



ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ

ΚΑΙ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

*Επίδραση της Ελληνικής Γεωργίας στο
φαινόμενο της διάβρωσης των εδαφών*

[Στάυρος Γαρεφαλάκης]

Επιβλέπων Καθηγητής
[Δημήτριος Μπιλάλης]

[Μάιος , 2015]

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

*Επίδραση της Ελληνικής Γεωργίας στο
φαινόμενο της διάβρωσης των εδαφών*

[Σταύρος Γαρεφαλάκης]

Επιβλέπων Καθηγητής
[Δημήτριος Μπιλάλης]

Μάιος , 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	i
Ελληνική περίληψη	ii
Αγγλική περίληψη	iii
Πίνακες / Διαγράμματα /	iv

Περιεχόμενα		σελ.
Κατάλογος Σχημάτων		6
Κατάλογος Πινάκων		8
Περίληψη		9
Summary		11
Ευχαριστίες		13
Κεφάλαιο Πρώτο		σελ.
1	Έδαφος – Η οικολογική και οικονομική σημασία του	14
1.1	Ιδιότητες, Σχηματισμός και Σύσταση του Εδάφους.	14
1.1.1	Ορισμός του Εδάφους	14
1.1.2	Σχηματισμός του Εδάφους	15
1.1.3	Ιδιότητες του Εδάφους	16
1.1.4	Σύσταση του Εδάφους	18
1.2	Κατηγορίες Εδαφών	25
1.3	Ο οικολογικός, κοινωνικός και οικονομικός ρόλος του εδάφους	29
1.4	Υποβάθμιση του Εδάφους	30
1.5	Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής	31
Κεφάλαιο Δεύτερο		σελ.
2	Διάβρωση του Εδάφους και η Επίδραση της Ελληνικής Γεωργίας στο φαινόμενο αυτό	32
2.1	Διάβρωση του Εδάφους	32
2.1.1	Ορισμός και Χαρακτηριστικά Διάβρωσης	32
2.1.2	Επιπτώσεις από τη διάβρωση των εδαφών	33
2.1.3	Παράγοντες Διάβρωσης	34
2.2	Είδη Διάβρωσης	36
2.2.1	Υδατική Διάβρωση	36
2.2.2	Αιολική Διάβρωση	40

2.2.3	Μηχανική Διάβρωση	41
2.2.3.1	Επιπτώσεις της Μηχανικής Διάβρωσης	44
2.3	Γεωργικές Πρακτικές και το Φαινόμενο της Διάβρωσης	44
Κεφάλαιο Τρίτο		σελ.
3	Αποτύπωση των Φαινόμενων Διάβρωσης των Εδαφών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη	51
3.1	Υπολογισμός εκτίμησης κινδύνου διάβρωσης	51
3.2	Αποτύπωση κινδύνου διάβρωσης στην Ελλάδα και στην Ευρώπη	53
3.3	Το πρόβλημα της Διάβρωσης των Εδαφών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη	68
Κεφάλαιο Τέταρτο		σελ.
4	Μέτρα Αντιμετώπισης της Διάβρωσης του Εδάφους	73
4.1	Θεματική Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προστασία του Εδάφους	73
4.2	Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής	76
4.3	Γεωργία Διατήρησης της Ποιότητας των Εδαφών	78
Κεφάλαιο Πέμπτο		σελ.
5	Συμπεράσματα Αποτελέσματα	92
Βιβλιογραφία		99

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Σχηματική απεικόνιση του εδάφους ως συστήματος τριών φάσεων.

Σχήμα 1.2: Η κατά όγκο σύσταση αντιπροσωπευτικού εδάφους κατάλληλου για την ανάπτυξη των φυτών.

Σχήμα 1.3: Τρίγωνο κοκκομετρικής σύστασης εδαφών.

Σχήμα 1.4: Αμμώδες έδαφος (αριστερά), Αργιλώδες έδαφος (δεξιά).

Σχήμα 1.5: Τομή εδάφους με τους χαρακτηριστικούς εδαφικούς ορίζοντες.

Σχήμα 1.6: Η παγκόσμια κατανομή των εδαφών.

Σχήμα 2.1: Εικόνες που παρουσιάζονται εδάφη που έχουν υποστεί διάβρωση.

Σχήμα 2.2: Γραφική παράσταση μήκους κλίσης και βαθμού κλίσης.

Σχήμα 2.3: Επιφανειακή διάβρωση, με μεταφορά εδαφικού υλικού από όλη την επιφάνεια του εδάφους.

Σχήμα 2.4: Αυλακωτή διάβρωση σε επικλινή εδάφη.

Σχήμα 2.5: Χαραδρωτική διάβρωση.

Σχήμα 2.6: Διάβρωση λόγω βόσκησης στη Λέσβο.

Σχήμα 2.7: Επιφανειακό λίμνασμα κατά την άρδευση με καταιονισμό.

Σχήμα 2.8: Σχηματική παρουσίαση της μετακίνησης εδαφικής μάζας κατά την ανοδική και καθοδική πορεία του μηχανήματος κατεργασίας.

Σχήμα 2.9: Απορροή και διάβρωση σε ελαιώνα.

Σχήμα 2.10: Καλλιέργεια σε αναβαθμίδες.

Σχήμα 3.1: Ευρωπαϊκός χάρτης ποσοστού χρήσης προς καλλιέργεια αγροτικής γης.

Σχήμα 3.2: Μερίδιο της γεωργίας στην οικονομία, η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία σε βασικές τιμές, (% Της συνολικής προστιθέμενης αξίας).

Σχήμα 3.3: Κατανομή της χρήσης του νερού στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες.

Σχήμα 3.4: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS.

Σχήμα 3.5: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης του παράγοντα διαβρωτικότητας της βροχής και της απορροής R.

Σχήμα 3.6: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης κίνδυνου υδατικής διάβρωσης.

Σχήμα 3.7: Εκτίμηση μεταβολής αγροτικών εκτάσεων διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών λόγω υδατικής διάβρωσης για την περίοδο 1990-2050.

Σχήμα 3.8: Τα km² των Ευρωπαϊκών χωρών (ενδεικτικά) που έχουν υποστεί υδατική διάβρωση (βροχόπτωση, απότομες κλίσεις, ανάγλυφο εδάφους, ανθρώπινες δραστηριότητες).

Σχήμα 3.9: Χάρτης αποτύπωσης αιολικής διάβρωσης στην Ελλάδα.

Σχήμα 3.10 Ευρωπαϊκός χάρτης που καταδεικνύει τις χώρες που παρουσιάζουν ευαισθησία στην αιολική διάβρωση.

Σχήμα 3.11: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης διαβρωσιμότητας (παράγοντας K) των εδαφών.

Σχήμα 3.12: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης για τον παράγοντα P.

Σχήμα 3.13: Χάρτης δυνητικού κινδύνου ερημοποίησης της Ελλάδας (Εθνική Επιτροπή κατά της Ερημοποίησης).

Σχήμα 3.14: Οι περιοχές υψηλού κινδύνου υδατικής και αιολικής διάβρωσης στην Ελλάδα.

Σχήμα 3.15: Χάρτης διάβρωσης της Κρήτης.

Σχήμα 3.16: Πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης στην περιοχή της Μεσογείου.

Σχήμα 3.17: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης απώλειας εδάφους από το Ερευνητικό Τμήμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Σχήμα 4.1: Η προσέγγιση για την αντιμετώπιση της διαχείρισης της ρύπανσης του εδάφους, σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Σχήμα 4.2: Συντήρηση φυτοκάλυψης σε ελαιώνες με κλίση.

Σχήμα 4.3: Εφαρμογές τεχνητής κάλυψης.

Σχήμα 4.4: Δισκοβάρνα σε λειτουργία σε επιφανειακή κατεργασία του εδάφους.

Σχήμα 4.5: Καλλιέργεια καλαμποκιού με απ' ευθείας σπορά: Υπολείμματα των προηγούμενων καλλιεργειών είναι ακόμα εμφανή και σκεπάζουν το έδαφος.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Η κατάταξη των εδαφικών σωματιδίων σε ομάδες μεγέθους κατά το Διεθνές Σύστημα .

Πίνακας 1.2: Κατηγορίες και κλάσεις εδαφών με ιδιότητες ανάλογες των ποσοστών άμμου, αργίλου, ιλύος που περιέχουν.

Πίνακας 1.3: Η παγκόσμια ταξινόμηση των εδαφών σύμφωνα με την Soil Conservation Service του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α.

Πίνακας 1.4: Συστήματα ταξινόμησης των εδαφών σύμφωνα με την παραγωγική τους δυναμική.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηρισμός διάβρωσης σε συνάρτηση με την κλίση του εδάφους.

Πίνακας 3.1: Μέση τιμή του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου.

Πίνακας 3.2: Μέση τιμή του παράγοντα του παράγοντα R (διαβρωτικότητα της βροχής) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου.

Πίνακας 3.3: Τα km² των Ευρωπαϊκών χωρών (ενδεικτικά) που έχουν υποστεί υδατική διάβρωση (βροχόπτωση, απότομες κλίσεις, ανάγλυφο εδάφους, ανθρώπινες δραστηριότητες).

Πίνακας 3.4: Το ποσοστό ευαισθησίας στη αιολική διάβρωση των Ευρωπαϊκών χωρών.

Πίνακας 3.5: Μέση τιμή του παράγοντα του παράγοντα K (διαβρωσιμότητα) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου.

Πίνακας 4.1: Μέση ωριαία διηθητικότητα εδαφών.

Περίληψη

Οι λειτουργίες του εδάφους, το καθιστούν ένα πολύτιμο οικολογικό, κοινωνικό και οικονομικό πόρο και εν γένει είναι αυτές που προσδιορίζουν την αναγκαιότητα για διαφύλαξή του. Το βασικό μειονέκτημα του εδάφους, είναι ο αργός μηχανισμός δημιουργίας του, γεγονός που το καθιστά πρακτικά μη ανανεώσιμο πόρο και επομένως συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά στην υποβάθμισή του.

Η διάβρωση του εδάφους αποτελεί ένα φυσικό – γεωλογικό φαινόμενο κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση της επιφανειακής στρώσης της γης και η μεταφορά της σε άλλα σημεία υπό

τη δράση του νερού ή του αέρα. Η υποβάθμιση του εδάφους εξαιτίας της διάβρωσης εντείνεται με τις ανθρωπογενείς επιδράσεις μέσω ακατάλληλων εφαρμοζόμενων γεωργικών πρακτικών όπως η υπερεκμετάλλευση των γεωργικών εκτάσεων, ο τρόπος άροσης, ο τρόπος συγκομιδής, η συμπίεση από βαριά μηχανήματα, οι πρακτικές εντατικής μονοκαλλιέργειας, η καθώς και η εντατική χρήση λιπασμάτων και συστημάτων άρδευσης.

Η καταγραφή της κατάστασης των διαβρωτικών φαινομένων του εδάφους από ανθρωπογενείς παράγοντες, σε συνδυασμό με τους φυσικούς, στην Ελλάδα και στην Κύπρο αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο γενικά, είναι αναγκαία για τη λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισής τους. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω της Θεματικής Στρατηγικής για το Έδαφος (Soil Thematic Strategy, COM/2006/231) και της Οδηγίας Πλαίσιο για το Έδαφος (Soil Framework Directive, COM/2006/232)) προωθεί κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής και τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας των εδαφών.

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής πλαισιώνεται από τους εξής βασικούς θεματικούς άξονες:

- η κατανόηση της οικονομικής, κοινωνικής και οικολογικής σημασίας τους εδάφους,
- η παρουσίαση της διαδικασίας διάβρωσης του εδάφους από γεωργικές πρακτικές,
- η αποτύπωση της κατάστασης των διαβρωτικών φαινομένων από γεωργικές πρακτικές, στην Ελλάδα, στην Κύπρο και στην Ευρώπη γενικότερα,
- η καταγραφή της στρατηγικής για το έδαφος που προωθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσα από κώδικες ορθής γεωργικής και καλλιεργητικής πρακτικής και τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας εδαφών.

Στην Ελλάδα, οι πρακτικές διαχείρισης και διατήρησης των εδαφών είναι αυτές που εντείνουν τα φαινόμενα υδατικής και αιολικής διάβρωσης που οφείλονται στους εξής παράγοντες:

- Τις βροχοπτώσεις μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα.
- Το γεωμορφολογικό και τοπογραφικό ανάγλυφο των ορεινών ελληνικών εδαφών με τις απότομες κλίσεις που υπάρχουν.
- Τα ψαθυρά γεωλογικά υλικά που απαρτίζουν τα περισσότερα ελληνικά εδάφη.
- Το χαμηλό ποσοστό οργανικής ουσίας των ελληνικών εδαφών που εντείνει τη διαβρωσιμότητά τους.

Ειδικότερα η Ελλάδα στις περισσότερες περιοχές της, έχει ετήσια απώλεια εδάφους μέχρι και 2 t ha^{-1} , ενώ παρουσιάζονται και περιοχές της με ετήσια απώλεια εδάφους πάνω από 10 t ha^{-1} . Οι περιοχές υψηλού κινδύνου διάβρωσης είναι η δυτική Στερεά Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος της

Πελοποννήσου, η ορεινή ζώνη των Ιονίων νήσων, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου, η Εύβοια και μέρος της Ηπείρου, Θεσσαλίας και Θράκης.

Summary

Soil is a valuable ecological and socio-economic resource according its functions, which identify the need for its protection and preservation. Soil's main disadvantage, is the slow rate of its creation, which makes it practically non-renewable source and therefore special caution with regard to its degradation is needed.

Soil erosion is a natural - geological phenomenon in which the dissociation of the earths surface layer and its transference under the pressure of water or wind, takes place. Soil degradation due to erosion is exacerbated by anthropogenic influences through improper applied agricultural practices such as over-exploitation of the agricultural land, the way of tillage, the harvesting methods, the compaction from heavy machines, the intensive monoculture practices and the intensive use of fertilizers and irrigation systems.

Recording this situation of soil corrosive phenomena, resulting from human activities combined with physical agents, in Greece, Cyprus and even broadly in the European Union, is required in order to obtain the appropriate countermeasures. The European Commission through the Thematic Strategy on Soil (COM / 2006/231) and the Framework Directive on Soil (COM / 2006/232) promotes codes and principles of proper agricultural practices and remediation technologies for the protection of soil.

The purpose of this research is stated on the following fundamental pillars:

- the understanding of the economic, social and ecological importance of soil
- the description of the soil erosion procedures on account of agricultural practices
- the appraisal of the current situation of soil corrosive phenomena, resulting from human activities combined with physical agents, in Greece, Cyprus and even broadly in Europe, through maps
- the strategy promoted by the European Union through codes and principles of proper agricultural and cultivation practices and remediation technologies for soil protection.

In Greece, the agricultural and conservation practices are those that intensify the effects of water and wind erosion due to the following:

- The low frequency and high intensity rainfall along with the dry climate.
- The steep slopes in the mountainous Greek lands.
- The brittle geologic materials on the Greek territories.
- The low percentage of organic substance of Greek territories that intensify their corrosivity.

Specifically in Greece's most regions the annual soil loss is up to 2 t.ha^{-1} , while others score annual soil loss more than 10 t.ha^{-1} . The high erosion risk areas are considered to be the Western Central Greece, the biggest part of the Peloponnesus, the mountainous zone of the Ionian Islands, Crete Island, the Aegean Islands, Evia and part of Epirus, Thessaly and Thrace.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δημήτριο Μπιλάλη, για την πολύτιμη συνεργασία που είχα μαζί του, καθώς και για τη συμβολή του, την καθοδήγησή του και την στήριξή του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ, επιπλέον, θερμά, την οικογένειά μου για την απεριόριστη αγάπη της και την ουσιαστική στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος, και ιδιαίτερα τον αδερφό μου, που συνέβαλε έμπρακτα στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και με στήριξε πολύ σε μια αρκετά δύσκολη, για εμένα, στιγμή.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω σε όλους τους καινούργιους φίλους που έκανα καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος, για την πίστη τους σε εμένα και την αγάπη τους που με την βοήθειά τους, την τύχη τους και το χαμόγελό τους, με στήριζαν πάρα πολύ την προηγούμενη και την τρέχουσα χρονιά.

Σταύρος Ε. Γαρεφαλάκης

Κεφάλαιο Πρώτο

Έδαφος

Η οικολογική και οικονομική σημασία του

1.1 Ιδιότητες, Σχηματισμός και Σύσταση του Εδάφους

1.1.1 Ορισμός του Εδάφους

Το έδαφος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό φυσικό πόρο από το οποίο εξαρτάται όχι μόνο η οικονομία, σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, αλλά και η διατήρηση τουλάχιστον της χερσαίας ζωής στον πλανήτη μας. Για το έδαφος ως φυσικός σχηματισμός της επιφάνειας της γης έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί, επειδή χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο με ποικίλους τρόπους. Οι διαφορετικές οπτικές θεώρησης του εδάφους επισημαίνουν αφενός τη πολυδιάστατη σημασία του, αφετέρου καθιστούν δύσκολη την διατύπωση ενός γενικού ορισμού, αποδεκτού από τη γενική επιστημονική κοινότητα. Οι κατά καιρούς ορισμοί που έχουν δοθεί για το έδαφος είναι (Σακκαλλής, 2011):

- «Έδαφος είναι το ανώτερο, αποσαθρωμένο στρώμα του στερεού φλοιού της Γης» (Ramman, 1911).
- «Έδαφος είναι το ψαθυρό υλικό από το οποίο τα φυτά αντλούν θρεπτικά στοιχεία και βρίσκουν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη τους» (Hilgard, 1914).
- «Έδαφος θεωρείται το στρώμα του φυσικού υλικού της επιφάνειας της γης, που περιέχει οργανικά και ανόργανα συστατικά και είναι δυνατόν να υποστηρίξει τη φυτική ζωή» (William, 1998).
- «Έδαφος θεωρείται το προϊόν της φυσικής και χημικής αποσάθρωσης ανόργανων και αποσύνθεσης οργανικών συστατικών της επιφάνειας της γης που επηρεάζονται συνεχώς από τους παράγοντες του εκάστοτε περιβάλλοντος» (Σακελλαριάδης, 1998).

1.1.2 Σχηματισμός Εδάφους.

Σήμερα, γίνεται δεκτό ότι το έδαφος είναι ένας φυσικός σχηματισμός που δημιουργείται στην επιφάνεια της γης από τα προϊόντα αποσάθρωσης των πετρωμάτων με την μακρόχρονη επίδραση του κλίματος και των ζώντων οργανισμών. Το έδαφος είναι ένα φυσικό, ανοικτό σύστημα που δέχεται επιδράσεις από το περιβάλλον και επιδρά στο περιβάλλον. Υπάρχει με άλλα λόγια μια δυναμική ενεργειακή ισορροπία μεταξύ του εδάφους και του περιβάλλοντος. Λόγω αυτής της δυναμικότητάς του, το έδαφος συνεχώς μεταβάλλει τις ιδιότητές του και κατά συνέπεια τα δομικά του χαρακτηριστικά. Ο τρόπος σχηματισμού και εξέλιξης των εδαφών ονομάζεται εδαφογένεση και περιλαμβάνει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες αποσάθρωσης των πετρωμάτων του εδάφους. Με τον όρο αποσάθρωση εννοείται η προοδευτική και σταδιακή αποσύνθεση των υλικών των εδαφών, των πετρωμάτων, της λάσπης αλλά και τεχνητών υλικών με την πάροδο του χρόνου υπό την επίδραση παραγόντων του περιβάλλοντος, όπως του ανέμου, του νερού, του πάγου ή ακόμη και των ζωντανών οργανισμών (Πηγή: Wikipedia).

Σύμφωνα μετά τα παραπάνω, το έδαφος μπορεί να "περιγραφεί" με την ακόλουθη μαθηματική συνάρτηση:

$$s = f (p, c, o, r, t)$$

όπου: s = εδαφική ιδιότητα

p = μητρικό υλικό

c = κλίμα

o = οργανισμοί

r = τοπογραφία

t = χρόνος

όπου p, c, o, r, t : Παράγοντες εδαφογένεσης

- Μητρικό υλικό: Με τον όρο μητρικό υλικό εννοείται το πέτρωμα ή ορυκτό από το οποίο θα προκύψει με σταδιακή αποσάθρωση (φυσική και χημική) το έδαφος. Η φύση του μητρικού υλικού, δηλαδή η δομή και το μέγεθος των πετρωμάτων και ορυκτών αλλά και η χημική και

ορυκτολογική τους σύσταση, επηρεάζει το ρυθμό της "ανάπτυξης" του εδάφους, το ρυθμό εξέλιξής του και τη δράση των άλλων παραγόντων εδαφογένεσης.

- **Κλίμα:** Είναι ίσως ο σπουδαιότερος από τους παράγοντες εδαφογένεσης. Η βροχή και η θερμοκρασία επηρεάζουν τόσο καθοριστικά το ρυθμό και την κατεύθυνση των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο έδαφος, ώστε τα εδάφη κάθε κλιματικής ζώνης να αποκτούν κοινά χαρακτηριστικά και σε διαφορετικά ακόμα μητρικά υλικά.
- **Οργανισμοί:** Από τους ζωντανούς οργανισμούς το σημαντικότερο ρόλο παίζει η βλάστηση. Ο ρόλος των κατώτερων οργανισμών όπως οι λειχήνες, τα βρύα και οι μικροοργανισμοί είναι πολύ σημαντικός. Οι οργανισμοί αυτοί επιταχύνουν την φυσική και χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων, δημιουργώντας κατάλληλο υπόβαθρο (έδαφος) για την ανάπτυξη βλάστησης. Οι ζωικοί οργανισμοί επιδρούν στην εδαφογένεση αποσυνθέτοντας την οργανική ύλη, αναμιγνύοντας τα εδαφικά υλικά και συμβάλλοντας στη δημιουργία δομής στο έδαφος.
- **Τοπογραφικό ανάγλυφο:** Το τοπογραφικό ανάγλυφο επηρεάζει τις διεργασίες της εδαφογένεσης και την εξέλιξη του εδαφικού συστήματος κατά πολλούς τρόπους. Επηρεάζεται κυρίως η υγρασία και η θερμοκρασία του εδαφικού υλικού. Η επίδραση του τοπογραφικού ανάγλυφου πάνω στο σχηματισμό των εδαφίων έγκειται κυρίως στο υψόμετρο και στην κλίση της επιφάνειας του εδάφους. π.χ. οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ διαφόρων ορεινών περιοχών δημιουργούν κλιματικές διαφοροποιήσεις οι οποίες στη συνέχεια προκαλούν διαφορές στη σύνθεση της βλάστησης. Με αυτόν τον τρόπο το τοπογραφικό ανάγλυφο δρα έμμεσα στο εδαφικό σύστημα.
- **Χρόνος Ηλικία ενός εδαφικού συστήματος** είναι ο χρόνος ο οποίος παρήλθε από τη στιγμή κατά την οποία το μητρικό υλικό βρέθηκε κάτω από την επίδραση του κλίματος, των οργανισμών και του τοπογραφικού ανάγλυφου και άρχισε να μετατρέπεται σε έδαφος. Η παραπάνω στιγμή θεωρείται ως ηλικία ίση με το μηδέν. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του συστήματος, τόσο πιο εξελιγμένο είναι το έδαφος και τόσο περισσότερο διαφέρει η μορφολογία και η σύστασή του από το μητρικό υλικό.

1.1.3 Ιδιότητες του Εδάφους

Η σημασία των εδαφικών ιδιοτήτων είναι πολύ μεγάλη, επειδή βάσει αυτών επιτυγχάνεται η κατανόηση της φύσης και συγκρότησής του εδάφους, με αποτέλεσμα τον καθορισμό εκείνων των χρήσεων γης που μεγιστοποιούν το κέρδος και ελαχιστοποιούν την υποβάθμιση του εδαφικού περιβάλλοντος.

Οι βασικές φυσικές παράμετροι του εδάφους είναι (Πηγή: Prosodol):

- Φαινόμενη πυκνότητα
 - Πορώδες
 - Διασπορά ή Διαμερισμός
 - Πραγματική πυκνότητα (πυκνότητα κόκκων)
 - Υγρασία
 - Διηθητικότητα
 - Υδατοδιαπερατότητα
 - Συνεκτικότητα
 - Διόγκωση – Συρρίκνωση
 - Θερμοκρασία
 - Συγκράτηση ύδατος
 - Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα
-

Οι βασικές χημικές παράμετροι του εδάφους είναι (Πηγή: Prosodol):

- pH & οξύτητα – ρυθμιστική ικανότητα
- Οργανική ουσία
- Άζωτο
- Φώσφορος
- Κάλιο
- Ασβέστιο
- Μαγνήσιο

Οι φυσικές και χημικές παράμετροι του εδάφους που συνδέονται με τα φαινόμενα διάβρωσής του και θα συναντηθούν στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι (Πηγή: Prosodol):

Πορώδες: Ως πορώδες της δομής του εδάφους ορίζεται το ποσοστό του όγκου του το οποίο καταλαμβάνεται από μη στερεά υλικά. Σημαντικό ρόλο παίζει και η κατανομή μεγέθους των πόρων.

Υγρασία του εδάφους: Η διατήρηση της υγρασίας του εδάφους σε ενδεδειγμένα επίπεδα είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιτυχία μίας καλλιέργειας. Η υγρασία πρέπει να είναι επαρκής για την κανονική ανάπτυξη των φυτών αλλά όχι τόσο μεγάλη ώστε να εμποδίζει την πρόσληψη οξυγόνου από τις ρίζες.

Διηθητικότητα του εδάφους: Διηθητικότητα λέγεται το φαινόμενο (και ο βαθμός στον οποίο αυτό συμβαίνει) κατά το οποίο το νερό (άρδευσης ή βροχόπτωσης) εισχωρεί στην κυρίως μάζα του εδάφους από την επιφάνειά του.

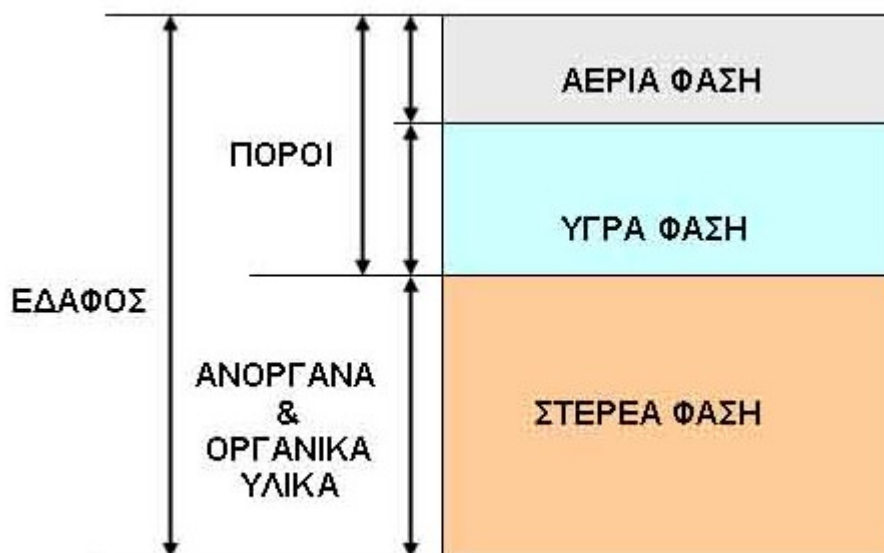
Υδατοδιαπερατότητα: Η υδατοδιαπερατότητα αφορά στην κίνηση του νερού μέσα στην κυρίως μάζα του εδάφους. Εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό, την κατανομή και το μέγεθος των πόρων, αλλά αυξάνεται και λόγω υδροστατικής πίεσης όταν η επιφάνεια είναι καλυμμένη από νερό.

Οργανική Ουσία: Όλα τα εδάφη περιέχουν μία ποσότητα οργανικού υλικού το οποίο αποτελείται σε γενικές γραμμές από τρία μέρη:

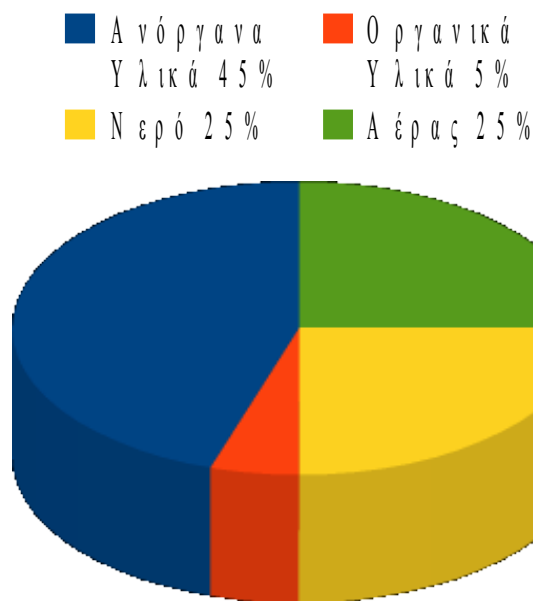
- πρόσφατα – αναλλοίωτα ή σχεδόν αναλλοίωτα – φυτικά και ζωικά υπολείμματα
- ζωικά και φυτικά υπολείμματα τα οποία ήδη έχουν υποστεί διάσπαση ή άλλου τύπου αλλοίωση
- ανθεκτικά σε περαιτέρω διάσπαση προϊόντα (χούμος)

1.1.4 Σύσταση του Εδάφους

Το έδαφος αποτελείται από τρεις "φάσεις", δηλαδή την αέρια, την υγρή και την στερεά φάση. Ο όγκος που καταλαμβάνει η καθεμία από αυτές τις υλικές φάσεις στο συνολικό όγκο του εδάφους διαφοροποιείται από έδαφος σε έδαφος, ανάλογα με τις φυσικές και βιοχημικές ιδιότητές του. Σε γενικές γραμμές ο όγκος που καταλαμβάνει η στερεά φάση ανέρχεται στο 50% (ανόργανα και οργανικά υλικά). Τον υπόλοιπο όγκο καταλαμβάνουν η υγρή και αέρια φάση, δηλαδή το νερό και ο εδαφικός αέρας, που βρίσκονται στους εδαφικούς πόρους, δηλαδή στα κενά ανάμεσα στους κόκκους των ανόργανων υλικών.



Σχήμα 1.1: Σχηματική απεικόνιση του εδάφους ως συστήματος τριών φάσεων (Χρηστάκος, 2004).



Σχήμα 1.2: Η κατά όγκο σύσταση αντιπροσωπευτικού εδάφους κατάλληλου για την ανάπτυξη των φυτών (Χρηστάκος, 2004).

Μέσω της μηχανικής ή κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών, είναι δυνατή η κατηγοριοποίηση των ανόργανων συστατικών του εδάφους ανάλογα με τις διαστάσεις τους. Οι κατηγορίες αυτές που ονομάζονται μηχανικά κλάσματα του εδάφους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.

Η ορυκτολογική σύσταση των ανόργανων συστατικών ενός εδάφους εξαρτάται από τη σύσταση του μητρικού πετρώματος και από τη δράση των εδαφογενετικών παραγόντων όπως αναπτύχθηκε στην παράγραφο 1.1.2. Με τη σειρά της η ορυκτολογική αυτή σύσταση επηρεάζει τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους καθώς και την ικανότητα του να παρέχει θρεπτικά στοιχεία - άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K), θείο (S), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), σίδηρο (Fe), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρο (Zn), χαλκό (Cu), βόριο (B), μολυβδαίνιο (Mo), χλώριο (Cl), κοβάλτιο (Co) - στα φυτά (Σακκαλλής, 2011).

Το εδαφικό νερό προέρχεται από τις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις. Το εδαφικό διάλυμα δημιουργείται από τα άλατα του εδάφους που διαλύονται στο νερό. Το εδαφικό διάλυμα είναι ουσιαστικά το μέσο τροφοδότησης των φυτών με θρεπτικά συστατικά και η σύσταση του εξαρτάται από την εποχή του χρόνου, τη θερμοκρασία του εδάφους, την ποσότητα ανόργανων συστατικών στο έδαφος, τη χρήση λιπασμάτων και τα ποτίσματα (Σακκαλλής, 2011).

Πίνακας 1.1: Η κατάταξη των εδαφικών σωματιδίων σε ομάδες μεγέθους κατά το Διεθνές Σύστημα (Σακκαλλής, 2011).

Κλάσματα μηχανικής σύστασης	Όρια διαμέτρων σε mm
Πολύ χονδρή άμμος	2.00-0.20
Χονδρή άμμος	0.20-0.02
Μέση άμμος	
Λεπτή άμμος	
Πολύ λεπτή άμμος	
ΐλύς	0.02-0.002
Άργιλος	< 0.002
Λεπτή άργιλος	<0.0002

(Σακκαλλής,

Οι πόροι του εδάφους που δεν είναι γεμάτοι με νερό καλύπτονται από τον εδαφικό αέρα. Ο εδαφικός αέρας περιέχει αρκετή ποσότητα οξυγόνου απαραίτητη για τη δράση των εδαφικών μικροοργανισμών (αποσύνθεση των οργανικών ουσιών) και κατά συνέπεια για την ανάπτυξη των φυτών. Όταν το έδαφος περιέχει ελάχιστο ή καθόλου οξυγόνο, είτε γιατί είναι πλημμυρισμένο με νερό ή γιατί έχει συμπιεστεί σε μεγάλο βαθμό από βαριά μηχανήματα, έχει ως τελικό αποτέλεσμα την σχεδόν αδύνατη ανάπτυξη των φυτών.

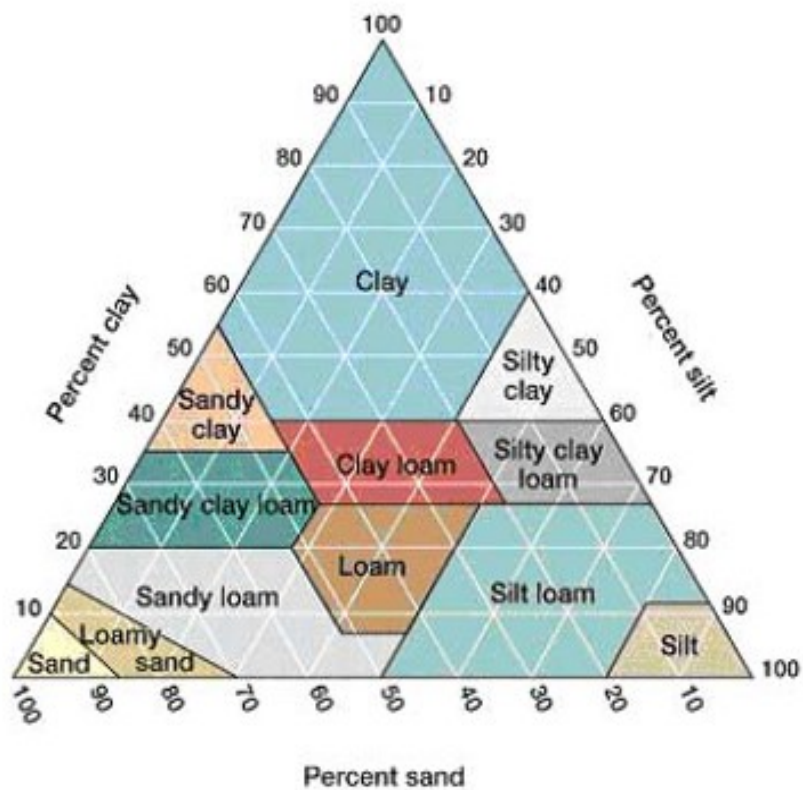
Τα οργανικά συστατικά του εδάφους αποτελούνται από πολύπλοκες ενώσεις που προέρχονται από τη δράση των εδαφικών μικροοργανισμών στα νεκρά ζωικά και φυτικά υλικά που συσσωρεύονται στο έδαφος. Τα υλικά αυτά αποτελούν επίσης την προϋπόθεση της ύπαρξης των ίδιων των εδαφικών μικροοργανισμών αφού οι εδαφικοί μικροοργανισμοί αντλούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία καθώς και την ενέργεια που χρειάζονται για την επιβίωση τους από τα υλικά αυτά. Επίσης η παρουσία των οργανικών συστατικών στο έδαφος συντελεί στη δημιουργία και διατήρηση της δομής του (του τρόπου δηλ. με τον οποίο τα διάφορα μηχανικά κλάσματα του εδάφους είναι ενωμένα μεταξύ τους και δημιουργούν τα συσσωματώματα), στον περιορισμό της διάβρωσης και στην απρόσκοπτη κυκλοφορία του εδαφικού αέρα και νερού. Το ποσοστό των οργανικών συστατικών του εδάφους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το κλίμα της περιοχής

και η φυσική βλάστηση ή, όταν πρόκειται για καλλιεργούμενα εδάφη, ο τρόπος της καλλιέργειας του εδάφους (Σακκαλλής, 2011).

