



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΕΛΑΦΟΓΕΝΕΣΗΣ
ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ
ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (X) ΕΛΑΦΩΝ ΠΟΥ
ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ ΤΟΥ Ν.
ΑΙΓΑΙΟΥ**

ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΜΟΥΣΤΑΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΑΛΛΙΑΝΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΚΟΣΜΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των μεταπτυχιακών σπουδών στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και είναι αποτέλεσμα μεθοδικής έρευνας.

Η καθοδήγηση και η επίβλεψη της παρούσας εργασίας έγινε από τον Καθηγητή του εργαστηρίου Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας κ. Νικόλαο Μουστάκα. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τη συμβολή του στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, τις παρατηρήσεις καθώς και το αμείωτο ενδιαφέρον του κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους της έρευνας και κατά τη συγγραφή της μελέτης. Τον ευχαριστώ επίσης θερμά για την κατανόηση και την υπομονή αλλά και για την αμέριστη βοήθεια και τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κ. Καλλιάνου Χαρίκλεια και τον κ. Κοσμά Κωνσταντίνο που δέχτηκαν να αξιολογήσουν και να βαθμολογήσουν την παρούσα εργασία.

Ακόμη, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον παρασκευαστή του εργαστηρίου Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας κ. Δάλλα Στυλιανό για την πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους καθώς και σε όλο το επιστημονικό προσωπικό του εργαστηρίου.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τη φίλη και συνάδελφό μου Πρίφτη Μαριλένα για την υποστήριξη και την παραγωγική συνεργασία προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ (ABSTRACT)	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΔΑΦΟΣ	2
1.2 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΕΔΑΦΗ.....	3
1.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Χ.....	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΛΙΜΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	22
2.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	22
2.3. ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	23
2.4. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ	23
2.5. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ	27
2.5.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΚΟΡΡΕΝ	27
2.5.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΘΟΡΝΒΑΙΤΕ	28
2.6. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	35
2.7. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
3.2. ΤΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	38
3.3. ΑΙΓΙΝΑ.....	41
3.4. ΜΕΘΑΝΑ	42
3.5. ΜΗΛΟΣ.....	43
3.6. ΘΗΡΑ.....	45
3.7. ΝΙΣΥΡΟΣ.....	46
3.8. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. ΛΗΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	52
4.2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	52
4.3. pH.....	52

4.4. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	52
4.5. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΔΙΘΕΙΟΝΙΚΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ (Na ₂ S ₂ O ₇).....	53
4.6. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΘΕΑΛΙΚΟΥ ΑΜΜΩΝΙΟΥ	53
4.7. ΟΛΙΚΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ	53
4.8. ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	54
4.9. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΣΗ, ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΔΑΦΟΤΟΜΩΝ	55
5.1.1. ΑΙΓΙΝΑ	55
5.1.2. ΜΕΘΑΝΑ	58
5.1.3. ΜΗΛΟΣ	61
5.1.4. ΘΗΡΑ.....	66
5.1.5. ΝΙΣΥΡΟΣ.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΔΑΦΟΤΟΜΩΝ	73
6.1.1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	73
6.1.1.1. ΑΙΓΙΝΑ	73
6.1.1.2. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Χ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	75
6.1.1.3. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ ..	76
6.1.2.1. ΜΕΘΑΝΑ	80
6.1.2.2. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Χ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	82
6.1.2.3. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ ..	83
6.1.3.1. ΜΗΛΟΣ	88
6.1.3.2. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Χ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	93
6.1.3.3. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ ..	96
6.1.4.1. ΘΗΡΑ.....	103
6.1.4.2. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	106

6.1.4.3. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ	109
6.1.5.1. ΝΙΣΥΡΟΣ.....	114
6.1.5.2. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Χ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	116
6.1.5.3. ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ	117
6.2. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	123
6.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΣΤΗ Χ.....	125
6.4. ΛΟΓΟΣ Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} ΚΑΙ Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} ΚΑΙ ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ.....	127
6.5. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΣΗΣ (% X_{fd}).....	131
6.6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΣΗΣ (% X_{fd}) ΜΕ ΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΟΥ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ.....	135

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	135
--------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	136
------------------------	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	148
---------------------------	-----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες ηφαιστειακών εδαφών που ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο του Ν. Αιγαίου καθώς επίσης και οι μαγνητικές τους ιδιότητες (μαγνητική επιδεκτικότητα -magnetic susceptibility), με σκοπό τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ αυτών. Συγκεκριμένα εδαφικά δείγματα πάρθηκαν από τις περιοχές των Μεθάνων, της Αίγινας, της Μήλου, της Νισύρου και της Θήρας.

Τα ηφαιστειακά εδάφη παρουσιάζουν λεπτόκοκκη έως χονδρόκοκκη κοκκομετρική σύσταση. Το pH των εδαφών κυμαίνεται από ελαφρώς όξινο έως αλκαλικό. Στο σύνολο των εδαφών, δεν παρατηρούνται υψηλά ποσοστά οργανικής ουσίας. Από τη μελέτη προέκυψε ότι:

Η μαγνητική επιδεκτικότητα των ηφαιστειακών αυτών εδαφών οφείλεται κυρίως στην παρουσία πρωτογενών σιδηρομαγνητικών ορυκτών (ferrimagnetic minerals), όπως ο μαγνητίτης και δευτερευόντως στην παρουσία δευτερογενών σιδηρομαγνητικών ορυκτών, όπως ο μαγεμίτης.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα κληρονομείται κατά κύριο λόγο από το μητρικό πέτρωμα.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης χρονοσειράς και οι τιμές της αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση του βαθμού εξέλιξής του.

Οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας μειώνονται με την αύξηση της ηλικίας των εδαφών.

ABSTRACT

The subject of the following study is the physicochemical properties of volcanic soils belonging to the volcanic arc of the South Aegean as well as their magnetic properties (magnetic susceptibility), to investigate the relationship between them. That soil samples were taken from areas of Methana, Aegina, Milos, Santorini and Nisyros. The volcanic soils are fine to coarse texture. The soil pH ranges from slightly acidic to alkaline. In all soils, there are no high levels of organic matter. The study showed that:

Magnetic susceptibility of these volcanic soils is mainly due to the presence of primary ferromagnetic minerals (ferrimagnetic minerals), such as magnetite and secondarily to the presence of secondary ferromagnetic minerals, such as magemitis.

Magnetic susceptibility is inherited mainly from the bedrock.

Magnetic susceptibility can be used as an index time series and the prices are an important tool for assessing the degree of evolution.

The values of magnetic susceptibility decrease with increasing age of the soil.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Έδαφος

Το έδαφος αποτελεί ανοικτό, φυσικό και δυναμικό σύστημα το οποίο μεταβάλλεται συνεχώς από την επίδραση των παραγόντων εδαφογένεσης. Οι παράγοντες της εδαφογένεσης είναι ιδιότητες του συστήματος που ανήκουν στο περιβάλλον του εδάφους, μεταβάλλονται ανεξάρτητα και επηρεάζουν τις εδαφικές ιδιότητες. Η σχέση μεταξύ των παραγόντων εδαφογένεσης (state factors) και εδαφικών ιδιοτήτων μπορεί να παρασταθεί από την παρακάτω συνάρτηση που είναι γνωστή ως εξίσωση του Jenny (1941,1958) $s=(p,r,c,o,t,...)$, όπου:

s = εδαφική ιδιότητα

p, r, c, o, t, \dots = παράγοντες εδαφογένεσης

- p = μητρικό υλικό
- r = τοπογραφία
- c = κλίμα
- o = οργανισμοί
- t = χρόνος
- οι τελείες υποδηλώνουν άλλους παράγοντες

Ο Jenny το 1961 για να κάνει περισσότερο προσιτή την εξίσωση στη μοντέρνα έννοια του οικοσυστήματος, τροποποιεί την αρχική του εξίσωση και από πέντε τους παράγοντες εδαφογένεσης τους κάνει τρεις σύμφωνα με την εξίσωση:

$I, s, v, a = f(S_o, I, t)$, όπου

- I = ιδιότητα του οικοσυστήματος
- s = εδαφική ιδιότητα
- v = ιδιότητα βλάστησης
- a = ιδιότητα οργανισμών
- S_o = αρχική κατάσταση του οικοσυστήματος
- I = εισροές ενέργειας από το περιβάλλον (ηλιακή ενέργεια, μεταφορά θερμότητας κ.α.) και
- t = η ηλικία του συστήματος.

Το S_o περιλαμβάνει το p και το r της προηγούμενης εξίσωσης, ενώ το I περιλαμβάνει τα c και o . Πρακτικά η λύση της εξίσωσης αυτής καθίσταται αδύνατη και οι πρόσφατες έρευνες στην εδαφογένεση αναφέρονται σε διάφορα μοντέλα, προκειμένου να περιγραφεί η γένεση των εδαφικών συστημάτων.

Οι εδαφικές ιδιότητες εκφράζουν το αποτέλεσμα των διεργασιών της εδαφογένεσης και επομένως η μελέτη των εδαφικών ιδιοτήτων παρέχει πληροφορίες για τις διεργασίες εδαφογένεσης και αποτελεί την πιο ασφαλή βάση στην επίλυση θεωρητικών και πρακτικών εδαφολογικών προβλημάτων.

1.2 Ηφαιστειακά εδάφη

Οι εκρήξεις των ηφαιστειών αποτελούν πολύ δυναμικό φυσικό φαινόμενο και προκαλούν μεταβολές και καταστροφές, τόσο στα χερσαία οικοσυστήματα όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Για το λόγο αυτό η δράση των ηφαιστειών έχει γίνει αντικείμενο ιδιαίτερης επιστημονικής μελέτης και παρατήρησης. Έχει υπολογιστεί ότι κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια έχουν δράσει παγκοσμίως περί τα 1500 ενεργά ηφαίστεια, ενώ κάθε έτος συμβαίνουν περίπου 60 εκρήξεις ηφαιστειών (Global Volcanism Program, 2003).

Η δράση των ηφαιστειών δεν έχει όμως μόνο καταστροφικές συνέπειες. Τα ηφαιστειακά υλικά που αποτίθενται από τις ηφαιστειακές εκρήξεις αποτελούν τη βάση για την εκ νέου δημιουργία ολόκληρων οικοσυστημάτων, στα οποία περιλαμβάνονται και τα ηφαιστειακά εδάφη. Τα εδάφη αυτά καλύπτουν παγκοσμίως μια έκταση περίπου 124 εκατομμυρίων εκταρίων, που αντιστοιχεί στο 0.84% της γήινης επιφάνειας (Leamy, 1984 ; Kimble κ.α., 2000). Περίπου το 60% των ηφαιστειακών εδαφών απαντάται σε χώρες με τροπικό τύπο κλίματος και αποτελούν για τις περιοχές αυτές μια πολύ σημαντική πηγή φυσικών πόρων, αφού τα ηφαιστειακά εδάφη είναι ιδιαίτερα παραγωγικά (Soutanto κ.α., 1988).

Ηφαιστειακά εδάφη υπάρχουν σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Στην Ιαπωνία, στη Νέα Ζηλανδία, στην Αλάσκα, στο Μεξικό, στην Καλιφόρνια, στην Κένυα, στην Αιθιοπία, στο Σουδάν, στο Περού, στην Αργεντινή, στη Χιλή, στις χώρες της Κεντρικής Αμερικής, αλλά οι περισσότερες μελέτες των ηφαιστειακών εδαφών αφορούν την Ιαπωνία, την Νέα Ζηλανδία και την Αμερική (Bartoli κ.α., 2007). Επίσης οι παραπάνω ερευνητές αναφέρουν ότι ηφαιστειακά εδάφη υπάρχουν και σε όλες τις παραμεσόγειες χώρες της Ευρώπης (Ιταλία, Γαλλία, Ελλάδα, Πορτογαλία, Ισπανία), όπως και στην Κεντρική Ευρώπη (Γερμανία, Ουγγαρία, Σλοβακία, Ουγγαρία, Ρουμανία), αλλά και στη Βόρεια (Ισλανδία).

Τα ηφαιστειακά εδάφη παρουσιάζουν πολλά ιδιαίτερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που δεν απαντώνται σε άλλους τύπους εδαφών. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: το μεταβλητό ηλεκτρικό φορτίο, η μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού, η μεγάλη ικανότητα δέσμευσης του P, η μικρή φαινομενική πυκνότητα, η δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων, καθώς και η εξαιρετική τους καλλιεργησιμότητα (Shoji κ.α., 1993a). Αυτές οι ιδιαιτερότητες των ηφαιστειακών εδαφών οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη ξεχωριστή σύσταση του αργιλικού τους κλάσματος, που συνίσταται από μη κρυσταλλικά συστατικά (αλλοφανή, μογκολίτη, άμορφα οξείδια Fe-ferrihydrite) και από οργανομεταλλικά σύμπλοκα Al και Fe. Τα παραπάνω συστατικά των ηφαιστειακών εδαφών αποκαλούνται με το γενικό όρο *‘ενεργές μορφές του Al και του Fe’* και ο σχηματισμός τους αποτελεί την κύρια πεδογενετική διεργασία στα εδάφη αυτά. Ο σχηματισμός των μη κρυσταλλικών συστατικών σχετίζεται άμεσα με ιδιαιτερότητες των ηφαιστειακών μητρικών υλικών και συγκεκριμένα με τον ταχύ ρυθμό αποσάθρωσης της ηφαιστειακής υέλου, η οποία αποτελεί βασικό συστατικό τους.

Οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ηφαιστειακή έκρηξη περιγράφεται με τον όρο ηφαιστειακή τέφρα. Ο χαρακτηρισμός και η ταξινόμηση της ηφαιστειακής τέφρας γίνεται κυρίως με βάση την ορυκτολογική και τη χημική της σύσταση. Η ηφαιστειακή ύελος αποτελεί συστατικό της ηφαιστειακής τέφρας και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μετασταθές υπέρψυχρο υγρό και είναι αποτέλεσμα της περιορισμένης κρυσταλλοποίησης εξαιτίας της γρήγορης ψύξης του μάγματος. Έτσι η ηφαιστειακή ύελος χαρακτηρίζεται από την απουσία κρυσταλλικής δομής και διαχωρίζεται σε όξινη και βασική (άχρωμη και έγχρωμη αντιστοίχως). Η κυριαρχία της μιας ή της άλλης μορφής έχει καθοριστική σημασία για τη γένεση των ηφαιστειακών εδαφών, αφού η έγχρωμη ηφαιστειακή ύελος αποσάθρώνεται πολύ γρηγορότερα σε σχέση με την άχρωμη (Dahlgren κ.α., 2004).

Η υψηλή περιεκτικότητα των ηφαιστειακών υλικών σε ύελο αποτελεί το κυριότερο χαρακτηριστικό τους ως μητρικό υλικό των ηφαιστειακών εδαφών και είναι η κύρια αιτία για τις ορυκτολογικές και φυσικοχημικές ιδιαιτερότητες των εδαφών αυτών, αφού η ταχεία αποσάθρωση της ηφαιστειακής υέλου έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των 'ενεργών μορφών του Al και του Fe'.

Στο αργιλικό κλάσμα των ηφαιστειακών εδαφών συνήθως κυριαρχούν τα άμορφα συστατικά και σε μικρότερο βαθμό απαντώνται τα κρυσταλλικά. Τα πιο συνηθισμένα άμορφα συστατικά είναι: τα αλλοφανή, ο ιμογκολίτης (αργιλιοπυριτικά) και τα άμορφα οξειδία του Fe (ferrihydrite). Εκτός από τα παραπάνω, άλλα δύο συστατικά που απαντώνται στα ηφαιστειακά εδάφη είναι ο αλλοϋσίτης και το άμορφο Si. Ο αλλοϋσίτης αποτελεί ένα μεταβατικό ορυκτό μεταξύ της άμορφης και κρυσταλλικής κατάστασης και είναι του τύπου 1:1.

Ο σχηματισμός των μη κρυσταλλικών συστατικών είναι αποτέλεσμα της γρήγορης αποσάθρωσης της ηφαιστειακής υέλου, η οποία παρουσιάζει την ελάχιστη αντίσταση στη χημική αποσάθρωση.

Τα οργανομεταλλικά σύμπλοκα Al και Fe αποτελούν την κύρια μορφή ενεργού Al και Fe, σε όξινα ηφαιστειακά εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ουσία και δεν περιέχουν αλλοφανή (Shoji και Fujiwara, 1984).

Ο Fe που απελευθερώνεται από την αποσάθρωση των ηφαιστειακών υλικών σχηματίζει στα ηφαιστειακά εδάφη, κυρίως μη κρυσταλλικά οξυ-υδροξείδια καθώς και οργανομεταλλικά σύμπλοκα (Childs κ.α., 1991). Στα εδάφη αυτά ενοείται ο σχηματισμός μη κρυσταλλικών ή ελαφρώς κρυσταλλοποιημένων οξυ-υδροξειδίων του Fe σε σχέση με τις κρυσταλλικές μορφές του. Η μεγαλύτερη σταθερότητα του Fe με τη μορφή οξειδίων σε σχέση με τα οργανομεταλλικά σύμπλοκα ενοεί το σχηματισμό των οξυ-υδροξειδίων του Fe (Wada και Higashi, 1976). Το πιο σημαντικό μη κρυσταλλικό οξυ-υδροξείδιο του Fe είναι ο ferrihydrite, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως ένα συστατικό υψηλής ενεργότητας, λόγω της μεγάλης και υδροξυλιωμένης ειδικής του επιφάνειας (Schwertmann και Taylor, 1989).

Ο ταχύς ρυθμός αποσάθρωσης του ηφαιστειακού μητρικού υλικού συμβάλλει στο σχηματισμό του ferrihydrite. Η ταχεία αποσάθρωση, κυρίως της έγχρωμης ηφαιστειακής υέλου και του ολιβίνη, απελευθερώνει μεγάλες

ποσότητες Fe στο εδαφικό διάλυμα με ταχύτερους ρυθμούς από αυτούς που χρειάζονται για να σχηματιστούν κρυσταλλικά οξείδια του Fe, όπως ο γκαιτίτης και ο αιματίτης (Shoji κ.α., 1993a). Έτσι, το εδαφικό διάλυμα καθίσταται υπέρκορο σε Fe, ο οποίος κατακρημνίζεται ως άμορφο οξείδιο (ferrihydrite). Στα εδάφη που σχηματίζονται σε υγρούς και κρύους τύπους κλίματος ευνοείται ο σχηματισμός του ferrihydrite σε σχέση με τις πιο σταθερές μορφές οξειδίων του Fe, όπως ο γκαιτίτης και ο αιματίτης. Οι συνθήκες που υπάρχουν στους παραπάνω τύπους κλίματος παρεμποδίζουν διεργασίες όπως η απώλεια νερού, που είναι απαραίτητη για το μετασχηματισμό του ferrihydrite σε γκαιτίτη και σε αιματίτη (Schwertmann, 1985). Έτσι, η παρουσία του ferrihydrite στα ηφαιστειακά εδάφη καθορίζεται αφενός από τη σύσταση της ηφαιστειακής υέλου και αφετέρου από τις κλιματικές συνθήκες.

Τα φυλλοπυριτικά ορυκτά του τύπου 2:1 και 2:1:1 απαντώνται συχνά σε ηφαιστειακά εδάφη. Τα ορυκτά αυτού του τύπου κυριαρχούν στα εδάφη τα οποία δεν περιέχουν αλλοφανή.

Το άμορφο Si αποτελεί ένα άλλο ιδιαίτερο συστατικό των ηφαιστειακών εδαφών. Στα νεαρά ηφαιστειακά εδάφη απαντώνται συνήθως δύο τύποι άμορφου Si: το πεδογενές άμορφο Si και το βιογενές (plant opal & diatoX).

Σύμφωνα με την θεωρία του Jenny (1941), οι σταθεροί παράγοντες που επηρεάζουν την γένεση και συνεπώς και τις ιδιότητες του εδάφους είναι: το κλίμα, το μητρικό υλικό, ο χρόνος, οι οργανισμοί και η τοπογραφία. Έτσι και στα ηφαιστειακά εδάφη οι παραπάνω παράγοντες παίζουν καθοριστικό ρόλο για το σχηματισμό και τις ιδιότητες τους.

Τα εδάφη που σχηματίζονται σε ηφαιστειακά μητρικά υλικά, παρουσιάζουν μια ποικιλία χαρακτηριστικών, που είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του κλίματος σε συνδυασμό με αυτήν του χρόνου, οι οποίοι είναι και οι δύο κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την εξέλιξη των ηφαιστειακών εδαφών. Τα ηφαιστειακά εδάφη σχηματίζονται γρήγορα σε υγρά περιβάλλοντα λόγω του ευαποσάθρωτου χαρακτήρα του ηφαιστειακού μητρικού υλικού, εκτός αν υπάρχουν επαναλαμβανόμενοι κύκλοι απόθεσης ηφαιστειακής υλικού, οπότε τα εδάφη παραμένουν σε αρχικό στάδιο εξέλιξης (Dahlgren κ.α., 2004).

Η γένεση των ηφαιστειακών εδαφών επηρεάζεται σημαντικότερα από τις ιδιότητες του μητρικού υλικού. Η σύσταση της ηφαιστειακής υέλου, τα χαρακτηριστικά της απόθεσης των ηφαιστειακών υλικών, καθώς και οι προσθήκες μη ηφαιστειακών υλικών είναι οι πιο σημαντικές από τις ιδιότητες του μητρικού υλικού.

Ο ρυθμός της αποσάθρωσης είναι πολύ μεγαλύτερος στα εδάφη τα οποία προέρχονται από μητρικά υλικά που είναι πλούσια σε έγχρωμη υέλο (βασαλτικής σύστασης) σε σχέση με αυτά που είναι πλούσια σε όξινη, άχρωμη ηφαιστειακή υέλο (Kirkman και Mchardy, 1980).

Ο σχηματισμός των ηφαιστειακών εδαφών επηρεάζεται καθοριστικά από το κλίμα, σε τέτοιο βαθμό ώστε στα διάφορα συστήματα ταξινόμησης, ο διαχωρισμός πολλών υποτάξεων να γίνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κλίματος (Soil Survey Staff, 2006). Η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η

εξατμισοδιαπνοή και η υγρασία είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη γένεση των ηφαιστειακών εδαφών, μιας και ο βαθμός αποσάθρωσης μειώνεται σημαντικά με την περιορισμένη εδαφική υγρασία και διήθηση.

Η τοπογραφία επιδρά στο σχηματισμό των ηφαιστειακών εδαφών, όπως και στις υπόλοιπες κατηγορίες εδαφών. Το τοπογραφικό ανάγλυφο σχετίζεται άμεσα με την απόθεση των ηφαιστειακών υλικών, το μέγεθος και την κατανομή τους στο χώρο, τη διάβρωση του εδάφους καθώς και την κατανομή της εδαφικής υγρασίας, τη στράγγιση κ.λ.π. ενώ οι Rech κ.α. (2001), διαπίστωσαν και την επίδραση του προσανατολισμού των εδαφών.

Ο χρόνος απόθεσης των ηφαιστειακών υλικών λαμβάνεται ως ο χρόνος μηδέν για το σχηματισμό των εδαφών (Shoji κ.α., 1993a). Από τον παράγοντα του χρόνου καθορίζεται η κάλυψη με βλάστηση, ο βαθμός στον οποίο έχουν συντελεστεί οι διεργασίες της αποσάθρωσης, ο μετασχηματισμός αλλά και ο νεοσχηματισμός των ορυκτών, καθώς και η μετακίνηση υλικών για το σχηματισμό οριζόντων. Η παρουσία των αλλοφανών σχετίζεται άμεσα με το εάν από την έναρξη της εδαφογένεσης έχει παρέλθει το απαραίτητο χρονικό διάστημα για τον σχηματισμό των συστατικών αυτών. Ανάλογη είναι η επίδραση του χρόνου και για την βλάστηση, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, το βαθμό χουμοποίησης αυτής, αλλά και για την πρόοδο των χημικών διεργασιών που συντελούνται σε όλο το εδαφικό σύστημα.

Τα ηφαιστειακά εδάφη χαρακτηρίζονται από τρεις τύπους εδαφικής οξύτητας ανάλογα με διαφορετικούς μηχανισμούς οι οποίοι δρουν λόγω της παρουσίας αλλοφανών, ορυκτών τύπου 2:1 και χούμου. Επίσης χαρακτηρίζονται από μεταβλητό ηλεκτρικό φορτίο. Στα εδάφη που περιέχουν αλλοφανή το φορτίο είναι κυρίως μεταβλητό, ενώ σε αυτά που δεν περιέχουν αλλοφανή παρουσιάζεται τόσο μεταβλητό όσο και σταθερό ηλεκτρικό φορτίο. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) στα εδάφη αυτά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το pH, αλλά και από την ιοντική ισχύ του εδαφικού διαλύματος (Okamura και Wada, 1983). Τα ηφαιστειακά εδάφη έχουν μεγάλη ικανότητα να δεσμεύουν P και F. Η δέσμευση του P είναι μεγαλύτερη στα περισσότερα αποσαθρωμένα ηφαιστειακά εδάφη (Ito κ.α., 1991).

Τα ηφαιστειακά εδάφη παρουσιάζουν ιδιαίτερες φυσικές ιδιότητες, οι οποίες οφείλονται τόσο στις ιδιότητες του μητρικού υλικού όσο και στο σχηματισμό των μη κρυσταλλικών συστατικών και στη συσσώρευση της οργανικής ουσίας. Οι ιδιότητες αυτές είναι το σκοτεινό χρώμα, η δυσκολία διασποράς της αργίλου, η μεγάλη συνεκτικότητα, η χαμηλή φαινομενική πυκνότητα και η μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού (Shoji κ.α., 1993a).

Με βάση την τελευταία έκδοση του συστήματος ταξινόμησης του FAO (FAO, ISRIC, 2006), για να ταξινομηθεί ένα έδαφος ως Andosol θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από andic ή vitric ιδιότητες ενώ με βάση το Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006) Andisols είναι τα εδάφη που χαρακτηρίζονται από andic ιδιότητες. Τα Andisols/Andosols είναι η τάξη εδαφών στην οποία ταξινομούνται τα περισσότερα ηφαιστειακά εδάφη τα οποία σχηματίζονται σε εύκρατα και τροπικά κλίματα. Σε υγρά κλίματα οι προϋποθέσεις για να

καλύπτονται τα κριτήρια για τις andic/vitric ιδιότητες μπορούν να εξασφαλιστούν μέσα σε χρονικό διάστημα 200–300 ετών (Dahlgren κ.α., 1997). Αντίθετα σε ξηρούς τύπους κλίματος τα ηφαιστειακά εδάφη ταξινομούνται πολλές φορές ως Entisols, λόγω της απουσίας andic/vitric ιδιοτήτων (Dubroeuq κ.α., 1998 ; Arnalds και Kimble, 2001 ; Moustakas και Georgoulas, 2005). Έτσι φαίνεται ότι ο χρόνος και το κλίμα αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ταξινόμηση των ηφαιστειακών εδαφών.

1.3 Μαγνητική επιδεκτικότητα X

Η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι μια απλή, σύντομή και μη καταστροφική τεχνική προκειμένου να χαρακτηρίσουμε εδάφη και ιζήματα και χρησιμοποιείται συχνά τις τελευταίες δεκαετίες (Mullins,1977; Maher,1986; Thompson and Oldfield,1986; Dearing et al.,1996; Maher,1998; de Jong et al.,2000; Lu et al.,2000; Lu,2000a,b; Maher et al.,2003; Rivas et al.,2006). Η μαγνητική επιδεκτικότητα έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγραφούν οι διαδικασίες σχηματισμού του εδάφους και η ανάπτυξη του εδαφικού προφίλ, για να αναγνωριστεί η λιθολογία εδαφικών μητρικών υλικών, σαν βοήθεια στην ταξινόμηση των εδαφών και σαν ένα μέτρο της ποσότητας των μαγνητικών ορυκτών στα εδάφη (Mullins,1977; Özdemir and Banerjee, 1982; Maher,1986; Resende et al., 1986; Singer and Fine,1989; Fine et al.,1992; Jordanova et al.,1997; Fontes et al.,2000, Lu,2000a, 2003; Maher et al.,2003).

Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει μια βαθμιαία εμφάνιση ενδιαφέροντος για τις μαγνητικές ιδιότητες των εδαφών. Ο Le Borgne (1955) διαπίστωσε ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους ήταν γενικά μεγαλύτερη από αυτή του υπεδάφους και του ελλοχεύοντος μητρικού υλικού, και ότι η σημαντικότερη συμβολή σε αυτήν την ευαισθησία προήλθε από την άργιλο – κλάσμα αργίλου του εδάφους. Τα συμπεράσματά του έχουν τεκμηριωθεί περαιτέρω από τους επόμενους ερευνητές και αποτελούν τη βάση μιας μεγαλύτερης μελέτης.

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την εναλλαγή της επιδεκτικότητας κάτω από το προφίλ και τη σχέση του με τον εδαφικό τύπο. Οι Vadyunina και Babanin (1972) κατά τη σύνοψη μεγάλου όγκου εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στη Ρωσία προτείνουν ότι η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο των εδαφικών διαδικασιών όπως το gleying και το solidization.

Δυστυχώς, ορισμένες μελέτες έχουν δημιουργήσει την εντύπωση ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα είναι ανάλογη με την ποσότητα των μαγνητικών ορυκτών στο έδαφος. Αν και αυτό είναι αλήθεια, σε ορισμένες περιπτώσεις, η σταθερά της αναλογικότητας, εξαρτάται από τα ορυκτά που είναι παρόντα και το μέγεθος κόκκου. Επιπλέον, η πραγματική μέθοδος μέτρησης της ευαισθησίας θα επηρεάσει τις τιμές που λαμβάνονται. Για αυτούς τους λόγους, είναι αναγκαίο να συνοψιστούν μερικές από τις μαγνητικές ιδιότητες των ορυκτών στο έδαφος.

Μαγνητική συμπεριφορά

Ο μαγνητισμός κληρονομείται από δυνάμεις ή ενέργειες που παράγονται από τα ηλεκτρόνια που αποτελούνται τα άτομα. Τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους καθώς επίσης και γύρω από τον πυρήνα του ατόμου στις δικές τους τροχιές. Οι περιστροφές αυτές είναι ανάλογες με την τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο και την ταυτόχρονη περιστροφή της γύρω από τον άξονά της. Ο τρόπος με τον οποίο οι κινήσεις των διαφορετικών ηλεκτρονίων προσανατολίζονται καθορίζει τη συνολική μαγνητική ενέργεια ή ροπή του ατόμου. Διαφορετικά άτομα έχουν διαφορετικούς αριθμούς ηλεκτρονίων και ως εκ τούτου διαφορετικές μαγνητικές ροπές. Τα μόρια αποτελούνται από άτομα, τα διάφορα υλικά από μόρια με αποτέλεσμα η μαγνητική συμπεριφορά ενός πετρώματος ή ενός εδαφικού υλικού, να καθορίζεται από τη διαμόρφωση και τις αλληλεπιδράσεις όλων των κινήσεων των ηλεκτρονίων σε όλα τα άτομά του. Υπάρχουν πέντε διαφορετικές κατηγορίες μαγνητικής συμπεριφοράς.

Πίνακας 1.1 Κατηγορίες μαγνητικής συμπεριφοράς και εκτίμηση τιμών μαγνητικών επιδεκτικότητων

Ferromagnetic επιδεκτικότητας	Πολύ υψηλές θετικές τιμές μαγνητικής Π.χ. καθαρός σίδηρος, νικέλιο, χρώμιο
Ferrimagnetic	Υψηλές θετικές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας Π.χ. μαγνητίτης, μαγεμίτης, πυρόλιθος κ.ά.
Canted antiferromagnetic	Ενδιάμεσες θετικές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας Π.χ. αματίτης, γκαϊτίτης
Παραμαγνητικά	Χαμηλές θετικές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας Π.χ. βιοτίτης, ολιβίνης
Διαμαγνητικά	Χαμηλές αρνητικές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας Π.χ. νερό, οργανική ουσία, ανθρακικό ασβέστιο

1^η κατηγορία.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει υλικά, που εμφανίζουν υψηλές τιμές μαγνητικής συμπεριφοράς. Στην κατηγορία αυτή οι μαγνητικές ροπές των ατόμων που απαρτίζουν ένα υλικό διατάσσονται και ευθυγραμμίζονται προς την ίδια κατεύθυνση. Τα ορυκτά στην περίπτωση αυτή παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας, αλλά σπάνια απαντώνται σε εδαφικά περιβάλλοντα. Τέτοια ορυκτά είναι αυτά που περιέχουν στη δομή τους καθαρό σίδηρο, καθαρό νικέλιο και καθαρό χρώμιο. Η μαγνητική συμπεριφορά στην περίπτωση αυτή καλείται σιδηρομαγνητισμός

(ferromagnetism) και τα υλικά που εμφανίζουν τέτοια συμπεριφορά ferromagnetic.

2^η κατηγορία.

Οι μαγνητικές ροπές των ατόμων, στην κατηγορία αυτή, είναι έντονα προσανατολισμένες γραμμικά, αλλά στο σύνολό τους υφίστανται σαν δύο αντιτιθέμενες αλλά άνισες δυνάμεις που εξαρτώνται από την κρυσταλλική δομή του πλέγματος των ορυκτών. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα ορυκτά μαγνητίτη, μαγεμίτη καθώς και άλλα ορυκτά που φέρουν Fe με υψηλές τιμές μαγνητικής ευαισθησίας. Ο μαγνητίτης είναι κοινό ορυκτό και απαντάται σε όλα τα πυριγενή πετρώματα, στα περισσότερα ιζηματογενή πετρώματα και σχεδόν σε όλα τα εδάφη. Η συνολική μαγνητική συμπεριφορά που εμφανίζουν καλείται σιδηρομαγνητική (ferrimagnetism) και τα υλικά που την εμφανίζουν σιδηρομαγνητικά (ferrimagnetic).

3^η κατηγορία

Όταν οι μαγνητικές ροπές των ατόμων που απαρτίζουν ένα υλικό είναι διευθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αλληλοαναιρούνται σε μεγάλο βαθμό και επομένως να εμφανίζουν τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας μικρότερες των ferromagnetic καλούνται canted antiferromagnetic. Η δομή του κρυσταλλικού πλέγματος είναι τέτοια που προσδίδει αύξηση στα καλώς προσανατολισμένα, αλλά αντίθετης μαγνητικής ροπής άτομα με αποτέλεσμα να εμφανίζουν εξασθενημένη μαγνητική επιδεκτικότητα. Τέτοια υλικά είναι ο αιματίτης και ο γκαιτίτης.

Στις ανωτέρων τρεις κατηγορίες μαγνητικής συμπεριφοράς τα υλικά (ορυκτά και μέταλλα) εμφανίζουν μαγνήτιση ακόμα και απουσία μαγνητικού πεδίου και μπορεί να προσδιορισθούν με τη μέτρηση του μαγνητικού υπόλοιπου.

4^η κατηγορία

Παρόμοιες ή ασθενέστερες τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας της τρίτης κατηγορίας μαγνητικής συμπεριφοράς (canted antiferromagnetic), λαμβάνονται από μια ομάδα ορυκτών που εμφανίζουν την ιδιότητα του παραμαγνητισμού. Παραμαγνητικό άτομο καλείται το άτομο του οποίου τα ηλεκτρόνια κινούνται εκ φύσεως κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μαγνητική ροπή του ατόμου να είναι διαφορετική του μηδενός. Τα άτομα ενός παραμαγνητικού υλικού έχουν εκ δομής μαγνητική ροπή και επομένως θεωρούνται σα μαγνητικά δίπολα. Ένα τέτοιο υλικό όταν βρίσκεται εκτός μαγνητικού πεδίου δεν εμφανίζει μαγνητική συμπεριφορά και επομένως μαγνητική επιδεκτικότητα. Στην περίπτωση αυτή τα μαγνητικά δίπολα είναι διευθετημένα προς όλες τις διευθύνσεις. Εάν όμως βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο, τότε τα μαγνητικά δίπολα διευθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εμφανίζουν μαγνητική ροπή. Δεν μπορεί να έχουμε

πλήρη προσανατολισμό των μαγνητικών δίπολων. Πλήρης προσανατολισμός επέρχεται μόνο όταν μειώσουμε τη θερμοκρασία και αυξήσουμε την ένταση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου. Επειδή τα δίπολα προσαρμόζονται ομόρροπα προς το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο έπεται ότι και η μαγνήτιση θα είναι ομόρροπος του εφαρμοζόμενου πεδίου. Η μαγνητική ροπή στην περίπτωση των παραμαγνητικών υλικών οφείλεται στην παρουσία σιδήρου στα υλικά αυτά. Στη φύση υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων υλικών και βρίσκονται τόσο στα περώματα όσο και στα εδάφη. Κύριοι εκπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι ο βιοτίτης, ο πυρίτης κ.ά.

5^η κατηγορία

Τέλος, υπάρχει μια κατηγορία μαγνητικής συμπεριφοράς που αναφέρεται ως Διαμαγνητισμός. Διαμαγνητικό άτομο καλείται το άτομο του οποίου τα ηλεκτρόνια κινούνται εκ φύσεως κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μαγνητική ροπή του ατόμου να είναι ίση με μηδέν. Τα άτομα ενός διαμαγνητικού υλικού δεν έχουν μαγνητική ροπή. Επομένως είναι αυτονόητο να μην εμφανίζουν μαγνητική ροπή όταν βρίσκονται εκτός μαγνητικού πεδίου. Στην περίπτωση όμως που βρεθούν εντός μαγνητικού πεδίου εμφανίζουν μαγνητική ροπή αντίθετη του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου, εμφανίζουν ελαφρώς αρνητική μαγνητική επιδεκτικότητα

Στα υλικά που εμπίπτουν σε αυτήν την ομάδα περιλαμβάνονται ορυκτά που δεν περιέχουν σίδηρο, όπως είναι ο χαλαζίας και το ανθρακικό ασβέστιο. Άλλες διαμαγνητικές ουσίες είναι η οργανική ύλη και το νερό.

Τα παραμαγνητικά και διαμαγνητικά υλικά δεν εμφανίζουν μαγνητική επιδεκτικότητα όταν βρίσκονται εκτός της επίδρασης μαγνητικού πεδίου αλλά εμφανίζουν μόνο όταν βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο.

Η μαγνητική επιδεκτικότητα ενός εδαφικού υλικού μπορεί επομένως να ορισθεί ως το άθροισμα όλων των μαγνητικών επιδεκτικότητων των υλικών που αποτελείται ήτοι, των σιδηρομαγνητικών (ferrimagnetic), των canted antiferromagnetic, των παραμαγνητικών και των διαμαγνητικών. Οι τιμές των διαμαγνητικών υλικών, όμως, είναι αμελητέες και μπορεί να αγνοηθούν.

Μίγματα ορυκτών

Θεωρητικά, μπορούμε να εξηγήσουμε ή να προβλέψουμε τη συνολική μαγνητική επιδεκτικότητα ενός δείγματος (εδαφικού), αθροίζοντας τις επί μέρους τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας των ορυκτών από τα οποία αποτελείται το δείγμα (τιμές διάφορων ορυκτών φαίνονται στον Πίν. 1.2).

Δείγματα στα οποία δεν έχει προστεθεί ανθρωπογενής κυρίως σίδηρος, δεν περιέχουν ferromagnetic ορυκτά. Η τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας ενός δείγματος, απουσία ferromagnetic ορυκτών, είναι συνάρτηση κυρίως της παρουσίας

σιδηρομαγνητικών ορυκτών (ferromagnetic) και πολύ λιγότερο της παρουσίας άλλων κατηγοριών ορυκτών μαγνητικής συμπεριφοράς (Πίνακας 1.1).

Η τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας του μαγνητίτη, για παράδειγμα, είναι περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερη, από τη μαγνητική επιδεκτικότητα του ισχυρότερου canted antiferromagnetic ή παραμαγνητικού ορυκτού και περίπου 10.000 φορές μεγαλύτερη από τη μαγνητική επιδεκτικότητα των αργιλοπυριτικών ορυκτών. Οξειδία του σιδήρου (Ferrimagnetic), όπως ο μαγνητίτης, βρίσκονται, σχεδόν, σε όλα τα εδαφικά περιβάλλοντα.

Η παρουσία μαγνητίτη στα πυριγενή πετρώματα αντιπροσωπεύει περίπου το 1-2% των ορυκτών που απαρτίζουν τα πυριγενή πετρώματα. Αλλά και σε τέτοιες ακόμη σχετικά μικρές αναλογίες, η υψηλή μαγνητική επιδεκτικότητα που εμφανίζεται στα πυριγενή πετρώματα, δηλώνει ότι ο μαγνητίτης συμβάλλει πολύ περισσότερο, από ότι το άθροισμα όλων των υπολοίπων ορυκτών στην μαγνητική επιδεκτικότητα συνολικά του δείγματος. Η σημαντική επίδραση του μαγνητίτη στην τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας ενός δείγματος μπορεί να εκτιμηθεί. Έστω ότι ένα έδαφος αποτελείται από οργανική ουσία, νερό, άμμο, χαλαζία, άργιλο και οξειδία του σιδήρου (Πίνακας 1.3). Χρησιμοποιώντας τις τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας του Πίνακα 1.2 για κάθε ορυκτό μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική μαγνητική επιδεκτικότητα, η οποία είναι ίση με $0.5855 \times 10^{-8} \text{ m}^{-3} \text{ kg}^{-1}$.

Πίνακας 1.2 Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας διαφόρων υλικών

Mineral/Material	Formula	Iron (%)	Mass specific magnetic susceptibility ($10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)
Ferromagnetic metals			
Iron	αFe	100	276000
Cobalt	Co		204000
Nickel	Ni		68850
Ferrimagnetic			
Magnetite (0.012-0.069 μm)	Fe_3O_4	72	513-1116 500-1000
(0.09-2000 μm)			596 \pm 77
(1-250 μm)			440-716
Maghemite	$\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$	70	390-580 410, 440 286-371
Titanomagnetite	$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{TiO}_4$		169-290
Titanohaematite	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeTiO}_3$		281-315
Pyrrhotite	Fe_7S_8		50, 53
Greigite	Fe_3S_4		
(Canted) antiferromagnetic			
Hematite	$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$	70	1.19-1.69 0.58-0.78 0.49-0.65
Goethite	αFeOOH	63	0.27, 0.31, 0.6, <0.63 0.35, 0.38, 0.7, <1.26
Paramagnetic (20 °C)			
Ilmenite	FeTiO_3	37	1.7, 2
Ulvospinel	Fe_2TiO_4		
Olivine	$4[(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4]$	<55	0.01-1.3
Siderite	FeCO_3	48	1.0
Biotite	Mg,Fe,Al silicate	31	0.05-0.95
Pyroxene	$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	<12	0.04-0.94
Chamosite	oxidised chlorite		0.9
Nontronite	Fe-rich clay		0.863
Amphibole	Mg,Fe,Al silicate		0.16-0.69
Epidote	Ca,Fe,Al silicate	31	0.25-0.31
Pyrite	FeS_2	47	0.3
Lepidocrocite	γFeOOH	63	0.5-0.75, 0.69
Prochlorite	mica-like mineral		0.157
Vermiculite	complex silicate		0.152
Illite	$\text{K1Al}_4(\text{Si,Al})_8\text{O}_2\text{O}(\text{OH})_4$		0.15
Bentonite	complex silicate		0.058
Smectite	complex silicate		0.05, 0.027
Chalcopyrite	CuFeS_2	30	0.03
Attapulgitite	complex silicate		0.02
Dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		0.011
Diamagnetic			
Calcite	CaCO_3		-0.0048
Alkali-feldspar	Ca,Na,K,Al silicate		-0.005
Plastic			-0.005
Quartz	SiO_2		-0.0058
Organic matter			-0.009
Water	H_2O		-0.009
Halite	NaCl		-0.009
Kaolinite	$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$		-0.019

Αξιοσημείωτο είναι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.3, ότι μια πολύ μικρή συγκέντρωση (0.1%) μαγνητίτη συμμετέχει κατά 85.4% στη συνολική μαγνητική επιδεκτικότητα του δείγματος και ότι, τα παραμαγνητικά ορυκτά, η

οργανική ουσία, η άμμος και το νερό, που αποτελούν το 90% του εδάφους, συμβάλλουν μόνο κατά 6% στη συνολική μαγνητική επιδεκτικότητα του εδαφικού δείγματος.

Πίνακας 1.3: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας εδαφικών συστατικών

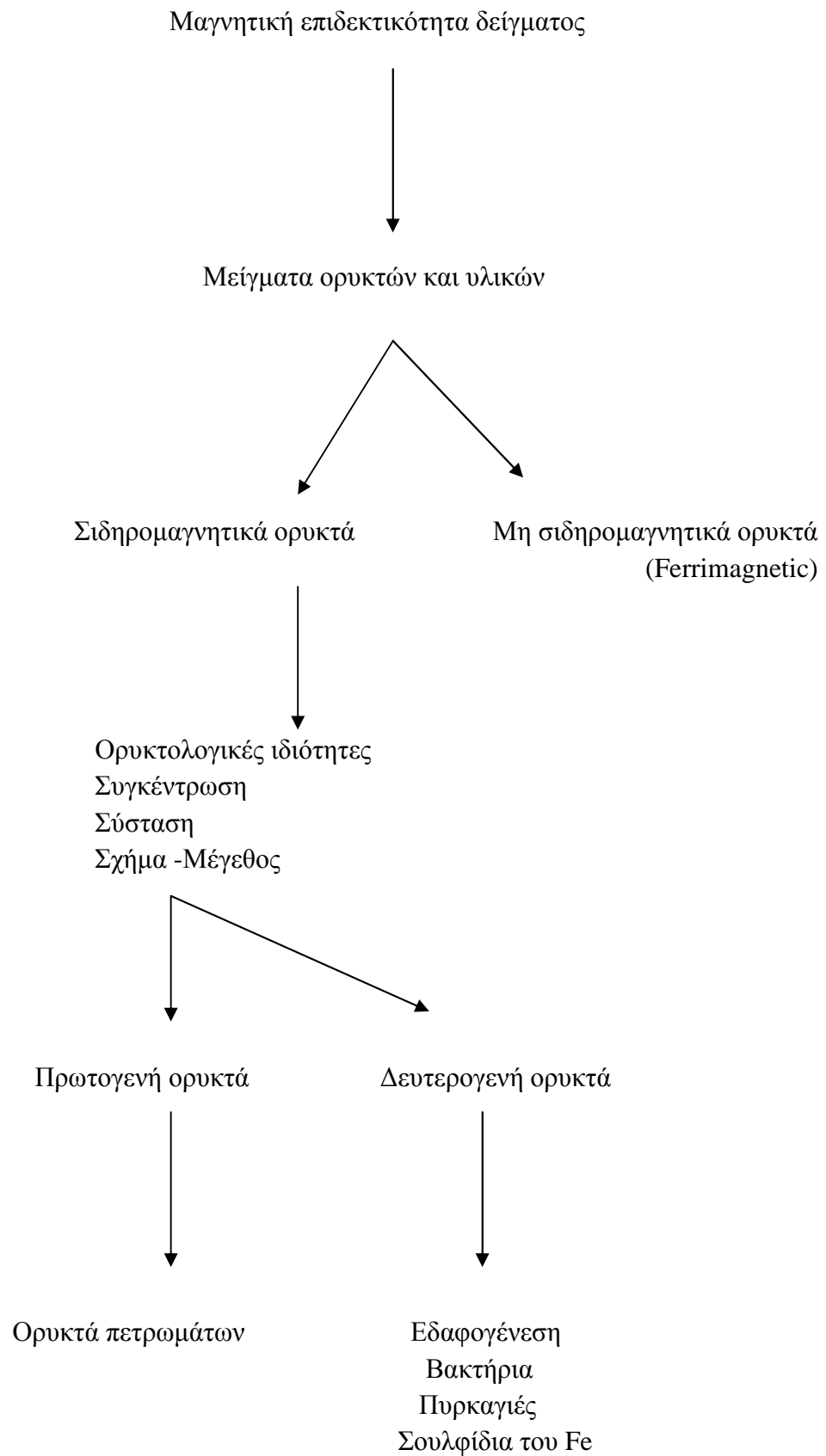
1 Mineral/material	2 Fraction	3 χ_{fr} $10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	4 Component χ_{fr} $10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	5 % Fraction total χ_{fr}
Magnetite	0.001	500	0.5	85.4
Goethite	0.099	0.5	0.0495	8.5
Paramagnetic minerals	0.75	0.05	0.0375	6.4
Organics, quartz, sand and water	0.15	-0.01	-0.0015	-0.3
Total	1.0	500.54	0.5855	100.0

Ορισμός μαγνητικής επιδεκτικότητας X

Η μαγνητική επιδεκτικότητα ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μαγνητισμού που επάγεται σε ένα δείγμα προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου που παράγει το μαγνητισμό (Mullins,1977). Οι μετρήσεις που βασίζονται στη μάζα ή στον όγκο σχετίζονται με την πυκνότητα του δείγματος. Η εξίσωση στην οποία βασίζεται το μέγεθος της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι:

$$X = \kappa / \rho$$

Όπου X είναι η μαγνητική επιδεκτικότητα που ορίζεται από τη μάζα ($\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$), κ είναι η μαγνητική επιδεκτικότητα που ορίζεται από τον όγκο ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) και ρ η φαινόμενη πυκνότητα του δείγματος (kg m^{-3}). Πρέπει αν σημειωθεί ότι κατά το σύστημα SI οι μονάδες της X πρέπει να εκφράζονται σε κλίμακες που αντιστοιχούν σε τάξεις της χιλιάδας (π.χ. 10^{-3} , 10^{-6} ή 10^{-9}) αν και συνηθίζεται να χρησιμοποιείται μονάδες της τάξης του $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.



Εικόνα 1.1: Σχηματική παράσταση για την ερμηνεία της μαγνητικής επιδεκτικότητας (X).

Συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας (X_{fd})

Οι μετρήσεις της συχνότητας μαγνητικής επιδεκτικότητας απαιτούν δύο μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε δύο διαφορετικές συχνότητες (0,46 και 4,6kHz). Οι μετρήσεις αυτές γίνονται για να ανιχνευτούν πολύ λεπτά (<0,03μm) υπερπαραμαγνητικά σιδηρομαγνητικά ορυκτά που προκύπτουν σαν κρύσταλλοι και παράγονται σε μεγάλες ποσότητες από τις βιοχημικές διαδικασίες του εδάφους. Τα δείγματα στα οποία υπάρχουν πολύ λεπτά ορυκτά αναμένεται να έχουν ελαφρώς μικρότερες τιμές όταν μετρηθούν σε υψηλή συχνότητα ενώ τα δείγματα χωρίς αυτά τα ορυκτά θα δώσουν παρόμοιες τιμές και στις δύο συχνότητες. Η συχνότητα μαγνητικής επιδεκτικότητας εκφράζεται σαν ποσοστό της μαγνητικής επιδεκτικότητας που μετρήθηκε σε χαμηλή συχνότητα. Προκύπτει από την σχέση:

$$X_{fd}\% = (X_l - X_h) / X_l$$

Όπου X_l η μαγνητική επιδεκτικότητα που μετρήθηκε σε χαμηλή συχνότητα ($m^3 kg^{-1}$) και X_h η μαγνητική επιδεκτικότητα που μετρήθηκε σε υψηλή συχνότητα ($m^3 kg^{-1}$).

Ορυκτολογική σύσταση

Η σύσταση των σιδηρομαγνητικών (ferrimagnetic) οξειδίων του σιδήρου ποικίλλει από τα «καθαρά» οξείδια του Fe ήτοι του μαγνητίτη και του μαγεμίτη, στα μη «καθαρά» οξείδια όπως του titanomagnetite και του titanomaghemite, στα οποία τα άτομα του Fe έχουν εν μέρει αντικατασταθεί από άτομα του τιτανίου (Ti). Υπάρχουν συνεχείς σειρές ή στερεά διαλύματα ανόργανων συστατικών μεταξύ των δύο αυτών ομάδων που έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε Ti. Το Ti ως υποκατάστασης μειώνει την περιεκτικότητα σε Fe άρα τη μαγνητική ροπή του ορυκτού και τελικά τη μαγνητική του επιδεκτικότητα. Στον πίνακα 1.2 φαίνεται ότι οι τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας του titanomagnetite κυμαίνονται στο 15% των υψηλότερων τιμών του μαγνητίτη. Σε περίπτωση που η αντικατάσταση του Fe από το Ti έχει προχωρήσει πέρα από ένα ορισμένο όριο, τα ορυκτά που σχηματίζονται χάνουν τη ferrimagnetic συμπεριφορά τους και μετατρέπονται σε παραμαγνητικά οξείδια του Ti, όπως ο ιλμενίτης.

Ο τύπος των οξειδίων του Fe που παρατηρούνται σε δείγματα πυριγενών πετρωμάτων εξαρτάται από τη χημική σύνθεση του υγρού μάγματος και τον τρόπο κρυστάλλωσής του. Το κύριο οξείδιο των πετρωμάτων αυτών είναι ο titanomagnetite και το ποσοστό των Ti τείνει να είναι υψηλότερο στα βασικά και χαμηλότερο στα όξινα πετρώματα. Οξείδωση σε υψηλές θερμοκρασίες (>600° C) του titanomagnetite, κατά τη διάρκεια της ψύξης έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή του σε μαγνητίτη, ενώ η σε χαμηλές θερμοκρασίες (<400° C) οξείδωση του titanomagnetite οδηγεί στο σχηματισμό του titanomaghemite. Ο Titanomagnetite σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ταχείας και όχι της αργής ψύξης του μάγματος. Τα οξείδια του Fe που

σχηματίζονται περιλαμβάνουν κρυστάλλους των οποίων οι διαστάσεις κυμαίνονται από <1 μm έως μερικά mm. Το κρυσταλλικό τους σχήμα, μπορεί να ποικίλει από σφαίρες ως ράβδους. Η αποσάθρωση των πυριγενών πετρωμάτων μπορεί να αλλάξει την κρυσταλλική δομή και τη χημική τους σύσταση και παίζει καθοριστικό ρόλο στην απελευθέρωση ορυκτών σε εδάφη και ιζήματα. Τα οξείδια του Fe που απαντώνται στα ιζηματογενή πετρώματα κληρονομούνται εν μέρει από πυριγενή πετρώματα.

