίες. Η απόρριψη σκουπιδιών στο δάσος. Το κάψιμο σκουπιδιών σε μη οργανωμένους σκυβαλοτόπους.

**Πρόθεση.** Αυτές οι πυρκαγιές προκαλούνται δυστυχώς από ανθρώπους που για διάφορους λόγους θέλουν να καταστρέψουν τη φυσική ομορφιά ενός τόπου. Δεν είναι εύκολο να αναφέρουμε συγκεκριμένους λόγους. Υπάρχουν άνθρωποι, ψυχολογικά άρρωστοι φυσικά, στους οποίους αρέσει να βλέπουν μια μεγάλη φωτιά.

**Ατυχήματα** (τροχαία, βλάβες γεωργικών μηχανημάτων, κοκ).

**«Αμέλεια.** Από διάφορες δραστηριότητες των ανθρώπων και από αμέλεια τους είναι δυνατό να ξεκινήσει μία καταστροφική πυρκαγιά. Πολλές φορές ακούμε για ανθρώπους που καίνε τα σκουπίδια τους κοντά σε δασική έκταση και η φωτιά εξελίσσεται σε πυρκαγιά. Άλλες ανάλογες περιπτώσεις είναι ανθρώπων που βάζουν φωτιά μέσα στο δάσος για να ζεσταθούν ή να μαγειρέψουν και άλλοι που πετούν τα αποτσίγαρα τους στην άκρη του δρόμου. Αυτό το είδος των πυρκαγιών φαίνεται να είναι σταθερό τα τελευταία χρόνια.

**Άγνωστα.** Αυτή η αιτία είναι δυστυχώς η πιο συχνή και η χειρότερη και έχει μια τρομερή άνοδο τα τελευταία χρόνια. Εδώ κατατάσσονται οι πυρκαγιές των οποίων την ακριβή αιτία δε ξέρουμε.

**Άλλοι λόγοι.** Στη κατηγορία αυτή των αιτιών μπορούμε να κατατάξουμε τις φωτιές από σπινθήρες μηχανημάτων, βολές του στρατού, βραχυκυκλώματα σε καλώδια της Δ.Ε.Η.,

εκρηκτικές ύλες, σπινθήρες τρένων, και λοιποί λόγοι». (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας, 2010)

Οι **δραστηριότητες κυνηγών** κυρίως κατά τους θερινούς μήνες.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΔΑΦΟΣ - ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

#### 2.1 Έδαφος

##### 2.1.1 Γενικά για το έδαφος

Το επιφανειακό έδαφος αποτελεί το άνωθεν στρώμα του στερεού φλοιού της γης στο οποίο στηρίζονται και αναπτύσσονται τα φυτά (35 ως 50 εκατοστά). Το στρώμα κάτω από το επιφανειακό έδαφος λέγεται υπέδαφος και φτάνει στο 1,5μ με 2μ., σημείο μέχρι εκεί δηλαδή που προχωρούν οι ρίζες των φυτών και είναι δυνατόν να γίνει γεωργική εκμετάλλευσή του.

Η δημιουργία του εδάφους πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο από την αποσάθρωση των επιφανειακών πετρωμάτων της γης, η οποία συντελείται με την επίδραση ορισμένων παραγόντων όπως οι διαρκείς μεταβολές της θερμοκρασίας, η βροχή, ο παγετός, ο άνεμος, οι μικροοργανισμοί, τα ανώτερα φυτά και οι ζωικοί οργανισμοί. Η διαδικασία αυτή της δημιουργίας του εδάφους είναι πολύ χρονοβόρα και συγκεκριμένα για το σχηματισμό ενός εκατοστού του εδάφους απαιτούνται δεκάδες χρόνια, που μπορεί να είναι και ένας αιώνας. Για αυτό άλλωστε, αν πραγματοποιήσουμε κάθετη τομή σε ένα έδαφος βάθους μερικών μέτρων θα διακρίνουμε διαφορετικά στρώματα, τα οποία ονομάζονται ορίζοντες.

Το έδαφος, είναι ένας φυσικός πόρος που αποτελεί τη βάση για την παραγωγή τροφίμων και καταλαμβάνεται τη σήμερον ημέρα στο μεγαλύτερο βαθμό από ανθρωπογενείς κατασκευές, όπως πόλεις και γενικά κατοικημένες περιοχές. Είναι επίσης αναγκαίος και αναντικατάστατος πόρος για την οικοδόμηση πόλεων και χωριών, σύγχρονων έργων υποδομής, οδικών δικτύων κλπ.



**Εικόνα 1.** Φυσικό περιβάλλον και ανθρώπινη δραστηριότητα

Συνεπώς το έδαφος καταλαμβάνεται και χρησιμοποιείται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους από τον ανθρώπινο παράγοντα και η συμβολή του στην ανθρώπινη εξέλιξη υπήρξε καταλυτική.

Πολλές φορές η γη έχει προκαλέσει σύγκρουση συμφερόντων για την εκμετάλλευσή της, ειδικά όταν τροποποιείται η χρήση για την οποία προοριζόταν. Πολλά κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναγνωρίζουν μέσω της νομοθεσίας τους ότι η κοινωνία μπορεί να θεσπίσει κανόνες για την απαλλοτρίωση της γης, όταν πρόκειται για το γενικό συμφέρον. Επομένως, η προστασία του εδάφους αφορά τόσο το έδαφος και τις ιδιότητές του όσο και τη χρήση για την οποία προορίζεται.

### 2.1.2 Σχηματισμός του εδάφους

Ο σχηματισμός του εδάφους και του υπεδάφους είναι μία διαδικασία που θεωρείται πως επηρεάζεται από πέντε καταλυτικούς για το σχηματισμό αυτό παράγοντες. Οι συγκεκριμένοι αυτοί πέντε παράγοντες είναι οι εξής:

α) **Το μητρικό υλικό**, το οποίο είναι σχετικά χαλαρό υλικό και προέρχεται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων της γης και από το οποίο μέσω της επίδρασης και των άλλων παραγόντων της εδαφογένεσης, σχηματίζεται το έδαφος.

β) **Το κλίμα**, το οποίο επιδρά στη βλάστηση με τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις, αλλά και σε άλλους παράγοντες εδαφογένεσης.

γ) **Οι ζώντες οργανισμοί**, δηλαδή φυτικοί και ζώντες οργανισμοί, μικροοργανισμοί και μεγάλοι οργανισμοί καθώς και άνθρωποι που χρησιμοποιούν τη γη για αγροτικές, δασικές, κτηνοτροφικές, οικιστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες.

δ) **Η τοπογραφία της περιοχής**, δηλαδή η μορφολογία της επιφάνειας της γης και

ε) **Ο χρόνος**, δηλαδή η διάρκεια διαδικασίας του σχηματισμού του εδάφους που είναι εξαιρετικά χρονοβόρα, διότι συνήθως για το σχηματισμό ενός στρώματος από χώμα μέσω φυσικών διαδικασιών αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων χρειάζονται από 100 έως 1000 χρόνια ανάλογα με τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Για αυτό άλλωστε το έδαφος δεν αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο.

Οι **διεργασίες** σχηματισμού του εδάφους είναι **φυσικές** (δηλαδή μέσω της δράσης νερού, ανέμου, θερμότητας, βαρύτητας κ.λ.π.), **χημικές** (δηλαδή ανταλλαγές χημικών στοιχείων στα συστατικά του εδάφους) και βιολογικές (δηλαδή αποικοδόμηση των φυτικών

υπολειμμάτων από οργανισμούς). Οι σημαντικότερες **βιολογικές** διαδικασίες είναι αυτή της διάσπασης και της χουμοποίησης (δηλαδή η αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων των ζώων και φυτών και των νεκρών μικροοργανισμών με τελικό προϊόν ένα υλικό σκοτεινό και πολύπλοκο, χωρίς ιδιαίτερη δομή που ονομάζεται **χούμος**).

Το έδαφος αποτελεί αναντικατάστατο μέσο στήριξης και θρέψης των φυτών, συνιστά τη βάση της αγροτικής και δασικής παραγωγής. Επιπλέον αποτελεί το φυσικό φίλτρο και το προστατευτικό στρώμα των αποθεμάτων του υπόγειου νερού, καθώς επίσης και το χώρο όπου ζουν μεγάλοι αριθμοί μικροοργανισμών που συμμετέχουν στην διαδικασία ανακύκλωσης στοιχείων όπως του αζώτου και του άνθρακα.

### 2.1.3 Φυσικές ιδιότητες

Το έδαφος από μόνο του έχει ορισμένες βασικές φυσικές ιδιότητες που έχουν καθοριστική σημασία στη συμπεριφορά του. Οι σπουδαιότερες από αυτές αναφέρονται μεταξύ άλλων παρακάτω:

- **Σύσταση:** Η σύσταση του εδάφους διαμορφώνεται από την αναλογία των υλικών που το αποτελούν (μίγμα ανόργανων - άμμου, ιλύος αργίλου- και οργανικών υλικών, νερού, αέρα κ.λ.π.).
- **Υφή:** Το μέγεθος των ανόργανων υλικών καθορίζει την υφή του εδάφους.
- **Πορώδες και ειδικό βάρος:** Το πορώδες καθορίζεται από τον όγκο που έχουν τα διάκενα του εδάφους. Το πραγματικό ειδικό βάρος (λόγος του βάρους ενός όγκου κόκκων εδάφους προς ίσο όγκο αποσταγμένου νερού στους 40C) είναι γύρω στα 2,5.
- **Υγροσκοπικότητα:** Η υγροσκοπικότητα του εδάφους αναφέρεται στην ικανότητα πρόσληψης και απόδοσης υγρασίας. Όταν όλα τα διάκενα του εδάφους είναι γεμάτα νερό η υγροσκοπικότητα του εδάφους φτάνει το μέγιστο.
- **Ειδική θερμότητα:** Αφορά στην ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1ο C. Η θερμοκρασία είναι ένας από τους συντελεστές της ανάπτυξης των φυτών και εξαρτάται από τα συστατικά του εδάφους, το χρώμα του, την υγρασία του κλπ.

### 2.1.4 Χημικές ιδιότητες

Όσων αφορά τις χημικές ιδιότητες αναφερόμαστε πάντα στο δείκτη μέτρησης των χημικών ουσιών που ονομάζεται Η, ο οποίος καθορίζει την οξύτητα ή την αλκαλικότητα στη συγκεκριμένη περίπτωση του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα **ο δείκτης (pH) του εδάφους**, μέσω του αριθμού που προκύπτει ως αποτέλεσμα εκφράζει τον αρνητικό

λογάριθμο της συνολικής συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα. Εκφράζει δηλαδή το πόσα ιόντα υδρογόνου βρίσκονται μέσα σε αυτό. Όταν το pH παίρνει τιμές **κάτω από 7**, το διάλυμα λέγεται **όξινο** ενώ όταν οι τιμές του είναι **πάνω από 7**, **αλκαλικό**.

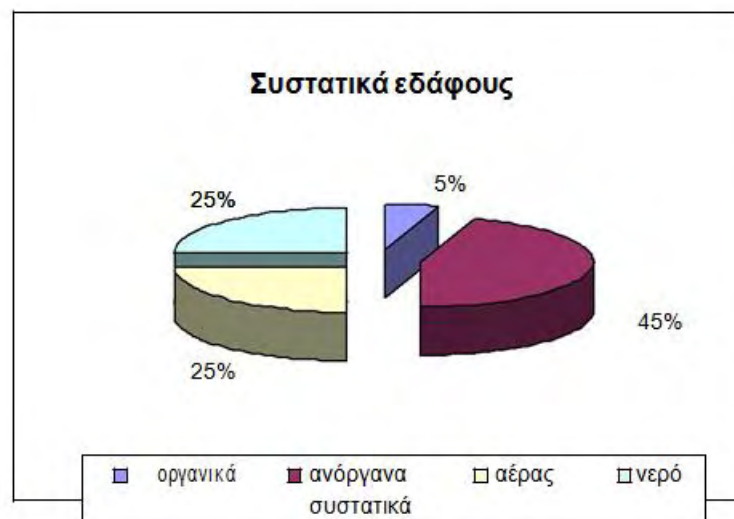
Η ανάπτυξη των φυτών και η βλάστηση κάθε είδους επηρεάζεται κυρίως από το pH του εδάφους, διότι αυτό είναι που καθορίζει την απορρόφηση και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το pH είναι:

- Η βροχόπτωση
- Το είδος των καλλιεργούμενων φυτών, και
- Η χρησιμοποίηση λιπασμάτων.

### 2.1.5 Κατηγορίες εδάφους

Το έδαφος αποτελείται κατά το μισό περίπου του όγκου του από στερεά συστατικά (ανόργανα και οργανικά) και κατά το άλλο μισό από αέρα και νερό.



**Εικόνα 2.** Συστατικά του εδάφους

Τα ανόργανα υλικά περιέχουν συστατικά όπως πέτρες, άμμο, πηλό και άργιλο σε διάφορα μεγέθη, ενώ τα οργανικά υλικά περιέχουν υπολείμματα φυτών και ζώων. Επίσης το έδαφος περιέχει και ζωντανούς οργανισμούς, σε αυτούς περιλαμβάνονται οι μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες) καθώς και τα ζώα που ζουν στο έδαφος όπως επίσης και τα σκουλήκια του εδάφους. Η αναλογία είναι τεράστια, διότι ένα τετραγωνικό μέτρο γόνιμου εδάφους συνήθως περιέχει πάνω από 1.000.000.000

μικροοργανισμούς. Οι οργανισμοί που συγκεντρώνονται στη φυλλοστρωμνή αναλαμβάνουν το έργο της αποικοδόμησης (αποσύνθεσης). Μετατρέπουν δηλαδή τα νεκρά οργανικά υλικά αρχικά σε χούμο και στη συνέχεια σε ανόργανα συστατικά, απαραίτητα για τα φυτά.

Ο προσδιορισμός της εκατοστιαίας αναλογίας των ανόργανων υλικών γίνεται σε εδαφολογικά εργαστήρια και καλείται μηχανική ανάλυση του εδάφους. Ανάλογα με τα στοιχεία της μηχανικής ανάλυσης τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες.

Όπως είναι φυσικό όλα τα εδάφη δε σχηματίστηκαν με τον ίδιο τρόπο. Από περιοχή σε περιοχή διαφέρουν, διότι με το πέρασμα των χρόνων, αλλού επέδρασε πιο πολύ το νερό και απόθεσε σε αυτά περισσότερη άμμο, αλλού έζησαν κατά εποχές περισσότερα ζώα και φυτά και πλούτισαν ανάλογα τα εδάφη με θρεπτικές ουσίες, πολλές από τις οποίες μεταφέρθηκαν με τα νερά των βροχών στις κοιλάδες, αλλού τα γύρω βουνά ήταν ασβεστολιθικά κλπ. Έτσι σήμερα τα καλλιεργήσιμα εδάφη χωρίζονται στις παρακάτω γενικές κατηγορίες:

- Σε **αμμώδη**. Αυτά διαθέτουν ως κύριο συστατικό τους την άμμο. Το νερό, ο ήλιος και ο αέρας περνούν μέσα τους εύκολα και σε μεγαλύτερο βάθος. Παρόλα αυτά δε συκρατούν υγρασία και οι θρεπτικές ουσίες της επιφάνειάς τους ξεπλένονται εύκολα. Ακόμα, το χειμώνα ψύχονται γρήγορα και το καλοκαίρι θερμαίνονται πολύ. Τα φυτά, που δεν έχουν βαθιές ρίζες, δε βρίσκουν πολλές θρεπτικές ουσίες στα εδάφη αυτά, δε στηρίζονται γερά και όταν φυσά δυνατός άνεμος, τα ρίχνει κάτω ή τα ξεριζώνει, ενώ όταν πιάνουν ζέστες, παύουν να αναπτύσσονται, αν δεν ξεραθούν τελείως.
- Σε **αργιλώδη**. Αυτά διαθέτουν ως πλεόνασμα τον άργιλο (χώμα που χρησιμοποιείται στην κεραμοποιία). Τα εδάφη αυτά έχουν μεγάλη συνεκτικότητα και δύσκολα περνάει μέσα τους βαθιά το νερό, ο ήλιος κι ο αέρας. Το χειμώνα δεν τα διαπερνά το κρύο, όμως στην επιφάνειά τους είναι ψυχρά. Το καλοκαίρι κρατούν υγρασία, αλλά στις μεγάλες ζέστες σκάζουν, δημιουργώντας βαθιές ρωγμές. Οι ρίζες των φυτών δυσκολεύονται να προχωρήσουν βαθιά, υποφέρουν από ασφυξία και στις ξηρασίες, όταν εξατμίζεται όλη η επιφανειακή υγρασία, παύει κάθε ανάπτυξή τους και μαραζώνουν. Τα αργιλώδη εδάφη γίνονται κατάλληλα για καλλιέργεια, όταν ρίξουμε άμμο (όχι θαλασσινή, γιατί έχει αλάτι) ή κοπριά χωνεμένη ή και αχώνευτη.
- Σε **πηλώδη**. Εδάφη τα οποία είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη φυτών. Όταν εμπλουτίζονται με οργανική ουσία θερμαίνονται ευκολότερα και έχουν καλό αερισμό.