Κοκκομετρική σύσταση ορίζεται ως η εκατοστιαία αναλογία της άμμου, της ιλύος και της αργίλου στο σύνολο της λεπτής γης. (π.χ. ένα έδαφος έχει κοκκομετρική σύσταση που ορίζεται από τις ακόλουθες εκατοστιαίες αναλογίες: 30% άργιλος, 45% άμμος, 25% ιλύς. στο σύνολο της λεπτής γης.

- Η άμμος (Sand) αποτελείται από κόκκους αποστρογγλυμένους, γωνιώδεις ή ακανόνιστους. Συγκρατεί ελάχιστο νερό, λόγω του μεγάλου πορώδους μεταξύ των κόκκων της. Δεν συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία, επειδή έχει μικρή επιφάνεια, και δεν υπάρχουν θετικά ή αρνητικά φορτία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αδυνατεί να σχηματίσει ετεροπολικούς δεσμούς με τα θρεπτικά στοιχεία, όταν αυτά βρίσκονται υπό μορφή ιόντων. Το νερό διέρχεται μέσα από την άμμο με μεγάλη ταχύτητα και δημιουργεί πολύ καλές συνθήκες αερισμού και στράγγισης για την ανάπτυξη των φυτών. Λόγω της μικρής επιφάνειας των κόκκων της, σε σχέση με τον όγκο τους, δεν έχει πλαστικότητα και συνοχή. Όταν π.χ. οι διαστάσεις ενός τεμαχίου γίνουν 10 φορές μικρότερες σχηματίζονται 1000 νέα σωματίδια με ολική επιφάνεια δεκαπλάσια αυτής του αρχικού.
- Η ιλύς (Silt) αποτελείται από κόκκους ακανόνιστους. Δημιουργεί λεπτούς πόρους και συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού. Δεν συγκροτεί θρεπτικά στοιχεία. Προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για την ανάπτυξη των φυτών. Εμφανίζει πλαστικότητα και συνοχή που οφείλονται στο γεγονός ότι η πληθώρα των κόκκων της ιλύος περιβάλλονται από άργιλο.
- Η άργιλος (Clay) αποτελείται από κόκκους πεπλατυσμένους. Συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού και σε πολλές περιπτώσεις (τριχοειδείς πόροι) με τόσο μεγάλες δυνάμεις, που το νερό έχει ιδιότητες πάγου, δηλαδή ιδιότητες στερεού σώματος. Συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία λόγω της μεγάλης χημικής της επιφάνειας η οποία είναι ως επί το πλείστον αρνητικά φορτισμένη. Δημιουργούνται έτσι ετεροπολικοί δεσμοί μεταξύ αυτής και των θετικών ιόντων (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} κλπ), μορφή που βρίσκονται τα θρεπτικά στοιχεία στο εδαφικό διάλυμα. Η ταχύτητα κίνησης του νερού είναι πολύ μικρή λόγω των πολύ μικρών πόρων μεταξύ των τεμαχιδίων της αργίλου. Επίσης δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού και έχει μεγάλη πλαστικότητα και συνοχή. Κατά την διαβροχή της διαστέλλεται και καθίσταται κολλώδης αποβάλλοντας θερμότητα καλούμενη ως θερμότητα διαβροχής.

Ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής της άμμου, ιλύος και αργίλου στο έδαφος, τα διάφορα εδάφη διακρίνονται σε κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης, που φαίνονται στο τρίγωνο των κλάσεων της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών (Σχήμα 1.3). Τα εδαφολογικά εργαστήρια ταξινομούν τα εδάφη σε 12 κατηγορίες κοκκομετρικής σύστασης, ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής της άμμου, αργίλου, ιλύος στο έδαφος. Οι 12 αυτές κλάσεις εδαφών καταλαμβάνουν ορισμένη θέση και χώρο σε ένα ισοσκελές τρίγωνο το οποίο ονομάζεται τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών (Αγγελακοπούλου, 2010). Οι τρεις βασικότερες κατηγορίες εδαφών είναι τα αμμώδη ή ελαφρά εδάφη, τα πηλώδη ή μέσης σύστασης και τα αργιλώδη ή βαριά εδάφη, με ιδιότητες ανάλογες των ποσοστών άμμου, αργίλου, ιλύος που περιέχουν.



Σχήμα 1.3: Τρίγωνο κοκκομετρικής σύστασης εδαφών (Αγγελακοπούλου, 2010).



Σχήμα 1.4: Αμμώδες έδαφος (αριστερά), Αργιλώδες έδαφος (δεξιά) (Αγγελακοπούλου, 2010).

Πίνακας 1.2: Κατηγορίες και κλάσεις εδαφών με ιδιότητες ανάλογες των ποσοστών άμμου, αργίλου, ιλύος που περιέχουν (Αγγελακοπούλου, 2010 - Σακκαλλής, 2011).

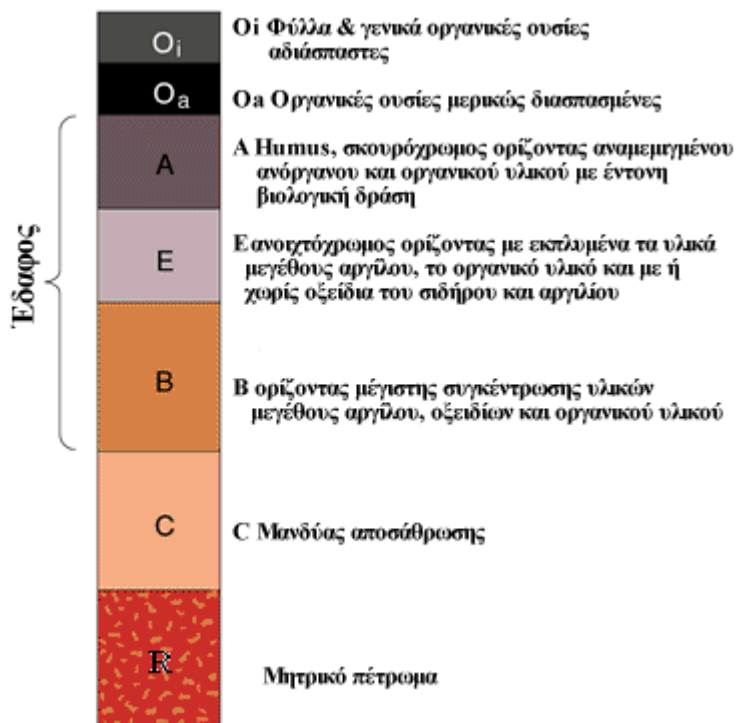
Κατηγορίες Εδαφών	Κλάσεις Εδαφών
Αμμώδες έδαφος	αμμώδες (Sandy)
	αμμοπηλώδες (Sandy loam)
Πηλώδες έδαφος	πηλοαμμώδες (Loamy sand)
	αμμοαργιλοπηλώδες (Sandy clay loam)
	πηλώδες (Loam)
	ιλοπηλώδες (Silty loam)
	ιλοαργιλοπηλώδες (Silty clay loam)
	ιλύδες (Silt)
Αργιλώδες έδαφος	αργιλοπηλώδες (Clay loam)
	ιλοαργιλώδες (Silty clay)
	αργιλοαμώδες (Sandy clay)
	αργιλώδες (Clay)

Τα εδάφη διαμορφώνονται σε στιβάδες που καλούνται ορίζοντες (horizons), και οι οποίοι έχουν διαφορετική υφή και σύσταση. Στο Σχήμα 1.5 παρουσιάζεται μια κάθετη τομή των οριζόντων του εδάφους που ονομάζεται εδαφικό προφίλ (soil profile). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.5, οι εδαφικοί ορίζοντες χωρίζονται σε δύο τύπους, τους οργανικούς και τους ανόργανους. Οι οργανικοί ορίζοντες που χαρακτηρίζονται με το γράμμα O, υπέρκεινται των ανόργανων οριζόντων και σχηματίστηκαν από την συγκέντρωση οργανικού υλικού προερχόμενο από τα ζώα και κυρίως από τα φυτά. Οι ανόργανοι ορίζοντες υπόκεινται των οργανικών οριζόντων και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα A, E, B και C. Το ριζικό σύστημα των φυτών διεισδύει στους ορίζοντες A, E, και B, επηρεάζοντας τις διεργασίες σχηματισμού τους. Οι εδαφικοί ορίζοντες παρουσιάζουν διαφορές ως προς το χρώμα και το μέγεθος, τη σύσταση των σωματιδίων εδάφους και ως προς τον τρόπο ένωσης τους. Πιο αναλυτικά:

- **O-ορίζοντας:** Ανώτατο στρώμα εδάφους με φυτά, οργανικά υπολείμματα, πεσμένα φύλλα δένδρων και μερικώς αποσυντιθέμενη οργανική ύλη. Οι εδαφολόγοι αναγνωρίζουν δύο κυρίως στρώσεις στον ορίζοντα αυτό. Την υπερκείμενη O_i η οποία περιέχει διασπώμενο οργανικό υλικό φύλων και την κατώτερη O_a η οποία περιέχει μερικώς διασπασμένο οργανικό υλικό (χούμους).

- A-ορίζοντας:** Ο ανώτερος A ανόργανος ορίζοντας (τα πρώτα 30-50 εκατοστά του μέτρου εδάφους (topsoil)) αντιπροσωπεύει τη ζώνη έκπλυσης. Είναι πλούσιος σε οργανικό υλικό – η περιεκτικότητα οργανικής ύλης από την οποία χαρακτηρίζεται είναι υψηλότερη αυτής των άλλων οριζόντων, και οφείλεται στην παρουσία του ριζικού συστήματος των φυτών και στο εκπλυμένο χούμους (χουμικά οξέα) από τους ανώτερους οργανικούς ορίζοντες. Το χρώμα του A – ορίζοντα είναι σκούρο και προέρχεται από την ποσότητα του χούμου που περιέχει. Όταν η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη του εδάφους ελαττώνεται, το εδαφικό χρώμα γίνεται πιο ανοικτό. Ο A – ορίζοντας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη βιολογική δραστηριότητα σε σύγκριση με τους άλλους ορίζοντες για αυτό και θεωρείται ο περισσότερο πολύτιμος για παραγωγή καλλιεργειών (William, 1998).
- E-ορίζοντας:** Στον επόμενο E ορίζοντα κόκκοι μεγέθους αργίλου καθώς και οξείδια του αργιλίου και του σιδήρου απομακρύνονται από αυτόν προς τα βαθύτερα εξαιτίας της έκπλυσής τους από το κατεισδύων νερό. Στον ορίζοντα αυτόν απομένουν καθαροί κόκκοι άμμου και χονδρόκοκκης ίλύος. Η διαλυμένη ή αιωρούμενη ύλη κινείται προς τη στιβάδα αυτή και για αυτό καλείται η ζώνη αποπλυμάτων (leaching zone).
- B-ορίζοντας:** Ο B-ορίζοντας αντιπροσωπεύει την ζώνη συσσώρευσης γιατί εκεί συγκεντρώνονται τα χουμικά οξέα, τα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου που εκπλύθηκαν από τους ορίζοντες A και E αποτίθενται σε κρυσταλλική ή άμορφη κατάσταση. Είναι εξαιρετικά πυκνό και συνεκτικό στρώμα εξαιτίας της πλήρωσης των διάκενων των κόκκων με οξείδια και άργιλο. Ο B-ορίζοντας ονομάζεται αλλιώς και εμπλουτισμένος καθώς οι ρίζες των φυτών διεισδύουν σε αυτόν και αντλούν θρεπτικά συστατικά.

- C-ορίζοντας:** Οποιοδήποτε πλάτος εδάφους αποσάθεται αποτελεί



ρικού υλικού από το μεση στρώση μεταξύ οι διεργασίες της υ οποιού μπορούν να το έδαφος

- R:** Μητ

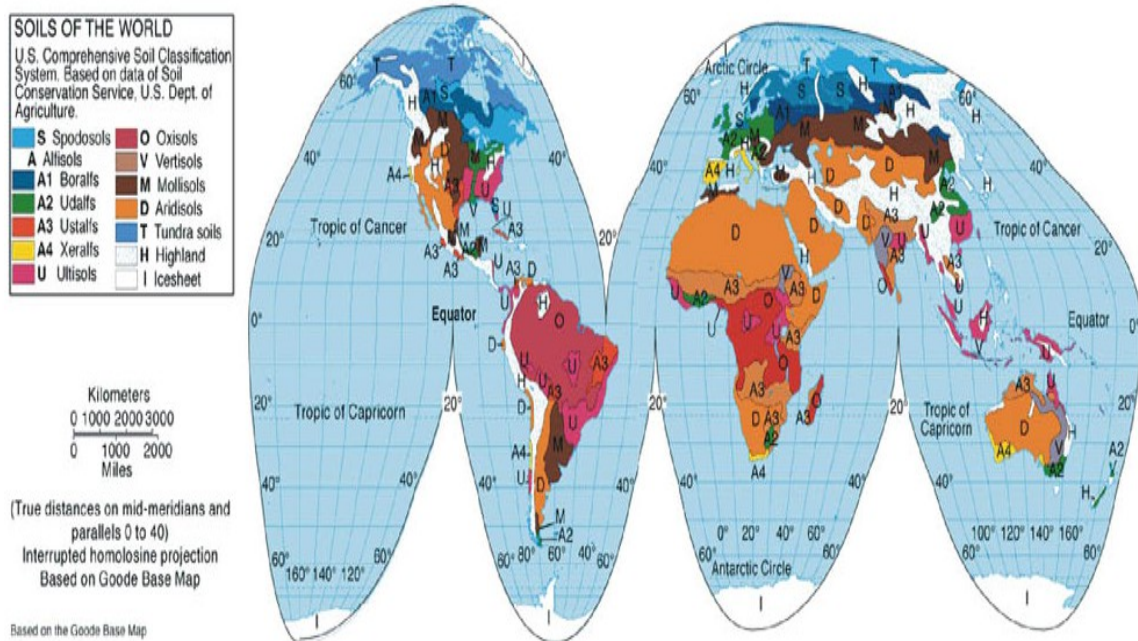
Σχήμα 1.5: Τομή εδάφους με τους χαρακτηριστικούς εδαφικούς ορίζοντες (Soil Conservation Science, U.S. Department of Agriculture).

1.2 Κατηγορίες Εδαφών

Η κατηγοριοποίηση των κύριων τύπων εδαφών καθώς και η διασπορά τους πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σχέση της κατανομής των εδαφών με τον κλιματικό τύπο, το προϋπάρχον υλικό, το χρόνο, τις βιολογικές διεργασίες και το ανάγλυφο. Ακόμη η κατανομή και το είδος της παγκόσμιας βλάστησης επηρεάζεται από τα αντίστοιχα εδάφη και μαζί με αυτά προσδιορίζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος στη γη. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί η παραγωγικότητα του εδάφους σε συνδυασμό με τη ύπαρξη νερού αποτελούν τις δύο βασικές προϋποθέσεις για την παραγωγή τροφής για τον άνθρωπο. Όλοι οι πολιτισμοί του ανθρώπου στην ιστορία αναπτύχθηκαν σε περιοχές που πληρούσαν τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Στο Σχήμα 1.6 παρουσιάζεται η παγκόσμια ταξινόμηση των εδαφών σύμφωνα με την Soil Conservation Service του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α.. Οι έντεκα κατηγορίες εδαφών παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3. μαζί με τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Κάθε κατηγορία εδάφους

προσδιορίζεται από την παρουσία ενός χαρακτηριστικού ορίζοντα, που έχει έναν μοναδικό συνδυασμό φυσικών (χρώμα, δομή, υφή) ή χημικών ιδιοτήτων. Η πρώτη και πολυπληθέστερη κατηγορία περιλαμβάνει επτά τύπους εδαφών με πολύ καλά αναπτυγμένους εδαφικούς ορίζοντες. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μόνο έναν τύπο εδάφους ο οποίος είναι εξαιρετικά πλούσιος σε οργανικό υλικό. Τέλος η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τρεις τύπους εδαφών με υποτυπώδη ή μηδενική ανάπτυξη εδαφικών οριζόντων.



Σχήμα 1.6: Η παγκόσμια κατανομή των εδαφών
 (Soil Conservation Science, U.S. Department of Agriculture).

Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζονται τα συστήματα ταξινόμησης των εδαφών σύμφωνα με την παραγωγική τους δυναμική. Γενικά, οι κατηγορίες I-IV μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαδοχικές καλλιέργειες ενώ οι κατηγορίες V-VIII δεν είναι κατάλληλες για διαδοχικές καλλιέργειες..

Πίνακας 1.3: Η παγκόσμια ταξινόμηση των εδαφών σύμφωνα με την Soil Conservation Service του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α.

ΟΜΑΔΑ 1^η	
Εδάφη με πολύ καλά ανεπτυγμένους εδαφικούς ορίζοντες ή με πλήρως αποσαθρωμένα υλικά. Προκύπτουν από την ύπαρξη σταθερών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα στο έδαφος.	
Oxisols	Πολύ παλιά, υψηλά αποσαθρωμένα εδάφη περιοχών με μικρό γεωγραφικό πλάτος. Ο εδαφικός ορίζοντας που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια χαρακτηρίζεται από την υψηλή συγκέντρωση οξειδίων. Είναι εδάφη με χαμηλή δυναμικότητα.
Ultisols	Εδάφη στις περιοχές του ισημερινού και των τροπικών και υποτροπικών ζωνών, με έναν ορίζοντα υψηλής συγκέντρωσης αργίλου κάτω από την επιφάνεια. Αποτελούν εδάφη χαμηλής δυναμικότητας.
Vertisols	Εδάφη των υποτροπικών και τροπικών ζωνών με υψηλά ποσοστά αργίλου και μεγάλη δυναμικότητα. Αναπτύσσονται σε μεγάλο βάθος και δημιουργούν χαρακτηριστικές ρωγμές όταν ξεραίνονται.
Alfisols	Χαρακτηριστικά εδάφη υγρών (humid) κλιμάτων με έναν ορίζοντα υψηλής συγκέντρωσης αργίλου κάτω από την επιφάνεια. Αποτελούν εδάφη υψηλής δυναμικότητας και απαντώνται σε περιοχές από τον ισημερινό μέχρι τις υπαρκτικές ζώνες.
Spodosols	Εδάφη ψυχρών και υγρών κλιμάτων με πολύ καλά ανεπτυγμένο τον εδαφικό ορίζοντα Β. Είναι εδάφη χαμηλής δυναμικότητας.
Mollisols	Εδάφη εύκρατων κλιμάτων που αναπτύσσονται σε περιοχές με μέσω γεωγραφικό πλάτος. Χαρακτηρίζονται από έναν σκουρόχρωμο επιφανειακό ορίζοντα πλούσιο σε μερικώς διασπασμένα οργανικά υλικά (humus). Είναι εδάφη με πολύ υψηλή δυναμικότητα.
Aridisols	Εδάφη ξηρών κλιμάτων φτωχά σε οργανικά υλικά. Συνήθως υπάρχουν εδαφικοί ορίζοντες με υψηλή συγκέντρωση ασβεστιτικού υλικού και διαλυμένων αλάτων.
ΟΜΑΔΑ 2^η	
Εδάφη με μεγάλη αναλογία οργανικού υλικού.	
Histosols	Εδάφη με καλά ανεπτυγμένο επιφανειακό στρώμα πολύ πλούσιο σε οργανικά υλικά.
ΟΜΑΔΑ 3^η	
Εδάφη με μερικώς ανεπτυγμένους ή καθόλου εδαφικούς ορίζοντες.	
Entisols	Εδάφη προσφάτως σχηματισμένα στα οποία απουσιάζουν χαρακτηριστικοί εδαφικοί ορίζοντες.
Inceptisols	Εδάφη με ασθενώς ανεπτυγμένους εδαφικούς ορίζοντες, στους οποίους το προϋπάρχον υλικό υπόκειται περαιτέρω αποσάθρωση.
Andisols	Εδάφη με ασθενώς ανεπτυγμένους εδαφικούς ορίζοντες, στους οποίους μεγάλο ποσοστό προϋπάρχοντος υλικού προέρχεται από εκρήξεις ηφαιστειών.

Πίνακας 1.4: Συστήματα ταξινόμησης των εδαφών σύμφωνα με την παραγωγική τους δυναμική (William, 1998).

Κατηγορία	Έδαφος - Χαρακτηριστικά
I	Πολύ καλό και παραγωγικό έδαφος. Μπορεί να καλλιεργηθεί με ασφάλεια και εύκολα, λαμβάνοντας ελάχιστα μέτρα ελέγχου της διάβρωσης.
II	Καλής ποιότητας έδαφος για όλα τα είδη καλλιέργειας Μπορεί να διαθέτει μία ομαλή κλίση και να υποφέρει από τις επιδράσεις παρελθοντικής διάβρωσης, ενώ θα έχει λιγότερο από το ιδανικό εδαφικό βάθος. Μπορεί να έχει κάποια προβλήματα αποστράγγισης, τα οποία όμως να βελτιωθούν με την εγκατάσταση αποστραγγιστικών συστημάτων. Η κατηγορία αυτή απαιτεί προσεκτικό χειρισμό του εδάφους για να εμποδίσουμε και τις καταστροφές που θα προκαλέσει η διάβρωση.
III	Μέτριο έως καλό έδαφος. Μπορεί να καλλιεργείται τακτικά αλλά παρουσιάζει κάποιους σοβαρούς περιορισμούς. Μπορεί να έχει μέτρια κλίση το έδαφος και συνεπώς να είναι ιδιαίτερα επιρρεπές στη διάβρωση. Πιθανόν να υπέστη ήδη σοβαρή διαβρωτική βλάβη. Ίσως παρουσιάσει προβλήματα αποστράγγισης. Η κατηγορία αυτή πρέπει να καλλιεργείται με μεγάλη προσοχή και έλεγχο της διάβρωσης.
IV	Παρουσιάζει σοβαρούς περιορισμούς αλλά μπορεί να καλλιεργηθεί κατόπιν προσεκτικών χειρισμών του εδάφους. Αυτή η κατηγορία εδάφους μπορεί να έχει μεγάλη κλίση και να υπόκειται σε σημαντική διάβρωση. Πιθανόν, στο παρελθόν να υπέστη σοβαρή διάβρωση.
V	Έχει κάποια εδαφικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν ακατάλληλο για καλλιέργεια.. Πιθανόν να είναι πολύ υγρά, πολύ ξηρά ή πολύ βραχώδη. Οι βαλτώδεις εκτάσεις συχνά ανήκουν στην κατηγορία αυτή.
VI	Παρουσιάζει σοβαρούς περιορισμούς καθώς το έδαφος συχνά είναι πετρώδες ή διαθέτει πολύ μικρό πάχος εδάφους για χρήση
VII	Αναφέρεται σε εδάφη με εξαιρετικά περιορισμένες ιδιότητες. Μπορεί να παρουσιάζουν απότομη κλίση ή να είναι ιδιαίτερα διαβρωμένα.
VIII	Παρουσιάζει τους πλέον σοβαρούς περιορισμούς χρήσης. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να οφείλονται σε βραχώδη έκταση ή σε μία περιοχή με σχεδόν συμπαγή επιφανειακά πετρώματα.

1.3 Ο οικολογικός, κοινωνικός και οικονομικός ρόλος του εδάφους

Το έδαφος αποτελεί το υπόβαθρο για μεγάλο αριθμό λειτουργιών του οικοσυστήματος του πλανήτη και εξαιτίας του πολύ αργού μηχανισμού δημιουργίας του, είναι πρακτικά μη ανανεώσιμος πόρος. Γενικά, το έδαφος μας εξασφαλίζει τροφή, βιομάζα και πρώτες ύλες. Χρησιμεύει ως πλαίσιο για τις δραστηριότητές μας, υπεισέρχεται στη διαμόρφωση του τοπίου, αποτελεί συνιστώσα του φυσικού πλούτου και διαδραματίζει κεντρικό ρόλο ως παρακαταθήκη ενδιαιτημάτων και γονιδίων. Το έδαφος αποθηκεύει, διηθεί και μετασχηματίζει πολλές ουσίες, μεταξύ των οποίων νερό, θρεπτικά συστατικά και άνθρακα. Όλες αυτές οι λειτουργίες πρέπει να προστατεύονται λόγω της κοινωνικοοικονομικής και περιβαλλοντικής τους σημασίας. Ειδικότερα (Πηγή: Prosodol) :

- Αποτελεί το υπόβαθρο ανάπτυξης ζωντανών οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των φυτικών ειδών (καλλιέργειες, φυσική βλάστηση, δάση).
- Αποτελεί ένα σύνθετο "ζωντανό" σύστημα, στο οποίο νεκρά φυτά, ζώα και άλλα οργανικά απόβλητα αποικοδομούνται και σε συνδυασμό με ανόργανα συστατικά που είτε βρίσκονται στο έδαφος, είτε δεσμεύονται από την ατμόσφαιρα, είτε μεταφέρονται με άλλους τρόπους τροφοδοτούν το μηχανισμό επαναδημιουργίας φυτικής μάζας και συντήρησης της ζωής.
- Παίζει πρωτεύοντα ρόλο σε οικολογικές λειτουργίες ζωτικές για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, όπως ο κύκλος του νερού, οι κύκλοι των θρεπτικών στοιχείων, οι κύκλοι του άνθρακα, του αζώτου, του θείου, του φωσφόρου και των αερίων του θερμοκηπίου.
- Αποτελεί βασικό παράγοντα στο φιλτράρισμα των υπογείων και βρόχινων υδάτων.
- Αποτελεί βασικό παράγοντα στη συγκράτηση πλημμυρών.
- Αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα για τη μετατροπή και μετακίνηση ουσιών μεταξύ ατμόσφαιρας – υπογείων υδάτων – φυτών. Τα μακροθρεπτικά συστατικά και ορισμένα μέταλλα που περιέχει αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο στην ανάπτυξη της χλωρίδας. Τα μικροθρεπτικά συστατικά, όπως τα μέταλλα: ο σίδηρος, το βόριο, ο χαλκός, το μαγγάνιο, το μολυβδαίνιο, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το νάτριο και το βανάδιο, είναι απαραίτητα σε πολύ μικρές ποσότητες για τη φωτοσύνθεση και σε ενζυμικές λειτουργίες βιολογικών οργανισμών.
- Ευνοεί την βιοποικιλότητα.
- Αποτελεί την πλατφόρμα για πλήθος δραστηριοτήτων του ανθρώπου, ενώ είναι και από τα κύρια συστατικά του τοπίου που μας περιβάλλει.
- Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της γεω-οικονομικής και πολιτισμικής κληρονομιάς του ανθρώπου.
- Αποτελεί πηγή πρώτων υλών, νερού και ενέργειας (βιομάζα).

- Είναι το μέσο στο οποίο καλλιεργείται το 99% των τροφίμων για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε άμεσα ως φυτικά προϊόντα, είτε έμμεσα μέσω της ζωικής παραγωγής ενώ αποτελεί και το μέσο όπου παράγεται με φυσικό τρόπο το 100% της τροφής της άγριας πανίδας.

Οι λειτουργίες αυτές του εδάφους το καθιστούν ένα πολύτιμο οικολογικό, κοινωνικό και οικονομικό πόρο και είναι αυτές που προσδιορίζουν την αναγκαιότητα για τη διαφύλαξή του.

1.4 Υποβάθμιση του εδάφους

Η έννοια της υποβάθμισης του εδάφους «υποδηλώνει τη μειωμένη ικανότητα του εδάφους να υποστηρίζει με θρεπτικά στοιχεία τα φυτά, ως αποτέλεσμα της έκπλυσης και της διάβρωσης του, της ατελούς ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων, της μειωμένης εδαφικής βιοποικιλότητας, της μειωμένης περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία, του κακού αερισμού και της ύπαρξης υψηλής υπεδάφιας στάθμης νερού» (Oldeman, 1992).

Η υποβάθμιση αυτή προκαλείται από φυσική, χημική ή βιολογική καταπόνηση του εδάφους λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικότητας και της ωφελιμότητας του εδάφους. Η φυσική υποβάθμιση περιλαμβάνει διαδικασίες όπως η διάβρωση (λόγω νερού ή αέρα) και η ερημοποίηση καθώς και τα φαινόμενα συμπίεσης, καταστροφής της δομής, υπερβολικής υγρασίας, δημιουργίας αεροστεγών επιφανειών (σφράγιση) και κρούστας. Η χημική υποβάθμιση περιλαμβάνει, κατά κύριο λόγο, την επιβάρυνση του εδάφους με ρύπους, την αύξηση της οξύτητάς του (οξίνιση), την αλάτωση ή/και την αλκαλίωση, τις ανεπιθύμητες αλλαγές σε περιεχόμενο θρεπτικών υποστρωμάτων και τη μείωση της ρυθμιστικής ικανότητας του εδάφους.

Η βιολογική υποβάθμιση αφορά στην ανισορροπία των βιολογικών δραστηριοτήτων λόγω απωλειών της οργανικής ύλης και της βιοποικιλότητας. Η οργανική ύλη και η βιοποικιλότητα μπορεί να μειώνονται λόγω διάβρωσης ή ρύπανσης, έχοντας αρνητική επίδραση στις εδαφικές λειτουργίες π.χ. τον έλεγχο ροής υδάτων και αερίων (Πηγή: Prosodol). Ο βαθμός υποβάθμισης του κάθε εδάφους εξαρτάται από την ανοχή του στις διαδικασίες υποβάθμισης (βάσει των εγγενών χαρακτηριστικών του), τη χρήση της γης και τη διάρκεια χρήσης.

Η αγροτική χρήση είναι μέρος του προβλήματος της υποβάθμισης τους εδάφους, καθώς συνδέεται με φαινόμενα διάβρωσης, αλάτωσης, συμπίεσης και μείωσης της οργανικής ύλης. Η εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής και υπερ-συγκομιδής, το υπερβολικό σκάψιμο

εύθραυστων εδαφών, η συνεχής χρήση μηχανημάτων, το πότισμα με ακατάλληλο νερό, είμαι μερικές από τις μη βιώσιμες γεωργικές πρακτικές που μπορούν να επιταχύνουν την απώλεια εδάφους μέσω διάβρωσης.

Το έδαφος δεν αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο αφού οι διαδικασίες σχηματισμού του εξελίσσονται με εξαιρετικά αργό ρυθμό. Μέσα από τις προαναφερθείσες διεργασίες δεν απειλείται μόνο η εγγενής και οικολογική του αξία, αλλά και οι κοινωνικο - οικονομικές λειτουργίες που επιτελεί, για αυτό και η έννοια της προστασίας του εδάφους πρέπει να περιλαμβάνει εκτός από το ίδιο το έδαφος και το ρόλο του σαν μέρος ενός ζωντανού και λειτουργικού οικοσυστήματος.

1.5 Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελούν τα τελευταία χρόνια ένα σημαντικό αντικείμενο ενδιαφέροντος της επιστημονικής έρευνας. Η σημερινή δυνατότητα του ανθρώπου να επηρεάζει την εξέλιξη του περιβάλλοντος, επιδρά άμεσα στη σχέση που τους συνδέει.

Στην περίπτωση του εδάφους, το φαινόμενο της διάβρωσης αποτελεί την εκδήλωση μιας διαδικασίας υποβάθμισής του, που προκαλεί επώδυνα επακόλουθα στις κοινωνίες. Ο άνθρωπος θεωρείται ως ο κύριος υπεύθυνος των διαβρωτικών φαινομένων, μέσω των γεωργικών πρακτικών που εφαρμόζει, σε συνδυασμό με τους φυσικούς παράγοντες (νερό – αέρας).

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής πλαισιώνεται από τους εξής βασικούς θεματικούς άξονες:

- η κατανόηση της οικονομικής, κοινωνικής και οικολογικής σημασίας τους εδάφους,
- η παρουσίαση της διαδικασίας διάβρωσης του εδάφους από γεωργικές πρακτικές,
- η αποτύπωση της κατάστασης των διαβρωτικών φαινομένων από γεωργικές πρακτικές, στην Ελλάδα, στην Κύπρο και στην Ευρώπη γενικότερα,
- η καταγραφή της στρατηγικής για το έδαφος που προωθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσα από κώδικες ορθής γεωργικής και καλλιεργητικής πρακτικής και τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας εδαφών.

Διάβρωση του Εδάφους και η Επίδραση της Ελληνικής Γεωργίας στο φαινόμενο αυτό

2.1 Διάβρωση του Εδάφους

2.1.1 Ορισμός και Χαρακτηριστικά Διάβρωσης

Διάβρωση του εδάφους είναι το φυσικό γεωλογικό φαινόμενο κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση της επιφανειακής στρώσης του εδάφους (κυρίως της αργίλου), ως αποτέλεσμα της δράσης του νερού ή του αέρα (φυσική ή γεωλογική διάβρωση) και η απόθεση της σε άλλα σημεία του επιφανειακού ορίζοντα των εδαφών ή στη θάλασσα, ο ρυθμός του οποίου επιταχύνεται από τις παρεμβάσεις του ανθρώπου στη φύση μέσω ακατάλληλων πρακτικών διαχείρισης ("επιταχυνόμενη" ή ανθρωπογενή διάβρωση) (SoCo Project Team, 2009).

Η κύρια συνέπεια της διαδικασίας της διάβρωσης, είναι η απώλεια της πιο γόνιμης επιφανειακής στιβάδας στην οποία υπάρχει η υψηλότερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων και η αποκάλυψη ενός λιγότερου παραγωγικού υπεδάφους το οποίο έχει μειωμένη ικανότητα να συγκρατεί και να ανακυκλώνει, να απορροφά και να αποθηκεύει τα θρεπτικά στοιχεία και να διευκολύνει την κυκλοφορία του νερού και του αέρα (SoCo Project Team, 2009) .



Σχήμα 2.1: Εικόνες που παρουσιάζονται εδάφη που έχουν υποστεί διάβρωση.

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας της διάβρωσης είναι το μεγάλο εύρος ταχυτήτων που παρουσιάζει στο ρυθμό εξέλιξης του φαινομένου. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα της τάξεως μερικών ωρών να έχει απομακρυνθεί ή καταστραφεί στρώμα εδάφους για το οποίο χρειάστηκαν εκατοντάδες χρόνια για να δημιουργηθεί. Με δεδομένο ότι το έδαφος είναι ουσιαστικά ένας μη ανανεώσιμος πόρος, αφού ο ρυθμός διαδικασίας αναγέννησης ή δημιουργίας εδάφους είναι πολύ αργός, οποιαδήποτε απώλεια εδάφους με ρυθμό μεγαλύτερο από 1 τόνο/εκτάριο/χρόνο θεωρείται μη αναστρέψιμη για ένα διάστημα 50-100 ετών για το οικοσύστημα που την υφίσταται (Gobin 2003, Huber et al 2008).

Η διάβρωση του εδάφους, όπως αναφέρθηκε υποβαθμίζει την παραγωγικότητά του και το οδηγεί στην ερημοποίηση ακολουθώντας τα εξής στάδια:

1. Αραίωση της φυτοκάλυψης του εδάφους
2. Μείωση της οργανικής ουσίας και υποβάθμιση της δομής του εδάφους
3. Διασπορά των συσσωματωμάτων και σχηματισμός επιφανειακής κρούστας
4. Επιφανειακή απορροή ομβρίων υδάτων και μεταφορά εδαφικού υλικού προς τα κάτω
5. Ακραία μορφή υποβάθμισης της παραγωγικότητας του εδάφους - Ερημοποίηση

Η ερημοποίηση εδαφών είναι ένα γενικότερο φαινόμενο κατά το οποίο μεγάλες περιοχές γης μετατρέπονται σε άγονες αμμώδεις εκτάσεις από έλλειψη νερού, υπερβολική καλλιέργεια εδαφών που προέκυψαν από εκκαθάριση δασών, επικλινείς εκτάσεις που δεν προστατεύονται με αναχώματα, και εκκαθάριση θάμνων, δένδρων και βλάστησης με ανεξέλεγκτη κτηνοτροφική εκμετάλλευση. Τα εδάφη αυτά μετά από γεωργική εκμετάλλευση με παρατεταμένη ξηρασία χάνουν τη συνεκτικότητα των συστατικών τους, υπάρχει μεγάλη απώλεια θρεπτικών συστατικών και οργανική ύλη, με αποτέλεσμα η ποιότητα υποβαθμίζεται και πολύ γρήγορα μετατρέπονται σε άγονες αμμώδεις εκτάσεις (International Soil Reference Centre (ISRIC) 2000).

