



Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας

«Εκτίμηση της υγείας του εδάφους με δείκτες ποιότητας στην
Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας»

Παναγιώτα Δάββου
Α.Μ:11595

Επιβλέπων: Π.Ε. Μπαρούχας, Επίκουρος Καθηγητής

Αμαλιάδα 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
3. Ποιότητα του εδάφους	6
3.1. Η έννοια της ποιότητας του εδάφους	6
3.2. Η ποιότητα του εδάφους στο χρόνο	7
3.3 Οι λειτουργίες του εδάφους	7
3.4. Οι έξι κύριες λειτουργίες του εδάφους	9
4. Η υποβάθμιση του εδάφους	11
4.1. Χαρακτηρισμός του κινδύνου υποβάθμισης του εδάφους	11
4.2:Κίνδυνος υποβάθμισης του εδάφους στο χώρο και στον χρόνο	12
4.3:Απειλές υποβάθμισης του εδάφους: καθορισμός οριακών συνθηκών ποιότητας του εδάφους	13
4.3.1: Κίνδυνοι υποβάθμισης του εδάφους	14
4.3.2:Κύριοι κίνδυνοι για την ποιότητα του εδάφους στην Ευρώπη	16
1. Συμπύεση	17
2.Διάβρωση	17
3. Η μείωση της οργανικής ύλης	18
4. Αλάτωση	20
5. Πλημμύρες και κατολισθήσεις	21
4.3.3:Δείκτης απειλών εδάφους	21
5. Τεχνικές προσδιορισμού της ποιότητας του εδάφους	23
5.1. Ορισμός της ποιότητας του εδάφους	23
5.2 : Μέθοδοι εκτίμησης ποιότητας του εδάφους	23
5.2.1 : Κάρτα υγείας εδάφους	24
5.2.2. Δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους	25
5.2.3: Εργαστηριακή Ανάλυση	25
6. Κάρτα υγείας εδάφους για τα Ελληνικά δεδομένα	26

7.	: Δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους	34
7.1.	Τεστ φαινόμενης πυκνότητας	34
7.2.	Διηθητικότητα	39
7.3.	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	45
7.4.	pH εδάφους	48
7.5.	Σταθερότητα των συσσωματωμάτων	49
7.6.	Γαιοσκώληκες	54
7.8 :	Συνολικός οργανικός άνθρακας – Οργανική ουσία	58
7.9	Πειραματικό μέρος	61
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν στη συλλογή και ανάλυση των στοιχείων που απαιτήθηκαν για την παρούσα πτυχιακή εργασία. Ευχαριστώ επίσης τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Μπαρούχα Παντελή για την καθοδήγηση και επίβλεψη της παρούσας μελέτης, καθώς και το Εδαφολογικό Εργαστήριο της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας για την πολύτιμη βοήθεια που παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσης μελέτης

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αφορά την εκτίμηση της υγείας του εδάφους με δείκτες ποιότητας στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Ερευνήθηκαν εκτενώς οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να προσδιοριστεί η ποιότητα του εδάφους, οι οποίοι είναι τα δοκιμαστικά τεστ κιτ και η κάρτα υγείας εδάφους. Στα δοκιμαστικά τεστ κιτ περιλαμβάνεται το τεστ φαινόμενης πυκνότητας, η διηθητικότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, η σταθερότητα των συσσωματωμάτων, οι γαιοσκώληκες, ο οργανικός άνθρακας και η οργανική ουσία, όπου αναλύεται εκτενώς η μεθοδολογία μέτρησής τους. Σύμφωνα με τα δοκιμαστικά τεστ κιτ δημιουργήθηκε η κάρτα υγείας εδάφους όπου εκτιμάται εύκολα και γρήγορα η ποιότητα του εδάφους. Διερευνήθηκε με την μέθοδο του Bowman η μέτρηση της οργανικής ουσίας σε διαφορετικά μήκη κύματος. Η μέτρηση της οργανικής ουσίας σε δείγματα από την Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας σε 14 διαφορετικά μήκη κύματος έδειξε ότι το προτεινόμενο μήκος κύματος είναι τα 420 nm και προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Κεφάλαιο 3, ορίζεται και αναλύεται η έννοια της ποιότητας του εδάφους και η ικανότητα του εδάφους να εκτελεί σημαντικές λειτουργίες.

Στο Κεφάλαιο 4, αναφέρονται οι κίνδυνοι υποβάθμισης του εδάφους από διαφορετικές οπτικές γωνιές.

Στο Κεφάλαιο 5, αναφέρονται οι μέθοδοι προσδιορισμού της ποιότητας του εδάφους όπως τα δοκιμαστικά τεστ κιτ , η κάρτα υγείας εδάφους και η εργαστηριακή ανάλυση.

Στο Κεφάλαιο 6 , αναλύεται ο σχεδιασμός της κάρτα υγείας εδάφους και ο τρόπος υπολογισμού της ποιότητας του εδάφους.

Στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζεται ο τρόπος διεξαγωγής των τεστ κιτ, που είναι χρήσιμα για την εκτίμηση της ποιότητας του εδάφους λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικές, βιολογικές και χημικές ιδιότητές του.

3. Ποιότητα του εδάφους

3.1. Η έννοια της ποιότητας του εδάφους

Η ποιότητα του εδάφους αναφέρεται στο σύνολο της ικανότητας του εδάφους να δημιουργεί οικοσυστήματα και υπηρεσίες μέσω των δυνατοτήτων που διαθέτει, να εκτελεί διάφορες δυναμικές λειτουργίες υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες, ως ανοιχτό και δυναμικό σύστημα. Η αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους είναι η εκτίμηση του δυναμικού απόδοσης του εδάφους από μία μόνο λειτουργία. Η ποιότητα του εδάφους μπορεί να εκφράσει το άθροισμα των ικανοτήτων.

Το σχήμα αξιολόγησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη δύο βασικά στοιχεία της ποιότητας του εδάφους: τη λειτουργική ικανότητα και τις ιδιότητες απόκρισης. Αυτά τα δύο στοιχεία αποκαλύπτουν την ικανότητα να εκτελούν μια λειτουργία υπό δεδομένες συνθήκες και το εύρος της ικανότητας λειτουργίας υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Ο ρόλος οποιουδήποτε από αυτά τα δύο στοιχεία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον στόχο της αξιολόγησης. Για παράδειγμα, στην διασφάλιση του εδάφους, η διαθεσιμότητα νερού θέτει τον στόχο της παραγωγικότητας (λειτουργική ικανότητα). Ωστόσο, η παραγωγικότητα μπορεί να μεταβληθεί με λίπανση. Ο βαθμός αλλαγής της απόδοσης στη γονιμότητα είναι μια ξεχωριστή ιδιότητα απόκρισης κάθε εδάφους. Επομένως, κατά την αξιολόγηση της συνάρτησης παραγωγικότητας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο η λειτουργική ικανότητα όσο και η ιδιότητα απόκρισης.

Αδιαμφισβήτητα, υπάρχουν διαφορετικά συστήματα αξιολόγησης σε ομάδες εδαφών, τα οποία βασίζονται σε διαφορετικές μεθόδους και ανάγκες δεδομένων και κανένα από τα συστήματα δεν μπορεί να ικανοποιήσει όλους τους σκοπούς. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αξιολόγησης του εδάφους αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την εκτίμηση της ποιότητάς του.

Η ικανότητα του εδάφους να εκτελεί οποιαδήποτε από τις προσδιορισμένες λειτουργίες εξαρτάται από τις φυσικές, βιολογικές και χημικές ιδιότητές του ("εσωτερικά" χαρακτηριστικά), ενώ η υλοποίηση της απόδοσης εξαρτάται από τις φυσικές (π.χ κλίση) και τους ανθρωπογενείς παράγοντες (π.χ. αποστράγγιση) (εξωτερικοί παράγοντες). **Όλοι αυτοί οι παράγοντες εξαρτώνται από το χρόνο.**

3.2. Η ποιότητα του εδάφους στο χρόνο

Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του εδάφους από ανθρωπογενείς παράγοντες μεταβάλλει κατά συνέπεια τη λειτουργική ικανότητα του εδάφους. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που αφορά ενέργειες του ανθρώπου (δασοκομία κ.λπ.), καθώς και η εποχική διαχείριση του εδάφους από τον ίδιο (αποστράγγιση, καλλιέργεια, άρδευση, διαχείριση θρεπτικών ουσιών κ.λπ.) τροποποιούν τις ροές στοιχείων και ενέργειας. Αυτή η τροποποίηση προκαλεί μετασχηματισμό των διεργασιών του εδάφους σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Όταν αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται, η χρήση και η ποιότητα του εδάφους παραμένουν βιώσιμες μακροπρόθεσμα.

Η αντιστοίχιση της ποιότητας του εδάφους και των χαρακτηριστικών υποβάθμισης με έναν χρονικό ορίζοντα αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του εδάφους.

Στο πλαίσιο της στρατηγικής για την προστασία του εδάφους της Ε.Ε., έχει προταθεί ο δείκτης βιωσιμότητας εδάφους (Tóth et al., 2007) όπου συντάσσεται από συγκριτική μέτρηση της ποιότητας του εδάφους σε μια κλίση τάσης ή διαταραχής. Ο δείκτης βιωσιμότητας περιλαμβάνει τη σταθερότητα των χαρακτηριστικών του εδάφους στο χρόνο και τις εσωτερικές ή εξωτερικές περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις του εδάφους, συνεπώς σχετίζεται επίσης με τον κίνδυνο υποβάθμισης.

Το έδαφος, λοιπόν, μπορεί να έχει υψηλή, μεσαία ή κακή παραγωγικότητα, η οποία μπορεί να βελτιωθεί, να σταματήσει ή να εξαντληθεί κάτω από τη συγκεκριμένη διαχείριση της γης. Ο βαθμός αλλαγής της παραγωγικότητας δείχνει τη βιωσιμότητα ή τη μη βιωσιμότητα του συστήματος χρήσης του εδάφους. Η σταθερότητα των ευνοϊκών διεργασιών του εδάφους διασφαλίζει τη λειτουργική ικανότητα του εδάφους στο χρόνο.

3.3 Οι λειτουργίες τους εδάφους

Η λειτουργική ικανότητα μπορεί να περιγραφεί με παραδείγματα από τις κύριες λειτουργίες του εδάφους και με τον συνδυασμό αυτών, όπως :

- τη παραγωγικότητα / ικανότητα εδάφους (παραγωγή τροφίμων και άλλων βιομαζών)
- τη συγκράτηση νιτρικών ιόντων (αποθήκευση, διήθηση και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων)

- τη βιοποικιλότητα του εδάφους (οικοτόπων και γενετικών στοιχείων έμβιων οργανισμών)
- την ικανότητα κατασκευής (φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον για την ανθρωπότητα)
- τα αποθέματα τύρφης (πηγή πρώτων υλών)
- το οργανικό απόθεμα άνθρακα (ενεργειακό απόθεμα άνθρακα)
- τη δυνατότητα διατήρησης (αρχείο γεωλογικής και αρχαιολογικής κληρονομιάς.)

Η λειτουργική ικανότητα του εδάφους αντιστοιχεί σε καθορισμένες (πραγματικές ή επιθυμητές) μοναδικές συνθήκες. Αυτή η προϋπόθεση είναι απαραίτητη για την εκτίμηση, αλλά το γεγονός ότι οι συνθήκες που καθορίζουν την απόδοση των εδαφών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες στη φύση αναγνωρίζονται και εξετάζονται σε σχέση με τις ιδιότητες απόκρισης. Η λειτουργική ικανότητα του εδάφους σηματοδοτεί την βασική συνιστώσα πληροφόρησης της ποιότητας του εδάφους. Η λειτουργική ικανότητα μπορεί να χαρακτηριστεί ως η ποιότητα του εδάφους σε σταθερές εξωτερικές συνθήκες.

Η περιγραφή των ιδιοτήτων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εδάφους, οι αλληλεπιδράσεις τους και η σημασία τους για τη λειτουργική του ικανότητα, απαιτούν μια πολύπλοκη προσέγγιση. Η ικανότητα λειτουργίας ενός εδάφους καθορίζεται από τον αριθμό και την εσωτερική δυναμική των χαρακτηριστικών του εδάφους. Επιπλέον, οι εξωτερικές συνθήκες για μεμονωμένες λειτουργίες και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την υποβάθμισή του εδάφους.

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους θα πρέπει να αξιολογούνται σύμφωνα με τις συνθήκες που προβλέπουν για συγκεκριμένη λειτουργία. Τα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι υπέρ ή να περιορίζουν την απόδοση της λειτουργίας. Για παράδειγμα, σε μια εκτενή ανάλυση λειτουργικών ικανοτήτων η εκτίμηση των χαρακτηριστικών του εδάφους μπορεί να διεξαχθεί πρώτον, για να προσδιοριστούν εκείνα τα χαρακτηριστικά του εδάφους ή ομάδες χαρακτηριστικών, στις επιλεγμένες κατηγορίες εδάφους τα οποία είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες καθορισμού του επιπέδου απόδοσης και δεύτερον, για να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά του εδάφους με βάση τις λειτουργικές αρχές ρύθμισης της ανταλλαγής θρεπτικών στοιχείων και ενέργειας στα εδάφη.

Η αξιολόγηση της λειτουργικής ικανότητας του εδάφους απαιτεί τη μέτρηση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών και διαδικασιών του εδάφους, καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους σύμφωνα με τον ειδικό σκοπό της αξιολόγησης.

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους κατατάσσονται ανάλογα με τον ρόλο τους στην απόδοση των κατηγοριών του εδάφους. Οι παράμετροι του εδάφους που θα πρέπει επίσης να εξεταστούν από την άποψη του κατά πόσο η επίδρασή τους στη λειτουργική ικανότητα θα μπορούσε να εκφραστεί με κάποια άλλα ευκολότερα μετρήσιμα χαρακτηριστικά ή αν η σημασία τους αυξάνεται σε συνδυασμό με οποιαδήποτε άλλη ιδιότητα του εδάφους. Αυτή η πρακτική της ανάπτυξης δεικτών καθώς και της διαδικασίας αξιολόγησης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο με τη χρήση πληροφοριών που είναι διαθέσιμες στους χάρτες του εδάφους, βάσεις δεδομένων για την παρακολούθηση του εδάφους και άλλα μητρώα πληροφοριών για το έδαφος. Τα συμπεράσματα για τα σύνθετα χαρακτηριστικά του εδάφους θα μπορούσαν να βασιστούν μόνο στις κατάλληλες πληροφορίες.

3.4. Οι έξι κύριες λειτουργίες του εδάφους

Τα εδάφη επιτελούν τουλάχιστον **6 διαφορετικές λειτουργίες** για την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της ανθρωπότητας.

Οικολογικές λειτουργίες :

- i. Παραγωγή βιομάζας, διασφάλιση τροφίμων, ζωοτροφών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πρώτων υλών. Αυτές οι γνωστές λειτουργίες αποτελούν τη βάση της ανθρώπινης και ζωικής ζωής.
- ii. Φιλτράρισμα, ρύθμιση και μετασχηματισμό στο σύστημα έδαφος-φυτό-νερό μεταξύ της ατμόσφαιρας, των υπόγειων υδάτων και του επιφανειακού στρώματος της γης, επηρεάζοντας έντονα τον κύκλο του νερού στην επιφάνεια της γης, την ανταλλαγή αερίων μεταξύ επίγειων και ατμοσφαιρικών συστημάτων και την προστασία του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων από τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και την τροφική αλυσίδα. Οι λειτουργίες αυτές καθίστανται όλο και πιο σημαντικές λόγω της εναπόθεσης πολλών στερεών, υγρών ή αερίων, οργανικών και ανόργανων ενώσεων, στις οποίες τα εδάφη αντιδρούν μέσω διήθησης, φυσικής ή φυσικοχημικής προσρόφησης και

κατακρήμνιση στις εσωτερικές τους επιφάνειες, μικροβιολογικής και βιοχημικής ανοργανοποίησης και διεργασίες μεταβολισμού, κυρίως οργανικών ενώσεων. Οι αντιδράσεις αυτών των βιοχημικών συμβάλλουν επίσης στην παγκόσμια αλλαγή μέσω της εκπομπής αερίων από το έδαφος στην ατμόσφαιρα, διότι σε παγκόσμιο επίπεδο η συνολική ποσότητα οργανικού άνθρακα στα εδάφη είναι τριπλάσια από την ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, τα εδάφη αποτελούν τον κεντρικό κρίκο στη μετατροπή του οργανικού άνθρακα και διαδραματίζουν συνεχώς ρόλο στην απελευθέρωση του CO₂ και στην περαιτέρω εκπομπή των αερίων στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα των N₂O και CH₄, τα τρία γνωστά ως "αέρια θερμοκηπίου". Αυτά τα αέρια προκαλούν διαδικασίες παγκόσμιας αλλαγής, οι οποίες σε αυτή την περίπτωση περιλαμβάνουν μαζική ανατροφοδότηση πολλών εντοπισμένων διαδικασιών μικρής κλίμακας. Όσο μπορούν να διατηρηθούν αυτές οι ικανότητες φιλτραρίσματος, αποθήκευσης και μετασχηματισμού, δεν υπάρχει κίνδυνος για τα υπόγεια ύδατα ή για την τροφική αλυσίδα. Ωστόσο, οι χωρητικότητες των εδαφών είναι περιορισμένες και ποικίλλουν ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες του εδάφους.

- iii. Ένας **βιο-οικότοπος** και **γονιδιακό απόθεμα**, με μεγάλη ποικιλία οργανισμών. Τα εδάφη περιέχουν περισσότερα είδη σε αριθμό και ποσότητα από ό,τι όλοι οι άλλοι υπεράνω οργανισμοί μαζί. Τα εδάφη αποτελούν τη βασική βάση της βιοποικιλότητας. Η ανθρώπινη ζωή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτή τη βιοποικιλότητα, διότι δεν γνωρίζουμε εάν θα χρειαστούμε νέα γονίδια από τα εδάφη για τη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής στο εγγύς ή το απομακρυσμένο μέλλον. Επιπλέον, τα γονίδια από το έδαφος γίνονται ολοένα και πιο σημαντικά για πολλές τεχνολογικές, ιδιαίτερα βιοτεχνολογικές και βιοτεχνικές διεργασίες.

Εκτός από αυτές τις τρεις οικολογικές λειτουργίες, το έδαφος έχει και **άλλες τρεις λειτουργίες**, περισσότερο συνδεδεμένες με τεχνικές, βιομηχανικές και κοινωνικοοικονομικές χρήσεις:

- iv. Τα εδάφη αποτελούν τη φυσική βάση για τις τεχνικές, βιομηχανικές και κοινωνικοοικονομικές δομές και την ανάπτυξή τους, π.χ. οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η στέγαση, οι μεταφορές, ο αθλητισμός, η αναψυχή, η απόρριψη απορριμμάτων κλπ. Ένα από τα κύρια προβλήματα στο πλαίσιο

αυτό είναι η εκθετική αύξηση των αστικών και υπεραστικών περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορικών μέσων μεταξύ τους. Αυτό ισχύει όχι μόνο για την Ευρώπη, αλλά και για άλλες ηπείρους και ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες στην Αφρική, την Ασία και τη Λατινική Αμερική.

- v. Τα εδάφη αποτελούν πηγή πρώτων υλών, π.χ. από πηλό, άμμο, χαλίκια και ορυκτά, καθώς και μια πηγή ενέργειας και νερού. Αυτές οι πρώτες ύλες αποτελούν τη βάση για την τεχνική και κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη.
- vi. Τέλος, τα εδάφη είναι μια γεωλογική και πολιτιστική κληρονομιά που αποτελεί ουσιαστικό μέρος του τοπίου μέσα στο οποίο ζούμε, αποκρύπτοντας και προστατεύοντας τα παλαιοντολογικά και αρχαιολογικά κατάλοιπα υψηλής αξίας για την κατανόηση της ιστορίας μας και αυτής της γης.

Δεδομένου ότι το έδαφος αποτελεί έναν απολύτως περιορισμένο πόρο, ο οποίος δεν μπορεί να επεκταθεί ή να διευρυνθεί, η χρήση αυτών των 6 βασικών λειτουργιών του εδάφους και της γης, η οποία συμβαίνει συχνά στην ίδια περιοχή, γίνεται βασικό ζήτημα για την υποβάθμιση του εδάφους. Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση του εδάφους ή της γης μπορεί να οριστεί ως προσωρινή ή χωρική ταυτόχρονη χρήση και των έξι λειτουργιών.

4. Η υποβάθμιση του εδάφους

4.1. Χαρακτηρισμός του κινδύνου υποβάθμισης του εδάφους

Η υποβάθμιση του εδάφους σημαίνει απώλεια του εδάφους ή της ποιότητάς του για συγκεκριμένες λειτουργίες. Ο κίνδυνος υποβάθμισης του εδάφους μπορεί να προέλθει από ακραία φυσικά φαινόμενα, όπως μακροχρόνιες καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις, που προκαλούν π.χ. διάβρωση, πλημμύρες, κατολισθήσεις και άλλες δυσμενείς επιπτώσεις. Αυτές οι μορφές υποβάθμισης είναι μάλλον σπάνιες, σε σύγκριση με τους κινδύνους που προκαλούνται από τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις, π.χ. με διαφορετικές μορφές εντατικής χρήσης γης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να θεωρηθούν ως οι κύριες αιτίες του κινδύνου υποβάθμισης του εδάφους. Ο κίνδυνος υποβάθμισης του εδάφους είναι αποτέλεσμα του ανταγωνισμού μεταξύ των

χρήσεων των διαφορετικών λειτουργιών του εδάφους και της κατάχρησης αυτών χωρίς επαρκή έλεγχο.