Πίνακας 1.4: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας μαγνητίτη

Titanomagnetite	Single domain	Ultrafine	Fraction	
$10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	$10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	$10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	%	ppm
20	60	100	10	100000
2	6	10	1	10000
0.2	0.6	1	0.1	1000
0.02	0.06	0.1	0.01	100
0.002	0.006	0.01	0.001	10
0.0002	0.0006	0.001	0.0001	1
0.00002	0.00006	0.0001	0.00001	0.1

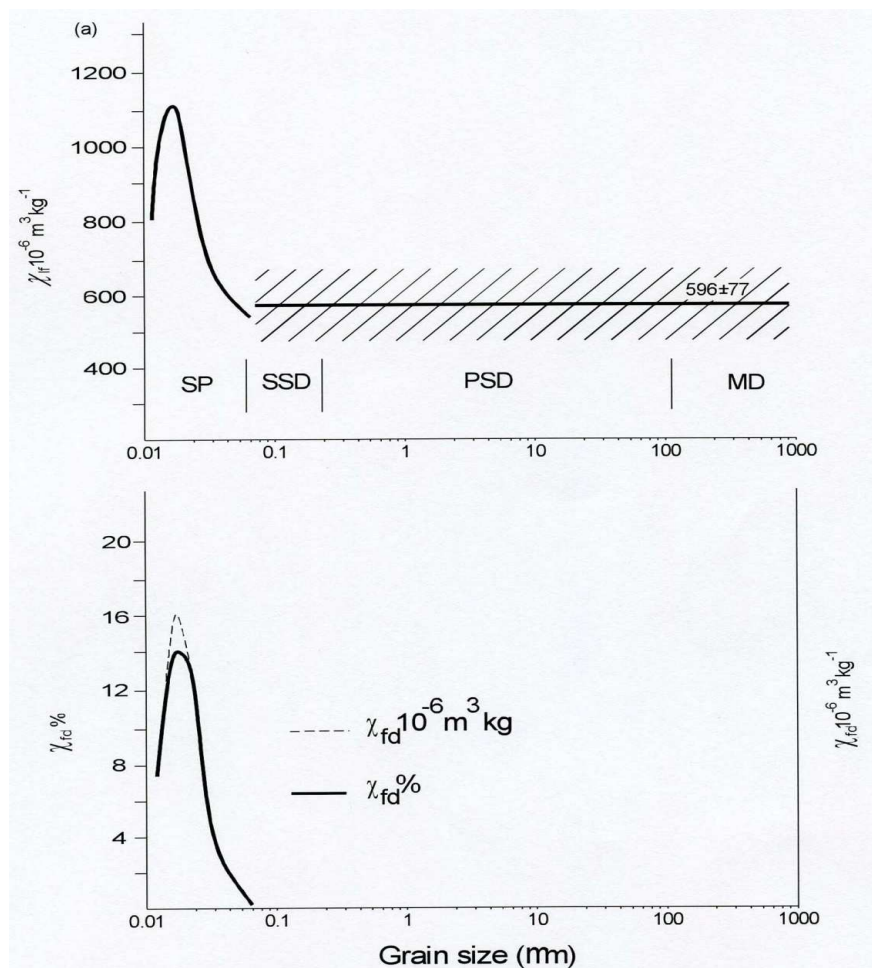
Μέγεθος κρυστάλλων και περιοχές μαγνήτισης (domain)

Κόκκοι σιδηρομαγνητικών ορυκτών αποτελούνται από περιοχές ή τομείς μαγνητισμού, γνωστές σαν domains ή αθροίσματα τέτοιων περιοχών ή τομέων. Κόκκοι διαμέτρου <0.2 μm , αποτελούν μία απλή περιοχή μαγνήτισης (single domain-SD) ενώ τεμαχίδια διαμέτρου >110 μm αποτελούνται από πολλές απλές περιοχές (multidomain-MD). Τεμαχίδια μεταξύ 0.2 και 110 μm είναι αρκετά μεγάλα και αποτελούνται από περισσότερο του ενός domain, εμφανίζουν δε τις μαγνητικές ιδιότητες των SD και ονομάζονται pseudo-single domain (PSD). Τεμαχίδια <0,03 μm χαρακτηρίζονται σαν SD, αλλά εμφανίζουν χαρακτηριστικές μοναδικές ιδιότητες. Η μαγνήτιση τους είναι ισχυρή, αλλά ασταθής λόγω της θερμικής ενέργειας που προκαλείται επειδή αντιτίθενται στην επαγόμενη μαγνήτιση πολύ γρήγορα, μετά την απομάκρυνση του μαγνητικού πεδίου. Η μαγνητική αυτή συμπεριφορά είναι παρόμοια με αυτή του παραμαγνητισμού, αλλά με πολύ μεγαλύτερη τιμή μαγνητικής επιδεκτικότητας και καλείται superparamagnetic (SP) (υπέρ παραμαγνητική) συμπεριφορά.

Μετρήσεις σε φυσικούς και συνθετικά σχηματιζόμενους μαγνητίτες, γνωστού μεγέθους (Πιν. 1.2), οδηγούν στον καθορισμό των αλλαγών της μαγνητικής επιδεκτικότητας που είναι αποτέλεσμα του μεγέθους τόσο των απλών περιοχών (SD) όσο και του αθροίσματος απλών περιοχών (MD) (Εικόνα 1.1).

Πρόσφατες μετρήσεις δείχνουν ότι οι διακυμάνσεις του X_f (μαγνητική επιδεκτικότητα μετρούμενη σε χαμηλή συχνότητα) με το μέγεθος του κρυστάλλου είναι μικρότερες από ότι θεωρείτο μέχρι σήμερα και μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν

ένα σταθερό μέσο όρο $3,1 \text{ SI} (\pm 0,4 \text{ SI})$, που αντιστοιχεί σε $596 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ($\pm 77 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) και για ένα πολύ ευρύ φάσμα μεγέθους κρυστάλλων (0.09-6000 μm). Το εύρος αυτό περιλαμβάνει όλους τους κόκκους που χαρακτηρίζονται σαν MD, PSD και SD, SSD (single stable domain). Σε κρυστάλλους διαμέτρου μικρότερης από 0.03 μm οι SSD είναι ουσιαστικά SP και οι τιμές τους είναι αρκετά υψηλές και μπορεί να υπερβαίνουν τα $1000 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Η παρουσία σε ένα δείγμα SP ορυκτών χαρακτηρίζεται από την ευαισθησία του σε διαφορετικές συχνότητες και προσδιορίζεται από μετρήσεις σε διαφορετικές συχνότητες μαγνητισμού.



Εικόνα 1.2. Μεταβολές της μαγνητικής επιδεκτικότητας με το μέγεθος των κόκκων a) περιοχές X_f για κόκκους μεταξύ 0.09 και 6000 μm (Heider et al., 1996) και για κόκκους SP/SSD (Maher, 1988) b) X_{fd} σε σχέση με το μέγεθος των κόκκων (Maher, 1988).

Σχήμα κρυστάλλων

Η μορφή του κρυστάλλου των σιδηρομαγνητικών (ferromagnetic) ορυκτών επηρεάζει τις τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας (X). Επιμήκεις κρύσταλλοι όταν βρεθούν υπό την επίρεια ενός μαγνητικού πεδίου έχουν σαν αποτέλεσμα τη μετατόπιση των ορίων από τις απλές περιοχές μαγνήτισης (domain) σε περισσότερο χονδρόκοκκα υλικά. Παραδείγματος χάριν, ραβδοειδείς

κρύσταλλοι (ferrimagnetic ορυκτών) μπορεί να εμφανίζουν SP συμπεριφορά, όταν το μήκος τους φθάνει έως τα 0.05 μm . Περιληπτικά, όταν έχουμε παρουσία μεγάλης ποσότητας ferromagnetic ορυκτών, η μαγνητική επιδεκτικότητα (X) εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες κατά σειρά μειούμενης σπουδαιότητας:

1. Συγκέντρωση ορυκτών (X_{if} ποικίλει από 200-300)
2. Ορυκτολογική σύσταση (X_{if} ποικίλει από 3-4)
3. Μέγεθος κρυστάλλων (X_{if} ποικίλει σε τιμές <2)
4. Σχήμα κρυστάλλων (X_{if} σε τιμές <2)

Πρωτογενή και δευτερογενή ορυκτά

Τα σιδηρομαγνητικά ορυκτά που σχηματίζονται εντός των πυριγενών πετρωμάτων διατηρούν όλες ή σχεδόν όλες τις μαγνητικές τους ιδιότητες και αναφέρονται σαν πρωτογενή σιδηρομαγνητικά (ferromagnetic) ορυκτά. Σιδηρομαγνητικά οξειδία και σουλφίδια του σιδήρου τα οποία έχουν σχηματισθεί από την επίδραση άλλων διεργασιών όπως, πυρκαγιές, βακτήρια, εδαφογενετικές διεργασίες, διαγένεση και authigenesis, αναφέρονται ως δευτερογενή ορυκτά. Το μέγεθος των κρυστάλλων ή των απλών μαγνητικών περιοχών παρέχουν μια ένδειξη διαδικασιών σχηματισμού του μαγνητίτη. Στον Πίνακα 1.5. βλέπουμε ότι τα πρωτογενή ορυκτά μετά την καύση ορυκτών καυσίμων έχουν την τάση να ενταχθούν στα εύρη διαστάσεων των MD, PSD και SSD, ενώ οι πυρκαγιές, οι εδαφογενετικές διεργασίες και η βακτηριακή δραστηριότητα έχουν την τάση να σχηματίζουν δευτερογενείς κρυστάλλους διαστάσεων SSD ή SP. Επομένως, σε μερικές καταστάσεις η δυνατότητα διάκρισης μεταξύ του μεγέθους των περιοχών και των κόκκων βοηθά στο προσδιορισμό της διαδικασίας σχηματισμού του κρυστάλλου. Εντούτοις, μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας, σε θερμοκρασία δωματίου, δεν επιτρέπουν τη διαφοροποίηση μεταξύ των δευτερογενών ή σιδηρομαγνητικών ορυκτών και περιοχών μαγνήτισης.

Πίνακας 1.5: Προέλευση μαγνητίτη/μαγεμίτη και greigite σε σχέση με το μέγεθος της μαγνητικής τους περιοχής (domain)

	MD	PSD	SSD	SP
Primary				
Magnetite/titanomagnetite	x	x	(x)	(x)
Secondary				
Fuel combustion	x	x	(x)	(x)
Pedogenesis		(x)	x	x
Bacterial magnetosomes		(x)	x	(x)
Dissimilatory bacterial magnetite				x
Burning			(x)	x
Authigenic/biogenic greigite			x	x
MD-multidomain, PSD-pseudo-single domain, SSD-stable single domain,				
SP- superparamagnetic, (x) - some evidence, but not normally expected				

Μαγνητική επιδεκτικότητα εξαρτώμενη από τη συχνότητα μαγνήτισης (X_{fd})

Οι υπέρ παραμαγνητικοί (SP) κρύσταλλοι έχουν διάμετρο μικρότερη από 0.03 μm και μαγνητική συμπεριφορά που μεταβάλλεται πάρα πολύ γρήγορα με το χρόνο. Όταν τα υλικά αυτά τοποθετηθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο και απομακρυνθούν στη συνέχεια χάνουν την επαγόμενη σε αυτά μαγνήτιση σε πάρα πολύ μικρό χρόνο, περίπου σε 1/10000 του δευτερολέπτου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η φυσική θερμική ενέργεια που αναπτύσσεται στους πολύ μικρής διαμέτρου κρυστάλλους είναι αρκετά ισχυρή και δεν μπορεί να εξισορροπηθεί και να υπερνικηθεί από την ενέργεια που προκαλείται από το μαγνητικό πεδίο.

Ο υπολογισμός της $\%X_{fd}$, γίνεται με μέτρηση του δείγματος σε δύο διαφορετικές συχνότητες μαγνήτισης, μια σε χαμηλή συχνότητα (0.47 kHz) και μία σε υψηλή συχνότητα (4.7 kHz). Η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας (X_H) στη χαμηλή συχνότητα, που αποτελεί και τη standard μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας, επιτρέπει στους κρυστάλλους των SP που βρίσκονται κοντά στο όριο με τα SSD να συμμετέχουν εξ ολοκλήρου στην τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας, ενώ όταν η μέτρηση γίνεται σε υψηλή συχνότητα, όχι. Η εφαρμογή υψηλότερης συχνότητας έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατόπιση του ορίου μεταξύ των SP και SSD, σε μικρότερα μεγέθη κρυστάλλων. Κατά συνέπεια κρύσταλλα SP που βρίσκονται κοντά στο όριο διαχωρισμού με κρυστάλλους SSD συμπεριφέρονται όπως οι κρύσταλλοι SSD, με αποτέλεσμα χαμηλότερη τιμή μαγνητικής επιδεκτικότητας (Εικόνα 1.2a). Η διαφορά των τιμών μαγνητικής επιδεκτικότητας σε διαφορετικές συχνότητες, φανερώνει την παρουσία και το ποσό των υπέρ-παραμαγνητικών ορυκτών. Κρύσταλλοι διαμέτρου περίπου 0.03 μm

παρουσιάζουν μειωμένες τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας σε υψηλές συχνότητες χωρίς μέχρι σήμερα να έχει διαγνωσθεί ο λόγος.

Υπάρχουν δύο τρόποι έκφρασης της X_{fd} : 1^η έκφραση σε ποσοστό % και 2^η έκφραση σε ειδική μάζα συχνότητας ($X_{fd} 10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Οι μέγιστες τιμές $\%X_{fd}$ είναι ίδιες για υπολογισμούς που υπολογίσθηκαν θεωρητικά με αυτούς που υπολογίσθηκαν εργαστηριακά. Οι μέγιστες τιμές $\%X_{fd}$ για το μαγνητίτη προσεγγίζουν το 14.5–16.9%, το 11.6-14.3% για το μαγεμίτη και περίπου το 10-12% για ένα μεγάλο εύρος και ομοιόμορφη κατανομή κόκκων SP (Εικόνα 1.2b). Κόκκοι μικρού εύρους κατανομής $<0.005 \mu\text{m}$ μπορεί να έχουν μειωμένες τιμές $\%X_{fd}$. Οι μέγιστες τιμές $\%X_{fd}$ για δείγματα SP στην Αγγλία και την Ουαλία κυμαίνονται μεταξύ 12-14%. Σε κόκκους διαμέτρου μεγαλύτερης από $0.03 \mu\text{m}$, η $\%X_{fd}$ είναι περίπου 2% ή χαμηλότερη, θεωρητικά όμως έπρεπε να είναι μηδέν. Η X_{fd} κυμαίνεται από περίπου $30 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ σε κόκκους SSD έως $30 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ σε κόκκους SP. Στη φύση, είναι απίθανο οι κόκκοι να είναι ανεξάρτητοι ο ένας από το άλλο ή να βρίσκονται σε στενά σύνολα διακριτών κόκκων.

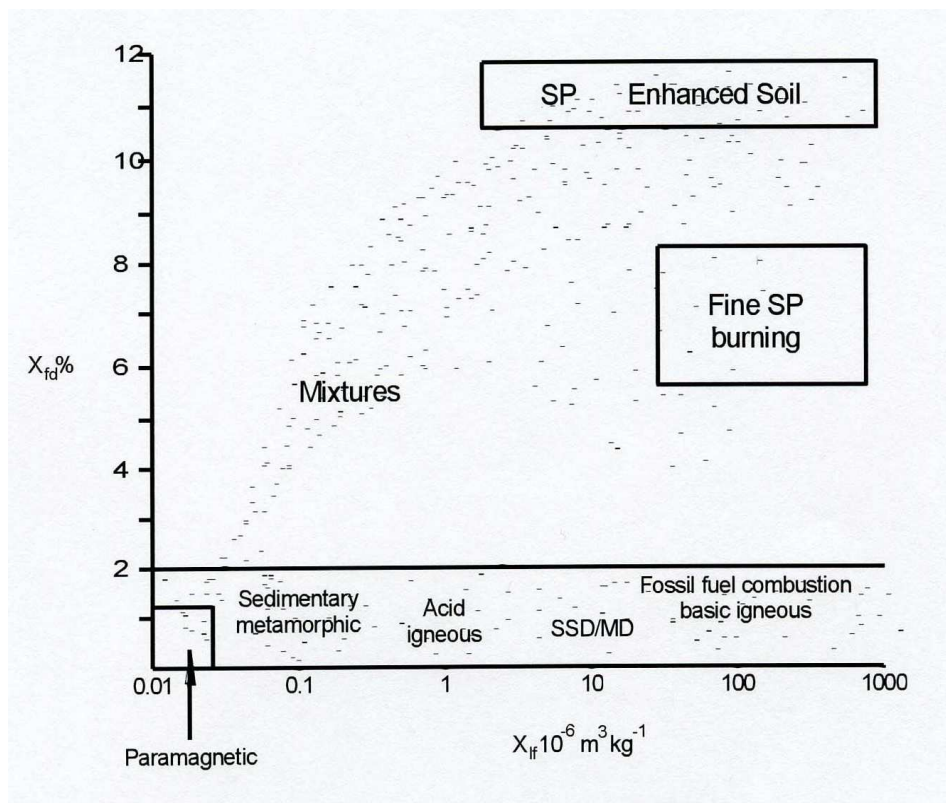
Πίνακας 1.6: Ερμηνεία των τιμών $\%X_{fd}$. Όταν οι τιμές $\%X_{fd}$ είναι $>10\%$ για την εκτίμηση της συγκέντρωσης των SP ορυκτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή $\%X_{fd}$.

Low $\chi_{fd} \%$	< 2.0	virtually no ($< 10\%$) SP grains
Medium $\chi_{fd} \%$	2.0-10.0	admixture of SP and coarser non-SP grains, or SP grains $<0.005 \mu\text{m}$
High $\chi_{fd} \%$	10.0-14.0	virtually all ($>75 \%$) SP grains
Very high $\chi_{fd} \%$	>14.0	rare values, erroneous measurement, anisotropy, weak sample or contamination

Οι κρύσταλλοι είναι δυνατόν να βρίσκονται ενωμένοι και να σχηματίζουν ομάδες. Είναι πιθανόν, επομένως, να έχουμε χαμηλές τιμές $\%X_{fd}$ μεγάλων κρυστάλλων, λόγω της παρουσίας μικρού αριθμού κρυστάλλων SP, που βρίσκονται στην επιφάνειά τους. Το γράφημα της $\%X_{fd}$ ως προς την X_{lf} ($10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) ή $\%X_{fd}$, μπορεί να βοηθήσει στη διαφοροποίηση μεταξύ του μεγέθους των κόκκων και των μαγνητικών περιοχών και μπορεί να δώσει ικανοποιητική ταξινόμηση των μαγνητικών ιδιοτήτων, ακόμη και πηγών μαγνήτισης (Πίνακας 1.5).

Στην Εικόνα 1.3 σε δείγματα που κυριαρχούν σχετικά χονδρόκοκκα ferrimagnetics αλλά μη SP, προερχόμενα από πυριγενή πετρώματα ή προϊόντα της καύσης παρουσιάζονται σχετικά υψηλές τιμές X_{lf} αλλά ουσιαστικά μηδέν τιμές $\%X_{fd}$. Τιμές $\%X_{fd} < 5\%$ είναι τυπικές δειγμάτων στα οποία δεν κυριαρχούν κόκκοι SP ή σε περίπτωση εξαιρετικά λεπτών κόκκων ($<0,005 \mu\text{m}$) κυριαρχεί το κλάσμα των SP. Σε δείγματα, τιμές $\%X_{fd}$ 10-14%,

φανερόνουν την παρουσία SP κόκκων που συνήθως προέρχονται από το έδαφος όπου κυριαρχούν αθροίσματα $\%X_{fd}$ και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ημιποσοτικά στην εκτίμηση συνολικά της συγκέντρωσής τους. Σε δείγματα που κυριαρχούν παραμαγνητικά ή canted antiferromagnetic ορυκτά εμφανίζονται, στη γραφική παράσταση, κοντά στην πηγή προέλευσής τους. Δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την κατασκευή ενός ποσοτικού μοντέλου για την ερμηνεία X_{fd} και $X_{fd}\%$ σε απόλυτες αναλογίες κόκκων διαφορετικού μεγέθους. Προς το παρόν, είναι φρόνιμο να ερμηνεύουμε τα δεδομένα της X_{fd} ημιποσοτικά, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.6.



Εικόνα 1.3: Τυπικό διάγραμμα όπου φαίνονται οι πιθανές θέσεις δειγμάτων κατηγοριών μαγνητικής συμπεριφοράς και περιοχές με τις αντίστοιχες πηγές προέλευσής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΛΙΜΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Γενικά

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τον αποκαλούμενο ως ‘Μεσογειακό’ τύπο κλίματος. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού του τύπου κλίματος είναι το ξηρό και θερμό θέρος και ο ήπιος υγρός χειμώνας, ενώ το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται από 350 mm έως 1000 mm (Μπαλαφούτης και Μαχαίρας, 1999). Σε περιοχές όπως οι Κυκλάδες, το ύψος βροχόπτωσης είναι μικρότερο ακόμα και από 350 mm. Ο Suc (1984) αναφέρει ότι στην Ευρώπη (βορειοδυτική Μεσόγειος) τα Μεσογειακά χαρακτηριστικά του κλίματος (ξηρά καλοκαίρια, εποχιακές μεταβολές με αντίθετα χαρακτηριστικά) διαμορφώθηκαν πριν από 2.8 Ma. Σχετικά με τη σταθερότητα του κλίματος στην Ελλάδα, οι Αιγινήτης (1954) και Γιάσογλου (1994) αναφέρουν ότι το κλίμα της Ελλάδας δεν έχει διαφοροποιηθεί κατά τα τελευταία 3.500-5.000 έτη.

Οι περιοχές από όπου προέρχονται τα εξεταζόμενα εδάφη είναι νησιά, εκτός από τα Μέθανα που είναι χερσόνησος, με μικρή γεωγραφική έκταση. Το κλίμα των περιοχών αυτών μπορεί να χαρακτηριστεί ως ομοιόμορφο και επηρεάζεται ιδιαίτερα από την άμεση γειτνίαση με την θάλασσα.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα κυριότερα κλιματολογικά δεδομένα από τις περιοχές μελέτης: η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T_{mean}), η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (T_{max}), η μέση ελάχιστη θερμοκρασία (T_{min}), η μέση σχετική υγρασία (ΜΣΥ) και η μέση μηνιαία βροχόπτωση (P). Τα παραπάνω μετεωρολογικά δεδομένα διατέθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και προέρχονται από τους τοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς. Τα δεδομένα της Θήρας αφορούν την περίοδο από το 1974 έως το 2000, της Νισύρου από το 1984 έως το 1998 και των υπολοίπων περιοχών από το 1955 έως το 2000. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά την Νίσυρο, επειδή δεν υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός στο νησί, τα δεδομένα προέρχονται από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στην Κω.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα κλιματολογικά δεδομένα, ενώ έγινε και η κλιματική ταξινόμηση της κάθε περιοχής. Τέλος καθορίστηκε το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας και υγρασίας.

2.2 Θερμοκρασία

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε όλες τις περιοχές κυμαίνεται από 17.5°C (Μήλος) έως 19.3°C (Αίγινα). Ο θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος και οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας κυμαίνονται από 25.2°C (Μήλος) έως 29.2 °C (Αίγινα). Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Ιανουάριος για τη Μήλο και τα Μέθανα (10,3°C-10.7°C) και ο Φεβρουάριος για τη Θήρα, τη Νίσυρο και την Αίγινα (10.8°C-11.3°C). Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 20.4°C (Νίσυρος) έως 23°C για την Αίγινα, ενώ η μέση

ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 14°C (Αίγινα) έως 15.0°C (Θήρα και Νίσυρος).

2.3 Μέση Σχετική Υγρασία

Η μέση σχετική υγρασία σε όλες τις περιοχές μελέτης κυμαίνεται από 60.4% έως 67.8%. Οι περιοχές που βρίσκονται στο Αιγαίο πέλαγος (Θήρα, Μήλος, Νίσυρος) χαρακτηρίζονται από υψηλότερη σχετική υγρασία (67.2%-67.8%), ενώ για τα Μέθανα και την Αίγινα η σχετική υγρασία είναι 60.4% και 61.1% αντίστοιχα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλά νησιά παρατηρείται υψηλή σχετική υγρασία και την περίοδο του θέρους, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στη συντήρηση της φυσικής βλάστησης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα της Θήρας, όπου κατά την καλοκαιρινή περίοδο εμφανίζεται δρόσος, με αποτέλεσμα το έδαφος να είναι υγρό σε βάθος 3 cm (Στογιάννης, 1971).

2.4 Βροχοπτώσεις

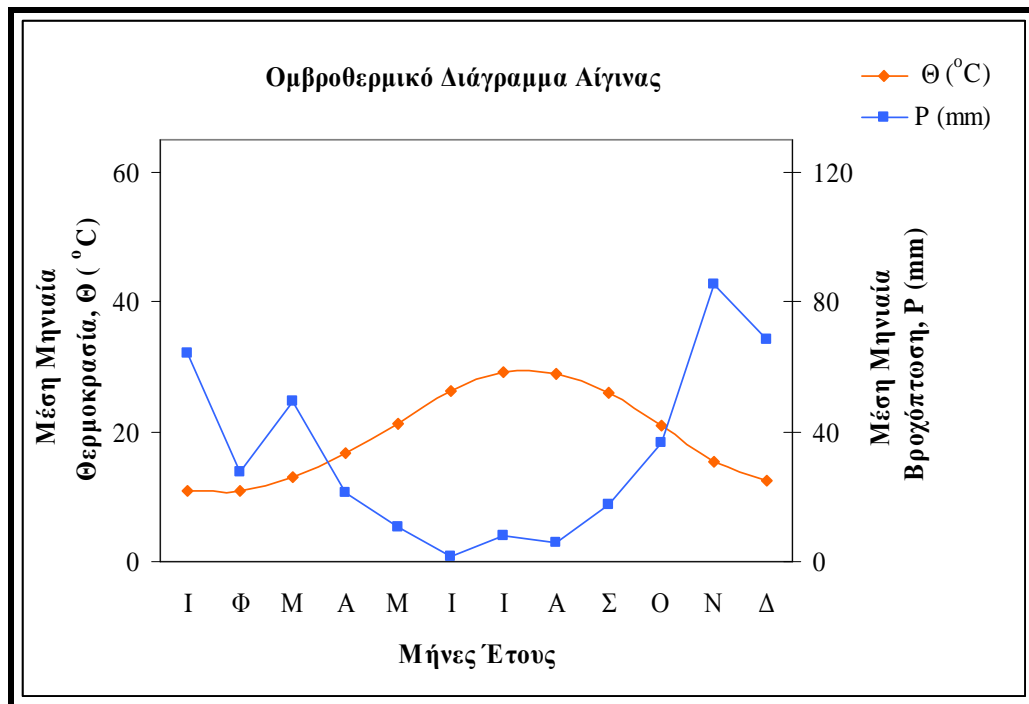
Η ετήσια βροχόπτωση είναι 304 mm για τη Θήρα, 382 mm για τα Μέθανα, 395 mm για την Αίγινα, 450 mm για τη Μήλο και 508 mm για τη Νίσυρο. Σε όλες τις περιοχές είναι έντονη η εποχιακή διακύμανση των βροχοπτώσεων και συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό τους παρατηρείται κατά την περίοδο του χειμώνα. Έτσι στις περισσότερες περιοχές, περίπου 80% του συνολικού ύψους βροχόπτωσης παρατηρείται κατά την περίοδο από το Νοέμβριο έως τον Απρίλιο. Το χαμηλό ύψος βροχόπτωσης και οι υψηλές θερμοκρασίες του θέρους έχουν μεγάλη σημασία για τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών και συγκεκριμένα για την ξηρότητα του κλίματος. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι για το χαρακτηρισμό του κλίματος ως ξηρό ή υγρό. Ένας δείκτης που είναι ευρέως διαδεδομένος είναι αυτός των Bagnoulis και Gaussen που καθορίζεται από τη σχέση $P < 2T$, όπου P είναι η βροχόπτωση σε mm και T η μέση θερμοκρασία σε °C. Ένας μήνας χαρακτηρίζεται ως ξηρός, όταν το ύψος βροχόπτωσης είναι μικρότερο από το διπλάσιο της μέσης θερμοκρασίας. Έτσι έχει εισαχθεί το ομβροθερμικό διάγραμμα που πρότεινε ο Gaussen, το οποίο φέρει στον άξονα των τετμημένων τους μήνες του έτους και στον άξονα των τεταγμένων το ύψος βροχόπτωσης (mm) και τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C), με κλίμακα της βροχόπτωσης διπλάσια από αυτή της θερμοκρασίας. Ένας μήνας χαρακτηρίζεται ξηρός όταν η καμπύλη του ύψους της βροχόπτωσης βρίσκεται κάτω από την αντίστοιχη της θερμοκρασίας.