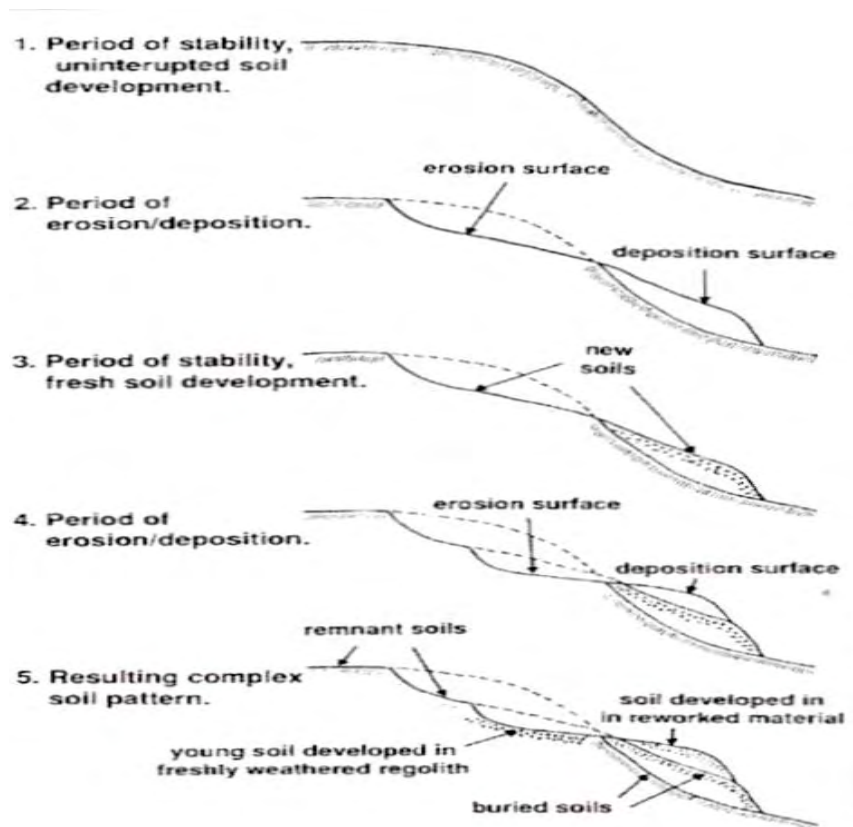
- Σε **ασβεστολιθικά ή ασπροχώματα**. Εδάφη τα οποία προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα κι έχουν τα μειονεκτήματα των αργιλωδών εδαφών. Διορθώνονται, αν τους προσθέσουμε άμμο ή κοπριά, όπως στα αργιλώδη.
- Τέλος σε **οργανικά εδάφη**. Τα συγκεκριμένα έχουν πολλές οργανικές ουσίες και το χρώμα τους είναι σκούρο (καστανό). Είναι αφράτα ως προς την υφή τους και καλλιεργούνται εύκολα. Διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι. Απορροφούν και συγκρατούν το νερό και τα διαπερνά εύκολα ο ήλιος και ο αέρας. Μέσα τους ζουν σκουλήκια, μικρόζωα και μικρόβια, που μεγαλώνουν τη γονιμότητά τους. Τα οργανικά εδάφη είναι τα πιο κατάλληλα εδάφη για καλλιέργεια και με το χώμα τους μπορούμε να πλουτίσουμε άλλα εδάφη φτωχά (αργιλώδη, αμμώδη και ασβεστολιθικά).

## 2.2 Διάβρωση

### 2.2.1 Βασικές έννοιες

Το φυσικό φαινόμενο της διάβρωσης άρχισε να συμβαίνει από το ξεκίνημα της ιστορίας της Γης, βέβαια η θεωρητική αρχή του συγκεκριμένου φαινομένου είναι από τη στιγμή που έπεσε η πρώτη σταγόνα βροχής στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Επομένως ως Διάβρωση του εδάφους (SoilErosion) ορίζουμε την απόσπαση και τη μεταφορά του εδαφικού υλικού με τη δράση κυρίως του νερού και του ανέμου (Kirkby and Morgan 1980).

Έτσι λοιπόν η συνολική διεργασία της διάβρωσης αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για το σχηματισμό των εδαφών και τη διαμόρφωση του γήινου τοπίου. Οι συνεχείς εναλλαγές των περιόδων, οι διαφορετικές συνθήκες, οι φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες αποτελούν τους λόγους της δημιουργίας της μορφολογίας του εδάφους της κάθε περιοχής και μάλιστα για κάθε κύκλο σταθερότητας-αστάθειας το εδαφικό προφίλ γίνεται ολοένα και πιο σύνθετο και περίπλοκο.



**Εικόνα 3.** Χαρακτηριστική εξέλιξη εδάφους σε λόφους. Πηγή: McLaren and Cameron, 2006

Η διάβρωση αποτελεί ένα σύνολο διεργασιών μηχανικού κυρίως χαρακτήρα, η οποία περιλαμβάνει από τη μία την απόσπαση από το γήινο φλοιό κομμάτια εδάφους και θραυσμάτων από πετρώματα και από την άλλη τη μεταφορά του συγκεκριμένου αυτού υλικού από φυσικούς παράγοντες και την εναπόθεσή του σε νέες θέσεις ως κλαστικό ίζημα. Κατά τη διάρκεια του σταδίου της εναπόθεσης, το υλικό επικάθεται στα στερεά όρια των υδάτινων ροών ή σε ταμιευτήρες κ.ά., λόγω του βάρους του και όπου και όταν οι συνθήκες (υδραυλικές-υδροδυναμικές) είναι ευνοϊκές και το επιτρέψουν. Βέβαια αναλόγως του τρόπου μεταφοράς και εναπόθεσης έχουμε και διαφορετικούς εδαφικούς σχηματισμούς, με διαφορετική, φυσικά, συμπεριφορά ο καθένας (π.χ. λιμναίες, κολουβιακές αποθέσεις κ.λ.π.). Όλη αυτή η συνολική διεργασία της διάβρωσης (αποσάθρωση, μεταφορά και εναπόθεση) χαρακτηρίζεται ως κύκλος φερτών υλών.

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 ταμιευτήρες και οι λίμνες καλύπτονται με λάσπη.

Έχει εκτιμηθεί ότι από τα συνολικά στερεά που μπαίνουν στα ποτάμια και του 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).

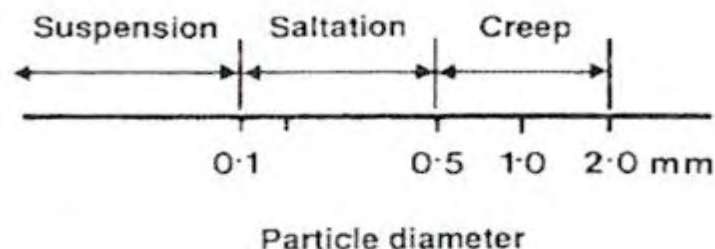
Φυσικά, άλλη μία βασική αιτία διάβρωσης είναι ο άνεμος (αιολική διάβρωση). Η μορφή αυτή της διάβρωσης, δεν είναι πολύ διαδεδομένη στην χώρα μας κυρίως λόγω των όχι και τόσο ισχυρών ανέμων που πνέουν σε συνδυασμό με έντονα ξηροθερμικές συνθήκες. Σε κάποιες περιοχές όμως, ο άνεμος παίζει καθοριστικό ρόλο 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

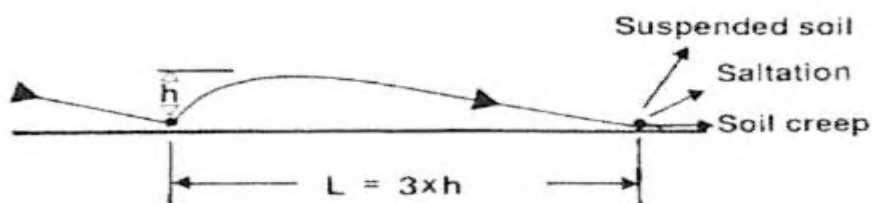
και αποτελούν γόνιμα εδαφικά υλικά πλούσια σε οργανικά (Marshall et al., 1996). Τα υλικά αυτά μπορούν να μεταφερθούν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Με αιώρηση μεταφέρεται λιγότερο από το 15% του συνολικά μεταφερομένου υλικού από τον άνεμο (McLaren and Cameron, 1996).

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).



**Εικόνα 4.** Περιοχές διαμέτρων όπου κυριαρχεί ο κάθε μηχανισμός μεταφοράς (ειδικά για αιολική διάβρωση)

Πηγή: McLaren and Cameron, 1996



**Εικόνα 5.** Η διαδικασία της αναπήδησης για την αιολική διάβρωση. Πηγή: McLaren and Cameron, 1996

Η σύρση (soilcreep) 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 διάμετρός 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 κυλούν 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). Στην εικόνα 4 φαίνονται οι περιοχές των διαμέτρων στις οποίες κυριαρχεί η κάθε διαδικασία μεταφοράς, λόγω ανέμου, ξεχωριστά. Επίσης, στην εικόνα, 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 Ταντος, 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 αποσαθρώνεται 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 αποσαθρωμένων 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 αμώδεις 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 ( $\text{CaCO}_3$ ), 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 ημίξηρες 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 αποσασθρωμένες 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.
- Ώριμοέδαφος (mature soils).

- Παλιόεδαφος (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 (overlandflow) 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 (Hortonianoverlandflow, 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 υπόγειου 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 θετικότατη 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 επίγειας απορροής στα δασικά εδάφη, θεωρείται ο κορεσμός από κάτω (saturationoverlandflow, 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.

## 2.2.2 Προβλήματα που δημιουργεί η διάβρωση

### Μείωση παραγωγικότητας

Αυτή οφείλεται στην απώλεια του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, το οποίο είναι και το πιο γόνιμο. Στα επιφανειακά 30 cm του εδάφους έχουν δράσει εντονότερα όλες οι εδαφογενετικές συνιστώσες, και εκεί έχουμε συγκέντρωση θρεπτικών και οργανικής ουσίας. Η μείωση της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων οδηγεί σε προχωρημένο στάδιο στην ερημοποίηση.

### Φυσική ρύπανση επιφανειακών υδάτων

Η διάβρωση των χερσαίων οικοσυστημάτων ακολουθείται από την ιζηματογένεση των υδατικών. Δεν είναι μόνο, δηλαδή, ότι έδαφος θα χαθεί από εκεί που δεν πρέπει, είναι και ότι θα οδηγηθεί και εκεί που δεν πρέπει ! Λόγω των εδαφικών τεμαχιδίων που παραμένουν σε αιώρηση στο ποτάμι ή αποτίθενται σε λίμνες και θάλασσες, αυξάνει η θολότητα των επιφανειακών υδάτων. Αυτό θα οδηγήσει σε αλλοίωση των πληθυσμιακών σχέσεων. Π.χ. το ψάρι-λεία θα κρύβεται καλύτερα από το ψάρι-άρπαγα, κάτι που θα οδηγήσει σε μείωση του αριθμού ατόμων του άρπαγα. Συνήθως όμως τα μεγαλύτερα

ψάρια είναι και τα εμπορικά. Τελικά θα ακολουθήσει μείωση της αλιείας με όλες τις αρνητικές συνέπειες που αυτό συνεπάγεται.

### **Ρύπανση υδάτων από τα προσροφημένα θρεπτικά στις επιφάνειες των εδαφικών τεμαχιδίων**

Αυτή είναι γνωστή και σαν χημική ρύπανση επιφανειακών υδάτων. Η μεγάλη αύξηση των θρεπτικών θα οδηγήσει σε ευτροφισμό, ο οποίος αλυσιδωτά επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις στα υδατικά οικοσυστήματα. Η εξέτασή του όμως δεν θα γίνει εδώ. Τελικά, φυσική και χημική ρύπανση των υδατικών οικοσυστημάτων θα επιφέρουν και μια επιτάχυνση της ωρίμανσής τους.

### **2.2.3 Μηχανισμοί που δρουν κατά την διάβρωση**

- Αποκόλληση του εδαφικού τεμαχιδίου με την επίδραση της βροχής ή του αέρα (χρειάζεται πολλή ενέργεια)
- Μεταφορά του εδαφικού τεμαχιδίου με το νερό χαμηλότερα στο ανάγλυφο (χρειάζεται λιγότερη ενέργεια)
- Απόθεση χαμηλότερα στο ανάγλυφο (χρειάζεται ακόμα λιγότερη ενέργεια)

Τώρα, ας τονίσουμε ότι υπάρχει η επίδραση δύο αντίθετων δυνάμεων, των οποίων η συνισταμένη δράση θα αποφασίσει αν λάβει χώρα μεταφορά ή όχι του εδάφους. Αυτές είναι οι δυνάμεις αντίστασης και οι δυνάμεις διάβρωσης.

#### **Δυνάμεις αντίστασης**

- Βαρύτητα: κρατάει το εδαφικό τεμαχίδιο στη θέση του. Όσο μεγαλύτερο το τεμαχίδιο (ή το εδαφικό συσσωμάτωμα) τόσο καλύτερη η αντίσταση.
- Τριβή: ισχύουν τα ίδια όπως στη βαρύτητα.
- Διάχυτη ιονική στοιβάδα: Άργιλοι με μεγάλα ποσοστά κορεσμού με δισθενή και τρισθενή κατιόντα διατηρούν ικανοποιητική δομή και έτσι μεγάλα και δυνατά συσσωματώματα.
- Οργανική ουσία: Έχει την ικανότητα να 'τσιμεντοποιεί' τα εδαφικά τεμαχίδια. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό της στο έδαφος τόσο μεγαλύτερη η αντίσταση στη διάβρωση. Είναι ίσως το μόνο υλικό που αν προστεθεί στο έδαφος μπορεί να βελτιώσει ορατά και σχετικά άμεσα την αντίσταση του εδάφους στη διαβρωσιμότητα.

## Δυνάμεις διάβρωσης

- Οριζόντια δύναμη:

$$F_D = \frac{T_0}{N}$$

Όπου,  $T_0$  είναι η δύναμη πίεσης των σταγόνων της βροχής και  $N$  ο αριθμός τεμαχιδίων του εδάφους ανά μονάδα επιφάνειας. Πάλι φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερο το  $N$ , τόσο μικρότερη η δύναμη διάβρωσης. Το  $N$  είναι μεγάλο όταν έχουμε πολλά μεγάλα και σταθερά εδαφικά συσσωματώματα.

- Υδραυλική άνωση: Είναι η δύναμη που προκαλεί την άνωση των στερεών αντικειμένων που είναι σε αιώρηση στο νερό.

Πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν μηχανισμοί αρνητικής ανάδρασης που λαμβάνουν χώρα και τείνουν να αποτρέψουν την περαιτέρω διάβρωση εκεί που έχει ήδη αρχίσει. Σε μέρη, λοιπόν, όπου η διάβρωση έχει ξεκινήσει, τα λεπτά τεμαχίδια του εδάφους που είναι και τα πιο ευπαθή θα φύγουν πρώτα, αφήνοντας πίσω τους μεγαλύτερα (κόκκους άμμου και μεγαλύτερα συσσωματώματα). Έτσι πάνω-πάνω μένει ένα προστατευτικό στρώμα μερικών χιλιοστών που προστατεύει το τα υπόλοιπα εδαφικά τεμαχίδια των υποκείμενων στρωμάτων. Βέβαια, αν η διαδικασία της διάβρωσης είναι έντονη, αυτός ο μηχανισμός προστασίας από μόνος του δεν είναι ικανός να αποτρέψει τη φθορά.

### 2.2.4 Τύποι διαβρώσεων

Η διάκριση που μπορεί να γίνει όσον αφορά τα είδη των διεργασιών διάβρωσης είναι η **αιολική** και η **υδατική**. Υπάρχει επίσης η διάβρωση που προκαλείται από τα ζώα και τις δραστηριότητες χρήσης γης, που μπορούν γενικά να περιγραφούν ως μορφές επιταχυνόμενης διάβρωσης.