4.2:Κίνδυνος υποβάθμισης του εδάφους στο χώρο και στον χρόνο

Στη συνέχεια, διακρίνονται τρεις διαφορετικές κατηγορίες αλληλεπιδράσεων:

- i. Αποκλειστικός κίνδυνος μεταξύ της χρήσης του εδάφους για την ανάπτυξη υποδομής ως πηγή πρώτων υλών και ως γεωγονική και πολιτιστική κληρονομιά, και της χρήσης του εδάφους για την παραγωγή βιομάζας. Αυτό γίνεται εμφανές με τη σφράγιση των εδαφών μέσω της αστικής και βιομηχανικής ανάπτυξης, π.χ. την κατασκευή δρόμων, σπιτιών, βιομηχανικών εγκαταστάσεων και αθλητικών εγκαταστάσεων ή όταν χρησιμοποιούνται εδάφη για την απόρριψη απορριμμάτων, όλα αυτά γνωστά ως διαδικασία αστικοποίησης και εκβιομηχάνισης, αποκλείοντας έτσι όλες τις άλλες χρήσεις του εδάφους και της γης. Προς το παρόν, εκτιμάται ότι η Ευρώπη χάνει μεταξύ 8 και 10 τετραγωνικά χιλιόμετρα εύφορα εδάφη ημερησίως μέσω της αστικοποίησης και της εκβιομηχάνισης, πράγμα που σημαίνει ανεπανόρθωτες απώλειες εδάφους, με πρόσθετες διεργασίες υποβάθμισης του εδάφους στο περιβάλλον, όπως η συμπίεση, η διάβρωση, αλάτωση, απώλεια οργανικής ύλης, απώλεια βιοποικιλότητας, πλημμύρες και κατολισθήσεις.
- ii. Υπάρχει μια δεύτερη κατηγορία κινδύνου μέσω έντονων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των υποδομών και των χρήσεων γης, από την μία πλευρά και της γεωργίας και δασοκομίας από την άλλη, όπου παρουσιάζεται η ρύπανση του εδάφους λόγω της εντατικής χρήσης ορυκτής ενέργειας και πρώτων υλών. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως η Ευρώπη. Σε αυτό το πλαίσιο, φαίνεται απαραίτητο να επισημανθεί ότι τα εδάφη είναι ένας 'αποδέκτης' για πολλές ανόργανες και οργανικές ουσίες. Μπορούν να διακριθούν διαφορετικές μορφές φορτίων όπως ανόργανες και οργανικές ουσίες από την κυκλοφορία και τις μεταφορές και από βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες. Τα περισσότερα από αυτά τα φορτία, ειδικά εκείνα που προκαλούν σοβαρή όξυνση και ρύπανση από ανόργανες ενώσεις (όπως βαρέα μέταλλα) ή από ξενο-βιοτικές οργανικές ενώσεις που μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμη υποβάθμιση του εδάφους. Στο πλαίσιο αυτό, η μη αναστρεψιμότητα ορίζεται ως η μη αναστρεψιμότητα από

φυσικές δυνάμεις ή τεχνηκή αποκατάσταση μέσα σε 100 χρόνια, χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί σε τέσσερις γενιές του ανθρώπου. Μόνο λίγες διαδικασίες υποβάθμισης του εδάφους, όπως η μόλυνση από βιοαποικοδομήσιμα οργανικά ή από μικρές ποσότητες βαρέων μετάλλων, μπορούν να θεωρηθούν αναστρέψιμες. Ορισμένες περαιτέρω δυσμενείς επιπτώσεις των μεταφορών, της αστικοποίησης και της εκβιομηχάνισης στα γεωργικά και δασικά εδάφη δίδονται ως παραδείγματα από τον Blum (1998).

- iii. Μια τρίτη μορφή κινδύνου διακρίνεται μεταξύ τριών εδαφικών χρήσεων όπου είναι τα απόβλητα λιπασμάτων, η εναπόθεση λυμάτων ιλύος στο έδαφος καθώς και η εντατική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Εκτός από τους ρύπανση της ατμόσφαιρας μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του εδάφους και ιδιαίτερα στα υπόγεια νερά και στην τροφική αλυσίδα, ξεπερνώντας τη φυσική ικανότητα των εδαφών για μηχανικό φιλτράρισμα, χημική ρύθμιση και βιοχημικό μετασχηματισμό (Blum, 2000). Σε αυτό το πλαίσιο, πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η γεωργία και η δασοκομία δεν παράγουν μόνο βιομάζα πάνω από το έδαφος, αλλά επηρεάζουν επίσης την ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής υπογείων υδάτων κάτω από αυτή, επειδή κάθε σταγόνα βροχής που πέφτει στη γη πρέπει να περάσει από το έδαφος πριν γίνει υπόγειο νερό ή πόσιμο νερό. Τα προβλήματα αυτά είναι γνωστά σε πολλά μέρη της Ευρώπης, όπου είναι γνωστή η μόλυνση των υπογείων υδάτων που χρησιμοποιούνται ως πόσιμο νερό, μέσω νιτρικών, παρασιτοκτόνων και άλλων χημικών ενώσεων, από βιομηχανικές, γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, τα συμβατικά συστήματα γεωργικής παραγωγής ελέγχονται από ποιοτικά πρότυπα για τους επιφανειακούς και υπόγειους υδάτινους πόρους.

4.3: Απειλές υποβάθμισης του εδάφους: καθορισμός οριακών συνθηκών ποιότητας του εδάφους

Η υποβάθμιση μειώνει την ποιότητα του εδάφους με μερική ή ολική καταστροφή μιας ή περισσότερων από τις λειτουργίες του (Blum 1988). Οι διαδικασίες αποικοδόμησης που παρατηρούνται στην Ευρώπη έχουν μελετηθεί ευρέως (Batjes and Bridges et al, 2000) και ενσωματώθηκαν στις πολιτικές

προστασίας του εδάφους σε εθνικό επίπεδο (EC 2006a, b). Το επίκεντρο των δράσεων πολιτικής είναι η μείωση του κινδύνου υποβάθμισης του εδάφους.

Ο κίνδυνος υποβάθμισης του εδάφους εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους που το καθιστούν εγγενώς δεκτικό της υποβάθμισης. Οι Van Camp et al. (2004) παρέχουν ουσιαστικές γνώσεις για τον εντοπισμό και την περιγραφή κινδύνων (απειλών) στο έδαφος. Οι Eckelman et al. (2006) συνοψίζουν τις μεθοδολογίες εκτίμησης κινδύνων που εφαρμόζονται στις μελέτες για την υποβάθμιση του εδάφους και προσφέρουν την έννοια των απειλών που αντιπροσωπεύουν τους κινδύνους για τη λειτουργικότητα των εδαφών. Η θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους (EC 2006a) δηλώνει ότι για την αειφόρο ανάπτυξη, τα εδάφη (λειτουργίες του εδάφους) πρέπει να προστατεύονται από την υποβάθμιση, με αποτέλεσμα οι απειλές για το έδαφος να θέτουν την οριακή συνθήκη για βιωσιμότητα και ποιότητα του εδάφους.

Στην ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών, τον Απρίλιο του 2002 (COM (2002) 179 final), με τίτλο: Προς μια θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους, εντοπίστηκαν 8 κύριες απειλές για το έδαφος όπου τα προβλήματα συζητούνται λεπτομερώς.

4.3.1: Κίνδυνοι υποβάθμισης του εδάφους

Οι βασικοί κίνδυνοι για τις λειτουργικές ικανότητες του εδάφους εντοπίζονται ως:

1. Μείωση της οργανικής ύλης
2. Διάβρωση του εδάφους
3. Συμπίεση
4. Αλάτωση
5. Κατολισθήσεις
6. Πλημμύρες
7. Μόλυνση
8. Στράγγιση

Οι απειλές 1-5 παρατηρούνται σε συγκεκριμένες περιοχές (και εδάφη) συνεπώς, απαιτούν πρόσθετη χωροταξική μελέτη κατά τη διάρκεια του

σχεδιασμού διατήρησης του εδάφους. Ο εντοπισμός των κινδύνων που έχουν καθορισμένες περιβαλλοντικές και χωρικές διαστάσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνεται από τους Eckelmann et al. (2006).

Για κάθε απειλή που εξαρτάται από την περιοχή εξετάστηκαν οι ακόλουθοι όροι προκειμένου να καθοριστούν κοινά κριτήρια προσδιορισμού κινδύνου σε όλη την Ευρώπη:

- προσδιορισμός των παραγόντων / κινδύνων που σχετίζονται με την απειλή («εξωτερικοί παράγοντες»)
- χαρακτηρισμός του εδάφους που απορροφά τα διάφορα συστατικά («εσωτερικές» ιδιότητες)
- προδιαγραφή απόδοσης, επιλογή μοντέλου (με απαιτήσεις δεδομένων)

Προκειμένου να προσδιοριστούν και να περιγραφούν οι περιοχές που βρίσκονται σε κίνδυνο για τις απειλές του εδάφους στο έγγραφο "Common criteria", οι Eckelmann et al. (2006) προτείνουν τρεις τύπους προσεγγίσεων:

1. ποιοτική προσέγγιση: η χρήση γης σε συνδυασμό με "ευαίσθητα εδάφη" ή άλλα πολιτικά όρια που χρησιμοποιούν άλλα συνδυασμένα κριτήρια, π.χ. ρύπανση από νιτρικά ιόντα, εντατικές εκτάσεις καλλιέργειας, αστικές περιοχές κλπ.
2. ποσοτική προσέγγιση: κατώτατα όρια
3. προσέγγιση μοντέλου: δεδομένα παρακολούθησης που μπορεί να εκτιμηθεί η πιθανότητα υποβάθμισης του εδάφους

Για τις επιλογές εφαρμογής το έγγραφο "Common criteria" παρέχει εξηγήσεις για τις παραπάνω προσεγγίσεις, διατυπώνοντας ότι τα κατώτατα όρια απαιτούν αρχικά οριακές τιμές πέραν των οποίων η υποβάθμιση των ιδιοτήτων του εδάφους περιορίζει τη βιώσιμη λειτουργία του. Τα δεδομένα εδάφους για την παρακολούθηση της πορείας τους πρέπει να είναι διαθέσιμα, προκειμένου να ταιριάζουν οι παρατηρούμενες τιμές με τα κατώτατα όρια. Ακόμη και αν τα κατώτατα όρια, η κατάσταση και οι τάσεις βασίζονται σε μοντέλα, απαιτούνται δεδομένα απογραφής / παρακολούθησης του εδάφους. Η προσέγγιση του μοντέλου πρέπει τελικά να συμπληρωθεί με μια ποσοτική προσέγγιση, όχι μόνο για την επικύρωση και τη βαθμονόμηση του μοντέλου, αλλά και για την ανίχνευση της περιοχής στην οποία πράγματι συμβαίνει η υποβάθμιση και για την παρακολούθηση της τάσης μετά την εφαρμογή των μέτρων. Τα μοντέλα μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην προσέγγιση και στην ταξινόμηση των

πληροφοριών για το έδαφος, από το επίπεδο του αγρού μέχρι την εκτεταμένη περιοχή. Οι Ecklemann et al. (2006) προτείνουν έναν κατάλογο των απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να υπάρξει μια κοινή βάση για τη σύγκριση του κινδύνου υποβάθμισης του εδάφους στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

4.3.2:Κύριοι κίνδυνοι για την ποιότητα του εδάφους στην Ευρώπη

Το υφιστάμενο καθεστώς των ευρωπαϊκών εδαφών οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες κατά τις τελευταίες χιλιετίες. Μόνο τα εδάφη σε ορισμένα δάση δεν επηρεάζονται από τον άνθρωπο. Αν και ο στόχος της καλλιέργειας είναι πάντα η βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους για την βελτίωση ιδιοτήτων των καλλιεργειών, δεν έχει πάντα το αποτέλεσμα που είναι σύμφωνα με το στόχο. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των εντατικών γεωργικών καλλιεργειών ο χρόνος που απαιτείται για να βρεθεί το έδαφος σε ισορροπία με το περιβάλλον, είτε μετά την καλλιέργεια είτε τη συγκομιδή, πολύ συχνά δεν είναι αρκετά μεγάλη. Σε περίπτωση δασικών εδαφών, τα εντατικά έργα μπορούν επίσης να καταστρέψουν την ισορροπία του εδάφους. Ως συνέπεια της εντατικής ή μη ορθής χρήσης, το έδαφος εκτίθεται συχνά σε πολλές απειλές. Σχεδόν όλες οι απειλές του εδάφους είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων ή η έντασή τους επηρεάζεται από τον άνθρωπο και τώρα πρέπει να μειώσουμε την εμφάνισή τους και να εξαλείψουμε την επιρροή τους στο έδαφος. Η πρόληψη είναι βέβαια η καλύτερη λύση και μπορεί να επιτευχθεί μέσω της βιώσιμης χρήσης του εδάφους σε ισορροπία με το περιβάλλον. Το πιο επιβλαβές είναι η σφράγιση του εδάφους, π.χ. για τις κτιριακές περιοχές, επειδή το έδαφος στην περίπτωση αυτή περνάει το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργιών και των ιδιοτήτων του εδάφους. Οι απειλές του εδάφους οδηγούν στην υποβάθμισή του ή ακόμη και στην καταστροφή. Η "Θεματική στρατηγική της ΕΕ για την προστασία του εδάφους" στοχεύει στην προστασία των λειτουργιών του εδάφους τόσο από τη φυσική προέλευση που προέρχεται από την εδαφογένεση όσο και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στη διαχείριση του εδάφους και τη βελτίωση της γονιμότητας μέσω της καλλιέργειας. Είναι απαραίτητο να εντοπιστούν οι περιοχές που κινδυνεύουν από μη αναστρέψιμη ή σημαντική υποβάθμιση λόγω των κυριότερων απειλών για το έδαφος όπως η διάβρωση, η μείωση της οργανικής ύλης, οι κατολισθήσεις, η αλάτωση και η συμπίεση. Στόχος είναι να αποφευχθεί η περαιτέρω επιδείνωση των ιδιοτήτων του εδάφους καθώς και να σταματήσει η περαιτέρω εξάπλωση των κινδύνων.

1. Συμπίεση

Η συμπίεση ανήκει στους σημαντικούς κινδύνους για το έδαφος. Η συμπίεση είναι μία από τις πέντε συχνότερες απειλές για τα εδάφη στην Ευρώπη καθώς εισβάλλει στην ισορροπία του εδάφους και μπορεί να επιταχύνει τις άλλες απειλές, π.χ. διάβρωση. Η ίδια η συμπίεση προκαλείται από διάφορους παράγοντες που μπορεί να έχουν διαφορετική προέλευση, μερικές από αυτές είναι φυσικές, μερικές δημιουργούνται από τον άνθρωπο και πολύ συχνά συμβαίνει και ο συνδυασμός αυτών. Η συμπίεση δεν είναι σταθερή ζημιά στο έδαφος, εκτός από την κατάσταση κατά την οποία η δομή του εδάφους καταστρέφεται εντελώς. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει τη φυσική ευαισθησία του εδάφους από το γεγονός ότι ορισμένα εδάφη είναι πιο ευαίσθητα στη συμπίεση λόγω των βασικών ιδιοτήτων τους όπως η υφή, η περιεκτικότητα σε νερό, το είδος του υδάτινου καθεστώτος, οι ιδιότητες των εδαφικών οριζόντων κ.λπ.

Οι λόγοι για την συμπίεση του εδάφους και την ευαισθησία του στη συμπίεση μπορεί να είναι διαφορετικοί και χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες, τη φυσική και τον εξωγενή (από τον άνθρωπο) καθώς και τον συνδυασμό αυτών

Οι φυσικοί λόγοι προέρχονται από συγκεκριμένες ιδιότητες του εδάφους, το περιβάλλον και το κλίμα. Αυτός ο τύπος συμπίεσης εδάφους ονομάζεται πρωτογενής συμπίεση.

Οι λόγοι που προκαλούνται από τον άνθρωπο για την συμπίεση του εδάφους, η δευτερογενής συμπίεση, προέρχονται αποκλειστικά από το είδος της χρήσης του εδάφους του εδάφους. Σε πολλές περιπτώσεις προκαλείται δευτερογενής συμπίεση με προγραμματισμένο τρόπο όπως στη δασοκομία και τη γεωργία, η συμπίεση του εδάφους θεωρείται αρνητικό αποτέλεσμα της ακατάλληλης χρήσης. Πρέπει να τονιστεί ότι η πρόληψη της συμπίεσης του εδάφους είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την καταπολέμηση αυτής της απειλής του εδάφους, διότι η συμπίεση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το περιβάλλον και μπορεί να προκαλέσει σημαντική βλάβη στις λειτουργίες του εδάφους.

2. Διάβρωση

Η διάβρωση αποτελεί φυσικό γεωλογικό φαινόμενο λόγω της μεταφοράς του εδάφους από τους ανέμους και το νερό σε άλλα σημεία. Ωστόσο, ορισμένες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες δύνανται να επιταχύνουν δραματικά τον ρυθμό της. Όταν η διάβρωση προχωρήσει πολύ, καθίσταται οριστική.

Η διάβρωση δημιουργείται από συνδυασμό παραγόντων όπως οι απότομες πλαγιές, το κλίμα (π.χ. μεγάλες περιόδους ξηρασίας που ακολουθούνται από έντονες βροχοπτώσεις), η ακατάλληλη χρήση γης, το είδος της φυτικής εδαφοκάλυψης (π.χ. αραιά βλάστηση) και οι οικολογικές καταστροφές (π.χ. οι πυρκαγιές των δασών). Επιπλέον, συχνά ορισμένα εδάφη κινδυνεύουν ιδιαίτερα από τη διάβρωση λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών τους (π.χ. λεπτή στιβάδα φυτικών ειδών, λασπώδης υφή του εδάφους ή χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη).

Τα αποτελέσματα της διάβρωσης του εδάφους είναι η απώλεια των εδαφικών λειτουργιών και τελικά η απώλεια του ίδιου του εδάφους. Οι μέσες ετήσιες εδαφικές απώλειες υπερβαίνουν τους 15 τόνους/στρέμμα για ποσοστό μεγαλύτερο του ενός τρίτου των συνολικών εδαφικών εκτάσεων της λεκάνης της Μεσογείου. Συνεπεία αυτού να μολύνονται τα υδάτινα ρεύματα, μέσω του εμπλουτισμού των ποταμών και των θαλασσιών οικοσυστημάτων από ρύπους και θρεπτικές ουσίες από το διαβρωμένο έδαφος, με πρόσθετες επιπτώσεις όπως οι καταστροφές φυσικών ταμιευτήρων νερού.

Μολονότι η περιοχή της Μεσογείου ιστορικά θεωρείται ως η πλέον σοβαρά απειλούμενη από τη διάβρωση, δεδομένου ότι οι πρώτες αναφορές σε ανάλογα φαινόμενα στη Μεσόγειο χρονολογούνται εδώ και 3.000 χρόνια, πληθαίνουν οι ενδείξεις για σημαντικά φαινόμενα διάβρωσης και σε άλλα σημεία της Ευρώπης (π.χ. Αυστρία, Τσεχική Δημοκρατία και στη ζώνη της βόρειας Γαλλίας και του Βελγίου όπου παρατηρούνται απώλειες). Κατά συνέπεια η διάβρωση των εδαφών μπορεί να θεωρηθεί πρόβλημα το οποίο, αν και σε διαφορετικούς βαθμούς, πλήττει ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

3. Η μείωση της οργανικής ύλης

Η οργανική ύλη στο έδαφος αποτελείται από οργανικά υλικά (υπολείμματα φυτικών ριζών, φύλλα, περιττώματα), έμβιους οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, γαιοσκώληκες και άλλη εδαφική πανίδα) και από χούμο που είναι το σταθερό τελικό προϊόν της αποδόμησης της οργανικής ύλης στο έδαφος συνεπεία της αργής δράσης των οργανισμών. Η οργανική ύλη συγκεντρώνεται και αποδημείτε συνεχώς με αποτέλεσμα να ελευθερώνεται άνθρακας στην ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα που στη συνέχεια επαναδεσμεύεται μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Η οργανική ύλη πρωταγωνιστεί στη διαφύλαξη ζωτικών εδαφικών λειτουργιών και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην συμπίεση, στη διάβρωση και την εδαφική γονιμότητα. Εξασφαλίζει τη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους, συμβάλλοντας σημαντικά στον περιορισμό της ρύπανσης που διαχέεται από το έδαφος στο νερό. Οι αγροτικές και δασοκομικές δραστηριότητες έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην οργανική ύλη του εδάφους. Παρά τη σημασία της διατήρησής της στο έδαφος, υπάρχουν ενδείξεις ότι το οργανικό υλικό του εδάφους από την αποδόμηση συχνά δεν αντικαθίσταται επαρκώς στα συστήματα των αρδεύσιμων καλλιεργειών. Η εξειδίκευση των αγροτικών δραστηριοτήτων ορίζεται ως ο διαχωρισμός της κτηνοτροφίας από τη γεωργική καλλιέργεια με αποτέλεσμα οι εναλλακτικές πρακτικές που επέτρεπαν την αποκατάσταση της οργανικής ύλης του εδάφους να μην αξιοποιούνται πλέον κατά τις αγροτικές δραστηριότητες.

Η συγκέντρωση οργανικής ύλης είναι χρονοβόρα διαδικασία (πολύ βραδύτερη από τη μείωση της). Η εν λόγω διαδικασία βελτιώνεται με την εφαρμογή θετικών μεθόδων γεωργικής διαχείρισης όπως το ελαφρύ όργωμα, των οργανικών καλλιεργειών, της εδαφοκάλυψης από σπαρτά, της κάλυψης του εδάφους με σάπια φύλλα, της λίπανσης με πράσινα λαχανικά, της χρησιμοποίησης φυσικών λιπασμάτων, της καλλιέργειας σε αναβαθμίδες και κατά τις ισοϋψείς καμπύλες. Οι περισσότερες από τις τεχνικές αυτές αποδείχτηκαν επίσης αποτελεσματικές για την προληπτική αντιμετώπιση της διάβρωσης, αυξάνοντας τη γονιμότητα και βελτιώνοντας τη βιοποικιλότητα στο έδαφος.