Στα Διαγράμματα 2.1 έως 2.5 παρουσιάζονται τα ομβροθερμικά διαγράμματα για όλες τις περιοχές μελέτης. Όλες οι περιοχές χαρακτηρίζονται από μια μακρά ξηρά περίοδο, που καλύπτει τους μήνες από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο και χαρακτηρίζονται από ομοιότητα όσον αφορά το εύρος της ξηράς περιόδου, αλλά και την ένταση της (τα εμβαδά των περιοχών του διαγράμματος που χαρακτηρίζονται από ξηρά περίοδο δεν διαφέρουν ιδιαίτερα μεταξύ τους). Η υγρή περίοδος χαρακτηρίζει τους υπόλοιπους μήνες του

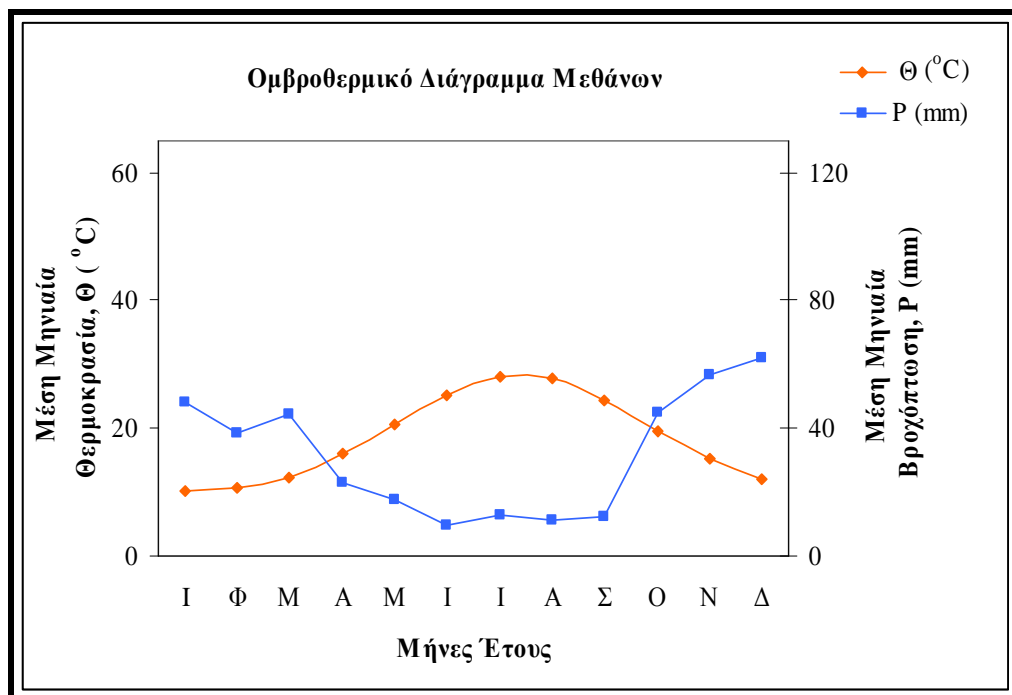
χρόνου (Νοέμβριος–Μάρτιος) και είναι η ίδια για όλες τις περιοχές, αλλά δεν ισχύει το ίδιο και για την ένταση της υγρής περιόδου. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των περιοχών είναι η μακρά και έντονη ξηρά περίοδος.

Πίνακας 2.1: Κλιματολογικά δεδομένα των περιοχών μελέτης

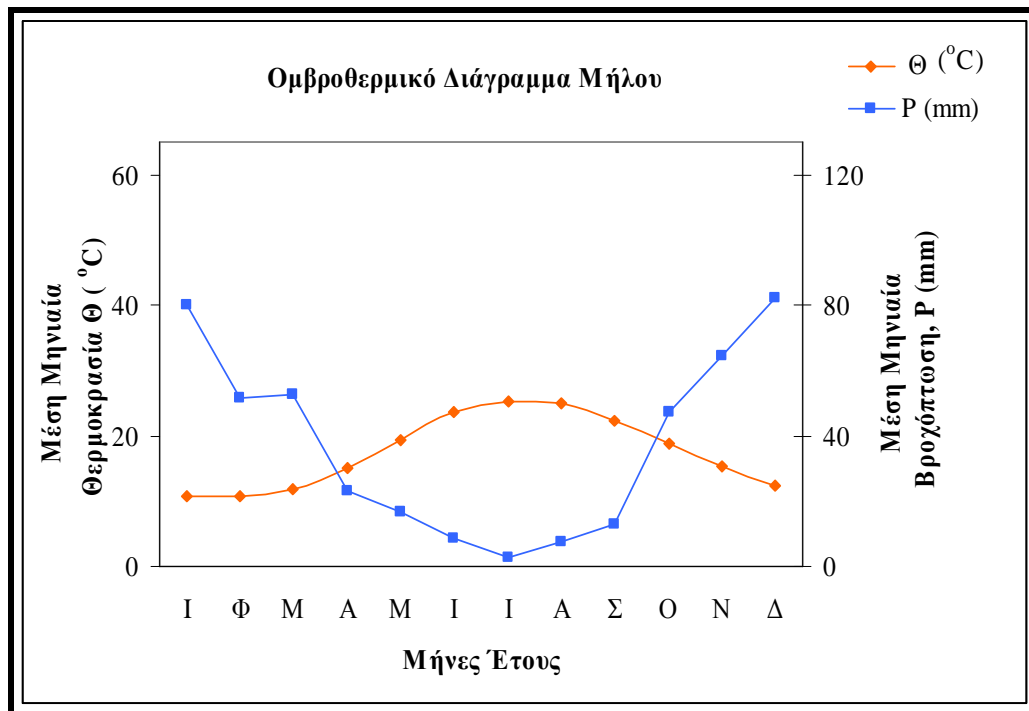
Μήνας	T _{mean}	T _{max}	T _{min}	ΜΣΥ	P	T _{mean}	T _{max}	T _{min}	ΜΣΥ	P
	°C			%	mm	°C			%	mm
Θήρα						Νίσυρος				
I	11,4	13,4	9,3	70,7	55,8	11	12,9	9,0	71,3	89
Φ	11,3	13,6	9,2	69,5	54,5	10,5	12,6	8,5	71,2	88,6
M	12,7	15,1	10,2	70,8	51,1	12,1	14,4	9,7	72,4	83,2
A	15,5	18,2	12,5	69,2	13,8	15,4	18,1	12,4	69,9	25,4
M	19,3	22,2	15,8	67,3	3,9	19,5	22,4	16,0	67,1	12,6
I	23,6	26,8	19,8	62,3	1,4	23,8	27,0	20,0	60,8	0,8
I	25,5	28,4	22	59,5	0	25,9	28,8	22,3	58,8	0
A	25,1	28,1	22	61,7	0,1	25,4	28,4	22,3	63,6	0,8
Σ	22,8	25,7	19,7	65,8	4,5	23,2	26,2	20,0	64,5	7,4
O	19,3	22	16,7	70,1	19,1	19,3	22,0	16,7	68,4	29,6
N	15,5	18	13,1	71,6	46,9	15	17,4	12,7	71,5	75,7
Δ	12,8	15	10,4	71,1	53,3	12,3	14,4	10,0	73,9	95,5
Έτος	17,9	20,54	15,06	67,46	304	17,8	20,4	15,0	67,8	509
Μήλος						Μέθανα				
I	10,7	13,1	8,6	71,6	79,9	10,3	13,6	7,0	69,0	48,4
Φ	10,8	13,3	8,5	72,1	51,6	10,6	14,1	7,2	68,0	38,7
M	11,9	14,7	9,5	71,5	52,8	12,2	15,7	8,4	65,8	44,4
A	15,0	18,3	12,2	66,9	23,0	15,9	19,4	11,4	62,5	23,1
M	19,4	23,0	15,9	62,6	16,4	20,6	24,1	15,8	59,1	17,4
I	23,6	27,3	19,8	57,5	8,8	25,3	28,7	20,1	52,8	9,8
I	25,2	28,4	21,9	58,3	2,6	28,0	31,8	22,8	46,8	13,0
A	24,9	28,1	21,8	61,9	7,5	27,9	31,5	22,4	47,0	11,1
Σ	22,3	25,5	19,6	65,8	12,7	24,3	28,2	19,6	53,4	12,3
O	18,8	21,8	16,3	70,7	47,1	19,5	23,3	15,6	62,2	45,0
N	15,3	18,1	13,1	73,7	64,7	15,4	18,8	12,0	68,7	56,9
Δ	12,4	14,8	10,3	73,7	82,0	12,0	15,2	8,8	70,1	61,8
Έτος	17,5	20,5	14,8	67,2	449	18,5	22,1	14,3	60,4	381
Αίγινα										
I	10,9	14,2	7,1	67,6	64,2					
Φ	10,8	14,4	7,0	67,5	27,7					
M	13,1	16,8	8,7	65,3	49,2					
A	16,7	20,3	11,5	61,4	21,3					
M	21,1	24,7	15,0	59,7	10,7					
I	26,3	29,9	19,4	55,9	1,3					
I	29,2	33,1	21,8	50,8	8,0					
A	28,8	32,9	21,7	52,0	5,6					
Σ	26,0	30,2	19,5	56,9	17,3					
O	21,0	25,1	15,9	63,7	36,4					
N	15,5	19,0	11,6	64,9	85,5					
Δ	12,4	15,7	8,8	67,0	68,3					
Έτος	19,3	23,0	14,0	61,1	395					



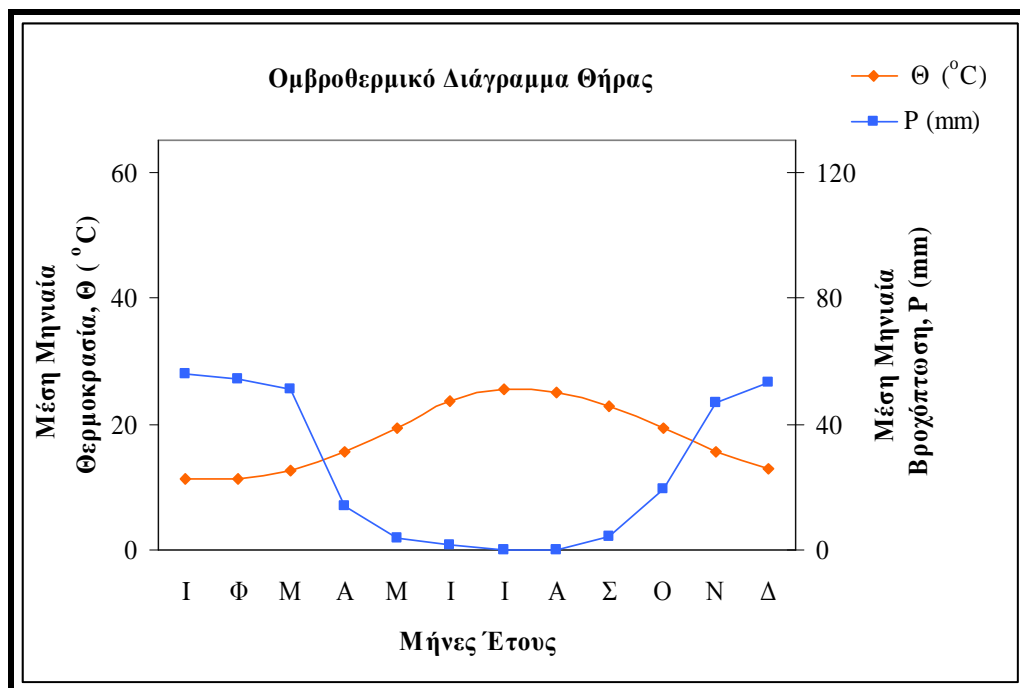
Διάγραμμα 2.1.: Ομβροθερμικό διάγραμμα Αίγινας



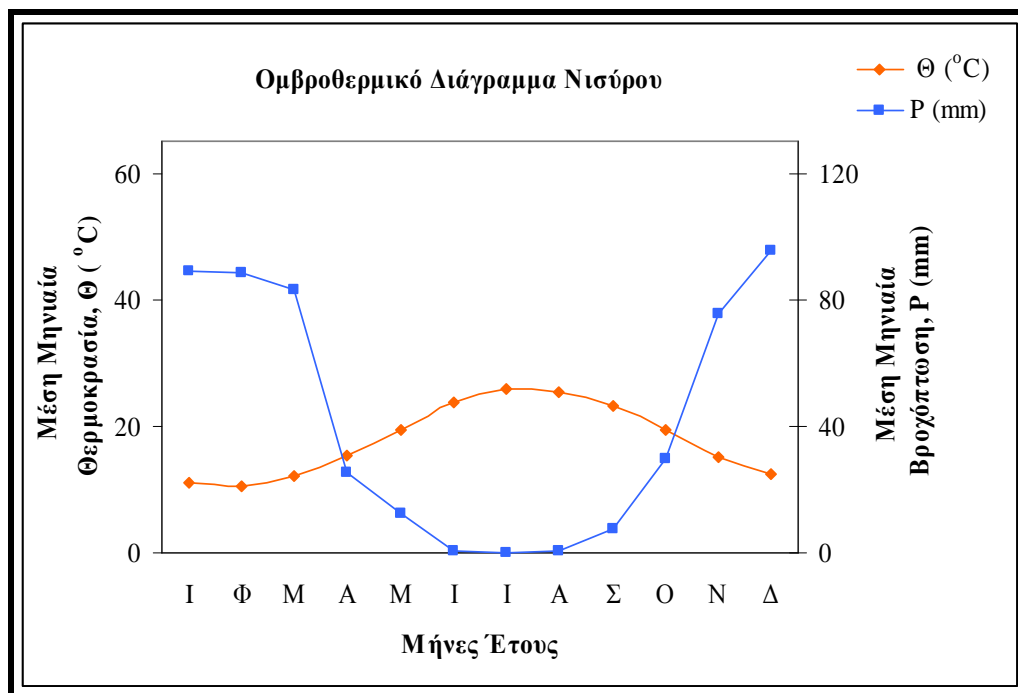
Διάγραμμα 2.2.: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μεθάνων



Διάγραμμα 2.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μήλου



Διάγραμμα 2.4: Ομβροθερμικό διάγραμμα Θήρας



Διάγραμμα 2.5: Ομβροθερμικό διάγραμμα Νισύρου

2.5 Κλιματική ταξινόμηση των περιοχών μελέτης

Η ταξινόμηση του κλίματος έχει γίνει αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης και έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα για τον σκοπό αυτό. Δύο συστήματα κλιματικής ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι αυτά του Köppen και του Thornthwaite και εφαρμόζονται και στην παρούσα μελέτη.

2.5.1 Κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen

Ο Köppen (1936) εισήγαγε το σύστημα κλιματικής ταξινόμησης το οποίο βασίζεται κυρίως στο ύψος βροχόπτωσης μιας περιοχής (σε ετήσια βάση), στην κατανομή του μέσα στο χρόνο καθώς και στην κατανομή της θερμοκρασίας κατά έτος και μήνα. Οι παράμετροι που χρησιμοποιεί το σύστημα του Köppen είναι οι παρακάτω:

- r : η μέση βροχόπτωση του έτους
- r_{ξ} : η μέση βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα
- r_{ν} : η μέση βροχόπτωση του υγρότερου μήνα
- r_{θ} : η μέση βροχόπτωση του θερινού εξαμήνου (Απρίλιος-Σεπτέμβριος)
- r_{χ} : η μέση βροχόπτωση του χειμερινού εξαμήνου (Οκτώβριος-Μάρτιος)
- T : η μέση θερμοκρασία του έτους
- T_{θ} : η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα
- T_{ψ} : η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα

Οι τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι του συστήματος του Köppen (Πίν. 3.2) για την κάθε περιοχή χωριστά παρουσιάζονται στον παρακάτω

πίνακα. Με βάση τις τιμές των παραμέτρων αυτών, το κλίμα όλων των περιοχών εντάσσεται στην κατηγορία **Csa**. Το σύμβολο **C** δηλώνει ότι πρόκειται για θερμό εύκρατο κλίμα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα κλίματα που χαρακτηρίζονται από ήπιους χειμώνες. Σε αυτούς τους τύπους κλιμάτων, η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη από 10°C, ενώ αυτή του ψυχρότερου μήνα κυμαίνεται από 0°C έως 18°C. Το σύμβολο **s** δηλώνει ότι πρόκειται για κλίμα που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ξηρή περίοδο κατά το θέρος. Το ύψος βροχόπτωσης του ξηρότερου θερμού μήνα είναι μικρότερο από 40 mm και μικρότερο από το 1/3 του ύψους βροχής του υγρότερου μήνα. Το σύμβολο **a** δηλώνει ότι πρόκειται για κλίμα με πολύ θερμό θέρος. Η τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από 22°C.

Παράμετρος	Αίγινα	Μέθανα	Μήλος	Θήρα	Νίσυρος
r	395	381	449	304	508
r_ξ	8	13	9	0	0
r_υ	64	62	13	47	95
r_θ	10.7	14.4	11.8	3.95	7.8
r_x	55.2	49.5	63	46.8	76.9
T	19.3	18.5	17.5	17.9	17.8
T_θ	29.2	28	25	25.5	25.9
T_ψ	10.8	10.3	10.7	11.3	10.5

Σε όλες τις περιοχές το κλίμα χαρακτηρίζεται ως: **Χερσαίο Μεσογειακό Ξηρού και Θερμού Θέρους (Csa)**.

2.5.2 Ταξινόμηση κατά Thornwaite

Ο Thornwaite (1933) ήταν ο πρώτος ο οποίος συμπεριέλαβε σε σύστημα κλιματικής ταξινόμησης, εκτός από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, την έννοια της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής (PET). Για τον υπολογισμό της PET χρησιμοποιείται η παρακάτω εμπειρική σχέση:

$$PET = 16 \cdot L_d \cdot \left[\frac{10 \cdot T}{I} \right]^a \quad (1)$$

όπου: PET η δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα, L_d ο λόγος της μέσης διάρκειας ημέρας κάθε μήνα προς ημέρα διάρκειας 12 ωρών (οι τιμές του δείκτη L_d για τα γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2), T η μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C και I ένας ετήσιος δείκτης θερμότητας που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left[\frac{T_i}{5} \right]^{1.514} \quad (2)$$

όπου: T_i η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα (°C).

Ο εκθέτης a της σχέσης (1) υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$a = 0.000000675*(I)^3 - 0.0000771*(I)^2 + 0.01792*(I) + 0.49239 \quad (3)$$

όπου: I το αποτέλεσμα της σχέσης (2)

Με βάση τις παραπάνω σχέσεις υπολογίστηκε η δυναμική εξατμισοδιαπνοή για όλες τις εξεταζόμενες περιοχές και για όλο το έτος. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.2: Τιμές του δείκτη L_d

Γεωγραφικό Πλάτος	Μήνας											
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
37°	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38°	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39°	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40°	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81

Πίνακας 2.3: Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή (PET) των περιοχών μελέτης

Μήνας	Αίγινα	Μέθανα	Μήλος	Θήρα	Νίσυρος
Ιανουάριος	18	18	22	24	22
Φεβρουάριος	17	18	22	23	20
Μάρτιος	31	30	32	35	32
Απρίλιος	56	54	52	54	54
Μάιος	101	100	92	90	92
Ιούνιος	163	151	134	133	135
Ιούλιος	207	188	153	157	161
Αύγουστος	188	174	141	142	145
Σεπτέμβριος	133	116	101	104	108
Οκτώβριος	80	71	69	72	72
Νοέμβριος	37	39	42	42	39
Δεκέμβριος	22	23	28	28	27
Έτος	1054	981	888	904	908

Ο Thornwaite, εισάγοντας την έννοια της εξατμισοδιαπνοής, όρισε τέσσερα κλιματικά κριτήρια-δείκτες που αποτελούν τη βάση του συστήματος της ταξινόμησής του.

Ο πρώτος είναι ο δείκτης υγρασίας του εδάφους (I_m) που καθορίζεται από τη βροχόπτωση και την εξατμισοδιαπνοή και για όλο το έτος προκύπτει από το άθροισμα του μηνιαίου δείκτη υγρασίας, που για κάθε μήνα δίνεται από

την σχέση: $I_b = 100 * [(S-D)/PET]$, όπου S και D είναι το πλεόνασμα και το έλλειμμα νερού αντιστοίχως.

Ο δεύτερος είναι ο δείκτης ξηρότητας η υγρότητας. Επειδή ο δείκτης I_m δεν περιγράφει τις εποχιακές μεταβολές της υγρασίας του εδάφους, χρησιμοποιούνται οι δείκτες ξηρότητας (I_a) και υγρότητας (I_h) για τα υγρά και ξηρά κλίματα αντιστοίχως. Ο δείκτης ξηρότητας I_a εκφράζει το ετήσιο έλλειμμα νερού (D) ως το επί τοις % ποσοστό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής (PET), ενώ ο δείκτης υγρότητας I_h εκφράζει το ετήσιο πλεόνασμα νερού. Ο τρίτος δείκτης είναι αυτός της θερινής αποτελεσματικότητας I_b , που είναι ουσιαστικά η PET σε cm. Ο τέταρτος δείκτης είναι ο δείκτης θερινής συγκέντρωσης C_b που είναι το επί τοις % ποσοστό της ετήσιας PET που παρατηρείται κατά τους τρεις θερινούς μήνες.

Για να προσδιοριστούν οι παραπάνω δείκτες και με βάση την εξατμισοδιαπνοή που υπολογίστηκε, έγινε το υδατικό ισοζύγιο για όλες τις περιοχές, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στους Πίνακες από 2.4 έως 2.6, ενώ η απεικόνιση τους γίνεται στα Διαγράμματα από 2.6 έως 2.10. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι πρόκειται για απλοποιημένο ισοζύγιο ύδατος (Soil Survey Staff, 1999), αφού δεν έχουν συνυπολογιστεί παράμετροι όπως η πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Ο κύριος σκοπός αυτού του ισοζυγίου ύδατος είναι να αποτυπωθεί η επίδραση του κλίματος στο καθεστώς της εδαφικής υγρασίας των εξεταζόμενων εδαφών (παρά να προσδιοριστεί το ακριβές ποσό ύδατος που περιέχεται στο έδαφος σε όλη την περίοδο του έτους). Δηλαδή από αυτό το υδατικό ισοζύγιο φαίνεται τότε και σε ποιό βαθμό υπάρχει αποθήκευση νερού R (Recharge) στο έδαφος, επάρκεια S (Surplus), χρησιμοποίηση U (Utilization), καθώς και έλλειμμα D (Deficit). Για τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι η χωρητικότητα ύδατος εδάφους μέσης σύστασης και βάθους 1.5 m είναι 200 mm (Foth, 1990).

Με βάση λοιπόν το ισοζύγιο αυτό, υπολογίστηκαν οι δείκτες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα της κλιματικής ταξινόμησης του Thornwaite και οι τιμές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.7. Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι σε όλες τις περιοχές υπάρχει για μεγάλη περίοδο του έτους υδατικό έλλειμμα (από τον Ιούνιο έως και τον Οκτώβριο), ενώ μικρά ποσά ύδατος αποθηκεύονται κατά το πρώτο τρίμηνο του έτους και τους τελευταίους δύο μήνες. Από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο, το εδαφικό νερό χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες της εξατμισοδιαπνοής. Μόνο στη Νίσυρο προέκυψε επάρκεια ύδατος την περίοδο Φεβρουαρίου-Μαρτίου.

Πίνακας 2.4: Ισοζύγιο εδαφικού νερού (Θήρα & Νίσυρος)

Θήρα													
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος
P	55,8	54,5	51,1	13,8	3,9	1,4	0	0,1	4,5	19,1	46,9	53,3	304,4
PET	23,7	22,7	34,7	54,0	90,4	133,1	156,5	142,2	104,5	71,9	41,7	28,4	904,0
P-PET	32,1	31,8	16,4	-40,2	-86,5	-131,7	-156,5	-142,1	-100,0	-52,8	5,2	24,9	-599,6
R	32,1	32,1	16,4	0	0	0	0	0	0	0	5,2	24,9	
U	0	0	0	40,2	70,5	0	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	16	131,7	156,5	142,1	100	52,8	0	0	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣR	62,2	94,3	110,7	70,5	0	0	0	0	0	0	5,2	30,1	
ΣU	0	0	0	40,2	110,7	0	0	0	0	0	0	0	
ΣD	0	0	0	0	16	147,7	304,2	446,3	546,3	599,1	599,1	599,1	599,1
ΣS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S-D	0,0	0,0	0,0	0,0	-16,0	-131,7	-156,5	-142,1	-100,0	-52,8	0,0	0,0	-599,1
Νίσυρος													
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος
P	89,0	88,6	83,2	25,4	12,6	0,8	0,0	0,8	7,4	29,6	75,7	95,5	508,6
PET	22,3	20,0	31,9	53,6	92,4	135,4	161,2	145,5	108,1	72,1	39,4	26,5	908,2
P-PET	66,7	68,6	51,3	-28,2	-79,8	-134,6	-161,2	-144,7	-100,7	-42,5	36,3	69,0	-399,6
R	66,7	28	0	0	0	0	0	0	0	0	36,3	69	
U	0	0	0	28,2	79,8	92,2	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	42,4	161,2	144,7	100,7	42,5	0	0	
S	0	40,6	51,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣR	172	200	200	171,8	92	0	0	0	0	0	36,3	105,3	
ΣU	0	0	0	28,2	107,8	200	200	200	200	200	200	200	
ΣD	0	0	0	0	0	42,4	203,6	348,3	445	487,6	487,6	487,6	487,6
ΣS	0,0	40,6	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9	91,9
S-D	0	40,6	51,3	0	0	-42,4	-161,2	-144,7	-100,7	-42,5	0	0	-399,6

P: Βροχόπτωση, **PET:** Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή, **R:** Αποθήκευση, **U:** Χρησιμοποίηση, **D:** Έλλειμμα, **S:** Πλεόνασμα, **Σ:** Αθροιστικότητα

Πίνακας 2.5: Ισοζύγιο εδαφικού νερού (Μήλος & Μέθαινα)

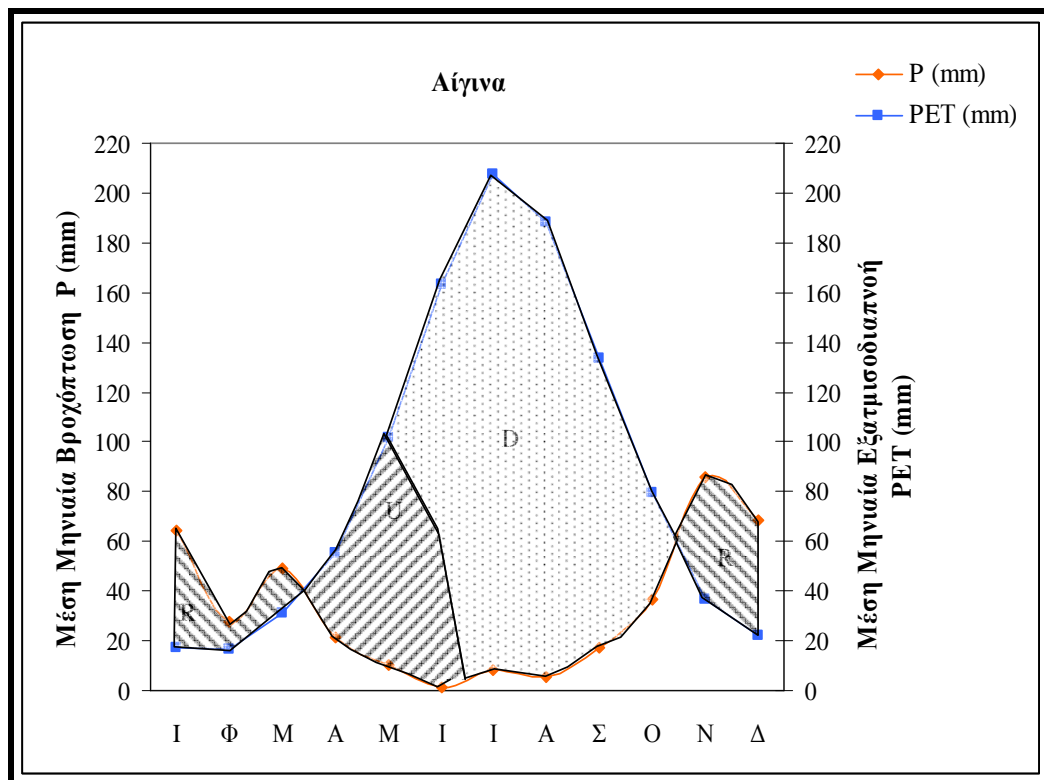
Μήλος													
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος
P	79,9	51,6	52,8	23,0	16,4	8,8	2,6	7,5	12,7	47,1	64,7	82,0	449,1
PET	22,0	21,6	32,1	52,4	92,4	134,2	153,2	140,6	101,0	69,3	42,0	27,6	888,3
P-PET	57,9	30,0	20,7	-29,4	-76,0	-125,4	-150,6	-133,1	-88,3	-22,2	22,7	54,4	-439,2
R	57,1	30	20,7	0	0	0	0	0	0	0	22,7	54,4	
U	0	0	0	29,4	76	85,3	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	40,1	150,6	133,1	88,3	22,2	0	0	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣR	140	170	190,7	161,3	85,3	0	0	0	0	0	27,7	82,1	
ΣU	0	0	0	29,4	105,4	190,7	190,7	190,7	190,7	190,7	190,7	190,7	190,7
ΣD	0	0	0	0	0	40,1	190,7	323,8	412,1	434,3	434,3	434,3	434,3
ΣS	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-D	0	0	0	0	0	-40,1	-150,6	-133,1	-88,3	-22,2	0	0	-434,3
Μέθαινα													
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος
P	48,4	38,7	44,4	23,1	17,4	9,8	13,0	11,1	12,3	45,0	56,9	61,8	381,9
PET	18,0	18,3	29,7	53,8	99,9	150,6	188,3	174,4	116,3	70,8	38,7	23,0	981,8
P-PET	30,4	20,4	14,7	-30,7	-82,5	-140,8	-175,3	-163,3	-	-25,8	18,2	38,8	-599,9
R	30,4	20,4	14,7	0	0	0	0	0	0	0	18,2	38,8	
U	0	0	0	30,7	82,5	8,9	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	131,9	175,3	163,3	104	25,8	0	0	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣR	87,4	107,4	122,1	91,4	8,9	0	0	0	0	0	18,2	57	
ΣU	0	0	0	30,7	113,2	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1
ΣD	0	0	0	0	0	131,9	307,2	470,5	574,5	600,3	600,3	600,3	600,3
ΣS	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-D	0	0	0	0	0	-131,9	-175,3	-163,3	-104	-25,8	0	0	-600,3