Η **αιολική διάβρωση** συσχετίζεται με την ταχύτητα του ανέμου, που ασκεί μια δύναμη στο έδαφος και αποσπά τεμαχίδια ενός συγκεκριμένου μεγέθους (χονδρόκοκη ιλύς και άμμος). Όταν αυτά τα τεμαχίδια δεν συγκρατούνται ισχυρά με την παρουσία της οργανικής ουσίας, των ριζών ή της αργίλου, διαβρώνονται εύκολα. Υπάρχουν αρκετές διακριτές διεργασίες διάβρωσης σχετικές με την **υδατική διάβρωση**, οι πιο συνηθισμένες περιγράφονται στη συνέχεια.

## Τύποι υδατικής διάβρωσης

Η **διάβρωση διασποράς** είναι η αποκόλληση και η απομάκρυνση με εκτόξευση μικρών εδαφικών τεμαχιδίων, που προκαλείται από την πτώση των σταγόνων της βροχής στο έδαφος.

Η **επιφανειακή διάβρωση** ή η διάβρωση κατά στρώσεις είναι η αφαίρεση ενός σχετικά ομοιόμορφου λεπτού στρώματος εδάφους από την επιφάνεια, εξαιτίας των βροχοπτώσεων και της επιφανειακής απορροής (Εικόνα 6)

Η **αυλακωτή διάβρωση** είναι μια διεργασία διάβρωσης σε επικλινείς περιοχές, στις οποίες σχηματίζονται πολυάριθμα, συνήθως μερικών εκατοστών, αυλάκια, κυρίως στα πρόσφατα καλλιεργημένα εδάφη (Εικόνα 7).

Η **χαραδρωτική διάβρωση** είναι μια διεργασία διάβρωσης, κατά την οποία το νερό συγκεντρώνεται σε χαράδρες, απομακρύνοντας το έδαφος σε σημαντικό βάθος μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το βάθος μιας τυπικής χαραδρωτικής διάβρωσης κυμαίνεται από 0.5 μέτρα έως 25 με 30 μέτρα (Εικόνα 8). Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε συγκεκριμένες συνθήκες και τύπους πετρωμάτων. Μπορεί να διαμορφωθεί γρήγορα με την αποκοπή του εδάφους στην αρχή της διαμορφούμενης χαράδρας. Οι χαράδρες συχνά συγκεντρώνουν το νερό αποστράγγισης από τις γειτονικές περιοχές, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα ασταθείς.

Η **υπόγεια διάβρωση** εμφανίζεται σε εδάφη που είναι επιρρεπή στη δημιουργία υπόγειων διόδων νερού. Τα εδάφη αυτά είναι συνήθως πλούσια σε άργιλο, τα οποία συστέλλονται όταν ξηραίνονται και διαστέλλονται όταν υγραίνονται οι στρώσεις με έδαφος το οποίο υφίσταται διασπορά στο νερό κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων.



**Εικόνα 6.** Επιφανειακή διάβρωση από έναν αγρό σιτηρών στην Πορτογαλία, κοντά στην πόλη Mertola. Σημειώστε το γαλακτώδες χρώμα του νερού απορροής, που δείχνει ότι η άργιλος βρίσκεται σε αιώρηση.



**Εικόνα 7.** Αυλακωτή διάβρωση ως αποτέλεσμα της καλλιέργειας των εδαφών. Η απορροή και η διάβρωση εμφανίζονται λόγω της συμπίεσης και της καταστροφής της δομής του υπεδάφους. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται σε ήπιες κλίσεις, δείχνοντας ότι και σε μικρές κλίσεις υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης.



**Εικόνα 8.** Χαραδρωτική διάβρωση, δενδρικού τύπου

Για τη δημιουργία αυλακιών και χαραδρών πρέπει να ξεπεραστεί μια κρίσιμη τιμή η οποία συσχετίζεται με την ενέργεια του νερού απορροής και την αντίσταση του εδάφους στη διάβρωση. Αυλάκια και χαράδρες εμφανίζονται συχνά σε χαρακτηριστικούς τύπους υλικών. Δηλαδή εμφανίζονται συχνά σε γεωργικά εδάφη που έχουν υποστεί **συμπίεση του υπεδάφους** και το επιφανειακό έδαφος έχει μικρή συνοχή. Εμφανίζονται επίσης κατά μήκος των πρηνών δρόμων και σε **υποβαθμισμένες γαίες**. Οι χαραδρώσεις που βρίσκονται κατά μήκος των ποταμών συχνά δημιουργούνται από τη ροή του νερού, που κατατρώγει τα πρηνή ή και τον πυθμένα.

Οι **υποβαθμισμένες γαίες** είναι περιοχές όπου οι διεργασίες διάβρωσης κυριαρχούν στην επιφάνεια του εδάφους. Όλες οι διεργασίες διάβρωσης - διασπορά, επιφανειακή, αυλακωτή, χαραδρωτική και υπόγεια - καθώς επίσης και οι κατολισθήσεις είναι ιδιαίτερα

χαρακτηριστικές. Οι κατολισθήσεις παρατηρούνται εκεί όπου το έδαφος ή το μητρικό υλικό δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη της βλάστησης.

Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι χαραδρών που βρέθηκαν στη Μεσόγειο, οι οποίοι διακρίνονται ανάλογα με τα είδη των διεργασιών και των υλικών από τα οποία σχηματίστηκαν. Οι χαράδρες αναπτύσσονται κυρίως με το νεροφάγωμα, που δημιουργείται στο ανώτερο τμήμα της χαράδρας και στη συνέχεια αναπτύσσεται προς τα κατάντη. Έχουν συνήθως δενδριτική μορφή, που σχετίζεται με την αποστράγγιση του νερού σε αυτές.

Οι επιστήμονες που ασχολούνται με το αντικείμενο της διάβρωσης των εδαφών θεωρούν την υδατική διάβρωση ως συνέπεια των ακόλουθων παραγόντων:

- a) της ενέργειας της βροχής (που αυξάνεται με την ένταση των βροχοπτώσεων),
- b) της σταθερότητας των εδαφικών συσσωματωμάτων (που επηρεάζεται από την οργανική ουσία, τις χημικές διεργασίες και το μέγεθος των εδαφικών τεμαχιδίων),
- c) του βαθμού κλίσης και του μήκους των κλίσεων
- d) του είδους της βλάστησης και του ποσοστού της φυτοκάλυψης.
- e) των πρακτικών διαχείρισης της γης.

Αξιολογώντας τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη διάβρωση οι επιστήμονες ανέπτυξαν συγκεκριμένα μοντέλα πρόβλεψης των διαβρώσεων. Αυτά δείχνουν ότι ο σημαντικότερος παράγοντας είναι το έδαφος και η επιφανειακή κάλυψη με βλάστηση και πέτρες. Στις περισσότερες περιπτώσεις η φυτοκάλυψη μπορεί να ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει ελάχιστη πιθανότητα διάβρωσης.

### **2.2.5 Εμφάνιση**

Η διάβρωση του εδάφους παρατηρείται πολύ συχνά στις ξηρότερες περιοχές της Μεσογείου και είναι εύκολο να παρατηρηθεί, επειδή για μεγάλες περιόδους του έτους η βλάστηση που αναπτύσσεται εκεί είναι περιορισμένη. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές μορφές διάβρωσης, οι οποίες περιλαμβάνουν τη διάβρωση που προκαλείται από τα ποτάμια ή στα πρανή των δρόμων λόγω της εμφάνισης ψαθυρού εδαφικού υλικού, το οποίο είναι ευαίσθητο στη διάβρωση, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ταχύτατα με την επιφανειακή απορροή διάφοροι τύποι διάβρωσης (αυλακωτή χαραδρωτική, κλπ) και τελικά σε μερικές περιπτώσεις σχηματίζονται υποβαθμισμένα εδάφη (Εικόνα 9). Η διάβρωση και η αποσάθρωση των μητρικών υλικών είναι μερικώς το αποτέλεσμα των διαλυτών αλάτων και των μετάλλων που περιέχουν τα εδάφη.



**Εικόνα 9.** Έδαφος σε πρηνές δρόμου που διαβρώνεται εύκολα, μια περίπτωση υποβαθμισμένης γης

Υπάρχει επίσης η διάβρωση που εμφανίζεται όταν αλλάζει η χρήση γης και η δασική ή η φυσική βλάστηση μετατρέπεται σε γεωργική γη. Όταν συμβεί αυτή η αλλαγή, το έδαφος το οποίο διαβρώνεται εύκολα εκτίθεται στην επιφάνεια, επειδή ο προστατευτικός και πλούσιο σε οργανική ουσία επιφανειακός ορίζοντας απομακρύνεται. Με αυτή τη διεργασία τα εδάφη όχι μόνο είναι επιρρεπή στη διασπορά με τη βροχή, άλλα παράλληλα συμπιέζονται με τις μπουλντόζες και έτσι χάνουν την ικανότητα παγίδευσης και αποθήκευσης του νερού, με αποτέλεσμα να γίνονται ξηρότερα (Εικόνα 10). Τότε παρατηρείται το φαινόμενο της απόσπασης και εκτίναξης των εδαφικών τεμαχιδίων με τις σταγόνες της βροχής και στη συνέχεια εμφανίζεται η αυλακωτή ή η χαραδρωτική διάβρωση. Κατά τη διάρκεια μεγάλων θερινών καταιγίδων παρατηρείται η συγκέντρωση του νερού σε κοιλότητες, ιδιαίτερα στα εδάφη που είναι ακάλυπτα από φυτά. Η ενέργεια των σταγόνων της βροχής διασπά τα εδαφικά συσσωματώματα και δημιουργείται **κρούστα**. Η διεργασία αυτή μειώνει το ποσοστό διήθησης του νερού στο έδαφος και δημιουργούνται σταδιακά θέσεις συγκέντρωσης νερού. Όταν συγκεντρωθεί αρκετό νερό, αρχίζει η απορροή από τον αγρό και μεταφέρεται εδαφικό υλικό στα ποτάμια και δημιουργώντας πλημμύρες με μεγάλη ποσότητα λάσπης. (Εικόνες 11 και 12).





**Εικόνα 10.** Μεταβολή χρήσης γης με βαριά μηχανήματα, τα οποία προκαλούν συμπίεση και έκθεση εδαφικού υλικού στην επιφάνεια ευαίσθητο στην διάβρωση σε πρώην πορτοκαλεώνες στην Ισπανία



**Εικόνα 11.** Όταν το νερό συγκεντρωθεί στην επιφάνεια , αρχίζει η απορροή και το νερό απομακρύνεται από τον αγρό μεταφέροντας προς τα ποτάμια μεγάλες ποσότητες εδαφικών υλικών



**Εικόνα 12.** Ποταμός γεμάτος με λασπόνερα



Με την απορροή του νερού δημιουργούνται αβαθή ή βαθιά κανάλια (αυλάκια ή χαράδρες) και θέσεις, όπου το έδαφος αποτίθεται με τη διήθηση του νερού. Αυτές οι αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους, που προκαλούνται από την ενέργεια των σταγόνων της βροχής, έχουν ως αποτέλεσμα οι επόμενες βροχοπτώσεις να χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια για να προκαλέσουν το φαινόμενο της διάβρωσης. Υπάρχει έτσι μια συνεχής αρνητική επίδραση, ώστε μετά από κάθε βροχόπτωση να απαιτείται μικρότερης έντασης και ποσότητας βροχή για να προκληθεί διάβρωση. Επιπρόσθετα, όπου το, νερό και το έδαφος συσσωρεύονται, εκεί δημιουργούνται θετικές επιδράσεις βελτίωσης των εδαφικών συνθηκών. Η διάβρωση, επομένως, δημιουργεί ένα ετερογενές μωσαϊκό περιοχών, που είναι είτε πηγές είτε δεξαμενές ιζημάτων (Εικόνα 13).



**Εικόνα 13.** Ετερογενές μωσαϊκό περιοχών που είναι είτε πηγές είτε δεξαμενές ιζημάτων

Πηγή: Thongway, D.L και Hindley, N.L 2004

Η διάβρωση εμφανίζεται σε αγρούς και οπωρώνες, όταν οι πρακτικές διαχείρισης γης δεν δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες, ώστε οι βροχές να συγκρατηθούν στο σημείο που πέφτουν. Αυτό οδηγεί στην προαναφερθείσα διαμόρφωση της επιφανειακής κρούστας. Η διάβρωση των γεωργικών γαιών προκαλείται επίσης από τη μηχανική άροση, που οδηγεί σε σταδιακή μετατόπιση του εδάφους προς τα κατόντη των κλίσεων και το έδαφος γίνεται σταδιακά αβαθές. Στους ημιφυσικούς βοσκότοπους η διάβρωση εμφανίζεται όταν υπάρχει συγκέντρωση υπερβολικού αριθμού ζώων ή γίνεται υπερβόσκηση. Μετά από δασικές πυρκαγιές προκαλείται διάβρωση, ιδιαίτερα εάν οι πυρκαγιές επαναλαμβάνονται, ή όταν μετά την πυρκαγιά η βλάστηση υπόκειται σε βόσκηση ή όταν το έδαφος διαταράσσεται κατά τη διάρκεια της εξαγωγής των δένδρων ή των εργασιών δημιουργίας έργων αποκατάστασης. Στα αμμώδη εδάφη των επίπεδων περιοχών παρουσιάζεται το φαινόμενο της αιολικής διάβρωσης ενώ κατά μήκος των ποταμών, και στις όχθες των ρεμάτων διαβρώνεται το έδαφος με τις πλημμύρες. Δια μέσου των αιώνων η διάβρωση φαίνεται να εμφανίζεται ως αποτέλεσμα πολλών διαφορετικών αιτιών. Η διάβρωση με τη

μεταφορά του εδάφους από το ένα μέρος στο άλλο καθιστά μερικές περιοχές πολύ λιγότερο ευάλωτες από ότι άλλες.

### **2.2.6 Το πρόβλημα της διάβρωσης στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες**

Οι πολλές και διαφορετικές μορφές εμφάνισης της διάβρωσης απαιτούν διαφορετικές στρατηγικές και μέτρα για την αντιμετώπιση της.

#### **Πυρκαγιά και διάβρωση**

Οι σχέσεις μεταξύ της διάβρωσης, της πυρκαγιάς και της ερημοποίησης είναι παράδοξες στη Μεσόγειο. Το 1994 οργανώθηκε μια ημερίδα που ανέλυσε όλα τα μέχρι τότε αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τις πυρκαγιές. Το απροσδόκητο συμπέρασμα, το οποίο δεν έχει αναθεωρηθεί μέχρι σήμερα, ήταν ότι, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, η πυρκαγιά τείνει να βελτιώσει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατήσει το νερό και να αυξήσει τη γονιμότητά του. Μόνο όπου η θερμοκρασία του εδάφους ξεπέρασε μια κρίσιμη τιμή, περίπου 400-600°C, η διάβρωση των εδαφών αυξήθηκε πραγματικά. Τα μεσογειακά δάση και οι θάμνοι έχουν προσαρμοστεί ή μεταβάλει τις ιδιότητες των εδαφών έτσι, ώστε το νερό βρίσκεται συνήθως παγιδευμένο στο έδαφος.

Αυτές οι ιδιότητες – μεγάλο πορώδες, υδροφιλία και κατασκευές συλλογής όμβριων υδάτων - υποδηλώνουν ότι το νερό παραμένει στις επικλινείς περιοχές και δεν αναμένεται να προκαλέσει διάβρωση, εκτός αν το έδαφος είναι πολύ αβαθές ή οι παραπάνω ιδιότητες έχουν υποβαθμιστεί από τη διέλευση και συμπίεση που προκαλείται από τα ζώα. Όπου παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις, όπως κατά μήκος της Μεσογειακής ακτής στη Βαλένθια, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διάβρωσης μετά από πυρκαγιά με ισχυρή καταιγίδα, που μπορεί να συμβεί με χρόνο επανεμφάνισης κάθε δέκα έτη. Βέβαια, αν η βλάστηση αναπτυχθεί πάλι και οι εδαφικές ιδιότητες βελτιωθούν, δεν υπάρχει κανένας περαιτέρω κίνδυνος διάβρωσης σε τρία με τέσσερα χρόνια μετά την πυρκαγιά.