Ο άνθρακας αποτελεί μείζονος σημασίας συστατικό της οργανικής ύλης στο έδαφος, που με τη σειρά της διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα. Από τις έρευνες προκύπτει ότι περίπου 2 γιγατόννοι (Gt) άνθρακα δεσμεύονται από την οργανική ύλη στο έδαφος ετησίως. Η ποσότητα αυτή μπορεί να συγκριθεί προς τους 8 Gt ανθρωπογενούς άνθρακα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα ετησίως τονίζοντας τη σημασία της οργανικής ύλης στο έδαφος σε ό,τι αφορά την αλλαγή του κλίματος. Ωστόσο, υπάρχουν όρια στην οργανική ύλη και στην ποσότητα του άνθρακα που μπορεί να αποθηκεύσει το έδαφος.

Η μείωση των ανόργανων συστατικών του εδάφους προκαλεί ιδιαίτερο προβληματισμό στις περιοχές της Μεσογείου. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Γραφείο Εδαφών, βάσει των περιορισμένων διαθέσιμων δεδομένων, περίπου

75% των εκτάσεων που αναλύθηκαν στη νότια Ευρώπη χαρακτηρίζεται από χαμηλή (3,4%) ή πολύ χαμηλή (1,7%) περιεκτικότητα εδάφους σε οργανικά υλικά. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι τα δάση με περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη χαμηλότερη του 1,7% βρίσκονται στο στάδιο που προηγείται της ερημοποίησης. Ωστόσο το πρόβλημα δεν περιορίζεται στη Μεσόγειο. Δεδομένα από την Αγγλία και τη Γαλλία αποδεικνύουν ότι το ποσοστό των εδαφών των οποίων η οργανική ύλη δεν υπερβαίνει το 3,6% αυξήθηκε από 35% σε 42% την περίοδο 1980-1995 κατά πάσα πιθανότητα λόγω της αλλαγής των διαχειριστικών πρακτικών. Την ίδια περίοδο στην περιοχή Beauce νοτίως του Παρισιού υποδιπλασιάστηκε το περιεχόμενο του εδάφους σε οργανικά συστατικά για τους ίδιους λόγους.

Δεδομένου ότι η μείωση της οργανικής ύλης στο έδαφος αποτελεί θέμα που επηρεάζει και άλλους τομείς όπως η γονιμότητα και η διάβρωση του εδάφους, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπολογιστεί το κόστος της.

4. Αλάτωση

Ως αλάτωση ορίζεται η συσσώρευση στο έδαφος υδατοδιαλυτών αλάτων του νατρίου, του μαγνησίου και του ασβεστίου με αποτέλεσμα τη σοβαρή μείωση της γονιμότητας του εδάφους.

Η αλάτωση συχνά συνδέεται με την άρδευση δεδομένου ότι το χρησιμοποιούμενο νερό περιέχει πάντα ποικίλες ποσότητες αλάτων, ιδίως μάλιστα στις περιοχές όπου οι χαμηλές βροχοπτώσεις, η υψηλόρυθμη εξάτμιση-διαπνοή ή τα χαρακτηριστικά της υφής του εδάφους, παρεμποδίζουν την απόπλυση των αλάτων που συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του εδάφους. Η άρδευση με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα επιδεινώνει δραματικά το πρόβλημα αυτό. Στις παράκτιες περιοχές η αλάτωση συχνά συνδέεται και με την υπέρμετρη άντληση υπογείων υδάτων (λόγω αύξησης της αστικοποίησης και της βιομηχανικής και γεωργικής δραστηριότητας) με αποτέλεσμα να χαμηλώνει ο υδροφόρος ορίζοντας και να διευκολύνεται η είσοδος θαλασσίου νερού. Στις βόρειες χώρες η συντήρηση του οδικού συστήματος κατά τη χειμερινή περίοδο με άλατα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αλάτωση.

Η αλάτωση του εδάφους αποτελεί κύρια αιτία της ερημοποίησης και υπολογίζεται ότι πλήττει 1 εκατομμύρια στρέμματα στην ΕΕ, κυρίως στις χώρες της Μεσογείου. Στην Ισπανία έχει πληγεί σοβαρά το 3% των 3,5 εκατομμυρίων εκταρίων που αρδεύονται, μειώνοντας ουσιαστικά το γεωργικό δυναμικό ενώ

σοβαρούς κινδύνους αντιμετωπίζει ένα επιπλέον ποσοστό 15%. Μέχρι σήμερα δεν έχει υπολογιστεί το συνολικό οικονομικό κόστος του ως άνω φαινομένου.

5. Πλημμύρες και κατολισθήσεις

Οι πλημμύρες και οι κατολισθήσεις είναι φυσικές καταστροφές που σχετίζονται άμεσα με το έδαφος και τη χωροταξική διαχείριση. Οι πλημμύρες και η μετακίνηση εδάφους σε μεγάλη κλίμακα προκαλούν διάβρωση, ρύπανση από κατάλοιπα και απώλεια εδαφικών πόρων με σοβαρότατες επιπτώσεις για τις δραστηριότητες και τη ζωή του ανθρώπου, ενώ παράλληλα ευθύνονται για ζημιές σε κτίρια και υποδομές καθώς και για την απώλεια γεωργικών γαιών. Ωστόσο, οι πλημμύρες, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι δυνατό να οφείλονται εν μέρει στο γεγονός ότι το έδαφος, λόγω συμπίεσης, δεν ελέγχει πλήρως το κύκλο του ύδατος. Ενίοτε οι πλημμύρες ευνοούνται από τη διάβρωση που προκαλεί η καταστροφή των δασών ή η εγκατάλειψη των γαιών.

Ανάλογα φαινόμενα παρατηρούνται συχνότερα σε περιοχές με ιδιαίτερα διαβρώσιμα εδάφη, απότομες πλαγιές και έντονες βροχοπτώσεις όπως οι περιοχές των Άλπεων και της Μεσογείου. Ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της ιταλικής επικράτειας θεωρείται ότι αντιμετωπίζει υψηλό ή ιδιαίτερα υψηλό υδρογεωλογικό κίνδυνο, που επηρεάζει το 60% του πληθυσμού. Ποσοστό μεγαλύτερο του 15% της επικράτειας και 26% του πληθυσμού αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα υψηλό κίνδυνο.

4.3.3: Δείκτης απειλών εδάφους

Ο δείκτης απειλών εδάφους (Soil Threats Index 'STI') είναι ένας σύνθετος δείκτης των ιδιοτήτων αντίδρασης του εδάφους που σχετίζονται με την υποβάθμιση και τους εξωτερικούς παράγοντες (κλίμα, αξιοποίηση γης) που εκφράζουν το επίπεδο κινδύνου στο οποίο το έδαφος εκτίθεται στις κύριες απειλές αποικοδόμησης (Tóth et al., 2007) . Για τις εφαρμογές στην Ε.Ε., ο STI αναφέρεται στον συγκριτικό κίνδυνο των κύριων απειλών (διάβρωση, αλάτωση, συμπίεση, απώλεια οργανικής ύλης, κατολισθήσεις) που προσδιορίζονται στη Θεματική Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους (EC 2006a).

Οι δύο συνιστώσες του δείκτη απειλής εδάφους μπορούν να συνδυαστούν με τα στοιχεία στο πλαίσιο της εκτίμησης του κινδύνου του εδάφους από τους Eckelmann et al. (2006) όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Δείκτες κινδύνου και διαδικασία αξιολόγησης του εδάφους

Συστατικά του δείκτη κινδύνου εδάφους	Διαδικασία αξιολόγησης
Ιδιότητες απόκρισης του εδάφους (χαρακτηριστικά του εδάφους που προσδιορίζουν την ευπάθεια)	Χαρακτηρισμός του εδάφους (ταξινόμηση ως προς την υποβάθμιση)
Εξωτερικοί παράγοντες υποβάθμισης (κλίμα, χρήση γης)	Αναγνώριση παραγόντων/κινδύνων (ποσοτικός προσδιορισμός επιπτώσεων)

Το επίπεδο κινδύνου στο οποίο το έδαφος εκτίθεται σε υποβάθμιση, αναφέρεται στο πλαίσιο της γενικής προσέγγισης της εκτίμησης κινδύνου, όπου ο κίνδυνος είναι ο «συνδυασμός της πιθανότητας ή της συχνότητας εμφάνισης ενός καθορισμένου κινδύνου και του μεγέθους των συνεπειών της εμφάνισης», όπως ορίζεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 1999).

Σε αυτό το πλαίσιο ο Δείκτης Απειλής του Εδάφους μπορεί να θεωρηθεί ως η πιθανότητα και το μέγεθος της υποβάθμισης. Το μέγεθος της υποβάθμισης μπορεί να προσδιοριστεί από το επίπεδο ευπάθειας και τη δύναμη των επιπτώσεων. Η πιθανότητα εμφάνισης του αρνητικού αντίκτυπου μπορεί να προσδιοριστεί και με χρονική προοπτική.

Συνεπώς, ο δείκτης απειλής εδάφους αντανακλά το μέγεθος της υποβάθμισης, τον αριθμό και τη διάρκεια της εμφάνισης της υποβάθμισης με την πάροδο του χρόνου.

Το μέγεθος της υποβάθμισης εξαρτάται από την ευπάθεια. Το θέμα ευπάθειας είναι εγγενές χαρακτηριστικό του εδάφους που μπορεί να τροποποιηθεί από εξωτερικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της διάβρωσης, η ευπάθεια χαρακτηρίζεται από την διαβρωσιμότητα του εδάφους και εξαρτάται από την κάλυψη του εδάφους και την κλίση. Το κλίμα και η μεταχείριση της γης ως εξωτερικοί παράγοντες συμβάλλουν στην υποβάθμιση του εδάφους.

Ο δείκτης απειλής διάβρωσης (STI) είναι ανάλογος προς τις ιδιότητες απόκρισης του εδάφους και τους εξωτερικούς παράγοντες. Σε περίπτωση που λείπει οποιοδήποτε από τα δύο στοιχεία, δεν υπάρχει απειλή διάβρωσης. Ακόμα και το πιο ευαίσθητο έδαφος δεν θα έχει απειλή διάβρωσης αν δεν υπάρχει εξωτερική υποβάθμιση, π.χ λόγω επίδρασης από το νερό. Από την άλλη πλευρά, μια ισχυρή επίδραση δεν οδηγεί αναγκαστικά σε διάβρωση, αν το έδαφος είναι ανθεκτικό. Ωστόσο, ο συνδυασμός μεμονωμένων εξωτερικών παραγόντων

(διαχείριση εδάφους, βροχόπτωση) στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα αρκετά ισχυρό ώστε να φτάσει σε διάβρωση.

5. Τεχνικές προσδιορισμού της ποιότητας του εδάφους

5.1. Ορισμός της ποιότητας του εδάφους

Η ποιότητα του εδάφους ορίζεται ως «Η ικανότητα ενός συγκεκριμένου είδους εδάφους να λειτουργήσει». Γενικά, μετρώντας ελάχιστα δεδομένα εδαφών αξιολογείται η ικανότητα του εδάφους να εκτελέσει τις βασικές λειτουργίες του, όπως η διατήρηση της παραγωγικότητάς του, η διηθητικότητα του νερού και η αποθήκευση και ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών. Όταν υπολογίζουμε την ποιότητα του εδάφους, είναι σημαντικό να εκτιμήσουμε τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του. Στις φυσικές ιδιότητες περιλαμβάνεται η φαινομενική πυκνότητα, η περιεκτικότητα του νερού, ο ρυθμός διήθησης του νερού, η συνολική σταθερότητα και οι μορφολογικές μετρήσεις. Οι βιολογικές ιδιότητες περιλαμβάνουν την αναπνοή του εδάφους και τους γαιοσκώληκες. Οι χημικές ιδιότητες περιλαμβάνουν το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα επίπεδα των νιτρικών ιόντων του εδάφους. Τα χημικά τεστ είναι χρήσιμα για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού, την αποστράγγιση του νερού και άλλες ιδιότητες του νερού που σχετίζονται με τις γεωργικές δραστηριότητες.

Τα πειράματα καλλιέργειας φυτών για την αξιολόγηση του εδάφους είναι σχεδιασμένα σαν εργαλεία διαλογής για να προσφέρουν άμεσα αποτελέσματα για τα συστήματα διαχείρισης, καταγράφοντας τις αλλαγές στην ποιότητα του εδάφους με το πέρασμα του χρόνου και για την διάγνωση πιθανών προβλημάτων υγείας του εδάφους εξαιτίας της χρήσης και διαχείρισης της γης.

5.2 : Μέθοδοι εκτίμησης ποιότητας του εδάφους

Μια ποικιλία μεθόδων ή προσεγγίσεων χρησιμοποιείται σήμερα για τη μέτρηση και την αξιολόγηση του εδάφους. Οι μέθοδοι που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι οι εξής:

1. Κάρτα υγείας εδάφους
2. Δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους
3. Εργαστηριακή ανάλυση

5.2.1 : Κάρτα υγείας εδάφους

Η **κάρτα υγείας του εδάφους (Soil Health Card (SHC))** είναι μια εκτυπωμένη κάρτα αναφοράς, που υποδεικνύει την κατάσταση του εδάφους με 10-12 παραμέτρους (Soil Health Card (SHC), 20 August 2015). Συνοδεύεται επίσης από διάφορες συμβουλές για την καλύτερη διαχείριση κάποιων λειτουργιών του εδάφους. Η **κάρτα υγείας του εδάφους** είναι λεπτομερής αναφορά για την κατάσταση της γονιμότητας του εδάφους και άλλες σημαντικές παραμέτρους του εδάφους που επηρεάζουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Στην κάρτα υγείας γίνεται πλήρης αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους από τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά, το περιεχόμενο σε νερό και θρεπτικά συστατικά και άλλες βιολογικές ιδιότητες. Περιλαμβάνει επίσης διορθωτικά μέτρα που θα πρέπει να λάβει ο γεωργός για να επιτύχει καλύτερη απόδοση. Η κάρτα υγείας του εδάφους θα βοηθήσει τους αγρότες να αποκτήσουν μια ιδέα σχετικά με συστάσεις θρεπτικών στοιχείων και λιπασμάτων που απαιτούνται σε κάθε τύπο εδάφους. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών τους.

Η κάρτα αξιολόγησης είναι ένα ποιοτικό εργαλείο σχεδιασμένο ακόμα και για τους αγρότες (Soil Health Card (SHC), 20 August 2015). Οι δείκτες όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αφθονία των γαιοσκωλήκων ή διηθητικότητα του νερού, μπορεί να αξιολογηθούν χωρίς την βοήθεια τεχνικού ή εργαστηριακού εξοπλισμού. Όλες οι κάρτες έχουν ένα σύστημα βαθμολόγησης, το οποίο συνήθως αξιολογείται με αριθμητική κλίμακα από το 1 έως το 10. Οι κάρτες υγείας ενσωματώνουν φυσικές, βιολογικές και χημικές ιδιότητες όπου μπορούν να εκτιμηθούν χωρίς ειδικό εξοπλισμό. Οι κάρτες υγείας εδάφους είναι φιλικές προς τον παραγωγό, γρήγορες και απαιτούν μόνο βασικά εργαλεία και τα αποτελέσματα λαμβάνονται αμέσως, επιτρέποντας στον χρήστη να αξιολογήσει γρήγορα πολλά πεδία. Στην κάρτα υγείας υπάρχουν οδηγίες χρήσεως όπου διευκολύνουν την διεκπεραίωση των μεθόδων για αυτό τον λόγο μπορούν οι παραγωγοί με εκπαίδευση να αξιολογούν μόνοι τους κάποιες διαδικασίες. Επίσης καταγράφονται πληροφορίες και με άλλα σημαντικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των πρακτικών διαχείρισης, τα ποσοστά των λιπασμάτων, τη διαχείριση των παρασίτων, εφαρμογή κοπριάς, κλπ. Η ποιότητα εδάφους ερμηνεύεται καλύτερα με την ύπαρξη του ίδιου ατόμου να αξιολογεί το πεδίο κάτω από περίπου τις ίδιες συνθήκες κάθε φορά.

5.2.2. Δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους

Η συμπλήρωση ενός σύνολο μετρήσεων στο έδαφος με κιτ δοκιμής ποιότητας μπορεί να διαρκέσει μέχρι έξι ώρες. Τα αποτελέσματα μπορούν να προσδιοριστούν αμέσως μετά διεξαγωγή των δοκιμών. Το κιτ μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με μικρή εμπειρία. Έτσι, μπορεί κατόπιν εκπαίδευσης να εφαρμοστεί από παραγωγούς. Για να μειωθεί το σφάλμα, οι χρήστες για πρώτη φορά θα πρέπει να εξασκούνται από άλλους χρήστες που έχουν περισσότερη εμπειρία. Κατευθυντήριες γραμμές για τον αριθμό των δειγμάτων και λεπτομερή βήματα για τη συλλογή δεδομένων και επεξεργασίας αναφέρονται στον οδηγό Kit - όπως θα αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 7 - και θα πρέπει να ακολουθείται προσεκτικά. Η δειγματοληψία θα πρέπει να διενεργείται σε παρόμοιες περιόδους του έτους.

5.2.3: Εργαστηριακή Ανάλυση

Τα εδαφολογικά εργαστήρια αναλύουν πολλές ιδιότητες του εδάφους που είναι χρήσιμα για την αξιολόγηση της ποιότητας του. Ενώ μερικές από αυτές τις δοκιμές μπορούν επίσης να είναι το ίδιο αξιόλογες με το κιτ δοκιμής ποιότητας εδάφους, οι παραγωγοί μπορεί να μην έχουν το χρόνο να πραγματοποιήσουν τα κιτ ή μπορεί να προτιμούν να αποκτήσουν τα αποτελέσματα από διαπιστευμένο εργαστήριο. Αν και ο χρόνος δειγματοληψίας είναι μικρότερος όταν γίνεται εργαστηριακός έλεγχος και τα αποτελέσματα διεκπεραιώνονται από τρεις ημέρες έως δύο εβδομάδες. Η κάρτα υγείας και τα αποτελέσματα του Kit μπορούν να καθοριστούν την ίδια ημέρα που λαμβάνει χώρα η δειγματοληψία. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα μιας εργαστηριακής ανάλυσης είναι ότι τα αποτελέσματα έχουν ληφθεί με ποιοτικό έλεγχο και είναι αξιόπιστα. Οι πιο συνηθισμένες δοκιμές που εκτελούνται από τα εδαφολογικά εργαστήρια είναι οι χημικές ιδιότητες, τα μικροθρεπτικά συστατικά και μακροθρεπτικά συστατικά. Οι χημικές δοκιμές περιλαμβάνουν pH, EC, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα. Τα μακροθρεπτικά συστατικά και τα μικροθρεπτικά συστατικά περιλαμβάνουν φώσφορο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, μαγγάνιο, ψευδάργυρο και χαλκό.

Τα εργαστήρια εξετάζουν και στοιχεία, όπως το αργίλιο και το βόριο, την οργανική ουσία του εδάφους, τον συνολικό οργανικό άνθρακα και το ολικό άζωτο του εδάφους. Ορισμένοι θα πραγματοποιήσουν επίσης φυσικές ιδιότητες όπως η φαινόμενη πυκνότητα και η υδατοικανότητα ή η υγρασία του

εδάφους. Τα εργαστήρια διαφέρουν στις διαδικασίες τους για ορισμένες δοκιμές. Ορισμένα εξειδικευμένα εργαστήρια κάνουν πολύ συγκεκριμένες δοκιμές για βιολογικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων της μικροβιακής αναπνοής και δραστηριότητας ή άμεσες απαριθμήσεις βακτηριδίων, μυκήτων, πρωτόζωων, και νηματωδών. Μερικά εργαστήρια επίσης προσδιορίζουν τα αρθρόποδα και την πανίδα του εδάφους. Γενικά, τα τοπικά εργαστήρια έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σχετικά με τον αριθμό των δειγμάτων και την προετοιμασία του δείγματος. Δείγματα για βιολογική ανάλυση γενικά πρέπει να ψύχεται και να αποστέλλεται προς ανάλυση εντός 24 ωρών.

6. Κάρτα υγείας εδάφους για τα Ελληνικά δεδομένα

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για την κάρτα υγείας εδάφους προτείνεται μία κάρτα αναφοράς με παράγοντες που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη για την ποιότητα του εδάφους. Οι παράγοντες που έλαβαν μέρος στην ελληνική κάρτα υγείας εδάφους (HSHC) είναι η κλάση κοκκομετρίας, η διηθητικότητα του εδάφους, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η δομή του εδάφους, η παρουσία γαιοσκωλήκων, η οργανική ουσία, η αποστράγγιση του νερού και η κλίση εδάφους.