P: Βροχόπτωση, **PET:** Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή, **R:** Αποθήκευση, **U:** Χρησιμοποίηση, **D:** Έλλειμμα, **S:** Πλεόνασμα, **Σ:** Αθροιστικότητα

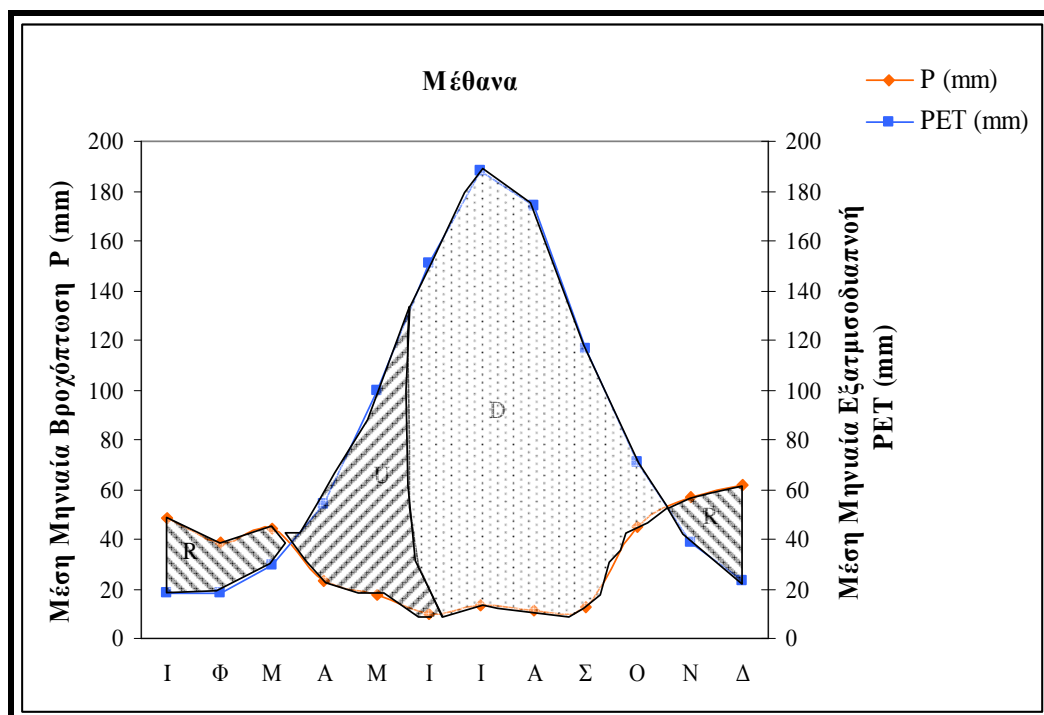
Πίνακας 2.6: Ισοζύγιο εδαφικού νερού (Αίγινα)

Αίγινα													
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος
P	64,2	27,7	49,2	21,3	10,7	1,3	8,0	5,6	17,3	36,4	85,5	68,3	395,6
PET	17,6	16,8	31,1	55,6	101,4	163,3	207,3	188,4	133,4	79,8	36,7	22,3	1053,5
P-PET	46,6	10,9	18,1	-34,3	-90,7	-161,9	-199,3	-182,7	116,1	-43,5	48,8	46,0	-657,9
R	46,6	10,9	18,1	0	0	0	0	0	0	0	48,8	46	
U	0	0	0	34,3	90,7	45,4	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	116,5	199,3	182,7	116,1	43,5	0	0	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣR	141,4	152,3	170,4	136,1	45,4	0	0	0	0	0	48,8	94,8	
ΣU	0	0	0	34,3	125	170,4	170,4	170,4	170,4	170,4	0	0	
ΣD	0	0	0	0	0	116,5	315,8	498,5	614,6	658,1	658,1	658,1	658,1
ΣS	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-D	0	0	0	0	0	-116,5	-199,3	-182,7	116,1	-43,5	0	0	-658,1

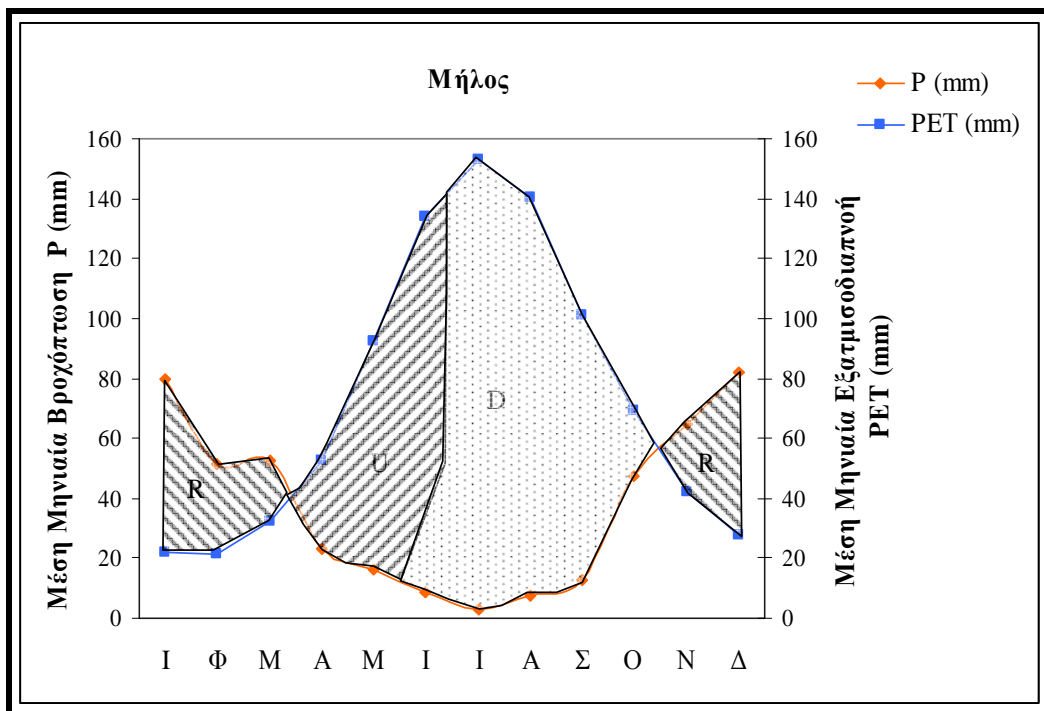
P: Βροχόπτωση, **PET:** Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή, **R:** Αποθήκευση, **U:** Χρησιμοποίηση, **D:** Έλλειμμα, **S:** Πλεόνασμα, **Σ:** Αθροιστικότητα



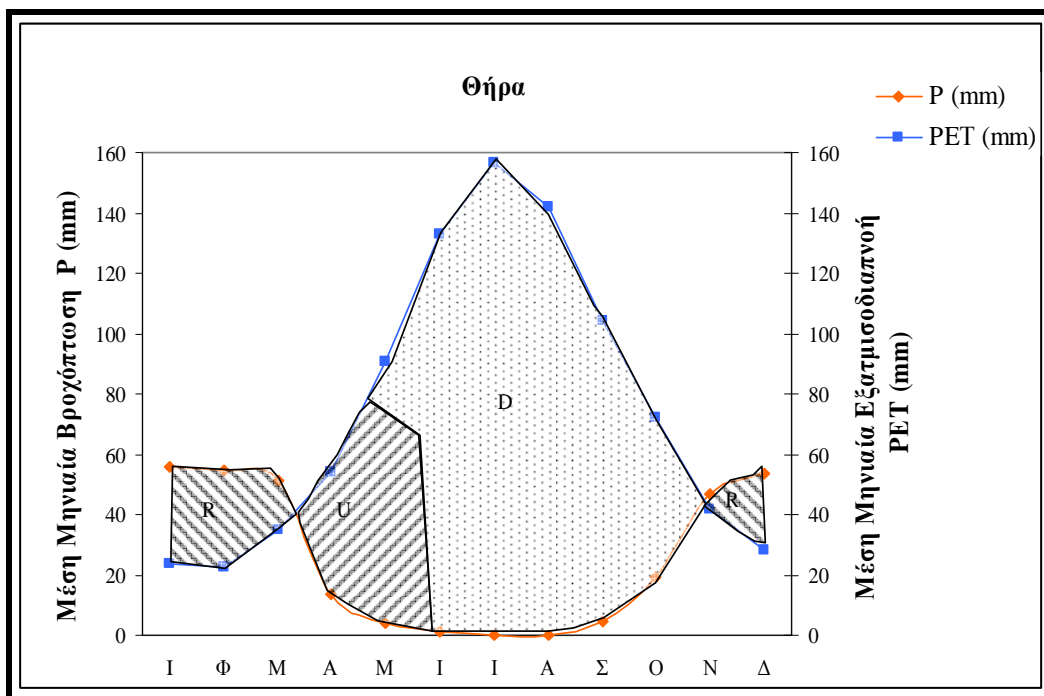
Διάγραμμα 2.6: Ισοζύγιο εδαφικού νερού-Αίγινα



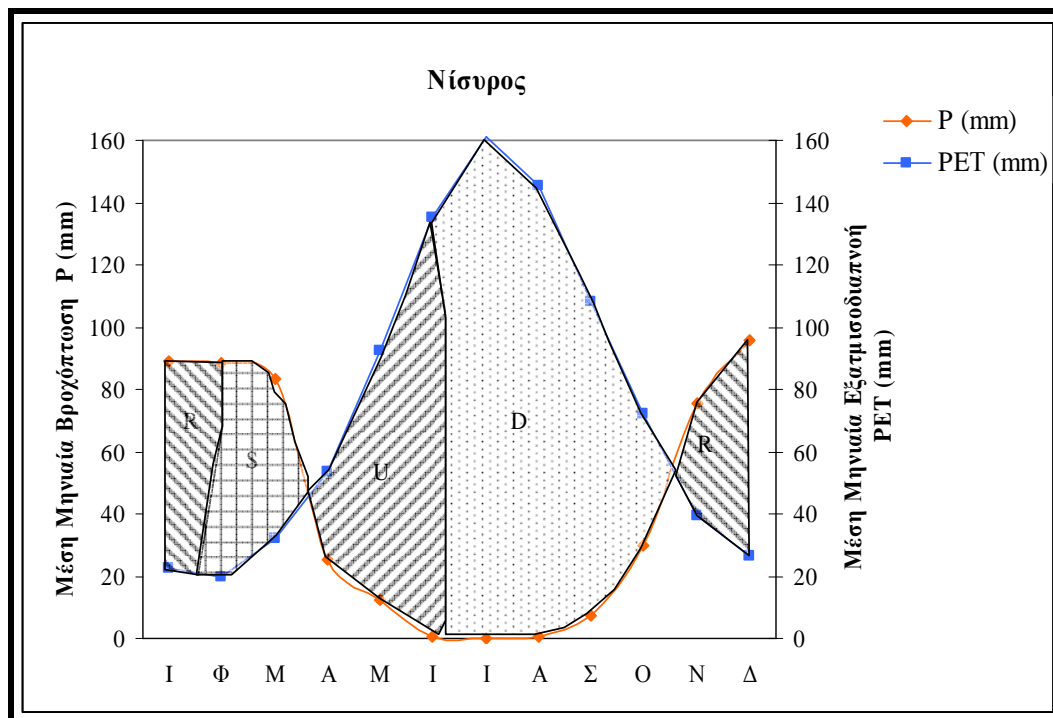
Διάγραμμα 2.7: Ισοζύγιο εδαφικού νερού-Μέθανα



Διάγραμμα 2.8: Ισοζύγιο εδαφικού νερού-Μήλος



Διάγραμμα 2.9: Ισοζύγιο εδαφικού νερού-Θήρα



Διάγραμμα 2.10: Ισοζύγιο εδαφικού νερού-Νίσυρος

Πίνακας 2.7: Τιμές δεικτών κλιματικής ταξινόμησης κατά Thornwaite

Περιοχή	I_m	I_h	I_θ	C_θ	Χαρακτηρισμός κλίματος	
Θήρα	-66	0	90,4	47	Ed B ₃ a'	Ξηρό, καθόλου πλεόνασμα νερού το χειμώνα, μεσόθερμο
Νίσυρος	-44	10	90,8	48	Dd B ₃ b ₄	Ημίξηρο, ελάχιστο πλεόνασμα νερού το χειμώνα, μεσόθερμο
Μήλος	-49	0	88,8	48	Dd B ₃ b ₄	Ημίξηρο, καθόλου πλεόνασμα νερού το χειμώνα, μεσόθερμο
Μέθανα	-61	0	98	52	Dd B ₃ b ₃	Ημίξηρο, ελάχιστο πλεόνασμα νερού το χειμώνα, μεσόθερμο
Αίγινα	-62	0	105	53	Dd B ₃ b ₃	Ημίξηρο, ελάχιστο πλεόνασμα νερού το χειμώνα, μεσόθερμο

2.6 Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία του εδάφους σχετίζεται άμεσα με τις κλιματικές συνθήκες, αλλά και με ιδιότητες του εδάφους (χρώμα, κοκκομετρία,

συγκράτηση ύδατος κ.λ.π). Για τον καθορισμό του καθεστώτος εδαφικής θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται η μέση ετήσια, η μέση θερινή και η μέση χειμερινή θερμοκρασία. Επειδή στην παρούσα εργασία δεν υπάρχουν δεδομένα εδαφικών θερμοκρασιών, μπορεί να γίνει εκτίμηση αυτών από τη μέση θερμοκρασία του αέρα σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις (Soil Survey Staff, 2003):

α) Μέση ετήσια θερμοκρασία εδάφους (Μ.Ε.Θ.Ε):

$$Μ.Ε.Θ.Ε = Μ.Ε.Θ.Α \text{ (Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα)} + 1$$

β) Μέση θερινή θερμοκρασία εδάφους (Μ.Θ.Θ.Ε):

$$Μ.Θ.Θ.Ε. = \text{Μέση Θερινή Θερμοκρασία Αέρος (Μ.Θ.Θ.Α.)} - 0.6 \text{ (αφορά βάθος 50 cm)}$$

γ) Μέση χειμερινή θερμοκρασία εδάφους (Μ.Χ.Θ.Ε.):

$$Μ.Χ.Θ.Ε = \text{Μέση Θερινή Θερμοκρασία Εδάφους (Μ.Θ.Θ.Ε)} - \text{Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Εδάφους (Μ.Ε.Θ.Ε)}$$

Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζονται οι παραπάνω κατηγορίες εδαφικής θερμοκρασίας για όλες τις περιοχές μελέτης.

Με βάση τις παραπάνω τιμές εδαφικής θερμοκρασίας, το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας (soil temperature regime), για όλες τις περιοχές, χαρακτηρίζεται ως thermic. Για να χαρακτηρίζεται το έδαφος από thermic καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας θα πρέπει η μέση ετήσια εδαφική θερμοκρασία να κυμαίνεται από 15°C έως 22°C και η διαφορά μεταξύ θερινής εδαφικής θερμοκρασίας και χειμερινής να είναι μεγαλύτερη από 6°C σε βάθος 50 cm. Οπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.8, για όλες τις περιοχές τηρούνται όλα τα παραπάνω κριτήρια.

Πίνακας 2.8: Θερμοκρασία εδάφους των περιοχών μελέτης

	Αίγινα	Μέθανα	Μήλος	Θήρα	Νίσυρος
Μ.Ε.Θ.Ε	20.3	19.5	18.5	18.9	18.8
Μ.Θ.Θ.Ε	27.5	26.4	23.9	24.1	24.4
Μ.Χ.Θ.Ε	7.2	6.9	5.4	5.2	5.6

2.7 Καθεστώς εδαφικής υγρασίας

Ο όρος καθεστώς εδαφικής υγρασίας (soil moisture regime) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την παρουσία ή μη νερού στο έδαφος, το οποίο συγκρατείται σε τάσεις μικρότερες από 1500 kPa, είτε σε όλο το βάθος του εδάφους είτε σε οριζόντες, κατά περιόδους του έτους. Εδαφικό νερό το οποίο συγκρατείται σε τάσεις μεγαλύτερες από 1500 kPa δεν είναι διαθέσιμο για την επιβίωση των περισσότερων μεσόφυτων. Έτσι ένα έδαφος χαρακτηρίζεται ως ξηρό, όταν το εδαφικό νερό συγκρατείται σε τάσεις μεγαλύτερες των 1500 kPa (15 bar), ενώ χαρακτηρίζεται ως υγρό όταν το εδαφικό νερό συγκρατείται σε

τάσεις μικρότερες από 1500 kPa, αλλά μεγαλύτερες από 0 (Soil Survey Staff, 2003).

Το καθεστώς της εδαφικής υγρασίας σχετίζεται άμεσα με το κλίμα, αποτελεί βασικό κριτήριο ταξινόμησης και καθορίζεται από τη μέση μηνιαία βροχόπτωση, τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας όλων των περιοχών μελέτης χαρακτηρίζεται ως *xeric* (Soil Survey Staff, 2003), και αυτό διότι: α) το τμήμα ελέγχου της εδαφικής υγρασίας είναι ξηρό σε όλα τα τμήματα για περισσότερο από 45 ημέρες στους τέσσερις μήνες που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο β) η μέση θερμοκρασία του εδάφους είναι μικρότερη από 22°C και γ) η διαφορά μέσης θερμοκρασίας εδάφους χειμώνα και θέρους είναι μεγαλύτερη από 5°C σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια και με συχνότητα μεγαλύτερη από 6 χρόνια για κάθε 10 συνεχή χρόνια. Το ότι τα εδάφη όλων των περιοχών μελέτης χαρακτηρίζονται από *xeric* καθεστώς εδαφικής υγρασίας, φαίνεται και από τα διαγράμματα του υδατικού ισοζυγίου, όπου οι κατανομές της αποθήκευσης, της χρησιμοποίησης και της έλλειψης του εδαφικού νερού είναι χαρακτηριστικές εδαφών που σχηματίζονται κάτω από *xeric* καθεστώς εδαφικής υγρασίας (Soil Survey Staff, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1. Εισαγωγή

Η γνώση της γεωλογίας της περιοχής στην οποία σχηματίζονται εδάφη που μελετάται η γένεσή τους είναι πολύ σημαντική διότι δίνει πληροφορίες αφενός για τη φύση του μητρικού υλικού και αφετέρου για την ηλικία του και επομένως και για το χρονικό διάστημα κατά το οποίο επιδρούν οι παράγοντες της εδαφογένεσης. Οι περισσότερες από τις περιοχές στις οποίες σχηματίζονται τα εδάφη της παρούσας μελέτης βρίσκονται σε έναν γεωγραφικό χώρο που περιλαμβάνει μια ζώνη ηφαιστειακής δραστηριότητας που αποκαλείται ως 'το ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου'. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα γεωλογικά δεδομένα της κάθε περιοχής, όπως και το πως εξελίχθηκε η ηφαιστειακή δράση, προκειμένου να δοθεί μια εικόνα για τη φύση των ηφαιστειακών υλικών αλλά και για την ηλικία τους.

3.2 Το ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου

Το ενεργό ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου (South Aegean Active Volcanic Arc- SAAVA, Εικ. 2.1), που είναι γνωστό και ως τόξο του Αιγαίου ή και Ελληνικό τόξο, είναι μια από τις σημαντικότερες ζώνες ηφαιστειακής δραστηριότητας σε ολόκληρη την θάλασσα της Μεσογείου και η χρονική απαρχή του σχηματισμού της εντάσσεται στην περίοδο του Πλειόκαινου. Το ελληνικό τόξο είναι σεισμικά, τεκτονικά και ηφαιστειακά ενεργό τόξο. Η ηφαιστειακή αυτή δραστηριότητα σχετίζεται άμεσα με την καταβύθιση της Αφρικανικής τεκτονικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική (Nicholls, 1971 ; Pe και Piper 1972). Οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν με σχετική ταχύτητα 2,5 εκατοστά το χρόνο, με συνέπεια την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Όλα τα σύγχρονα φυσικογεωλογικά φαινόμενα όπως σεισμοί, ρήγματα, ανοδικές και καθοδικές κινήσεις, τα φαράγγια, οι κόλποι, οι θάλασσες, τα βουνά, οι πεδιάδες συνδέονται έμμεσα ή άμεσα με το ενεργό νεοτεκτονικό καθεστώς και με την εξέλιξη του κλίματος ιδιαίτερα των τελευταίων 2 εκατομμυρίων ετών. Το τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο.

1. Η τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μια σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο ως και την Κεφαλλονιά (γνωστή και ως ελληνική διάυλος). Το μέγιστο βάθος της εντοπίζεται νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4.500 m). Πρόκειται για το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.

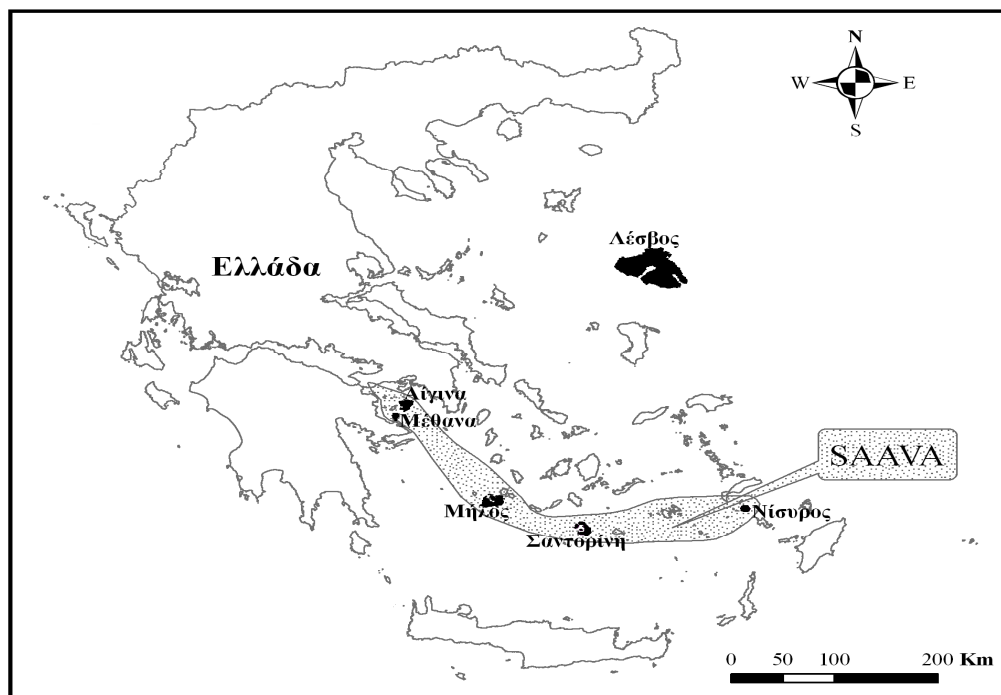
2. Το νησιωτικό τόξο αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται

παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση πετρωμάτων (κυρίως ιζηματογενών) του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης.

3. Οπισθοτάφρος είναι μία θαλάσσια λεκάνη (Κρητικό πέλαγος) μικρότερου βάθους από την τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000 m περίπου. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και πάνω στην Ευρασιατική πλάκα.

4. Το ηφαιστειακό τόξο αποτελείται από διαδοχικά ηφαίστεια ενεργά και ανενεργά, όπως Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος. Η δημιουργία τους οφείλεται στην ανάτηξη υλικού της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας. Κατά την άνοδό του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια.

Τα διάφορα ηφαιστειακά κέντρα βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του τόξου στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου (Σουσάκι, Αίγινα, Πόρος, Μέθανα), στο μεσαίο τμήμα τα ηφαιστειακά κέντρα εντοπίζονται κυρίως στη Μήλο και στη Θήρα (Σαντορίνη), ενώ στο ανατολικό άκρο του τόξου, τα ηφαιστειακά κέντρα εντοπίζονται κυρίως στη Νίσυρο, αλλά επίσης στην Κώ και σε άλλα μικρότερα νησιά. Τα ηφαιστειακά αυτά κέντρα βρίσκονται σε αυτήν την αμφιθεατρικού σχήματος σεισμική ζώνη που περικλείει το SAAVA και η οποία έχει ένα μέγιστο βάθος 180 km (Parazachos, 1973). Τα ηφαιστειακά κέντρα των Μεθάνων και της Σαντορίνης θεωρούνται ενεργά, ενώ της Μήλου και της Νισύρου, δυνητικά ενεργά.



Εικόνα 3.1: Το ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου (South Aegean Active Volcanic Arc – SAAVA)

Σε μερικές περιοχές του τόξου (Αίγινα, Κρομμύονια, Πόρος, Μήλος), η ηφαιστειακή δραστηριότητα ξεκίνησε κατά το κατώτερο Πλειόκαινο. Με εξαίρεση την Μήλο, υπήρχε μια παύση κατά το ανώτερο Πλειόκαινο, ενώ ακολούθησε μια επανεργοποίηση της ηφαιστειακής δραστηριότητας κατά το Τεταρτογενές.

Όλο το ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη ποικιλομορφία ηφαιστειακών πετρωμάτων. Έτσι απαντάται όλο το εύρος των ηφαιστειακών πετρωμάτων, από το βασάλτη και το βασαλτικό ανδεσίτη έως το δακίτη και το ρυόλιθο (Mitropoulos κ.α., 1987).

Η κατανομή της συχνότητας των διαφόρων λιθολογικών τύπων δείχνει μια κυριαρχία του ανδεσίτη και του δακίτη (ενδιάμεσης οξύτητας πετρώματα), που αντιπροσωπεύουν περίπου το 35% και το 32% αντίστοιχα των προϊόντων της ηφαιστειακής δραστηριότητας στο SAAVA (Innocenti κ.α., 1981). Οι παραπάνω ερευνητές αναφέρουν επίσης ότι παρατηρείται μια ασυνεχής κατανομή των διαφόρων κατηγοριών των πετρωμάτων κατά μήκος του τόξου, με τα δυτικά κέντρα να χαρακτηρίζονται περισσότερο από τη σπανιότητα ή και την απουσία των βασικών και των πολύ όξινων πετρωμάτων.

Τα ηφαιστειακά κέντρα κατά μήκος του τόξου παρουσιάζουν διαφορετικά ηφαιστειολογικά χαρακτηριστικά. Μεγάλα και σύνθετα ηφαίστεια, με δομές του τύπου καλδέρας, υπάρχουν στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του τόξου (Νίσυρος, Μήλος, Θήρα), ενώ αντίθετα το δυτικό τμήμα χαρακτηρίζεται κυρίως από μικρά και μονογενή εκρηκτικά κέντρα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα πολύπλοκο σύστημα από δόμους λάβας (Σουσάκι, Αίγινα, Μέθανα, Πόρος), (Innocenti κ.α., 1981).