Εντούτοις, ακόμα και όταν παρατηρείται διάβρωση, τα εδαφικά τεμαχίδια μπορούν να συγκρατηθούν από τα αναβλαστάνοντα φυτά, με θετικά αποτελέσματα. Μετά από μια πυρκαγιά υπάρχει μικρότερη εξάτμιση νερού και οργανικής ουσίας, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία διαθέσιμα για να αναβλάστηση των φυτών.



**Εικόνα 14.** Διάβρωση μετά από πυρκαγιά στο Cocco της Ισπανίας

Εάν οι ίδιες οι πυρκαγιές δεν οδηγούν στη διάβρωση, γιατί η διάβρωση αυξάνεται συχνά μετά από μια πυρκαγιά; Η έρευνα έχει αποδείξει τρεις κύριους λόγους. Αρχικά, υπάρχει η αβεβαιότητα και ο έντονος κίνδυνος διάβρωσης των εδαφών μετά από μια πυρκαγιά. Αποτέλεσμα αυτού είναι η άμεση λήψη μέτρων προστασίας και διατήρησης των εδαφών, με διάφορες κατασκευές, τα καμένα δέντρα μεταφέρονται εκτός του δάσους και φυτεύονται δενδρύλλια, αντί να γίνεται περίφραξη του δάσους και απαγόρευση οποιασδήποτε εργασίας από τον άνθρωπο έτσι ώστε να αρχίσει η αναβλάστηση των καμένων δένδρων. Αυτές οι ενέργειες υποβαθμίζουν το έδαφος το οποίο χάνει τη φυσική του ικανότητα να ρυθμίζει τον υδρολογικό κύκλο, όχι λόγω της πυρκαγιάς αλλά λόγω της μετέπειτα διαχείρισης. Η συμπίεση μειώνει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό (και ως εκ τούτου να αποτρέπει τη διάβρωση). Μεγάλης διαβρωσιμότητας εδαφικοί ορίζοντες εκτίθενται στην επιφάνεια χωρίς καμία προστασία από βλάστηση, με αποτέλεσμα να προκαλείται διάβρωση (αυλακωτή χαραδρωτική), επειδή οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους δεν είναι ικανές να αποτρέψουν την επιφανειακή απορροή.

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο προκαλείται διάβρωση είναι ότι τα δέντρα που αναπτύσσονται στις φυτείες συχνά είναι εξωτικά και δεν έχουν αναπτύξει χαρακτηριστικά προσαρμογής στις τοπικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες.

Ο τρίτος λόγος είναι λόγω της βόσκησης μετά την πυρκαγιά. Τα πρώτα φυτά που αναπτύσσονται μετά από την πυρκαγιά είναι γενικά πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και προτιμώνται από τα πρόβατα και τις κατσίκες. Αν και συχνά υπάρχουν κανονισμοί που προστατεύουν τη βλάστηση και ιδιαίτερα τα δάση από τη βόσκηση, στην πράξη όμως γίνεται βόσκηση και το έδαφος με την ασθενή δομή κονιορτοποιείται και καθίσταται ευαίσθητο στη διάβρωση.

Οι καταστροφικές δασικές πυρκαγιές δεν προκαλούν τη διάβρωση από μόνες τους, έτσι δεν υπάρχει λόγος πανικού. Τα κύρια προβλήματα είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες μετά την πυρκαγιά, με σκοπό την εκμετάλλευση της κατάστασης που διαμορφώθηκε προς ίδιον όφελος. Η παρεμπόδιση της διάβρωσης θα μπορούσε κατά ένα μεγάλο μέρος να επιτευχθεί με την απαγόρευση κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας στις πληγείσες περιοχές δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στη φύση να αναγεννηθεί, διεργασία που διαρκεί γενικά τρία έως τέσσερα έτη.

### **Βόσκηση και διάβρωση**

Η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας είχε πάντοτε μεγάλη επίδραση στη διάβρωση του εδάφους, επειδή τα ζώα συμπιέζουν και κονιορτοποιούν το έδαφος, μετατοπίζουν τις πέτρες στις κατώτερες κλίσεις και καταναλώνουν ή καταστρέφουν τη βλάστηση που προστατεύει το έδαφος. Αλλά τα ζώα μπορούν να έχουν και θετικές επιπτώσεις στη μείωση της απορροής, παραδείγματος χάριν, με την προσθήκη των θρεπτικών ουσιών ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών. Η ακριβής κατανόηση των επιπτώσεων είναι πολύ δύσκολη, επειδή οι αλληλεπιδράσεις και οι αλληλοσυσχετίσεις των φυτών, των ζώων και της διάβρωσης εμφανίζονται σε διαστήματα δεκάδων ή ακόμα και εκατοντάδων ετών. Αναφέρεται επίσης το κάψιμο ως μέσο βελτίωσης εδωδιμης βιομάζας από τα ζώα, αλλά και οι αλλαγές στις πρακτικές διαχείρισης. Σε μερικές περιπτώσεις, η διάβρωση που παρατηρείται σήμερα σε κάποιες περιοχές που γίνεται υπερβόσκηση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της διάβρωσης που προκλήθηκε μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες έτη πριν και δεν αποδίδεται στη σημερινή παρουσία της κτηνοτροφίας.

Η έννοια της **υπερβόσκησης** είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός ζώων από την **ικανότητα της γης** να συγκρατήσει και να τροφοδοτήσει αειφορικά με χόρτο, με αποτέλεσμα την υποβάθμισή της γης. Παραδοσιακά ο αριθμός των ζώων που εκτρέφονταν από τους κτηνοτρόφους συνδεόταν πολυσύνθετα με την καταλληλότητα των λιβαδιών και τις δυνατότητες βόσκησης. Αντίθετα, σήμερα υπάρχουν επιρροές από κοινωνικές ή πολιτικές καταστάσεις που αφορούν τις χρήσεις γης και έτσι δημιουργούνται οι συνθήκες ώστε οι κτηνοτρόφοι να ρυθμίζουν το ζωικό κεφάλαιό τους κατά τρόπο που δημιουργεί μεγάλους κινδύνους διάβρωσης των εδαφών.



**Εικόνα 15.** Διάβρωση λόγω βόσκησης στη Λέσβο

Η έρευνα έχει δείξει ότι, όπου τα βοοειδή βόσκουν ελεύθερα, αποτελούν ίσως το σημαντικότερο παράγοντα διάβρωσης στον κόσμο. Ο κύριος λόγος για τη μεγάλη διάβρωση εδάφους στην περιοχή του Αλεντέκο της Πορτογαλίας είναι η βόσκηση αγελάδων στις περιοχές που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά για πρόβατα ή χοίρους. (Εικόνα 16). Η διάβρωση είναι το αποτέλεσμα του μεγάλου βάρους της αγελάδας που κονιορτοποιεί και μετατοπίζει το έδαφος προς τα κατόντη των κλίσεων.



**Εικόνα 16.** Αγελάδες στο Αλεντέκο της Πορτογαλίας, που προκαλούν διάβρωση

Η εμφάνιση των διεργασιών εδαφικής διάβρωσης που προκαλείται από τα περισσότερα βόσκοντα ζώα σχετίζεται με τον αριθμό των διελεύσεων προς τα σημεία ποτίσματος και συγκέντρωσης των ζώων, την ύπαρξη και θέση φρακτών.

Η έρευνα στο Ισραήλ έδειξε ότι τα βόσκοντα ζώα ήταν υπεύθυνα για το μεγαλύτερο ποσοστό υλικού διάβρωσης που βρέθηκε στις κατώτερες θέσεις των επικλινών περιοχών. Η διάβρωση αυτή στο Ισραήλ είχε ευεργετική επίδραση, επειδή συγκεντρώθηκε το εδαφικό υλικό στις κατώτερες θέσεις των λόφων που μπορούσαν να καλλιεργηθούν και μειώθηκε το βάθος του εδάφους στις επικλινείς επιφάνειες, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερο διαθέσιμο νερό από την απορροή για χρήση στην κοιλάδα.

Η τεράστια αύξηση στο ζωικό κεφάλαιο (ιδιαίτερα σε χοίρους, αλλά και σε πρόβατα και βοοειδή) τον τελευταίο καιρό είχε επιπτώσεις στις περιοχές όπου τρέφονται τα ζώα. Τα απόβλητα που παράγονται από τα ζώα διοχετεύονται στους ποταμούς, με αποτέλεσμα το νερό να είναι τοξικό, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, όπου η παροχή των ποταμών στη Μεσόγειο είναι μικρή. Η εφαρμογή υπερβολικής ποσότητας κοπριάς έχει οδηγήσει στην υποβάθμιση της εδαφικής δομής, έτσι ώστε πολλά εδάφη έχουν γίνει πιο ευαίσθητα στη διάβρωση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

#### 3.1 Ο ρόλος της πυρκαγιάς στο φαινόμενο της διάβρωσης

Σύμφωνα με μία ημερίδα που είχε διοργανωθεί το 1994 για την σχέση της πυρκαγιάς με την διάβρωση των εδαφών της Μεσογείου, το απροσδόκητο συμπέρασμα, το οποίο δεν έχει αναθεωρηθεί μέχρι σήμερα, ήταν ότι, εκτός από ειδικές περιπτώσεις, η πυρκαγιά τείνει να βελτιώσει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό και να αυξήσει τη γονιμότητά του. Μόνο όπου η θερμοκρασία του εδάφους ξεπέρασε μια κρίσιμη τιμή, περίπου 400-600ο C, η διάβρωση των εδαφών αυξήθηκε πραγματικά.

Τα μεσογειακά δάση και οι θάμνοι έχουν προσαρμόσει ή μεταβάλλει τις ιδιότητες των εδαφών έτσι ώστε το νερό βρίσκεται παγιδευμένο στο έδαφος. Αυτές οι ιδιότητες - μεγάλο πορώδες, υδροφιλία και κατασκευές συλλογής όμβριων υδάτων - υποδηλώνουν ότι το νερό παραμένει στις επικλινείς περιοχές και δεν αναμένεται να προκαλέσει διάβρωση, εκτός αν το έδαφος είναι πολύ αβαθές ή οι παραπάνω ιδιότητες έχουν υποβαθμιστεί από τη διέλευση των ζώων και τη συμπίεση που προκαλείται από αυτήν.

Όπου παρατηρούνται μεγάλες βροχοπτώσεις, όπως κατά μήκος της μεσογειακής ακτής στη Βαλένθια, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διάβρωσης μετά από πυρκαγιά με ισχυρή καταιγίδα, που μπορεί να συμβεί με χρόνο επανεμφάνισης κάθε δέκα (10) έτη. Βέβαια, αν η βλάστηση αναπτυχθεί πάλι και οι εδαφικές ιδιότητες βελτιωθούν, δεν υπάρχει κανένας περαιτέρω κίνδυνος διάβρωσης σε τρία (3) με τέσσερα (4) χρόνια μετά την πυρκαγιά.

Εντούτοις, ακόμα και όταν παρατηρείται διάβρωση, τα εδαφικά τεμαχίδια μπορούν να συγκρατηθούν από τα αναβλαστάνοντα φυτά με θετικά αποτελέσματα. Μετά από μία πυρκαγιά υπάρχει μικρότερη εξάτμιση νερού και οργανικής ουσίας, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία διαθέσιμα για την αναβλάστηση των φυτών. Αν και η έρευνα έδειξε τα ανωτέρω, παρατηρείται μετά από μία πυρκαγιά να υπάρχει συχνά αύξηση της διάβρωσης. Έχουν αποδειχθεί τρεις κυρίως λόγοι:

1. Λόγω της αβεβαιότητας και του έντονου κινδύνου διάβρωσης μετά από μία πυρκαγιά, γίνεται η άμεση λήψη μέτρων προστασίας και διατήρησης των εδαφών με διάφορες κατασκευές, τα καμένα δέντρα απομακρύνονται από το δάσος και φυτεύονται δενδρύλλια, αντί να γίνεται περίφραξη του δάσους και απαγόρευση οποιασδήποτε εργασίας από τον άνθρωπο, έτσι ώστε να αρχίσει η αναβλάστηση των καμένων δέντρων. Αυτές οι ενέργειες υποβαθμίζουν το έδαφος, το οποίο χάνει τη φυσική του ικανότητα να ρυθμίζει τον υδρολογικό κύκλο, όχι λόγω της

πυρκαγιάς αλλά εξαιτίας της μετέπειτα διαχείρισης. Η συμπίεση μειώνει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό και ως εκ τούτου να αποτρέπει τη διάβρωση. Μεγάλης διαβρωσιμότητας εδαφικοί ορίζοντες εκτίθενται στην επιφάνεια χωρίς καμία προστασία από βλάστηση, με αποτέλεσμα να προκαλείται διάβρωση (αυλακωτή, χαραδρωτή), επειδή οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους δεν είναι ικανές να αποτρέψουν την επιφανειακή απορροή.

2. Τα δέντρα που αναπτύσσονται στις φυτείες συχνά είναι εξωτικά και δεν έχουν αναπτύξει χαρακτηριστικά προσαρμογής στις τοπικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες.
3. Η βόσκηση μετά την πυρκαγιά. Τα πρώτα φυτά που αναπτύσσονται μετά την πυρκαγιά είναι γενικά πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και προτιμώνται από τα πρόβατα και τις κασίκες. Αν και συχνά υπάρχουν κανονισμοί που προστατεύουν τη βλάστηση και ιδιαίτερα τα δάση από τη βόσκηση, στην 26 πράξη όμως παραβλέπονται και το έδαφος με την ασθενή δομή κονιορτοποιείται και καθίσταται ευαίσθητο στη διάβρωση.

Συμπερασματικά, οι καταστροφικές δασικές πυρκαγιές δεν προκαλούν τη διάβρωση από μόνες τους κι έτσι δεν υπάρχει λόγος πανικού. Τα κύρια προβλήματα είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες μετά την πυρκαγιά, με σκοπό την εκμετάλλευση της κατάστασης που διαμορφώθηκε προς ίδιον όφελος. Η παρεμπόδιση της διάβρωσης θα μπορούσε κατά ένα μεγάλο μέρος να επιτευχθεί με την απαγόρευση κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας στις πληγείσες περιοχές δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στη φύση να αναγεννηθεί, διεργασία που διαρκεί γενικά τρία με τέσσερα χρόνια

### 3.2 Αντιδιαβρωτικά Έργα

Οι δασικές πυρκαγιές δεν είναι τωρινό φαινόμενο. Στη Μεσογειακή ζώνη πάντοτε ξεσπούσαν πυρκαγιές στα δάση, ξεσπούν και θα ξεσπούν και στο μέλλον. Τα μεσογειακά οικοσυστήματα είναι προσαρμοσμένα στις πυρκαγιές και αναγεννιούνται εύκολα μετά από αυτές. Συνεπώς το πρώτο μέλημά μας δεν είναι η «αναδάσωση» η οποία πολλές φορές με τον τρόπο που γίνεται προκαλεί μεγαλύτερη ζημιά από ό,τι η ίδια η πυρκαγιά.

Το μεγάλο πρόβλημα μετά από μια δασική πυρκαγιά και που χρειάζεται άμεση αντιμετώπιση είναι ο **κίνδυνος διάβρωσης των εδαφών** τα οποία έχουν χάσει το προστατευτικό τους κάλυμμα και οι πλημμύρες που ακολουθούν. (Ντάφης 1986)

Μετά την πυρκαγιά, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, το έδαφος δημιουργεί ένα επιφανειακό υδρόφοβο στρώμα, μια κρούστα, πάχους 5- 6mm το οποίο εμποδίζει το νερό να διηθηθεί μέσα στο έδαφος και το αναγκάζει να ρέει επιφανειακά και



να αποκτά μεγάλη ταχύτητα και συνεπώς παρασυρτική δύναμη με αποτέλεσμα να αποσπάται το έδαφος και να προκαλείται διάβρωση και ξέπλυμα του εδάφους. Επίσης ο συντελεστής απορροής δηλαδή το ποσοστό του ποσού της βροχής που πέφτει σε μια περιοχή και απορρέει επιφανειακά για δάση (της μορφής της Πάρνηθας), κυμαίνεται από 2,5-10% δηλαδή αν πέφτουν 100mm βροχής μόνο τα 2,5-10mm απορρέουν επιφανειακά. Τα άλλα συγκρατούνται από την κομοστέγη του δάσους, 30% καταναλώνονται για τις ανάγκες του 15% και το υπόλοιπο διηθείται στο έδαφος και συγκρατείται στο πλούσιο σύστημα πόρων του εδάφους. Έτσι το δασικό έδαφος δρα σαν μια τεράστια ρυθμιστική δεξαμενή που συγκρατεί τα νερά κατά τη διάρκεια των βροχών και το αποδίδει κατά την ξηρή περίοδο εφοδιάζοντας τις επιφανειακές πηγές και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Μόνο, όπως αναφέρθηκε, ένα ποσοστό 2,5-10% απορρέει επιφανειακά. (Ντάφης 1986) Μετά την πυρκαγιά αυτός ο τεράστιος φυσικός ρυθμιστικός ταμιευτήρας έχει καταστραφεί και ο κίνδυνος πλημμυρών είναι προφανής.