2.1.2 Επιπτώσεις από τη διάβρωση των εδαφών

Η διάβρωση των εδαφών αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα, αφού τα αλυσιδωτά οικολογικά προβλήματα που δημιουργεί έχουν ως άμεση συνέπεια και οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Αναφέρονται ενδεικτικά τα κυριότερα από αυτά:

➤ **Μείωση παραγωγικότητας του εδάφους**

Στα επιφανειακά 30 cm του εδάφους υπάρχει υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών και οργανικής ουσίας και εκεί δρουν σε εντονότερο βαθμό οι εδαφογενετικές συνιστώσες. Με την απομάκρυνση του πιο γόνιμου επιφανειακού στρώματος του εδάφους, οι εκτάσεις καθίστανται σταδιακά άγονες και ακατάλληλες για υποστήριξη καλλιεργειών. Η ακραία μορφή υποβάθμισης της παραγωγικότητας του εδάφους οδηγεί σε ερημοποίηση με άμεση συνέπεια και την καταστροφή του φυσικού τοπίου και η πτώση της αξία της γης.

➤ **Ρύπανση επιφανειακών υδάτων**

Άμεση συνέπεια της διάβρωσης των εδαφών είναι η ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών της απόθεσης των μεταφερόμενων εδαφικών υλικών, τα οποία φέρουν αγροχημικές ουσίες, φυτοφάρμακα και λιπάσματα. Έτσι παρατηρούνται φαινόμενα ευτροφισμού στους υδάτινους αποδέκτες, αυξάνεται η θολότητα των επιφανειακών υδάτων ενώ επηρεάζονται τα υδάτινα οικοσυστήματα και η βιοποικιλότητα.

➤ **Έμμεσες οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες**

Τόσο η μείωση παραγωγικότητας του εδάφους όσο και η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων έχει άμεσες οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες όπως: την εγκατάλειψη της υπαίθρου λόγω της μειωμένης οικονομικής απόδοσης της γης και τη μείωση της αλιείας (Oldeman 1998, Scherr 1999).

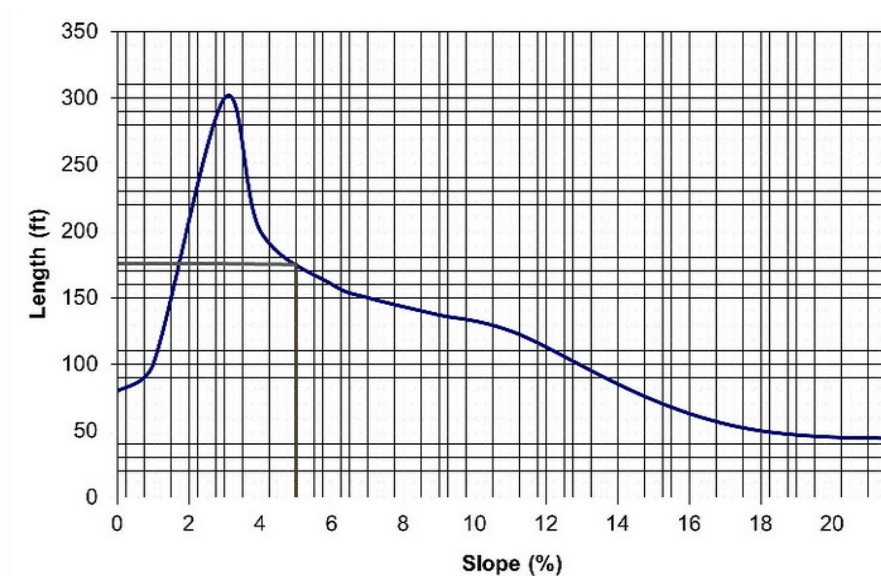
2.1.3. Παράγοντες Διάβρωσης

Οι παράγοντες που επιδρούν στο ρυθμό διάβρωσης των εδαφών είναι:

Το κλίμα: Το κλίμα επιδρά ως παράγοντας διάβρωσης μέσω του ύψους και της έντασης της βροχόπτωσης. Η ένταση της βροχόπτωσης εκφράζεται σε χιλιοστά ύψους νερού που πέφτουν σε χρονική διάρκεια μίας ώρας (mm/h). Υψηλό ύψος βροχόπτωσης μικρής έντασης προκαλεί μικρή διάβρωση ενώ χαμηλό ύψος βροχόπτωσης υψηλής έντασης προκαλεί έντονα φαινόμενα διάβρωσης (Μήτσιος 1995). Συνεπώς μεγαλύτερη σημασία έχει η ένταση παρά το ύψος βροχόπτωσης. Η ένταση της βροχής επηρεάζει και τη ποσότητα των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών αλλά και την ένταση της απορροής όταν η ικανότητα διήθησης του εδάφους είναι περιορισμένη (Βάλμης 1990).

Η κλίση του εδάφους: Ο βαθμός κλίσης του εδάφους επηρεάζει την ταχύτητα διάβρωσής του και επομένως εδάφη με μεγαλύτερη και απότομη κλίση παρουσιάζουν πιο έντονα διαβρωτικά φαινόμενα. Όσο πιο απότομη η κλίση του εδάφους, τόσο περισσότερο χώμα ωθείται προς τα κάτω και τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το νερό που κινείται προς τα κάτω. Το μήκος της κλίσης παίζει

επίσης σημαντικό ρόλο στα φαινόμενα διάβρωσης. Αύξηση του μήκους κλίσης συνεπάγεται αύξηση του όγκου του δεχόμενου νερού και επομένως αύξηση της ταχύτητας απορροής των νερών, εφόσον η υδατοϊκανότητα του εδάφους είναι περιορισμένη. Στον Πίνακα 2.1 καταγράφονται οι κλίσεις του εδάφους σε συνάρτηση με το επίπεδο διάβρωσης.



Σχήμα 2.2: Γραφική παράσταση μήκους κλίσης και βαθμού κλίσης (Πηγή: United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS)).

Πίνακας 2.1: Χαρακτηρισμός διάβρωσης σε συνάρτηση με την κλίση του εδάφους (Συλλαίος).

Κλίση (%)	Χαρακτηρισμός Διάβρωσης
0-2	Δεν υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης – Επίπεδο έδαφος – Επιτρέπεται η καλλιέργεια.
2-5	Ελαφριά Διάβρωση – Ελαφριά κεκλιμένο έδαφος – Επιτρέπεται η καλλιέργεια.
5-15	Μέτρια αύξηση κινδύνου της διάβρωσης – Μέτρια κεκλιμένο έδαφος - Επιτρέπονται πολυετείς καλλιέργειες.
15-20	Ισχυρή διάβρωση – Αρκετά κεκλιμένο έδαφος.

Η βλάστηση: Η βλάστηση είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την πρόληψη ή ακόμα και τη μείωση του ρυθμού διάβρωσης τους εδάφους μέσα από τις εξής διαδικασίες (Συλλαίος):

- Παρεμποδίζει τη πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στο έδαφος.

- Μειώνει την ταχύτητα απορροής του νερού
- Βελτιώνει τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους αφού συνενώνει τα εδαφικά σωματίδια μέσω των ριζών και το καθιστά πιο σταθερό και μειώνει την υγρασία του εδάφους έτσι ώστε περισσότερο νερό από μία ενδεχόμενη έντονη βροχόπτωση να διεισδύσει σε αυτό.

Το μειωμένο ποσοστό της φυτοκάλυψης και η απομάκρυνση της βλάστησης έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της οργανικής ύλης η οποία προσδίδει σταθερότητα στα συσσωματώματα του εδάφους.

Οι ιδιότητες των εδαφών: Οι ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν το φαινόμενο της διάβρωσης είναι η διηθητικότητα, η διαπερατότητα και η υδατοϊκανότητα που έχουν σχέση με το πορώδες του εδάφους, δηλαδή κατά πόσο έχει το έδαφος την ικανότητα να διηθεί το νερό της βροχής ούτως ώστε μεγάλος όγκος νερού να μην απορρέει παρασύροντας εδαφικά τεμαχίδια και η σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων που σχετίζεται με την οργανική ουσία, τη βιολογική δραστηριότητα και τη μηχανική σύσταση (κυρίως τον τύπο της αργίλου) του εδάφους.

2.2 Είδη Διάβρωσης

Η διάβρωση του εδάφους ανάλογα το αίτιο το οποίο την προκαλεί διακρίνεται σε (α) υδατική, (β) αιολική και (γ) μηχανική διάβρωση. Η υδατική διάβρωση προκαλείται από το νερό που απορρέει μετά από μια ισχυρή βροχή στην επιφάνεια του εδάφους και παρασύρει τα εδαφικά τεμαχίδια. Η αιολική διάβρωση προκαλείται από τη διαβρωτική ενέργεια που αναπτύσσουν οι άνεμοι κατά την κίνησή τους πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η μηχανική διάβρωση είναι το αποτέλεσμα από την δραστηριότητα του ανθρώπου που εκθέτει το έδαφος στην επίδραση της βροχής ή του ανέμου ή αυξάνει την ποσότητα και την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής και οφείλεται στην υποβάθμιση ή πλήρη καταστροφή των δασών, σε ακατάλληλες καλλιεργητικές πρακτικές ή άλλες αγροτικές δραστηριότητες και σε επεμβάσεις στο φυσικό ανάγλυφο ή την κάλυψη του εδάφους.

2.2.1 Υδατική Διάβρωση

Κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης η κάθε σταγόνα με την κινητική της ενέργεια (μέγεθος - ταχύτητα) προσκρούει στα εδαφικά συσσωματώματα και απορροφάται από αυτά με αποτέλεσμα να διαχωρίζονται και να διασπώνται. Τα μικρότερα σωματίδια που προκύπτουν κατά τη διάσπαση διηθούνται στον επιφανειακό ορίζοντα του εδάφους, γεμίζοντας τα κενά εδαφικών πόρων καθιστώντας την εδαφική επιφάνεια λιγότερο διαπερατή ενώ τα μεγαλύτερα παρασύρονται από την απορροή καταστρέφοντας την υπάρχουσα δομή του εδάφους και καθιστώντας το λιγότερο

παραγωγικό και αρόσιμο. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, την τοπογραφία και τα χαρακτηριστικά της βροχής, η υδατική διάβρωση εμφανίζεται με διάφορες μορφές.

Επιφανειακή Διάβρωση: Η επιφανειακή διάβρωση ξεκινά με την πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους, με ταχύτητα που φθάνει τα 30 χλμ./ώρα. Η ενέργεια των σταγόνων της βροχής έχει σαν αποτέλεσμα:

- την εκτίναξη των λεπτών εδαφικών τεμαχιδίων προς όλες τις κατευθύνσεις,
- το σπάσιμο των συσσωματωμάτων
- την απόσπαση από αυτά μικρών τεμαχιδίων εδάφους
- την απομάκρυνση τους από την επιφάνεια του εδάφους ή την απόθεση τους σε κάποιο άλλο σημείο



Σχήμα 2.3: Επιφανειακή διάβρωση, με μεταφορά εδαφικού υλικού από όλη την επιφάνεια του εδάφους.

Στη συνέχεια και σε κάποια χρονική στιγμή, το έδαφος αδυνατεί να συγκρατήσει το νερό της βροχής τότε αρχίζει η επιφανειακή απορροή σε μορφή υδάτινης στιβάδας. Σε αυτό το στάδιο προκαλείται διάβρωση και από τις δίνες που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της επιφανειακής απορροής του νερού. Οι δίνες αυτές σχηματίζονται συνήθως 10 εκ. μακρύτερα από το σημείο πρόσκρουσης της σταγόνας και με διεύθυνση το χαμηλότερο σημείο της κλίσης. Το νερό απορροής παρασύρει συνήθως σε αιώρηση τα τεμαχίδια της αργίλου, ενώ με διεργασίες αναπήδησης, κύλισης και ολίσθησης παρασύρει τα τεμαχίδια της άμμου και της ιλύος. Στην περίπτωση ομοιόμορφης βροχόπτωσης η απορροή σε μορφή στιβάδας είναι ταχύτερη σε μια απότομη κλίση από ότι σε μια άλλη πιο ομαλή. Η δύναμη διάβρωσης του κινούμενου νερού εξαρτάται από το βάθος και την ταχύτητα. Το μέγεθος, το σχήμα κι η πυκνότητα των τεμαχιδίων επηρεάζουν το ποσό του φορτίου που μεταφέρεται από το νερό για αυτό και η απομάκρυνση του εδαφικού υλικού από το νερό απορροής είναι εκλεκτική και κλασματική. Τα αμμώδη εδάφη έχουν μεγάλο μέγεθος και

μετακινούνται δύσκολα έτσι παραμένουν στην επιφάνεια και σχηματίζουν ένα κάλυμμα που προστατεύει το έδαφος της επιφάνειας ενώ συγχρόνως παρουσιάζουν μεγάλη διηθητικότητα. Τα αργιλώδη εδάφη είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση από νερό γιατί αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις συνοχής και συνάφειας μεταξύ των τεμαχιδίων της αργίλου (Συλλαίος).

Αυλακωτή διάβρωση: Κατά τη αυλακωτή διάβρωση δημιουργούνται πολλαπλά αβαθή αυλάκια με την εμφάνιση της επιφανειακής απορροής σε πρόσφατα καλλιεργημένες εκτάσεις. Τα αυλάκια αυτά είναι μικρά ρυάκια που με το τρεχούμενο νερό, διακόπτουν την επιφάνεια του εδάφους. Η επιφανειακή απορροή υδάτων δημιουργείται, όταν το έδαφος δεν μπορεί να συγκρατήσει το νερό της βροχής λόγω της έντονης ταχύτητας βροχόπτωσης. Με αυτό τον τρόπο, κατά την καθοδική κίνηση του νερού, εδαφικά σωματίδια παρασέρνονται δημιουργώντας αυλάκια. Είναι προφανές ότι αν η κλίση του εδάφους είναι απότομη ή εκτείνεται σε μεγάλο μήκος, τα αυλάκια μπορεί να γίνουν ιδιαίτερα μεγάλα (William 1998). Η ταχύτητα ροής του νερού είναι ο κύριος παράγοντας που μπορεί να μετατρέψει την επιφανειακή διάβρωση σε αυλακωτή. Η αύξηση της ταχύτητας οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού διάβρωσης των διαδρομών ροής και κατεπέκταση στην αύξηση της διερχόμενης ποσότητας νερού. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνει χώρα η πλευρική διάνοιξη των πλευρικών τοιχωμάτων και η συνένωση αυλακώσεων, με την εξαφάνιση της μεταξύ τους διαχωριστικής λωρίδας εδάφους, που οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού διάβρωσης. Οι αυλακώσεις έχουν βάθος που μπορεί να φθάσει περίπου μέχρι 32 εκ. και τα τοιχώματά τους είναι κάθετα για ένα διάστημα, αλλά το σχήμα τους αλλάζει λόγω κατακρήμνισης υλικού μετά από μια μέσου ύψους βροχόπτωση. Συνήθως ακόμη και σε ήπιες βροχές τα τοιχώματα των αυλακώσεων διαβρώνονται και με τον τρόπο αυτό κάθε βροχή προκαλεί διάνοιξή τους σε βάθος και πλάτος. Οι εργασίες καλλιέργειας και το όργωμα μπορούν να διακόψουν την εξέλιξη της αυλακωτής διάβρωσης αλλά αν οι συνθήκες παραμένουν οι ίδιες, η αυλακωτή διάβρωση θα αρχίσει και πάλι τη δράση της. Η αυλακωτή διάβρωση μπορεί να είναι ο πρόδρομος της χαραδρωτικής διάβρωσης ή να είναι μια μόνιμη κατάσταση. Αυτό εξαρτάται από:

- την κατανομή του νερού απορροής (επαρκής απορροή η οποία δεν δημιουργεί προϋποθέσεις συγκέντρωσης)
- το σχήμα της κλίσης (κυρτή ή κοίλη) (όταν η κλίση είναι κοίλη οδηγεί σε μεγαλύτερη συγκέντρωση του νερού τότε οι γειτονικές αυλακώσεις θα συνδεθούν πλευρικά και θα αρχίσει το πρώτο στάδιο της χαραδρωτικής διάβρωσης – όταν η κλίση είναι κυρτή τότε αναμένεται κανονική κατανομή της βροχής στις αυλακώσεις)
- τη βλάστηση (μειώνουν την ταχύτητα του νερού γεγονός που μπορεί να περιορίσει την ένταση της διάβρωσης σε μεγάλο βαθμό και σε οποιοδήποτε σημείο της κλίσης),

- το διαθέσιμο φορτίο (υλικό που μπορεί να μεταφερθεί από το νερό, η ύπαρξη μεγάλου όγκου διαθέσιμου φορτίου στην επιφάνεια της κλίσης περιορίζει την ικανότητα διάβρωσης)
- τη διηθητικότητα του εδάφους (μεγάλη διηθητικότητα μειώνει τον όγκο του νερού απορροής).



Σχήμα 2.4: Αυλακωτή διάβρωση σε επικλινή εδάφη.



Σχήμα 2.5: Χαραδρωτική διάβρωση.

Χαραδρωτική διάβρωση: Ο τύπος της χαραδρωτικής διάβρωσης δημιουργείται από το νερό απορροής το οποίο βρίσκεται σε υψηλό ποσοστό συγκέντρωσης. Ουσιαστικά αυτός ο τύπος υδατικής διάβρωσης αποτελεί μία διεργασία σχηματισμού χαράδρωσης που επιταχύνεται με την παρουσία περισσότερου νερού που εισέρχεται στις χαραδρώσεις. Η χαραδρωτική διάβρωση μπορεί να φθάσει ή να ξεπεράσει το βάθος του μητρικού υλικού για αυτό και θεωρείται τοπικά η πιο καταστρεπτική. Η διάκριση της χαράδρας από την αυλάκωση είναι χρήσιμη για την εφαρμογή μέτρων προστασίας ή βελτίωσης. Οι βασικές διαφορές μεταξύ μιας χαράδρας και μιας αυλάκωσης είναι: (1) οι μικρότερες διαστάσεις της αυλάκωσης (μέγιστο 30 εκ. πλάτος και 40-45 εκ. βάθος), (2) η αναγέννηση που παρατηρείται μετά από κάθε βροχή στις αυλακώσεις και η μικρή επίδραση στο σχήμα των χαραδρών και (3) τα πλάγια τοιχώματα μιας αυλάκωσης είναι κάθετα, ενώ μιας χαράδρας κεκλιμένα. Το πλάτος και το βάθος μιας χαράδρας, σε κατά πλάτος τομή, έχουν σχέση

1:1. Στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης συμβαίνει το αντίθετο. Το πλάτος μιας αυλάκωσης είναι συνήθως μεγαλύτερο του βάθους, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν κι περιπτώσεις που η διαφορά αυτή είναι μικρή (Συλλαίος).

2.2.2 Αιολική Διάβρωση

Με τον όρο αιολική διάβρωση εννοείται η διαβρωτική ενέργεια που αναπτύσσουν οι άνεμοι κατά την κίνησή τους πάνω στην επιφάνεια της Γης, τροποποιώντας έτσι την εξωτερική μορφή των διάφορων πετρωμάτων, κυρίως στις ερημικές θερμές περιοχές (ξηρές και ημί-ξηρες περιοχές) και σε μικρότερη κλίμακα σε περιοχές με ιδιαίτερα φτωχή βλάστηση (υποερημικές, παράκτιες ζώνες, περιοχές γύρω από παγετώνες κλπ.).

Κατά κανόνα οι άνεμοι θεωρούνται ρεύματα τα οποία κινούνται από σημεία με υψηλότερη ατμοσφαιρική πίεση προς σημεία με χαμηλότερη, με κινήσεις εν μέρει παράλληλες προς την επιφάνεια της Γης. Η ροή τους όμως είναι συχνά ανώμαλη, με ρεύματα ανοδικά και καθοδικά, με περιδινήσεις και απότομες αλλαγές διεύθυνσης εξαιτίας στιγμιαίων τοπικών συνθηκών. Σε τέτοιες συνθήκες οι άνεμοι αποκτούν ορισμένη ποσότητα ενέργειας, με την οποία αποσπών και μεταφέρουν σκόνη και κόκκους άμμου, από σημεία όπου άλλες φυσικές και χημικές επιδράσεις έχουν προκαλέσει τη γένεσή τους.

Στις αγροτικές γαίες, η διάβρωση έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση του καλύτερου τμήματος του εδάφους, του πιο ενεργού από βιολογικής απόψεως, που είναι πλούσιο σε οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση σε αιολική διάβρωση μπορεί να έχει μόνιμες συνέπειες στην υποβάθμιση των καλλιεργούμενων περιοχών.

Η αιολική διάβρωση γίνεται κυρίως με τους ακόλουθους δύο τρόπους (Λυκούδη 2005):

α) Με αποφύσηση. Ο αέρας σηκώνει και απομακρύνει τα χαλαρά και ξηρά ιζήματα ή αποσαθρώματα, όπως είναι η άμμος και η σκόνη, απογυμνώνοντας την περιοχή. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να διαρκεί πολύ και να απομακρύνονται μεγάλες ποσότητες υλικού, με αποτέλεσμα η περιοχή να γίνεται κατάστικτη από βυθίσματα που έχουν διάμετρο από λίγα μέτρα έως και μερικά χιλιόμετρα και βάθος έως 50 m. Η αποφύσηση προσβάλλει περιοχές που έχουν αποψιλωθεί ή έχουν υποστεί έντονη καλλιέργεια σε περιόδους ξηρασίας, όταν φυσούν ισχυροί άνεμοι, απομακρύνεται το έδαφος και απογυμνώνεται η περιοχή. Η κατάσταση όμως χειροτερεύει με τις βροχοπτώσεις που

επακολουθούν και διαβρώνουν έντονα την περιοχή, μεταβάλλοντάς την σε άγονο και ερημικό τοπίο.

β) Με απορρίνιση. Ο αέρας οπλισμένος με το φορτίο που μεταφέρει προσπίπτει στα πετρώματα και τα καταστρέφει ενεργώντας σα λίμα. Ο άνεμος μεταφέρει το φορτίο του, σε αιώρηση τα λεπτομερέστερα υλικά σε μεγάλες αποστάσεις και με κύλισμα ή αναπήδηση τα αδρομερέστερα. Ο άνεμος κατά την κίνηση του στροβιλίζεται και την πορεία αυτή ακολουθεί και το φορτίο, που μια αποθέεται και μια ξανασηκώνεται. Ο άνεμος με την απορρίνιση προσβάλλει και διαβρώνει τα πετρώματα, κυρίως στα πιο ασθενή σημεία τους, που είναι οι διακλάσεις, η σχιστότητα ή η στρώση.

Το φαινόμενο της αιολικής διάβρωσης επηρεάζεται από τις γεωλογικές συνθήκες, τις κλιματικές διακυμάνσεις και την ανθρώπινη δραστηριότητα (Λυκούδη 2005).

Οι κλιματικές διακυμάνσεις: Η διάβρωση εξαρτάται από την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου, τη συχνότητα των βροχοπτώσεων και την εξάτμιση του νερού.

Η Ανθρώπινη Δραστηριότητα: Όπως είναι προφανές, η βλάστηση (φυτοκάλυψη) εμποδίζει τη διάβρωση. Αντιθέτως, οι συνέπειες της αιολικής διάβρωσης στις ευαίσθητες γεωργικές περιοχές μπορεί να επιταχυνθούν με την ακατάλληλη διαχείριση της γης, π.χ. αφήνοντας καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε αγρανάπαυση για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, αφαιρώντας τους φράκτες, επιτρέποντας την υπερβόσκηση των βοσκοτόπων. Εάν μία περιοχή υπόκειται σε βόσκηση, τα εδάφη παραμένουν ουσιαστικά γυμνά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ευνοώντας την αιολική διάβρωσης τους θερινούς μήνες και την υδατική διάβρωση τους υγρούς μήνες. Οι πυρκαγιές καταστρέφουν την υπάρχουσα φυτική κάλυψη και συμβάλλουν στη αιολική διάβρωση με την έκθεση της εδαφικής επιφάνειας στην επίδραση του ανέμου.

Οι γεωλογικές συνθήκες: Τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως ο προσανατολισμός του εδάφους (απότομες κλίσεις), η κατάσταση υγρασίας του εδάφους και αν τα εδάφη έχουν άμμο, λάσπη ή πηλό, ανθρακικό ασβέστιο ή οργανική ύλη, παίζουν σημαντικό ρόλο στο κατά πόσον μπορούν τα εδάφη αυτά να συγκρατήσουν το νερό.

2.2.3 Μηχανική Διάβρωση

Τα φυσικά φαινόμενα της υδατικής και αιολικής διάβρωσης των εδαφών, τόσο στην έκταση όσο και στη μορφή τους, δέχονται επίδραση και καθορίζονται και από παράγοντες που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που τα ενισχύουν και τα επιταχύνουν. Για τους λόγο αυτό η διάβρωση που οφείλεται ή επηρεάζεται από την δραστηριότητα του ανθρώπου έχει επικρατήσει να

αναφέρεται ως "ανθρωπογενής ή επιταχυνόμενη διάβρωση". Οι πρακτικές διαχείρισης των οικοσυστημάτων είναι ο βασικός παράγοντας της μηχανικής διάβρωσης που επηρεάζεται και που πρέπει να ρυθμιστεί και να ελέγχεται από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα σε περιοχές που άλλοι παράγοντες όπως το είδος και η κατάσταση εδάφους (η εδαφική υγρασία), η τοπογραφία (η κλίση της επιφανείας του εδάφους) και το κλίμα ευνοούν τη διάβρωση. Οι σημαντικότερες από αυτές τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι:

- **Γεωργικές Πρακτικές** (θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου).
- **Υπερβολική Βόσκηση**: 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 και τη συνεκτικότητα του. 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 κεφάλαιο τους κατά τρόπο που δημιουργεί μεγάλους κινδύνους διάβρωσης των εδαφών (Imenson).



Σχήμα 2.6: Διάβρωση λόγω βόσκησης στη Λέσβο.

- **Υπερβολική Υλοτόμηση**: Ορισμένες διαδικασίες που ασκούνται στη δασοκομία και στην υλοτομία επηρεάζουν τα φαινόμενα διάβρωσης. Η υπερβολική υλοτόμηση επηρεάζει τη φυσική βλάστηση η οποία προστατεύει το πορώδες του εδάφους και μειώνει το ποσοστό απορροής. Υπολογίζεται ότι μόνο το 9% των δασών και των δασικών εκτάσεων που χρησιμοποιούνται για αυτές τις δραστηριότητες είναι ικανά να δράσουν προστατευτικά για έδαφος, το νερό και το

οικοσύστημα γενικά (ΕΕΑ 2003). Επίσης η δημιουργία δρόμων και μονοπατιών στις δασικές εκτάσεις δημιουργεί διόδους διαφυγής του χώματος μαζί με τα νερά της βροχής. Σε πολλές περιπτώσεις, υπολογίζεται ότι η ύπαρξη δρόμων αυξάνει έως και 90% τα φαινόμενα διάβρωσης. Σωστός σχεδιασμός δικτύου δρόμων με πρόβλεψη κατασκευής δικτύου καναλιών διαφυγής του νερού και συστήματος συγκράτησης του εδάφους μπορούν να ελαττώσουν σημαντικά τον κίνδυνο απώλειας του εδάφους.

- **Πυρκαγιές:** Μετά από μια πυρκαγιά απαιτείται μεγάλη προσοχή ιδιαίτερα τους φθινοπωρινούς μήνες που οι έντονες και ραγδαίες βροχοπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν έντονα διαβρωτικά φαινόμενα. Επίσης μετά από πυρκαγιά υπάρχει η αβεβαιότητα και ο έντονος κίνδυνος διάβρωσης των εδαφών. 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. Τα πρώτα φυτά που αναπτύσσονται μετά από την πυρκαγιά είναι γενικά πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και επομένως ακολουθεί έντονη βόσκηση. 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 (Imenson)..
- **Κατασκευές Έργων Υποδομής:** Το φαινόμενο της διάβρωσης εντείνεται με την κατασκευή έργων υποδομής για την ανάπτυξη πόλεων. Οι περισσότερες πόλεις κτίζονται κυρίως κατά μήκος της ακτογραμμής μίας περιοχής που θεωρείται παραγωγική έκταση και επομένως απομένουν λιγότερο πρόσφορες και με μεγαλύτερες κλίσεις εκτάσεις για τους καλλιεργητές, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο διάβρωσης. Επίσης μέσω των έργων υποδομής λαμβάνουν χώρα και η απομάκρυνση μεγάλων εδαφικών όγκων και η αύξηση της συμπίεσης του εδάφους από το βάρος των κατασκευών (Christensen 2000).
- **Τουρισμός – Ψυχαγωγικές Δραστηριότητες της υπαίθρου:** Υποδομές για τουριστικούς λόγους δημιουργούνται σε εδάφη που έχουν μεγαλύτερο βάθος και ενδείκνυνται για καλλιέργεια. Επίσης, άλλες πιθανές αιτίες διάβρωσης, ο αθλητισμός και οι διάφορες

ψυχαγωγικές δραστηριότητες της υπαίθρου (πεζοπορία, σκι, ποδηλασία, οχήματα εκτός δρόμου, κ.λπ), ιδιαίτερα σε ευαίσθητες περιοχές, που χρειάζονται προστασία, όπως ορεινές περιοχές, δάση και πάρκα (Marin Yaseli et al 2003).

2.2.3.1 Επιπτώσεις της Μηχανικής Διάβρωσης

Οι επιπτώσεις της μηχανικής διάβρωσης στην υποβάθμιση του εδάφους είναι:

- Μείωση της παραγωγικής δύναμης των καλλιεργούμενων εδαφών και συνεπώς και σταδιακή υποβάθμισή τους από το εδαφικό υλικό που χάνεται κατά τη μεταφορά του και συσσώρευσή του σε χαμηλότερης κλίσης εδάφη.
- Απώλεια επιφανειακού εδάφους και συνεπώς οργανικής ύλης η οποία συμβάλλει στον καλύτερο αερισμό και στην ικανότητα συγκράτησης ύδατος προστατεύοντας έτσι το έδαφος από διάβρωση.
- Μείωση της σταθερότητας της δομής και των συσσωματωμάτων του εδάφους με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας διήθησής του και κατεπέκταση την αύξηση της απορροής και την υδατική διάβρωση.

2.3 Γεωργικές Πρακτικές και το Φαινόμενο της Διάβρωσης

Οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές που επιταχύνουν το φαινόμενο της διάβρωσης σχετίζονται με τη μηχανική κατεργασία του εδάφους λόγω της εκμηχάνισης και της εντατικοποίησης της γεωργίας, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

➤ Η αύξηση της έκτασης των αγροτεμαχίων – Η υπερεκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων

Για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων τροφής ολόενα και περισσότερες ενιαίες εκτάσεις χρησιμοποιούνταν για καλλιέργεια. Η χρήση των ενιαίων εκτάσεων είχε ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση των διαχωριστικών τοίχων και προστατευτικών ζωνών ανάμεσα στις γεωργικές εκτάσεις, τα οποία είχαν προστατευτικό ρόλο στη διάβρωση του νερού και του αέρα.

➤ Η συμπίεση από βαριά μηχανήματα

Οι απαιτήσεις για μεγάλη παραγωγή, εκτός από την αναδιαμόρφωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων οδήγησαν και στη χρήση πιο σύγχρονων και βαρύτερων γεωργικών μηχανημάτων για τις λειτουργίες κατεργασίας και οργώματος του εδάφους αλλά και για τις δραστηριότητες συλλογής και αποθήκευσης. Η χρήση αυτών των μηχανημάτων αποδείχθηκε εξαιρετικά αποδοτική αλλά συγχρόνως προκάλεσε μεγαλύτερης έκτασης συμπίεση στα εδάφη μέσω υψηλών κατακόρυφων πιέσεων και την απομάκρυνση μεγαλύτερου όγκου εδάφους. Η συμπίεση του εδάφους προκαλείται από τη επαναλαμβανόμενη διέλευση βαρέων μηχανημάτων από τα ίδια σημεία κατά την άροση και επιδρά αθροιστικά. Μέσω της συμπίεσης του εδάφους περιορίζεται ο διαθέσιμος εδαφικός αέρας και το εδαφικό νερό και ταυτόχρονα δυσκολεύονται οι ρίζες να διεισδύσουν στο έδαφος και έχουν μικρότερη δυνατότητα απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των βιοχημικών και μικροβιολογικών λειτουργιών του εδάφους και συνεπώς τη μείωση της βιολογικής δραστηριότητας του. Επιπλέον λαμβάνει χώρα μείωση του εδαφικού πορώδους και μικρότερη ικανότητα διήθησης του νερού της βροχής με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφανειακή απορροή και συνεπώς να αυξάνεται η διάβρωση και η απώλεια θρεπτικών στοιχείων και επιφανειακού εδάφους. Ένα πρόβλημα που προκύπτει από τη συμπίεση των εδαφών είναι η στράγγιση τους. Όταν γεωργικά μηχανήματα αναγκάζονται να μετακινηθούν σε υγρό έδαφος προκαλούν ακόμη μεγαλύτερη συμπίεση δημιουργώντας ένα φαύλο κύκλο μειωμένης στράγγισης και περαιτέρω συμπίεσης. Με το τακτικό όργωμα ιδίως όταν η κατεργασία γίνεται διαρκώς στο ίδιο βάθος είναι δυνατόν να δημιουργηθεί σκληρός εδαφικός ορίζοντας. Αυτό δυσχεραίνει τις επόμενες καλλιεργητικές εργασίες και μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία μίας κατώτερης ποιότητας σποροκλίνης (λιγότερο ψιλοχωμάτισμα) η οποία θα οδηγήσει σε ένα μειωμένο φύτευμα (Alakukku 1996).

➤ **Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων**

Τη χρήση της παραδοσιακής κοπριάς ή κομπόστ κάθε είδους αντικατέστησε η χρήση φυτοφαρμάκων και ανόργανων συνθετικών λιπασμάτων. Η χρήση αυτών των λιπασμάτων εξασφαλίζει προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος, για καλλιέργειες με το μεγαλύτερο αναμενόμενο οικονομικό όφελος. Όταν όμως η χρήση τους γίνεται χωρίς την επιλογή του κατάλληλου είδους από αυτά και την εφαρμογή τους στην κατάλληλη ποσότητα και στο σωστό χρόνο και χωρίς τη δημιουργία κατάλληλου αρδευτικού συστήματος τότε τα αποτελέσματα είναι εχθρικά ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Το πρόβλημα προκαλείται κυρίως από τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία είναι εύκολα διαλυτά στο νερό. Τα νιτρικά ιόντα είναι πολύ ευκίνητα στο έδαφος σε αντίθεση με τα φωσφορικά και το κάλιο. Οι ποσότητες από τα νιτρικά που βρίσκονται στο έδαφος και δεν απορροφούνται από τα φυτά, είτε γιατί δεν είναι

στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης για να τα απορροφήσουν, είτε γιατί έχουν χορηγηθεί μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που μπορούν να απορροφήσουν, εκπλύνονται με το νερό της βροχής ή της άρδευσης και καταλήγουν στα υπόγεια νερά όπου και συσσωρεύονται. Όταν η περιεκτικότητα των νερών αυτών υπερβεί κάποια όρια (50 mg/l) τότε το νερό θεωρείται ακατάλληλο προς πόση. Εξ άλλου όταν το έδαφος είναι επικλινές ή έχει μικρή διηθητικότητα (είναι βαρύ ή αδιαπέραστο) ή το σημείο όπου εφαρμόζονται τα λιπάσματα είναι πλησίον ή εντός λεκανών απορροής, τα νιτρικά και τα φωσφορικά παρασύρονται και μεταφέρονται προκαλώντας «ευτροφισμό» των επιφανειακών νερών και την υποβάθμισή τους. Είναι λοιπόν φανερό, ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση ιδιαίτερα των αζωτούχων λιπασμάτων καθώς και στην μεταφορά και αποθήκευσή τους (Εγκριση Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής 2000).