Αυτό που πραγματικά χαρακτηρίζει τα ηφαιστειακά κέντρα του SAAVA είναι η μεταβολή στον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκαν τα ηφαιστειακά οικοδομήματα, η διαφορά στους χρόνους εξέλιξης και δράσης των ηφαιστειακών εκρήξεων, αλλά και μια τεράστια ποικιλομορφία ηφαιστειακών προϊόντων όχι τόσο όσον αφορά την χημική σύσταση, αλλά κυρίως στη μορφολογία τους, η οποία εξαρτάται άμεσα από τον τύπο και την ένταση της εκρηκτικής δραστηριότητας. Για να δοθεί μια καλύτερη εικόνα περιγράφεται συνοπτικά η ιστορία του καθενός ηφαιστειακού κέντρου ξεχωριστά αλλά και ο τρόπος δημιουργίας των αντίστοιχων οικοδομημάτων.

3.3 Αίγινα

Η Αίγινα βρίσκεται στο Σαρωνικό κόλπο, μεταξύ Αττικής και Αργολίδας. Το σχήμα της έχει μορφή ισόπλευρου τριγώνου και καλύπτει μια επιφάνεια 82.63 km². Η γεωδαιτική της θέση καθορίζεται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες 37° 41' Β και 23° 29' Α. Περίπου τα 2/3 της επιφάνειας του νησιού καλύπτονται από ηφαιστειακά προϊόντα. Το βόρειο τμήμα του νησιού αποτελείται από μια βασική ανθρακούχο σειρά, η οποία συμπεριλαμβάνει ασβεστόλιθους ηλικίας του Ανώτερου Παλαιοζωικού και Τριασικού-Ιουρασικού.

Η ηφαιστειακή δράση στην Αίγινα ξεκίνησε στο βόρειο και κεντρικό τμήμα του νησιού. Με βάση την χρονολόγηση K/Ar, η πρώτη φάση της ηφαιστειακής δραστηριότητας, η οποία αποτέλεσε και την ηφαιστειακή βάση του νησιού, έλαβε χώρα κατά τη χρονική περίοδο μεταξύ 4.4 Ma και 3 Ma. (Müller κ.α., 1979).

Οι Fytikas κ.α. (1986a) αναφέρουν ότι η ηφαιστειότητα της Αίγινας περιγράφεται από τρεις εκρηκτικές φάσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει τα παλαιότερα εκρηκτικά προϊόντα τα οποία, όσον αφορά την ηλικία τους, εντάσσονται στις αρχές του Πλειόκαινου (4.7–4.4 Ma) και χαρακτηρίζονται από μια ποικιλομορφία ηφαιστειακών προϊόντων που περιλαμβάνουν ρεύματα ρυοδακτιτικής λάβας και τοφίτες έως ανδεσιτικές λάβες. Η δεύτερη φάση λαμβάνει χώρα κατά την χρονική περίοδο μεταξύ 3.9 Ma και 3 Ma έτη από σήμερα. Η τρίτη φάση εξελίσσεται κατά την χρονική περίοδο μεταξύ 3.0 Ma και 2.1 Ma (τέλος του Πλειόκαινου), σχηματίζοντας δόμους λάβας ανδεσιτικής έως βασαλτικοανδεσιτικής σύστασης.

Η ηφαιστειακή ιστορία της Αίγινας περιγράφεται ακόμα με δύο κύρια ηφαιστειακά επεισόδια με βάση τη σύσταση των προϊόντων που κυριάρχησαν (IGME, 1991). Το πρώτο περιλαμβάνει κυρίως δακτιτικές φάσεις και ξεκίνησε με εκρήξεις ρυοδακτιτικής κίσηρης (ηφαίστειο Σκοτείνης). Τα ηφαιστειακά πετρώματα που σχηματίστηκαν στο πρώτο ηφαιστειακό επεισόδιο είναι τα παρακάτω: ανδεσιτικός δακίτης, βιοτικός δακίτης, ηφαιστειοκλαστικές και επικλαστικές δακτιτικές ροές, βιοτιτικός κεροστιλβικός δακίτης, κεροστιλβικός δακίτης (IGME, 1991).

Το δεύτερο ηφαιστειακό επεισόδιο περιλαμβάνει μια ανδεσιτική φάση και η ηλικία του είναι δύσκολο να καθοριστεί, αλλά λαμβάνει χώρα σίγουρα κατά το Πλειστόκαινο. Το επεισόδιο αυτό περιλαμβάνει ρυοδακίτη (πρόδρομος φάση), κεροστιλβικό ανδεσίτη, βασαλτικό ανδεσίτη, ανδεσίτη και υπερσθενικό ανδεσίτη.

Συνοπτικά, οι ηφαιστειακές εκρήξεις του ανδεσίτη και του ρυοδακίτη στις αρχές του Πλειόκαινου οδήγησαν στην κατασκευή του ηφαιστειακού οικοδομήματος της Αίγινας. Η κύρια φάση της ηφαιστειότητας ήταν κατά το μέσο Πλειόκαινο, δημιουργώντας το μεγαλύτερο τμήμα του ηφαιστειακού οικοδομήματος.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα που απαρτίζουν την Αίγινα είναι τα ακόλουθα (IGME, 1991): υπερσθενικός ανδεσίτης, ανδεσίτης, βασαλτικός ανδεσίτης, κεροστιλβικός ανδεσίτης, ρυοδακίτης, επικλαστικές και ηφαιστειοκλαστικές εκχύσεις, κεροστιλβικός δακίτης, βιοτιτικός-κεροστιλβικός δακίτης (διαφόρων τύπων) ανδεσιτικός δακίτης, πυροκλαστικά πετρώματα, ρυοδακτιτική κίσηρης, τόφοι και τοφίτες. Από τα παραπάνω πετρώματα, αυτά που κυριαρχούν είναι οι διαφόρων τύπων δακίτες, ενώ οι ανδεσίτες απαντώνται σε μικρότερη έκταση.

Αυτό που μπορεί να θεωρηθεί ως δεδομένο, είναι ότι η ηφαιστειακή δραστηριότητα στην Αίγινα είναι από τις πιο πρώιμες, τόσο στην περιοχή του

Αργοσαρωνικού κόλπου (στα Μέθανα η ηφαιστειότητα ενεργοποιείται πολύ αργότερα) όσο και σε ολόκληρο το τόξο του SAAVA.

3.4 Μέθανα

Τα Μέθανα είναι μια αμιγώς ηφαιστειογενής χερσόνησος, η οποία βρίσκεται στο Σαρωνικό κόλπο στα βορειοανατολικά της Πελοποννήσου (βορειοδυτικά του Γαλατά και του Πόρου και ανατολικά του Λυγουριού), με γεωγραφικές συντεταγμένες $37^{\circ} 23' \text{ B}$ και $23^{\circ} 34' \text{ A}$. Η χερσόνησος των Μεθάνων χαρακτηρίζεται από τα νεότερα ηφαιστειακά προϊόντα σε όλη την περιοχή του Σαρωνικού κόλπου. Τα ηφαιστειακά πετρώματα που απαντώνται στη χερσόνησο είναι κυρίως ασβεσταλκαλικοί ανδεσίτες και δακίτες, ενώ σπανίζουν οι βασαλτικοί ανδεσίτες (Francalanci κ.α., 2005).

Τα παλαιότερα ηφαιστειακά προϊόντα των Μεθάνων χρονολογούνται γύρω στα 0.9 Ma (Francalanci, κ.α., 2005). Περιφερειακά γύρω από τη χερσόνησο τα παραπάνω πετρώματα καλύπτονται από παχιά πυροκλαστικά ιζήματα. Αυτά τα πετρώματα δεν έχουν χρονολογηθεί αν και οι Gaitanakis και Dietrich (1995) έχουν προτείνει ότι είναι της περιόδου του Πλειόκαινου.

Το νεότερο ηφαιστειακό γεγονός στα Μέθανα σχημάτισε τον ανδεσιτικό δόμο στο Καμένο Βουνό και έλαβε χώρα περίπου το 250 π.Χ (Georgalas, 1962).

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1980), τα ηφαιστειακά πετρώματα του Τεταρτογενούς τα οποία συνθέτουν τη χερσόνησο των Μεθάνων είναι: πυροκλαστικές αποθέσεις του συμπλέγματος του Καμένου Βουνού και του δόμου του Παλαιόκαστρου, συνάγματα από ηφαιστειακά υλικά, δακίτες και ανδεσίτες οι οποίοι σχηματίζουν κυρίως δόμους και ρεύματα λάβας και διακρίνονται σε: βασαλτικούς ανδεσίτες και σε ανδεσίτες.

Με βάση το γεωλογικό χάρτη της Αίγινας, των Μεθάνων και του Πόρου όπως τροποποιήθηκε από τους Dietrich κ.α. (1991) και τους Gaitanakis και Dietrich (1995), ουσιαστικά το μεγαλύτερο τμήμα της χερσονήσου αποτελείται κυρίως από ανδεσίτες και βασάλτες του Πλειστόκαινου και από δακίτες του Πλειστόκαινου-Ανώτερου Πλειόκαινου και από λίγους ανδεσίτες που προέρχονται από την τελευταία έκρηξη στο Καμένο Βουνό (Ολόκαινο).

3.5 Μήλος

Η νήσος Μήλος βρίσκεται στο μέσο και δυτικό τμήμα του SAAVA με γεωγραφικές συντεταγμένες από $36^{\circ}46' \text{ B}$ έως $36^{\circ}38' \text{ B}$ και από $24^{\circ}32' \text{ A}$ έως $24^{\circ}19' \text{ A}$ και ανήκει στο ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Μήλου, όπου εκτός από το ομώνυμο νησί, περιλαμβάνονται και τα νησιά Κίμωλος, Πολύεγος και Αντίμηλος, τα οποία αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ηφαιστειακά προϊόντα.

Τα παλαιότερα πετρώματα της Μήλου είναι τα μεταμορφωμένα και αποτελούν το κρυσταλλικό υπόβαθρο του νησιού και πάνω από αυτό, το οποίο είναι έντονα πτυχωμένο και διαβρωμένο, βρίσκονται τα θαλάσσια ιζήματα του Μειόκαινου και του Πλειόκαινου. Η επιφανειακή εξάπλωση του γεωλογικού υποβάθρου είναι πολύ περιορισμένη, διότι καλύπτεται από τους ηφαιστειογενείς

σχηματισμούς. Η ιζηματογενής νεογενής σειρά της Μήλου αρχίζει με κροκαλοπαγή και τελειώνει με απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους. Τέλος ακολουθούν τα προϊόντα της ηφαιστειακής δράσης η οποία ξεκίνησε κατά το ανώτερο Πλειόκαινο και ολοκληρώθηκε στα τέλη του Τεταρτογενούς (Φύτικας, 1977).

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή της Μήλου και της Κιμώλου ξεκίνησε πριν από 3.5 Ma και συνεχίστηκε μέχρι τις ημέρες μας με υδροθερμικές εκρήξεις. Τα παλαιότερα ηφαιστειακά πετρώματα που έχουν βρεθεί στη Μήλο, εντοπίζονται στις νοτιοδυτικές ακτές του νησιού και είναι ηλικίας περίπου 3.5 Ma (Fytikas κ.α., 1986b). Η κύρια ηφαιστειακή δραστηριότητα ξεκίνησε κατά το Πλειόκαινο (2.6 Ma) και εκτεινόταν ως τα γειτονικά νησιά της Κίμωλου και της Αντιμήλου. Τα ηφαιστειακά προϊόντα από αυτή τη δραστηριότητα αποτελούνται κυρίως από κίσσηρη, τοφφίτες και ιγνιμβρίτη, τα οποία επικαλύπτονται από μια ηφαιστειακή σειρά από βασαλτικά, ανδεσιτικά έως δακιτικά ρεύματα λάβας και δόμους, που συνδέονται με πυροκλαστικά προϊόντα. Η νεότερη δραστηριότητα (0.48 Ma), η οποία περιελάμβανε κυρίως ρυολιθικά προϊόντα, παράγαγε μερικούς ηφαιστειακούς τόφφους και κώνους μαζί με περλιτικά ρεύματα λάβας (Fytikas κ.α., 1976 ; Angelier κ.α., 1979).

Η δημιουργία ενός τεράστιου γεωθερμικού πεδίου (330°C σε βάθος 1km) στην κεντρική-ανατολική Μήλο και η υψηλή σεισμικότητα στην περιοχή από την περίοδο του Ολόκαινου, είχε ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση πολλών και μεγάλων υδροθερμικών εκρήξεων πριν και μετά την τελευταία ηφαιστειακή δραστηριότητα. Οι εκρήξεις αυτές συνεχίστηκαν και στους ιστορικούς χρόνους (80-200 μ.Χ., Traineau και Dalabakis, 1989).

Οι εκρήξεις στο παραπάνω γεωθερμικό πεδίο δημιούργησαν μια τεράστια στρώση από φερτές ύλες, λάσπη, συμπεριλαμβανομένων και θραυσμάτων από το μη ηφαιστειακό γεωλογικό υπόβαθρο (Fytikas κ.α., 1986a). Έτσι δημιουργήθηκε ένας ιδιαίτερος τύπος ηφαιστειακού ιζήματος που απαντάται στην Μήλο, το οποίο καλείται 'πράσινο λαχάρ'. Αυτό σχηματίστηκε όταν μεγάλες ποσότητες τέφρας διαβράχθηκαν από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, προκαλώντας κατολίσθηση από τις πλευρές των ηφαιστειακών οικοδομημάτων, με αποτέλεσμα να προκληθεί ένα είδος ηφαιστειακής λάσπης, η οποία κατά τη μετακίνησή της παρέσυρε διάφορα υλικά, τα οποία ενσωματώθηκαν σε αυτή την 'λάσπη', που ακινητοποιήθηκε σε περιοχές με μηδενικές κλίσεις.

Με βάση το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1977), τα γεωλογικά πετρώματα που απαντώνται στο νησί είναι: 1) Τεταρτογενές: Αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις, πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων, παλαιότερες ποταμοχειμαρώδεις αποθέσεις, πορώδεις τόφφοι, λαχάρ Φυριπλάκας, ρυολιθικές λάβες τελευταίας ηφαιστειότητας, λεπτά στρώματα από πυροκλαστικά υλικά του ηφαιστείου Φυριπλάκας, πυροκλαστικοί κώνοι Φυριπλάκας και Τράχυλα, πράσινο αλλά και άλλου τύπου λαχάρ, νέοι τοφφίτες, πυροκλαστικές αποθέσεις τοπικής σημασίας, λάβες ανδεσιτικές και δακιτικές έως ρυοδακτικικές,

πυροκλαστικά ρεύματα, ιγνιμβρίτες (βορειοδυτική Μήλος), πυροκλαστικός σχηματισμός Βουδιών, λάβες ρυολιθικές-ρυοδακτιτικές, και λάβες πολύ εξαλωμένες υδροθερμικά. 2) Νεογενές - Ανώτερο Πλειόκαινο: ιγνιμβρίτες νοτιοδυτικής Μήλου, παλαιοί τόφοι και τοφφίτες, αποθέσεις ρευμάτων κίσηρης, τόφοι και ηφαιστίτες πολύ εξαλωμένοι υδροθερμικά. 3) Ανώτερο Μειόκαινο - Κατώτερο Πλειόκαινο: επικλυσιογενή κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθοι. 4) Μεσοζωικό: κρυσταλλικό υπόβαθρο το οποίο αποτελείται από σύστημα πράσινων ασβεστολίθων, φυλλίτες, μεταβασάλτες και σπανιότερα από μάρμαρα ως και φλέβες χαλαζία.

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη της Μήλου όπως τροποποιήθηκε από τους Fytikas κ.α. (1986a), η Μήλος περιλαμβάνει τους παρακάτω γεωλογικούς σχηματισμούς: Ιζήματα του Τεταρτογενούς, φρεατικά πυροκλαστικά πετρώματα του ανώτερου Πλειστόκαινου, ρυολιθικά συμπλέγματα του ανώτερου Πλειστόκαινου, δόμους λάβας του μέσου Πλειστόκαινου, σιδηρομαγνησιούχα πυροκλαστικά πετρώματα, ανδευτικά πυροκλαστικά πετρώματα και ανδευτικές λάβες του κατώτερου Πλειστόκαινου, δόμους, ρεύματα λάβας και πυροκλαστικά πετρώματα του ανώτερου Πλειόκαινου, θαλάσσια πυροκλαστικά πετρώματα του Πλειόκαινου, μεταμορφωμένο υπόβαθρο και νεογενή ιζήματα.

Από τα παραπάνω δεδομένα αποτυπώνεται χαρακτηριστικά η εκτεταμένη στο χρόνο ηφαιστειακή δράση στη Μήλο, αλλά και η ιδιαίτερη ποικιλομορφία των γεωλογικών σχηματισμών που χαρακτηρίζει το νησί.

3.6 Θήρα

Η νήσος Θήρα βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του SAAVA με γεωγραφικές συντεταγμένες μεταξύ 36°19'-36°29' Β και 25°19' έως 25°29' Α. Το νησί καλύπτει μια επιφάνεια 75 km² με περίμετρο 67 km και η μέγιστη απόσταση από βορρά προς νότο είναι 17 km. Η Θήρα ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης, όπου με το ιταλικό αυτό όνομα αποδίδεται το ηφαιστειακό πεδίο της περιοχής αυτής, το οποίο αποτελεί το απομεινάρι μια σειράς κεντρικών ηφαιστειών που αποδομήθηκαν κατά τη Μινωική έκρηξη η οποία ακολουθήθηκε από το σχηματισμό μιας μεγάλης καλδέρας (Pichler και Kussmaul, 1972). Το πεδίο της Σαντορίνης αποτελείται από τις νησίδες Χριστιάνοι, την ομάδα των νησιών της Σαντορίνης (Θήρα, Θηρασία, Ασπρονήσι, Παλαιά και Νέα Καμένη) και από το υποθαλάσσιο ηφαίστειο Κολόμπο. Η γεωγραφική τοποθέτηση του πεδίου αυτού οριοθετείται στο κεντρικό τμήμα του SAAVA, ενώ ολόκληρη η δομή του μπορεί να οριστεί ως ένα σύνθετο ηφαίστειο.

Το νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης, όπως ανεφέρθη παραπάνω, αποτελείται από πέντε νησιά. Από αυτά η Θήρα, η Θηρασία και το Ασπρονήσι βρίσκονται περιμετρικά ενός δακτυλίου ο οποίος περικλείει την πλημμυρισμένη καλδέρα. Η Θηρασία βρίσκεται στα βορειοδυτικά της Θήρας και αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από ηφαιστειακά ρεύματα λάβας, ενώ αντίθετα το μικρό νησί Ασπρονήσι στα νοτιοδυτικά αποτελείται από πυροκλαστικά προϊόντα.

Η ηφαιστειακή εξέλιξη στη Σαντορίνη μπορεί να χωριστεί σε έξι κυρίως στάδια (Druitt κ.α., 1989). Τα δύο πρώτα στάδια περιλαμβάνουν την παλαιότερη ηφαιστειακή δράση στη χερσόνησο Ακρωτήρι, το τρίτο την έκρηξη του ηφαιστείου Περιστερία, ενώ το τέταρτο και πέμπτο στάδιο περιλαμβάνουν τους δύο εκρηκτικούς κύκλους του κυρίως πυροκλαστικού σχηματισμού της Θήρας και το έκτο περιλαμβάνει το σχηματισμό της Παλαιάς και Νέας Καμένης.

Μεταξύ των σταδίων αυτών, τα προϊόντα των δύο εκρηκτικών κύκλων είναι, από πλευράς όγκου ηφαιστειακών προϊόντων, τα πλέον σημαντικά. Οι δύο αυτοί κύκλοι περιλαμβάνουν τις αποθέσεις δώδεκα κύριων ηφαιστειακών εκρήξεων, όπως επίσης και τα απομεινάρια τουλάχιστον πέντε μεγάλων ηφαιστειακών στρωμάτων λάβας.

Η ηλικία του πρώτου εκρηκτικού κύκλου είναι μεγαλύτερη από 0.17 Ma. Η κατώτερη σειρά κίσηρης (η οποία περιλαμβάνει δύο υποσειρές) έχει δώσει ηλικία 0.18 Ma και 0.20 Ma. Η πρώτη φάση της κατάρρευσης της καλδέρας έγινε κατά την διάρκεια της έκρηξης της δεύτερης υποσειράς της κατώτερης σειράς κίσηρης. Ακολούθησε ο δεύτερος εκρηκτικός κύκλος του πυροκλαστικού σχηματισμού της Θήρας. Τα παλαιότερα πετρώματα του κύκλου αυτού είναι εκροές ανδεσίτη και χρονολογούνται ως 0.17 Ma (Pe-Piper και Piper, 2002). Οι ανδεσίτες αυτοί ακολουθήθηκαν από τέσσερις κύριες εκρήξεις του δεύτερου εκρηκτικού κύκλου. Αυτός περιλαμβάνει τη μέση και την ανώτερη σειρά κίσηρης.

Η Μινωική έκρηξη αποτελεί την ολοκλήρωση του δεύτερου εκρηκτικού κύκλου με τον οποίο ολοκληρώθηκε και ο σχηματισμός της Θήρας. Πρόκειται για μια φρεατομαγματική έκρηξη η οποία είχε ως αποτέλεσμα να εξέλθουν τεράστιες ποσότητες αφρώδους λάβας (στρώματα κίσηρης) η οποία σχημάτισε παχιά στρώματα θηραϊκής γης (κίσηρις και τόφοι) με την παράλληλη εκτόξευση ηφαιστειακών αναβλυσμάτων διαφόρων μεγεθών. Οι εκτιμήσεις σχετικά με την ακριβή περίοδο που συνέβη η Μινωική έκρηξη διαφέρουν ανάλογα με τα αρχαιολογικά ή γεωλογικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Στην τελευταία αυτή φάση περιλαμβάνεται και ο σχηματισμός της ανώτερης σειράς κισσήρης, η οποία αποτελεί και το κυριότερο επιφανειακό γεωλογικό υλικό της Θήρας (ΓΜΕ, 1980).

Η έξοδος αυτών των τεραστίων ποσοτήτων ύλης από το ηφαίστειο δημιούργησε εντός αυτού τεράστια κοιλώματα, με αποτέλεσμα την καταβύθιση του κεντρικού του τμήματος και τη δημιουργία της καλδέρας της Σαντορίνης. Τα τοιχώματα της καλδέρας αυτής έχουν ύψος έως 300 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ εκτείνονται σε βάθος 390 μέτρων κάτω από το επίπεδο αυτής. Με την παραπάνω εξέλιξη η περιοχή απέκτησε την τελική μορφή που έχει στον παρόντα χρόνο.

Η καλδέρα της Σαντορίνης είναι μια σύνθετη γεωλογική δομή, η οποία είναι αποτέλεσμα της αθροιστικής δράσης τουλάχιστον τεσσάρων καταρρεύσεων (Druit και Francaviglia, 1992), εκ των οποίων η τελευταία συνέβη κατά τη Μινωική έκρηξη. Η καλδέρα της Σαντορίνης περιγράφεται ως ένας από τους πιο βίαιους σχηματισμούς ηφαιστειακής καλδέρας στον κόσμο.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 400.000 χρόνων έχουν εκδηλωθεί πάνω από εκατό έντονες εκρήξεις. Δώδεκα από αυτές εκφόρτωσαν όγκους μάγματος που υπερβαίνουν τα μερικά κυβικά χιλιόμετρα και ενεργοποίησαν τέσσερις φορές την κατάρρευση της καλδέρας.

Η σύσταση της λάβας και των πυροκλαστικών πετρωμάτων στη Σαντορίνη παρουσιάζει μια διακύμανση από το βασάλτη έως το ρυόλιθο. Με βάση το γεωλογικό χάρτη του ΓΜΕ (1980), οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στη Θήρα είναι οι ακόλουθοι: ρυοδακτιτική σειρά κίσσηρης, μεταφερμένη ανώτερη σειρά κίσσηρης, εκχύσεις δακτιτικών λαβών, τόφοι δακτιτικής κίσσηρης, ρυοδακτιτική σειρά κίσσηρης, ανδεσιτικές λάβες και σκωρίες, διάφορα πυροκλαστικά υλικά, έκχυτα δακτιτικά ηφαιστειακά υλικά, αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις, χαλαζιακές ανδεσιτικές λάβες, κώνοι κορυμάτων, ανδεσιτικές λάβες. Τα μη ηφαιστειακά υλικά που απαντώνται είναι το ημιμεταμορφωμένο σύστημα που περιλαμβάνει φυλλίτες έως ασβεστιτικούς φυλλίτες, καθώς και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους.

3.7 Νίσυρος

Η Νίσυρος ανήκει στο σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων της Ελλάδας, με γεωγραφικές συντεταγμένες από 36°33' Β έως 36°40' Β και από 27°08' Α έως 27°16' Α. Πρόκειται για ένα αμιγώς ηφαιστειακό νησί στα νοτιοανατολικά της Κω, με έκταση 42 km² και με μια καλά σχηματισμένη καλδέρα πλάτους 4 km και βάθους 300 m και αποτελεί την κατάληξη προς τα Ανατολικά του SAAVA. Το νησί είναι ουσιαστικά ένα σύνθετο ηφαιστειακό οικοδόμημα με μια κεντρική καλδέρα (Volentik κ.α., 2002).

Η τοπογραφία της περιοχής μοιάζει με έναν κώνο με διάμετρο βάσης 8 km. Οι δόμοι (νεότερα ηφαιστειακά προϊόντα) που σχηματίστηκαν μετά την καλδέρα υπερβαίνουν τις παρυφές αυτής, φτάνοντας σε ένα μέγιστο ύψος περίπου 700 μέτρα. Όλο το νησί έχει δημιουργηθεί αποκλειστικά από ηφαιστειακά προϊόντα τα οποία έχουν αποθεθεί πάνω στο γεωλογικό υπόβαθρο, το οποίο αποτελείται από Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους και ιζήματα του Νεογενούς (Varekamp, 1992).

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της Νισύρου ανήκουν στην κατηγορία της τυπικής ασβεσταλκαλικής σειράς και περιλαμβάνουν σχεδόν όλες τις παραλλαγές αυτής από τους βασικούς ανδεσίτες, τους δακίτες-ρυοδακίτες έως τους ρυόλιθους (Di Paola, 1974 ; Βουγιουκαλάκης, 1992). Οι Pe-Piper και Piper (2002), θεωρούν ότι τα ηφαιστειακά πετρώματα του νησιού χαρακτηρίζονται από μια ποικιλία που καλύπτει διάφορους τύπους ηφαιστειακών πετρωμάτων από τον βασαλτικό ανδεσίτη έως τον ρυοδακίτη. Με βάση την Δάβη (1967) τα κυριότερα ηφαιστειακά πετρώματα του νησιού είναι οι δακίτες, οι ρυοδακίτες, οι ανδεσίτες, οι τραχειανδεσίτες, τα τραχειανδεσιτικά κροκαλοπαγή, ο ρυόλιθος, η κίσσηρης και η ηφαιστειακή ύελος.

Οι διαθέσιμες πληροφορίες από μετρήσεις της ηλικίας των πετρωμάτων της Νισύρου με ραδιοχρονολόγηση δείχνουν ότι το υπέργειο τμήμα της Νισύρου δημιουργήθηκε κατά τα τελευταία 160.000 χρόνια (Pe-Piper και Piper, 2002).

Παρόλα αυτά οι ραδιοχρονολογήσεις αφήνουν ερωτήματα σχετικά με το ακριβές χρονικό όριο της έκρηξης του ηφαιστείου.