Γι' αυτό πριν από οποιαδήποτε αναδάσωση πρέπει να γίνουν τα κατάλληλα έργα αποτροπής της διάβρωσης και συγκράτησης των επιφανειακών ρεόντων υδάτων. Τα έργα αυτά είναι απλά και όχι ιδιαίτερα δαπανηρά.

Στην Ελλάδα οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα διαρκές και συνεχώς επιδεινούμενο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Αυτό συμβαίνει κυρίως εξαιτίας του μεσογειακού κλίματος με το ξηρό και θερμό καλοκαίρι (Δημητρακόπουλος 2009). Η δασική βλάστηση, κάθε είδους και μορφής, παρεμβάλλεται μεταξύ των κατακρημνισμάτων και του γεωλογικού υποθέματος και ασκεί την μέγιστη υδρολογική και προστατευτική επίδραση (Στεφανίδης 1991).

Η καταστροφή του προστατευτικού μανδύα της βλάστησης έχει σαν συνέπεια την αύξηση των πλημμυρών και της διάβρωσης στις πυρόπληκτες περιοχές για το λόγο ότι οι σταγόνες της βροχής δεν αναχαιτίζονται πλέον από την προστατευτική ασπίδα της βλάστησης, προσκρούουν με δύναμη πάνω στο έδαφος, το οποίο διαμέσου των ρευμάτων το μεταφέρουν και το αποθέτουν στις πεδινές περιοχές.

Εκτός από την σημαντική καταστροφή που προκαλούν οι δασικές πυρκαγιές στον προστατευτικό μανδύα της βλάστησης, επηρεάζουν την δομή καθώς και τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του επιφανειακού στρώματος του εδάφους μετατρέποντας το σε υδρόφοβο και προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο αυξημένο κίνδυνο διάβρωσης (Martinezetal., 2009). Επιπλέον σε πυρόπληκτες περιοχές, η απώλεια του εδάφους αποτρέπει την φυσική αναγέννηση και την διήθηση του νερού αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας (Foxetal. 2006). Οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών εκτός από

περιβαλλοντικές είναι και οικονομικές καθώς επηρεάζουν τις γεωργικές δραστηριότητες αλλά και τις υποδομές.

### **Παραδείγματα επιταχυνόμενης διάβρωσης μετά από δασικές πυρκαγιές**

Στην περιοχή της Σιθωνίας του Ν. Χαλκιδικής μετά την πυρκαγιά στις 15 Αυγούστου 1985 παρατηρήθηκε αυξανόμενη εδαφική διάβρωση. Συγκεκριμένα μετά από μετρήσεις υπολογίστηκε ότι το πάχος του αποκομισμένου εδάφους κυμάνθηκε απ 1,60cm μέχρι 4,81cm (Καϊκής κ.α. 1986).

Οι Στεφανίδης και Κωτούλας (1992) αναφέρουν πως μετά την πυρκαγιά στις 11 Νοεμβρίου του 1989 στη Νήσο Θάσου, στην λεκάνη απορροής του χείμαρρου Καλλιράχη ( $F=8,18\text{km}^2$ ) στην περιοχή απόθεσης, συγκεντρώθηκαν 90000 m<sup>3</sup> έπειτα από ραγδαία βροχόπτωση. Εάν αναγάγουμε αυτήν την ποσότητα φερτών υλών στην λεκάνη απορροής που τα παρήγαγε, υπολογίζεται ότι η υποβάθμιση από την συγκεκριμένη βροχόπτωση ανέρχεται σε 7,7mm/km<sup>2</sup>. Στην ίδια εργασία υπολογίστηκε ότι μετά από πυρκαγιά που ξέσπασε στη Χερσόνησο της Κασσάνδρας το 1990 είχαμε μία ραγδαία βροχόπτωση στην περιοχή (212mm/30h). Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να συγκεντρωθούν 213000m<sup>3</sup> φερτών υλών από τη λεκάνη απορροής του χείμαρρου της Φούρκας ( $F=31,62\text{km}^2$ ) και 11300m<sup>3</sup> από τη λεκάνη απορροής του χείμαρρου Αιγαίου ( $F=2,04\text{ km}^2$ ). Η υποβάθμιση που προκλήθηκε από την βροχόπτωση αυτή ήταν για τη λεκάνη απορροής του χείμαρρου της Φούρκας 4,7mm/km και για την λεκάνη απορροής του χείμαρρου Αιγαίο 3,9mm/km<sup>2</sup>.

Στο περαστικό δάσος της Θεσσαλονίκης (Σείχ-Σου) η πυρκαγιά στις 6 Ιουλίου του 1997 κατάστρεψε το 63% της δασικής βλάστησης. Οι Stefanidis et. al (2002) εγκατέστησαν 104 πειραματικές επιφάνειες για να υπολογίσουν την επιφανειακή διάβρωση μετά την πυρκαγιά. Από τα στοιχεία αυτής της εργασίας προκύπτει ότι η υποβάθμιση των πρώτο χρόνο ήταν 0,105mm/year ενώ τον δεύτερο χρόνο 1,357 mm/year. Η σημαντική αυτή διαφορά οφείλεται στο ότι τον δεύτερο χρόνο είχαμε σημαντικότερες βροχοπτώσεις.

Στην περιοχή της Χερσονήσου της Κασσάνδρας ξέσπασε πυρκαγιά τον Αύγουστο του 2006. Οι Mallinis et. al (2009) χρησιμοποιώντας την μέθοδο πρόβλεψης της διάβρωσης του Gavrilovic και δορυφορικές εικόνες υπολόγισαν ότι ενώ η ποσότητα των φερτών υλών που αποκομίζονταν από τις λεκάνες απορροής πριν τη πυρκαγιά κυμαίνονταν από 802,79-2745,20 m<sup>3</sup>/year, μετά την πυρκαγιά ήταν 1987,72-3834 m<sup>3</sup>/year. Για την ίδια περιοχή οι Myronidis et. al (2010) χρησιμοποιώντας την παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας (USLE) αλλά και από μετρήσεις τις ποσότητας των εδαφών που συγκρατήθηκαν από τα αντιδιαβρωτικά έργα που έγιναν στη περιοχή υπολόγισαν ότι το

δυναμικό διάβρωσης πριν την πυρκαγιά ήταν 2,8 t/ha/year, μετά την πυρκαγιά 29,5 t/ha/year και μετά την κατασκευή των αντιδιαβρωτικών έργων 21,3 t/ha/year.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω παραδείγματα υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για επιταχυνόμενη διάβρωση μετά από δασικές πυρκαγιές. Για τον λόγο αυτό ο κύριος στόχος μας μετά την πυρκαγιά είναι η συγκράτηση των πολύτιμων δασικών εδαφών και στη συνέχεια η επανεγκατάσταση της βλάστησης στα εδάφη αυτά.

### **Άμεσα αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα**

Τα αντιδιαβρωτικά έργα που εκτελούνται είναι δύο κατηγοριών (Τουρλακίδης 1997, Καλλίρης 1998):

Η πρώτη κατηγορία αφορά έργα με βασική ύλη το ξύλο και το κλαδόξυλο των απονεκρωθέντων δένδρων που υλοτομήθηκαν (ρόγγιασμα - κλαδοσωροίκορμοδέματα και ξυλοφράγματα). Η διάρκεια ζωής αυτών των έργων είναι από 3-5 έτη. Μετά την πάροδο των οποίων θα αυτοκαταστραφούν (σαπίσουν) αφού ήδη επιτελέσουν τον σκοπό τους.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά την βαθειά αυλάκωση των εδαφών με κλίση μικρότερη του 30 % με χωματουργικά μηχανήματα στα ενδιάμεσα των παραπάνω έργων, με στόχο την αύξηση της διαπερατότητας και τη συγκράτηση του επιφανειακά απορρέοντος νερού, υλικών κλπ.

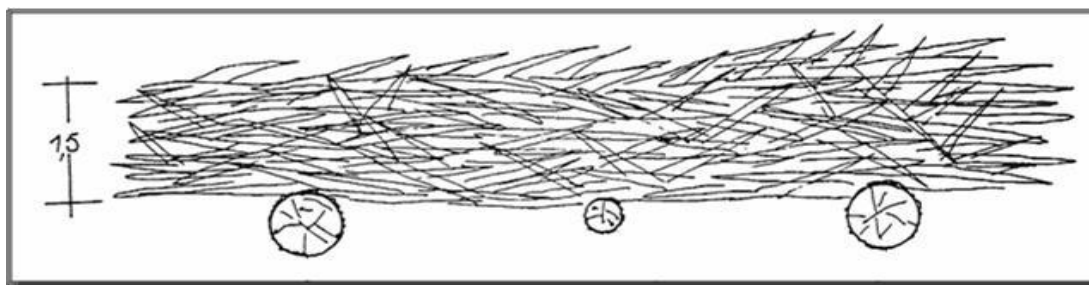
#### **3.2.1 Ρόγγιασμα - Κλαδοσωροί**

Συγκέντρωση υπολειμμάτων υλοτομιών σε γραμμές (Ρόγγιασμα-κλαδοσωροί) . Όλα τα υπολείμματα του κλαδόξυλου της υλοτομίας θα πρέπει να συγκεντρώνονται κατά τις ισοϋψείς σε γραμμές ύψους 0,70 μ. και πλάτους 1,0 - 1,5 μ.



**Εικόνα 17.** Ρόγγιασμα(κλαδοσωροί) -πρόσοψη από κατάντη

Αυτά θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 10 μ. και να απαντώνται σε εδάφη μικρών κλίσεων (0-30%).



**Εικόνα 18.** Ρόγγιασμα(κλαδοσωροί) -κάτοψη από ανάντη

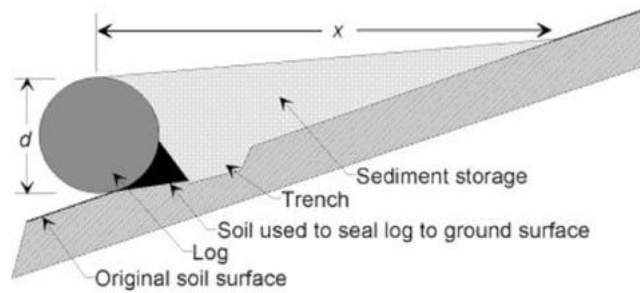
### 3.2.2 Αυλάκωση

Η καθαρή επιφάνεια μεταξύ των γραμμών των κλαδοδεμάτων θα πρέπει να (ρόγγιασμα) αυλακωθεί - αναμοχλευτεί, σε εδάφη με κλίσεις 0-30%, κατά την έννοια των ισοϋψών καμπυλών, με προωθητήρες μεγάλης ιπποδύναμης (D8) ώστε να δημιουργηθούν 4 αύλακες ή και λιγότεροι, ανάλογα με την ιδιομορφία του εδάφους, που απέχουν μεταξύ τους περίπου 2,0 - 2,5 μ. Το βάθος αυλάκωσης-αναμόχλευσης να είναι τουλάχιστον 0,70 μ. (βαθεία αυλάκωση) και το αποτέλεσμα είναι ένας επιφανειακός αύλακας αντεστραμμένου ισόπλευρου τριγώνου πλευρών 0,35X0,35X0,35 και ύψους 0,30.

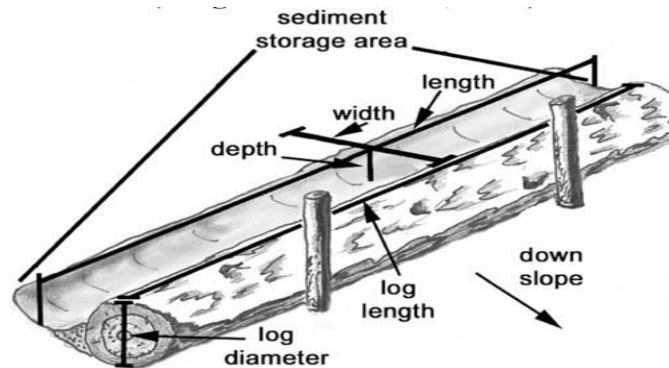
### 3.2.3 Μπάρες Αντιδιάβρωσης ή Κορμοδέματα, Κλαδοδέματα, Ξυλοφράκτες

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. εικόνες 19, 20 και 21). 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. 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 (Robichaudetal, 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.

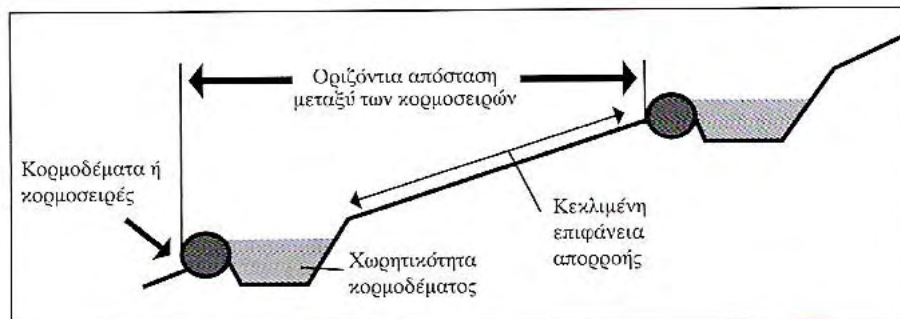


**Εικόνα 19.** Αναπαράσταση λειτουργίας κορμοδεμάτων. Φαίνεται η διατομή του κορμού (log), διαμέτρου  $d$  και η χωρητικότητά τους (sedimentstorage)



**Εικόνα 20.** Προοπτικό σχέδιο κορμοδεμάτων, όπου φαίνονται γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κορμού (log) και της περιοχής συγκράτησης φερτών (sedimentstoragearea)

Πηγή: Robichaud et al., 2008



**Εικόνα 21.** 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. Πηγή: 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.

#### Κλαδοδέματα - Ξυλοφράκτες

Αποτελούν και αυτά πρώτο βαθμό παρέμβασης και έχουν σαν στόχο τη συγκράτηση του επιφανειακού εδάφους και τη μείωση των πιθανών χειμαρικών φαινομένων.

Τα κλαδοδέματα κατασκευάζονται από υλικά που προέρχονται από τα κλαδόξυλα των υλοτομηθέντων δέντρων και θάμνων.

Οι ξυλοφράκτες κατασκευάζονται από τα υπολείμματα των υλοτομιών. Είναι μικρού ύψους ξυλοφράκτες κατά μήκος των ισοϋψών και στηρίζονται σε πασσάλους ξύλου διαμέτρου 5 – 10 cm.