Ο πίνακας 2 είναι ένα **υπόδειγμα** μίας προτεινόμενης κάρτας υγείας εδάφους. (Κοσμάς, κ.ά., 1996; Μπαρούχας, 2004)

Πίνακας 2. Ελληνική κάρτα υγείας εδάφους (HSHC)

Δείκτης	Βαθμολογία			ΧΑΜΗΛΗ [2]	ΜΕΤΡΙΑ [6]	ΥΨΗΛΗ [10]
Κλάση κοκκομετρίας	2	6	10	Αμμώδη (S → αμμώδη, LS → πηλοαμμώδη)	Πηλώδη (SL → αμμοπηλώδης, L → πηλώδης, SiL → ιλυοπηλώδης, Si → ιλυώδης, SCL → αμμοαργιλοπηλώδης, CL → αργιλοπηλώδης, SiCL → ιλυοαργιλοπηλώδης)	Αργιλώδη (C → αργιλώδης, SC → αμμοαργιλώδης, SiC → ιλυοαργιλώδης)
Διηθητικότητα	2	6	10	<2cm/h	<5cm/h	2-5 cm/h

ητα εδάφους						
ρΗ εδάφους	2	6	10	PH < 5 ή pH > 8.5	PH < 6 ή pH > 7.5	PH 6.0-7.5
Αλατότητα - EC _e	2	6	10	EC _e > 3 dS/m	EC _e > 1 και < 3 dS/m	EC _e < 1 dS/m
Δομή του εδάφους / όργανομα (0-30εκ.)	2	6	10	Κρούστα μετά την βροχή Δύσκολο να εργαστείς Μεγάλες πέτρες	Μικρή κρούστα Μερική κοκκώδη δομή	Κυρίως κοκκώδη δομή χωρίς κρούστα
Παρουσία γαιοσκωλή κων	2	6	10	0-1 γαιοσκώληκες στα 30εκ. του εδάφους Δεν υπάρχουν τρύπες	5 γαιοσκώληκες στα 30εκ. εδάφους Λίγες τρύπες	10 γαιοσκώληκες στα 30εκ. εδάφους Πολλές τρύπες
Οργανική Ουσία	2	6	10	< 2%	2-4%	> 4%
Αποστράγγ ιση νερού	2	6	10	Το νερό δεν αποστραγγίζεται μετά από τα 10 εκατοστά εδάφους σε 15 λεπτά	Το νερό αποστραγγίζεται αλλά λιγότερο από 10 εκατοστά εδάφους σε 15 λεπτά	Το νερό αποστραγγίζεται γρήγορα και περισσότερο από 10 εκατοστά εδάφους σε 15 λεπτά
Σταθερότη τα συσσωμα ωμάτων	2	6	10	Το έδαφος θρυμματίζεται εύκολα με τα δάκτυλα	Το έδαφος διαχωρίζεται με κάποια δυσκολία με τα δάκτυλα	Το έδαφος είναι σκληρό και πολύ δύσκολο να σπάσει με τα δάκτυλα
Κλίση εδάφους	2	6	10	12-18% ισχυρά κεκλιμένη 18-<35 % απότομη	6-12% μετρίως κεκλιμένη	0-2% σχεδόν επίπεδη 2-6% ελαφρά κεκλιμένη

Στον πίνακα 3 απεικονίζεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της ποιότητας εδάφους με εφαρμογή στην κάρτα υγείας εδάφους με τυχαία βαθμολόγηση των παραμέτρων. Ο συντελεστής βαρύτητας των παραμέτρων καθορίστηκε

αυθαίρετα με βάση τους παράγοντες που θεωρήθηκαν σημαντικότεροι για την ποιότητα του εδάφους.

Πίνακας 3. Παράδειγμα υπολογισμού της ποιότητας του εδάφους

Δείκτης	Περιγραφή Δείκτη	Συντελεστής βαρύτητας (ΣΒ)	Βαθμολογία (Β)	ΣΒ*Β	Δείκτης Ποιότητας %
A	Κλάση κοκκομετρίας	0,35	10	3,5	29,4
B	Διηθητικότητα εδάφους	0,10	10	1	8,4
Γ	pH εδάφους	0,15	10	1,5	12,6
Δ	Αλατότητα - E _{Ce}	0,15	10	1,5	12,6
E	Δομή του εδάφους / όργωμα (0-30εκ.)	0,05	10	0,5	4,2
Z	Παρουσία γαιοσκωλήκων	0,03	10	0,3	2,52
H	Οργανική Ουσία	0,075	10	0,75	6,3
Θ	Αποστράγγιση νερού	0,035	2	0,07	0,588
I	Σταθερότητα συσσωματωμάτων	0,025	2	0,05	0,42
K	Κλίση εδάφους	0,035	10	0,35	2,94
				SQI	79,97%
				SQC	A

Ύστερα κατηγοριοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της % ποιότητας εδάφους όπου προκύπτει από τον υπολογισμό της ποιότητας του εδάφους ώστε να μπορεί εύκολα να αναφέρεται το έδαφος σε μια συγκεκριμένη κλάση ποιότητας (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Κλάσεις ποιότητας εδάφους

SOIL QUALITY CLASS (SQC)	SQI
ΚΛΑΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	%
A+++	91%-100%
A++	85%-90%
A+	80%-84%
A	70%-79%
B	60%-78%
C	50%-59%
D	40%-58%
E	0%-39%

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται προτάσεις βελτίωσης ποιότητας του εδάφους ανάλογα με το πρόβλημα που αντιμετωπίζει κάθε έδαφος (USDA-NRCS, 2001).

Πίνακας 5. Προβλήματα και προτάσεις βελτίωσης εδάφους

Πρόβλημα/Δείκτες	Πιθανή αιτία χαμηλής τιμής	Προτάσεις βελτίωσης
<p>Πρόβλημα: Συμπίεση</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Πυκνότητα Διείσδυση/αντίσταση Αραιότητα της ύλης Σχέδια ανάπτυξης της ρίζας</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εργασία σε υγρό έδαφος 2. Μεγάλη κινητικότητα στο χωράφι 3. Βαριά μηχανήματα 4. Επαναλαμβανόμενη καλλιέργεια στο ίδιο βάθος 5. Υπερβολική κυκλοφορία ζώων 6. Κακή συσσωμάτωση 7. Χαμηλή οργανική ύλη 	<ul style="list-style-type: none"> • Αποφύγετε να δουλεύετε σε υγρό έδαφος • Μειώστε τις εργασίες οργώματος • Χρησιμοποιήστε ελεγχόμενα μοτίβα κυκλοφορίας • Αποφύγετε τη χρήση βαριών μηχανημάτων • Αλλάξτε το βάθος καλλιέργειας • Προσθέστε οργανικά κατάλοιπα • Διαφοροποιήστε το σύστημα συγκομιδής • Χρησιμοποιήστε εναλλαγές καλλιεργειών • Προσθέστε ζωικές κοπριές • Χρησιμοποιήστε μη συμπίεσμένη καλλιέργεια (π.χ. φτερό αρότρου)
<p>Πρόβλημα: Ασθένεια καλλιέργειας</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Συμπιεσμένοι εδαφικοί ορίζοντες 2. Κορεσμένο έδαφος 3. Προβλήματα 	<ul style="list-style-type: none"> • Εδαφολογικός έλεγχος- σωστά επίπεδα θρεπτικών ουσιών και pH

<p>Δείκτες προς έλεγχο: Φυτοπροστασία Σειρά καλλιέργειας Απόδοση παραγωγής</p>	<p>παθογόνου εδάφους</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών ή έλλειψη ισορροπίας 5. Χαμηλή οργανική ύλη 6. Μονοκαλλιέργεια 7. Χαμηλή βιοποικιλότητα του εδάφους 	<ul style="list-style-type: none"> • Ελέγξτε για παθογόνους παράγοντες / παράσιτα • Μειώστε τη συμπίεση μετά τη συγκομιδή • Βελτιώστε την αποστράγγιση • Αυξήστε τα οργανικά υπολείμματα • Χρησιμοποιήστε ζωική κοπριά • Προσθέστε επιφανειακή κάλυψη • Χρησιμοποιήστε εναλλαγή των καλλιεργειών • Διαφοροποιήστε το σύστημα συγκομιδής
<p>Πρόβλημα: Κρούστα</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Συνολική σταθερότητα</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περίσσεια νατρίου 2. Χαμηλή οργανική ύλη 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση οργανικών υπολειμμάτων • Μειώστε το βάθος καλλιέργειας • Χρησιμοποιήστε ζωική κοπριά • Προσθέστε επιφανειακή κάλυψη • Για πρόβλημα νατρίου - εφαρμόστε γύψο και ξεπλύνετε με νερό άρδευσης
<p>Πρόβλημα: Απορροή</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Ποσοστό διείσδυσης</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βαρύ όργωμα 2. Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας 3. Κακή δομή του εδάφους 	<ul style="list-style-type: none"> • Προσθέστε σύστημα αποστράγγισης • Σπάσιμο του σκληρού υπεδάφους με βαθιά άροση
<p>Πρόβλημα:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Χαμηλή οργανική ύλη 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση οργανικών

<p>Η ζωή του εδάφους</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Γαιοσκώληκες Αναπνοή εδάφους Μικροβιακή βιομάζα Παγίδες</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Υπερβολικά φυτοφάρμακα ή λιπάσματα 3. Υπερβολική καλλιέργεια 4. Κακός αερισμός 	<p>υπολειμμάτων</p> <ul style="list-style-type: none"> • Χρησιμοποιήστε άροση συντήρησης • Χρησιμοποιήστε εναλλαγές καλλιεργειών • Προσθέστε επιφανειακή κάλυψη
<p>Πρόβλημα: Αλμυρότητα</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Ηλεκτρική αγωγιμότητα Παρατηρήστε εάν υπάρχει λευκή κρούστα</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Αλατούχο έδαφος 2. Αλατούχο νερό / πηγάδι άρδευσης 3. Μικρές λίμνες νερού 4. Κακή αποστράγγιση 5. Υπερβολική εξάτμιση 	<ul style="list-style-type: none"> • Διηθείστε τα πλεονάζοντα άλατα • Καλλιέργειες με βαθιά ριζωμένα φυτά • Αυξήστε τις καλλιέργειες που είναι ανθεκτικές στο άλας • Αύξηση φυτοκάλυψης • Διαχείριση νερού άρδευσης • Βελτιώστε την αποστράγγιση
<p>Πρόβλημα: Διάβρωση</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Παρατηρήστε ποταμάκια, ρωγμές Υδατικό βάθος Συνολική σταθερότητα</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Έλλειψη κάλυψης και οργανικών υπολειμμάτων 2. Χαμηλή οργανική ύλη 3. Κακή συγκέντρωση 4. Συμπιεσμένο έδαφος 5. Οι πρακτικές επεξεργασίας του εδάφους δίνουν κλίση 6. Υπερβολικό όργωμα 7. Εντατική εναλλαγή καλλιεργειών 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφοροποιήστε τις εναλλαγές καλλιεργειών και αμειψισποράς • Μειώστε το όργωμα • Χρησιμοποιήστε ζωική κοπριά • Αύξηση υπολειμμάτων επιφάνειας ή τραχύτητας • Διόρθωση της κλίσης του εδάφους • Καλλιέργειες φυτικών λωρίδων

		<ul style="list-style-type: none"> • Αερισμός
<p>Πρόβλημα: Διήθηση</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Ποσοστό διείσδυσης Συνολική σταθερότητα Δομή του εδάφους</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Συμπύεση 2. Επιφανειακή κρούστα 3. Βαρύ όργωμα 4. Κακή δομή / συσσωμάτωση εδάφους 5. Περίσσεια νατρίου 	<ul style="list-style-type: none"> • Προσθήκη οργανικών υπολειμμάτων • Προσθέστε ζωική κοπριά • Χρησιμοποιήστε καλλιέργειες κάλυψης • Διαφοροποιήστε την εναλλαγή καλλιεργειών • Για το πρόβλημα του νατρίου, εφαρμόστε γύψο και ξεπλύνετε με νερό άρδευσης • Χρησιμοποιήστε καλλιέργεια που διατηρεί τη δομή του εδάφους
<p>Πρόβλημα: Οργανική ύλη</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Οργανικός άνθρακας Ποσοστό υπολειμμάτων</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Υπερβολικό όργωμα 2. Πάρα πολύ αγρανάπαυση 3. Ανεπαρκείς προσθήκες υπολειμμάτων καλλιεργειών 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφοροποιήστε ή αυξήστε τις εναλλαγές των καλλιεργειών • Προσθέστε ζωική κοπριά • Χρησιμοποιήστε καλλιέργειες κάλυψης • Χρησιμοποιήστε καλλιέργειες υψηλών υπολειμμάτων • Μειώστε το όργωμα
<p>Πρόβλημα pH του εδάφους</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων 2. Δεν υπάρχει ασβέστιο 3. Κακή αποστράγγιση 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχος εδάφους και διόρθωση του pH • Προσθέστε ασβέστιο για χαμηλό pH • Βελτιώστε την αποστράγγιση
<p>Πρόβλημα:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Απορροή 	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμόστε γύψο και

<p>Νάτριο</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Δομή του εδάφους pH του εδάφους</p>	<p>2. Νερό άρδευσης με χαμηλά επίπεδα ασβεστίου</p> <p>3. Κακή αποστράγγιση</p>	<p>ξεπλύνετε με νερό άρδευσης</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διαχείριση νερού άρδευσης • Βελτίωση της ποιότητας του νερού άρδευσης • Βελτιώστε την αποστράγγιση
<p>Πρόβλημα: Σταθερότητα εδάφους</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Συνολική σταθερότητα Δοκιμή κοπής Δείκτης δομής</p>	<p>1. Χαμηλή οργανική ύλη</p> <p>2. Υπερβολικό όργωμα</p> <p>3. Συμπύεση</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση οργανικών υπολειμμάτων • Χρησιμοποιήστε φυτοκάλυψη • Προσθέστε ζωική κοπριά • Μειώστε τον αριθμό των περασμάτων οργώματος • Αποφύγετε την καλλιέργεια της γης όταν είναι βρεγμένη
<p>Πρόβλημα: Γονιμότητα του εδάφους</p> <p>Δείκτες προς έλεγχο: Οργανικός άνθρακας pH του εδάφους Δοκιμή γονιμότητας εδάφους</p>	<p>1. Ανισορροπίες θρεπτικών ουσιών (ελλείψεις ή υπερβολές)</p> <p>2. Κακή αποστράγγιση</p> <p>3. Κακή ή περιορισμένη μικροβιακή δραστηριότητα στο έδαφος</p> <p>4. Λανθασμένο pH</p> <p>5. Χαμηλή οργανική ύλη</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δοκιμή εδάφους - σωστά επίπεδα θρεπτικών ουσιών και pH • Αυξήστε τα οργανικά κατάλοιπα • Χρησιμοποιήστε ζωική κοπριά • Χρησιμοποιήστε καλλιέργειες κάλυψης και εναλλαγή καλλιεργειών • Μειώστε το όργωμα
<p>Πρόβλημα: Διαθέσιμο νερό-χωρητικότητα συγκράτησης</p>	<p>1. Συμπύεση</p> <p>2. Χαμηλή οργανική ύλη</p> <p>3. Υπερβολική αποστράγγιση</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Μειώστε τη συμπύεση • Αύξηση οργανικών υπολειμμάτων • Προσθέστε ζωική

<p>Δείκτες προς έλεγχο: Οργανικός άνθρακας Περιεκτικότητα σε νερό Αραιότητα της ύλης</p>	<p>4. Μικρά συσσωματώματα 5. Χαμηλή βιολογική δραστηριότητα</p>	<p>κοπριά</p> <ul style="list-style-type: none"> • Χρησιμοποιήστε καλλιέργειες κάλυψης • Βελτίωση των συνθηκών για τους γαιοσκώληκες / τη ζωή του εδάφους • Αποφύγετε την επεξεργασία του εδάφους όταν το έδαφος είναι βρεγμένο
--	--	--

7. : Δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους

7.1. Τεστ φαινόμενης πυκνότητας

Φαινόμενη πυκνότητα (ΦΠ) ορίζεται η αναλογία του ξηρού εδάφους ανά μονάδα όγκου στον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος των εδαφικών τεμαχιδίων και ο όγκος των πόρων ανάμεσα στα εδαφικά τεμαχίδια. Η μέση πυκνότητα των εδαφικών τεμαχιδίων υπολογίζεται σε ένα εύρος από 2,5 έως 2,8 g/cm³, ενώ για τα οργανικά υλικά 1,09 g/cm³. Η ΦΠ είναι μία ιδιότητα που μεταβάλλεται ανάλογα με τη δομή του εδάφους. Η δομή μπορεί να αλλάξει ανάλογα με την καλλιέργεια, την βόσκηση των ζώων, τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται καθώς και το κλίμα μιας περιοχής. Εδαφικοί ορίζοντες που έχουν συμπιεστεί εμφανίζουν υψηλές τιμές ΦΠ με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση της κίνησης του αέρα και του νερού μέσα στο έδαφος. Η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης συμπίεσης και δείκτης για τον περιορισμό στην ανάπτυξη της ρίζας. Η ΦΠ λαμβάνει κατά μέσο όρο τιμές από 1,0 έως 1,7 g/cm³ και γενικά στα εδάφη αυξάνει με το βάθος (Arshad et al., 1996).

Το τεστ γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε συμπαγή ζώνη. Η πυκνότητα μετρείται κοντά στο τεστ διήθησης, για να υπάρχουν αντιπροσωπευτικές μετρήσεις της περιοχής καθώς μπορούν να παρθούν επιπλέον δείγματα.

Μεθοδολογία μέτρησης Φ.Π. (Soil Quality Institute, July 2001)

- Υλικά που χρειάζονται για την μέτρηση:
 1. Δακτύλιος διαμέτρου 7 εκατοστών
 2. Σφυρί
 3. Μαχαίρι με πλατιά λεπίδα
 4. Αεροστεγείς σακούλες και μαρκαδόρος
 5. Ζυγαριά
 6. Χάρτινα ποτήρια
 7. Μεταλλική ράβδος 45 εκατοστών
 8. Πρόσβαση σε φούρνο μικροκυμάτων (πυριαντήριο)



- Μέθοδος μέτρησης
 1. Τοποθετούμε τον δακτύλιο στο έδαφος χρησιμοποιώντας το σφυρί σε βάθος 7 εκατοστών.



- ✓ Σημείωση: Χρησιμοποιούμε μεταλλική ράβδο για να εξεταστεί το έδαφος για το βάθος σε μία συμπιεσμένη ζώνη . Εάν βρεθεί κάποια τέτοια ζώνη σκάβουμε ως το πάνω μέρος αυτής της ζώνης για να δημιουργηθεί μία επίπεδη επιφάνεια.



2. Στη συνέχεια γίνεται αφαίρεση του δακτυλίου 7 εκατοστών. Σκάβουμε γύρω από το δακτύλιο και με το μυστρί από κάτω σηκώνουμε προσεκτικά το έδαφος.



3. Αφαιρείται το περιττό χώμα με το μαχαίρι. Το κάτω μέρος του δείγματος πρέπει να είναι επίπεδο.



4. Χρησιμοποιώντας μαχαίρι τοποθετούμε το δείγμα σε αεροστεγή πλαστική σακούλα και σφραγίζουμε.
5. Ζυγίζουμε το δείγμα με την σακούλα και ύστερα ζυγίζουμε την σακούλα ξεχωριστά. Καταγράφουμε τα βάρη.
6. Στη συνέχεια γίνεται απόσπαση του υποδείγματος για να καθοριστεί το ποσοστό της υγρασίας και το βάρος του ξηρού δείγματος. Ανακατεύουμε καλά το δείγμα στη σακούλα και χωρίζουμε σε 8 ίσα μέρη την σακούλα και παίρνουμε το 1/8 από το δείγμα εδάφους (υπόδειγμα) από την πλαστική σακούλα και το τοποθετούμε σε μία χάρτινη σακούλα.

7. Ζυγίζουμε το υπόδειγμα στην χάρτινη σακούλα και καταγράφουμε το βάρος. Ζυγίζουμε μία άδεια χάρτινη σακούλα για να υπολογιστεί το βάρος της και το καταγράφουμε.
8. Τέλος, βάζουμε την χάρτινη σακούλα που περιέχει το υπόδειγμα στον φούρνο και το ξηραίνουμε για 2-4 λεπτά. Μετά ανοίγουμε την πόρτα για 1 λεπτό για να γίνει εξαέρωση. Ζυγίζουμε το ξηρό υπόδειγμα μέσα στην χάρτινη σακούλα και το σημειώνουμε.

✓ Παράδειγμα προσδιορισμού Φ.Π.

1. Υπολογίζουμε τον όγκο του δείγματος : Όγκος = $3,14 \cdot \text{διαμ.δακ}^2 \cdot \text{ύψος δακτ.} / 4$
2. Υπολογίζουμε την μάζα του δείγματος (ακολουθείται η διαδικασία που περιγράψαμε)
3. Τέλος, αφού έχουμε συγκεντρώσει τα παραπάνω υπολογίζουμε την φαινόμενη πυκνότητα με την εξής διαίρεση : $\Phi.Π. = \text{μάζα} / \text{όγκο (g/cm}^3\text{)}$

Ο πίνακας 6 παρουσιάζει τη γενική σχέση της πυκνότητας του εδάφους με την ανάπτυξη της ρίζας με βάση την υφή του εδάφους (Arshad et al., 1996).

Πίνακας 6. Σχέση υφή εδάφους-Φ.Π.

Υφή εδάφους	Ιδανική Φαινόμενη Πυκνότητα (g/cm ³)	Φαινόμενη Πυκνότητα όπου μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των ριζών (g/cm ³)	Φαινόμενη Πυκνότητα όπου μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη των ριζών (g/cm ³)
Άμμος, αργιλοαμμώδη	<1,60	1.69	>1.80
Αμμοαργιλώδη, αργιλώδη	<1.40	1.63	>1.80
Αμμοαργιλωπηλώδη, αργιλώδη, πηλώδη	<1.40	1.60	>1.75
Ίλυώδη, ιλυοαμμοαργιλώδη	<1.30	1.60	>1.75

Αργιλώδη, ιλυοαργιλώδης	<1.40	1.55	>1.65
Αργιλοαμμώδη, ιλυοαργιλώδης, λίγο αμμοπηλώδης(3 5-45% άργιλο)	<1.10	1.49	>1.58
Άργιλος (>45% άργιλο)	<1.10	1.39	>1.47

Η φαινόμενη πυκνότητα μπορεί να χρησιμεύσει για τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας κατ' όγκο (g / cm^3) και το πορώδες του εδάφους ως ποσοστό επί τοις εκατό (%)

Εδαφική υγρασία κατ' όγκο (g / cm^3) = Εδαφική υγρασία κατά βάρος (g / g) \times ΦΠ (g / cm^3)

Πορώδες του εδάφους (%) = $1 - (\text{ΦΠ} \div 2,65)$.