Γενικά έχουν αναγνωριστεί και έχουν γίνει αποδεκτές τρεις εκρηκτικές φάσεις κατά το σχηματισμό της Νισύρου. Τα πρώτα ηφαιστειακά προϊόντα αντιπροσωπεύονται από μερικούς υποθαλάσσιους βασαλτικούς ανδεσίτες στη βορειοδυτική πλευρά του νησιού. Κατά τη δεύτερη φάση δημιουργήθηκε ο ηφαιστειακός κώνος με προϊόντα κυρίως ανδεσιτικής σύστασης, ενώ αντίθετα τα προϊόντα της τρίτης φάσης είναι κυρίως δόμοι και μικρά ρεύματα λάβας ρυολιθοδακτιτικής σύστασης, τα οποία δημιουργήθηκαν μετά την κατάρρευση της καλδέρας (Davis, 1967 ; Di Paola, 1974).

Δύο εκρηκτικοί κύκλοι είναι διακριτοί και οι οποίοι περιγράφουν την ηφαιστειακή ιστορία της Νισύρου και περιλαμβάνουν συνολικά πέντε φάσεις ανάπτυξης και δεκαεννέα ενότητες (E), με βάση το καθεστώς σχηματισμού τους. Ο πρώτος εκρηκτικός κύκλος περιλαμβάνει την ηφαιστειακή δραστηριότητα η οποία σχημάτισε τον ηφαιστειακό κώνο και αποτελείται από τρεις φάσεις, ενώ ο δεύτερος είχε σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό της καλδέρας με δύο διαφορετικές φάσεις.

Οι πιο παλιές φάσεις (από την πρώτη έως και την τρίτη) είχαν ως αποτέλεσμα την κατασκευή του ηφαιστειακού οικοδομήματος. Στην πρώτη φάση, η οποία λαμβάνει χώρα κατά το ανώτερο Πλειστόκαινο, περιλαμβάνονται οι παλαιότεροι ανδεσίτες οι οποίοι είναι υποθαλάσσιοι (E1), ανδεσιτικά ρεύματα (E2), ανδεσιτικά πυροκλαστικά προϊόντα (E3) και τοπικά δακτιτικά ρεύματα λάβας (E4). Κατά τη φάση αυτή παρατηρείται διακοπή της ηφαιστειακής δραστηριότητας και η διάβρωση προκαλεί την απόθεση του κυρίου μέρους του κροκαλοπαγούς του Κάστρου (E5).

Η δεύτερη φάση ξεκινά με μια ελαφρώς εκρηκτική και κυρίως εκχυτική δραστηριότητα η οποία αποθέτει τα μεσαία ανδεσιτικά ρεύματα λάβας (E6) και τα μεσαία πυροκλαστικά προϊόντα (E7), ακολουθεί η απόθεση ρυοδακτικών λαβών (ηλικίας 38.000 ετών περίπου, E8), ενώ παρεμβάλλονται πυροκλαστικές αποθέσεις που αποτελούν τη σειρά της Παναγιάς Κυράς (E9).

Η τρίτη φάση ξεκινά με την απόθεση των ανώτερων ανδεσιτικών λαβών και πυροκλαστικών προϊόντων (E10) τα οποία καλύπτονται από ανώτερες δακτιτικές λάβες (E11), οι οποίες σχηματίζουν τους θόλους του Εμπορείου και από την κατάρρευση των οποίων δημιουργούνται λατυποπαγή πετρώματα (E12). Έτσι από τα παραπάνω πολυάριθμα ηφαιστειακά επεισόδια σχηματίστηκε το ηφαιστειακό οικοδόμημα της Νισύρου.

Ο δεύτερος κύκλος ηφαιστειακής δραστηριότητας χαρακτηρίζεται σαν κύκλος καταστροφής του ήδη δημιουργηθέντος ηφαιστειακού οικοδομήματος και έχει έντονα εκρηκτική δραστηριότητα με αποτέλεσμα τα καλδερικά βυθίσματα. Ο κύκλος αυτός αρχίζει 25.000 έτη περίπου πριν από σήμερα, με μια έντονη φρεατοπλινιακή δραστηριότητα από όπου αποτίθεται η κατώτερη ρυολιθική κίσηρις (E13), ενώ παράλληλα δημιουργείται η πρώτη καλδέρα της Νισύρου.

Ο Βουγιουκαλάκης (1998) αναφέρει ότι οι βασάλτες και οι ανδεσίτες στη Νίσυρο απαντώνται κυρίως κατά τα πρώτα στάδια σχηματισμού του χερσαίου ηφαιστειακού κώνου, ενώ στα τελευταία στάδια είναι συχνότεροι οι δακίτες και οι ρυόλιθοι που απαντώνται περισσότερο στις τελευταίες καταστροφικές εκρήξεις (σχηματισμός καλδέρας). Με τα παραπάνω φαίνεται να συμπίπτουν οι αναφορές του Di Paola (1974), ο οποίος διαχωρίζει την ηφαιστειακή εξέλιξη στη Νίσυρο σε προκαλδερική και μετακαλδερική, με την πρώτη να περιλαμβάνει προϊόντα κυρίως ανδεσιτικής σύστασης, ενώ η δεύτερη περισσότερο όξινα πετρώματα.

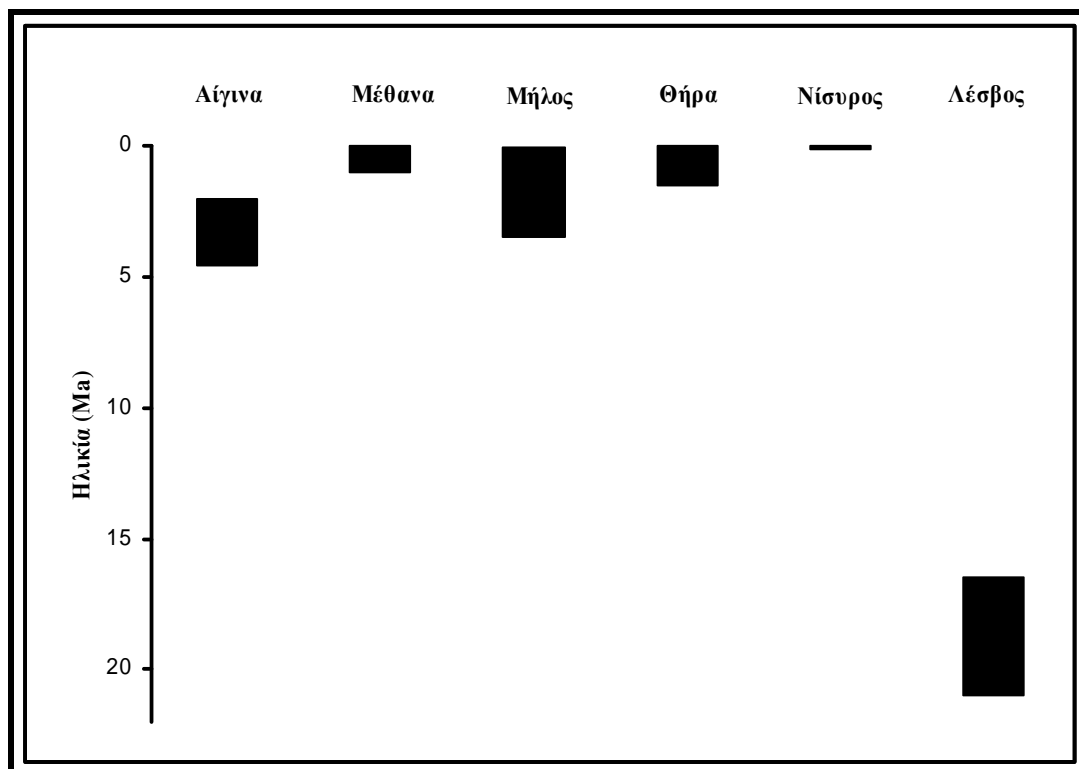
Με βάση το γεωλογικό χάρτη της Νισύρου (Vougioukalakis, 1993), το μεγαλύτερο τμήμα της Νισύρου καλύπτεται από τα μεταλδερικά ηφαιστειακά προϊόντα, δηλαδή έχουν γεωλογική ηλικία μικρότερη από 25.000 έτη.

3.8 Γεωλογική σύνοψη των περιοχών μελέτης

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, ακολουθεί μια απλοποιημένη συνολική εικόνα των περιοχών μελέτης όσον αφορά τον χρόνο που δομήθηκαν ηφαιστειακά και την σύσταση του γεωλογικού υποβάθρου. Αυτό είναι χρήσιμο για την αξιολόγηση του βαθμού της επίδρασης των παραγόντων της εδαφογένεσης και κυρίως του χρόνου και του μητρικού υλικού. Για το λόγο αυτό στον Πίνακα 3.1 και 3.2 γίνεται μια γενική επισκόπηση της γεωλογικής εξέλιξης για τις περιοχές της μελέτης και στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται η χρονική ακολουθία της.

Όσον αφορά το χρόνο κατά τον οποίο αναπτύχθηκε η ηφαιστειότητα, η σειρά κατάταξης των περιοχών από τις παλαιότερες προς τις νεότερες είναι η ακόλουθη: Αίγινα, Μήλος, Μέθανα, Θήρα, Νίσυρος. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ακολουθία βασίζεται στο χρόνο εξέλιξης της ηφαιστειακής δράσης και όχι στην ηλικία του μητρικού υλικού του εδάφους. Και αυτό διότι για παράδειγμα στη Θήρα, παρόλο που η γεωλογική εξέλιξη ξεκίνησε πριν από 1Ma περίπου, η επιφάνειά της καλύπτεται κυρίως από τα προϊόντα της Μινωικής έκρηξης και επομένως το μητρικό υλικό των εδαφών είναι ηλικίας 3500 ετών περίπου. Έτσι, με βάση την ηλικία του μητρικού υλικού των εδαφών, μπορούμε να πούμε ότι η παραπάνω ακολουθία διαμορφώνεται ως εξής: Αίγινα, Μήλος, Μέθανα, Νίσυρος, Θήρα.

Στο δυτικό τμήμα του SAAVA (Αίγινα, Μέθανα), τα ηφαιστειακά προϊόντα είναι ανδεσιτικής και δακιτικής σύστασης, ενώ στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα (Μήλος, Θήρα, Νίσυρος) διαπιστώνεται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό η συμμετοχή περισσότερο όξινων υλικών, ρυολιθικής σύστασης, όπως για παράδειγμα η ρυολιθική κίσηρη στην Θήρα αλλά και η περισσότερο όξινη φύση των μετακαλδερικών προϊόντων στη Νίσυρο. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί η μεγάλη ποικιλία ηφαιστειακών προϊόντων (λάβες, δόμοι, σκωρίες, πυροκλαστικά ιζήματα, λαχάρ, κίσηρης). Ο χρόνος απόθεσης των ηφαιστειακών προϊόντων αλλά και το είδος αυτών μεταβάλλονται σε μεγάλο βαθμό στις περιοχές όπου σχηματίζονται τα εξεταζόμενα εδάφη.



Διάγραμμα 3.1: Χρονική εξέλιξη της ηφαιστειακής δράσης στις περιοχές μελέτης

Πίνακας 3.1: Συνοπτική παρουσίαση της ηφαιστειακής δραστηριότητας στις περιοχές μελέτης

Ηλικία (Ma)	Φάση ηφαιστειακής εξέλιξης	Είδος ηφαιστειακών προϊόντων
Αίγινα		
4.7 - 3.0	Αρχική υποθαλάσσια δραστηριότητα που απαντάται στα βόρεια και βορειανατολικά του νησιού. Εν συνεχεία ανάπτυξη της φάσης αυτής στο κεντρικό και νότιο τμήμα	Δακτιτικές φάσεις
3.0 - 2.1	Στο κεντρικό και νότιο τμήμα στις περιοχές Ορος και Λαζαρίδες	Ανδεσιτικές φάσεις
Μέθανα		
< 1.0	Ηφαιστειακοί δόμοι αναπτύσσονται ακτινικά της χερσονήσου και τα διάφορα ηφαιστειακά προϊόντα σχηματίζονται με χρονική διασπορά καθόλη την περίοδο σχηματισμού της χερσονήσου. Τελευταία έκρηξη το 230 π. Χ στο Καμένο Βουνό	Προϊόντα κυρίως ανδεσιτικής και δακτιτικής σύστασης
Μήλος		

3.5 - 1.6	Σχηματίζεται το μεγαλύτερο τμήμα της σημερινής Μήλου	Τεράστια ποικιλία όσον αφορά το χημισμό (από βασαλτική έως ρυολιθική σύσταση) αλλά και τη μορφολογία των ηφαιστειακών προϊόντων (λαχάρ, λάβες, τόφφοι, κίσηρις, πυροκλαστικές αποθέσεις)
1.1 - 0.9	Εκτεταμένη ρυολιθική δραστηριότητα κυρίως στην κεντρική Μήλο	
0.38	Δημιουργία περλιτικού δακτυλίου στο ηφαίστειο του Τράχυλα (βόρεια Μήλος)	
0.1	Δημιουργία ηφαιστείου Φυριπλάκας (νότια Μήλος)	

Πίνακας 3.2: Συνοπτική παρουσίαση της ηφαιστειακής δραστηριότητας των περιοχών μελέτης - Συνέχεια

Ηλικία (Ma)	Φάση ηφαιστειακής εξέλιξης	Είδος ηφαιστειακών προϊόντων
Θήρα		
1.5 - 1.0	Αναπτύσσεται η πρώτη δραστηριότητα στη χερσόνησο του Ακρωτηρίου στα νότια του νησιού	Βασάλτες, ανδεσίτες, υαλοκλαστίτες καθώς και ρυοδακτιτικές λάβες και τόφφοι
0.53 - 0.48	Σχηματίζεται το ηφαιστειακό οικοδόμημα από το ηφαίστειο Περιστέρια (βόρεια Θήρα)	Βασαλτικά και ανδεσιτικά ρεύματα, σκωρίες, κώνοι, δόμοι, τόφοι
> 0.17	Πρώτος κύκλος του πυροκλαστικού σχηματισμού της Θήρας	Ρεύματα ανδεσίτη, ρυοδακίτες, κατώτερη σειρά κίσηρης
< 0.17	Έναρξη δεύτερου κύκλου (εξέλιξη της προηγούμενης φάσης)	Ανδεσίτες, μεσαία σειρά κίσηρης, σκωρίες, τόφφοι, δόμοι
0.0035	Ολοκλήρωση του σχηματισμού της Θήρας με τη Μινωική έκρηξη	Έκροή κίσηρης ρυοδακτιτικής κυρίως σύστασης
Νίσυρος		
0.15 - 0.025	Σχηματισμός του ηφαιστειακού κώνου του νησιού (προκαλδερική φάση)	Σε αυτή τη φάση κυριαρχούν κυρίως βασαλτικής και ανδεσιτικής σύστασης προϊόντα
0.025 - 0.015	Δημιουργία της καλδέρας (μετακαλδερική φάση)	Κυρίως δακτιτικά και ρυολιθικά προϊόντα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Λήψη και προετοιμασία εδαφικών δειγμάτων

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης έγινε επίσκεψη σε όλες τις εξεταζόμενες περιοχές (Θήρα, Νίσυρος, Μήλος, Μέθανα, Αίγινα) και επελέγησαν θέσεις στις οποίες ανοίχτηκαν εδαφοτομές και πραγματοποιήθηκε η λήψη των εδαφικών δειγμάτων. Έγινε επιτόπου η περιγραφή των εδαφοτομών (Field Book for Describing and Sampling Soils, 1998). Για τον προσδιορισμό του χρώματος του εδάφους χρησιμοποιήθηκε ο χρωματικός πίνακας του συστήματος Munsell.

Τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να γίνουν όλες οι απαραίτητες εργαστηριακές μετρήσεις. Τα εδαφικά δείγματα προετοιμάστηκαν ως παρακάτω:

- αεροξηράνθηκαν
- λειοτριβήθηκαν
- απομονώθηκε το κλάσμα της λεπτής γης με κόσκινο των 2 mm

Το κλάσμα της λεπτής γης χρησιμοποιήθηκε για όλες τις εργαστηριακές αναλύσεις που περιγράφονται παρακάτω.

4.2 Μηχανική ανάλυση

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφικών δειγμάτων έγινε με μηχανική ανάλυση, όπως περιγράφεται στο Soil Survey Laboratory Methods Manual (2004). Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των κλασμάτων της ιλύος και της αργίλου έγινε με τη μέθοδο της πιπέτας. Η μέθοδος βασίζεται στο νόμο του Stokes και σαν διασπορικό μέσον χρησιμοποιήθηκε διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου το οποίο περιείχε $35.7 \text{ g L}^{-1}(\text{NaPO}_3)_6$ και $7.94 \text{ g L}^{-1} \text{ Na}_2\text{CO}_3$. Πριν από την μηχανική ανάλυση δεν έγινε καταστροφή της οργανικής ουσίας. Η περιεκτικότητα του κάθε μηχανικού κλάσματος εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις %.

4.3 pH

Ο προσδιορισμός του pH έγινε σε αιώρημα εδάφους:H₂O σε αναλογία 1:1 (κ.β) (McLean, 1982). Χρησιμοποιήθηκαν 20 g εδαφικού δείγματος στα οποία προστέθηκαν 20 ml H₂O. Μετά από εξισορρόπηση διάρκειας 1 ώρας, προσδιορίστηκε στο αιώρημα το pH με πεχάμετρο τύπου Beckman.

4.4 Οργανική ουσία

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των εδαφών σε οργανική ουσία, έγινε με την τροποποιημένη μέθοδο υγρής οξείδωσης Walkley-Black (Nelson και Sommers, 1982). Πρόκειται για μια υγρή καύση όπου το ισχυρά οξειδωτικό μέσο είναι διάλυμα K₂Cr₂O₇ (1N), από το οποίο οξειδώνεται η οργανική ουσία του εδάφους, σε ένα ισχυρά όξινο περιβάλλον (παρουσία H₂SO₄) και στη

συνέχεια προσδιορίζεται η ποσότητα του οξειδωτικού που βρίσκεται σε περίσσεια, μετά την ολοκλήρωση της οξείδωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους, με τιλοδότηση διαλύματος FeSO_4 (0.5N). Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως ποσοστό επί τοις %.

4.5 Εκχύλιση με τη μέθοδο του διθειονικού νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$)

Με τη μέθοδο του $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (Mehra και Jackson, 1960), προσδιορίζονται τα ελεύθερα οξείδια του Fe, τα οποία είναι κυρίως πεδογενετικής προέλευσης. Με τη μέθοδο αυτή διαλυτοποιούνται τα παραπάνω ελεύθερα οξείδια από το εδαφικό δείγμα, μέσω της αναγωγικής δράσης του $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$. Στη μέθοδο χρησιμοποιείται και ρυθμιστικό διάλυμα κιτρικού νατρίου ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, Na-citrate-bicarbonate) το οποίο παρεμποδίζει την αποσύνθεση του $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$, διατηρώντας το pH σε τιμή μεγαλύτερη από 6.5.

Χρησιμοποιήθηκαν 5 g εδάφους, 40 ml του ρυθμιστικού διαλύματος και 1 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$. Στο εκχύλισμα προσδιορίστηκε ο Fe με ατομική απορρόφηση. Για τον Fe χρησιμοποιήθηκε φλόγα $\text{C}_2\text{H}_2\text{-O}_2$. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως επί τοις % περιεκτικότητα των στοιχείων που προσδιορίστηκαν.

4.6 Εκχύλιση με τη μέθοδο του οξαλικού αμμωνίου ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως εκχυλιστικό μέσο διάλυμα 0.2M οξαλικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Blakemore, 1987) και εκχειλίζεται ο Fe από τα άμορφα οξείδια του, καθώς και από τα άμορφα αργιλοπυριτικά συστατικά των ηφαιστειακών εδαφών. Κατά τη μέθοδο αυτή, γίνεται μεταχείριση των εδαφικών δειγμάτων με διάλυμα οξαλικού αμμωνίου 0.2M σε pH 3 (το οποίο ρυθμίζεται με τη χρήση οξαλικού οξέος, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) και ανάδευση διάρκειας 4 ωρών σε σκότος, για την αποφυγή αποσύνθεσης του εκχυλιστικού μέσου λόγω φωτοευαισθησίας του. Χρησιμοποιήθηκαν 2 g εδάφους και 100 ml εκχυλιστικού. Στο εκχύλισμα προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις του Fe με όργανο ατομικής απορρόφησης και χρησιμοποιήθηκε φλόγα $\text{C}_2\text{H}_2\text{-O}_2$. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως επί τοις % περιεκτικότητα των στοιχείων που προσδιορίστηκαν.

4.7 Ολική στοιχειακή ανάλυση του κλάσματος της άμμου

Στο κλάσμα της άμμου έγινε ολική στοιχειακή ανάλυση με τη χρήση HF (Bernas, 1968). 50 mg λειοτριβμένης άμμου (περασμένη από κόσκινο των 150 mesh) μεταχειρίστηκαν με 0.5 ml aqua regia (διάλυμα HCl 12N και HNO_3 15N σε αναλογία 3:1) και με 3 ml πυκνού HF (48%). Στο εκχύλισμα προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του Fe, με όργανο ατομικής απορρόφησης. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως επί τοις % περιεκτικότητα των οξειδίων των στοιχείων που προσδιορίστηκαν.

4.8 Μαγνητική επιδεκτικότητα X

Η μαγνητική επιδεκτικότητα των δειγμάτων καθορίστηκε με τη χρήση ενός μετρητή X2 Bartington εξοπλισμένο με αισθητήρα συχνότητας X2B Dual, ικανό να λαμβάνει μετρήσεις τόσο σε χαμηλές (X_{lf} σε 0,47 kHz) όσο και σε υψηλές (X_{hf} σε 4,7 kHz) συχνότητες. Περίπου 10 g αεροξηραθέντος εδάφους τοποθετήθηκε σε φιαλίδια από πολυαιθυλένιο (με διάμετρο 2,2 cm). Για κάθε δείγμα έλαβαν χώρα τρεις επαναληπτικές μετρήσεις. Δοκιμαστική ανάγνωση γίνεται με άδειο φιαλίδιο, πριν και μετά τη μέτρηση επί των δειγμάτων για τη διόρθωση για τη μετατόπιση του μέσου. Τα δείγματα μετρήθηκαν προ και μετά την καταστροφή των ελεύθερων οξειδίων του σιδήρου (CBD).

4.9 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του λογισμικού Statistica (version 7).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΘΕΣΗ, ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τη περιγραφή όλων των εδαφοτομών

5.1 Περιγραφή εδαφοτομών

Παρακάτω ακολουθεί η περιγραφή των εδαφοτομών, παρατίθενται οι γεωλογικοί χάρτες των περιοχών μελέτης με τις θέσεις δειγματοληψίας, καθώς και φωτογραφίες από ορισμένες εδαφοτομές.

5.1.1 Αίγινα

Εδαφοτομή 1

Τοποθεσία: Βορειοδυτικά του νησιού, κοντά στο χωριό Αγ. Μαρίνα, 37° 45' 104" Β και 23° 32' 610" Α.

Μητρικό υλικό: Ηφαιστειίτες Κατώτερου Πλειόκαινου

Κλίση: 5-10%

Υψόμετρο: 100 m

Προσανατολισμός: Δ

Βλάστηση: Πεύκα (Pinus, Pinea)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-25	7.5YR 4/4	7.5YR 5/6	CL	3m	11sbk	s	m	as
Bk	25-59	10YR 6/4	10YR 7/4	SCL	1f	21sbk	s	w	gs
C	59-99	10YR 6/6	10YR 7/6	SCL	1f	0	s	w	

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 1= λίγες (2-20%), 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής, 1= ασθενής, 2= μέτρια, ; Μέγεθος δομής: 1= λεπτή ; Σχήμα δομής: sbk= υπογωνιώδης κυβική,

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία, m= μέτρια, w= ασθενής, s= ισχυρή

^dΒιολογική δραστηριότητα w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα Ευκρίνεια ορίου: a= απότομο, g= βαθμιαίο ;

Ομαλότητα: s= ομαλό

Εδαφοτομή 2

Τοποθεσία: Στο νότιο και κεντρικό τμήμα του νησιού, 37° 41' 256" Β και 23° 28' 701" Α.

Μητρικό υλικό: Ηφαιστειίτες Κατώτερου-Μέσου Πλειόκαινου

Κλίση: 5-10%

Υψόμετρο: 180 m

Προσανατολισμός: Δ

Βλάστηση: Αγροστώδη ζιζάνια (Graminae)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-23	10YR 3/2	10YR 3/4	CL	2f	33sbk	n	s	gw
Bw	23-45	5YR 3/3	5YR 4/4	SCL	1f	32sbk	n	m	gw
C	45+	7.5YR 4/4	7.5YR 5/6	SCL	1f	22sbk	n	w	-

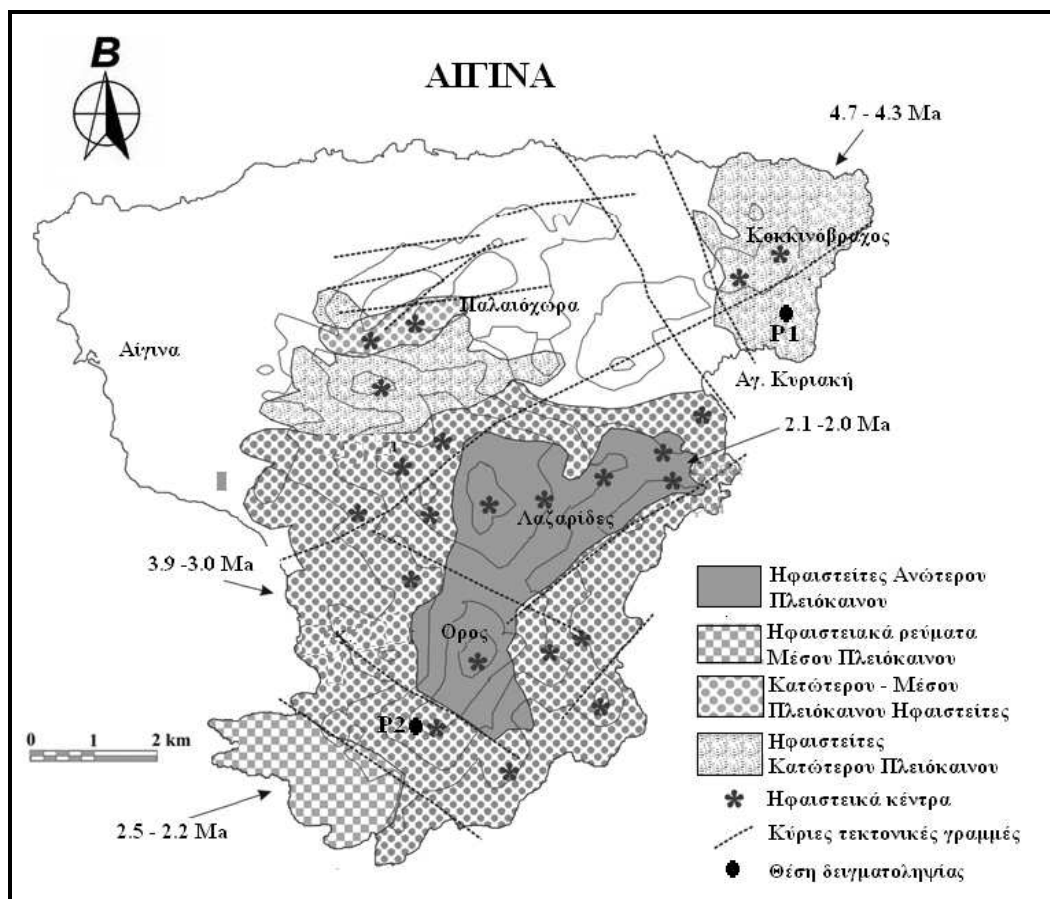
^a**Ρίζες** Αφθονία ριζών: 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm

^b**Δομή** Ευκρίνεια δομής: 2= μέτρια, 3= ισχυρή ; Μέγεθος δομής: 2= μέση, 3= χονδρή ; Σχήμα δομής: sbk= υπογωνιώδης κυβική

^c**Αντίδραση στο HCl** n= καμία

^d**Βιολογική δραστηριότητα** w= ασθενής, m= μέτρια, s= ισχυρή

^e**Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα** Ευκρίνεια ορίου: g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: w= κυματοειδές.