#### Κλαδοπλέγματα

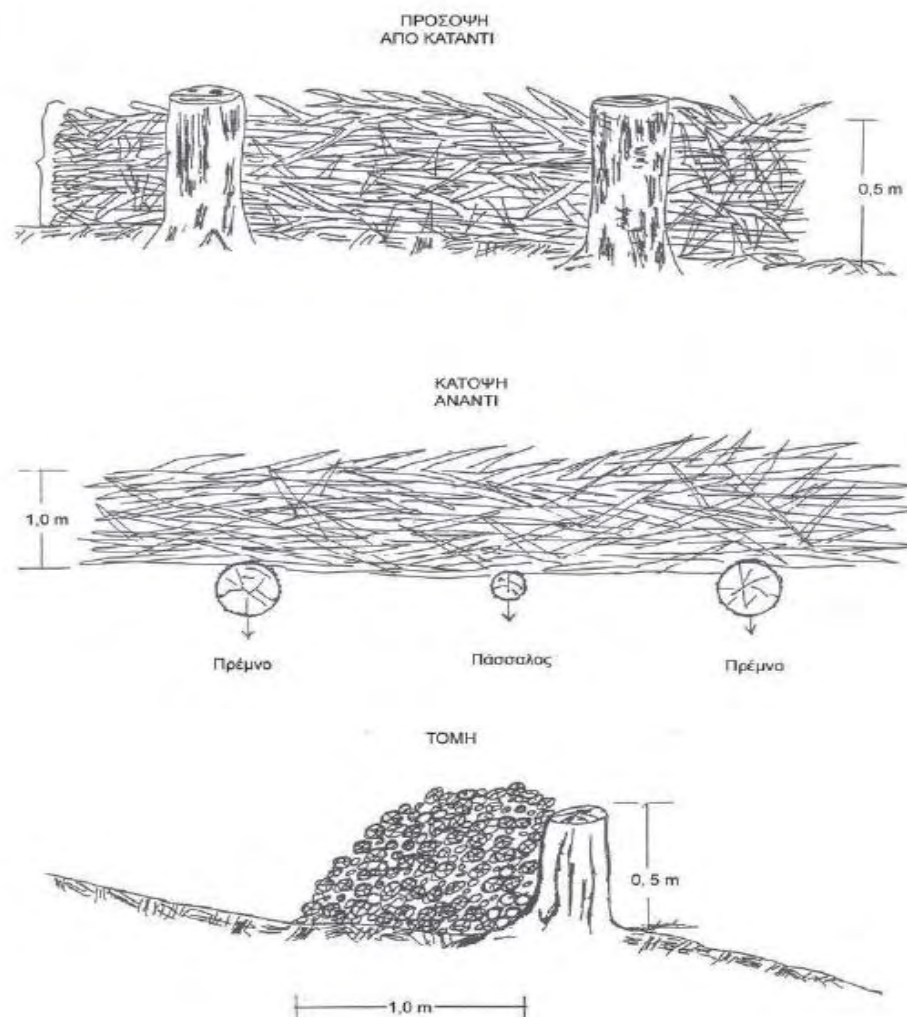
Αποτελείται από πασσάλους και ζωντανά κλαδιά διαφόρων φυτών, τα οποία φυτεύονται για να αποτελέσουν ζωντανό φράκτη προστασίας της διάβρωσης του εδάφους. (ΕΛΟΤ, 2009)

- **Πάσσαλοι:** Οι πάσσαλοι είναι από ξύλο καστανιάς ή από άλλο σκληρό και ανθεκτικό ξύλο. Έχουν διάμετρο 4 - 5 cm.
- **Βλαστοί λυγαριάς ή ιτιάς ή μοσχοϊτιάς ή κρانيάς:** Οι βλαστοί, που θα τυλιχθούν γύρω από τους πασσάλους, είναι από λυγαριά ή ιτιά ή μοσχοϊτιά ή κρانيά, με μήκος 1,50 - 2,00 m.
- **Σύρμα :** Το σύρμα για την πρόσδεση και στερέωση των βλαστών ή/και των πασσάλων έχει πάχος 1 -2 mm και είναι γαλβανισμένο.
- **Καρφοβελόνες :** Οι καρφοβελόνες έχουν μήκος ανάλογο του πάχους των ράβδων, ώστε να εξασφαλίζεται ασφαλής στερέωση.

#### Κλαδοδέματα

Υλοτομούνται όλα τα νεκρά δέντρα της επιφάνειας, διαμορφώνεται το χρήσιμο ξύλο, το οποίο και μετατοπίζεται ή μεταφέρεται στον πλησιέστερο δασικό δρόμο. Το κλαδόξυλοδιαμορφώνεται, ώστε τοποθετούμενο κατά τις ισοϋψείς να αποτελεί συνεχόμενη γραμμή (ρόγγιασμα). Η έναρξη κατασκευής των σειρών υπολειμμάτων γίνεται από το πάνω τμήμα της επιφάνειας και προς τα κάτω . Χρησιμοποιούνται όλοι οι κλάδοι μέχρι τους λεπτότερους, που μπορούν να συγκεντρωθούν. Οι χοντρότεροι και μακρύτεροι κλάδοι τοποθετούνται πάνω από τους λεπτότερους, ώστε λόγω βάρους να συγκρατούν το

κλαδόδεμα. Η κάθε γραμμή υπολειμμάτων διακόπτεται ανά 15 m κατά 1-2 m, για τη διέλευση της άγριας πανίδας, όμως υπάρχει επικάλυψη από την αμέσως επόμενη χαμηλότερα, ώστε να μην υπάρχουν κενά. Τυχόν διακοπή μιας γραμμής λόγω εμποδίων ή άλλης αιτίας πρέπει να επικαλύπτεται από την αμέσως επόμενη. Στις μικροχαραδρώσεις συνεχίζεται η κατασκευή των κλαδοδεμάτων, με τη διαφορά ότι αυτά μπορούν να είναι ψηλότερα μέχρι και 1 m, όπου τοποθετούνται και τα υπολείμματα διαμόρφωσης των κορμών άχρηστα για οποιαδήποτε άλλη χρήση. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 10 m στις κλίσεις 0-40%. Στις κλίσεις πάνω από 40% τα υπολείμματα διαμορφώνονται και αφήνονται επί τόπου, διασκορπισμένα ομοιογενώς σε όλη την επιφάνεια για αντιδιαβρωτικούς λόγους. (ΕΛΟΤ, 2009)



**Εικόνα 22.** Σχεδιάγραμμα κλαδοδεμάτων

Πηγή: ΕΛΟΤ, 2009

### Ξυλοφράκτες

Το έργο κατασκευάζεται με τα υπολείμματα των υλοτομιών που προέρχονται από νεκρά

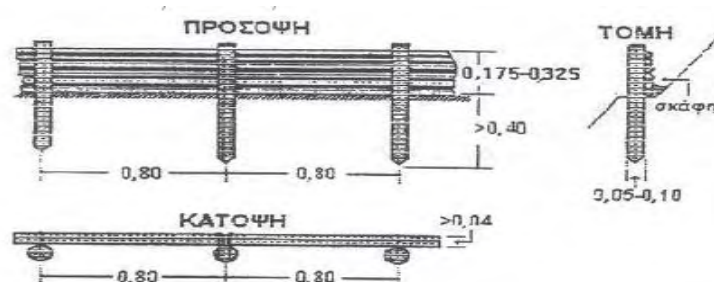
δέντρα, νεκρά τμήματα θάμνων ή ξύλα εμπορίου.

Το ύψος της κατασκευής πάνω από την επιφάνεια του εδάφους κυμαίνεται από 17,5 έως 32,5 cm. Με βάση το ύψος οι ξυλοφράκτες διακρίνονται σε τρεις (3) τύπους:

1. Χαμηλός τύπος: Έχει μέσο ύψος 20 cm ( $\Upsilon\chi=20$  cm) και το ύψος κυμαίνεται από 17,5 μέχρι 22,5 cm.
2. Μεσαίος τύπος: Έχει μέσο ύψος 25 cm ( $\Upsilon\mu=25$  cm) και το ύψος κυμαίνεται από 22,5 μέχρι 27,5 cm.
3. Ψηλός τύπος: Έχει μέσο ύψος 27,5 cm ( $\Upsilon\psi=27,5$  cm) και το ύψος κυμαίνεται από 27,5 μέχρι 32,5 cm.

### Διαδικασία εκτέλεσης

- Επιλέγεται ο ακριβής χώρος που θα τοποθετηθούν οι ξυλοφράκτες και χαράσσεται η γραμμή τους επί του εδάφους.
- Επιλέγονται τα υπολείμματα που είναι κατάλληλα για το στήσιμο της κατασκευής και υπολογίζεται το πλήθος των απαιτούμενων υπολειμμάτων για την κατασκευή ή γίνεται προμήθεια των απαιτούμενων ξύλων εμπορίου. Δημιουργείται οριζόντια βαθμίδα μικρού πλάτους.
- Στη συνέχεια οι πάσσαλοι μπήγονται κατακόρυφα στο έδαφος, μέχρι να στερεωθούν καλά σε βάθος τουλάχιστον 0,40 m. Σε περίπτωση που υπάρχει δυσκολία στην έμπηξη των πασσάλων, ανοίγεται οπή με σιδηρολοστό και κατόπιν τοποθετείται ο πάσσαλος. Οι πάσσαλοι έχουν διάμετρο 5-10 cm και απέχουν μεταξύ τους από 0,80 έως 1,00 m
- Οι οριζόντιες ράβδοι έχουν διάμετρο 4 cm και στερεώνονται στους πασσάλους με καρφοβελόνες ή προσδένονται με σύρμα. Η διαμόρφωση των ράβδων και η στερέωση τους γίνεται έτσι ώστε να εφάπτονται μεταξύ τους και να μην υπάρχουν κενά μεγαλύτερα από 0,5 cm.
- Όταν το μήκος των ράβδων είναι μικρότερο του μήκους του φράκτη, η ένωση κατά μήκος των ράβδων γίνεται σε υπάρχοντα ή και πρόσθετο πάσσαλο.
- Το μήκος της κατασκευής είναι τόσο, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του πρανούς από τη διάβρωση και διακόπτεται κάθε 5 m, ώστε να μην συμπαρασύρεται όλη η κατασκευή σε πιθανή κατολίσθηση.



Εικόνα 23. Σχεδιάγραμμα ξυλοφρακτών. Πηγή: ΕΛΟΤ, 2009



### Κλαδοπλέγματα

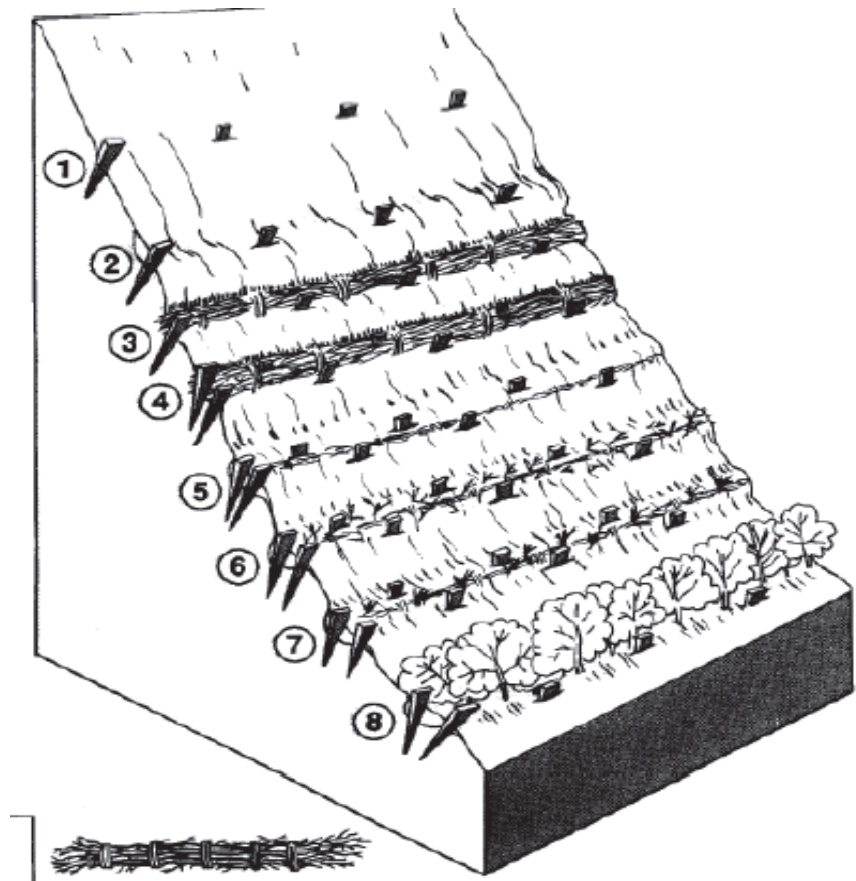
Επιλέγεται ο ακριβής χώρος που θα τοποθετηθούν τα κλαδοπλέγματα και χαράσσεται η γραμμή τους επί του εδάφους. Καθαρίζονται τα υπολείμματα από τη γραμμή τοποθέτησης και αναμοχλεύεται το έδαφος με τσάπα, έτσι ώστε να είναι μαλακό και να επιδέχεται φύτευση. Στη συνέχεια οι ξύλινοι πάσσαλοι μπηγόνται στο έδαφος κατακόρυφα και σε βάθος τουλάχιστον 0,40 m. Σε περίπτωση που το έδαφος είναι σκληρό και δεν μπορούν να μπηχθούν καλά οι πάσσαλοι προηγείται διάνοιξη οπών με σιδηρολοστό. Καρφώνονται οι οριζόντιοι πάσσαλοι. (ΕΛΟΤ, 2009)

Όταν το μήκος του πασσάλου είναι μικρότερο από το μήκος του κλαδοπλέγματος, τότε προστίθεται συμπληρωματικός πάσσαλος και η ένωση κατά μήκος των πασσάλων γίνεται σε κάθετο πάσσαλο υπάρχοντα ή και πρόσθετο. Μεταξύ των κάθετων πασσάλων ανοίγεται μικρό αυλάκι, στο οποίο “φυτεύονται” οι βλαστοί ανά 15-20 cm, σε βάθος 10 cm. Το υπόλοιπο τμήμα κάθε βλαστού πλέκεται εναλλάξ στους κάθετους πασσάλους, προς την ίδια κατεύθυνση. Το έδαφος στην ανάντη πλευρά διαμορφώνεται σε μορφή αυλακιού, ώστε η μία πλευρά του να καλύπτει πλευρικά το κλαδοπλέγμα μέχρι τα 2/3 του ύψους του. Σε περίπτωση μη πλήρους επαφής με το έδαφος (κενά μεταξύ των βλαστών και του εδάφους), τα κενά συμπληρώνονται με πέτρες ή κλαδιά και συμπληρώνονται με έδαφος που προκύπτει από τη διαμόρφωση της αυλακιάς. Με την τεχνική αυτή συγκρατείται το λεπτό εδαφικό υλικό.

Όταν το συνολικό μήκος του κλαδοπλέγματος είναι μεγάλο, τότε διακόπτεται κάθε 5 m, με την τοποθέτηση ενός κάθετα τοποθετημένου κορμού μήκους 1 m, ο οποίος στο σημείο επαφής καλύπτεται αμφίπλευρα με χώμα και άλλα υλικά διακοπής της ροής. Συνεπώς κάθε τμήμα κλαδοπλέγματος θα έχει αυλάκι μήκους 5 m, πρακτική που εξασφαλίζει σε περίπτωση κατολίσθησης ενός τμήματος να μην συμπαρασυρθεί όλη η γραμμή κλαδοπλέγματος.

Το τέλος κάθε γραμμής κλείνεται επιμελώς με πέτρες και ξύλα, ώστε να μην υπάρξει διαρροή εδαφοϋλικών ή στην περίπτωση που υπάρξει διαρροή σε ένα χώρισμα να μη διαρρεύσουν και τα υλικά των άλλων χωρισμάτων.

Τυχόν διακοπή μιας γραμμής λόγω εμποδίων ή άλλης αιτίας πρέπει να επικαλύπτεται από την αμέσως επόμενη. Στις μικροχαραδρώσεις, όπου διακόπτεται η συνέχεια των γραμμών πέραν του κλεισίματος των άκρων τους, θα συνεχίζεται η κατασκευή κλαδοδεμάτων μέσα στη χαράδρωση μέχρι το επόμενο άκρο των κλαδοπλεγμάτων. (ΕΛΟΤ, 2009)



**Εικόνα 24.** Σχεδιάγραμμα κλαδοδεμάτων (3-4) και κλαδοπλεγμάτων (5-8)

Πηγή: ΕΛΟΤ, 2009

### **Τρόπος επιμέτρησης εργασίας**

Η επιμέτρηση αναφέρεται στον προσδιορισμό των τρεχόντων μέτρων έτοιμου κορμοδέματος, κορμοπλέγματος, κλαδοδέματος ή κλαδοπλέγματος. Προσμετράτε το οριζόντιο μήκος του χωρίς την επικάλυψη των κορμών, των κορμοπλεγμάτων, κλαδοδεμάτων ή κλαδοπλεγμάτων. (ΕΛΟΤ, 2009)

Η εργασία για τα κορμοδέματα, κορμοπλέγματα και κλαδοδέματα περιλαμβάνει:

- Την προμήθεια, διαμόρφωση και μεταφορά στον τόπο του έργου των αναγκαίων για την κατασκευή πασσάλων.
- Την υλοτόμηση, διαμόρφωση και μεταφορά στον τόπο του έργου των αναγκαίων για την κατασκευή κορμών, βλαστών ή κλαδόξυλων.
- Την προμήθεια και μεταφορά των καρφοβελών και του σύρματος.
- Την επιλογή της θέσης του έργου και τη χάραξη των γραμμών.
- Τη διαμόρφωση του εδάφους στη γραμμή τοποθέτησης.
- Το δέσιμο και την κατασκευή των κορμοδεμάτων.
- Την τοποθέτηση των κορμών, λοιπών υλικών και τη στερέωσή τους.
- Το κλείσιμο των κενών, σχισμών, οπών και τη δημιουργία του αυλακιού.