➤ **Άρδευτικά Συστήματα**

Οι μηχανισμοί που λαμβάνουν χώρα κατά την υδατική διάβρωση από το νερό της βροχής αφορούν και το νερό άρδευσης: α) Διάσπαση εδαφικών σωματιδίων όταν το μέγεθος των σταγόνων της τεχνητής βροχής είναι μεγάλο (στην περίπτωση του καταιονισμού και β) Πρόκληση επιφανειακής απορροής όταν ο ρυθμός εφαρμογής του νερού είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης του νερού από το έδαφος. Η επιφανειακή άρδευση δεν είναι προτεινόμενο σύστημα άρδευσης, γιατί με το σύστημα αυτό έχουμε (Εγκριση Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής 2000):

- μεγάλη κατανάλωση νερού
- έκπλυση θρεπτικών στοιχείων
- ανομοιόμορφο πότισμα
- στις περιπτώσεις που η κλίση του χωραφιού ξεπερνά το 2-3% έχουμε μεγάλες απώλειες νερού από επιφανειακή απορροή.



Σχήμα 2.7: Επιφανειακό λίμνασμα κατά την άρδευση με καταιονισμό.

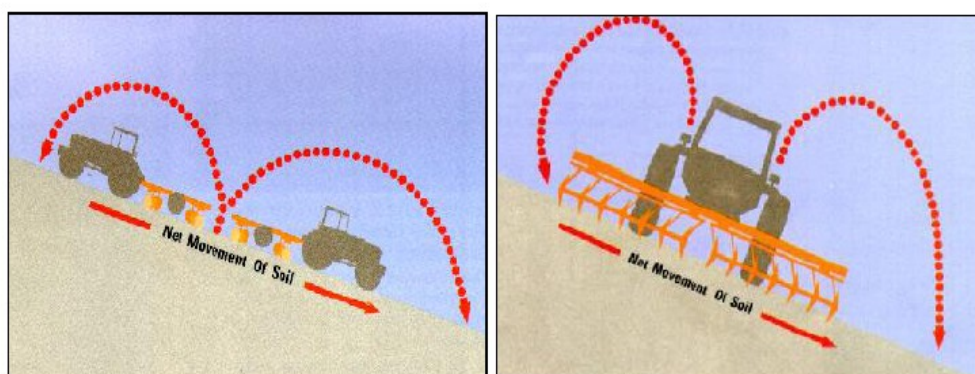
Τα φαινόμενα διάβρωσης από το νερό άρδευσης εξαρτώνται από την ποιότητά του, δηλαδή από τη συγκέντρωσή του σε άλατα και το είδος των αλάτων. Η περιεκτικότητα του σε νάτριο (Na) είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό, καθώς το νάτριο προκαλεί το διαμερισμό των εδαφικών συσσωματωμάτων όταν συσσωρεύεται στο έδαφος και μειώνει αισθητά το ρυθμό διήθησης του νερού στο έδαφος. Άμεσο αποτέλεσμα η πιο σύντομη έναρξη της επιφανειακής απορροής και των φαινομένων διάβρωσης (Carter 1993). Για την επιλογή του κατάλληλου αρδευτικού συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες που προκαλούν ή ενισχύουν τα φαινόμενα διάβρωσης όπως τα εδάφη με έντονη κλίση, η ύπαρξη ή μη φυτοκάλυψης στην επιφάνεια του αγρού και η ικανότητα του εδάφους να απορροφά και να συγκρατεί το νερό ειδικά στην περίπτωση της άρδευσης με αυλάκια. Ένας επιπλέον λόγος που καθιστά αναγκαίο το σωστό σχεδιασμό των συστημάτων άρδευσης είναι η πιθανότητα βροχόπτωσης στην περιοχή καλλιέργειας. Η πρόβλεψη του καιρού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον προγραμματισμό πραγματοποίησης των αρδεύσεων αφού το ήδη υγρό έδαφος έχει μειωμένη ικανότητα να απορροφήσει επιπλέον ποσότητα ύδατος (Carter 1993).

➤ **Τρόπος Άρσης (κάθετα προς τις ισοϋψείς) – Βαθύ Όργωμα**

Η επιλογή του γεωργικού εργαλείου – μηχανήματος σε συνδυασμό με τον τρόπο οργώματος, την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος, την κλίση της επιφάνειας του εδάφους, το βάθος κατεργασίας και την εδαφική υγρασία είναι οι σημαντικοί παράγοντες για τα φαινόμενα της μηχανικής διάβρωσης. Το επαναλαμβανόμενο βαθύ όργωμα διασπά τη συνεκτικότητα της υφής των εδαφών. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και αν ο τρόπος κατεργασίας πραγματοποιείται παράλληλα ή κάθετα με την κλίση του εδάφους. Η μετατόπιση του εδάφους γίνεται προς την κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού μηχανήματος. Όταν η κατεύθυνση του αρότρου είναι καθοδική τότε τα εδαφικά σωματίδια μετακινούνται επίσης καθοδικά λόγω της επίδρασης της βαρύτητας και των ασκούμενων σε αυτά δυνάμεων. Όταν η άρση γίνεται παράλληλα προς την κλίση του εδάφους, δηλαδή κάθετα προς τις ισοϋψείς, κατά την κίνηση του γεωργικού μηχανήματος προς τα πάνω, η εδαφική μάζα ωθείται αρχικά προς τα πάνω λόγω της ώθησης του αρότρου και στη συνέχεια προς τα κάτω λόγω του βάρους. Η υδατική διάβρωση ενισχύεται με την παράλληλη προς την κλίση κατεργασία μέσω των αυλακώσεων που δημιουργεί το άροτρο. Έτσι το νερό δεν διηθείται στο έδαφος, αλλά συγκεντρώνεται στις αυλακώσεις τις διευρύνει και αυξάνει την πιθανότητα δημιουργίας χαραδρώσεων. Στις δένδρως και στις γραμμικές καλλιέργειες, το φαινόμενο της υδατικής διάβρωσης γίνεται εντονότερο όσο

μεγαλύτερη είναι η έκταση της καλλιέργειας, αφού δεν υπάρχουν ενδιάμεσα σημεία ανάσχεσης της απορροής. Το φαινόμενο γίνεται ακόμα εντονότερο όταν το σύστημα άρδευσης δεν είναι το ενδεδειγμένο για την τοπογραφία της έκτασης (Quine et al 1994, Κοσμάς 2006).

Όταν η άρωση γίνεται κάθετα προς την κλίση του εδάφους, δηλαδή παράλληλα προς τις ισοϋψείς, μειώνεται η πιθανότητα υδατική διάβρωσης γιατί μειώνεται η ταχύτητα απορροής του νερού της βροχής ή της άρδευσης, αλλά και πάλι η επίδραση της βαρύτητας συμβάλλει στην καθοδική μετατόπιση εδάφους. Σε εδάφη με μεγάλη κλίση, άρωση κατά τις ισοϋψείς δεν είναι πάντα εφικτή λόγω του κινδύνου ανατροπής των γεωργικών μηχανημάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να υιοθετούνται ειδικές πρακτικές όπως καλλιέργειες σε αναβαθμίδες (Quine et al 1994, Κοσμάς 2006).



Σχήμα 2.8: Σχηματική παρουσίαση της μετακίνησης εδαφικής μάζας κατά την ανοδική και καθοδική πορεία του μηχανήματος κατεργασίας

(Πηγή: United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS)).



Σχήμα 2.9: Απορροή και διάβρωση σε ελαιώνα.

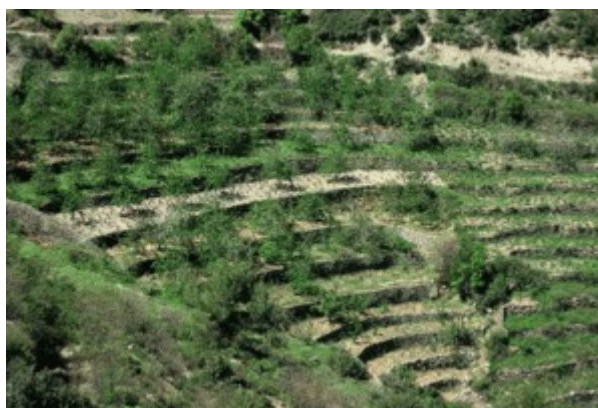
➤ **Η αφαίρεση της εδαφοκάλυψης ή και της βλάστησης στα περιθώρια των χωραφιών.**

Η αφαίρεση της εδαφοκάλυψης ή της βλάστησης στα περιθώρια των εδαφών καλλιέργειας, ιδιαίτερα αυτών με κλίση μεγαλύτερη του 10% έχει τις εξής αρνητικές συνέπειες:

- Αυξάνει την υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους, γιατί δεν προστατεύει την δομή του από τη διάσπαση που προκαλούν οι βροχές και δεν βοηθά την ανάπτυξη μικροοργανισμών του εδάφους που συμβάλουν στη γονιμότητά του.
- Μειώνει την ικανότητα των εδαφών να απορροφούν το νερό της βροχής αυξάνοντας έτσι την επιφανειακή απορροή του νερού
- Παύει να λειτουργεί σαν θερμομονωτικό σώμα στις ακραίες θερμοκρασίες
- Αυξάνει την διάβρωση του εδάφους και την απώλεια θρεπτικών στοιχείων

➤ **Η εγκατάλειψη της καλλιέργειας σε αναβαθμίδες**

Η εκμηχάνιση της γεωργίας, τόσο μέσω των απαιτήσεων εντατικοποίησης τη, όσο και μέσω της μείωσης του ποσοστού ανθρώπινου δυναμικού στις αγροτικές εργασίες είχε ως αποτέλεσμα την εγκατάλειψη της καλλιέργειας σε αναβαθμίδες. Η καλλιέργεια σε αναβαθμίδες (χαμηλός πέτρινος τοίχος ή χωμάτινα αναχώματα με αυτοφυή βλάστηση) είχε υιοθετηθεί για την αύξηση της γεωργικής παραγωγής σε επικλινείς εκτάσεις με την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της διάβρωσης.



Σχήμα 2.10: Καλλιέργεια σε αναβαθμίδες.

➤ **Οι άκαιρες γεωργικές επεμβάσεις**

Διαβρωτικά φαινόμενα του εδάφους παρουσιάζονται όταν γίνεται η κατεργασία του στη μη κατάλληλη υγρασιακή κατάσταση του. Η κατάλληλη κατάσταση υγρασίας του εδάφους,

περιγράφεται ως ρόγος του εδάφους, και είναι αυτή όπου το έδαφος δεν είναι ξηρό ούτε όμως πολύ υγρό. Σε αντίθετη περίπτωση, πολύ ξηρό ή πολύ υγρό έδαφος, δημιουργούνται τόσο προβλήματα στην καλλιέργεια όσο και στη δομή του εδάφους. Αν για την επόμενη καλλιέργεια, δεν πραγματοποιηθούν, στην εποχή που είναι απαραίτητες, επεμβάσεις που αφορούν στη σωστή στράγγιση των νερών και στο σωστό αερισμό του εδάφους ή ο αγρός μείνει χωρίς φυτοκάλυψη για μεγάλα χρονικά διαστήματα, τα φαινόμενα της υδατικής και αιολικής διάβρωσης εντείνονται.

➤ **Οι πρακτικές εντατικής μονοκαλλιέργειας**

Η πρακτική να καλλιεργείται το ίδιο έδαφος συνεχώς και εντατικά με την ίδια καλλιέργεια έχει ως αποτέλεσμα της μείωσης της γονιμότητάς του. Η εντατική μονοκαλλιέργεια απαιτεί αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων αλλά και αρδευτικών συστημάτων, η οποία εκτός από αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον εντείνει τα διαβρωτικά φαινόμενα όπως παρουσιάστηκαν στη εντατική χρήση λιπασμάτων και στα αρδευτικά συστήματα (Εγκριση Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής 2000).

➤ **Ο τρόπος χειρισμού των φυτικών υπολειμμάτων**

Το κάψιμο των υπολειμμάτων των αροτραίων καλλιεργειών έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους και την καταστροφή της αυτοφυούς χλωρίδας. Όπως έχει αναφερθεί τόσο η αυτοφυής βλάστηση όσο και τα φυτικά υπολείμματα με την ορθή τους όμως διαχείριση μπορούν να προσφέρουν προστασία στο έδαφος από τη διάβρωση, εμπλουτίζοντας το με οργανική ουσία (Εγκριση Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής 2000).

Αποτύπωση των Φαινόμενων Διάβρωσης των Εδαφών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

3.1 Υπολογισμός Εκτίμησης Κινδύνου Διάβρωσης

Η εκτίμηση της διάβρωσης, δηλαδή της απώλειας εδάφους, που οφείλεται τόσο σε φυσικούς παράγοντες όσο και σε ανθρωπογενείς, είναι μια διαδικασία αρκετά χρονοβόρα και δύσκολη. Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι για τη διάβρωση των καλλιεργούμενων εδαφών, η τάξη μεγέθους της απώλειας εδάφους που είναι δυνατή, είναι ο τόνος ανά εκτάριο ανά χρόνο (ton/ha/year). Η εκτίμηση ενός στατιστικού μέσου όρου από μετρήσεις είναι πρακτικά αδύνατη, καθώς οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα από περιοχή σε περιοχή (Hudson 1993).

Η ανάπτυξη μοντέλων για τη πρόβλεψη της διάβρωσης και της υποβάθμισης του εδάφους έχει ξεκινήσει από τη δεκαετία του 50, ενώ τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες συνεχώς αναπτύσσονται ή ανανεώνονται υπάρχοντα μοντέλα. Ενδεικτικά τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα και έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της απώλειας εδάφους είναι: CREAM (Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Systems), SHETRAN, WEPP (Water Erosion Prediction Project), EUROSEM (European Soil Erosion Model), AGNPS (Agricultural Nonpoint Source), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) και CORINE.

Τα δύο τελευταία μοντέλα RUSLE και CORINE (που είναι παραλλαγή του μοντέλου RUSLE) έχουν εφαρμοστεί κατά κόρον σε όλο τον κόσμο. Η υπηρεσία Προστασίας εδαφών των Η.Π.Α. με τα αποτελέσματα δεκαετιών από πολυάριθμα πειραματικά αγροτεμάχια προσδιόρισε εμπειρική εξίσωση που χαρακτηρίζεται, εξίσωση RUSLE, με την οποία μπορεί να εκτιμηθεί η

μακροπρόθεσμη μέση ετήσια απώλεια εδάφους, από τμήματα καλλιεργούμενης γης, κάτω από διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές και φυσικούς παράγοντες. Η διεθνής αυτή εξίσωση απωλειών έχει τη μορφή (US Department of Agriculture):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

όπου:

A = η μέση ετήσια απώλεια εδάφους σε ton/hectare

R = ο παράγοντας της διαβρωτικότητας της βροχής και της απορροής.

K = ο παράγοντας της διαβρωσιμότητας του εδάφους, που εκφράζει την ευκολία με την οποία ένα έδαφος υπόκειται σε διάβρωση καθώς και το ρυθμό απορροής στη καθορισμένη μοναδιαία επιφάνεια αγρού. Οι τέσσερις βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του παράγοντα αυτού είναι α) το ποσοστό της ιλύος, συμπεριλαμβανόμενης και της πολύ ψιλής άμμου, β) η οργανική ουσία του εδάφους, γ) η δομή του εδάφους και δ) η διηθητικότητα του εδάφους.

L = ο παράγοντας μήκους (της κλίσης), ο οποίος εκφράζει την επίδραση του μήκους της κλίσης στην διάβρωση.

S = ο παράγοντας κλίσης, ο οποίος εκφράζει την επίδραση του βαθμού κλίσης στη διάβρωση.

C = ο παράγοντας διαχείρισης κάλυψης του εδάφους, ο οποίος εκφράζει την επίδραση των καλλιεργητικών πρακτικών στο ρυθμό διάβρωσης.

P = ο παράγοντας καλλιεργητικών πρακτικών διατήρησης του εδάφους και εκφράζεται με το λόγο μεταξύ της διάβρωσης με τη χρήση πρακτικών διατήρησης των εδαφών σε σχέση με την τυπική γραμμική καλλιέργεια κατά μήκος της κλίσης.

Το μοντέλο CORINE, είναι μία παραλλαγή του μοντέλου RUSLE (Universal Soil Loss καθώς η μέθοδος έχει ήδη βρει ευρεία εφαρμογή και στα ευρωπαϊκά εδάφη. Η εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης γίνεται σε δύο στάδια: Αρχικά εκτιμάται ο δυνητικός κίνδυνος διάβρωσης ο οποίος βασίζεται στην εκτίμηση δεικτών διαβρωσιμότητας του εδάφους, διαβρωτικότητας της βροχής και της κλίσης. Η εκτίμηση αυτή εκφράζει την επιδεκτικότητα του εδάφους να υποστεί διάβρωση, ανεξάρτητα από τη χρήση και τη μεταχείρισή του και εκφράζει την χειρότερη δυνατή περίπτωση (worst case scenario). Στη συνέχεια εκτιμάται ο πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις γης και τις πρακτικές διαχείρισης.

3.2 Αποτύπωση Κινδύνου Διάβρωσης στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Η σχέση μεταξύ γεωργίας και περιβάλλοντος είναι σχέση αλληλεξάρτησης. Η γεωργία βασίζεται στη διαθεσιμότητα και την παραγωγική ικανότητα των φυσικών πόρων του εδάφους, τους οποίους αξιοποιεί. Η υπερεκμετάλλευση της αναπαραγωγικής τους ικανότητας συνεπάγεται την περιβαλλοντική υποβάθμιση, πράγμα που επιστρέφει ως πρόβλημα στη γεωργία και στα προϊόντα, δεδομένου ότι η σχέση γεωργίας και περιβάλλοντος είναι αμφίδρομη. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις για παραγωγή τροφής με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους οδήγησαν στην εντατικοποίηση της γεωργίας τα τελευταία 40 χρόνια. Η παραδοσιακή γεωργία επιβαρύνει λιγότερο το περιβάλλον, ωστόσο οι χαμηλές αποδόσεις της συνέβαλαν στην παρακμή της.

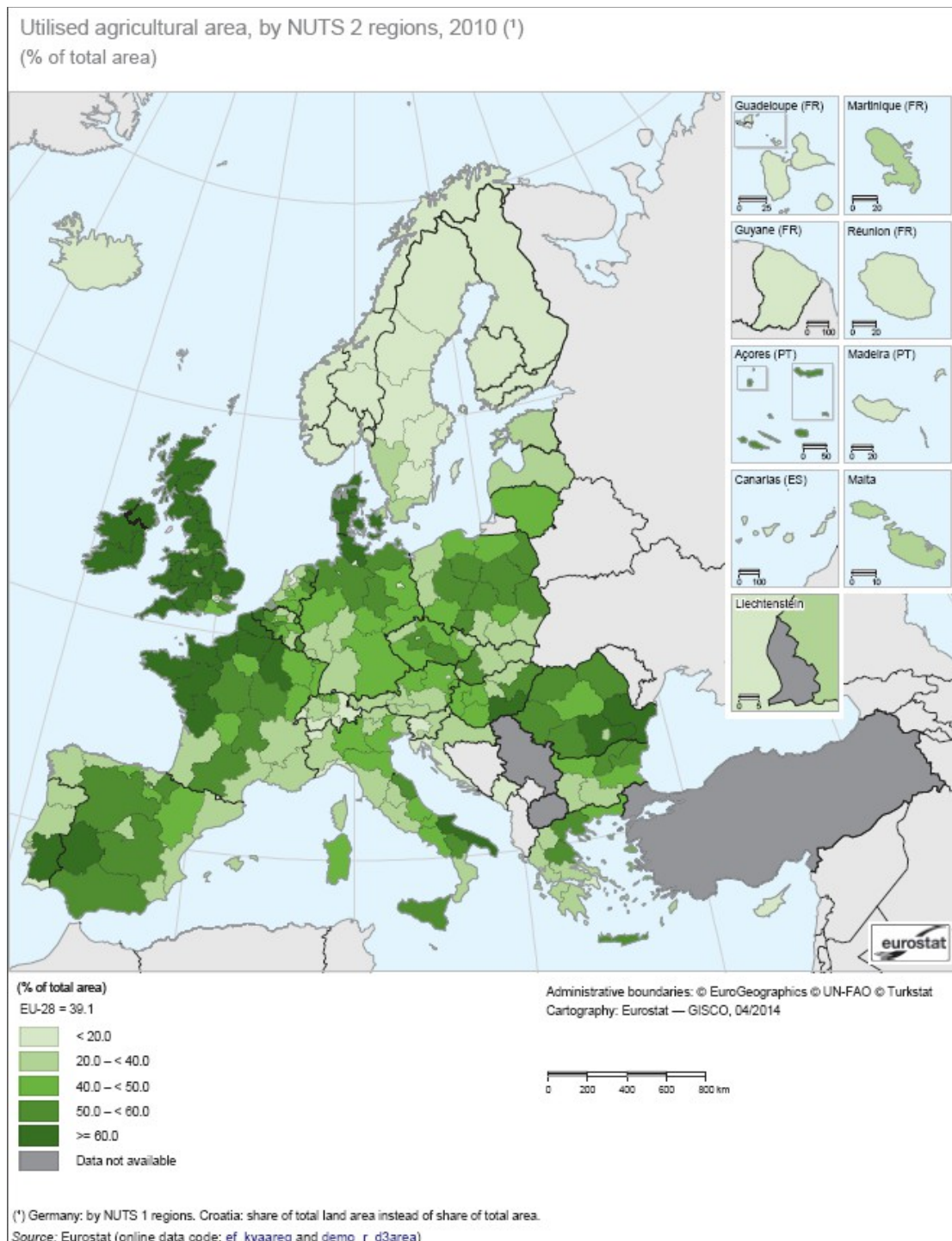
Εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής σημαίνει χρήση περισσότερων καλλιεργήσιμων εδαφών και εντονότερη χρήση λιπασμάτων, γεωργικών μηχανημάτων και συστημάτων άρδευσης. Όλες οι προαναφερθείσες ανθρώπινες ενέργειες, όπως παρουσιάστηκε και στο 2^ο Κεφάλαιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, ενισχύουν τα φαινόμενα υδατικής και αιολικής διάβρωσης.

Στο Σχήμα 3.1 αποτυπώνεται ο Ευρωπαϊκός χάρτης του ποσοστού αγροτικής γης σε χρήση καλλιέργειας, σε έρευνα της EuroStat για το έτος 2010. Η Ελλάδα, σύμφωνα με την έρευνα αυτή, έχει σε χρήση το 20 - 40% της καλλιεργήσιμης γης της, ενώ στην Κρήτη και την Βορειοανατολική Ελλάδα το ποσοστό αυτό ξεπερνάει το 60%. Στην Κύπρο, το ποσοστό για την συγκεκριμένη έρευνα ανέρχεται στο 20 - 40%. Αυτό παρουσιάζεται και σε οικονομικούς όρους, αφού πάνω από το 5% της Ελληνικής οικονομίας στηρίζεται στη γεωργία (Σχήμα 3.2).

Σε έρευνα της AQUASTAT, στην Ελλάδα, το 1960 το 14% αποτελούσαν οι αρδευόμενες εκτάσεις της γεωργικής γης ενώ το 1998 το ποσοστό αυτό έφτασε το 40%. Τα τελευταία 15 χρόνια η άρδευση στις αροτραίες καλλιέργειες ξεπερνάει το 40%, ενώ πάνω από 80% ανέρχεται η χρήση του νερού για γεωργικές δραστηριότητες.

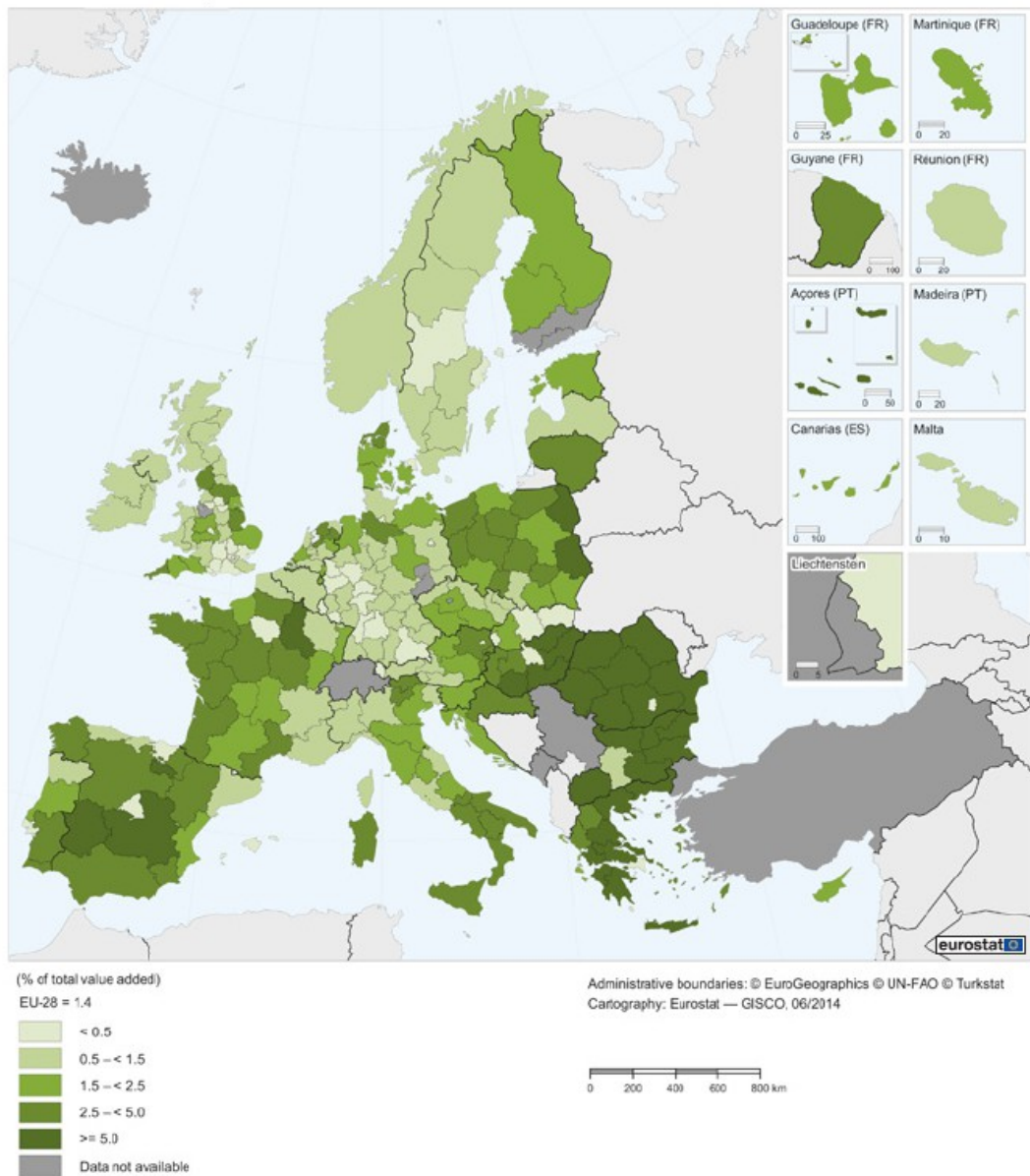
Αυξητική είναι και η τάση της χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων (διαξονικοί και μονοαξονικοί ελκυστήρες – τρακτέρ και σκαπτικές μηχανές) στην Ελλάδα από το 1960 μέχρι το 2006 σύμφωνα

με έρευνα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Ο αριθμός αυτός το 1960 καταμετρήθηκε στα 32000 περίπου γεωργικά μηχανήματα ενώ το 2006 στα 392000.



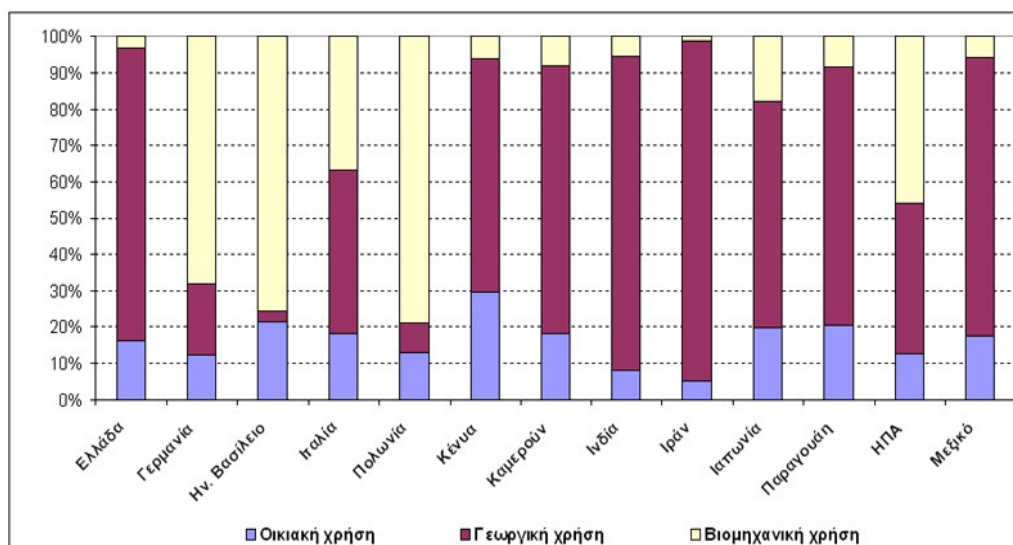
Σχήμα 3.1: Ευρωπαϊκός χάρτης ποσοστού χρήσης προς καλλιέργεια αγροτικής γης (Πηγή: EuroStat).

Share of agriculture in the economy, gross value added at basic prices, by NUTS 2 regions, 2011 (*)
 (% of total value added)



(*) The former Yugoslav Republic of Macedonia: 2010. Poland: 2009. Belgium, Slovenia and Norway: national level. Guadeloupe (FR93), Martinique (FR92), Guyane (FR93) and Réunion (FR94): estimates. Portugal: provisional.
 Source: Eurostat (online data codes: agr_r_accts, aact_eaa01, nama_r_e3vab95r2 and nama_gdp_c)

Σχήμα 3.2: Μερίδιο της γεωργίας στην οικονομία, η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία σε βασικές τιμές, (% Της συνολικής προστιθέμενης αξίας) (Πηγή: EuroStat).

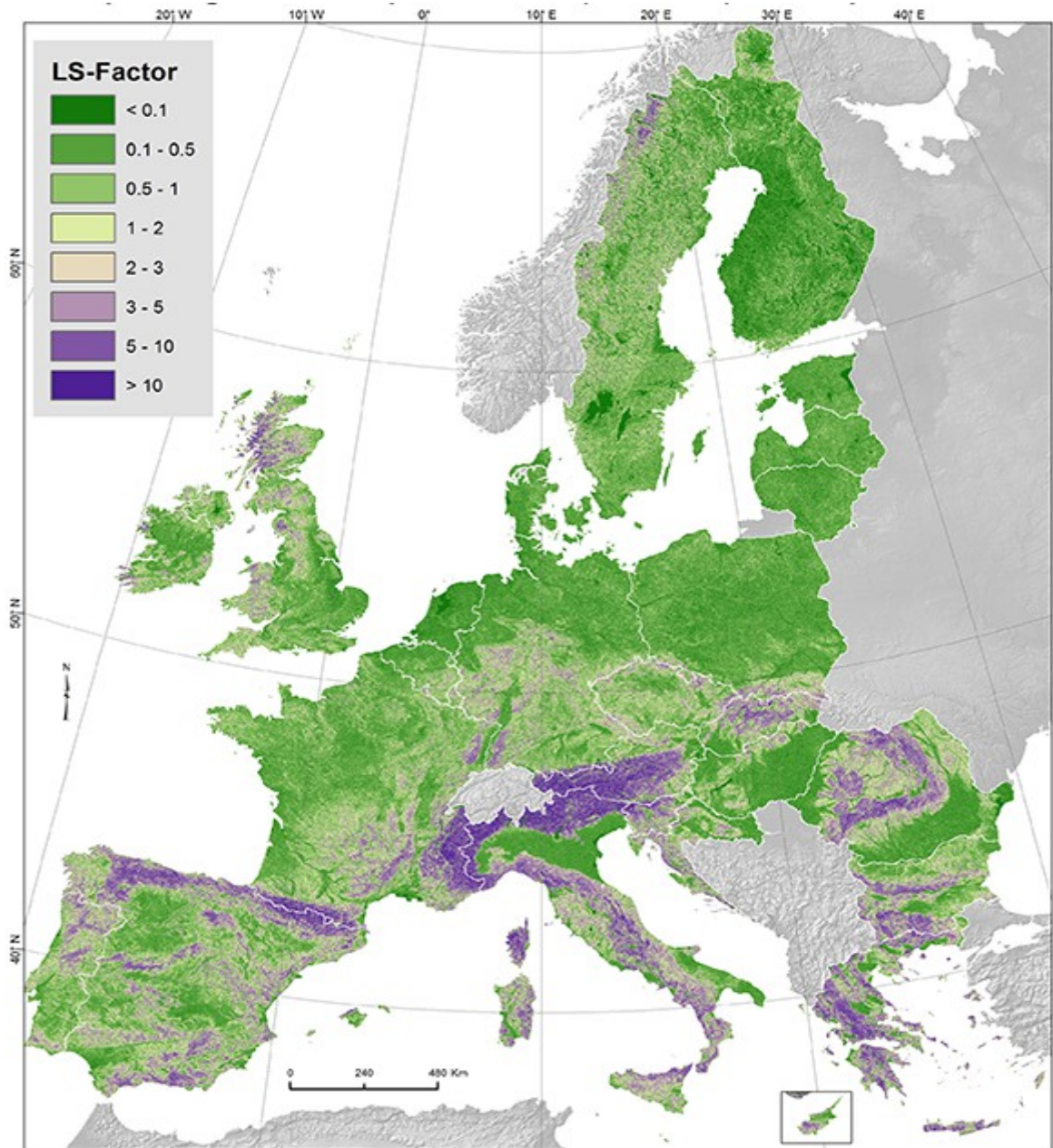


Σχήμα 3.3: Κατανομή της χρήσης του νερού στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες (Πηγή: AquaStat).

Η σύνδεση της διάβρωσης με ορισμένες πλευρές της εντατικοποίησης της γεωργίας είναι αναμενόμενη. Στην Ευρώπη και ειδικά στη περιοχή της Μεσογείου, η διάβρωση, που ενισχύεται βέβαια από την ανθρώπινη παρέμβαση, οφείλεται και σε άλλους παράγοντες, όπως έχει μελετηθεί. Αυτοί οι παράγοντες είναι οι βροχοπτώσεις, η ικανότητα αντίστασης του εδάφους στη διάβρωση, η κλίση του εδάφους καθώς και οι πρακτικές διαχείρισης αλλά και προστασίας του.

Ο ορεινός χαρακτήρας της Ελλάδας παρουσιάζει απότομες υψομετρικές διαφορές, σχηματίζοντας έτσι επιφάνειες με κλίσεις που υπερβαίνουν το 10%, στο 50% της συνολικής της έκτασης, ενώ μόνο το 35% της έκτασης χαρακτηρίζεται ως πεδινό (δηλαδή με κλίση μικρότερη του 5%). Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS (Panagos et al 2015), σύμφωνα με την εξίσωση υπολογισμού RUSLE, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.4, καταδεικνύοντας τις απότομες κλίσεις που παρουσιάζονται στον Ελλαδικό χώρο.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η μέση τιμή του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου (Panagos et al 2015) . Παρατηρείται ότι Ελλάδα και Ιταλία παρουσιάζουν μέση τιμή LS > 4 %.



Σχήμα 3.4: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS
 (Πηγή: European Commission, Joint Research Centre,
 European Soil Portal, Soil Data and Information Systems).