7.2. Διήθητικότητα

Διήθηση είναι η διαδικασία κατά την οποία το νερό εισέρχεται στο έδαφος. Η ταχύτητα κατά την οποία εισέρχεται το νερό στο έδαφος ονομάζεται ταχύτητα διήθησης, η οποία εξαρτάται από το είδος του εδάφους, τη δομή και το περιεχόμενό του. Το αρχικό περιεχόμενο του νερού στο έδαφος τη στιγμή της μέτρησης επηρεάζει την ικανότητα του εδάφους να απορροφήσει περισσότερο νερό. Γι' αυτό η ταχύτητα διήθησης θα είναι ψηλότερη όταν το έδαφος είναι ξερό από όταν είναι υγρό. Αυτός ο παράγοντας είναι σημαντικός σχετικά με τη σύγκριση μετρήσεως διήθησης διαφορετικών εδαφών. Τα εδάφη πρέπει να περιέχουν την ίδια υγρασία όταν γίνονται οι μετρήσεις.

Η καλλιέργεια επηρεάζει την ταχύτητα διήθησης. Η καλλιέργεια μαλακώνει το έδαφος, όμως διασπά τη δομή του εδάφους δημιουργώντας το ενδεχόμενο συμπίεσης, επιφανειακής κρούστας και απώλεια των επιφανειακών πόρων. Τα συμπαγή εδάφη έχουν λιγότερους πόρους και έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερη ταχύτητα διήθησης. Τα εδάφη που τείνουν

να σχηματίσουν επιφανειακή κρούστα, η οποία σφραγίζει την επιφάνεια του εδάφους μπορεί να έχουν πολύ μικρότερη ταχύτητα διήθησης.

Αναλυτικότερα

Εφόσον η διήθηση επηρεάζεται από το αρχικό περιεχόμενο νερού κατά την διάρκεια της μέτρησης είναι σημαντικό το περιεχόμενο νερού στο έδαφος να είναι παρόμοιο όταν συγκρίνουμε τα ποσοστά διήθησης από διαφορετικές τοποθεσίες.

Το τεστ διήθησης απαιτεί δύο ύψη νερού, 2 και 5 εκατοστών, να εφαρμόζονται διαδοχικά. Η εφαρμογή του πρώτου εκατοστού νερού χρησιμοποιείται για να διαβραχεί το έδαφος και η δεύτερη για να γίνει η μέτρηση της διηθητικότητας. Αυτή η διαδικασία είναι μια προσπάθεια για να υπάρχουν σταθερές συνθήκες μέτρησης μεταξύ των εδαφών που έχουν διαφορές στην αρχική περιεκτικότητα σε νερό (εδαφική υγρασία).

Οι ταχύτητες διήθησης καθορίζονται καλύτερα όταν το έδαφος βρίσκεται ή είναι κοντά στην υδατοϊκανότητα, συνήθως 12-48 ώρες αφότου το έδαφος έχει κορεστεί με νερό.

Η ταχύτητα διήθησης μεταβάλλεται ανάλογα με τις επιφανειακές συνθήκες του εδάφους και υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές με τη χρήση του εδάφους τη διαχείριση και το χρόνο. Επηρεάζεται από την ανάπτυξη των ριζών, την παρουσία γαιοσκωλήκων, την ύπαρξη οπών, την πρόσμιξη του εδάφους, κλπ.

Η ταχύτητα διήθησης του νερού στο έδαφος είναι αυξημένη όταν υπάρχουν μεγάλοι πόροι ενώ μειώνεται όταν το μέγεθος των πόρων είναι μικρό λόγω κακής δομής ή λόγω συσσώρευσης αργίλου.

Η κλάση κοκκομετρίας ή η σχετική αναλογία άμμου, ιλύος και αργίλου επηρεάζουν την ταχύτητα κίνησης του νερού στο έδαφος. Μεγαλύτερη ταχύτητα διήθησης εμφανίζουν τα αμμώδη εδάφη.

Μέθοδος μέτρησης διηθητικότητας (Soil Quality Institute, July 2001)

- Υλικά που απαιτούνται για τη μέτρηση :

1. Δακτύλιος διαμέτρου 15 εκατοστών

2. πλαστικό φιλμ
3. 1000 ml βαθμονομημένη πλαστική φιάλη
4. απεσταγμένο νερό
5. χρονόμετρο



- ✓ Σημείωση: Εάν το έδαφος είναι κορεσμένο, δεν θα συμβεί διείσδυση για αυτό περιμένουμε μια ή δύο ημέρες για να στεγνώσει. Εάν το έδαφος είναι ξηρό τότε πρέπει να κάνουμε διαβροχή του εδάφους γιατί η διήθηση που θα συμβεί δεν θα είναι αντιπροσωπευτική. Επίσης, πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η περιοχή δειγματοληψίας είναι απαλλαγμένη από υπολείμματα και ζιζάνια και ότι η βλάστηση είναι κομμένη στην επιφάνεια του εδάφους πριν τοποθετήσετε το δακτύλιο.

- Μέθοδος μέτρησης

1. Τοποθετούμε τον δακτύλιο διαμέτρου 15 εκ. στο έδαφος σε βάθος 7 εκατοστών, χρησιμοποιώντας τον αντίχειρα συμπιέζουμε τον δακτύλιο στο έδαφος και ύστερα απαλά με τα δάκτυλα πιέζουμε την άκρη του εδάφους εσωτερικά της επιφάνειας του δακτυλίου για να ελαχιστοποιήσουμε την επιπλέον διήθηση.



2. Τοποθετούμε ένα φύλλο πλαστικού περιτυλίγματος μέσα στο δακτύλιο για να καλύψει πλήρως το χώμα (αυτή η διαδικασία αποτρέπει τη διατάραξη της επιφάνειας του εδάφους κατά την προσθήκη νερού).



3. Γεμίζουμε την πλαστική φιάλη με 875 ml με απεσταγμένο νερό. Ρίχνουμε τα 875 ml νερού στον δακτύλιο που είναι επενδυμένα με πλαστικό περιτύλιγμα.



4. Αφαιρούμε το πλαστικό περιτύλιγμα απαλά τραβώντας το ,αφήνοντας το νερό στο δακτύλιο. Καταγράφουμε το χρόνο που χρειάζεται για να γίνει η διείσδυση του νερού στο χώμα. Σταματάμε την χρονομέτρηση όταν η επιφάνεια είναι λαμπερή. Εάν η επιφάνεια του εδάφους είναι άνιση μέσα στο δακτύλιο μετράμε το χρόνο μέχρι να γυαλίσει η μισή επιφάνεια. Σημειώνουμε το χρόνο σε λεπτά .





5. Στον ίδιο δακτύλιο επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2,3,4 . Καταγράφουμε τον αριθμό των λεπτών της δεύτερης μέτρησης.

Στον πίνακα 7 κατηγοριοποιείται η διηθητικότητα ανάλογα με την ταχύτητα διήθησης.

Πίνακας 7. Κατηγορίες διήθησης (Hillel, 1982)

Ταχύτητα διήθησης (εκατοστά ανά ώρα)	Διηθητικότητα
>50,8	Πολύ γρήγορη
15,24-50,8	Γρήγορη
5,08-15,24	Μέτρια γρήγορη
1,52-5,08	Μέτρια
0,508-1,52	Μετρίως αργή
0,152-0,508	Αργή
0.00381-0,152	Πολύ αργή
< 0.00381	Αδύνατη

Ο πίνακας 8 δείχνει τη βασική διηθητικότητα του εδάφους για κάθε κλάση κοκκομετρίας (Hillel, 1982)

Πίνακας 8. Τύπος εδάφους-Ποσοστό διήθησης

ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΗΘΗΣΗΣ (mm/ώρα)
Άμμος	>20
Αμμοπηλώδης	10-20
Πηλώδης	5-10
Αργιλώδης	10-5

7.3. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα υποδηλώνει το ποσό των αλάτων που υπάρχουν στο έδαφος. Όλα τα εδάφη περιέχουν άλατα τα οποία είναι σημαντικά για την ανάπτυξη του φυτού. Όμως τα υπερβολικά άλατα θα εμποδίσουν την ανάπτυξη του φυτού, επηρεάζοντας την ισορροπία εδάφους-νερού. Τα εδάφη που επηρεάζονται από άλατα βρίσκονται στις δυτικές ξηρές και ημίξηρες περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι χαμηλή επιτρέποντας στα άλατα να συσσωρευθούν στο έδαφος. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ανιχνεύει το ποσό των κατιόντων και ανιόντων στο διάλυμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσό ανιόντων και κατιόντων τόσο μεγαλύτερη είναι η ένδειξη ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Τα ιόντα που γενικά σχετίζονται με την αλμυρότητα είναι Ca, Mg, K, Na, H (κατιόντα) και NO₃, SO₄, Cl, OH (ανιόντα).

Θεωρίες-Μελέτες

- Η αγωγιμότητα του εδάφους είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα σύμφωνα με την οποία τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως “αλατούχα” ή “μη αλατούχα”. Για να χαρακτηριστεί ένα έδαφος αλατούχο πρέπει η τιμή της αγωγιμότητας να είναι E.C.>4mS/cm.
- Γενικά οι τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ανάμεσα σε 0 και 0,8 dS/m είναι αποδεκτές για τις περισσότερες καλλιέργειες. Ορισμένα ευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν προβλήματα και σε τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ 1 και 2 mS/cm.

- Η ύπαρξη ή η δημιουργία αλατούχων εδαφών σχετίζεται κυρίως με δύο παράγοντες. Ο ένας είναι η τοπογραφική και η γεωγραφική θέση περιοχής και ο άλλος σχετίζεται με την επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων και με την ποιότητα του νερού αρδεύσεως.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Γενικά η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος αυξάνεται με την θερμοκρασία σε ένα ποσοστό του 1,9% για κάθε 1° C αύξηση. Για αυτό οι μετρήσεις αγωγιμότητας πρέπει να παίρνονται στους 25° C για να αποφεύγεται η υπό-υπερεκτιμήσεις.
- Οι μεγάλες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού :
 1. Από άμεσες τοξικότητες π.χ. βόριο
 2. Παρεμποδίζει την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών π.χ. σήψη άνθους τομάτας εξαιτίας της μειωμένης πρόσληψης ασβεστίου από υψηλή EC
 3. Μειώνοντας τη διαθεσιμότητα του νερού στο φυτό παρεμποδίζοντας την εξατμισοδιαπονοή (Fitter and Hay, 1987)

Διαδικασία μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Soil Quality Institute, July 2001)

Δειγματοληψία

Τα δείγματα εδάφους για το τεστ παίρνονται σε βάθος 0-10 εκατοστά. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH μετρώνται από το ίδιο δείγμα.

- Υλικά που χρειάζονται για την μέτρηση
 1. 30 ml ειδικό κουτάλι δειγματοληψίας (scoop)
 2. 100 ml πλαστικά μπουκαλάκι με καπάκι
 3. Φορητό αγωγιμόμετρο
 4. Υδροβολέας
 5. Απεσταγμένο νερό



Μέθοδος μέτρησης

1. Το δείγμα του εδάφους που θα επιλέξουμε πρέπει να αναδευτεί πολύ καλά πριν πάρουμε το δείγμα. Μετράμε 30ml δείγματος και το βάζουμε στο πλαστικό μπουκαλάκι. Καταγράφουμε το βάρος .
2. Προσθέτουμε στο μπουκαλάκι με το έδαφος 30ml αποσταγμένο νερό. Βάζουμε το καπάκι στο μπουκαλάκι και κουνάμε 25 φορές.
3. Ανοίγουμε το μπουκάλι και βάζουμε τον μετρητή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέσα στο μίγμα νερού-εδάφους. Για να κρατηθούν τα μόρια από τη σύσταση ανακατεύουμε απαλά με τον μετρητή. Αφήνουμε την ένδειξη να σταθεροποιηθεί για 10 δευτερόλεπτα. Καταγράφουμε την ένδειξη αγωγιμότητας.



7.4: pH εδάφους

Το pH είναι μια μέτρηση της οξύτητας και της αλκαλικότητας του εδάφους η οποία επηρεάζει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών του φυτού, τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το pH είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση ως παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τη μετακίνηση και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Οι γεωργικές πρακτικές, όπως το όργωμα ή τα λιπάσματα μπορούν να αλλάξουν το pH του εδάφους. Η μέτρηση του pH αναφέρεται στον προσδιορισμό του δεκαδικού λογαρίθμου της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου στο εδαφοδιάλυμα. Τιμές pH μεταξύ 6 και 7,5 θεωρούνται ιδανικές για τις περισσότερες καλλιέργειες.

Διαδικασία μέτρησης pH (Soil Quality Institute, July 2001)

Δειγματοληψία

Χρησιμοποιούμε το ίδιο μίγμα νερού-εδάφους όπου ετοιμάσαμε για το τεστ ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Εάν ξεκινήσουμε με φρέσκο δείγμα παίρνουμε δείγμα σε βάθος 0-10 εκατοστά.

Υλικά που χρειάζονται για την μέτρηση pH

1. 30 ml ειδικό κουτάλι δειγματοληψίας (scoop)
2. 100ml πλαστικό μπουκάλι με καπάκι
3. Υδροβολέας
4. pH μετρο
5. Απεσταγμένο νερό

Παράγοντες που επηρεάζουν την μέτρηση: Εάν το δείγμα είναι κορεσμένο ή πολύ υγρό, δεν θα είναι εφικτό να δημιουργηθεί αιώρημα με αναλογία εδάφους : νερού 1:1. Για να γίνει η μέτρηση σωστά γενικά θα πρέπει το εδαφικό δείγμα να είναι σχετικά στεγνό. Κατά τη μέτρηση θα πρέπει να προηγείται ο προσδιορισμός της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και κατόπιν να γίνεται η μέτρηση του pH στο ίδιο δείγμα.

- Μέθοδος μέτρησης

1. Αφού μετρήσουμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα περιμένουμε 10-15 λεπτά για την μέτρηση του pH . Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα μόρια του χώματος να κατακαθίσουν. Ύστερα τοποθετούμε τον μετρητή μέσα στο δείγμα , ανακινούμε και περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη (0-30 δευτερόλεπτα) και την καταγράφουμε.
2. Καθαρίζουμε τον μετρητή. Ξεπλένουμε καλά το ηλεκτρόδιο με αποσταγμένο νερό και αποθηκεύουμε το ηλεκτρόδιο με μερικές σταγόνες διαλύματος pH 7 και αντικαθιστάμε το καπάκι.

Στον πίνακα 9 αναλύονται οι κατηγορίες pH για τις διάφορες τιμές του , σύμφωνα με τους Troeh and Thompson (1993)

Πίνακας 9. Κατηγορίες pH

pH	Κατηγορία οξύτητας - αλκαλικότητας
<3.5	Εξαιρετικά όξινο- τοξικό
3.5-4.5	Εξαιρετικά όξινο
4.5-5.0	Πάρα πολύ όξινο
5.0-5.5	Πολύ όξινο
5.5-6.0	Μετρίως όξινο
6.0-6.5	Ελαφρώς όξινο
6.5-7.5	ουδέτερο
7.5-8.0	Ελαφρώς αλκαλικό
8.0-8.5	Μετρίως αλκαλικό
8.5-9.0	Πάρα πολύ αλκαλικό
>9.0	Εξαιρετικά αλκαλικό

7.5. Σταθερότητα των συσσωματωμάτων

Η συνολική σταθερότητα είναι μια μέτρηση της τρωτότητας του εδάφους σε εξωτερικές καταστρεπτικές δυνάμεις. Το συσσωμάτωμα αποτελείται από εδαφικά τεμαχίδια, ενωμένα ισχυρά μεταξύ τους. Η καταστρεπτική δύναμη σε αυτό το τεστ είναι η ροή του νερού. Τα συσσωματώματα που μπορούν να αντισταθούν στην πίεση του νερού ονομάζονται σταθερά. Γενικά όσο πιο σταθερά είναι τα συσσωματώματα τόσο λιγότερο είναι το έδαφος επιρρεπές

στη διάβρωση. Η δημιουργία των συσσωματωμάτων είναι το αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας, των οργανικών και ανόργανων στοιχείων του εδάφους καθώς και της επίδρασης των φυτών ως παράγοντας εδαφογένεσης. Τα συσσωματώματα συμβάλουν στην καλή κίνηση και αποθήκευση του νερού, τον καλό αερισμό, την αποφυγή διάβρωσης των εδαφών, στην ανάπτυξη της ρίζας και στην δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Το σπάσιμο των συσσωματωμάτων αποτελεί το πρώτο στάδιο για την ανάπτυξη κρούστας και τη σφράγιση του εδάφους, εμποδίζοντας έτσι τη διήθηση του νερού, αυξάνοντας δε τη διάβρωση. Η συνολική σταθερότητα των συσσωματωμάτων μπορεί να αλλάξει με το πέρασμα του χρόνου, από εποχή σε εποχή ή από χρόνο σε χρόνο. Τα συσσωματώματα μπορούν να σχηματιστούν, να διασπαστούν και να ξανασηματιστούν σταδιακά.

Το ποσοστό των συσσωματωμάτων που είναι σταθερά στο νερό, αποτελεί μέτρο της αντίστασης στη διάβρωση του συσσωματώματος από το νερό. Γενικά υψηλότερα ποσοστά σταθερότητας στην ποιότητα του εδάφους.

Τα συσσωματώματα βελτιώνουν την ποιότητα του εδάφους καθώς:

- ✓ Προστατεύουν την οργανική ουσία που βρίσκεται εγκλωβισμένη ανάμεσα στα εδαφικά τεμαχίδια του συσσωματώματος από την έκθεση στον αέρα και τη μικροβιακή αποσύνθεση
- ✓ Μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους
- ✓ Βελτιώνει την κίνηση του νερού και του εδαφικού αέρα
- ✓ Δημιουργεί καλύτερο περιβάλλον για την ανάπτυξη της ρίζας
- ✓ Ευνοεί την παρουσία οργανισμών στο έδαφος

Περιεχόμενο οργανικής ύλης

Η συνολική σταθερότητα αυξάνεται με το περιεχόμενο της οργανικής ύλης. Αυτό γίνεται σε εδάφη που περιέχουν άργιλο. Η συνολική σταθερότητα επηρεάζεται από το είδος της αργίλου. Το έδαφος με την περισσότερη άργιλο τείνει να προκαλέσει μεγαλύτερη σταθερότητα. Η συνολική σταθερότητα αυξάνεται με τα οξείδια του σιδήρου. Τα οξείδια του αργιλίου δεν αυξάνουν την σταθερότητα, ενώ το ανθρακικό ασβέστιο δεν την επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό (Kemper, 1966). Τα ποσοστά συνολικής σταθερότητας μειώνονται με τα ποσοστά νατρίου να αυξάνονται.

Ο Πίνακας 10 περιέχει τις κατάλληλες τιμές για τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων με βάση την οργανική ύλη του εδάφους και την περιεκτικότητα σε άργιλο.

Πίνακας 10. Κατάλληλες τιμές για % σταθερών σε νερό συσσωματωμάτων με βάση την περιεκτικότητα σε άργιλο και οργανική ουσία (Kemper,1966)

Οργανική ουσία(%)	Σταθερά συσσωματώματα(%)	Άργιλος (%)	Σταθερά συσσωματώματα(%)
0,4	53	5	60
0,8	66	10	65
1,2	70	20	70
2	75	30	74
4	77	40	78
8	81	60	82
12	85	80	86

Διαδικασία μέτρησης συνολικής σταθερότητας (Soil Quality Institute, July 2001)

Για την μέτρηση της συνολική σταθερότητας παίρνουμε δείγμα από τα 0-10 εκατοστά εδάφους. Για να ξεκινήσει η μέτρηση θα πρέπει το δείγμα να έχει ξεραθεί.

Υλικά για την μέτρηση συνολικής σταθερότητας

1. 2mm κόσκινο
2. 0.25mm κόσκινο
3. Ύφασμα
4. Φούρνος μικροκυμάτων
5. Διάλυμα calgon (2 κουταλιές calgon σε μισό λίτρο νερού)
6. Κουβάς
7. Ζυγαριά
8. Απεσταγμένο νερό



- Μέθοδος μέτρησης

1. Τοποθετούμε 200 γραμμάρια ξηρό έδαφος στο κόσκινο 2mm και κοσκινίζουμε απαλά. Προσπαθούμε να περάσει όλα το έδαφος από το κόσκινο πιέζοντας το απαλά με τον αντίχειρα. Ύστερα συλλέγουμε το έδαφος που πέφτει από το κόσκινο.



2. Ζυγίζουμε 10g κοσκινισμένου ξηρού εδάφους που θα χρησιμοποιήσουμε και το τοποθετούμε στο κόσκινο 0.25mm
3. Μουσκεύουμε ένα κομμάτι υφάσματος με αποσταγμένο νερό και το απλώνουμε. Βάζουμε το κόσκινο των 0.25mm με το έδαφος πάνω στο

βρεγμένο ύφασμα επιτρέποντας έτσι στο έδαφος να υγροποιηθεί αργά. Περιμένουμε 5 λεπτά.

4. Ύστερα παίρνουμε τον κουβά και το γεμίζουμε με απεσταγμένο νερό και τοποθετούμε το κόσκινο 0.25mm με το έδαφος, στο κουβά με το αποσταγμένο νερό έτσι ώστε η επιφάνεια του νερού να είναι πάνω από το δείγμα του εδάφους. Κουνάμε το κόσκινο πάνω-κάτω στο νερό κάθετα, σε απόσταση 1-5 cm με 30 ταλαντεύσεις το λεπτό για 3 λεπτά.