- Το κλείσιμο του τέλους των γραμμών και την κατασκευή των χωρισμάτων.

Η εργασία για τα κλαδοπλέγματα περιλαμβάνει:

- Την προμήθεια, διαμόρφωση και μεταφορά στον τόπο του έργου των αναγκαίων για την κατασκευή πασσάλων.
- Την υλοτόμηση, διαμόρφωση και μεταφορά στον τόπο του έργου των αναγκαίων για την κατασκευή βλαστών.
- Την προμήθεια και μεταφορά των καρφοβελών και του σύρματος.
- Την επιλογή της θέσης του έργου και τη χάραξη των γραμμών.
- Τη διαμόρφωση του εδάφους στη γραμμή τοποθέτησης.
- Το στερέωμα (κάρφωμα) των οριζόντιων πασσάλων στους κάθετους πασσάλους.
- Την έμπηξη (φύτευση) και πλέξιμο των βλαστών.
- Το κλείσιμο των κενών, σχισμών, οπών και τη δημιουργία του αυλακιού.
- Το κλείσιμο του τέλους των γραμμών και την κατασκευή των χωρισμάτων.

### Ξυλοφράκτες

- Η επιμέτρηση αναφέρεται στον προσδιορισμό της κατακόρυφης επιφάνειας του σε τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ). Προσμετράτε η κάθετη επιφάνεια των οριζόντιων ράβδων πολλαπλασιάζοντας το μήκος κατασκευής με ύψος αυτής.
- Εργασία περιλαμβάνει τις εργασίες που αναφέρονται παραπάνω με τις εξής τροποποιήσεις:
- Την επιλογή της θέσης του έργου και τη χάραξη των γραμμών.
- Τη διαμόρφωση του εδάφους στη γραμμή τοποθέτησης και την κατασκευή μικρού πλάτους βαθμίδας.
- Την προμήθεια, διαμόρφωση και μεταφορά στον τόπο του έργου των αναγκαίων για την κατασκευή πασσάλων και ράβδων.
- Την προμήθεια και μεταφορά των καρφοβελών και του σύρματος.
- Την έμπηξη των πασσάλων στο έδαφος.
- Το στερέωμα (κάρφωμα) των ράβδων στους πασσάλους.
- Το κλείσιμο των κενών, σχισμών, οπών και τη δημιουργία του αυλακιού.
- Το κλείσιμο του τέλους των γραμμών και την κατασκευή των χωρισμάτων.

Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε δύο πράγματα από το ένα μέρος αποτρέπουμε τη διάβρωση του εδάφους μειώνοντας την ταχύτητα του νερού και εμποδίζουμε την επιφανειακή απορροή ενώ παράλληλα με την υλοτομία και τη σύρση των κορμών σπάει το υδρόφοβο στρώμα (η αδιάβροχη κρούστα) και το νερό διηθείται μέσα στο έδαφος. Από το άλλο μέρος οι κορμοί αυτοί που έρχονται σε επαφή με το έδαφος σαπίζουν πολύ γρήγορα και αποσυντίθενται εμπλουτίζοντας το έδαφος με την πολύτιμη οργανική ουσία

απαραίτητα για τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Όλα αυτά πρέπει να έχουν τελειώσει πριν αρχίσουν τα πρωτοβρόχια το φθινόπωρο.

### 3.3 Παράδειγμα και Αξιολόγηση Των Μέτρων

#### 3.3.1 Αποτελεσματικότητα των άμεσων αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων σε διάφορες περιοχές όπου εκτελέστηκαν.

Σε ότι αφορά την αυλάκωση των εδαφών ο Καλλίρης (1998) αναφέρει πως στην περιοχή της Κορίνθου στις επιφάνειες που αυλακώθηκαν είχαμε πολύ καλύτερη εξέλιξη της φυσικής αναγέννησης. Στην περιοχή του περιαστικού δάσους Θεσσαλονίκης (Σέιχ- Σου), η αυλάκωση των εδαφών λειτούργησε ικανοποιητικά για το ύψος των βροχοπτώσεων της περιόδου λειτουργίας τους. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις αυλακώθηκαν και επιφάνειες με ημιβραχώδη ή σκληρά εδάφη όπου η αυλάκωση τέτοιων επιφανειών επιφέρει αντίθετα από τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Στεφανίδης κ.α 1999).

Οι κλαδοσωροί και τα κορμοδέματα πρέπει να έχουν πλήρη συνάφεια με το έδαφος και όχι απλώς να τοποθετούνται κατά τις ισοϋψείς. Επίσης θα πρέπει στα κατάντη να υπάρχουν στηρικτικά πρέμνα.



**Εικόνα 25.** Κατασκευή κορμοδεμάτων στη στην Νήσο Ρόδο

Για την αποκατάσταση των πυρόπληκτων περιοχών πρέπει να εφαρμόζεται συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων, καθώς τα κορμοδέματα μπορούν να κατασκευαστούν και σε περιοχές με μεγαλύτερες κλίσεις όπου δεν είναι δυνατό να κατασκευασθούν ξύλινα φράγματα.

Στην Χερσόνησο της Κασσάνδρας παρατηρήθηκε ότι οι κλαδοσωροί τοποθετήθηκαν όχι μόνο στις πλαγιές αλλά και κάθετα μέσα στα χειμαρρικά ρέματα γεγονός που αντί να



επιλύει επιτείνει το πρόβλημα. Επίσης τα έργα καθυστέρησαν σημαντικά να κατασκευασθούν (Καλινδέρηςκ.α 2007). Τα ξυλοφράγματα κατασκευάζονται για την άμεση προστασία των πυρόπληκτων περιοχών. Στη παρακάτω εικόνα 3 διακρίνεται η ποσότητα των υλικών που συγκρατήθηκαν από ξυλόφραγμα στην Πελοπόννησο.



**Εικόνα 26.** Υλικά που συγκρατήθηκαν από ξυλόφραγμα στην Πελοπόννησο

Εάν δεν είχε κατασκευαστεί το φράγμα η ποσότητα του εδάφους θα είχε μετακινηθεί και αποτεθεί στις πεδινές περιοχές δημιουργώντας προβλήματα



**Εικόνα 27.** Ξυλοφράγματα στην περιοχή της Κασσάνδρας με "ποδιά" απόσυρματόπλεχτα κιβώτια (σαραζανέτ)

Επισημάναμε παραπάνω ότι τα ξυλοφράγματα έχουν διάρκεια ζωής 3-5 έτη. Στο Σείχ-Σού παρατηρήσαμε ότι ακόμη και σήμερα δεν έχουν αποσυντεθεί και προσφέρουν προστασία. Τα αντιδιαβρωτικά έργα όπως τα κορμοδέματα, κλαδοσωροί και ξυλοφράγματα προσφέρουν άμεση αντιδιαβρωτική προστασία. Για την πλήρη αντιπλημμυρική και αντιδιαβρωτική θωράκιση των πυρόπληκτων περιοχών θα πρέπει ύστερα από την κατασκευή αυτών των έργων να εκπονείται οριστική μελέτη διευθέτησης για κάθε ένα από

τα χειμαρρικά ρεύματα που διαυλακώνουν την εκάστοτε περιοχή με βάση το δασοτεχνικό σύστημα διευθέτησης. Τα έργα αυτά έγιναν μόνο στην περιοχή του Σείχ-Σου όπου μετά την κατασκευή των αντιδιαβρωτικών έργων έγιναν μελέτες διευθέτησης των χειμάρρων και κατασκευάστηκαν συνολικά 108 φράγματα.

### 3.3.2 Αρχαία Ολυμπία μετά την πυρκαγιά της 26ης Αυγούστου 2007



**Εικόνα 28.** Μετά τις βροχές του φθινόπωρου αρχίζει και το ξαναπρασίνισμα των

Οι επιπτώσεις στην αρχαία Ολυμπία ήταν ιδιαίτερα σοβαρές στη δασική βλάστηση και στα εδάφη, αφού στους λόφους της η βλάστηση κάηκε σε ποσοστό 80- 100%. Στον Κρόνιο λόφο για παράδειγμα, ο οποίος επί χιλιάδες χρόνια είναι το σύμβολο της προσπάθειας για ειρηνική συνύπαρξη της ανθρωπότητας, η βλάστηση κάηκε σε ποσοστό 95 - 98%. Ιδιαίτερα έντονα είναι τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στο ψηλότερο μέρος των λόφων και κυρίως στις κορυφές τους. Εκεί κάηκε ολοσχερώς τόσο η βλάστηση (δενδρώδης, θαμνώδης, ποώδης) όσο και η δασική φυλλάδα στην επιφάνεια του εδάφους και η οργανική ουσία μέσα σ' αυτό. Η εντονότατη αυτή καύση της βλάστησης στις κορυφές των λόφων, μπορεί να αποδοθεί στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν εκεί από την ανοδική κίνηση του θερμού αέρα κατά μήκος των πλαγιών τους στη διάρκεια εκδήλωσης της πυρκαγιάς (εκδήλωση φαινομένου καμινάδας).

Οι σοβαρότατες επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη δασική βλάστηση επηρέασαν δυστυχώς αρνητικά και το έδαφος της περιοχής και το κατέστησαν ευάλωτο στη διάβρωση από τη βροχή. Σ' αυτό συνέβαλαν πολλοί παράγοντες που άλλαξαν τις φυσικές και υδρολογικές του ιδιότητες. Εκτός αυτού, ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους αυξήθηκε ακόμα περισσότερο και εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων των πλαγιών των λόφων στον αρχαιολογικό χώρο (πολλές πλαγιές έχουν κλίση 70-110%), της μεγάλης περιεκτικότητας

του εδάφους σε άμμο (60-90%) και όπως τονίσθηκε, της έντονης καύσης της οργανικής του ουσίας σε βάθος τουλάχιστον 15 εκατοστών.

Οι επιπτώσεις που αναφέρθηκαν υποβάθμισαν τον εγγύτερο και ευρύτερο χώρο της αρχαίας Ολυμπίας από αισθητική άποψη, περιβαλλοντική, οικολογική, αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης έντονων φυσικών φαινομένων (διαβρώσεων, γεωλισθήσεων, πλημμυρών κ.λπ.) αφού πολύ λίγες πρέπει να ήταν οι φορές στο παρελθόν που η περιοχή επλήγη από μία τόσο μεγάλη πυρκαγιά. Επομένως η ανάγκη άμεσης αποκατάστασης της περιοχής, όπως και κάθε άλλης καμένης περιοχής, ήταν επείγουσα. Ειδικότερα για την αρχαία Ολυμπία η μεγάλη αρχαιολογική – ιστορική της σημασία και ως εκ τούτου η μεγάλη επισκεψιμότητα από πολίτες κάθε εθνικότητας, καθώς και η τελετή αφής της Ολυμπιακής φλόγας στις 24 Μαρτίου του 2008 για τους αγώνες στο Πεκίνο, έκαναν ακόμα πιο αναγκαία την αποκατάσταση του χώρου. Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, στις 6 Σεπτεμβρίου 2007 υπογράφηκε μεταξύ Υπουργείου Πολιτισμού και ΕΘΙΑΓΕ - (Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων & Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων), σύμβαση ανάθεσης καθηκόντων Τεχνικού Συμβούλου για την αποκατάσταση του αρχαιολογικού και ευρύτερου τοπίου της Ολυμπίας. Ο σχεδιασμός, η επίβλεψη κατασκευής και η μέχρι σήμερα λειτουργικότητα των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων που αποτελούν ένα μέρος των υποχρεώσεων του ΕΘΙΑΓΕ που απορρέουν από την παραπάνω σύμβαση, παρουσιάζονται και αναλύονται στο παρόν άρθρο.

Σκοπός και επιλογή των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων στην αρχαία Ολυμπία είναι η προστασία του καμένου εδάφους από τη διάβρωση, η αποτροπή ή η εξομάλυνση πλημμυρικών φαινομένων στον αρχαιολογικό χώρο και η δημιουργία κατάλληλων εδαφικών συνθηκών για τη φυσική αναγέννηση και την τεχνητή αναδάσωση της περιοχής. Ως υλικό κατασκευής των έργων για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού επιλέχθηκε μόνο το ξύλο από καμένους κορμούς πεύκης και κυπαρισσιού της περιοχής.

Για την επιλογή του ξύλου ελήφθησαν υπόψη οι αρχαιολογικές – ιστορικές, οικονομικές, λειτουργικές, αισθητικές, περιβαλλοντικές, οικολογικές και χρονικής διάρκειας προϋποθέσεις που έπρεπε να εκπληρεί το υλικό κατασκευής τους. Τα έργα κατασκευάστηκαν τόσο στις πλαγιές των λόφων (κορμοδέματα) όσο και σε θέσεις παλαιών γεωλισθήσεων (κορμοφράγματα), στις κοίτες μικρορευμάτων κ.λπ. Τα παραπάνω έργα χαρακτηρίζονται ως «προσωρινά» και η διάρκεια λειτουργίας τους εκτιμήθηκε σε 4 – 5 χρόνια. Μετά την περίοδο αυτή το υλικό των έργων (ξύλο) θα αποσυντεθεί και την προστασία του εδάφους από διάβρωση καθώς και την εξομάλυνση των πλημμυρικών φαινομένων θα αναλάβει η βλάστηση, η οποία θα έχει ήδη εγκατασταθεί.



Λόγοι απομάκρυνσης της καμένης βλάστησης πριν την κατασκευή των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων

Για την κατασκευή των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων χρησιμοποιήθηκε το ξύλο (οι κορμοί από καμένα δένδρα πεύκης και κυπαρισσιού). Επομένως ένα μέρος των δένδρων έπρεπε να υλοτομηθούν για την κατασκευή των έργων. Ήταν όμως απαραίτητο και αναγκαίο να υλοτομηθούν και απομακρυνθούν από τους λόφους όλα τα καμένα δένδρα για τους παρακάτω λόγους:

- Αισθητικούς: Η αισθητική του τοπίου της αρχαίας Ολυμπίας επέβαλε την υλοτομία και απομάκρυνση τόσο του κορμού όσο και των κλάδων όλων των καμένων δένδρων. Αν τα καμένα δένδρα παρέμεναν ανυλοτόμητα, θα «προκαλούσαν» αισθητικά περισσότερο με την πάροδο του χρόνου.
- Επικινδυνότητας: Τα ιστάμενα καμένα δένδρα θα αύξαναν βαθμιαία τον κίνδυνο ζημιών στα αντιδιαβρωτικά έργα καθώς και τον κίνδυνο ατυχημάτων κατά την πτώση τους από διάφορες αιτίες και κυρίως από τον άνεμο.
- Αποφυγής της εκσκαφής του εδάφους στη ρίζα των δένδρων κατά την εκρίζωση από τον άνεμο.
- Διευκόλυνσης αποκατάστασης της βλάστησης:

Αναλυτικότερα, η φυσική αναγέννηση και η τεχνητή αναδάσωση της περιοχής έπρεπε να υλοποιηθούν μετά την απομάκρυνση των καμένων δένδρων ώστε να αποφευχθούν σε μετέπειτα στάδια οι δυσμενείς επιπτώσεις απομάκρυνσης αυτών στα νεόφυτα. Επισημαίνεται όμως πως δεν υλοτομήθηκε κανένα δένδρο το οποίο θα μπορούσε να επιβιώσει ή να αναγεννηθεί.

Προστίθεται ακόμα πως η υλοτομία, η αποκλάδωση, ο τεμαχισμός του κορμού, η μετατόπιση του ξύλου και η μεταφορά των κλάδων από τις πλαγιές των λόφων στους πρόποδες έγιναν με μεθόδους και τρόπους (κυρίως χειρωνακτικά) που επέφεραν τη μικρότερη δυνατή και αναπόφευκτη διατάραξη του καμένου εδάφους σε μία περιοχή με πολύ αντίξοες τοπογραφικές και εδαφικές συνθήκες.