Πίνακας 3.1: Μέση τιμή του παράγοντα μήκος – βαθμός κλίσης LS για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου (Panagos et al, 2015).

	Μέση τιμή LS %
Αυστρία	5.20
Γερμανία	1.64
Ελλάδα	4.05
Κύπρος	2.72
Ιταλία	4.86
Ισπανία	2.97
Πορτογαλία	2.25

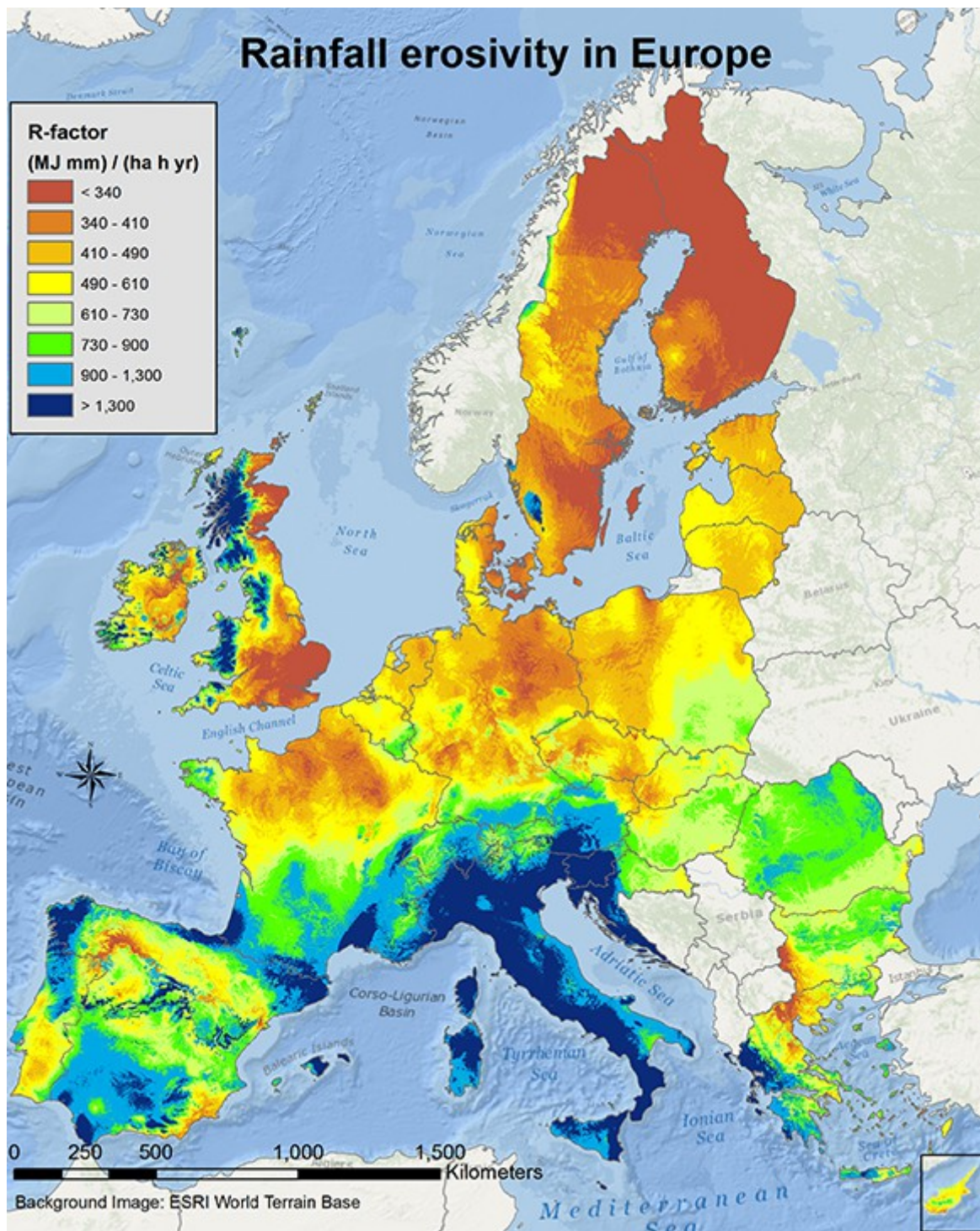
Ο συνδυασμός των μεγάλων κλίσεων με τις περιπτώσεις ανεπαρκούς φυτοκάλυψης ενισχύουν σημαντικά τόσο την υδατική όσο και την αιολική διάβρωση.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η υδατική διάβρωση εμφανίζεται συχνότερα. Η περιοχή της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από μεγάλες και εποχιακές διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων και από έντονη ξηρασία και μεγάλες θερμοκρασίες κατά τη θερινή περίοδο. Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η ικανότητα διάβρωσης της βροχής στον Ευρωπαϊκό χώρο [42,44].

Πίνακας 3.2: Μέση τιμή του παράγοντα του παράγοντα R (διαβρωτικότητα της βροχής) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου (Panagos et al, 2015).

	Μέση τιμή R (MJ mm/ ha h y)
Αυστρία	517.1
Γερμανία	511.6
Ελλάδα	827.7
Κύπρος	578.1
Ιταλία	1642.0
Ισπανία	928.5
Πορτογαλία	775.1

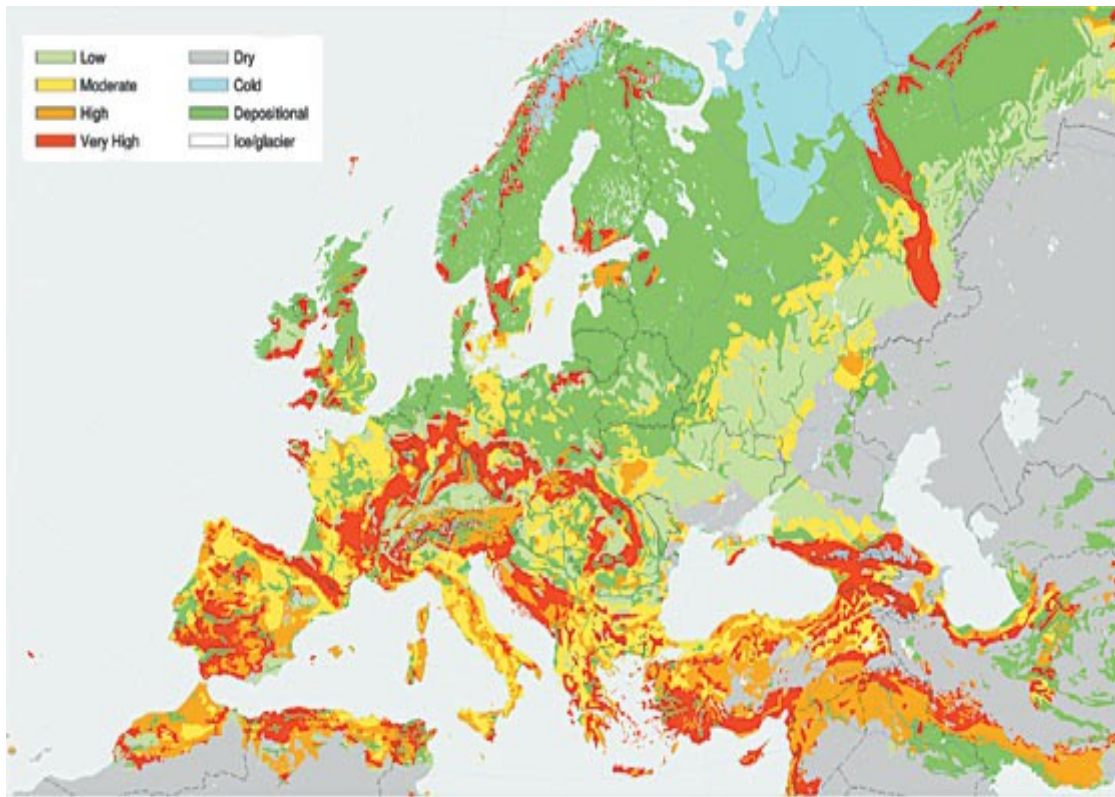
Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η μέση τιμή του παράγοντα R (διαβρωτικότητα της βροχής) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου. Οι τιμές αυτές για Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία και Ελλάδα είναι σημαντικά υψηλές.



Σχήμα 3.5: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης του παράγοντα διαβρωτικότητας της βροχής και της απορροής R (Πηγή: European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems).

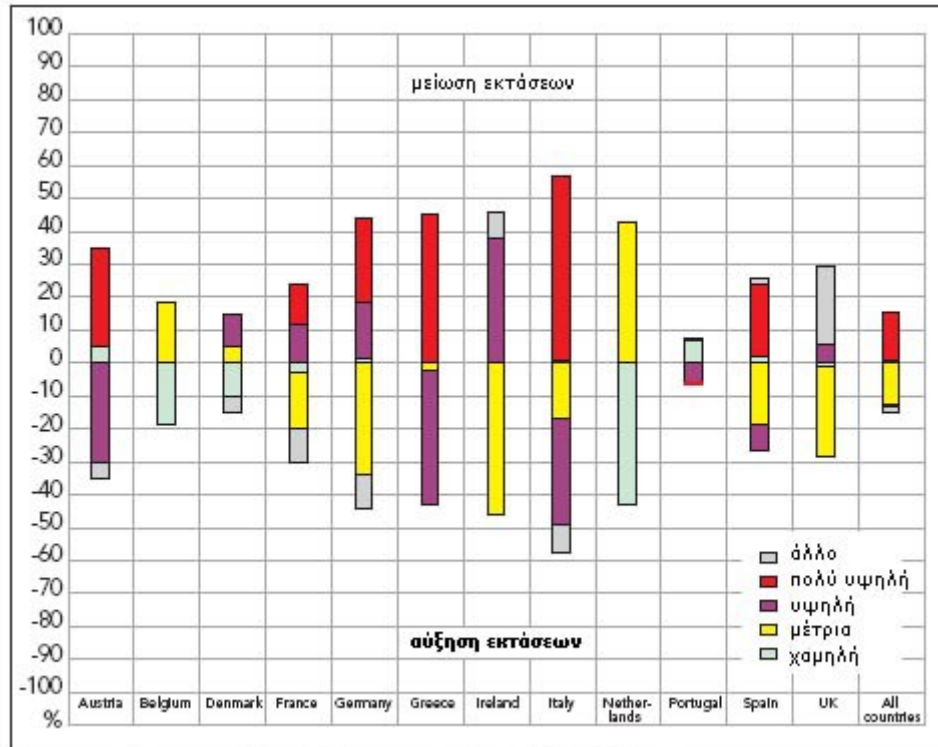
Οι βροχοπτώσεις, μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης, σε συνδυασμό με τις απότομες κλίσεις, την ανυπαρξία βλάστησης και τις εφαρμοζόμενες γεωργικές πρακτικές θέτουν σε κίνδυνο υδατικής διάβρωσης τον Ευρωπαϊκό χώρο, ιδιαίτερα της Μεσογείου. Η υδατική διάβρωση της βροχής στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι μικρότερη, λόγω του λιγότερου διαβρωτικού χαρακτήρα της

βροχής αλλά και της μεγαλύτερης φυτοκάλυψης. Στο Σχήμα 3.6 παρουσιάζεται ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης κίνδυνου υδατικής διάβρωσης.



Σχήμα 3.6: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης κίνδυνου υδατικής διάβρωσης
(Πηγή: GRID – Arendal 2014).

Στο Σχήμα 3.7 αναπτύσσεται ένα σενάριο για τις μεταβολές των αγροτικών εκτάσεων διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών εξαιτίας της υδατικής διάβρωσης μέχρι το 2050. Το σενάριο αυτό δείχνει τον κίνδυνο αύξησης της υδατικής διάβρωσης στο 80% των αγροτικών εκτάσεων των χωρών της ΕΕ, ως μιας συνέπειας της κλιματικής αλλαγής. Οι χώρες που ήδη υφίστανται φαινόμενα διάβρωσης, αναμένεται να πληγούν περισσότερο.



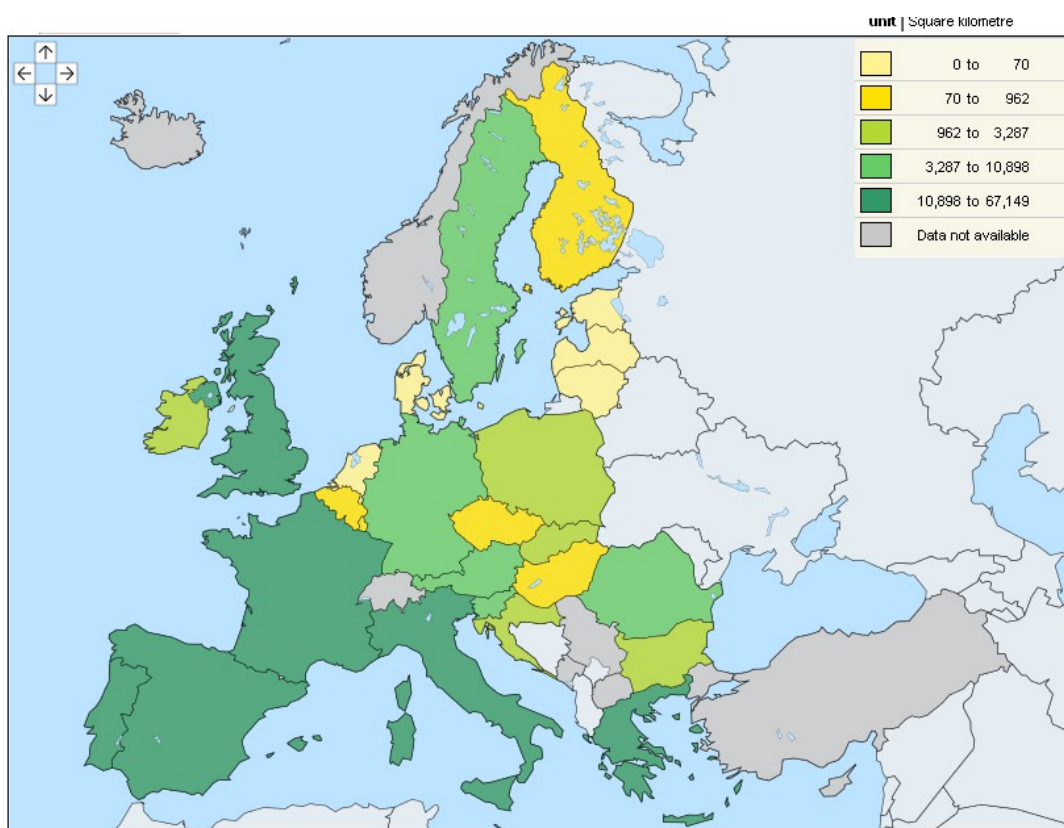
Σχήμα 3.7: Εκτίμηση μεταβολής αγροτικών εκτάσεων διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών λόγω υδατικής διάβρωσης για την περίοδο 1990-2050. (% επί της συνολικής χερσαίας επιφάνειας) (Πηγή: European Environmental Agency -UNEP 2000)

Έχει εκτιμηθεί ότι 115 εκατομμύρια εκτάρια της συνολικής χερσαίας ζώνης της Ευρώπης υπόκεινται σε υδατική διάβρωση (European Environmental Agency). Μελετώντας τα Σχήματα 3.6 και 3.7 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η Ελλάδα βρίσκεται στη ζώνη υψηλού κινδύνου υδατικής διάβρωσης.

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της μελέτης της EuroStat το 2006, για τα km² των Ευρωπαϊκών χωρών που έχουν υποστεί υδατική διάβρωση (βροχόπτωση, απότομες κλίσεις, ανάγλυφο εδάφους, ανθρώπινες δραστηριότητες). Στο Σχήμα 3.8 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα αυτά στον Ευρωπαϊκό χάρτη.

Πίνακας 3.3: Τα km² των Ευρωπαϊκών χωρών (ενδεικτικά) που έχουν υποστεί υδατική διάβρωση (βροχόπτωση, απότομες κλίσεις, ανάγλυφο εδάφους, ανθρώπινες δραστηριότητες) (Πηγή: EuroStat).

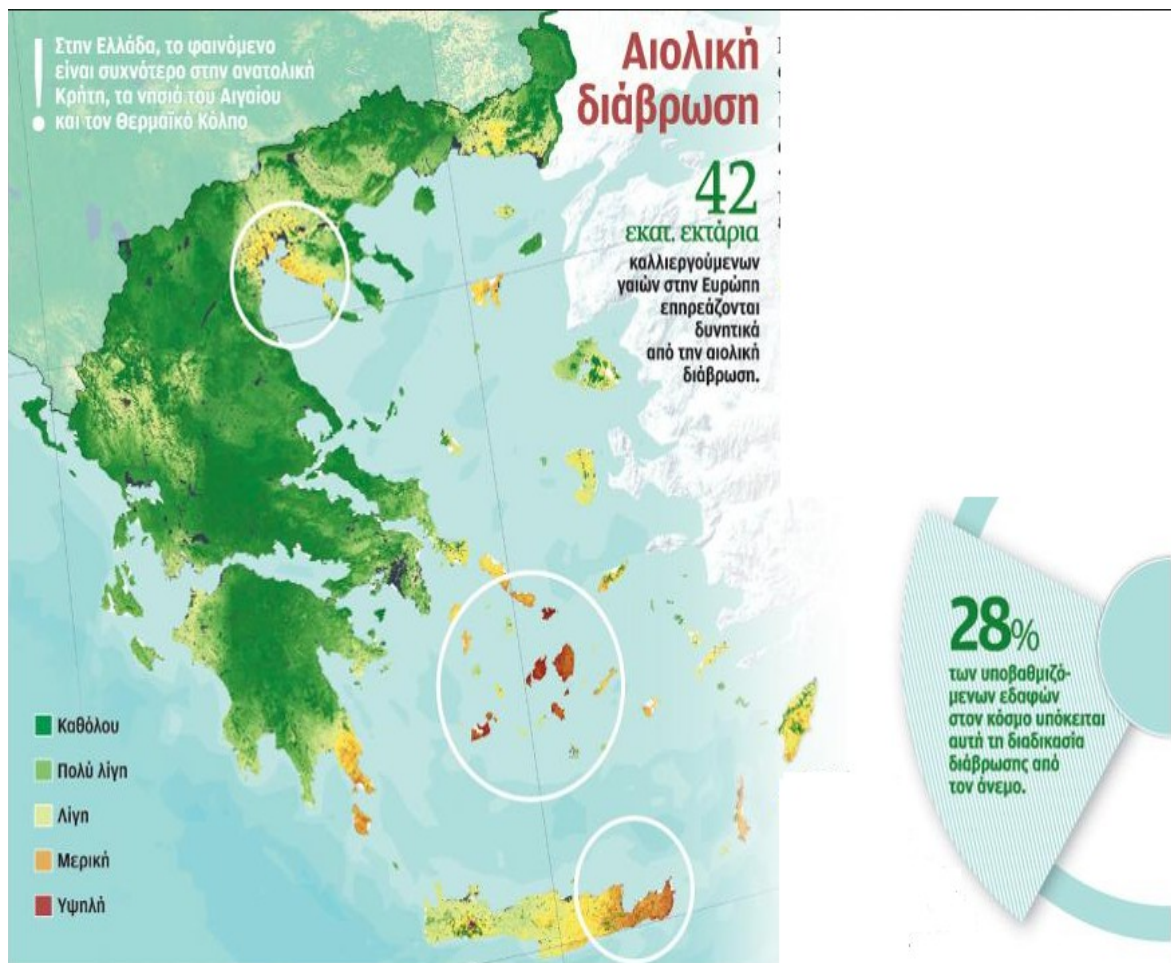
	km ²
Ευρώπη των 28	225224
Γερμανία	9025
Αυστρία	7237
Ισπανία	36921
Ιταλία	67149
Ελλάδα	14907
Πορτογαλία	14363



Σχήμα 3.8: Τα km² των Ευρωπαϊκών χωρών (ενδεικτικά) που έχουν υποστεί υδατική διάβρωση (βροχόπτωση, απότομες κλίσεις, ανάγλυφο εδάφους, ανθρώπινες δραστηριότητες) (Πηγή: EuroStat).

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η αιολική διάβρωση είναι εντονότερη σε περιοχές της Γερμανίας, στη Δανία, στην Ολλανδία, στην Ιβηρική Χερσόνησο και στην Ανατολική Αγγλία. «Σύμφωνα με την

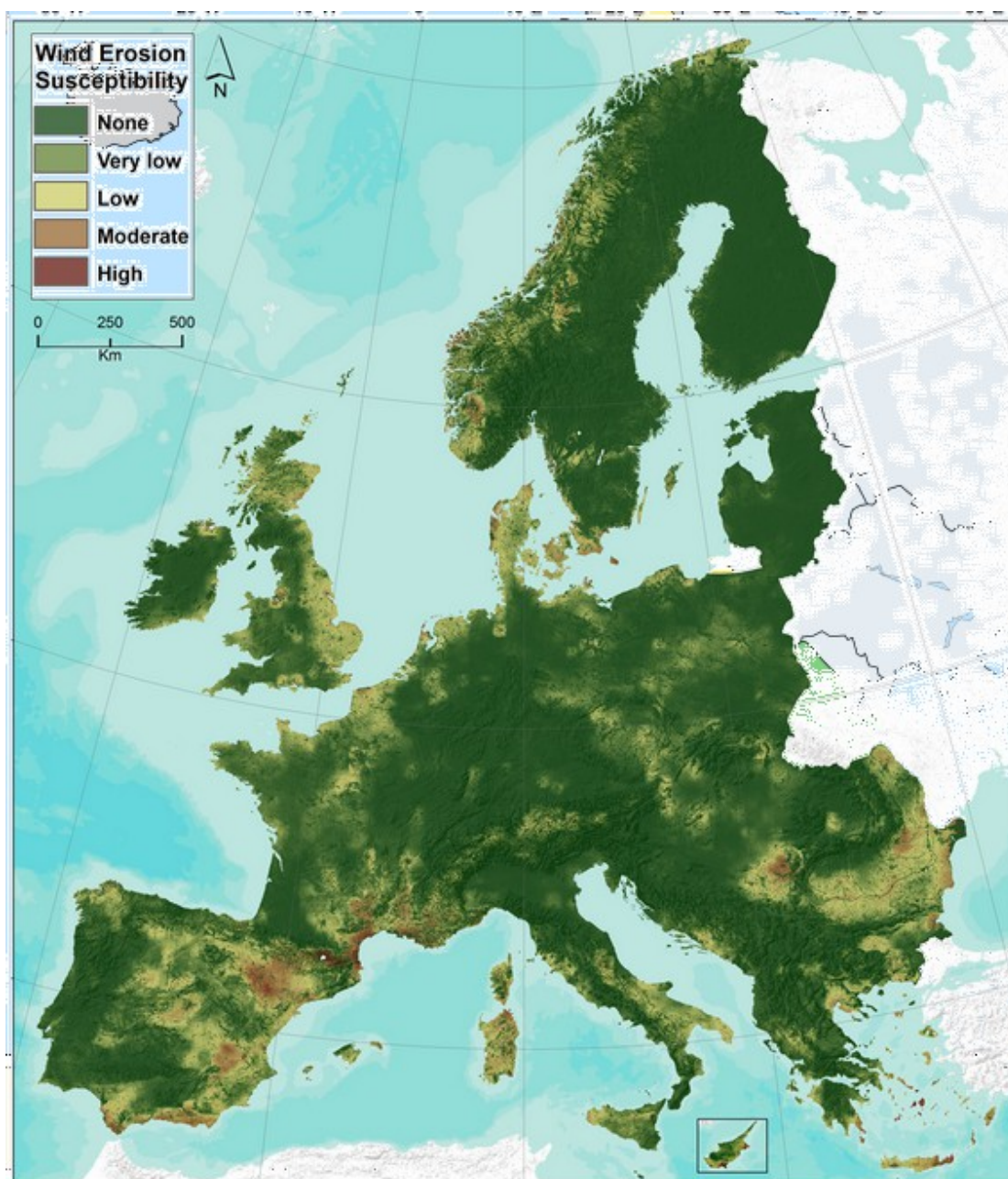
Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, περίπου 42 εκατ. εκτάρια καλλιεργούμενων γαιών στην Ευρώπη επηρεάζονται δυνητικά. Τοπικές μελέτες αναφέρουν ότι η αιολική διάβρωση μπορεί να επηρεάσει τόσο τις ημίξηρες μεσογειακές περιοχές, όσο και τις περιοχές με πιο ήπιες κλιματικές συνθήκες στον Βορρά». Στην Ελλάδα, το φαινόμενο είναι συχνότερο στην Ανατολική Κρήτη, στα νησιά του Αιγαίου, στον Θερμαϊκό Κόλπο.



Σχήμα 3.9: Χάρτης αποτύπωσης αιολικής διάβρωσης στην Ελλάδα

(Πηγή: Εφημερίδα Καθημερινή).

Στο Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται το ποσοστό ευαισθησίας στη αιολική διάβρωση, των Ευρωπαϊκών χωρών, όπως αυτό αποτυπώνεται στο σχήμα 3.10 (Borrelli et al, 2014). Υψηλό ποσοστό ευαισθησίας στην αιολική διάβρωση παρουσιάζουν η Ισπανία, η Ελλάδα και η Κύπρος.



Σχήμα 3.10 Ευρωπαϊκός χάρτης που καταδεικνύει τις χώρες που παρουσιάζουν ευαισθησία στην αιολική διάβρωση (Borrelli et al, 2014).

Πίνακας 3.4: Το ποσοστό ευαισθησίας στη αιολική διάβρωση των Ευρωπαϊκών χωρών (Borrelli et al, 2014).

Ποσοστό Ευαισθησίας στην Αιολική Διάβρωση					
	Καθόλου	Πολύ Μικρό	Μικρό	Μέτριο	Υψηλό
Αυστρία	86.6	4.3	5.5	3.5	0.2

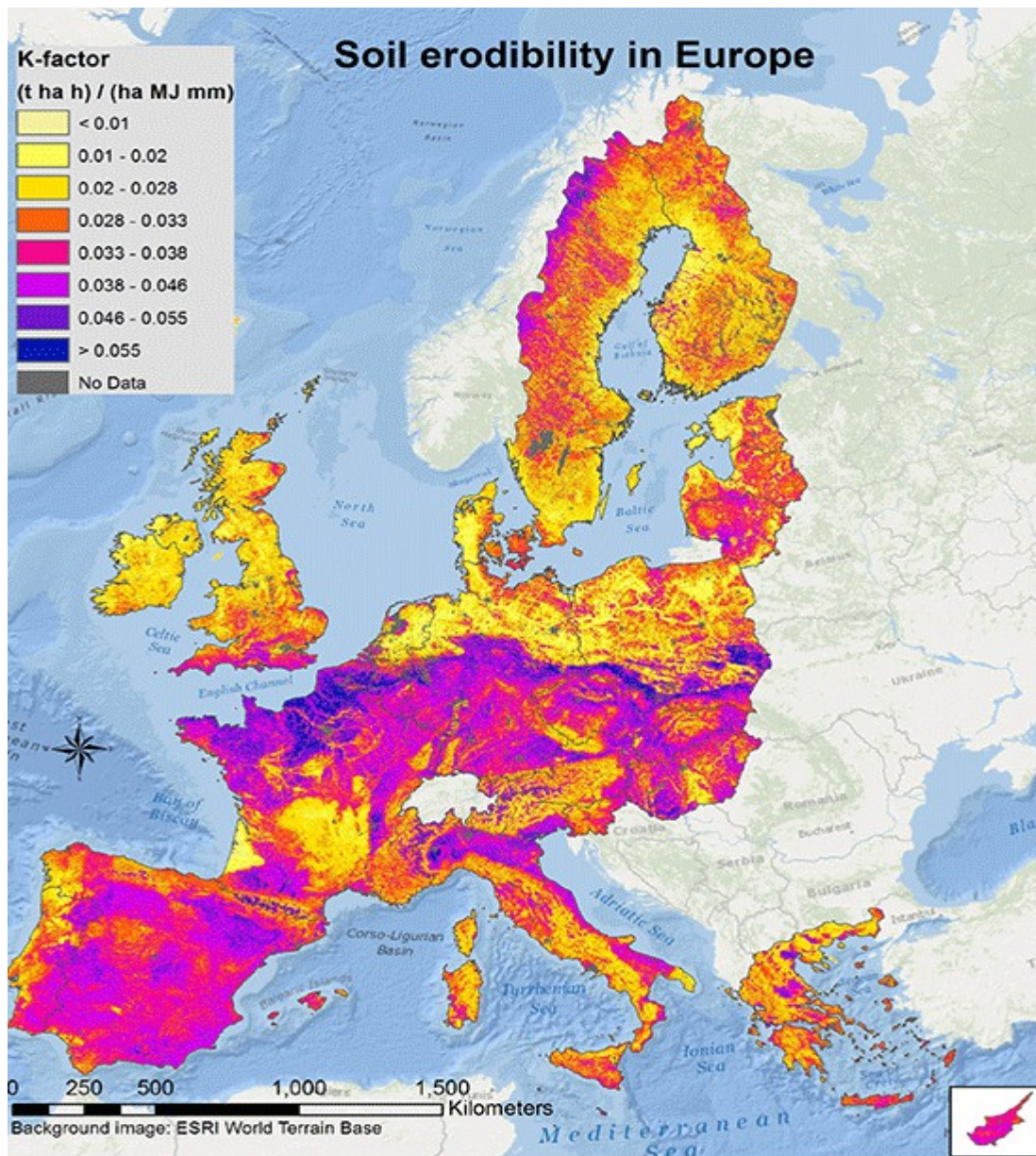
Γερμανία	92.3	4	2.5	1	0.2
Ελλάδα	65.2	8.1	10.1	8.6	7.9
Κύπρος	25	10.1	29.5	29	6.4
Ιταλία	73.2	8.5	9.1	6.3	2.9
Ισπανία	52.9	12.2	14.2	10.5	10.2
Πορτογαλία	98.1	1.6	0.3	0	0

Η διαβρωσιμότητα του εδάφους δηλαδή ευκολία με την οποία ένα έδαφος υπόκειται σε διάβρωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην αποτύπωση του κινδύνου διάβρωσης. Λοφώδεις περιοχές είναι πολύ ευαίσθητες στην διάβρωση αφενός λόγω της μεγάλης διαβρωσιμότητας των εδαφών που σχηματίζουν και αφετέρου λόγω του ξηρού εδαφικού περιβάλλοντος που δημιουργείται σε περιόδους μειωμένων βροχοπτώσεων. Υψηλό βαθμό διάβρωσης εμφανίζουν τα πυριγενή πετρώματα γιατί συγκροτούν αβαθή εδάφη σε ένα σχετικά ξηρό καθεστώς υγρασίας. Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζεται η μέση τιμή του παράγοντα K (διαβρωσιμότητα) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου.

Πίνακας 3.5: Μέση τιμή του παράγοντα του παράγοντα K (διαβρωσιμότητα) για χώρες της Βόρειας Ευρώπης και χώρες της Μεσογείου (Πηγή: European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems, Version 2014).

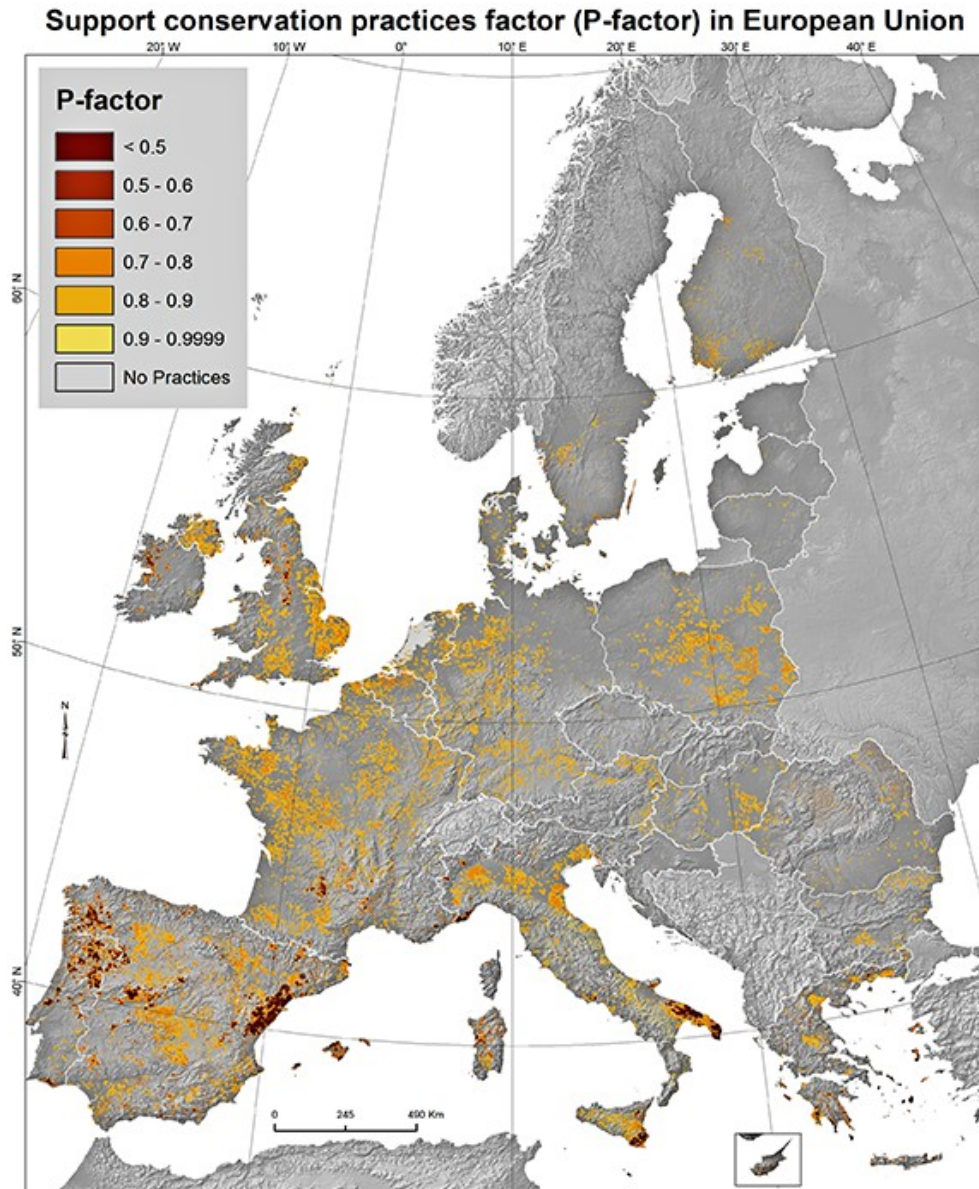
	Μέση τιμή K ($t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$)
Αυστρία	0.0321
Γερμανία	0.0334
Ελλάδα	0.0398
Κύπρος	0.0362
Ιταλία	0.0322
Ισπανία	0.0368
Πορτογαλία	0.0333

Στο Σχήμα 3.11 αποτυπώνεται ο Ευρωπαϊκός χάρτης διαβρωσιμότητας (παράγοντας K) των εδαφών. Η Ελλάδα και η Κύπρος παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες διαβρωσιμότητας λόγω των ψαθυρών υλικών από τα οποία συγκροτούνται τα περισσότερα Ελληνικά εδάφη, σε συνδυασμό με τη χαμηλή περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία.



Σχήμα 3.11: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης διαβρωσιμότητας (παράγοντας K) των εδαφών.
(Πηγή: European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems, Version 2014).

Τέλος πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο παράγοντας καλλιεργητικών πρακτικών διατήρησης του εδάφους. Εκφράζει το λόγο μεταξύ της διάβρωσης με τη χρήση πρακτικών διατήρησης των εδαφών (όπως καλλιέργεια κατά τις ισοϋψείς, καλλιέργεια σε αναβαθμίδες, ελάχιστη κατεργασία εδάφους κλπ) σε σχέση με την τυπική γραμμική καλλιέργεια κατά μήκος της κλίσης. Στο Σχήμα 3.12 παρουσιάζεται ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης για τον παράγοντα P.



Σχήμα 3.12: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης αποτύπωσης για τον παράγοντα P (Panagos et al 2015).