5. Μετά από το υγρό κοσκίνισμα βάζουμε το κόσκινο με το μίγμα σε στεγνό ύφασμα το οποίο θα απορροφήσει το νερό από το αμμοχάλικο στο κόσκινο. Μετά βάζουμε το κόσκινο στη συσκευή ξήρασης.
6. Αφού γίνει η ξήραση αφήνουμε το δείγμα για 5 λεπτά και ύστερα ζυγίζουμε το μίγμα αμμοχάλικου που περιέχει ο κόσκινο (προσπαθούμε να μην έχουμε καμία απώλεια εδάφους) και καταγράφουμε το βάρος του ξηρού αμμοχάλικου.
7. Ύστερα διασκορπίζουμε το κόσκινο με το αμμοχάλικο σε διάλυμα calgon. Αφού προετοιμάσουμε το διάλυμα βυθίζουμε το κόσκινο που περιέχει τα ξηραμένα αμμοχάλικα. Αφήνουμε να μουσκέψει για 5 λεπτά κουνώντας το κόσκινο πάνω-κάτω. Ύστερα από αυτή την διαδικασία μόνο μόρια άμμου μένουν στο κόσκινο. Ξεπλένουμε την άμμο στο κόσκινο σε καθαρό νερό βυθίζοντάς το σε κουβά με νερό ή τρεχούμενο νερό.
8. Τέλος, τοποθετώντας το κόσκινο σε στεγνό ύφασμα και το τοποθετούμε στον φούρνο μικροκυμάτων και αφήνουμε την άμμο να στεγνώσει. Αφού στεγνώσει την αφήνουμε για 5 λεπτά να κρυώσει και ζυγίζουμε την άμμο

που περιέχεται στο κόσκινο (προσπαθούμε να μην έχουμε καμία απώλεια εδάφους) και καταγράφουμε το βάρος της άμμου.

Υπολογισμός συνολικής σταθερότητας

(% εδάφους >0.25mm) = βάρος ξηρού αμμοχάλικου - βάρος άμμου / βάρος ξηρού εδάφους – βάρος άμμου × 100

Σχόλια

Η θερμοκρασία του νερού που χρησιμοποιείται για να κοσκινιστεί το χώμα πρέπει να διατηρείται σε 22-25°C. Σε ψηλότερες θερμοκρασίες η συνολική σταθερότητα μειώνεται. Το ζύγισμα και η αποξήρανση του μίγματος δεν είναι απαραίτητη για να υπολογιστεί η σταθερότητα. Όταν τα ξηρά μίγματα υγροποιηθούν γρήγορα σε ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα διάσπαση του εδάφους. Μετά από ταχεία υγροποίηση το νερό που μπαίνει στους πόρους παγιδεύει τον αέρα μέσα σε αυτούς και αυξάνει την πίεση προκαλώντας ρήξη.

7.6. Γαιοσκώληκες

Οι πληθυσμοί γαιοσκωλήκων ποικίλουν σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα τροφής, εποχή και είδος. Οι πληθυσμοί ποικίλουν ανάλογα με το χώρο και τον χρόνο και μπορεί να διαφέρουν από 10 έως 10000 ανά τετραγωνικό μέτρο. Όμως δεν είναι όλες οι περιοχές κατάλληλες για γαιοσκώληκες είτε γιατί δεν συνίσταται είτε γιατί οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες. Οι γαιοσκώληκες αυξάνουν την μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους και την γονιμότητα καθώς ενισχύουν και τις ιδιότητες του εδάφους.

Περίπου 10 γαιοσκώληκες ανά τετραγωνικό μέτρο θεωρείται καλός πληθυσμός για την καλλιέργεια. Οι πληθυσμοί γενικά δεν υπερβαίνουν τους 20 ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους σε καλλιεργημένα μέρη. Στα λιβάδια οι πληθυσμοί ποικίλουν γύρω στους 50 ανά τετραγωνικό μέτρο.

Οι γαιοσκώληκες βελτιώνουν την ποιότητα του εδάφους καθώς:

- Αυξάνουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών
- Επιταχύνουν την αποσύνθεση της οργανικής ύλης, ενσωματώνοντας περιττώματα στο έδαφος και ενεργοποιώντας την διαδικασία της ανοργανοποίησης
- Βελτιώνουν τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους

- Καταστέλλουν παράσιτα ή ασθένειες
- Ενισχύουν τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς

Γαιοσκώληκες και διαδικασίες σταθερότητας

Οι γαιοσκώληκες είναι διασκορπισμένοι σε κορεσμένες μάζες εδάφους που είναι ασταθείς και ευαίσθητες στη διάβρωση. Το περιεχόμενο οργανικής ύλης, μυκητοειδής υφές και άλλα μικροβιακά προϊόντα βοηθούν στην επιβίωση των γαιοσκωλήκων και την βελτίωση του εδάφους.

Παράγοντες που επηρεάζουν τον πληθυσμό των γαιοσκωλήκων

Οι καλλιέργειες σκοτώνουν το 25% του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων. Υπάρχουν έμμεσες επιδράσεις στον εναπομείναντα πληθυσμό. Αυτές οι επιδράσεις συμπεριλαμβάνουν αυξήσεις στη θερμοκρασία της επιφάνειας και μειωμένη υγρασία στην καλλιέργεια.

Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων είναι μεγαλύτεροι στις μη συμβατικές καλλιέργειες. Υψηλότερα ποσοστά διήθησης νερού συμβαίνουν στα μη συμβατικά από το συμβατικά συστήματα καλλιέργειας εξαιτίας του μεγάλου αριθμού μακροπόρων από την δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων.

Οι γαιοσκώληκες ζουν σε μέση θερμοκρασία 10-20°C , η μεγαλύτερη είναι 25-35°C. Μερικά είδη αντέχουν σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Πολλά είδη προσαρμόζονται στις συνθήκες για να επιβιώσουν σε δυσμενείς συνθήκες.

Εδάφη μέσης υφής είναι προτιμότερα για τους γαιοσκώληκες από τα αμμώδη ή πηλώδη εδάφη. Το βάθος αερισμού επηρεάζει τα είδη που ζουν βαθιά.

Το pH του εδάφους επηρεάζει τους πληθυσμούς του γαιοσκώληκα. Συνήθως είναι απόντες σε εδάφη με pH 3.5-4.5 . Η πλειοψηφία τους ζει σε εδάφη με pH ανάμεσα σε 5.0 και 7.4. Η ποιότητα και το ποσό τροφής του εδάφους επηρεάζει την ζωή του γαιοσκώληκα.

Πηγή τροφής

Σκουπίδια ή οργανικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους είναι η πρωταρχική πηγή τροφής για τους γαιοσκώληκες στα περισσότερα οικοσυστήματα. Όμως οι νεκρές ρίζες και τα εξογκώματα ριζών μπορούν να είναι σημαντικές πηγές.

Αναμόχλευση του εδάφους

Οι πληθυσμοί του γαιοσκώληκα είναι ψηλότεροι σε αδιατάρακτα συστήματα. Το μέγεθος του πληθυσμού εξαρτάται από τη συχνότητα της αναμόχλευσης του εδάφους. Εάν η αναμόχλευση δεν επαναληφθεί, οι πληθυσμοί του γαιοσκώληκα μπορούν να ανακτηθούν γρήγορα. Οι περιορισμοί υγρασίας καθορίζουν τη δραστηριότητα του γαιοσκώληκα.

Αγροχημικά

Φυτοφάρμακα, κυρίως εντομοκτόνα επηρεάζουν τους πληθυσμούς του γαιοσκώληκα. Η πλειοψηφία των ζιζανιοκτόνων της κατηγορίας τριαζίνης είναι τοξική. Τα καρβαμιδικά μυκητοκτόνα είναι πολύ τοξικά. Τα οργανοφωσφορικά και τα περισσότερα καρβαμιδικά εντομοκτόνα είναι τοξικά καθώς και τα περισσότερα νηματοδοκτόνα. Η τακτική χρήση θειικού αμμωνίου, άνυδρης αμμωνίας και θειικού άλατος μειώνουν τους πληθυσμούς του γαιοσκώληκα.

Διαδικασία μέτρησης γαιοσκωλήκων (Soil Quality Institute, July 2001)

Οι γαιοσκώληκες είναι πιο ενεργοί την άνοιξη και το φθινόπωρο, που είναι οι καλύτερες εποχές να παρατηρήσεις την δραστηριότητά τους.

- Υλικά που χρειάζονται για την μέτρηση γαιοσκωλήκων

1. Τρεχούμενο νερό βρύσης (2 λίτρα)
2. Μυστρί ή φτυάρι
3. Μεγάλο βάζο ή δοχείο για συλλογή και καθάρισμα σκωλήκων
4. Διάλυμα μουστάρδας (2 κουταλιές μουστάρδα σε σκόνη σε 2 λίτρα νερό)



Σημείωση: Όταν εξετάζουμε το έδαφος για γαιοσκώληκες αποφεύγουμε μέρη όπου οι πληθυσμοί τους μπορεί να επηρεαστούν, όπως κοντά σε σάπια φύλλα ή σε σωρούς κομποστοποίησης. Η αφθονία των γαιοσκωλήκων είναι συνήθως ανομοιόμορφη και διαφέρει ανά εποχή. Γι' αυτό μετράμε τους γαιοσκώληκες αρκετές φορές κατά τη διάρκεια μιας εποχής και χρησιμοποιούμε το μέσο όρο για να μετρήσεις τις αλλαγές από χρόνο σε χρόνο.

Μέθοδος μέτρησης

1. Μετράμε ένα τετραγωνικό μέτρο και σκάβουμε 30 εκατοστά με μυστρί ή φτυάρι. Προσπαθούμε να ελαχιστοποιήσουμε τον αριθμό των κοψιμάτων με το φτυάρι για να αποφύγουμε ζημιά στους γαιοσκώληκες. Πρώτα σκάβουμε την τρύπα και μετά ξεχωρίζουμε τους γαιοσκώληκες.



2. Ξεχωρίζουμε τα δείγματα εδάφους από τους γαιοσκώληκες και μετράμε τον αριθμό τους.

3. Για να διευκολύνουμε τον διαχωρισμό των γαιοσκωλήκων παίρνουμε το δοχείο και τοποθετούμε το διάλυμα μουστάρδας . Τα βαθιά χωμένα σκουλήκια θα εμφανιστούν σε 5 λεπτά.
4. Καταγράφουμε το συνολικό αριθμό γαιοσκωλήκων. Το διάλυμα δεν πρέπει να τα επηρεάσει για αυτό πριν τα επιστρέψουμε στο έδαφος τα ξεπλένουμε.

7.8 : Συνολικός οργανικός άνθρακας – Οργανική ουσία

Ο συνολικός οργανικός άνθρακας (Total Organic Carbon) είναι ο άνθρακας που αποθηκεύεται στην οργανική ύλη του εδάφους (Soil Organic Matter). Ο οργανικός άνθρακας εισέρχεται στο έδαφος διαμέσου της αποσύνθεσης φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων, ριζών, ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών του εδάφους.

Η οργανική ύλη είναι σημαντική στο έδαφος για τη βελτίωση της δομής του εδάφους, τη διατήρηση των θρεπτικών ουσιών ,την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη διηθητικότητα του νερού. Η συχνή καλλιέργεια και η απομάκρυνση των καλλιεργειών μειώνει τα επίπεδα της οργανικής ύλης στο έδαφος. Για την αύξηση της οργανικής ύλης στο έδαφος γίνεται προσθήκη ζωικών υπολειμμάτων, όπως η ζωική κοπριά και το κομποστ .

Παράγοντες που επηρεάζουν την συσσώρευση του οργανικού άνθρακα

Η υφή του εδάφους, το κλίμα και ο χρόνος επηρεάζουν τη συσσώρευση του οργανικού άνθρακα - SOC (Soil Organic Carbon). Τα εδάφη που είναι πλούσια σε άργιλο προστατεύουν το SOM (Soil Organic Matter) από την αποσύνθεση γιατί σταθεροποιούν τις ουσίες που δεσμεύουν. Η διαταραχή του εδάφους από φυσικά και ανθρωπογενή μέσα μπορεί να είναι ο κύριος παράγοντας που μειώνεται η περιεκτικότητα του οργανικού άνθρακα.

Τα υπολείμματα καλλιέργειας που ενσωματώνονται ή παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους μειώνουν τη διάβρωση με αποτέλεσμα και τις απώλειες του οργανικού άνθρακα. Οι καλλιεργητικές τεχνικές για την αύξηση του pH του όξινου εδάφους ,αυξάνει τη μικροβιακή δραστηριότητα, την

αποσύνθεση της οργανικής ύλης και την απελευθέρωση του CO₂. Το βάθος του εδάφους επηρεάζει την κατανομή του οργανικού άνθρακα. Τα βαθιά εδάφη τείνουν να συσσωρεύουν οργανικό άνθρακα σε στρώσεις κάτω από τα διαταραγμένα εδάφη.

Προβλήματα με χαμηλά επίπεδα άνθρακα

Άμεσα προβλήματα από την έλλειψη άνθρακα στο έδαφος είναι η μειωμένη μικροβιακή δραστηριότητα και η παρεμπόδιση απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών. Η ανεπάρκεια άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη ποικιλομορφία του εδάφους, με κίνδυνο να διαταραχθεί η ισορροπία της τροφικής αλυσίδας, η οποία μπορεί να προστατεύσει την συσσώρευση του οργανικού άνθρακα από την μικροβιακή δραστηριότητα. Οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν την περιεκτικότητα σε άνθρακα αυξάνοντας τα ποσοστά αποσύνθεσης, ενώ η υψηλή μέση ετήσια βροχόπτωση αυξάνει τη συσσώρευση άνθρακα.

Η απώλεια άνθρακα επηρεάζεται και μέσω της διάβρωσης του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα μεταβολές οργανικού άνθρακα κατά μήκος της κλίσης του εδάφους. Έρευνα των παραγόντων αυτών που επηρεάζουν τον οργανικό άνθρακα στις ηπειρωτικές Ηνωμένες Πολιτείες κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι επιπτώσεις της χρήσης γης, της τοπογραφίας (κλίση) και της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης σε οργανικό άνθρακα είναι πιο προφανείς από εκείνες της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας. (Soil Quality Indicators- Total Organic Carbon, October 2009)

Μέθοδος μέτρησης οργανικού άνθρακα με EDTA (Bowman 1997)

Υλικά που απαιτούνται για την μέτρηση

1. γυάλινες φιάλες
2. βαθμονομημένος κύλινδρος
3. πλαστικά μπουκάλια
4. χοάνη
5. διηθητικό χαρτί
6. δινάτριο άλας EDTA (0,05M)
7. υδροξειδίου του νατρίου (0,25M)
8. μαγνητικός αναδευτήρας

Μέθοδος μέτρησης

Για την παρασκευή του βασικού EDTA: Προσθέτουμε 1 μέρος δινάτριο άλας EDTA (0,05M) σε 1 μέρος υδροξειδίου του νατρίου (0,25M) σε ένα μεγάλο δοχείο. Ανακατεύουμε το διάλυμα καλά χρησιμοποιώντας μαγνητικό αναδευτήρα.

Για την προετοιμασία των προτύπων:

- 1) Κάθε πρότυπο δείγμα εδάφους τοποθετείται σε ειδικό σκεύος όπου θρυμματίζεται καλά με γουδοχέρι.
- 2) Λαμβάνουμε 0,5 g δείγματος και τοποθετούμε σε ένα μπουκάλι και επισημάνουμε το όνομα του δείγματος.
- 3) Χρησιμοποιώντας έναν βαθμονομημένο κύλινδρο, προσθέτουμε 20 ml του βασικού EDTA στο μπουκάλι. Σφραγίζουμε και ανακινούμε το μπουκάλι για 30 δευτερόλεπτα.
- 4) Προετοιμάζουμε μια χοάνη τοποθετώντας το με ένα διηθητικό χαρτί και τοποθετούμε το δείγμα σε μια γυάλινη φιάλη.
- 5) Μεταφέρουμε το διάλυμα εδάφους-βασικού EDTA στη χοάνη, φροντίζοντας να ρίχνουμε αργά για να διασφαλίσετε ότι το δείγμα να μην διαρρέυσει πάνω από το διηθητικό χαρτί.
- 6) Όταν το διήθημα έχει συλλεχθεί στον σωλήνα, απορρίπτουμε το διηθητικό χαρτί και καθαρίζουμε τη χοάνη. Μεταφέρουμε το διήθημα σε ένα γυάλινο φιαλίδιο, καλύπτουμε το φιαλίδιο και σημειώνουμε με την τιμή της οργανικής ύλης.
- 7) Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 1-6 για τα εδάφη που αντιστοιχούν σε όλα τα πρότυπα

Για την παρασκευή των δειγμάτων για σύγκριση με τα πρότυπα ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται παραπάνω. Δοκιμάσαμε το πολύ 7 δείγματα ταυτόχρονα, με 3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα, προκειμένου να επεξεργαστούμε όσο το δυνατόν περισσότερα δείγματα. Το διήθημα συγκρίνεται με τα πρότυπα και την εκτιμώμενη οργανική ύλη (%) που καταγράφηκε.

7.9 Πειραματικό μέρος

Σύμφωνα με τον Bowman (1997) εφαρμόστηκε η διαδικασία μέτρησης οργανικού άνθρακα με EDTA. Επιλέχτηκαν 16 δείγματα εδάφους όπου ήταν γνωστό το % ποσοστό οργανικής ουσίας, με την διαδικασία της εργαστηριακής ανάλυσης, καθώς όπως εξηγεί ο Bowman θα ήταν δύσκολο να διαφοροποιήσουμε κάποια ποσοστά οργανικής ουσίας μεταξύ τους. Έτσι μπορέσαμε και συσχετίσαμε το ποσοστό οργανικής ουσίας με την χρωματική διαφορά που είχαν τα δείγματα μεταξύ τους. Ακόμα μετρήσαμε, με την χρήση φασματοφωτόμετρου, την απορρόφηση που είχαν τα δείγματα σε 14 μήκη κύματος (340nm, 405nm, 420nm, 440nm, 510nm, 540nm, 546nm, 550nm, 578nm, 600nm, 660nm, 667nm, 700nm και 880nm). Αυτή η μέτρηση έγινε με σκοπό να βρεθεί σε πιο μήκος κύματος έχουμε την καλύτερη απορρόφηση για να συσχετισθεί οργανική ουσία – φασματοσκοπία. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να δώσουμε στοιχεία ώστε να γίνει μια ολοκληρωμένη έρευνα με μεγάλο αριθμό δειγμάτων για τον καλύτερο προσδιορισμό του αποτελέσματος. Ωστόσο, παρά τον μικρό αριθμό δειγμάτων, τα αποτελέσματα είναι θετικά.

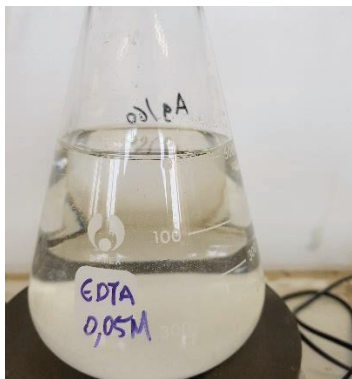
Τα δείγματα που πάρθηκαν και το % ποσοστό οργανικής ουσίας όπου γνωρίζαμε είναι τα παρακάτω :

Κωδικός δείγματος	% ποσοστό οργανικής ουσίας
1199665	1
1199036	2
1199538	2,5
1199061	3
1199471	3,5
1199586	4
1199572	4,5
1199051	5
1199303	5,5
1199482	7
1199458	8
1199224	8,7
1199171	9,11
1199062	10
1199384	11,06
1199226	12,2

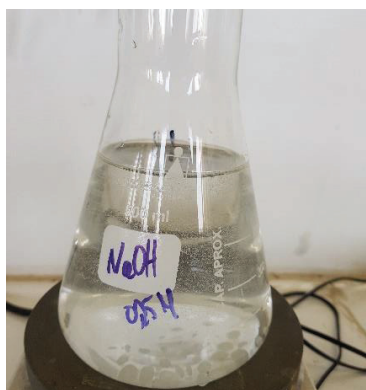
Διαδικασία μέτρησης :

Για την παρασκευή του πρότυπου διαλύματος EDTA χρειαστήκαμε:

- 1) 18,6 γραμμάρια EDTA (0,05M)



- 2) 10 γραμμάρια NaOH (0,25M)



Αρχικά πήραμε μια φιάλη 500ml και γεμίσαμε μέχρι την ένδειξη απιονισμένο νερό και στην συνέχεια προσθέσαμε τα 18,6 γραμμάρια EDTA ,τα αφήσαμε να ομογενοποιηθούν με την βοήθεια μαγνητικού αναδευτήρα. Στην συνέχεια ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία για το NaOH. Όταν και τα δύο διαλύματα ήταν έτοιμα τα τοποθετήσαμε σε φιάλη του 1 λίτρου και ανακινήσαμε καλά .

Προετοιμασία δειγμάτων :

- 1) Ζυγίζουμε 0,5 γραμμάρια εδάφους και τα τοποθετούμε σε μπουκάλια πλαστικά.



- 2) Με την βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου βάζουμε 20ml πρότυπου διαλύματος EDTA σε κάθε μπουκάλι και ανακινούμε για 30 δευτερόλεπτα με το χέρι.
- 3) Ύστερα παίρνουμε κωνικές φιάλες των 50ml και τοποθετούμε σε αυτές χωνί και διηθητικό χαρτί και εκχυλίζουμε το δείγμα από τα μπουκάλια σε αυτές.