Επιλογή σχηματισμών των κορμοδεμάτων και αποστάσεων μεταξύ των κορμοσειρών

Για λόγους λειτουργικούς, αισθητικούς αλλά και αποκατάστασης της βλάστησης, τα κορμοδέματα κατασκευάστηκαν στις πλαγιές των λόφων με συγκεκριμένους σχηματισμούς αλλά και μικρές σχετικά αποστάσεις μεταξύ τους ώστε να συγκρατούν το διαβρωμένο έδαφος, τους σπόρους και να συμβάλουν στην προσωρινή συγκράτηση και διήθηση του νερού στο έδαφος. Για τους ίδιους λόγους επιλέχθηκαν επίσης και τα τεχνικά



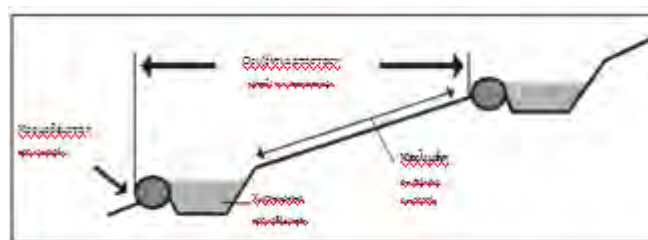
τους χαρακτηριστικά. Αναλυτικότερα, τα κορμοδέματα τοποθετήθηκαν είτε σε σχηματισμούς «μωσαϊκού», είτε σε σειρές κάθετες προς τη γραμμή της μέγιστης κλίσης της πλαγιάς. Οι σχηματισμοί «μωσαϊκού» προτιμήθηκαν σε θέσεις που ήταν ορατές από πολλές περιοχές και χρησιμοποιήθηκε σ' αυτές τις περιπτώσεις κυρίως ξύλο από κυπαρίσσι. Αντίθετα στις κορμοσειρές χρησιμοποιήθηκε ξύλο από πεύκη και τα κορμοτεμάχια στην ίδια σειρά ήταν συνεχή ή με διάκενα μεταξύ τους μήκους 50 – 60 εκατοστών. Η δεύτερη κατηγορία των σειρών των κορμοδεμάτων επιλέχθηκε για λόγους επίσης αισθητικούς. Διευκρινίζεται ακόμα πως τα διάκενα της κάθε κορμοσειράς καλύπτονταν από κορμοτεμάχια της αμέσως επόμενης σειράς ώστε να μην υπάρχει μεγάλο μήκος της πλαγιάς απροστάτευτο από την ενέργεια των σταγόνων της βροχής.

Για την εκτίμηση των αποστάσεων μεταξύ των κορμοσειρών ακολουθήθηκαν τα παρακάτω στάδια:

- Η εξαγωγή όμβριων καμπυλών από τα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού του Πύργου.
- Η εκτίμηση της καταιγίδας σχεδιασμού των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων.
- Ο υπολογισμός της πιθανότητας επιτυχίας των υπό κατασκευή έργων.
- Η εκτίμηση της επιφανειακής απορροής που θα προερχόταν από την καταιγίδα σχεδιασμού και
- Ο υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ των κορμοσειρών με βάση την παρακάτω σχέση.

$$S(m) = \frac{C(m^3/m)}{RO(mm)}$$

Στη σχέση αυτή S είναι η οριζόντια απόσταση μεταξύ των κορμοδεμάτων σε μέτρα (m), C η χωρητικότητα των κορμοδεμάτων ανάντη αυτών σε κυβικά μέτρα ανά τρέχον μέτρο κορμοδέματος (m<sup>3</sup>/m) και η οποία εξαρτάται από το ύψος τους (διάμετρο) και την κλίση της πλαγιάς και RO η τιμή της επιφανειακής απορροής σε χιλιοστά (mm) που δημιουργείται από την καταιγίδα σχεδιασμού.



**Εικόνα 29.** Σχεδιασμός υπολογισμού των αποστάσεων μεταξύ των κορμοσειρών

Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση και με βάση τις κλίσεις που επικρατούν στις πλαγιές των λόφων όπου κατασκευάστηκαν τα αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα, αλλά και με το ύψος (διάμετρο) των κορμο-δεμάτων, συντάχθηκε ο παρακάτω πίνακας.

Κλίση πλαγιάς (%)	D = Διάμετρος κορμοτεμαχίου (m)					
	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,40
	Οριζόντια απόσταση μεταξύ των κορμοδεμάτων ή κορμοσειρών (m)					
30	2,3	4,2	6,5	9,4	12,8	16,7
40	1,7	3,1	4,8	6,9	9,4	12,3
50	1,4	2,4	3,8	5,4	7,4	9,7
60	1,1	2,0	3,1	4,4	6,0	7,8
70	0,9	1,6	2,5	3,7	5,0	6,5
80	0,8	1,4	2,1	3,1	4,2	5,5
90	0,7	1,2	1,8	2,6	3,6	4,6
100	0,6	1,0	1,6	2,2	3,0	4,0

**Εικόνα 30.** Αποστάσεις μεταξύ των κορμοδεμάτων και των κορμοσειρών σε μέτρα (m), ανάλογα με την κλίση των πλαγιών(%) και το ύψος των κορμοδεμάτων(m)



**Εικόνα 31.** «Κορμοφράγματα» για τη στερέωση του εδάφους σε παλαιά γεωλίσθη-ση που δημιουργήθηκε βαθμιαία μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του 1932



**Εικόνα 32.** «Διπλά κορμοδέματα» σε απότομη πλαγιά για τη συγκράτηση μεγα-λύτερου όγκου διαβρωμένου εδάφους. Δειλά – δειλά αρχίζει και η φυσική αναγέννηση.

### **Λειτουργικότητα και προοπτική των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων**

Η λειτουργικότητα των αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων στην αρχαία Ολυμπία δοκιμάσθηκε μέχρι σήμερα κατά τη διάρκεια των ισχυρών βροχοπτώσεων της 20ης – 21ης Οκτωβρίου και της 15ης – 17ης Νοεμβρίου του 2007. Ειδικότερα κατά τη διάρκεια της πρώτης καταιγίδας, συγκρατήθηκε από τα κορμοδέματα και τα κορμοφράγματα μία πολύ μεγάλη ποσότητα χαλαρού εδαφικού υλικού και υπολειμμάτων καύσης που βρισκόταν διασκορπισμένο στις πλαγιές των λόφων εξαιτίας των επιπτώσεων της πυρκαγιάς. Τα έργα συνέβαλαν επίσης και στην προσωρινή συγκράτηση μέρους της βροχής στις πλαγιές των λόφων, το οποίο στη συνέχεια απορροφήθηκε από το έδαφος. Αυτό συνέβαλε στην αποφυγή έντονων πλημμυρικών φαινομένων στους αρχαιολογικούς χώρους.

Η συγκράτηση διαβρωμένου εδάφους στις πλαγιές των λόφων από τα κορμοδέματα δημιούργησε και ευνοϊκές συν-θήκες για την επανεμφάνιση της βλάστησης είτε από σπόρους είτε από αναβλαστήματα των πρέμνων και των ριζών πολλών δένδρων και θάμνων (δρυς, κουτσουπιά, πουρνάρι, σχίνος κ.λπ.) που δε νεκρώθηκαν από την πυρκαγιά.

Σημαντική ποσότητα εδαφικού υλικού συγκρατήθηκε από τα έργα και κατά τις καταιγίδες του τριημέρου της 15ης – 17ης Νοεμβρίου του 2007 αλλά και από τις επιπρόσθετες βροχοπτώσεις μέχρι σήμερα και η χωρητικότητα σε ορισμένα από αυτά καλύφθηκε πλήρως. Κατά τη δεύτερη αυτή περίοδο σημαντική ποσότητα βροχής έφθασε στο αποστραγγιστικό δίκτυο στους πρόποδες των λόφων, αλλά με μικρή ποσότητα φερτών υλικών λόγω της ευνοϊκής κλίσης των πλαγιών που δημιουργήθηκε από την παρουσία των έργων. Η λειτουργικότητα των έργων, εκτός από τα προσεκτικά επιλεγμένα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, αποδίδεται και στην πλήρη εφαρμογή των κανόνων κατασκευής τους που εφαρμόστηκαν με υπομονή και ενδιαφέρον από τους δασεργάτες των συνεταιρισμών Βαρβάρας, Ιερισσού και Αγίας Βαρβάρας Χαλκιδικής, καθώς και Σοχού Θεσσαλονίκης,

Χαλκιοπούλου Αιτωλοακαρνανίας και Τιρνάβου Λάρισας, που απασχολήθηκαν στην περιοχή.

Επισημαίνεται ακόμα πως οι προηγούμενες βροχοπτώσεις στον αρχαιολογικό χώρο της Ολυμπίας και η επικράτηση υψηλών σχετικά θερμοκρασιών για μεγάλο χρονικό διάστημα, ευνοούν την έναρξη της φυσικής αναγέννησης της βλάστησης σε ορισμένες θέσεις και κατά συνέπεια και την περαιτέρω προστασία του εδάφους από τη διάβρωση. Όμως ο χειμώνας είναι ακόμα μπροστά μας και κανείς δεν μπορεί να κάνει πρόγνωση για την ένταση και τη διάρκεια των βροχών τους επόμενους μήνες. Επιπλέον, υπάρχουν και πολλές θέσεις με πλαγιές μεγάλων κλίσεων, αβαθή εδάφη και με αραιά κάλυψη από αντιδιαβρωτικά έργα λόγω των αντίξοων φυσικών τους συνθηκών. Στις θέσεις αυτές απαιτείται η τοποθέτηση γεωυφασμάτων (π.χ. γιούτας), η διενέργεια υδροσποράς και η τεχνητή αναδάσωση το γρηγορότερο δυνατόν για την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, την αποκατάσταση της βλάστησης εκεί όπου η φυσική αναγέννηση δεν ευνοείται και τη «ριζοβόληση» των φυτευθέντων ειδών πριν την έναρξη του καλοκαιριού.

## 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 ταχύρυθμα, 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.
- Άμεση επέμβαση μέσα σε 2-3 χρονιά για ανάκαμψη των καμένων περιοχών.
- 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.
- 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 μερικώς 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

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ταμπάκης Στ. & Καρανικόλα Π. (2015). Δασικές πυρκαγιές και κοινωνία . Εκδόσεις : Τμήμα Δασολογίας και διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, ΔΠΘ Ορεστιάδα 2015
2. Αλιφράγκης Δ. (2008). Το Έδαφος . Γένεση - Ιδιότητες - Ταξινόμηση Τόμος Ι , Θεσσαλονίκη Εκδόσεις : Αιβαζής 2008
3. Σαχινίδης,Ν.,(2002), «Το χρονικό της μεγάλης Πυρκαγιάς», εκδόσεις University studio Press, Θεσσαλονίκη.
4. Καϊλίδης Δ., Δασικές Πυρκαγιές, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 1993.
5. Καϊλίδης, Δ. (1990). Δασικές πυρκαγιές. Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
6. McLaren R. G., Cameron K. C., Soil Science, Oxford University Press, 1996
7. Μιμίκου Α.Μ., Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων, Παπασωτηρίου, 1994.
8. Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Τεχνική Υδρολογία, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Έκδοση 3, 1999.
9. Marshall T. J., Holmes J. W., Rose C. W., Soil Physics, Cambridge University Press, Third Edition, 1996.
10. Κουτσογιάννης Δ., Απορροές και Διευθετήσεις Υδατορεμάτων, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Αθήνα, 1982.
11. Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Τεχνική Υδρολογία, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Έκδοση 3, 1999.
12. Κουτσογιάννης Δ., Υδρολογία και Ποσοτικές Εκτιμήσεις Φερτών Υλών, Σεμινάριο Εγγείων Βελτιώσεων, Αθήνα, 1986.
13. Παπαϊωάννου Κ.,(1986) «Εισαγωγή στην πυροπροστασία των κατασκευών» εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
14. Παπαμίχος Ν., Επίδραση Δασικών Πυρκαγιών στη Διάβρωση των Δασικών Εδαφών της Ελλάδας, Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου με Θέμα: Προστασία Εδαφών-Ποιότητα Ζωής, Αθήνα, 1990.
15. Ντάφης Α.Σ., Δασική Οικολογία, Γιαχούδη, 1986.
16. Τάντος Β., Παπαϊωάννου, Δασική Εδαφολογία, Παπασωτηρίου, 2006.
17. 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.
18. Μιμίκου Α.Μ., Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων, Παπασωτηρίου, 1994.
19. Αντωνόπουλος Π., Προστασία Δασών από πυρκαγιές, Ίων, 1997.
20. Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 2001.
21. Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπυρόσβεσης, Υπουργείο Γεωργίας-Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, 1995.

22. Καϊλίδης Δ., Καρανικόλας Π., Δασικές Πυρκαγιές 1900-2000, Θεσσαλονίκη, Γιαχούδη, 2004.
23. 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.
24. Δημητρακόπουλος Α., 2009 : Δασικές Πυρκαγιές. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη. Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ σελ 1-63.
25. Σαχινίδης, Ν., (2002), «Το χρονικό της μεγάλης Πυρκαγιάς», εκδόσεις University studio Press, Θεσσαλονίκη.
26. 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.
27. Ξανθόπουλος Γ., Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα 10 Χρόνια Αργότερα, ΕΘΙΑΓΕ, Τεύχος 28, Αθήνα, 2007.
28. Καλινδέρης Ι., Στεφανίδης Π., Γούλας Κ., Τζιαφάνη Φ., 2007: Η πυρκαγιά στην Κασσάνδρα του Ν. Χαλκιδικής (21-8-2006). Αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα για τη σταθεροποίηση των εδαφών και την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής . Πρακτικά του 13ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου. Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών - Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος. Καστοριά 7-10 Οκτωβρίου 2007. Σελ 497-512
29. Καλλίρης Π., 1998: Ειδική Μελέτη κατασκευής αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων των καμένων εκτάσεων περιφέρειας κοινοτήτων Στιμάγκας, Ελληνοχωρίου κ.λ.π. σελ. 1-85.
30. Martinez J., Vega-Garcia C., and Chuvieco E., 2009: Human - caused Wildfire Risk Rating for Prevention Planning in Spain. Journal of Environmental Management, 90(2) pp. 1241-1252.
31. Καϊκής Μ., Παυλίδης Θ., Στεφανίδης Π., 1986: Η διάβρωση σαν συνέπεια πυρκαγιάς. Ανάπτυπο από τα Πρακτικά του Γ΄ Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας σελ. 169-183. Αθήνα 26-28 Μαΐου 1986.
32. Στεφανίδης Π., 1991: Φυσικό Περιβάλλον, Δασικές Πυρκαγιές, Υδρολογικές Συνέπειες. Ανακ. αριθ. 21 του Εργαστηρίου Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων του Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
33. Stefanidis P., Kotoulas K., 1992: Accelerate erosion after forest fires in Greece. International Symposium INTERPREAVENT. Bern. Tagungsupublikation, Band 1, pp. 365-376.
34. Στεφανίδης Π., Στάθης ., Μήτογλου Α., 1999: Τα αντιδιαβρωτικά και αντιπλημμυρικά έργα στις καμένες περιοχές του περιαστικού δάσους Θεσσαλονίκης. Διεθνές Επιστημονικό Συνέδριο " Πυρκαγιές στα Μεσογειακά Δάση

- : Πρόληψη-Καταστολή-Διάβρωση του εδάφους-Αναδασώσεις ". Αθήνα, 3-6 Φεβρουαρίου 1999.
35. Τουρλακίδης Χ., 1997: Ειδική Οριστική Μελέτη Αντιδιαβρωτικών - Αντιπλημμυρικών Έργων Καμένου Περιαστικού Δάσους Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. σελ 1-143.
36. Vrieling A., Sterk G. and Vigiak O., 2006: Spatial Evaluation of Soil Erosion Risk in the West Usambara Mountains, Tanzania. *Land Degradation and Development*, 17(3) pp. 301-319.
37. Myronidis D. , Emmanouloudis D., Mitsopoulos I., & Riggos E., 2010: Soil Erosion Potential after Fire and Rehabilitation Treatments in Greece. *Journal of Environmental Modeling and Assessment* (15). pp. 239-250.
38. Mallinis G., Maris F., Kalinderis I., & Koutsias N., 2009: Assessment of Post-fire Erosion Risk in Fire-Affected Watersheds Using Remote Sensing and GIS. *Journal of GIScience & Remote Sensing* 46(4). pp. 388-410.
39. 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.
40. Robichaud P. R., Elliot W. J., Protection from Erosion Following Wildfire, ASABE, Paper Number: 068009, 2006.
41. 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.
42. 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).

#### **ΠΡΟΣΘΕΤΑ - ΑΡΘΡΑ**

1. Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας 2010
2. Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας 2010
3. Έδαφος, Διάβρωση, Ερημοποίηση, Ρύπανση, Πρόγραμμα Ανοικτών Περιβαλλοντικών Τάξεων ΚΑΛΛΙΣΤΩ
4. Δασικές Πυρκαγιές, Πύραρχος - Δασολόγος Διονύσιος Βορίσης
5. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως , Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ 2009