Οι καλλιεργητικές πρακτικές διατήρησης του εδάφους είναι εξαιρετικά σημαντικές για τις έντονα επικλινείς περιοχές που παρουσιάζουν φαινόμενα διάβρωσης λόγω βροχόπτωσης. Οι περιοχές της Μεσογείου που παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα υδατικής διάβρωσης (με παράγοντα $R > 700 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) έχουν μέση τιμή για το συντελεστή $P = 0.9574$. Αντίθετα, στις λιγότερο επιρρεπείς στην υδατική διάβρωση περιοχές (R -παράγοντα $< 400 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) ο μέσος όρος του

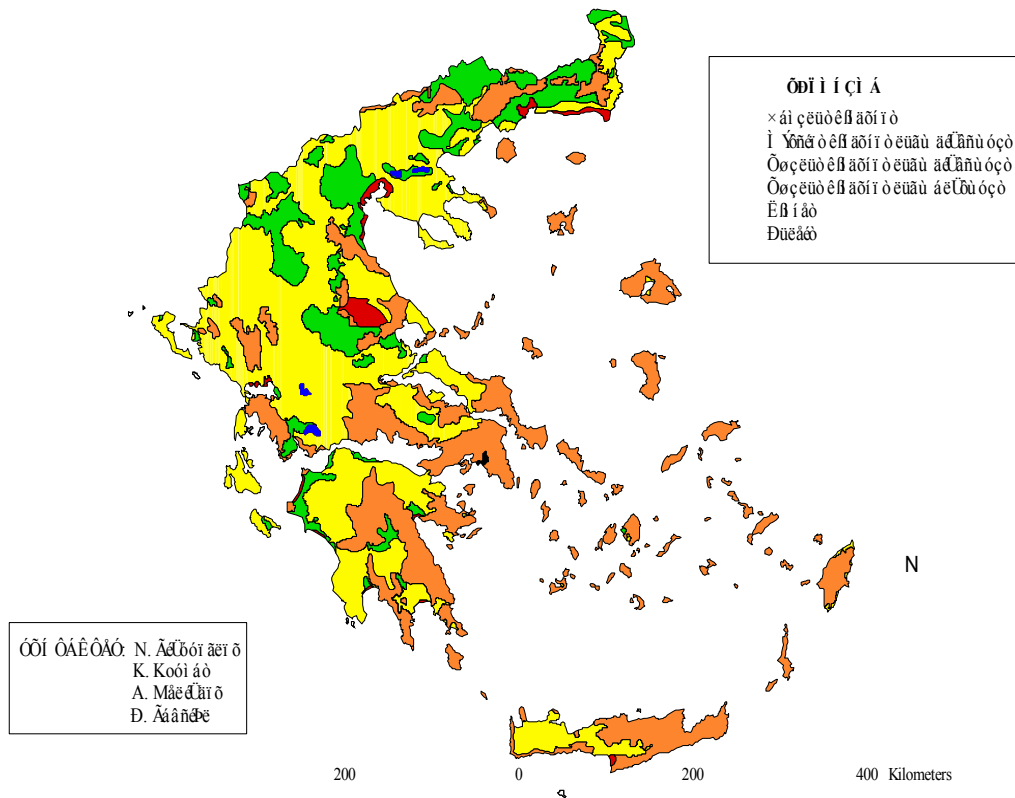
παράγοντα P είναι 0.9845. Από τη μελέτη του σχήματος 3.12 προκύπτει επίσης ότι επικλινείς εκτάσεις όπως Cinque Terre στην Ιταλία, Κρήτη και Λέσβο στην Ελλάδα, Priorat της Καταλονίας στην Ισπανία, Douro στην Πορτογαλία, είναι σημαντικό να επενδύσουν σε τέτοιου είδους πρακτικές διατήρησης του εδάφους.

3.3 Το πρόβλημα της Διάβρωσης των Εδαφών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Από τη μελέτη των ερευνών που έχουν διεξαχθεί για την αποτύπωση του κινδύνου διάβρωσης, όπως παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.2 του παρόντος κεφαλαίου, προκύπτει σαν συμπέρασμα ότι οι χώρες της Μεσογείου παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στο φαινόμενο της διάβρωσης.

Η διάβρωση θεωρείται σήμερα ως μια σημαντική απειλή υποβάθμισης των εδαφών των Μεσογειακών χωρών. Η λεκάνη της Μεσογείου παρόλο που αποτελεί ένα πολύπλοκο μωσαϊκό από διαφορετικά οικοσυστήματα, διαφορετικούς πολιτισμούς και κατά συνέπεια από διαφορετική ιστορία ανθρώπινης παρέμβασης στο περιβάλλον, έχει ως κοινό παρονομαστή μια σειρά παραγόντων που συμβάλλουν στο φαινόμενο της διάβρωσης και κατά συνέπεια στο φαινόμενο της ερημοποίησης. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι κλιματικές συνθήκες με τη μεγάλη διακύμανση και τις συχνές και μεγάλης έντασης βροχοπτώσεις, τις εποχιακές ξηρασίες, το έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο και την γενικά περιορισμένη φυτική κάλυψη. Επίσης η μακρά ιστορία παρέμβασης στο περιβάλλον, αλλά και η πρόσφατη εγκατάλειψη των αγροτικών περιοχών με την ταυτόχρονη μείωση του αγροτικού δυναμικού συνεπικουρούν στη εξάπλωση του φαινομένου.

Ο ελλαδικός χώρος εμφανίζεται έντονα υποβαθμισμένος με πολλές περιοχές να αντιμετωπίζουν σημαντικό κίνδυνο διάβρωσης. Οι περιοχές υψηλού κινδύνου διάβρωσης - ερημοποίησης είναι η δυτική Στερεά Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος της Πελοποννήσου, η ορεινή ζώνη των Ιονίων νήσων, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου, η Εύβοια και μέρος της Ηπείρου, Θεσσαλίας και Θράκης. Όπως προκύπτει από πρόσφατες μελέτες, το 35% του ελλαδικού χώρου βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης ή έχει ήδη ερημοποιηθεί, ενώ το 49% θεωρείται ότι βρίσκεται σε μέτριο κίνδυνο ερημοποίησης (Σχήμα 3.13) (Κοσμάς, 2006).

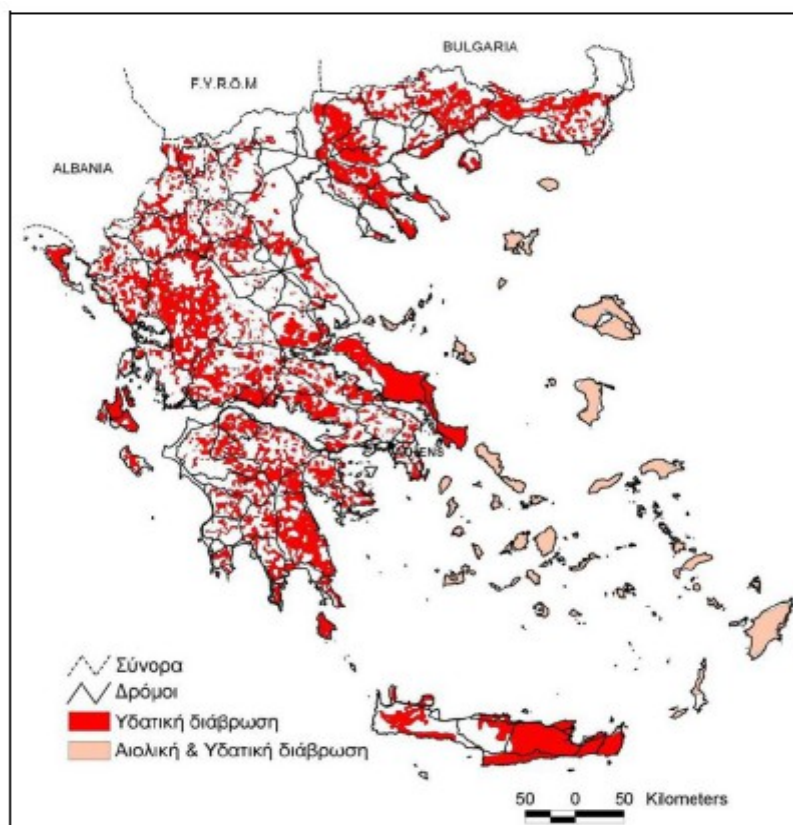


Σχήμα 3.13: Χάρτης δυνητικού κινδύνου ερημοποίησης της Ελλάδας.
(Πηγή: Εθνική Επιτροπή κατά της Ερημοποίησης)

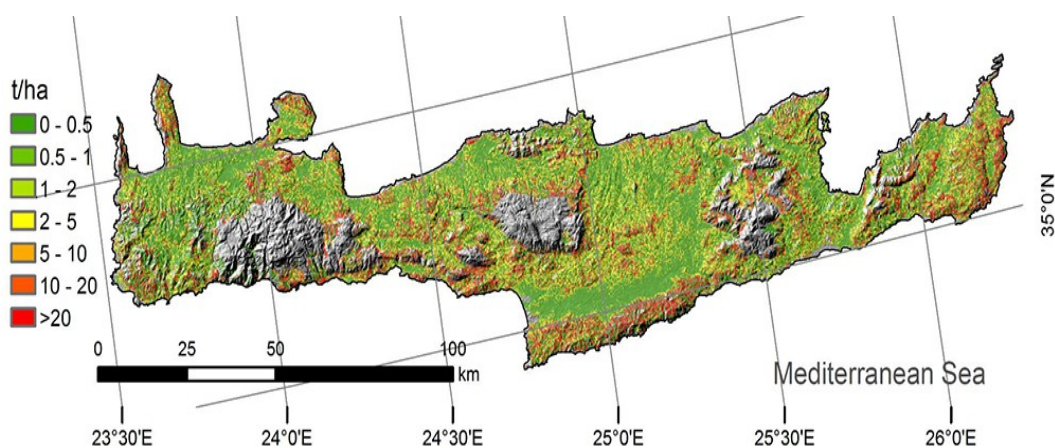
Ειδικότερα στην Ελλάδα, οι παράγοντες που επηρεάζουν τα διαβρωτικά φαινόμενα είναι:

- Οι βροχοπτώσεις μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα.
- Το γεωμορφολογικό και τοπογραφικό ανάγλυφο των ορεινών ελληνικών εδαφών με τις απότομες κλίσεις που υπάρχουν.
- Τα ψαθυρά γεωλογικά υλικά που απαρτίζουν τα περισσότερα ελληνικά εδάφη.
- Το χαμηλό ποσοστό οργανικής ουσίας των ελληνικών εδαφών που εντείνει τη διαβρωσιμότητά τους.
- Οι γεωργικές πρακτικές καλλιέργειας και διατήρησης.

Στο Σχήμα 3.14 παρουσιάζονται οι περιοχές υψηλού κινδύνου υδατικής και αιολικής διάβρωσης στην Ελλάδα.



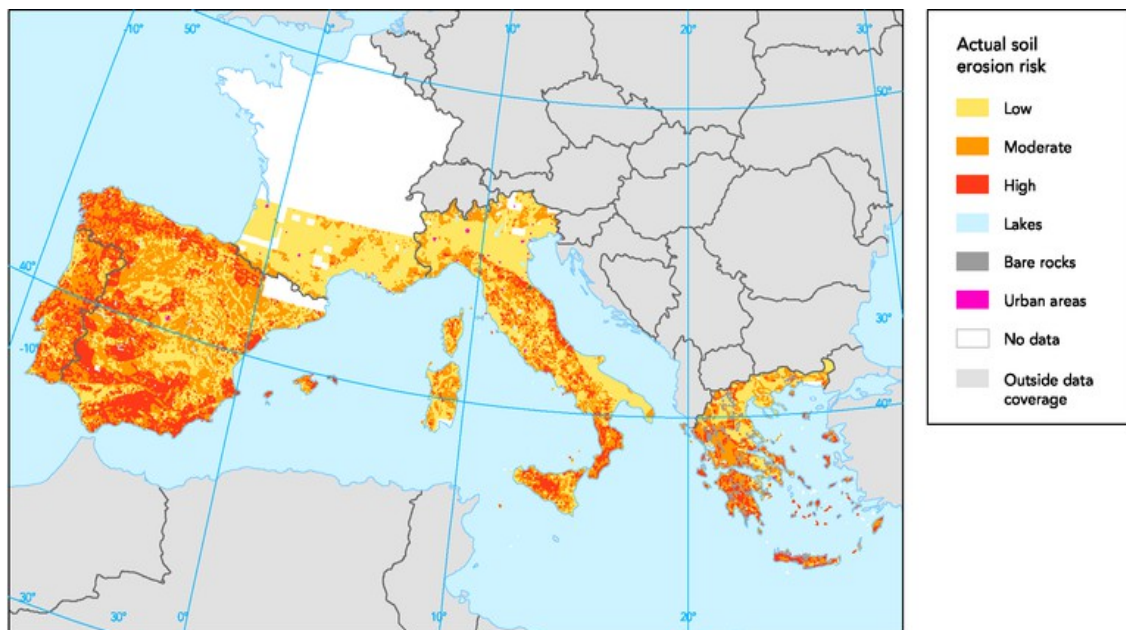
Σχήμα 3.14: Οι περιοχές υψηλού κινδύνου υδατικής και αιολικής διάβρωσης στην Ελλάδα (Boardman et al).



Σχήμα 3.15: Χάρτης διάβρωσης της Κρήτης (Panagos et al, 2014).

Όπως παρουσιάστηκε στους χάρτες αποτύπωσης κινδύνου διάβρωσης, μια περιοχή υψηλού κινδύνου είναι η Κρήτη. Σε έρευνα (Panagos et al, 2014) που πραγματοποιήθηκε το 77% της συνολικής έκτασης της Κρήτης (6417 km²) χαρτογραφήθηκε για τον κίνδυνο διάβρωσης. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός απώλειας εδαφών βρέθηκε να είναι 8.123 t ha⁻¹.

Στο Σχήμα 3.16 παρουσιάζεται ο πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης στην περιοχή της Μεσογείου από έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το European Environmental Agency το 2012, με βάση τους παράγοντες: έδαφος, κλίμα, κλίση εδάφους και βλάστηση. Η Ελλάδα βρίσκεται στο μέτριο με υψηλό κίνδυνο διάβρωσης.



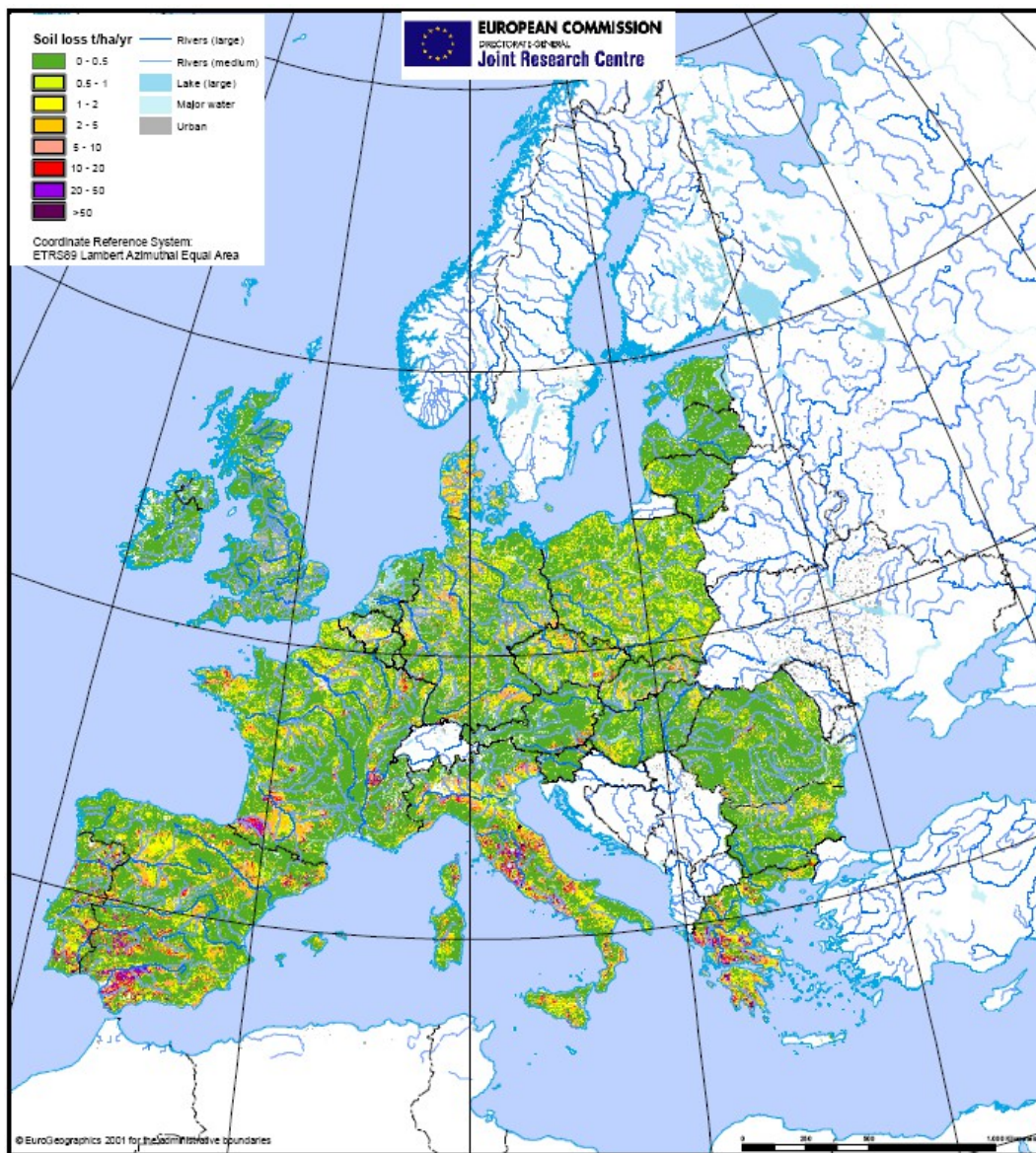
Σχήμα 3.16: Πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης στην περιοχή της Μεσογείου.

(Πηγή: European Environmental Agency)

Στο Σχήμα 3.17 παρουσιάζεται ο Ευρωπαϊκός χάρτης απώλειας εδάφους από το Ερευνητικό Τμήμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems).

Σύμφωνα με αυτόν το χάρτη η Ελλάδα στις περισσότερες περιοχές της, έχει ετήσια απώλεια εδάφους μέχρι και 2 t ha⁻¹, ενώ παρουσιάζονται και περιοχές της με ετήσια απώλεια εδάφους πάνω από 10 t ha⁻¹. Σε άλλες χώρες της Ευρώπης το φαινόμενο της ετήσια απώλειας εδάφους είναι εντονότερο και σε άλλες παρουσιάζεται σε μικρότερο βαθμό και αυτό γιατί τα εδάφη στον

Ευρωπαϊκό χώρο παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα, που αντικατοπτρίζει τις διαφορετικές εδαφογενετικές συνθήκες, όπως γεωλογικό υπόβαθρο, κλίμα, ανάγλυφο και χρήσεις γης. Όμως είναι γενικότερα αντιληπτό πως η υιοθέτηση ορθών γεωργικών και περιβαλλοντικών πρακτικών που να έχει ως στόχο να βελτιώσει μακροπρόθεσμα τη σχέση μεταξύ γεωργίας και εδάφους είναι αναγκαία. Η θεματική στρατηγική και οι κανόνες ορθών γεωργικών πρακτικών θα αναπτυχθούν στο 4^ο Κεφάλαιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.



Σχήμα 3.17: Ο Ευρωπαϊκός χάρτης απώλειας εδάφους από το Ερευνητικό Τμήμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. (Πηγή: European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems).

Μέτρα Αντιμετώπισης της Διάβρωσης του Εδάφους

4.1 Θεματική Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προστασία του Εδάφους

Η προστασία του περιβάλλοντος θεωρείται ένας από τους κυρίους στόχους της ευρωπαϊκής πολιτικής. Η προστασία του εδάφους, ως το βασικό συστατικό ενός λειτουργικού και βιώσιμου οικοσυστήματος, είχε συμπεριληφθεί στα σχέδια του 6^{ου} Πρόγραμμα Δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το Περιβάλλον (6ο ΠΔΠ). Οι απειλές που αντιμετωπίζουν τα εδάφη της Ευρώπης, παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε ένα έγγραφο με τίτλο «Προς μία Θεματική Στρατηγική Προστασίας του Εδάφους» (Towards a Thematic Strategy of Soil Protection). Το κείμενο αυτό ήταν η απαρχή της διεύθυνσης της έννοιας της προστασίας του εδάφους στις περιβαλλοντικές πολιτικές της ΕΕ και συγχρόνως εμπεριείχε μια σειρά περιβαλλοντικών μέτρων ειδικά σχεδιασμένων για να αποτρέψουν την υποβάθμιση των εδαφών αλλά και νομοθεσίες σχετικά με την εξόρυξη ορυκτών και μεταλλευμάτων, τη διάθεση αποβλήτων και λυμάτων, διεργασίες που συντελούν στην υποβάθμιση του εδάφους. Το Σεπτέμβριο του 2006, υιοθετήθηκε από την ΕΕ το τελικό κείμενο "Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους" (Thematic Strategy on Soil Protection COM/2006/231) και μία πρόταση για μία Οδηγία Πλαίσιο για το Έδαφος (Soil Framework Directive, COM/2006/232).

Τόσο η ενέργεια όσο και η αποδοχή της Θεματικής Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους από την Ευρωπαϊκή Ένωση αποτέλεσε ένα σημαντικό θετικό βήμα στην προστασία του περιβάλλοντος γιατί αναγνωρίστηκε όχι μόνο η ύπαρξης του προβλήματος της υποβάθμισης των ευρωπαϊκών εδαφών αλλά και η σοβαρότητά του. Από τη στιγμή που δεν υπάρχει σχετικό

νομοθετικό πλαίσιο της ΕΕ σχετικά με την προστασία του εδάφους, η εφαρμογή ενός σχετικού ρυθμιστικού πλαισίου είναι αναγκαία. Αυτό το πλαίσιο δεν θα πρέπει να αντικαθιστά ήδη υπάρχοντες κανονισμούς σχετικά με τη διαχείριση των εδαφών ή τον έλεγχο της διάθεσης αποβλήτων, οι οποίοι συνεισφέρουν στην προστασία των εδαφών, αλλά να λειτουργήσει σαν ομπρέλα κάτω από την οποία τέτοιοι κανονισμοί θα βελτιωθούν και θα ενσωματωθούν βάσει κεντρικού συντονισμού σε μια ολοκληρωμένη πολιτική.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με βάση αυτό το σχετικό ρυθμιστικό πλαίσιο, θεωρούσε ότι απαιτείται μια γενικευμένη στρατηγική για την προστασία του εδάφους, η οποία θα λάμβανε υπόψη τις επιμέρους λειτουργίες του, την ποικιλομορφία και την πολυπλοκότητά του και τη μεγάλη ποικιλία διεργασιών υποβάθμισής του, αλλά ταυτόχρονα και τις κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους.

Ο αντικειμενικός σκοπός που έθετε η Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους, είναι η προστασία και βιώσιμη χρήση του βάσει των εξής αρχών (Thematic Strategy for Soil Protection Brussels, 22.9.2006 COM(2006)231 final, SoCo):

- Να αποφεύγεται η περαιτέρω υποβάθμιση επιβαρυσμένων εδαφών και να συντηρούνται οι βασικές λειτουργίες τους: α) όταν υπάρχει χρήση του εδάφους και εκμετάλλευση των λειτουργιών του πρέπει να αναληφθούν δράσεις σχετικά με τη χρήση και της μεθόδους διαχείρισης, β) όταν το έδαφος χρησιμοποιείται σαν δεξαμενή/αποδέκτης των αποτελεσμάτων ανθρώπινης δραστηριότητας ή περιβαλλοντικών φαινομένων, πρέπει να ληφθούν μέτρα στην πηγή του προβλήματος.
- Να αποκαθίστανται τα υποβαθμισμένα εδάφη σε ένα επίπεδο λειτουργικότητας συμβατό τουλάχιστον προς την τρέχουσα και την προσδοκώμενη χρήση, λαμβάνοντας υπόψη το σχετικό οικονομικό κόστος.

Η Οδηγία της ΕΕ έθετε ένα πλαίσιο στο κατάλληλο γεωγραφικό και διοικητικό επίπεδο για την υιοθέτηση σχεδίων δράσης αντιμετώπισης των απειλών (διάβρωση, μείωση οργανικής ύλης, ρύπανση, κλπ) – όποιων και όπου προκύπτουν (σε συγκεκριμένες περιοχές). Σύμφωνα με την Οδηγία ζητήθηκε από τα κράτη-μέλη να λάβουν συγκεκριμένα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος αφού πρώτα το τακτοποιήσουν, αλλά η Οδηγία άφηνε μεγάλη ελευθερία κινήσεων στα κράτη-μέλη τα οποία θα αναλάμβαναν να καθορίσουν το πόσο φιλόδοξους στόχους θα έθεταν και τα μέτρα που θα έπρεπε ληφθούν για την επίτευξη των στόχων αυτών. Η προσέγγιση, σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για την αντιμετώπιση της διαχείρισης της ρύπανσης του εδάφους αποτυπώνεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Η προσέγγιση για την αντιμετώπιση της διαχείρισης της ρύπανσης του εδάφους, σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

(Πηγή: SoCo, Thematic Strategy for Soil Protection Brussels, 22.9.2006 COM(2006)231 final.)

Στις 13 Φεβρουαρίου 2012, η Ευρωπαϊκή επιτροπή δημοσίευσε μια έκθεση πολιτικής σχετικά με την εφαρμογή της Στρατηγικής και τις τρέχουσες σχετικές δραστηριότητες (COM (2012) 46) [58]. Η έκθεση αυτή παρέχει επισκόπηση της εφαρμογής της θεματικής στρατηγικής για την προστασία του εδάφους, από την έγκρισή της, τον Σεπτέμβριο του 2006, μέχρι σήμερα. Η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στην προστασία του εδάφους παράλληλα με την αιεφόρο χρήση του, μέσω της πρόληψης της περαιτέρω υποβάθμισης, της διαφύλαξης των λειτουργιών του και της αποκατάστασης των υποβαθμισμένων εδαφών. Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται επίσης οι τρέχουσες τάσεις όσον αφορά την υποβάθμιση του εδάφους, τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως, καθώς και οι μελλοντικές προκλήσεις για την εξασφάλιση της προστασίας του. Αυτό το κείμενο περιλαμβάνει μια σύνοψη των δράσεων που έχει αναλάβει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ώστε να εφαρμοστούν οι 4 βασικοί πυλώνες της Στρατηγικής (Εφαρμογή της θεματικής στρατηγικής για το έδαφος και τρέχουσες δραστηριότητες, Βρυξέλλες, 13.2.2012 COM(2012) 46 final):

1. Ευαισθητοποίηση

2. Έρευνα
3. Ενσωμάτωση - Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση
4. Νομοθεσία

Ένα από τα πλαίσια του πυλώνα της Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης είναι η **Κοινή Γεωργική Πολιτική (ΚΓΠ)**. Τα θέματα προστασίας του εδάφους αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καλής γεωργικής και περιβαλλοντικής κατάστασης από το 2003, οπότε επιβλήθηκε η πολλαπλή συμμόρφωση. Δίνεται έμφαση στον περιορισμό της διάβρωσης, στη συγκράτηση και βελτίωση της οργανικής ύλης και στην αποφυγή της συμπίεσης. Τον Οκτώβριο του 2011 η Επιτροπή, αξιοποιώντας την πείρα που έχει αποκτηθεί, πρότεινε να αποσαφηνιστούν και να εξειδικευθούν τα σχετικά με το έδαφος πρότυπα στο πλαίσιο της συνολικής μεταρρύθμισης της ΚΓΠ το 2020. Ειδικότερα πρότεινε μια νέα καλή γεωργική και περιβαλλοντική κατάσταση, η οποία αφορά την προστασία της οργανικής ύλης και περιλαμβάνει την απαγόρευση της καύσης της καλαμιάς στις αροτραίες καλλιέργειες και την υποχρέωση αποκλεισμού της άροσης υγροτόπων και πλούσιων σε άνθρακα εδαφών. Τα κράτη μέλη διαθέτουν μεγάλη διακριτική ευχέρεια όσον αφορά την επιβολή εθνικών υποχρεώσεων επίτευξης καλής γεωργικής και περιβαλλοντικής κατάστασης στους γεωργούς, υπό τον όρο να τηρείται το ενωσιακό πλαίσιο. Η πολλαπλή συμμόρφωση προβλέπει ελάχιστες προϋποθέσεις προστασίας του εδάφους και, εξορισμού, δεν είναι δυνατόν να καλύψει όλες τις διεργασίες διάβρωσης του εδάφους. Η αγροτική ανάπτυξη (Κανονισμός ΕΟΚ, 2005) προβλέπει γεωργοπεριβαλλοντικά καθεστάτα μέσω των οποίων είναι δυνατή η ειδική στήριξη δραστηριοτήτων προστασίας του εδάφους (8,8% των κονδυλίων του προϋπολογισμού που δαπανήθηκαν την περίοδο 2007- 2008). Αναμένεται ότι, την περίοδο 2007-2013, το 21,4% της χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης θα καλύπτεται από μέτρα με στόχο την ποιότητα του εδάφους, έναντι ποσοστού 30,7% και 33,0% όπου επιδιώκονται η αποφυγή της περιθωριοποίησης και η προστασία της βιοποικιλότητας, αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν περιθώρια αύξησης της υιοθέτησης μέτρων για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και την επέκταση της καλυπτόμενης επιφάνειας εδάφους. Επιπροσθέτως, η νέα πρόταση για την αγροτική ανάπτυξη περιλαμβάνει ως στόχους την αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων, καθώς και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή σε αυτή, μεταξύ άλλων με τη βελτίωση της διαχείρισης του εδάφους και την ενίσχυση της δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα στη γεωργία και τη δασοκομία. Με την οικολογικοποίηση του πρώτου πυλώνα της ΚΓΠ, που προτείνει η Επιτροπή, προβλέπεται να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η κατάσταση, ιδίως ως προς τη διάβρωση και την οργανική ύλη του εδάφους (Εφαρμογή της θεματικής στρατηγικής για το έδαφος και τρέχουσες δραστηριότητες, Βρυξέλλες, 13.2.2012 COM(2012) 46 final).

4.2 Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχει δημιουργήσει η ελληνική γεωργική δραστηριότητα και την συνέχιση των θετικών λειτουργιών της, οι αγρότες θα πρέπει να εφαρμόζουν ορισμένες πρακτικές, οι οποίες ονομάστηκαν Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.). Πρόκειται για νομοθεσία που ισχύει από το 2004 (Ο παρών κώδικας εγκρίθηκε με την ΥΑ 125347/568 (ΦΕΚ Β' 142/29.1.2004)) και παρεμβαίνει σε όλο το φάσμα της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Οι Κ.Ο.Γ.Π. καθορίζουν επίσης τους κανόνες στις περιπτώσεις περιοχών ή ζωνών που εντάσσονται σε ειδικά καθεστώτα προστασίας. Ειδικότερα, οι Κ.Ο.Γ.Π. αφορούν την διαχείριση του εδάφους. Στόχος τους είναι να κατευθύνουν τον παραγωγό στον περιορισμό της κατεργασίας του εδάφους, ώστε να περιορισθεί η κατανάλωση ενέργειας και η καταστροφή της δομής του. Οι πρακτικές αυτές, αποσκοπούν:

- στην αειφορική διαχείριση των γεωργικών γαιών και των φυσικών πόρων
- στην προστασία και διαφύλαξη του αγροτικού τοπίου και των χαρακτηριστικών του
- στην προστασία της υγείας των αγροτών και των καταναλωτών.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων οι Κώδικες παρεμβαίνουν στις ακόλουθες γεωργικές δραστηριότητες (ΦΕΚ Β' 142/29.1.2004):

1. Κατεργασία του εδάφους
2. Αμειψισπορά
3. Λίπανση
4. Διαχείριση υδάτινων πόρων
5. Φυτοπροστασία
6. Διαχείριση αυτοφουούς χλωρίδας – Τεχνητή Κάλυψη
7. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας
8. Διαχείριση απορριμμάτων

(Σημείωση: Η καταγραφή που ακολουθεί, για τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής, έχουν ως πηγή την ΦΕΚ Β' 142/29.1.2004, που αντλήθηκε από τη σελίδα του Υπουργείου Δικαιοσύνης, Διαφάνειας και Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων – «ΙΣΟΚΡΑΤΗΣ» Τράπεζα Νομικών Πληροφοριών ΔΣΑ)

1. Κατεργασία του Εδάφους

Για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την κατεργασία του εδάφους και να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές συνέπειες της διάβρωσης για τους αγρότες – παραγωγούς συνίσταται:

- Οι κατεργασίες να γίνονται την κατάλληλη εποχή με τα κατάλληλα, για το έδαφος και την εργασία που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε, γεωργικά μηχανήματα. Σκόπιμο είναι να γίνονται, κατά το δυνατόν, οι λιγότερες επεμβάσεις.
- Οι κατεργασίες του εδάφους να γίνονται πάντα, όταν το έδαφος βρίσκεται στο «ρόγο του», δηλαδή μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Σκόπιμο είναι να αποφεύγονται οι θερινές αρόσεις, στην περίπτωση που αυτές δεν θεωρούνται απαραίτητες για την καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων.
- Να αποφεύγεται η βαθιά άροση κάτω από 40 εκατοστά, αν δεν υπάρχει ανάγκη εκρίζωσης βαθύρριζων ζιζανίων και θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα. Στην περίπτωση βαθιάς άροσης, λόγω θραύσης αδιαπέραστου εδαφικού ορίζοντα δεν πρέπει να γίνεται αναστροφή του εδάφους.
- Στις περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος πλημμυρών η άροση, θα πρέπει να γίνεται με μέθοδο, που εξασφαλίζει την ισοπέδωση αγροτεμαχίων με χρήση αναστρεφόμενων αρότρων.
- Σε εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 10% η άροση να γίνεται κατά τις ισοϋψείς, ή διαγώνια, ή να δημιουργούνται φυσικά αναχώματα κατά τις ισοϋψείς και η άροση να γίνεται διαγώνια (ακαλλιέργητες ζώνες με φυτική κάλυψη) με εύρος 1-2 μέτρα και όχι παράλληλα με την κλίση.
- Ενδείκνυται η χρήση αναστρεφόμενου αρότρου και η αναστροφή του εδάφους να έχει ανοδική φορά. Σε εδάφη με μεγάλη κλίση, άροση κατά τις ισοϋψείς δεν είναι πάντα εφικτή λόγω του κινδύνου ανατροπής των γεωργικών μηχανημάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να υιοθετούνται ειδικές πρακτικές όπως καλλιέργειες σε αναβαθμίδες. Η πρακτική αυτή μειώνει τη δημιουργία απορροής.
- Η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην καταστρέφονται οι αγροτικοί δρόμοι.
- Να μην καταστρέφονται τα ακαλλιέργητα περιθώρια μεταξύ των αγροτεμαχίων καθώς και οι φυτοφράκτες, η φυσική βλάστηση των ρεματιών και τα γειτονεύοντα δάση.
- Η διατήρηση των φυσικών ρεμάτων. Επεμβάσεις, οι οποίες αφορούν στην αλλαγή πορείας ρεμάτων με χωματουργικά μηχανήματα γίνονται μόνο μετά από άδεια της αρμόδιας υπηρεσίας.
- Η μείωση της ταχύτητας και του βάθους άροσης συμβάλλει στη μείωση της μηχανικής διάβρωσης στις επικλινείς περιοχές.

- Η άροση του εδάφους να γίνεται κατά προτίμηση τρεις φορές προς τα ανάντη και μία φορά προς τα κατόντη για να εξισορροπείται η απώλεια του εδάφους.

2. Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά τόσο στις αροτραίες καλλιέργειες όσο και τα κηπευτικά αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την διατήρηση της γονιμότητας των χωραφιών. Η αμειψισπορά ήταν απαραίτητη και αναντικατάστατη διαδικασία πριν την εισαγωγή των γεωργικών μηχανημάτων και των χημικών λιπασμάτων. Η εισαγωγή των νέων τεχνικών καλλιέργειας έδωσε την δυνατότητα το ίδιο χωράφι να καλλιεργείται συνεχώς με την ίδια καλλιέργεια. Η πρακτική αυτή όμως «κουράζει» τα χωράφια τα οποία χάνουν την γονιμότητα τους, πολλαπλασιάζονται τα προβλήματα με τα ζιζάνια και τις ασθένειες και το κόστος της παραγωγής αυξάνει, γιατί υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για λιπάσματα και φυτοφάρμακα, ενώ οι αποδόσεις μειώνονται με το χρόνο. Το κυριότερο όμως είναι ότι τα ίδια τα χωράφια χάνουν την γονιμότητα τους, ενώ η αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Η αμειψισπορά είναι πρακτική που πρέπει να αρχίσει να εφαρμόζεται ξανά, όπου έχει σταματήσει. Καλό είναι επίσης να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε το χωράφι να μην μένει γυμνό κατά την περίοδο του χειμώνα που είναι πιο ευπρόσβλητο στη διάβρωση από τις βροχές. Στα ελαφρά εδάφη με περιεκτικότητα σε άμμο μεγαλύτερη από 50% (αμμώδη πηλοαμμώδη, αμμοπηλώδη) υποχρεωτικά πρέπει να υπάρχει φυτοκάλυψη το χειμώνα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλο πρόγραμμα αμειψισποράς που περιλαμβάνει και καλλιέργεια χλωρής λίπανσης ή κατάλληλη διαχείριση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας ή της αυτοφυούς χλωρίδας.

Με την αμειψισπορά επιτυγχάνονται οι παρακάτω στόχοι:

- Αύξηση της γονιμότητας του εδάφους
- Βελτίωση της δομής του εδάφους
- Μείωση των προβλημάτων από ζιζάνια
- Μείωση των προβλημάτων από ασθένειες.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι θα πρέπει να υπάρχει εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισπορά) και ανάλογα με το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε πρέπει να υπάρχει εναλλαγή διαφόρων τύπων καλλιεργειών στα πλαίσια της αμειψισποράς. Οι ιδιαίτερες συνθήκες των χωραφιών, των καλλιεργειών που έχουν προηγηθεί και των κλιματικών συνθηκών πρέπει να

συνυπολογίζονται για την διαμόρφωση του προγράμματος αμειψισποράς. Η αμειψισπορά θα πρέπει να εξασφαλίζει, ότι στο ίδιο αγροτεμάχιο δεν θα καλλιεργείται συνεχώς η ίδια καλλιέργεια.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος εναλλαγής των καλλιεργειών μπορούν να ακολουθηθούν οι παρακάτω μέθοδοι αμειψισποράς:

Μέθοδος Α: Στη διάρκεια της 5ετίας για ένα ολόκληρο έτος το αγροτεμάχιο τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

Μέθοδος Β: Στη διάρκεια της 5ετίας το 20% τουλάχιστο του αγροτεμαχίου (βασικής καλλιέργειας) θα τίθεται σε αγρανάπαυση ή αμειψισπορά.

Μέθοδος Γ: Στην διάρκεια της πενταετίας για κάποια αγροτεμάχια ακολουθείται η μέθοδος Α και για κάποια άλλα η μέθοδος Β. Δεν μπορεί ένα αγροτεμάχιο να καλλιεργηθεί και με τη μία μέθοδο και με την άλλη σε διάστημα μικρότερο των 5 ετών. Αλλαγή στη μέθοδο αμειψισποράς σε συγκεκριμένο αγροτεμάχιο μπορεί να γίνει μόνο, όταν εξασφαλισθεί επαρκής (όχι λιγότερο από 20%) αμειψισπορά σε αυτό.

3. Λίπανση

Η λίπανση πρέπει να γίνεται με το κατάλληλο για το έδαφος και την καλλιέργεια λίπασμα, να ελέγχονται οι ποσότητες που προστίθενται κάθε φορά στο έδαφος, καθώς και ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής τους. Το πρόβλημα προκαλείται κυρίως από τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία είναι εύκολα διαλυτά στο νερό όπως παρουσιάστηκε στο 2^ο Κεφάλαιο της παρούσας διατριβής. Με στόχο την ορθολογική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων οι παραγωγοί πρέπει:

- Να εφαρμόζουν ανά καλλιέργεια και τύπο εδάφους τις «άριστες» ποσότητες και τύπους λιπασμάτων για την κάλυψη των αναγκών θρέψης των φυτών, όπως αυτά προσδιορίζονται στα «πρακτικά λίπανσης» που εκδίδονται από τις οικείες Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης- Γεωργίας.
- Να εφαρμόζουν τα αζωτούχα λιπάσματα σε δόσεις ανάλογα με το βλαστικό στάδιο των φυτών. Ειδικότερα στις δενδρώδεις καλλιέργειες σε τουλάχιστο δύο δόσεις και στις ετήσιες σε τουλάχιστον τρεις ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τις επικρατούσες συνθήκες. Εξαιρούνται τα οργανικά λιπάσματα (κοπριές, κόμποστ) που είναι αργής αποδέσμευσης, υπό την προϋπόθεση ότι είναι «χωνεμένα» .
- Στα χειμερινά σιτηρά να εφαρμόζουν κατά το μέγιστο 160 kg N/Ha (16 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα) και να το χορηγούν σε τουλάχιστο δύο δόσεις. Η βασική λίπανση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 50 kg N/Ha (5 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα).
- Να μην κάνουν εφαρμογή λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη των 5 μέτρων από όχθες ποταμών και λιμνών και 0,5 μέτρων από κανάλια άρδευσης, στράγγισης, πηγάδια, γεωτρήσεις .

- Να εφαρμόζουν σε όξινα εδάφη (με pH < 6,5) φυσιολογικώς αλκαλικά λιπάσματα και να αποφεύγουν τη χρήση λιπασμάτων που συμβάλλουν σε μεγαλύτερη μείωση του pH (αύξηση της οξύτητας) όπως είναι τα αμμωνιακά λιπάσματα με την εξαίρεση της ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας. Αντιστοίχως στα αλκαλικά εδάφη να προτιμούνται τα θειικά λιπάσματα.
- Κατά την εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων πρέπει να τηρούν με ιδιαίτερη προσοχή τους κανόνες που αναγράφονται στην συσκευασία (των λιπασμάτων) και να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή χρήσης ή διασποράς των λιπασμάτων σε τοποθεσίες, όπου ο κίνδυνος επιφανειακής απορροής είναι μεγάλος και ιδιαίτερα σε εδάφη που νεροκρατούν, ή/και εδάφη με κλίση.
- Να μη γίνεται διασπορά του λιπάσματος όταν πνέει ισχυρός άνεμος και να χρησιμοποιούνται και να συντηρούνται σωστά οι λιπασματοδιανομείς.
- Κατά τη συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση να λαμβάνονται μέτρα (ειδικά στα υγρής μορφής λιπάσματα) για τη διασφάλιση, από τον κίνδυνο διαρροής.
- Να μην τοποθετούνται σάκοι λιπασμάτων σε απόσταση μικρότερη από 5 μέτρα από υδάτινους όγκους ή υδατορέματα, γεωτρήσεις, πηγάδια.
- Ειδικά για τα υγρά λιπάσματα πρέπει να συντηρούνται επιμελώς οι δεξαμενές, σωληνώσεις, και βαλβίδες, για την αποφυγή τυχόν διαρροών.
- Να μην εγκαταλείπουν στον τόπο εφαρμογής ή σε άλλο πλην αυτού που ορίζεται τα υλικά και μέσα συσκευασίας των λιπασμάτων.

4. Διαχείριση Υδάτινων Πόρων

Μια επιτυχημένη άρδευση πρέπει, αφενός, να δίνει στο έδαφος τόσο νερό όσο χρειάζεται για να αναπτυχθεί σωστά η καλλιέργεια και αφετέρου, η εφαρμογή του νερού να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες νερού και θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση και επιφανειακή απορροή. Σε κάθε άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται τόσο νερό ώστε να κορεστεί το έδαφος σε τόσο βάθος όσο το βάθος του ριζικού συστήματος. Η βαθιά διήθηση και η επιφανειακή απορροή μπορούν να περιοριστούν με τον κατάλληλο έλεγχο μιας σειράς παραγόντων από τους οποίους επηρεάζονται, όπως είναι:

- η παροχή της άρδευσης (να αποφεύγονται απώλειες κατά την παροχή με επιδιόρθωση του συστήματος παροχής)
- ο χρόνος εφαρμογής
- η κλίση του εδάφους
- το μήκος διαδρομής του νερού στον αγρό

- η διηθητικότητα του εδάφους
- η μέθοδος άρδευσης.

Για τον έλεγχο των απωλειών του νερού (βαθεία διήθηση, επιφανειακή απορροή) και την επίτευξη ορθολογικής άρδευσης, θα πρέπει οι παραγωγοί να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (σύνολο αναγκών σε νερό βάσει πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, δόση άρδευσης, χρόνο άρδευσης, αριθμός εφαρμογών) για κάθε σύστημα άρδευσης και για κάθε τύπο εδάφους όπως αυτές ορίζονται με απόφαση από τις σχετικές υπηρεσίες.

Μέθοδοι άρδευσης

Επιφανειακή άρδευση

Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια ή παράλληλες λωρίδες. Με τη μέθοδο αυτή ποτίζονται σκαλιστικές καλλιέργειες όπως βαμβάκι, αραβόσιτος λαχανικά και άλλες. Για την επιτυχία της άρδευσης το χωράφι πρέπει να είναι οργωμένο και οι καλλιέργειες να είναι σπαρμένες γραμμικά. Αν και η επιφανειακή άρδευση δεν είναι προτεινόμενο σύστημα άρδευσης (2^ο Κεφάλαιο), σημειώνεται όμως, ότι η εφαρμογή της μπορεί να είναι αναγκαία εάν το είδος της καλλιέργειας ή ο τύπος του εδάφους το επιβάλλει, όπως εδάφη που εμφανίζουν προβλήματα συσσώρευσης αλάτων και καλλιέργειες, όπως το ρύζι.

Τεχνητή βροχή

Με το σύστημα αυτό, το νερό εφαρμόζεται σε όλο το χωράφι ομοιόμορφα. Ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να γίνεται το πότισμα πρέπει να είναι ίδιος με το ρυθμό που το έδαφος απορροφά το νερό ώστε να μην έχουμε επιφανειακή απορροή. Για το σκοπό αυτό η επιλογή του μπεκ και της διάταξης των εκτοξευτήρων πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε η ένταση της βροχής να είναι ίση με την βασική διηθητικότητα του εδάφους και το μέσο ωριαίο ύψος βροχής να είναι ανάλογο με το ύψος, το οποίο αντιστοιχεί στον εδαφικό τύπο του χωραφιού, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Μέση ωριαία διηθητικότητα εδαφών.

Είδος εδάφους	Μέσο ωριαίο ύψος βροχής σε χιλιοστά νερού / ώρα
Αμμουδερά	50
Ελαφρά	25
Μέτρια	15
Βαριά	5

Ο χρόνος εφαρμογής της άρδευσης πρέπει να είναι τέτοιος ώστε, να αποφεύγεται η διήθηση του νερού σε βαθύτερα στρώματα. Με το σύστημα αυτό υπάρχουν συχνά απώλειες αρδευτικού νερού,

όταν η άρδευση γίνεται σε λάθος ώρα (μεσημέρι 11πμ-3μμ), λόγω εξάτμισης. Επίσης, μπορεί να γίνει ανομοιόμορφο πότισμα, όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ακατάλληλες (φυσάει πάνω από 5 βαθμούς της κλίμακας Beaufort). Με τις παραπάνω συνθήκες καλό είναι να αποφεύγεται η άρδευση. Οι σταγόνες διασπούν την δομή του επιφανειακού εδάφους, όταν κατά την εφαρμογή της τεχνητής βροχής εφαρμόζεται υψηλή πίεση στους εκτοξευτήρες. Το σύστημα αυτό πρέπει να αποφεύγεται, όταν η ποιότητα του αρδευτικού νερού δεν είναι καλή, καθώς τα άλατα από την άρδευση μένουν πάνω στα φύλλα και τους βλαστούς του φυτού.

Άρδευση με σταγόνες

Η άρδευση με σταγόνες εφαρμόζεται σε μέρος του εδάφους και συγκεκριμένα στην περιοχή του ριζικού συστήματος του φυτού. Η παροχή νερού από τους σταλακτήρες είναι πολύ μικρή, 2-3 λίτρα την ώρα, με αποτέλεσμα όλο το νερό να διηθείται από το έδαφος και να μην απορρέει επιφανειακά. Δεδομένου ότι η άρδευση επαναλαμβάνεται καθημερινά για 2-3 ώρες για να καλύπτεται το νερό που εξατμίστηκε, δεν υπάρχουν απώλειες νερού από βαθιά διήθηση. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει: πλήρη έλεγχο της άρδευσης, μηδενική σχεδόν έκπλυση θρεπτικών στοιχείων, καλή λειτουργία σε επικλινή εδάφη και εκεί που η ποιότητα νερού είναι οριακά ανεκτή, μειωμένο κόστος εργασίας. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα σταδιακής, κατά δόσεις, εφαρμογής υδρολίπανσης και εφαρμογής της λίπανσης. Τα μόνα μειονεκτήματα είναι το υψηλό αρχικό κόστος αγοράς και το υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας, που απαιτείται για τη λειτουργία και τη συντήρηση του (π.χ. μέριμνα για την αποφυγή της έμφραξης των σταλακτάρων).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι παραγωγοί οφείλουν:

- Να λαμβάνουν μέριμνα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού άρδευσης με αποφυγή της επιφανειακής απορροής ή βαθιάς διήθησης. Εξαιρούνται οι περιπτώσεις, που η βαθιά διήθηση χρειάζεται, για να αντιμετωπιστούν προβλήματα αλατότητας.
- Να μην αρδεύουν με κατάκλιση (με αυλάκια) σε αγροτεμάχια με κλίση πάνω από 3% (εξαιρείται η άρδευση πολυετών καλλιεργειών με αύλακες περιμετρικά του κορμού του φυτού).
- Να τηρούν τις αρδευτικές πρακτικές ανά καλλιέργεια (συνολική ποσότητα, αριθμός εφαρμογών, δόση ανά εφαρμογή), όπως ορίζονται από τις εκάστοτε ισχύουσες πρακτικές των οικείων Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων.
- Να τηρούν τους κανονισμούς των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων και γενικά των φορέων λειτουργίας συλλογικών έργων.
- Να τηρούν τα περιοριστικά μέτρα χρήσης νερού, όπως προβλέπεται από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

5. Φυτοπροστασία

Η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων πρέπει, να δικαιολογείται από την ύπαρξη της ασθένειας, το μέγεθος της προσβολής, ή της ύπαρξης ζιζανίων. Πέρα από την ύπαρξη του προβλήματος πρέπει αυτό, να έχει προσδιοριστεί και να έχει εκτιμηθεί, ότι η απώλεια, που θα επιφέρει στην παραγωγή ή στην υγεία των φυτών, θα έχει σημαντικό οικονομικό αποτέλεσμα. Η καταφυγή στη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων πρέπει να γίνεται αφού εξαντληθεί η προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος με καλλιεργητικά ή βιολογικά μέσα.

Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για την πρόληψη και την αποτροπή εγκατάστασης επιβλαβών οργανισμών στις καλλιέργειες

- ✓ με προσφυγή στην βιολογική καταπολέμηση πριν εφαρμοστούν χημικά μέσα
- ✓ με χρήση ανθεκτικού στις ασθένειες πολλαπλασιαστικού υλικού ή απαλλαγμένου από ασθένειες πολλαπλασιαστικού υλικού.
- ✓ με διαχείριση της αυτοφυούς βλάστησης ώστε να αποφεύγεται η σποροπαραγωγή της ανεπιθύμητης και να υπάρχει σε κατάλληλα σημεία η επιθυμητή
- ✓ καταστροφή των διαχειμαζουσών μορφών των εχθρών και των ασθενειών τον χειμώνα
- ✓ εφαρμογή κατάλληλης αμειψισποράς
- ✓ παρακολούθηση της εξέλιξης των εχθρών, ζιζανίων και ασθενειών στην περιοχή, ώστε να είναι δυνατή η έγκαιρη λήψη κατασταλτικών μέτρων
- ✓ διαχείριση της πυκνότητας σποράς.

Συνίσταται:

- ✓ Η εφαρμογή του φυτοπροστατευτικού προϊόντος να είναι τέτοια ώστε, να επιτυγχάνεται ομοιομορφία κατανομής του ψεκαστικού υγρού και ακρίβεια στην εφαρμογή.
- ✓ Ο σχεδιασμός των φυτοπροστατευτικών παρεμβάσεων να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση ανθεκτικότητας. Πρέπει για αυτό να γίνεται εναλλαγή φυτοπροστατευτικών προϊόντων με διαφορετικά δραστικά συστατικά και με διαφορετικό τρόπο δράσης
- ✓ Να γίνεται σχολαστική τήρηση των μέτρων, που προτείνονται από τα αντίστοιχα Περιφερειακά Γραφεία Φυτοπροστασίας και ποιοτικού ελέγχου και τα Ερευνητικά Ινστιτούτα όπου έχει εμφανιστεί ανθεκτικότητα. Όπου παρατηρείται νέα ανθεκτικότητα θα πρέπει να ενημερώνουν αμέσως το Γραφείο Φυτοπροστασίας της Δ/νσης Αγροτικής Ανάπτυξης-Γεωργίας.
- ✓ Για την καταπολέμηση ζιζανίων, που δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα στην καλλιέργεια, στα επικλινή εδάφη (κλίση μεγαλύτερη από 10%) η επιλογή του ζιζανιοκτόνου πρέπει να

γίνεται με την πρόβλεψη να διατηρείται φυτοκάλυψη στο έδαφος, κατά την περίοδο των βροχών

- ✓ Η εφαρμογή των κοκκωδών σκευασμάτων, να γίνεται με ενσωμάτωση των κόκκων στο έδαφος, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος να ληφθούν οι κόκκοι από τα πτηνά, εκτός εάν η ενσωμάτωση μειώνει την αποτελεσματικότητά τους.
- ✓ Η διατήρηση ζώνης ασφάλειας κατά την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων από παρακείμενες καλλιέργειες, από φυτοφράκτες, φωλιές πουλιών, υδρόβια χλωρίδα, επιφανειακά νερά και λοιπά σημαντικά περιβαλλοντικά στοιχεία.
- ✓ Η αποφυγή εγκατάλειψης στον τόπο εφαρμογής ή σε άλλο εκτός αυτού που ορίζεται, των υλικών και μέσων συσκευασίας των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Επιβάλλεται:

- ✓ η χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων να γίνεται την κατάλληλη χρονική περίοδο, ώστε, να μην επηρεάζονται τα ωφέλιμα έντομα.
- ✓ απαγόρευση στην χρήση τοξικών ουσιών για τις μέλισσες, όταν τα φυτά είναι ανθισμένα.
- ✓ για την καταπολέμηση ζιζανίων, που δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα στην καλλιέργεια, στα επικλινή εδάφη, η επιλογή του ζιζανιοκτόνου πρέπει να γίνεται με την πρόβλεψη να διατηρείται φυτοκάλυψη στο έδαφος κατά την περίοδο των βροχών.
- ✓ τα χρησιμοποιούμενα ψεκαστικά μηχανήματα πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση, καλά ρυθμισμένα και να ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα

Για ατομική προστασία συνίσταται:

Όσοι χρησιμοποιούν φυτοπροστατευτικά προϊόντα να λαμβάνουν τα μέτρα που αναγράφονται στις ετικέτες συσκευασίας του κατασκευαστή π.χ. ειδικά ρούχα προστασίας, γυαλιά , μάσκες, γάντια κλπ.

Για Συγκομιδή επιβάλλεται:

Η συγκομιδή επιβάλλεται να γίνεται στην περίπτωση χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων μετά την παρέλευση του χρόνου που αναγράφεται στην ετικέτα του σκευάσματος.

6. Διαχείριση Αυτοφυούς Χλωρίδας – Τεχνητή Κάλυψη

Τα αυτοφυή φυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στις λειτουργίες τόσο του εδάφους όσο και του γενικότερου περιβάλλοντος της γεωργικής εκμετάλλευσης. Η παρουσία τους σε κάποια σημεία του χωραφίου είναι κάποιες φορές ανεπιθύμητη και κάποιες άλλες επιθυμητή. Είναι σημαντικό ο παραγωγός να ξέρει πότε και από πού αυτά πρέπει να απομακρύνονται και με ποιο τρόπο και που πρέπει να διατηρούνται. Η παρουσία βλάστησης αποτελεί έναν από τους πιο καθοριστικούς

παράγοντες για την πρόληψη υδατικής διάβρωσης αφού λειτουργεί ως ανασχετικός μηχανισμός για τη βροχή, μειώνει τη διαβρωτική ικανότητα του απορρέοντος ύδατος και το ριζικό σύστημά της λειτουργεί ως συνδετικός ιστός του εδάφους με αποτέλεσμα να δρα προστατευτικά για αυτό. Για την αυτοφυή βλάστηση συνίσταται:

- Η αυτοφυής βλάστηση, η «καλαμιά» της προηγούμενης καλλιέργειας, ή η καλλιέργεια χλωρής λίπανσης είναι καλό να καλύπτει το χωράφι τους χειμερινούς μήνες ιδιαίτερα στα επικλινή εδάφη με κλίση μεγαλύτερη του 10%
- Η αυτοφυής βλάστηση συνιστάται να απομακρύνεται από τον υπορόφειο χώρο κατά τους θερινούς μήνες σε περιοχές και καλλιέργειες, όπως η ελαιοκαλλιέργεια, που εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς
- Κρίνεται αναγκαία η διατήρηση ακαλλιέργητου χώρου 0,5 μέτρου ανάμεσα στα αγροτεμάχια.



Σχήμα 4.2: Συντήρηση φυτοκάλυψης σε ελαιώνες με κλίση.



Σχήμα 4.3: Εφαρμογές τεχνητής κάλυψης.

Η τεχνητή κάλυψη με αποκομμένα φυτικά υπολείμματα ή άλλα υλικά είναι ένας άλλος τρόπος για την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και εφαρμόζεται συνήθως σε μικρές εκτάσεις με πολυετείς καλλιέργειες. Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τεχνητή κάλυψη είναι κυρίως: κομμένο χόρτο, φύλλα, άχυρο, κομμάτια φλοιού δέντρων, τεμαχίδια ξύλου. Η επιλογή των υλικών αυτών συνίσταται να γίνεται σε σχέση με την επίδραση που έχουν στο έδαφος, δηλαδή να λαμβάνεται υπόψη το pH τους, ο ρυθμός αποσύνθεσης τους, αν είναι εύφλεκτα και αν περιέχουν ζιζάνια ή παθογόνους μικροοργανισμούς. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου κάλυψης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους, ανάλογα με την περίοδο κάλυψης για την αποφυγή της καθυστέρησης του ρυθμού θέρμανσης τον χειμώνα και του ρυθμού ψύξης του εδάφους το καλοκαίρι.

7. Διαχείριση Υπολειμμάτων Καλλιέργειας

Η εύκολη πρακτική του καψίματος των υπολειμμάτων καλλιέργειας (καλαμιάς) είναι συχνά αιτία πυρκαγιάς, και για τους λόγους αυτούς:

- Απαγορεύεται η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών (καλαμιάς) στις οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, στις επικλινείς εκτάσεις (κλίση μεγαλύτερη από 10%) και στις περιοχές με οργανικά εδάφη (οργανική ουσία μεγαλύτερη από 4%). Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες μπορεί να ακολουθείται η εξής διαχείριση:
 - Βόσκηση της καλαμιάς και ενσωμάτωση στο έδαφος των υπολειμμάτων μετά τη βόσκηση.
 - Άμεση ενσωμάτωση στο έδαφος
 - Κοπή, κάλυψη του εδάφους με τα υπολείμματα και ενσωμάτωσή τους στο έδαφος την επόμενη άνοιξη.
- Όταν γίνεται κάψιμο της καλαμιάς, **επιβάλλεται** η λήψη των ακόλουθων μέτρων:
 1. Να ζητείται άδεια από τις αρμόδιες αρχές όπου αυτό απαιτείται
 2. Να ενημερώνεται πριν την καύση η πυροσβεστική υπηρεσία
 3. Πριν την έναρξη της καύσης να έχουν ληφθεί μέτρα ελέγχου της καύσης, όπως δημιουργία αυλακιών για πυρασφάλεια.
 4. Στο χώρο της καύσης πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα 200 λίτρα νερού, φτυάρια και τουλάχιστον δύο άνθρωποι να εποπτεύουν το χώρο.
 5. Να απομακρύνονται τα προς καύση υλικά από στύλους της ΔΕΗ του ΟΤΕ από εγκαταστάσεις φυσικού αερίου πετρελαίου κλπ.
- **Συνίσταται επίσης:**
 1. Το κάψιμο να γίνεται, αν αυτό είναι δυνατό, αντίθετα από την φορά του ανέμου.

2. Όπου είναι δυνατό να ενσωματώνεται η στάχτη εντός δύο ημερών από την καύση.

Τα κλαδεύματα των πολυετών φυτειών:

- Απαγορεύεται να καταστρέφονται με χρήση φωτιάς σε εκτάσεις που βρίσκονται σε ακτίνα 500 μέτρων από δάση ή οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, εκτός κι αν έχει δοθεί ειδική προς τούτο άδεια από την Πυροσβεστική Υπηρεσία.
 - Το κάψιμο πρέπει να γίνεται κατά τους χειμερινούς μήνες
 - Κατά το κάψιμο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή της πυρκαγιάς.

8. Διαχείριση Απορριμμάτων

Τα απορρίμματα της καλλιέργειας, πλαστικά κάλυψης, υλικά συσκευασίας λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, παλιά αχρηστεμένα υλικά άρδευσης ή τμήματα γεωργικών μηχανημάτων δεν πρέπει να αφήνονται στο χωράφι ή τους κοινόχρηστους χώρους αλλά πρέπει να συλλέγονται και να αποτίθενται στους ενδεδειγμένους χώρους.

4.3 Γεωργία Διατήρησης της Ποιότητας των Εδαφών

Η Γεωργία Διατήρησης της Ποιότητας των Εδαφών (Γ.Δ.Π.Ε. – Conservation Agriculture) προτείνει μία σειρά συμπληρωματικών μοντέρνων γεωργικών πρακτικών που έχουν ως στόχο (SoCo, 2009):

- την αύξηση της γεωργικής παραγωγής με τη βελτιστοποίηση της χρήσης γεωργικών πόρων και ταυτόχρονα
- τη μείωση της ευρείας υποβάθμισης του εδάφους μέσω της ολοκληρωμένης διαχείρισης των διαθέσιμων εδαφικών, υδάτινων και βιολογικών πόρων συνδυάζοντας κατάλληλα τις διαθέσιμες εισροές.

Οι γεωργικές αυτές πρακτικές περιλαμβάνουν (SoCo, 2009):

- Την ελάχιστη διατάραξη του εδάφους (μέσω μειωμένου ή καθόλου οργώματος) για τη συντήρηση της δομής του εδάφους, της πανίδας του εδάφους και της οργανικής ουσίας. Το μηχανικό όργωμα αντικαθίσταται από τη βιολογική ανάμιξη του εδάφους. Οι μικροοργανισμοί και η λοιπή πανίδα του εδάφους καθώς και οι ρίζες αναλαμβάνουν τη διαδικασία του οργώματος και με αυτό τον τρόπο εξισορροπούνται οι θρεπτικές ουσίες του εδάφους.

- Τη μόνιμη κάλυψη του εδάφους (προστατευτικές καλλιέργειες, υπολείμματα και προστατευτικά στρώματα) για την αύξηση της γονιμότητάς του (θρεπτικές ουσίες και νερό) για την προστασία του και την εξάλειψη ζιζανίων.
- Τις διαφοροποιημένες εναλλαγές καλλιεργειών και συνδυασμούς καλλιεργειών, που προωθούν τους μικροοργανισμούς του εδάφους και εμποδίζουν τα παράσιτα, τα ζιζάνια και τις ασθένειες των φυτών.

Η Γ.Δ.Π.Ε εφαρμόζεται μέσα από τα ακόλουθα στάδια, καθένα από τα οποία διαρκεί για δύο ή περισσότερα έτη (SoCo, 2009).

Στάδιο 1°. Αντί για την άροση αναστροφής, η οποία διακόπτεται, εφαρμόζονται τεχνικές μειωμένου ή καθόλου οργώματος. Μετά το πέρας της συγκομιδής της κύριας καλλιέργειας, τουλάχιστον το ένα τρίτο της επιφάνειας του εδάφους πρέπει να παραμένει καλυμμένο με υπολείμματα καλλιεργειών. Χρησιμοποιούνται δισκοσβάρνες, οδοντωτές σβάρνες ή περιστροφικές σβάρνες (άμεσα τρυπάνια σε περίπτωση μη οργώματος).



Σχήμα 4.4: Δισκοσβάρνα σε λειτουργία σε επιφανειακή κατεργασία του εδάφους
(Πηγή: Agronotizie).

Στάδιο 2°. Η φυσική διάσπαση των υπολειμμάτων προσδίδει στο έδαφος οργανική ουσία με αποτέλεσμα τη φυσική βελτίωση των συνθηκών του και της γονιμότητας του. Τα ζιζάνια και τα παράσιτα τείνουν να αυξάνονται και πρέπει να ελέγχονται με χημικά ή άλλα μέσα.

Στάδιο 3°. Το συνολικό σύστημα σταθεροποιείται σταδιακά και έτσι μπορούν να εισαχθούν εναλλαγές καλλιεργειών.

Στάδιο 4°. Το γεωργικό σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία και οι αποδόσεις μπορούν να βελτιωθούν σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία. Η ανάγκη χρήσης χημικών ουσιών για την καταπολέμηση των ζιζανίων και των παράσιτων, ή για τη συμπλήρωση της γονιμότητας μειώνεται.



Σχήμα 4.5: Καλλιέργεια καλαμποκιού με απ' ευθείας σπορά: Υπολείμματα των προηγούμενων καλλιεργειών είναι ακόμα εμφανή και σκεπάζουν το έδαφος (Πηγή: Aigacos).

Μέσω της εφαρμογής της Γ.Δ.Π.Ε, η υποβάθμιση του εδάφους – ιδίως η διάβρωση του εδάφους και η απορροή – μειώνεται σημαντικά, οδηγώντας συχνά σε αυξημένες σοδειές. Η δομή του εδάφους βελτιώνεται, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και την αυξημένη βιολογική δραστηριότητα και συνεπώς αυξάνεται η ικανότητα απορρόφησης του νερού από αυτό. Οι πρακτικές Γ.Δ.Π.Ε βοηθούν στην προστασία του περιβάλλοντος και σε άλλους τομείς, όπως στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αφού περιορίζεται η χρήση μηχανημάτων και

στη μείωση της χρήσης των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, αφού και αυτού του είδους οι απαιτήσεις μειώνονται. Επίσης μειώνονται σημαντικά οι εργασίες και οι ενέργειες που σχετίζονται με την προετοιμασία της γης και την απομάκρυνση ζιζανίων (SoCo, 2009).

Η σταθεροποίηση του γεωργικού συστήματος είναι η βασική προϋπόθεση για να γίνουν αντιληπτά τα οφέλη (βελτιωμένες αποδόσεις, βιοποικιλότητα, κλπ.) που προκύπτουν από την εφαρμογή της Γ.Δ.Π.Ε.. Τυπικά υπάρχει μία μεταβατική περίοδος πέντε έως επτά ετών πριν την εξισορρόπηση του συστήματος γεωργίας διατήρησης της ποιότητας των εδαφών. Ενδέχεται στα πρώτα χρόνια της εφαρμογής να σημειωθεί μείωση της απόδοσης παραγωγής. Επίσης αν οι εναλλαγές καλλιεργειών, η κάλυψη του εδάφους ή/και οι ποικιλίες καλλιεργειών δεν προσαρμοστούν στα βέλτιστα επίπεδα, ενδεχομένως να χρειαστούν περισσότερες χημικές ουσίες για τον έλεγχο ζιζανίων και παρασίτων. Οι γεωργοί θα χρειαστεί να επενδύσουν αρχικά σε εξειδικευμένα μηχανήματα και να έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν εύλογες δαπάνες για την προμήθεια προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες σπόρων ενώ η εντατική εκπαίδευση και πρόσβαση σε κατάλληλες συμβουλευτικές υπηρεσίες είναι απαραίτητα για αυτούς (SoCo, 2009).

Κεφάλαιο Πέμπτο

Συμπεράσματα - Αποτελέσματα

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί μία βιβλιογραφική μελέτη για την επίδραση της ελληνικής γεωργίας στο φαινόμενο της διάβρωσης των εδαφών. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτή τη βιβλιογραφική μελέτη βασίζονται κυρίως στους εξής θεματικούς άξονες:

- Στην κατανόηση και στη σημασία του οικολογικού, κοινωνικού και οικονομικού ρόλου του εδάφους.
- Στην κατανόηση του μηχανισμού διάβρωσης των εδαφών και στην επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας σε αυτό το φαινόμενο.
- Στην κατανόηση, μέσα από τη μελέτη επιστημονικών ερευνών, της έκτασης αλλά και του κινδύνου της διάβρωσης στην Ελλάδα, στην Κύπρο και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης και πως αυτά εντείνονται μέσα από την γεωργική δραστηριότητα.
- Στην κατανόηση της αναγκαιότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δημιουργία μιας ενιαίας Θεματικής Στρατηγικής για την Προστασία του Εδάφους, μέσα από κώδικες ορθών γεωργικών πρακτικών, για την προστασία από τη διάβρωση των εδαφών.

Το έδαφος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό φυσικό πόρο από το οποίο εξαρτάται όχι μόνο η οικονομία, σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, αλλά και η διατήρηση τουλάχιστον της χερσαίας ζωής στον πλανήτη μας. Το έδαφος, εκτός από ότι είναι το κύριο συστατικό του τοπίου που μας περιβάλλει, αποτελεί τη βάση για έναν μεγάλο αριθμό λειτουργιών του οικοσυστήματος του πλανήτη (κύκλος νερού, κύκλοι θρεπτικών στοιχείων, κύκλος του άνθρακα και των αερίων του θερμοκηπίου). Επίσης είναι το μέσο που λαμβάνει χώρα ο μηχανισμός επαναδημιουργίας φυτικής

μάζας. Παράλληλα, το έδαφος αποτελεί το υπόβαθρο για πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Στο έδαφος καλλιεργείται το 99% των τροφίμων για ανθρώπινη κατανάλωση. Με δεδομένο ότι το έδαφος είναι ουσιαστικά ένας μη ανανεώσιμος πόρος, αφού ο ρυθμός διαδικασίας αναγέννησης ή δημιουργίας εδάφους είναι πολύ αργός, οποιαδήποτε απώλεια εδάφους με ρυθμό μεγαλύτερο από 1 τόνο/εκτάριο/χρόνο θεωρείται μη αναστρέψιμη για ένα διάστημα 50-100 ετών για το οικοσύστημα που την υφίσταται και για αυτό συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά στην υποβάθμιση (μεταξύ άλλων και η διάβρωση) των εδαφών που μπορεί οφείλεται τόσο σε φυσικούς όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες ή σε συνδυασμό αυτών.

Η διάβρωση του εδάφους ανάλογα το αίτιο το οποίο την προκαλεί διακρίνεται σε (α) υδατική, (β) αιολική και (γ) μηχανική διάβρωση. Η υδατική διάβρωση προκαλείται από το νερό που απορρέει μετά από μια ισχυρή βροχή στην επιφάνεια του εδάφους και παρασύρει τα εδαφικά τεμαχίδια. Η αιολική διάβρωση προκαλείται από τη διαβρωτική ενέργεια που αναπτύσσουν οι άνεμοι κατά την κίνησή τους πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η μηχανική διάβρωση είναι το αποτέλεσμα από την δραστηριότητα του ανθρώπου που εκθέτει το έδαφος στην επίδραση της βροχής ή του ανέμου ή αυξάνει την ποσότητα και την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής.