- 4) Περιμένουμε μέχρι να εκχυλιστεί όλο το δείγμα και ύστερα αφαιρούμε το χωνί και τοποθετούμε το υγρό δείγμα σε διαφανές δοχείο ώστε να φαίνεται οπτικά το χρώμα του κάθε δείγματος.



Συμπέρασμα

Στα δείγματα όπου μελετήθηκαν παρατηρήθηκε σημαντική οπτική χρωματική διαφορά στις διαφορετικές % κ.β ποσότητες οργανικής ουσίας. Σημειώνετε ότι η διαφορά μεταξύ των επιμέρους τιμών καθιστά εφικτό τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας. Ωστόσο διακρίνεται μια δυσκολία μεταξύ του 3,5% και 4,5% , του 7%-9% και του 10%-12% αυτό όμως δεν μπορεί να τεθεί ως περιορισμός στην έρευνα καθώς κάποιες από τις παραπάνω τιμές μπορεί να είναι πιο ευδιάκριτες σε δυνατή πηγή φωτός. Αναλυτικότερα, ο χρωματισμός που παρατηρήθηκε ήταν ανοιχτό καφέ και σταδιακά όσο το ποσοστό οργανικής ουσίας αυξανόταν, το χρώμα γινόταν πιο σκούρο καφέ. Στα ποσοστά οργανικής ουσίας από 1-3% ο χρωματισμός είναι ανοιχτό καφέ, παρόμοιος μεταξύ των δειγμάτων. Για τις τιμές οργανικής ουσίας από 3-5,5% ο χρωματισμός είναι πιο σκούρο καφέ που το κάνει να διαφέρει από το 1-3% έτσι μπορούμε να διαφοροποιήσουμε το ποσοστό οργανικής ουσίας ανάμεσα σε αυτές τις τιμές. Για τις τιμές μεταξύ 5,5-7,5% ο χρωματισμός γίνεται ακόμα πιο σκούρος οπότε υπάρχει διαχωρισμός της οργανική ουσίας στις τιμές αυτές. Για τις τιμές από 7,5-10% ο χρωματισμός είναι πολύ σκούρο καφέ και για τις τιμές από 10-12%

οργανική ουσία ο χρωματισμός του δείγματος είναι σχεδόν μαύρος όπου και το κάνει να ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα ποσοστά οργανικής ουσίας.

Στην παρούσα μέθοδο ως αρνητικό μπορεί να συζητηθεί το γεγονός ότι δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια το ποσοστό % οργανικής ουσίας. Παρόλα αυτά δεν σημειώνεται σημαντική διαφορά αξίας της οργανικής ουσίας μεταξύ των τιμών με παρόμοιο χρωματισμό, καθώς το ποσοστό 1-3% είναι πολύ χαμηλό και δεν θα είχε ενδιαφέρον να γνωρίζουμε το ακριβές ποσοστό οργανικής ουσίας. Επίσης, το ίδιο ισχύει και για τις τιμές 10-12% καθώς το ποσοστό οργανικής ουσίας είναι πολύ μεγάλο. Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δεν έχει ιδιαίτερη σημασία η ακρίβεια του ποσοστού οργανικής ουσίας γιατί ακόμα και εάν γνωρίζουμε προσεγγιστικά, μπορούμε να καταλήξουμε στο γεγονός εάν επηρεάζει η οργανική ουσία την καλλιέργεια ή όχι.

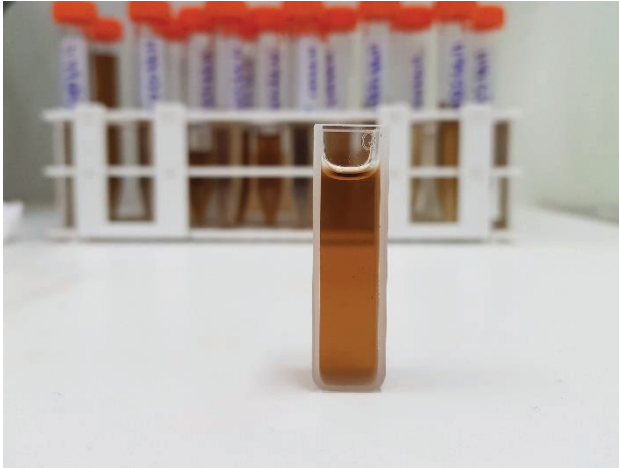
Παρόλα αυτά εμείς προσπαθήσαμε, να παρατηρήσουμε και τις διαφορές που έχουν οι φασματικές απορροφήσεις μεταξύ αυτών των δειγμάτων όπως θα ακολουθηθεί παρακάτω.

Μέθοδος μέτρησης φάσματος :

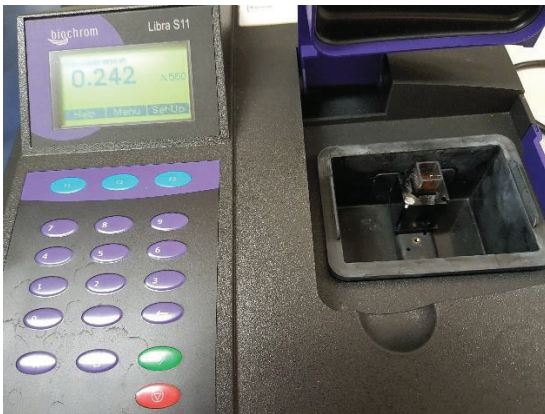
- Υλικά που χρειάστηκαν:
 - 1) Σε αυτή την διαδικασία 5ml από το διάλυμα που παρασκευάσαμε στην διαδικασία EDTA
 - 2) Φασματοφωτόμετρο Biochrom Libra S11
 - 3) Απιονισμένο νερό

Διαδικασία μέτρησης:

- 1) Παίρνουμε την κυβέτα όπου έχει το φασματοφωτόμετρο και την γεμίζουμε με το διάλυμα που παρασκευάσαμε στην διαδικασία EDTA



2) Τοποθετούμε την κυβέτα στο φασματοφωτόμετρο και κλείνουμε το πορτάκι



3) Παίρνουμε την ένδειξη και την καταγράφουμε

4) Τέλος ξεπλύνουμε την κυβέτα με απιονισμένο νερό

Αποτελέσματα :

Τα δείγματα μετρήθηκαν στις παρακάτω απορροφήσεις με σκοπό να βρεθεί σε ποιο μήκος κύματος έχουμε καλύτερα φασματικά αποτελέσματα : 340nm , 405nm, 420nm, 440nm, 510nm, 540nm, 546nm, 550nm, 578nm, 600nm, 660nm 667nm, 700nm και 880nm.

Στον πίνακα 11 επισυνάπτονται οι τιμές κάθε δείγματος για τις παραπάνω απορροφήσεις.

Πίνακας 11. Κωδικοί δειγματος και αποτελέσματα μηκών κύματος

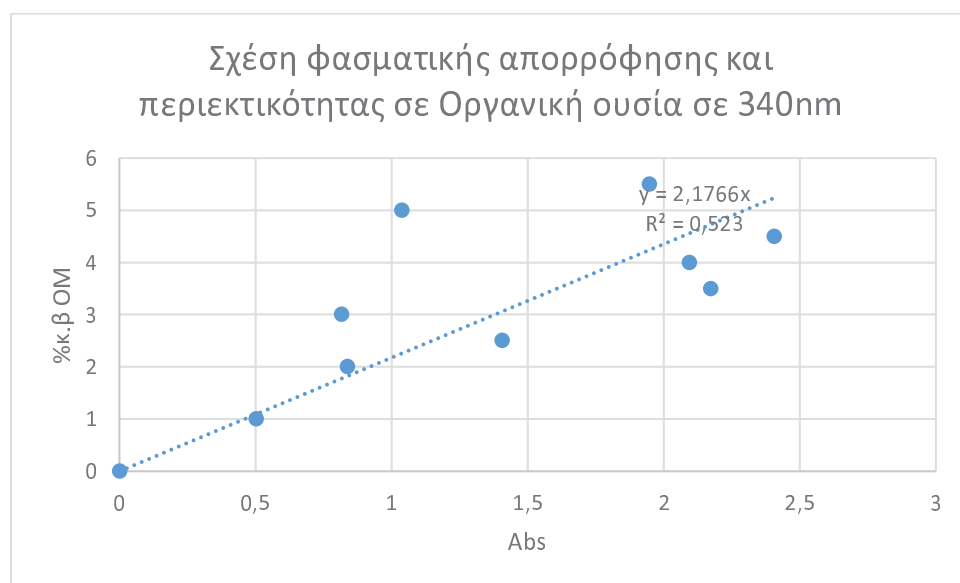
ID	Ποσοστά Ο.Υ. %	λ=340nm Απορρόφηση (nm)	λ=405 Απορρόφηση (nm)	λ=420 Απορρόφηση (nm)	λ=440 Απορρόφηση (nm)
Απιονισμένο		0	0	0	0
1199665	1	0,503	0,239	0,212	0,18
1199036	2	0,837	0,404	0,357	0,303
1199538	2,5	1,407	0,809	0,726	0,635
1199061	3	0,817	0,432	0,38	0,329
1199471	3,5	2,172	1,178	1,051	0,905
1199586	4	2,095	1,085	0,951	0,814
1199572	4,5	2,405	1,286	1,151	1,01
1199051	5	1,038	0,549	0,478	0,405
1199303	5,5	1,948	1,03	0,922	0,8
1199482	7	<3000	2,104	1,83	1,54
1199458	8	<3000	1,93	1,69	1,432
1199224	8,7	<3000	2,16	1,954	1,721
1199171	9,11	2,75	1,483	1,296	1,1
1199062	10	<3000	2,736	2,428	2,061
1199384	11,06	<3000	2,905	2,58	2,16
1199226	12,2	<3000	<3000	<3000	<3000

		$\lambda=510$	$\lambda=540$	$\lambda=546$	$\lambda=550\text{nm}$	$\lambda=578$
ID	Ποσοστά Ο.Υ. %	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)
Απιονισμένο	0	0	0	0	0	0
1199665	1	0,11	0,095	0,095	0,089	0,062
1199036	2	0,181	0,148	0,14	0,32	0,117
1199538	2,5	0,409	0,341	0,329	0,156	0,276
1199061	3	0,196	0,161	0,155	0,144	0,126
1199471	3,5	0,574	0,479	0,451	0,411	0,379
1199586	4	0,48	0,388	0,373	0,336	0,307
1199572	4,5	0,612	0,5	0,482	0,461	0,394
1199051	5	0,24	0,193	0,186	0,179	0,166
1199303	5,5	0,485	0,396	0,38	0,368	0,307
1199482	7	0,855	0,674	0,642	0,623	0,512
1199458	8	0,827	0,663	0,636	0,603	0,518
1199224	8,7	1,132	0,994	0,904	0,882	0,739
1199171	9,11	0,64	0,511	0,489	1,081	0,396
1199062	10	1,165	0,934	0,894	0,84	0,721
1199384	11,06	1,206	0,939	0,895	0,86	0,68
1199226	12,2	2,038	1,647	1,581	1,444	1,274

		λ=600	λ=660	λ=667	λ=700	λ=880
ID		Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση (nm)
Απιονισμένο	0	0	0	0	0	0
1199665	1	0,052	0,037	0,031	0,029	0,015
1199036	2	0,103	0,073	0,065	0,053	0,027
1199538	2,5	0,245	0,178	0,169	0,144	0,075
1199061	3	0,109	0,078	0,073	0,058	0,033
1199471	3,5	0,331	0,222	0,21	0,16	0,066
1199586	4	0,262	0,178	0,165	0,127	0,047
1199572	4,5	0,336	0,204	0,189	0,146	0,047
1199051	5	0,143	0,107	0,096	0,089	0,049
1199303	5,5	0,259	0,159	0,147	0,109	0,037
1199482	7	0,433	0,263	0,246	0,185	0,067
1199458	8	0,444	0,289	0,274	0,21	0,079
1199224	8,7	0,627	0,417	0,394	0,315	0,136
1199171	9,11	0,34	0,216	0,199	0,154	0,056
1199062	10	0,614	0,391	0,368	0,281	0,119
1199384	11,06	0,569	0,338	0,322	0,238	0,08
1199226	12,2	1,082	0,686	0,647	0,496	0,159

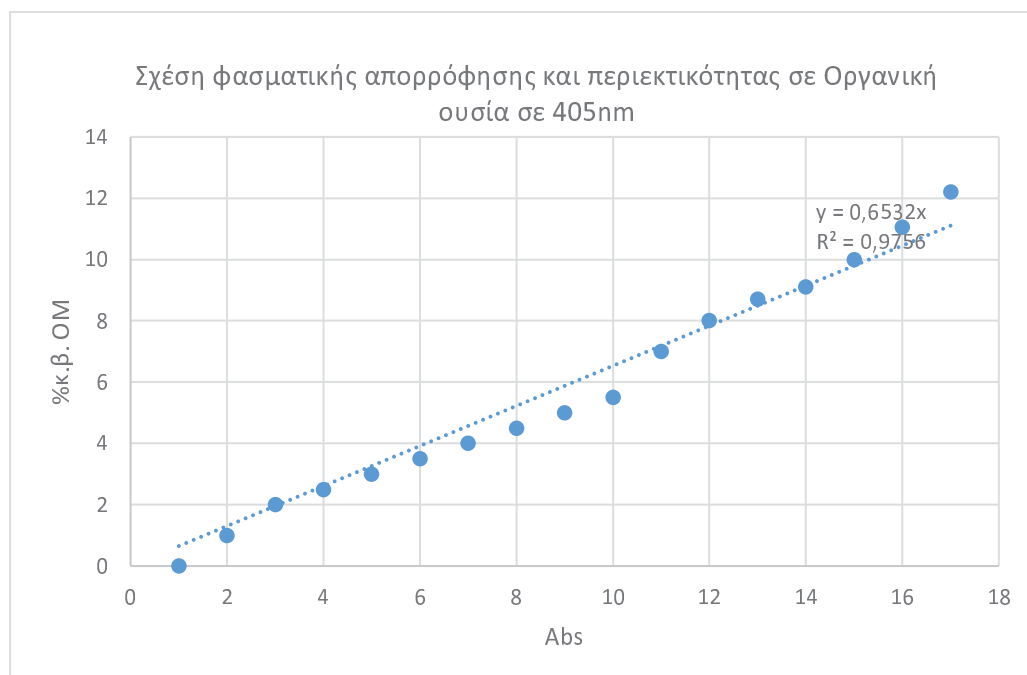
Στην συνέχεια συσχετίσαμε με διαγράμματα το ποσοστό % οργανικής ουσίας με την απορρόφηση.

Διάγραμμα 1. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 340nm



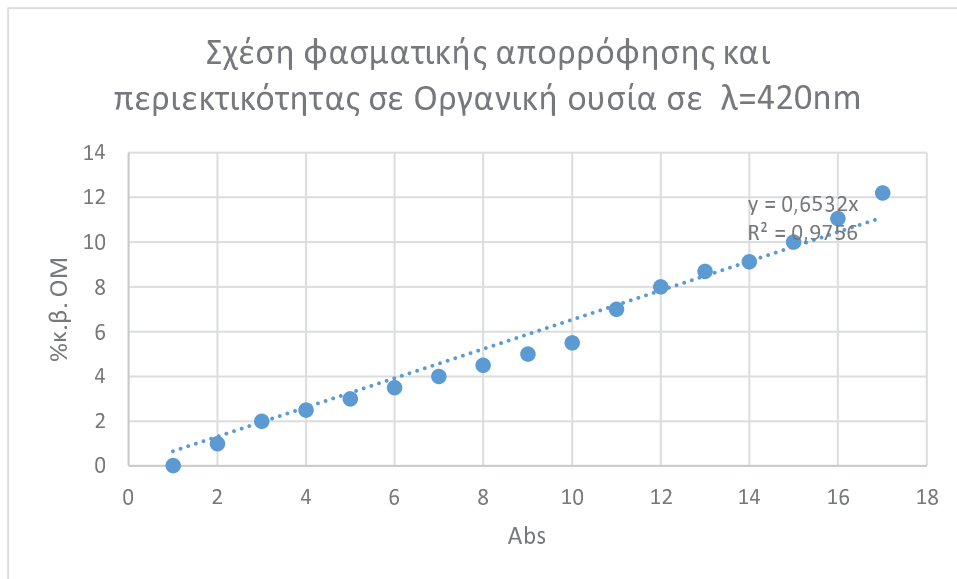
Στο διάγραμμα 1 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 340nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,523$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=2,1766x$. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα απορρίφθηκαν οι τιμές Ο.Υ. από 7-12% καθώς οι υπόλοιπες τιμές απορρόφησης ήταν πολύ μεγάλες.

Διάγραμμα 2. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 405nm.



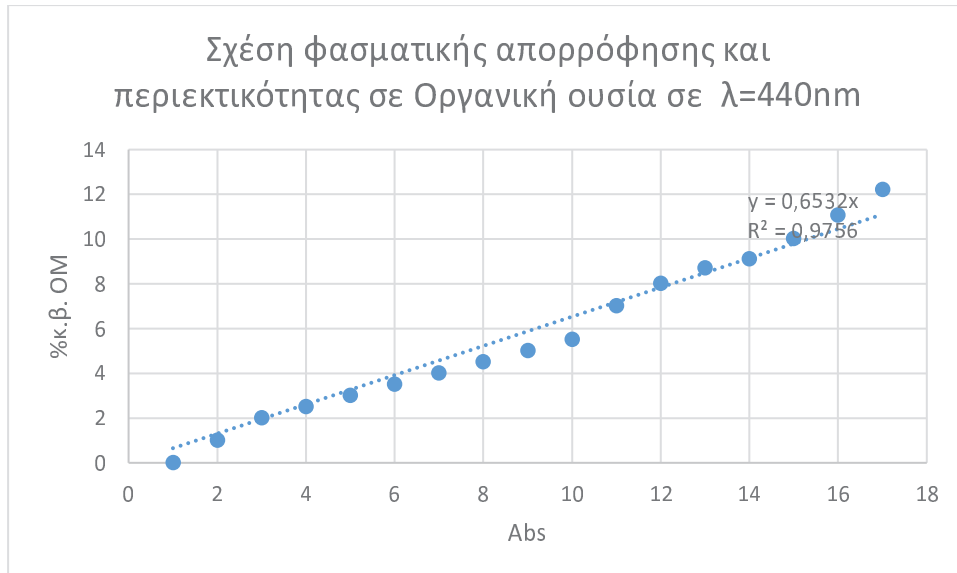
Στο διάγραμμα 2 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 405nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,9756$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=0,6532x$.

Διάγραμμα 3. . Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 420nm.



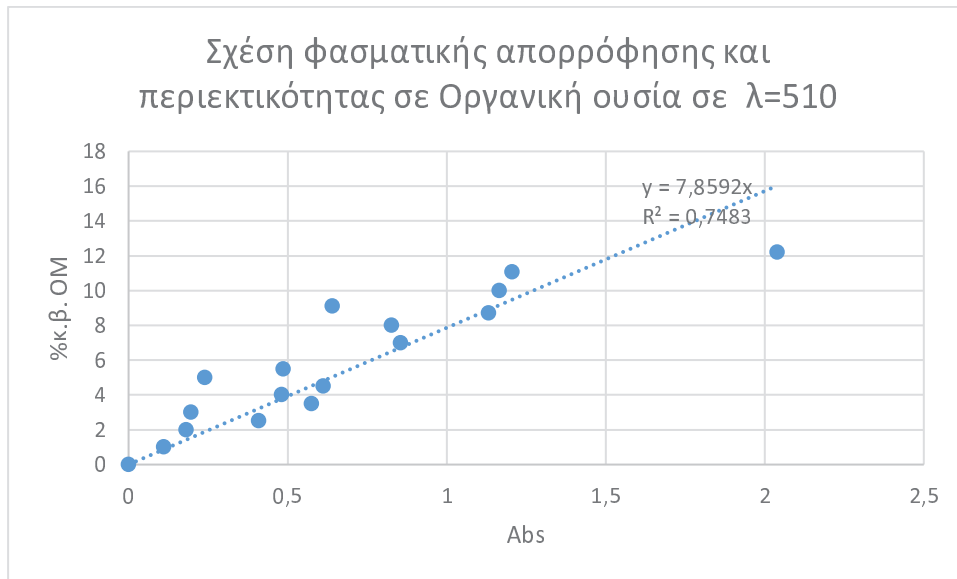
Στο διάγραμμα 3 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 420nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,9756$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=0,6532x$.

Διάγραμμα 4. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 440nm.



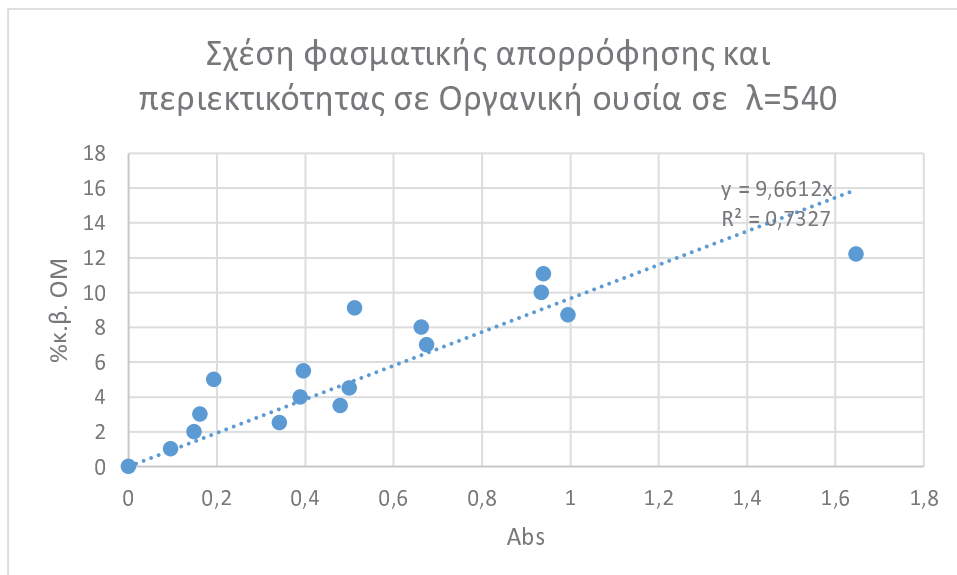
Στο διάγραμμα 4 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 440nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,9756$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=0,6532x$.