Οι παράγοντες που επιδρούν στο ρυθμό διάβρωσης των εδαφών είναι:

- Το κλίμα: Το κλίμα επιδρά ως παράγοντας διάβρωσης μέσω του ύψους και της έντασης της βροχόπτωσης. Υψηλό ύψος βροχόπτωσης μικρής έντασης προκαλεί μικρή διάβρωση ενώ χαμηλό ύψος βροχόπτωσης υψηλής έντασης προκαλεί έντονα φαινόμενα διάβρωσης. Η ένταση της βροχής επηρεάζει και τη ποσότητα των λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών αλλά και την ένταση της απορροής όταν η ικανότητα διήθησης του εδάφους είναι περιορισμένη.
- Η κλίση του εδάφους: Ο βαθμός κλίσης του εδάφους επηρεάζει την ταχύτητα διάβρωσής του και επομένως εδάφη με μεγαλύτερη και απότομη κλίση παρουσιάζουν πιο έντονα διαβρωτικά φαινόμενα. Το μήκος της κλίσης παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στα φαινόμενα διάβρωσης. Αύξηση του μήκους κλίσης συνεπάγεται αύξηση του όγκου του δεχόμενου νερού και επομένως αύξηση της ταχύτητας απορροής των νερών, εφόσον η υδατοϊκανότητα του εδάφους είναι περιορισμένη.
- Η βλάστηση: Η βλάστηση είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την πρόληψη ή ακόμα και τη μείωση του ρυθμού διάβρωσης τους εδάφους αφού παρεμποδίζει τη πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στο έδαφος και μειώνει την ταχύτητα απορροής του νερού. Επίσης το μειωμένο ποσοστό της φυτοκάλυψης και η απομάκρυνση της βλάστησης έχουν ως

αποτέλεσμα τη μείωση της οργανικής ύλης η οποία προσδίδει σταθερότητα στα συσσωματώματα του εδάφους.

- Οι ιδιότητες των εδαφών: Οι ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν το φαινόμενο της διάβρωσης είναι η διηθητικότητα, η διαπερατότητα και η υδατοϊκανότητα που έχουν σχέση με το πορώδες του εδάφους. Αυτές οι ιδιότητες έχουν άμεση συνάρτηση με το ποσοστό οργανικής ουσίας που υπάρχει στο έδαφος, δηλαδή χαμηλό ποσοστό οργανικής ουσίας εντείνει τα φαινόμενα διάβρωσης.

Τα φυσικά φαινόμενα της υδατικής και αιολικής διάβρωσης των εδαφών, τόσο στην έκταση όσο και στη μορφή τους, δέχονται επίδραση και καθορίζονται και από παράγοντες που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που τα ενισχύουν και τα επιταχύνουν. Οι πρακτικές διαχείρισης των οικοσυστημάτων είναι ο βασικός παράγοντας της μηχανικής διάβρωσης που επηρεάζεται και που πρέπει να ρυθμιστεί και να ελέγχεται από τον άνθρωπο, ιδιαίτερα σε περιοχές που οι προαναφερθέντες παράγοντες ευνοούν το ρυθμό της διάβρωσης. Οι σημαντικότερες από αυτές τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι οι γεωργικές πρακτικές, η υπερβολική βόσκηση και υλοτόμηση, οι πυρκαγιές, οι αυξανόμενες σε ρυθμό κατασκευές έργων υποδομής και ο τουρισμός.

Ο ταχύς ρυθμός αύξησης του πληθυσμού δημιούργησε την ανάγκη για την ικανοποίηση απαιτήσεων για παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων τροφής με άμεσο αποτέλεσμα την εκμηχάνιση και την εντατικοποίηση της γεωργίας. Τα τελευταία 50 χρόνια η γεωργία έχει ήδη εντατικοποιηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό, με άμεσο σκοπό την αύξηση της απόδοσης. Οι γεωργικές πρακτικές οι οποίες συμβάλλουν στα φαινόμενα της διάβρωσης είναι:

- Η αύξηση της έκτασης των αγροτεμαχίων – Η υπερεκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων
- Η συμπίεση από βαριά μηχανήματα
- Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων
- Η χρήση των αρδευτικών συστημάτων
- Ο τρόπος άροσης (κάθετα προς τις ισοϋψείς) και το βαθύ όργωμα
- Η αφαίρεση της εδαφοκάλυψης ή και της βλάστησης στα περιθώρια των χωραφιών.
- Η εγκατάλειψη της καλλιέργειας σε αναβαθμίδες
- Οι άκαιρες γεωργικές επεμβάσεις
- Οι πρακτικές εντατικής μονοκαλλιέργειας
- Ο τρόπος χειρισμού των φυτικών υπολειμμάτων

Αυτές οι γεωργικές πρακτικές προκαλούν τη μείωση της σταθερότητας της δομής και των συσσωματωμάτων του εδάφους και την απώλεια οργανικής ύλης του επιφανειακού εδάφους και επομένως την υποβάθμισή του μέσω του φαινομένου της διάβρωσης. Τα αποτελέσματα της διάβρωσης των εδαφών έχουν αντίκτυπο τόσο στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον. Η σχέση μεταξύ γεωργίας και περιβάλλοντος είναι σχέση αλληλεξάρτησης. Η γεωργία βασίζεται στη διαθεσιμότητα και την παραγωγική ικανότητα των φυσικών πόρων του εδάφους, τους οποίους αξιοποιεί. Η υπερεκμετάλλευση της αναπαραγωγικής τους ικανότητας συνεπάγεται την περιβαλλοντική υποβάθμιση (αλλοίωση φυσικού τοπίου - ρύπανση των επιφανειακών υδάτων με την εκτεταμένη κυρίως χρήση των λιπασμάτων), πράγμα που επιστρέφει ως πρόβλημα στη γεωργία (μείωση παραγωγικότητας του εδάφους) και στα προϊόντα, δεδομένου ότι η σχέση γεωργίας και περιβάλλοντος είναι αμφίδρομη.

Η εκτίμηση της διάβρωσης που οφείλεται τόσο σε φυσικούς παράγοντες όσο και σε ανθρωπογενείς, είναι μια διαδικασία αρκετά χρονοβόρα και δύσκολη. Μέσα από επιστημονικές έρευνες και μελέτες έχουν γίνει προσπάθειες υπολογισμού της έκτασης αλλά και του κινδύνου της διάβρωσης στην Ελλάδα, στην Κύπρο και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης και πως αυτά εντείνονται μέσα από την γεωργική δραστηριότητα. Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση αυτών των ερευνών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Σχετικά με τους παράγοντες που ενισχύουν τα φαινόμενα διάβρωσης

Στην Ελλάδα, οι παράγοντες που επηρεάζουν τα διαβρωτικά φαινόμενα είναι:

- Το γεωμορφολογικό και τοπογραφικό ανάγλυφο των ορεινών ελληνικών εδαφών με τις απότομες κλίσεις που υπάρχουν: Ο ορεινός χαρακτήρας της Ελλάδας παρουσιάζει απότομες υψομετρικές διαφορές, σχηματίζοντας έτσι επιφάνειες με κλίσεις που υπερβαίνουν το 10%, στο 50% της συνολικής της έκτασης, ενώ μόνο το 35% της έκτασης χαρακτηρίζεται ως πεδινό (δηλαδή με κλίση μικρότερη του 5%).
- Οι βροχοπτώσεις μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα: Η περιοχή της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από μεγάλες και εποχιακές διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων και από έντονη ξηρασία και μεγάλες θερμοκρασίες κατά τη θερινή περίοδο. Για την Ελλάδα η μέση τιμή του παράγοντα $R=827.7 \text{ (MJ mm)/(ha h y)}$, ενώ για την Κύπρο $R=578.1 \text{ (MJ mm)/(ha h y)}$. Η υδατική διάβρωση της βροχής στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι μικρότερη, λόγω του λιγότερου διαβρωτικού χαρακτήρα της βροχής αλλά και της μεγαλύτερης φυτοκάλυψης. Το 80% των αγροτικών εκτάσεων των χωρών της ΕΕ, παρουσιάζουν τον κίνδυνο αύξησης της υδατικής διάβρωσης, ως μιας συνέπειας της κλιματικής αλλαγής.

- Η Ελλάδα και η Κύπρος παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες διαβρωσιμότητας λόγω των ψαθυρών υλικών από τα οποία συγκροτούνται τα περισσότερα Ελληνικά εδάφη, σε συνδυασμό με τη χαμηλή περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία.

Σχετικά με τις γεωργικές δραστηριότητες και πρακτικές:

- Το 5% της Ελληνικής οικονομίας στηρίζεται στη γεωργία
- Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται το 20 - 40% της καλλιεργήσιμης γης της, ενώ στην Κρήτη και την Βορειοανατολική Ελλάδα το ποσοστό αυτό ξεπερνάει το 60%. Στην Κύπρο το ποσοστό ανέρχεται στο 20 - 40%. Ποσοστά 50 -60% και πάνω από 60% χρήσης της καλλιεργήσιμης γης παρουσιάζονται στις χώρες της Μεσογείου όπως στην Ιταλία και την Ισπανία.
- Στην Ελλάδα, τα τελευταία 15 χρόνια η άρδευση στις αροτραίες καλλιέργειες ξεπερνάει το 40%, ενώ πάνω από 80% ανέρχεται η χρήση του νερού για γεωργικές δραστηριότητες.
- Ο αριθμός των γεωργικών μηχανημάτων στην Ελλάδα καταμετρήθηκε στα 32000 το 1960 ενώ στα 392000 το 2006 .
- Οι καλλιεργητικές πρακτικές χρήσης και διατήρησης του εδάφους είναι εξαιρετικά σημαντικές για τις έντονα επικλινείς περιοχές που παρουσιάζουν φαινόμενα διάβρωσης λόγω βροχόπτωσης. Οι περιοχές της Μεσογείου που παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα υδατικής διάβρωσης (με παράγοντα $R > 700 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) έχουν μέση τιμή για το συντελεστή $P = 0.9574$. Αντίθετα, στις λιγότερο επιρρεπείς στην υδατική διάβρωση περιοχές (R -παράγοντα $< 400 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$) ο μέσος όρος του παράγοντα P είναι 0.9845. Οι επικλινείς εκτάσεις όπως Cinque Terre στην Ιταλία, Κρήτη και Λέσβο στην Ελλάδα, Priorat της Καταλονίας στην Ισπανία, Douro στην Πορτογαλία, είναι σημαντικό να επενδύσουν σε τέτοιου είδους πρακτικές διατήρησης του εδάφους.

Σχετικά με τα εδάφη που έχουν υποστεί διάβρωση:

- 115 εκατομμύρια εκτάρια της συνολικής χερσαίας ζώνης της Ευρώπης υπόκεινται σε υδατική διάβρωση.
- 42 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργούμενων γαιών στην Ευρώπη επηρεάζονται δυνητικά από την αιολική διάβρωση. Στην Ελλάδα, το φαινόμενο είναι συχνότερο στην Ανατολική Κρήτη, στα νησιά του Αιγαίου, στον Θερμαϊκό Κόλπο. Υψηλό ποσοστό ευαισθησίας στην αιολική διάβρωση παρουσιάζουν οι ημίξηρες μεσογειακές περιοχές, όσο και οι περιοχές με πιο ήπιες κλιματικές συνθήκες στον Βορρά.

- Οι περιοχές υψηλού κινδύνου διάβρωσης - ερημοποίησης είναι η δυτική Στερεά Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος της Πελοποννήσου, η ορεινή ζώνη των Ιονίων νήσων, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου, η Εύβοια και μέρος της Ηπείρου, Θεσσαλίας και Θράκης.
- Η Ελλάδα στις περισσότερες περιοχές της, έχει ετήσια απώλεια εδάφους μέχρι και 2 t ha^{-1} , ενώ παρουσιάζονται και περιοχές της με ετήσια απώλεια εδάφους πάνω από 10 t ha^{-1}

Η προστασία του περιβάλλοντος θεωρείται ένας από τους κυρίους στόχους της ευρωπαϊκής πολιτικής. Το Σεπτέμβριο του 2006, υιοθετήθηκε από την ΕΕ η "Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους" (Thematic Strategy on Soil Protection COM/2006/231) με μία πρόταση για μία Οδηγία Πλαίσιο για το Έδαφος (Soil Framework Directive, COM/2006/232). Στις 13 Φεβρουαρίου 2012, η Ευρωπαϊκή επιτροπή δημοσίευσε μια έκθεση πολιτικής σχετικά με την εφαρμογή της Στρατηγικής και τις τρέχουσες σχετικές δραστηριότητες (COM (2012) 46). Ένα από τα πλαίσια του πυλώνα της Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης είναι η Κοινή Γεωργική Πολιτική (ΚΓΠ). Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχει δημιουργήσει η ελληνική γεωργική δραστηριότητα και την συνέχιση των θετικών λειτουργιών της, οι αγρότες θα πρέπει να εφαρμόζουν ορισμένες πρακτικές, οι οποίες ονομάστηκαν Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Κ.Ο.Γ.Π.). Πρόκειται για νομοθεσία που ισχύει από το 2004 (Ο παρών κώδικας εγκρίθηκε με την ΥΑ 125347/568 (ΦΕΚ Β' 142/29.1.2004)) και παρεμβαίνει σε όλο το φάσμα της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Οι Κώδικες παρεμβαίνουν στις ακόλουθες γεωργικές δραστηριότητες :

9. Κατεργασία του εδάφους
10. Αμειψισπορά
11. Λίπανση
12. Διαχείριση υδάτινων πόρων
13. Φυτοπροστασία
14. Διαχείριση αυτοφυούς χλωρίδας – Τεχνητή Κάλυψη
15. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας
16. Διαχείριση απορριμμάτων

Το κύριο και σημαντικό αποτέλεσμα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αφορά στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των ειδικών γεωργικών πρακτικών για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διάβρωσης των εδαφών. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να αποτελεί ένα ιδανικό εργαλείο για την πολιτική αγροτικής ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τη χρηματοδότηση ενός ευρέος φάσματος μέτρων που τα κράτη μέλη θα πρέπει να χρησιμοποιούν για

την ενίσχυση της αειφόρου ανάπτυξης των αντίστοιχων αγροτικών περιοχών τους. Τα μέτρα αγροτικής ανάπτυξης ταξινομούνται σε τρία θέματα της πολιτικής, τα οποία είναι γνωστά ως «θεματικοί άξονες»: ανταγωνιστικότητα, περιβάλλον και ύπαιθρος, και ποιότητα ζωής και οικονομική διαφοροποίηση. Τα μέτρα στο πλαίσιο και των τριών αξόνων μπορούν να αντιμετωπίσουν την υποβάθμιση του εδάφους από γεωργικές δραστηριότητες που εφαρμόζονται σε κάθε κράτος - μέλος.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή θα μπορούσε να αποτελέσει έναυσμα για περαιτέρω στατιστική έρευνα σχετικά με τις γεωργικές πρακτικές που ακολουθούνται από τους Έλληνες αγρότες – παραγωγούς τόσο για τη διαχείριση όσο και για τη διατήρηση των εδαφών. Θα μπορούσαν να δημιουργηθούν ερωτηματολόγια τα οποία να διανεμηθούν σε αγρότες – παραγωγούς, για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με:

- Τα φαινόμενα διάβρωσης στα συγκεκριμένα αγροτεμάχια και τη σύνδεσή τους με την κλίση του εδάφους, το κλίμα και την ποιότητα του εδάφους στις συγκεκριμένες περιοχές.
- Τις γεωργικές πρακτικές που ακολουθούνται (χρήση λιπασμάτων, χρήση αρδευτικών συστημάτων, τρόπος άροσης, χρήση γεωργικών μηχανημάτων, μονοκαλλιέργειες κ.α.)
- Τις γεωργικές πρακτικές που μπορούν να ακολουθηθούν ούτως ώστε να υπάρξουν τα επιθυμητά ποσοστά παραγωγής με την λιγότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Alakukku, L.,1996, Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short term effects on the properties of clay and organic soils. *Soil and Tillage Research* 37, pp 211-222.
2. Arvidsson, J. and Hakansson, I.,1996, Do effects of soil compaction persist after ploughing? Results from 21 long term experiments in Sweden. *Soil and Tillage Research*. 39. pp. 175 -197.
3. Bagarello, V., Di Stefano V. , Ferro V., Giordano G., Iovino M., Pampalone V.,2012, Estimating the USLE soil erodibility factor in Sicily, South Italy *Appl Eng Agric*, 28 (2) , pp. 199–206.
4. Bakker M.M., Govers G., A. van Doorn, Quetier F. , Chouvardas D. , Rounsevell M., 2008, The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern, *Geomorphology*, 98 (3–4), pp. 213–226.
5. Barring L. , Jönsson P., Mattsson J.O. , Åhman R.,2003, Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate: a review *Catena*, 52, pp. 173–190.
6. Blanco H., Lal R., 2008. *Principles of Soil Conservation and Management* Springer ISBN: 978-1-4020-8708-0
7. Boardman J., Poesen J., 2006, *Soil Erosion in Europe*, p.282.
8. Borrelli P., Ballabio C., Panagos P., Montanarella L., 2014 Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma*, 232, 471-478.
9. Borrelli, P.; Marker, M.; Panagos, P.; Schutt, B.,2014. Modeling soil erosion and river sediment yield for an intermountain drainage basin of the Central Apennines, Italy. *Catena*, 114, 45–58.
10. Borrelli P., Panagos P., Ballabio C., Lugato E., Weynants M. Montanarella L., 2014. Towards a pan-European assessment of land susceptibility to wind erosion. *Land Degradation & Development*, In Press. DOI: 10.1002/ldr.2318.

11. Bosco, C.; de Rigo, D.; Dewitte, O.; Poesen, J.; Panagos, P., 2015. Modelling soil erosion at European scale: Towards harmonization and reproducibility. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*,15, 225–245.
12. Castellini M and D. Ventrella 2012. Impact of conventional and minimum tillage on soil hydraulic conductivity in typical cropping system in Southern Italy. *Soil & Tillage Research* 124, 47–56.
13. Christensen S., and Perdigao V.,2000. “The LACOAST Atlas: Land Cover changes in European Coastal Zones”. European Commission Joint Research Centre Space Applications Institute.
14. Chancellor W. J., 1977. *Compaction of soil by agricultural equipment*. University of California. Division of Agricultural sciences. Bulletin 1881.
15. Carter, D., 1993. Furrow irrigation erosion lowers soil productivity, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Issue 6, 119:964-975.
16. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL, THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Thematic Strategy for Soil Protection Brussels, 22.9.2006 COM(2006)231 final.
17. Cullum R.F., 2012. Influence of tillage on maize yield in soil with shallow fragipan. *Soil & Tillage Research* 119, 1–6.
18. DeLaune P.B. and J.W. Sij., 2012. Impact of tillage on runoff in long term no till wheat systems. *Soil & Tillage Research* 124, 32–35.
19. Diodato N., Bellocchi G., Romano N., Chirico G.B., 2011. How the aggressiveness of rainfalls in the Mediterranean lands is enhanced by climate change *Clim. Chang.*, 108 (3), pp. 591–599.
20. European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems.
21. Dumanski, J., R. Peiretti, J. Benetis, D. McGarry, and C. Pieri. 2006. The paradigm of conservation tillage. *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, P1: 58-64.
22. European Commission, Joint Research Centre, 2010. *The European Environment - State and Outlook 2010 (SOER 2010)*".Luxemburg, Publication Office of the European Union.
23. European Environmental Agency -UNEP 2000.
24. EEA, 2003. “Europe's environment: the third assessment. Office for Official Publications of the European Communities”, Luxembourg, EUCC The Coastal Union.
25. European Commission, *Forest Fires in Europe 2008*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, EUR 23971 EN (2009), p. 77.

26. European Commission, 2009. Adapting to climate change: Towards a European framework for action. COM(2009) 147, 1.4.2009. European Commission, Brussels.
27. European Commission, 2009. The role of European agriculture in climate change mitigation. Commission Staff Working Document, SEC(2009) 1093, 23.7.2009. European Commission, Brussels.
28. European Commission, Joint Research Centre, European Soil Portal, Soil Data and Information Systems, K-factor High-resolution dataset (500m) - Version 2014.
29. European Environmental Agency: Assessment of the actual soil erosion risk in Southern Europe by combining four sets of factors: soil, climate, slopes, vegetation, Figure Created 12 Nov 2009 Published 12 Nov 2009 Last modified 29 Nov 2012.
30. EuroStat. Soil erosion by water - area eroded by more than 10 tonnes per hectare per year.
31. Fiener P., Neuhaus P., Botschek J., 2013. Long-term trends in rainfall erosivity-analysis of high resolution precipitation time series (1937–2007) from Western Germany Agric. For. Meteorol., 171–172, pp. 115–123.
32. FAO, 2007. *Food Balance Sheets*. FAOSTAT. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
33. Gebhardt, M., Daniel, T., Schweizer, E., and Allmaras, R., 1985. "Conservation tillage", *Science*, 230: 625-630.
34. Gobin A., Jones R., Kirkby M., Kosmas C., 2003. Assessment and Reporting on Soil Erosion: Background and Workshop Report, EEA, Copenhagen.
35. Gomes L., Arrue J.L., Lopez M.V., Sterk G., Richard D., Gracia R., Sabrea M., Gaudicheta A., Frangid J.P., 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project *Catena*, 52, pp. 235–256.
36. Hagen L.J., Skidmore E.L., Saleh A., 1992..Wind erosion: prediction of aggregate abrasion coefficients *Transactions of the ASAE*, 35, pp. 1847–1850.
37. Hevia G.G., Mendez M., Buschiazzi D.E., 2007. Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion *Geoderma*, 140, pp. 90–96.
38. Hickey, R., 2000. Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography* 29, 1–8
39. Hilgard E.W., *Soils*, McMillan Co., New York 1914.
40. Huber, S.; Prokop, G.; Arrouays, D.; Banko, G.; Bispo, A.; Jones, R.J.A.; Kibblewhite, M.G.; Lexer, W.; Möller, A.; Rickson, R.J.; Shishkov, T.; Stephens, M.; Toth, G.; Van den Akker, J.J.H.; Varallyay, G.; Verheijen, F.G.A.; Jones, A.R. (eds.), 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators and Criteria. EUR 23490 EN/1. Office for the Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 339 pp.

41. Hudson N.W., Field measurement of soil erosion and runoff. FAO Soils Bulletin No. 68. FAO, Rome, 1993.
42. Imenson A., Curfs M., Land Care in Desertification Affected Areas, From Science towards Application.
43. International Soil Reference Centre (ISRIC). Global Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation, 2000.
44. Kinnell P.I.A., 2010. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: a review. *J. Hydrol.*, 385, pp. 384–397.
45. Khamidov, M., Nazaraliev, D., and Hamidov, A., 2009. Soil protection and anti-erosion techniques for cotton irrigation, *International Journal of Geology*, Issue 1, 3:17-19.
46. Koulouri M., Giourga C., 2007. Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands *Catena*, 69, pp. 274–281
47. Maetens W., Poesen J., Vanmaercke M., 2012. How effective are soil conservation techniques in reducing plot runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean? *Earth Sci. Rev.*, 115, pp. 21–31.
48. Marker M., 2007. Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: a case study in Southern Tuscany, Italy *Geomorphology*, 93, pp. 120–129.
49. Marques M.J., Bienes R., Jimenez L., Perez-Rodriguez R. Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. Rainfall simulation over USLE plots.
50. Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M., 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe, *Clim. Chang.*, 70 (1–2), pp. 117–135.
51. Marin Yaseli M.L., and Martinez T.L., 2003. “Competing for meadows A case study on tourism and livestock farming in the Spanish Pyrenees”. *Mountain Research and Development*, 23, 169–176.
52. Meusburger K., Steel A., Panagos P., Montanarella L., Alewell C., 2012. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16.
53. Moreno Brotons J., Romero Díaz A., Alonso Sarría F., Belmonte Serrato F., 2009. Wind erosion on mining waste in southeast Spain, *Land Degrad. Dev.*, 21, pp. 196–209.
54. Morgan R.P.C., 2005. *Soil Erosion and Conservation* (third ed.) Blackwell Science Ltd., p. 304 ISBN: 1-4051-1781-8.
55. Morgan R.P.C., Nearing M., 2011 *Handbook of Erosion Modelling* John Wiley & Sons.

56. Nyssen, 2001. Erosion process and soil conservation in a tropical mountain catchment under threat of anthropogenic desertification – a case study in Northern Ethiopia (PhD thesis) Division of Geography, KU Leuven, Belgium ,380 pp.
57. Oldeman L.R., 1992. Global Extent of Soil Degradation, Published in. ISRIC Bi-Annual Report.
58. Oldeman L.R., 1998. Soil Degradation: A Threat to Food Security? ISRIC, Wageningen, Netherlands.
59. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, **5**: 117-126.
60. Panagos, P.; Meusburger, K.; van Liedekerke, M.; Alewell, C.; Hiederer, R.; Montanarella, L., 2014 Assessing soil erosion in Europe based on data collected through a European Network. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **60**, 15–29.
61. Panagos P., Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Alewell C., 2014. Soil erodibility in Europe: a high-resolution dataset based on LUCAS. *Sci. Total Environ.*, 479–480 (2014), pp. 189–200.
62. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., van der Zanden E.H., Poesen J., Alewell C., 2015. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European Scale. *Environmental Science & Policy*, **51**: 23-34..
63. Panagos P., Karydas C.G., Ballabio C., Gitas I.Z., 2014. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses. *International Journal of Applied Earth Observations and Geo information* **27B**: 147-155, DOI: 10.1016/j.jag.2013.09.012.
64. Panagos P., Karydas C.G., Gitas I.Z., Montanarella L., 2012. Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service, *Int. J. Digit. Earth*, **5** (6) pp. 461–487.
65. Panagos P., Ballabio C., Borrelli P., Meusburger K., Klik A., Rousseva S., Tadic M.P., Michaelides S., Hrabalíková M., Olsen P., Aalto J., Lakatos M., Rymaszewicz A., Dumitrescu A., Beguería S., Alewell C., 2015. Rainfall erosivity in Europe. *Sci Total Environ.* **51**, pp. 801-814. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.008
66. Panagos, P.; van Liedekerke, M.; Jones, A.; Montanarella, L., 2012. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*, **29**, 329–338.
67. Petan S., Rusjan S., Vidmar, A., Mikos M., 2010. The rainfall kinetic energy-intensity relationship for rainfall erosivity estimation in the Mediterranean part of Slovenia. *J. Hydrol.*, **391** (3–4), pp. 314–321.

68. Pilesjö, P.; Hasan, A., 2014. A Triangular Form-based Multiple Flow Algorithm to Estimate Overland Flow Distribution and Accumulation on a Digital Elevation Model. *Trans. GIS* , 18, 108–124.
69. Quine T., Desmet P., Vandaele K., Govers G., Walling D.,1994. A comparison of the roles of tillage and water erosion in landform development and sediment export on agricultural land near Leuven, Belgium. Proceedings of the Canberra Symposium, IAHS Publication No 224, 77-86.
70. Ramann E., *Bodenkunde* - Verlag, Julius Springer, Berlin 1911.
71. Riksen M.J.P.M, J. De Graaff, 2001. On site and off site effects of Wind Erosion on European Light Soils Land Degrad. Dev., 12, pp. 1–11.
72. Rousseva S., Lozanova L., Nekova D., Stefanova V., Djodjov Ch, Tsvetkova E., Malinov I. , Kroumov V., Chehlarova-Simeonova S., 2010. Soil Erosion Risk in Bulgaria and Recommendations for Soil Protective Use of Agricultural Land.
73. Rubio José L., Recatalá L.,2006. The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects. *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue NATO Security Through Science Series*, vol. 3, pp. 133–165.
74. Ruiz-Sinoga J.D., Diaz A.R., 2010. Soil degradation factors along a Mediterranean pluviometric gradient in Southern Spain *Geomorphology*, 118 (3–4), pp. 359–368.
75. Scherr SJ., 1999. *Soil Degradation: a threat to developing-country food security by 020?* International Food Policy Research Institute, Washington DC.
76. Schwanghart, W.; Scherler, D., 2014. TopoToolbox 2–MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. *Earth Surf. Dynam*, 2, 1-7.
77. Schizas Y., 1988. «Soil erosion in Greece», *Youth and Environment* 2 (1 -2), 15-1 7.
78. SoCo Project Team. 2009. *Addressing soil degradation in EU agriculture: relevant processes, practices and policies Report on the project 'Sustainable Agriculture and Soil Conservation (SoC)'* (Louwagie G., Hubertus St. and Burrell G.A. editors).
79. *Soil Conservation Science*, U.S. Department of Agriculture.
80. Stanchi S., Freppaz M., Agnelli A., Reinsch T., Zanini E., 2012. Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): a review *Q. Int.*, 265, pp. 90–100.
81. Stevens C.J., Quinton J.N., Bailey A.P., Deasy C., Silgram M., Jackson D.R., 2009. The effects of minimal tillage, contour cultivation and in-field vegetative barriers on soil erosion and phosphorus loss. *Soil Till. Res.*, 106 (1), pp. 145–151.

82. Styk J., Fulajtar E., Palka B., Granec M., 2008. Updated calculation of erodibility of soil factor (k-factor) for the purpose of detailed digital layer generation. Proceedings No. 30, 2008 Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava (Slovak Republic), 978-80-89128-51-8, pp. 139–146
83. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS).
84. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook No 537.
85. Verstraeten G., oesen J. P, Demaree G., Salles C., 2006. Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): implications for assessing soil erosion rates. *J. Geophys. Res.*, 111, p. D22.
86. Wang, L.; Huang, Y.; Du, Y.; Han, P., 2013. Dynamic Assessment of Soil Erosion Risk Using Landsat TM and HJ Satellite Data in Danjiangkou Reservoir Area, China. *Remote Sens*, 5, 3826–3848.
87. Warren A., 2003. Wind Erosion on Agricultural Land in Europe: Research Results for Land Managers Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
88. Williams I., 2001. The composition and properties of soil. *Environmental Chemistry*. Wiley & Sons, Chichester, 2001: 130-135.
89. Wischmeier W., Smith D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning Agricultural Handbook No. 537U.S. Department of Agriculture, Washington DC, USA.
90. Yang D., Kanae S., Oki T., Koike T., Musiak K., 2003. Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrol. Process.*, 17 (14), pp. 2913–2928.
91. Zapata, F., 2003, Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides Joint FAO/IAEA Division, International Atomic Energy Agency,Vienna, Austria.
92. Zavala L.M., Jordán A., Bellinfante N. Gil, J., 2010. Relationships between rock fragment cover and soil hydrological response in a Mediterranean environment. *Soil Sci Plant Nutr*, 56, pp. 95–104.
93. Zobeck T.M., 1991. Soil properties affecting wind erosion. *J. Soil Water Conserv.*, 46, pp. 112–118.
94. Zhongkui Luo, Enli Wang, Osbert J. Sunc, 2010. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 224–231.

95. Zotarelli L., Zatorrea N.P., Boddey R.M., Urquiaga S., Jantalia C.P., Franchini J.C. and Alves B.J.R., 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research* 132, 185–195.

Ελληνική Βιβλιογραφία

96. Αγγελακοπούλου Π., 2009. Σημειώσεις Γεωλογικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
97. Αγγελοπούλου, Α. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Χ. Βαβουλίδου, Χ. και Θ.Α. Γέμτος, 2005. Μακροχρόνια επίδραση πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων (Long term effect of soil tillage in sugar beet crop) Proceedings of the 4th Pan-Hellenic Conference of the Hellenic Society of Agricultural Engineers, Proceedings in CD, Athens 2005.
98. Βάλμης Σ., 1990. ΔΙΑΒΡΩΣΕΙΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ.
99. Γιατρόπουλος Κ., 2009. Αναδιάρθρωση των καλλιεργειών. Τεύχος 1/2009.
100. Έγκριση Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, Αριθ. Πρωτ.: 85167/820, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Αθήνα 20 Μαρτίου 2000.
101. ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ, Εφαρμογή της θεματικής στρατηγικής για το έδαφος και τρέχουσες δραστηριότητες, Βρυξέλλες, 13.2.2012 COM(2012) 46 final.
102. Ελληνική Επιτροπή κατά της ερημοποίησης 2001. Ελληνικό σχέδιο δράσης κατά της ερημοποίησης, σελ. 111.
103. Κοσμάς Κ., Η ερημοποίηση της γης – Προβλήματα και μέτρα Αντιμετώπισης. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τομέας Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, 2006.
104. Κανονισμός (ΕΟΚ) αριθ. 1698/2005
105. Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν., ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ArcGIS 2003.
106. Λυκούδη Ε., Αιολική Δράση, Αθήνα 2005.

- 107.Μήτσιος Ι., Πασχαλίδης Χ., Παγανιάς Κ., ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ-ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ, 1995.
- 108.Σακκαλλής Μ., Σημειώσεις Εδαφολογίας, Μετάφραση Αγγλικών Σημειώσεων Δασικού Κολεγίου Κύπρου, Μάιος 2011.
- 109.Σακελλαριάδης Σ., Παραδόσεις του μαθήματος της εδαφολογίας, 1992.
- 110.Συνοπτική Στατιστική Επετηρίδα 2009, Ελληνική Στατιστική Αρχή ΕΛ. ΣΤΑΤ.
- 111.Συλλαίος Ν., 1992. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΓΑΙΩΝ
- 112.SoCo, 2009. Αειφόρος γεωργία και διατήρηση της ποιότητας των εδαφών - Γεωργία διατήρησης της ποιότητας των εδαφών, Ευρωπαϊκές Κοινότητες, Ενημερωτικό Δελτίο Αρ. 3.
- 113.SoCo, 2009. Αειφόρος γεωργία και διατήρηση της ποιότητας των εδαφών - Γεωργία διατήρησης της ποιότητας των εδαφών, Ευρωπαϊκές Κοινότητες, Ενημερωτικό Δελτίο Αρ. 5.
- 114.Πατέρας, Χ, Τερζούδη, Χ, και Θ. Γέμτος. 2009. Δοκιμή της USLE σε διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας και καλλιεργητικής πρακτικής. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, 8-10 Οκτωβρίου 2009, Θεσσαλονίκη, σσ. 205-212.
- 115.Πρόγραμμα LIFE Environment της Ευρωπαϊκής Επιτροπής: Μηχανισμός χρηματοδότησης επιδείξεων τεχνολογιών και καινοτόμων μεθόδων που αποσκοπούν στη βελτίωση του περιβάλλοντος.
- 116.Πληροφορικό σύστημα για την αγροτική ανάπτυξη – Παρακολούθηση πληροφοριών της βάσης δεδομένων για τους δείκτες (RDIS-IDIM).
- 117.ΥΑ 125347/568 (ΦΕΚ Β΄ 142/29.1.2004).
- 118.Χρηστάκος Κ., Από τις παραδόσεις του μαθήματος της ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ του τμήματος της Φυτικής Παραγωγής, στη Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο 29/10/2004.
- 119.Χαϊντούτη Κ., 2007. Διαχείριση και προστασία των φυσικών πόρων. Γεωλογικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τομέας Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας.
- 120.William C., Thomas D., Διαχείριση Φυσικών Πόρων, 1998.

Διαδίκτυο

- 121.Διαδίκτυο: <http://el.wikipedia.org/>
- 122.Διαδίκτυο: <http://www.prosodol.gr>
- 123.Διαδίκτυο: http://arhitektonas.blogspot.gr/2010_09_01_archive.html

124. EuroStat: http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=demo_r_d3area&mode=view&language=EN
125. EuroStat: http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=agr_r_accts&mode=view&language=EN
126. Διαδίκτυο: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>
127. Διαδίκτυο: <http://www.ministryofjustice.gr/site/kodikis/%CE%95%CF%85%CF%81%CE%B5%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF%CE%9A%CE%A9%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%91%CE%A3%CE%9F%CE%A1%CE%98%CE%97%CE%A3%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%93%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%A0%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3/tabid/341/language/el-GR/Default.aspx>
128. Διαδίκτυο: <http://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2009/07/07/agricoltura-conservativa-gestione-sostenibile-nel-rispetto-del-suolo/7846?&ILNusrToken=>
129. Διαδίκτυο: <http://www.aigacos.it/News.cfm?lang=it&idNews=7846&tipo=AN&categoria=news>
130. Διαδίκτυο: <http://www.kathimerini.gr/802689/article/epikairothta/perivallon/aiolikh-diavrws-se-anatolikh-krhth-nhsia-aigaioy-kai-8ermaiko>
131. Διαδίκτυο: <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=53>
132. Διαδίκτυο: <http://www.grida.no/publications/other/geo3/?src=/geo/geo3/english/159.htm>