Διάγραμμα 5. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 510nm.



Στο διάγραμμα 5 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 510nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,7483$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=7,8592x$.

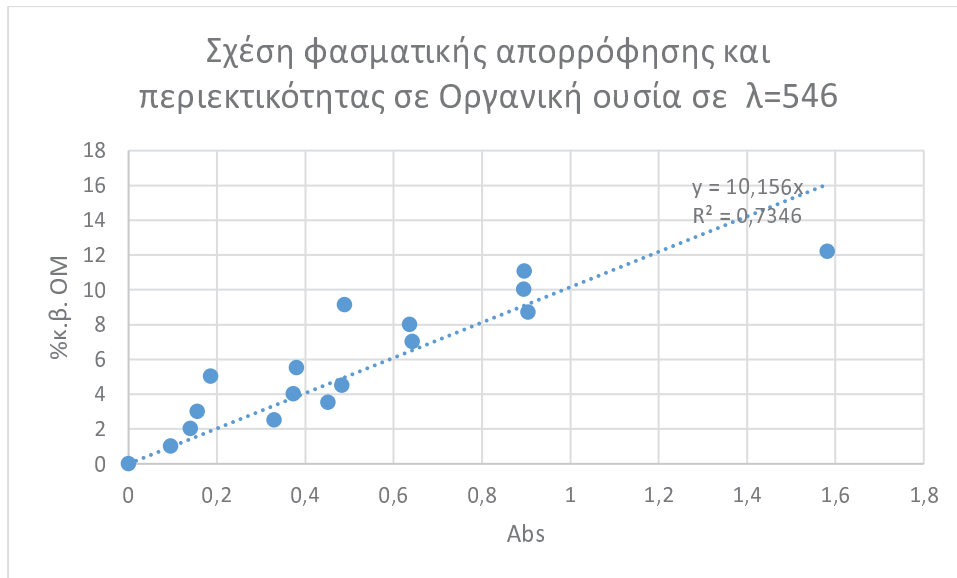
Διάγραμμα 6. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 540nm.



Στο διάγραμμα 6 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση

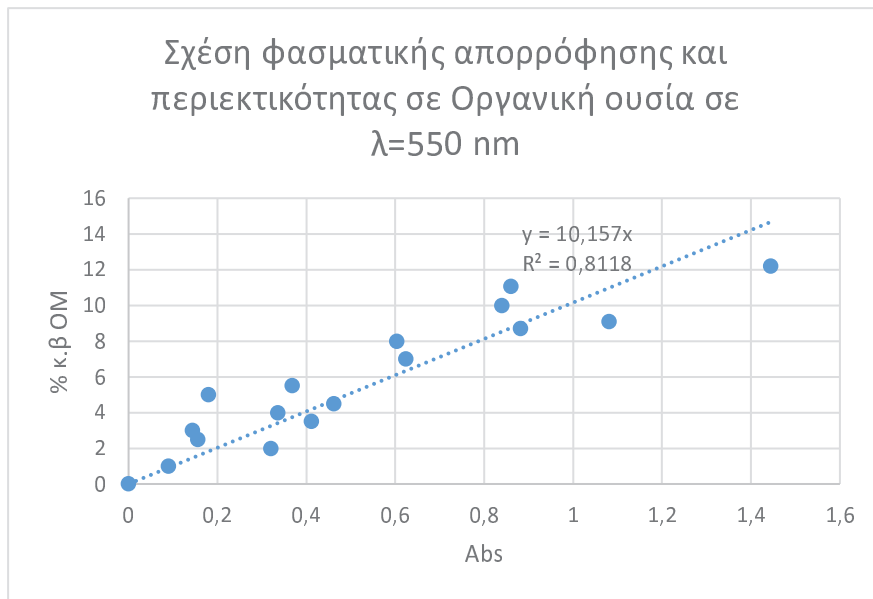
εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 540nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,7327$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=9,6612x$.

Διάγραμμα 7. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 546nm.



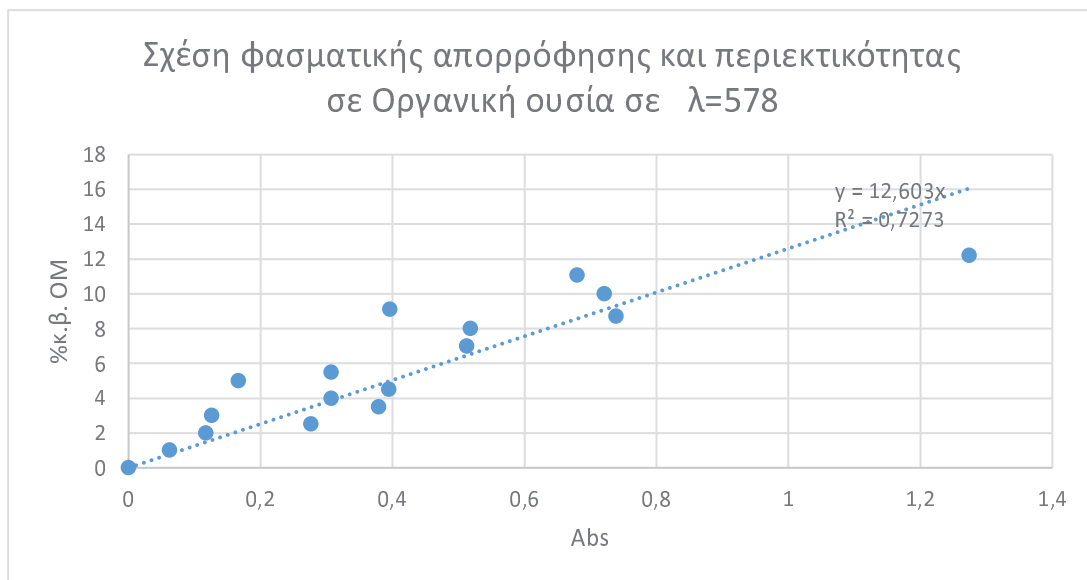
Στο διάγραμμα 7 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 546nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,7346$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=10,156x$.

Διάγραμμα 8. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 550nm.



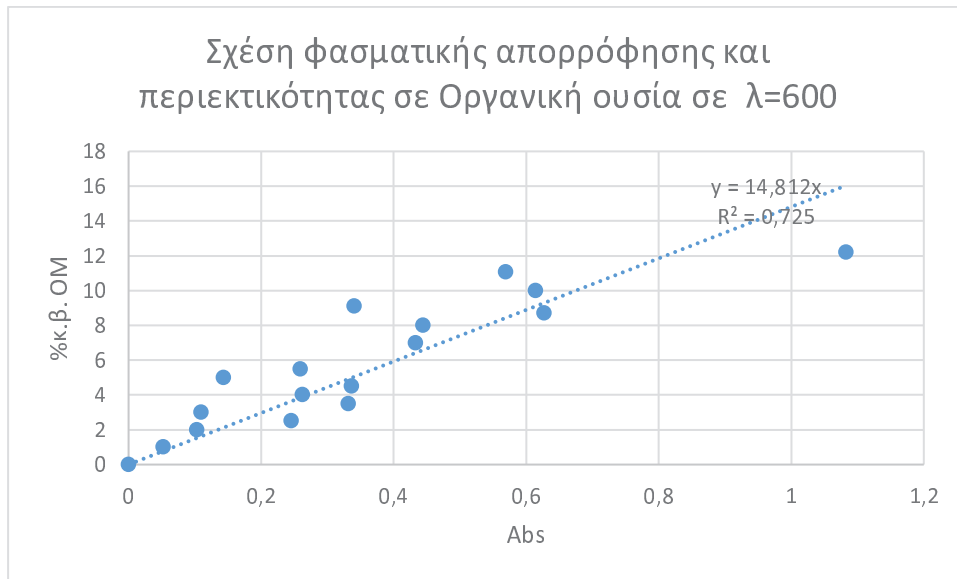
Στο διάγραμμα 8 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 550nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,8118$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=10,157x$.

Διάγραμμα 8. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 578nm.



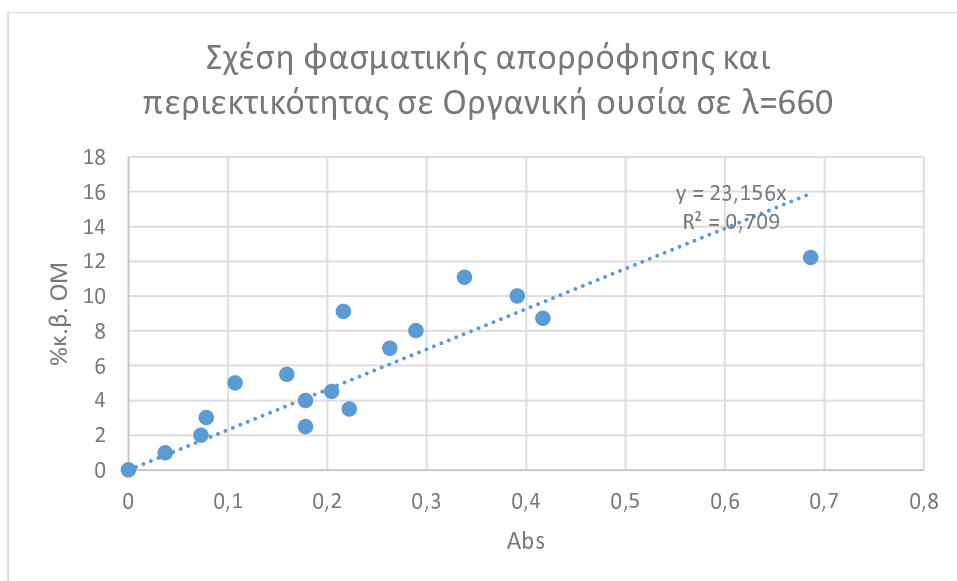
Στο διάγραμμα 8 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 578nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,7273$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y = 12,603x$

Διάγραμμα 10. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 600nm.



Στο διάγραμμα 10 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 600nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,725$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=14,812x$.

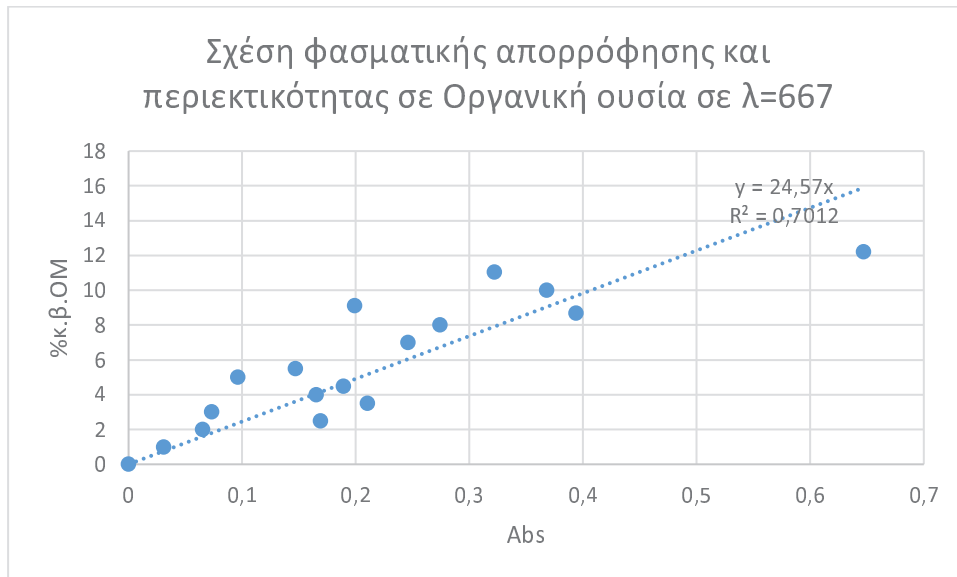
Διάγραμμα 11. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 660nm.



Στο διάγραμμα 11 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση

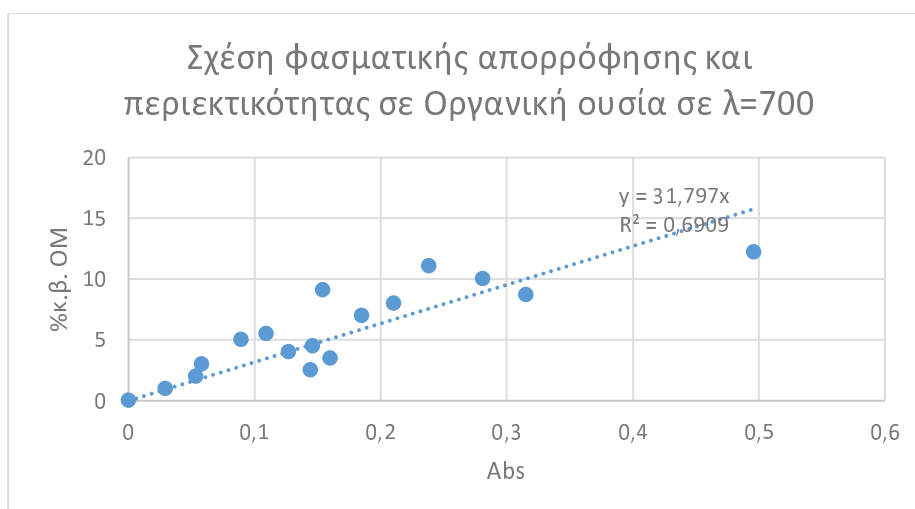
εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 660nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,709$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=23,156x$.

Διάγραμμα 12. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 667nm.



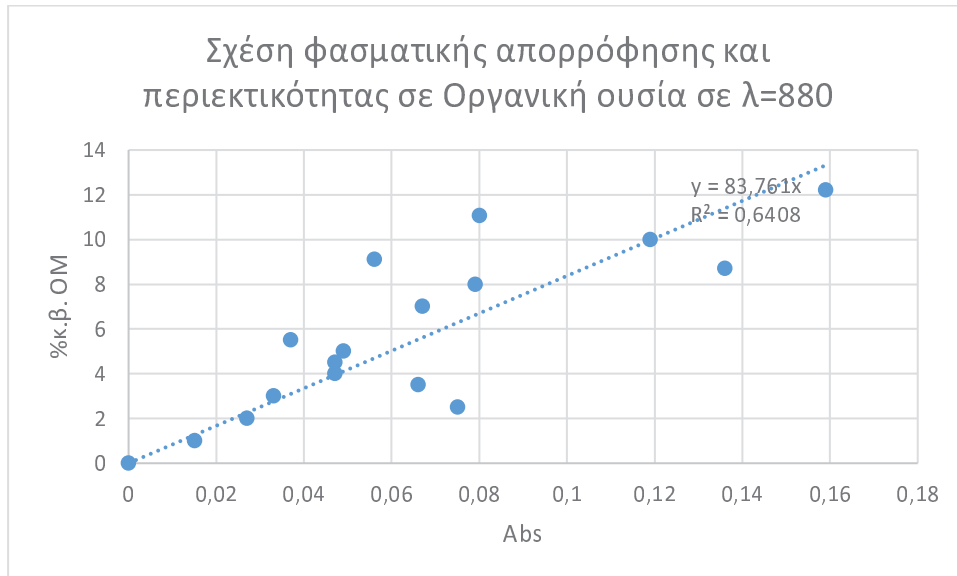
Στο διάγραμμα 12 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 667nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,7012$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=24,57x$.

Διάγραμμα 13. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 700nm.



Στο διάγραμμα 13 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 700nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,6909$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=31,797x$.

Διάγραμμα 14. Σχέση % κ.β περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 880nm.



Στο διάγραμμα 14 παρατηρείται μία γραμμική συσχέτιση της % κ.β. περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με την απορρόφηση εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 880nm με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,6408$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=83,761x$.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση είναι αξιόπιστος ο προσδιορισμός της ποιότητας του εδάφους με τις μεθόδους των δοκιμαστικών τεστ κιτ και την κάρτα υγείας εδάφους. Η εκτίμηση της υγείας του εδάφους πραγματοποιείται εύκολα και γρήγορα στο πεδίο καθώς οι τεχνικές προσδιορισμού είναι προσιτές ύστερα από εκπαίδευση και στους παραγωγούς.

Για αυτό τον λόγο προτείνεται η ελληνική κάρτα υγείας εδάφους (HSHC) όπου είναι ένας γρήγορος υπολογισμός της κλάσης της ποιότητας του εδάφους και μπορεί να εκτιμηθεί αμέσως μετά την διεκπεραίωση των δοκιμαστικών τεστ κιτ.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας με χρήση φασματοφωτόμετρου έγινε με σκοπό να βρεθεί σε ποιο μήκος κύματος μπορεί να γίνει καλύτερα η μέτρηση της οργανικής ουσίας. Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η μέτρηση σε μήκος κύματος στα 420nm έχει καλύτερη γραμμική συσχέτιση της % κατά βάρος περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,9756$ και η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη συνάρτηση $y=0,6532x$. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη βιβλιογραφία όπου προτείνεται η μέτρηση σε μήκος κύματος 550nm.

Ύστερα από αυτή τη παρατήρηση προτείνεται περαιτέρω αξιολόγηση της οργανικής ουσίας με περισσότερα δείγματα από όλη την Ελλάδα για τη βελτίωση της προτεινόμενης βιβλιογραφίας.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AAFRD 1985. Soil Organic Matter. Agdex 536-1. Alberta Agriculture, Food and Rural, Development. Edmonton, AB.
- Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. p.123- 142. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Blum W.E.H.: Soil Resilience – The Capacity of Soil to React on Stress. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, 49 , pp. 7-13, 2000.
- Blum, W.E.H.: Soil Degradation Caused by Industrialization and Urbanization. In: Blume H.-P., H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij, K.G. Steiner (Eds.): Towards Sustainable Land Use, Vol. I, 755-766, Advances in Geoecology 31, Catena Verlag, Reiskirchen 1998.
- Blum, W.H.E. 1988. Problems of soil conservation. Nature and Environment No. 40. Council of Europe. Strasbourg
- **Bowman, R.A.** 1997. Field Methods to Estimate Soil Organic Matter. Conservation Tillage Fact Sheet #5-97. USDA-ARS and NRCS. Akron, CO. Available:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:https://www.ars.usda.gov/> (accessed February, 2004)
- COM(2002)179 final: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection – Communication of the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (16/04/2002)
- EC. 2006a. COM 2006/231 2006. 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. Commission of the European Communities. Brussels, 22.9.2006
- EC. 2006b. COM 2006/232 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC Commission of the European Communities. Brussels, 22.9.2006

- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Carre, F., Jones, B., Kibblewhite, M., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Várallyay, G., Yli Halla, M. and Zupan, M. 2006 Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. Technical Report. EUR 21319 EN/1, 872pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg
- EEA 1999. Environmental risk assessment. Approaches, Experiences and Information sources. Environmental Issues Series. No4
- Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 1987. Environmental physiology of plants. Academic Press, London.
- Hillel, D.1982. Introduction to soil physics. Academic Press, San Diego, CA.
- Idaho NRCS Soil Health Assessment Card, Aug 2014, , Available from: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/assessment/?cid=nrcs142p2_053871
- Kemper, W.D. 1966. Aggregate stability of soils from western United States and Canada. USDA Tech. Bull. no. 1355. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Soil Health Card (SHC) for Indian Farmers ,11 August 2015, Available from: <https://www.mapsofindia.com/my-india/government/soil-health-card-shc-for-indian-farmers>)
- Soil Health Card (SHC), 20 August 2015 , Available from: [http://www.arthapedia.in/index.php?title=Soil_Health_Card_\(SHC\)](http://www.arthapedia.in/index.php?title=Soil_Health_Card_(SHC))
- Soil Quality Indicators- Total Organic Carbon, October 2009, Available from: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/assessment/?cid=stelprdb1237387>
- Tóth, G., Máté, F. and Makó, A. 2005. Soil Attribute Parametrization for Plant-Specific Evaluation of Cropland Productivity in Hungary. Communications in Soil Science and Plant Analysis; vol.36, no.3-4, p681-693
- Tóth, G., Stolbovoy, V. and Montanarella, L. 2007. Soil Quality and Sustainability Evaluation - An integrated approach to support soil-related policies of the European Union. EUR 22721 EN. 40 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg ISBN 978-92-79-05250-7
- Treoh, F.R. and L.M. Thompson. 1993. Soils and soil fertility. 5th ed. Oxford Univ. Press, New York.

- USDA, Soil Quality Institute, July 2001 : Guidelines for soil quality assessment in conservation planning, United States Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service, Soil quality unit. January 2001, Washington DC, USA
- Van Camp. L., Bujjarabal, B, Gentile, A-R., Jones, R.J.A, Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/1, 872pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg
- Δυτική Ελλάδα , 25 Φεβρουαρίου 2012 Available from: http://www.ygeiaonline.gr/component/k2/item/16272-dytikh_ellada
- Έδαφος. 11 June 2019. In Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation Inc. Encyclopedia on-line. Available from <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%B4%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%82>
- Κοσμάς, Κ., Balley, F., Μουστάκας, Ν., Μπονέλλι, Α., Θεοδωρής, Θ. και Ιωάννου, Ι. 1996. Πρότυπη εδαφολογική μελέτη στη Δυτική Ελλάδα. Υπ. Γεωργίας
- Μπαρούχας Π. 2004. “Φασματικά χαρακτηριστικά χρώματος εδαφών της τάξεως των Alfisols”. Διδακτορική διατριβή, Γ.Π.Α., Αθήνα