Εικόνα 5.1: Γεωλογικός χάρτης Αίγινας (Francalanci κ.α., 2005) – Θέσεις δειγματοληψίας



Εικόνα 5.2: Εδαφοτομή 2 – Αίγινα

Κοινό χαρακτηριστικό των δύο εδαφοτομών της Αίγινας είναι ο σχηματισμός υπογωνιώδους κυβικής δομής και η παρουσία καμβικού ορίζοντα. Τα εδάφη είναι μετρίως λεπτόκοκκης σύστασης. Και στις δύο εδαφοτομές με την αύξηση του βάθους υπάρχει μια διαφοροποίηση στη χροιά του χρώματος. Στην εδαφοτομή 1 η χροιά του χρώματος είναι 7.5YR στον επιφανειακό ορίζοντα, ενώ στους κατώτερους ορίζοντες είναι 10YR. Στην εδαφοτομή 2 (Εικ. 5.2) η χροιά του χρώματος είναι 10YR στον επιφανειακό ορίζοντα, στον Β είναι 5YR και στον C 7.5YR.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρήθηκε έντονη αντίδραση στο HCl σε όλο το βάθος της εδαφοτομής, ενώ αντίθετα στην 2 δεν διαπιστώθηκε κάτι τέτοιο. Η εδαφοτομή 2 παρουσιάζει καλύτερες συνθήκες στράγγισης σε σχέση με την 1. Επίσης η 1 χαρακτηρίζεται και από μικρότερη συνεκτικότητα σε σχέση με την 2. Ειδικά στην 2 η συνεκτικότητα είναι μεγαλύτερη στα κατώτερα βάρη της εδαφοτομής. Ο Β ορίζοντας της 2 περιέχει κροκάλες μεγέθους 7-8 cm σε ποσοστό που κυμαίνεται από 10% έως 20%. Και στις δύο εδαφοτομές, το όριο προς τον υποκείμενο ορίζοντα του Β παρουσιάζει ένα εύρος 4-5 cm. Επίσης παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στη βιολογική δραστηριότητα και την παρουσία των ριζών, οι οποίες είναι πιο έντονες στα ανώτερα τμήματα των εδαφοτομών.

5.1.2 Μέθανα

Εδαφοτομή 1

Τοποθεσία: Στα δυτικά της χερσονήσου λίγο πριν από το χωριό Καμένη Χώρα, 4162767 Β και 440877 Α

Μητρικό υλικό: Ηφαιστειοκλαστικά υλικά

Κλίση: Περίπου 5%,

Προσανατολισμός : Δ

Βλάστηση: Καλλιέργεια Ελιάς

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-20	10YR 4/2	10YR 5/2	SCL	2m	22gr	n	s	as
Bw	20-50	10YR 3/3	10YR 4/3	SCL	2m	23abk	n	s	gw
C	50-90	10YR 3/4	10YR 4/3	CL	1f	22abk	n	m	

Εδαφοτομή 2

Τοποθεσία: Στα βορειοδυτικά της χερσονήσου, μεταξύ Παλαιών Λουτρών και Μακρύλογγου, 4164083 B και 443409 A

Μητρικό υλικό: Ηφαιστειοκλαστικά υλικά

Κλίση: 0%

Υψόμετρο: 376 m

Προσανατολισμός: B

Βλάστηση: Πεύκα (Pinus, Pinea)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-10	10YR 3/6	10YR 5/3	SiL	3m	33gr	n	m	gs
Bw1	10-30	10YR 4/4	10YR 4/3	L	2m	11gr	n	w	gs
Bw2	30-50	10YR 3/4	10YR 5/3	L	1f	11gr	n	w	gs
C1	50-70	10YR 4/3	10YR 5/3	L	0	0	n	n	gs
C2	70-95	10YR 3/6	10YR 4/6	CL	0	0	n	n	gs
C3	95+	10YR 4/6	10YR 5/4	CL	0	0	n	n	

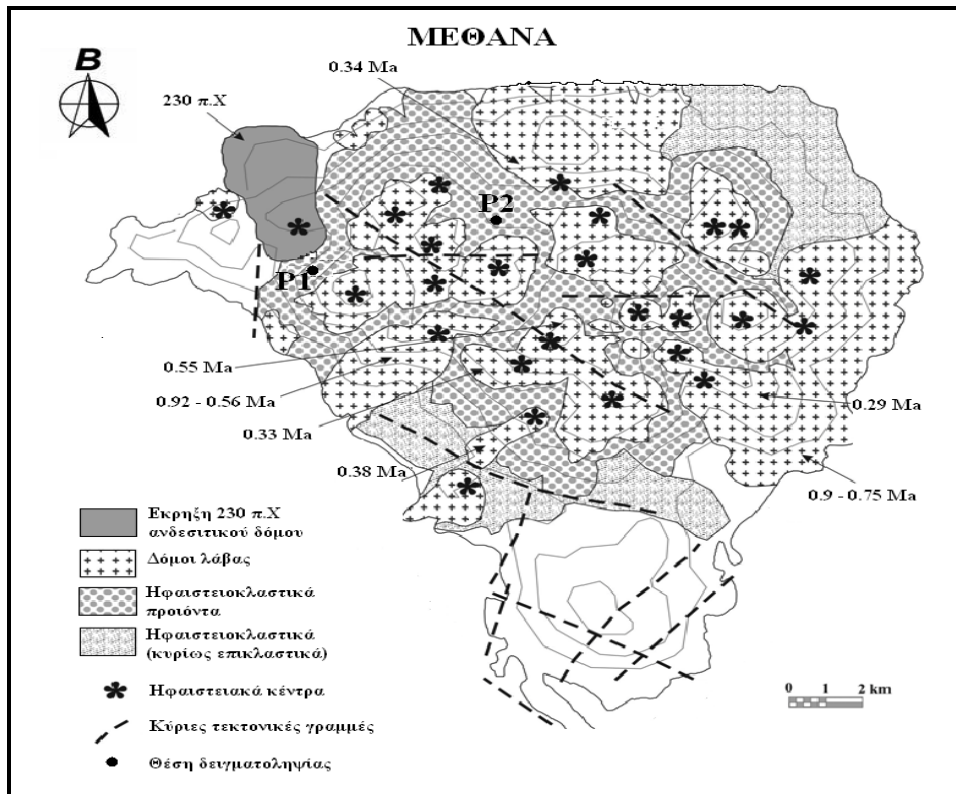
^a**Ρίζες** Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%), 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^b**Δομή** Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής, 1= ασθενής, 2= μέτρια, 3= ισχυρή ; Μέγεθος δομής: 1= λεπτή, 2= μέση, 3= χονδρή ; Σχήμα δομής: gr= κοκκώδης, abk= γωνιώδης κυβική.

^c**Αντίδραση στο HCl** n= καμία αντίδραση

^d**Βιολογική δραστηριότητα** n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια, s= ισχυρή

^e**Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα** Ευκρίνεια ορίου: a= απότομο, g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: s= ομαλό, w= κυματοειδές.



Εικόνα 5.3: Γεωλογικός χάρτης Μεθάνων (Francalanci κ.α., 2005) – Θέσεις δειγματοληψίας



Εικόνα 5.4: Εδαφοτομή 2 – Μέθανα

Και οι δύο εδαφοτομές των Μεθάνων χαρακτηρίζονται από την παρουσία κοκκώδους και γωνιώδους κυβικής δομής και το σχηματισμό καμβικού ορίζοντα. Τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως μέσης (εδαφοτομή 1) και μετρίως λεπτόκοκκης σύστασης (εδαφοτομή 2). Η εδαφοτομή 2 (Εικ. 5.4) χαρακτηρίζει ένα πιο βαθύ έδαφος και διακρίνεται από περισσότερους ορίζοντες. Η χροιά του χρώματος σε όλες τις εδαφοτομές είναι 10YR και το χρώμα χαρακτηρίζεται από μέτριες έως χαμηλές τιμές έντασης. Επίσης παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις με το βάθος στη βιολογική δραστηριότητα και την παρουσία ριζών.

5.1.3 Μήλος

Εδαφοτομή 1

Τοποθεσία: Περιοχή Παναγιά Βουνάλι, 36° 42' 406" Β και 24° 22' 675" Α.

Μητρικό υλικό: Τόφφοι και τοφφίτες (2.7-1.6 Ma)

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 120 m

Προσανατολισμός: ΒΑ

Βλάστηση: Επίπεδος αγρός με διάφορα ζιζάνια (Graminae)

Ορ/ντα ς	Βάθος ς (cm)	Χρώμ α υγρό	Χρώμ α ξηρό	Υφ ή	^a Ρίζε ς	^b Δομ ή	^c HC l	^d Βιολογικ ή δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμεν ο ορίζοντα
A	0-15	10 YR 4/2	10YR 5/2	SL	3 f	12sbk	n	m	Gs
Bw1	15-30	10 YR 4/3	10YR 6/1	L	2 f	22sbk	n	w	Gs
Bw2	30-45	10 YR 5/2	10YR 6/1	C	0	22sbk	n	n	-

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 2= συνήθεις (20-50%), 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 1= ασθενής, 2= μέτρια ; Μέγεθος δομής: 2= μέση ; Σχήμα δομής: sbk= υπογωνιώδης κυβική

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία αντίδραση

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα Ευκρίνεια ορίου: g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: s= ομαλό

Εδαφοτομή 2

Τοποθεσία: 36° 41' 650" Β και 24° 21' 776" Α.

Μητρικό υλικό: Ρυολιθικές -ανδεσιτικές λάβες ηλικίας (2.7 – 1.6 Ma)

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 144 m

Προσανατολισμός: Α, Βλάστηση: φρύγανα (Thymus, Cirsium, Cistus)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-12	10 YR 6/2	10YR 7/2	CL	3f	22sbk	m	m	As
Bw1	12-49	10 YR 7/3	10YR 8/2	CL	0	22sbk	m	w	Ds
Bw2	49- 128	10 YR 7/2	10YR 8/2	SCL	0	11sbk	m	n	Dw
Cw	128+	10 YR 7/2	10YR 8/1	SCL	0	22sbk	m	n	-

Εδαφοτομή 3

Τοποθεσία: 36° 41' 265" Β και 24° 24' 226" Α.

Μητρικό Υλικό: "Πράσινο λαχάρ"

Κλίση: 2-6%

Υψόμετρο: 145 m

Προσανατολισμός: Β

Βλάστηση: φρύγανα (Genista, Thymus, Cistus)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-18	10 YR 4/4	10YR 7/2	L	3m	22sbk	n	w	as
C	18+	10 YR 6/6	10YR 7/4	L	2f	0	n	n	-

Εδαφοτομή 4

Τοποθεσία: 36° 45' 544" Β και 24° 25' 445" Α.

Μητρικό Υλικό : Τόφφοι και λάβες Τράχυλα (Μέσο Πλειστόκαινο - 0.38Ma)

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 87 m

Προσανατολισμός: Β

Βλάστηση: αγρός καλλιεργούμενος με κηπευτικά

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-30	10 YR 5/4	10YR 6/3	SL	2m	22sbk	n	m	Gs
Bw	30-60	10 YR 6/6	10YR 7/3	SL	2f	22sbk	n	w	Gs
Cw	60-90	10 YR 5/4	10YR 6/2	SCL	1f	22sbk	n	n	

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%), 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής, 1= ασθενής, 2= μέτρια ; Μέγεθος δομής: 1= λεπτή, 2= μέση ; Σχήμα δομής: sbk= υπογωνιώδης κυβική

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία, m= μέτρια

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα Ευκρίνεια ορίου: a= απότομο, g= βαθμιαίο, d= διάχυτο ; Ομαλότητα: s= ομαλό, w= κυματοειδές.

Εδαφοτομή 5

Τοποθεσία: 36° 40' 733" Β και 24° 27' 233" Α.

Μητρικό Υλικό : Δακτύλιοι από τόφφους και λάβες Φυριπλάκας (Ανώτερο Πλειστόκαινο, 0.14 – 0.09 Ma)

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 47 m

Προσανατολισμός: Δ

Βλάστηση: ακαλλιέργητος αγρός

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-15	10 YR 5/4	10YR 6/3	S	2f	0	n	w	Gs
C1	15-30	10 YR 5/4	10YR 6/4	S	2f	0	n	w	Gs
C2	30-45	10 YR 4/6	10YR 5/4	LS	1f	0	n	n	Gs
C3	45-60	10 YR 5/4	10YR 6/4	SL	0	0	n	n	Gs

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%), 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία αντίδραση

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής

Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα *Ευκρίνεια ορίου*: g= βαθμιαίο ; *Ομαλότητα*: s= ομαλό

Εδαφοτομή 6

Τοποθεσία: 36° 40' 806" Β και 24° 27' 154" Α.

Μητρικό Υλικό : Δακτύλιοι από τόφρους και λάβες Φυριπλάκας (Ανώτερο Πλειστόκαινο, 0.14 – 0.09 Ma)

Κλίση: 2-6%

Υψόμετρο: 43 m

Προσανατολισμός: Δ

Βλάστηση: φρύγανα (Thymus, Cistus)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-19	10 YR 5/4	10YR 6/3	LS	3m	0	n	w	As
C1	19-34	10 YR 6/4	10YR 7/4	LS	2m	0	n	w	Ds
C2	34-85	10 YR 6/6	10YR 7/4	S	1f	0	n	n	Ds
C3	85+	10 YR 6/4	10YR 7/3	S	1f	0	n	n	-

^a**Ρίζες** *Αφθονία ριζών*: 0= απουσία, 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%), 3= πολλές (> 50%) ; *Μέγεθος διαμέτρου ριζών*: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^b**Δομή** *Ευκρίνεια δομής*: 0= απουσία δομής

^c**Αντίδραση στο HCl** n= καμία αντίδραση

^d**Βιολογική δραστηριότητα** n=καμία, w =ασθενής

^e**Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα** *Ευκρίνεια ορίου*: a= απότομο, d= διάχυτο ; *Ομαλότητα*: s= ομαλό

Εδαφοτομή 7

Τοποθεσία: 36° 40' 806" Β και 24° 27' 154" Α.

Μητρικό Υλικό : “Πράσινο λαχάρ”

Κλίση: 2-6%

Υψόμετρο: 77 m

Προσανατολισμός: Δ

Βλάστηση: φρύγανα (Thymus, Cistus)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-32	10 YR 5/4	10YR 6/3	SL	2m	21gr	s	w	Gs
Bk	32-69	10 YR 7/2	10YR 8/2	CL	2f	0	vs	w	Gs
C	69+	10 YR 7/2	10YR 8/2	L	1f	0	s	n	

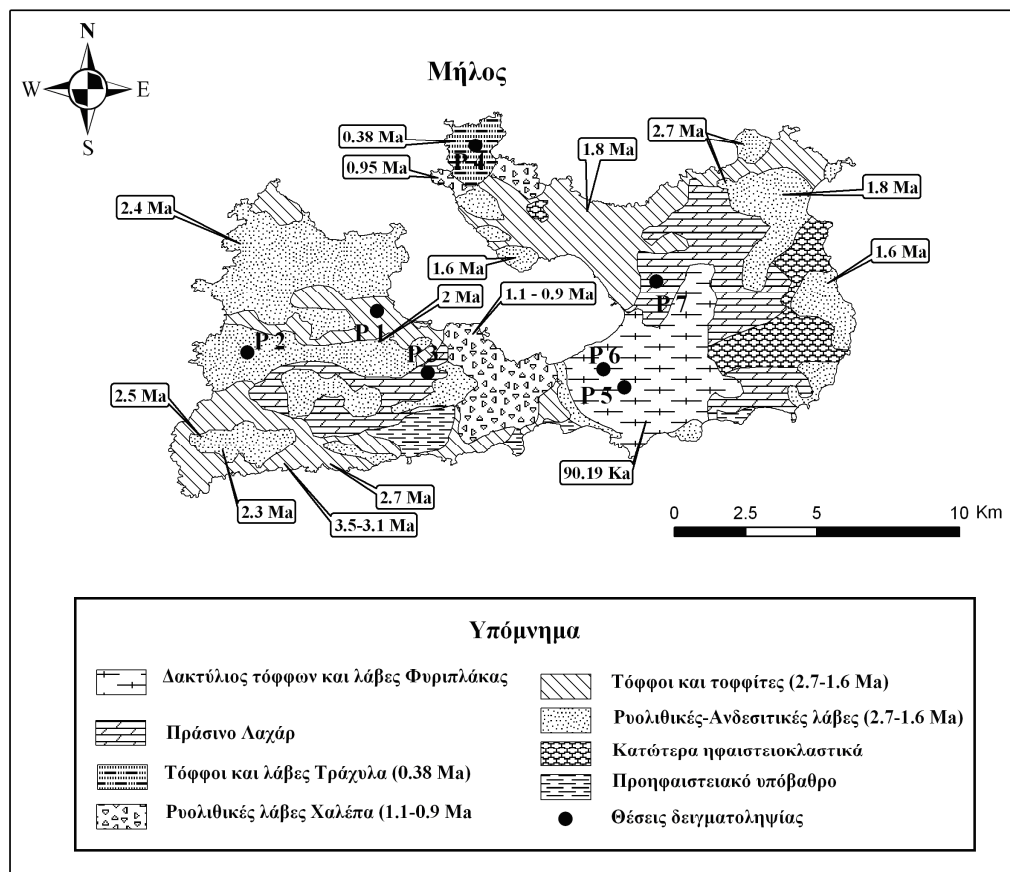
^a**Ρίζες** *Αφθονία ριζών*: 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%) ; *Μέγεθος διαμέτρου ριζών*: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^b **Δομή** *Ευκρίνεια δομής*: 0= απουσία δομής, 2= μέτρια ; *Μέγεθος δομής*: 1= λεπτή ; *Σχήμα δομής*: gr= κοκκώδης

^c **Αντίδραση στο HCl** s= ισχυρή, vs= πολύ ισχυρή

^d **Βιολογική δραστηριότητα** n=καμία, w= ασθενής

^e **Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα** *Ευκρίνεια ορίου*: g= βαθμιαίο ; *Ομαλότητα*: s= ομαλό



Εικόνα 5.5: Γεωλογικός χάρτης Μήλου (Francalanci κ.α., 2005) – Θέσεις δειγματοληψίας

Οι εδαφοτομές της Μήλου χαρακτηρίζονται από διαφοροποίηση στην κοκκομετρική σύσταση και στην παρουσία δομής (σηματισμός καμβικού ορίζοντα). Οι περισσότερες εδαφοτομές χαρακτηρίζονται από την παρουσία δομής και τα εδάφη είναι κυρίως μέσης σύστασης. Εξάιρεση αποτελούν οι εδαφοτομές 5 και 6, όπου τα εδάφη είναι χονδρόκοκκα και χαρακτηρίζονται από την απουσία δομής. Οι εδαφοτομές 2 και 7 παρουσίασαν αντίδραση στο HCl. Στην 7 η αντίδραση είναι περισσότερο έντονη στο Β ορίζοντα, στοιχείο που μάλλον σχετίζεται με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε CaCO₃.

Σε όλους τους ορίζοντες η χροιά του χρώματος είναι 10YR, ενώ υπάρχουν κάποιες διαφορές στις τιμές της έντασης και της καθαρότητας. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στις μεταβολές της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (μείωση με το βάθος).



Εικόνα 5.6: Εδαφοτομή 2 – Μήλος

5.1.4 Θήρα Εδαφοτομή 1

Τοποθεσία: Στο βόρειο τμήμα του νησιού, μεταξύ των χωριών Φοινικιά και Μπαξέδες (Βόρεια της Οίας), 36° 27' 77" Β και 25° 24' 07" Α.

Μητρικό υλικό: Μινωικές αποθέσεις

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 50 m

Προσανατολισμός: ΒΑ

Βλάστηση: καλλιέργεια αμπέλου (*Vitis vinifera*)

Ορ/ντα ς	Βάθος (cm)	Χρώμ α υγρό	Χρώμ α ξηρό	Υφ ή	^a Ρίζε ς	^b Δομ ή	^c HC l	^d Βιολογικ ή δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμεν ο ορίζοντα
A	0-23	10YR 4/3	10YR 6/3	LS	2f	0	n	m	Gs
C1	23-53	10YR 5/4	10YR 6/3	LS	2m	0	n	w	Gs
C2	53-89	10YR 6/3	10YR 7/4	LS	0	0	n	n	Gs
C3	89- 120	10YR 6/3	10YR 7/3	LS	0	0	w	n	-

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 2= συνήθεις (20-50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^bΔομή Ενκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία, w=ασθενής

^dΒιολογική δραστηριότητα n=καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα Ενκρίνεια ορίου: g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: s= ομαλό

Εδαφοτομή 2

Τοποθεσία: Στο κεντρικό τμήμα του νησιού, κοντά στο χωριό Μεσαριά (1 km ΒΑ), 36° 23' 70" Β και 25° 26' 30" Α.

Μητρικό υλικό: Μινωικές αποθέσεις

Κλίση: 0-2%

Υψόμετρο: 150 m

Προσανατολισμός: Α

Βλάστηση: φρύγανα (*Thymelaea hirsuta*, *Alcama tinctoria*)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-15	10YR 4/2	10YR 6/2	LS	2m	0	n	m	Gs
C1	15-32	10YR 4/3	10YR 6/3	LS	2m	0	n	w	Gs
C2	32-57	10YR 5/3	10YR 6/3	LS	1f	0	n	n	Gs
C3	57-79	10YR 5/3	10YR 6/3	LS	0	0	n	n	Sg
C4	79+	10YR 5/3	10YR 6/3	LS	0	0	n	n	-

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 0= απουσία, 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: f= 1-2 mm, m= 2-5 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία αντίδραση

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα Ευκρίνεια ορίου: g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: s= ομαλό

Εδαφοτομή 3

Τοποθεσία: Έξω Γωνιά, 36° 23' 10" Β και 25° 27' 74" Α.

Μητρικό Υλικό : Μινωικές αποθέσεις

Κλίση: 1-2%

Υψόμετρο: 280 m

Προσανατολισμός: Α

Βλάστηση: καλλιέργεια με φιστικιές (*Pistacia vera*)

Ορ/ντας	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφή	^a Ρίζες	^b Δομή	^c HCl	^d Βιολογική ή δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο ορίζοντα
A	0-25	10YR 5/3	10YR 6/3	LS	3m	0	n	m	Gs
C1	25-40	10YR 5/3	10YR 6/3	LS	3m	0	n	w	Gs
C2	40-90	10YR 6/2	10YR 7/2	LS	3m	0	w	n	-

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 3= πολλές (> 50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: m= 2-5 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία δομής

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία αντίδραση, w= ασθενής

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα *Ευκρίνεια ορίου*: g= βαθμιαίο ; *Ομαλότητα*: s= ομαλό

Εδαφοτομή 4

Τοποθεσία: Περιοχή Μεγαλοχωρίου, 36° 22' 15" Β και 25° 25' 59" Α.

Μητρικό Υλικό : Μινωικές αποθέσεις

Κλίση: 1-2%

Υψόμετρο: 350 m

Προσανατολισμός: Α

Βλάστηση: καλλιέργεια αμπέλου (*Vitis vinifera*)

Ορ/ντα ς	Βάθος ς (cm)	Χρώμ α υγρό	Χρώμ α ξηρό	Υφ ή	^a Ρίζε ς	^b Δομ ή	^c HC l	^d Βιολογικ ή δραστ/τα	^e Όριο προς υποκείμεν ο ορίζοντα
A	0-25	10YR 4/4	10YR 6/3	LS	2m	0	n	m	Gs
C1	25-60	10YR 5/3	10YR 6/4	LS	2m	0	n	w	Gs
C2	60-81	10YR 5/4	10YR 6/3	LS	2m	0	n	n	Gs
C3	81- 120	10YR 6/6	10YR 7/4	LS	1m	0	w	n	-

^aΡίζες *Αφθονία ριζών*: 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%); *Μέγεθος διαμέτρου ριζών*: m= 2-5 mm

^bΔομή *Ευκρίνεια δομής*: 0= απουσία δομής

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία, w= ασθενής

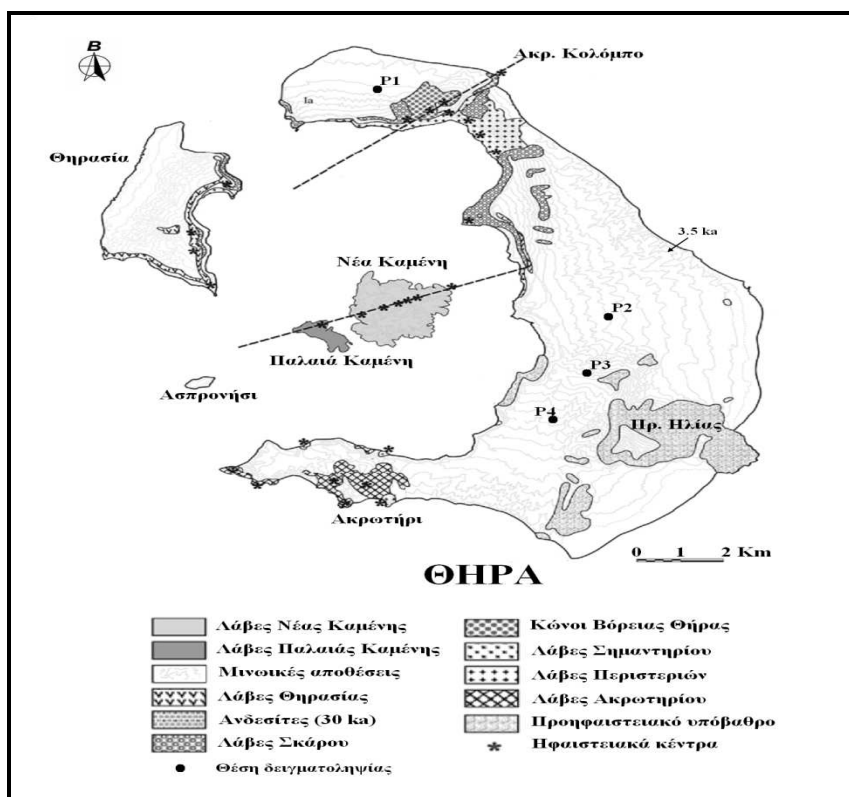
^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο ορίζοντα *Ευκρίνεια ορίου*: g= βαθμιαίο ; *Ομαλότητα*: s= ομαλό



Εικόνα 5.7: Εδαφοτομή 4 – Θήρα

Από την περιγραφή των εξεταζόμενων εδαφοτομών στη Θήρα, διαπιστώνεται η απουσία εδαφικών οριζόντων, ενώ τα εδάφη χαρακτηρίζονται από την παρουσία μόνο ενός ασθενώς ανεπτυγμένου επιφανειακού A ορίζοντα. Τα εδάφη χαρακτηρίζονται από χονδρόκοκκη κοκκομετρική σύσταση και δεν διαπιστώνεται η παρουσία δομής. Το εδαφικό υλικό είναι πολύ εύθρυπτο και δεν παρουσιάζει καμία συνεκτικότητα. Σε όλα τα βάθη των εδαφοτομών η χροιά του χρώματος είναι 10YR. Παρατηρούνται μικρές διαφορές, όσον αφορά την ένταση και την καθαρότητα του χρώματος, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις στα μεγαλύτερα βάθη έχουν λίγο μεγαλύτερες τιμές. Αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα των επιφανειακών οριζόντων σε οργανική ουσία, η οποία σχετίζεται και με τη βιολογική δραστηριότητα που είναι περισσότερο έντονη στην επιφάνεια των εδαφών. Παρατηρούνται κάποιες διαφοροποιήσεις στην παρουσία των ριζών οι οποίες εμφανίζονται περισσότερες και με μεγαλύτερη διάμετρο στα ανώτερα τμήματα των εδαφοτομών. Διαπιστώθηκε ασθενής αντίδραση στο HCl μόνο στα κατώτερα βάθη των εδαφοτομών 1, 2 και 3. Όλες οι εδαφοτομές είναι σχεδόν ομοιόμορφες. Ο εδαφικός σκελετός αποτελείται, κυρίως, από τεμάχια κίσηρης και μαύρης λάβας. Η απουσία δομής και καμβικού ορίζοντα καθώς και η χονδρόκοκκη σύσταση των εδαφών, δείχνουν ότι τα εδάφη της Θήρας δεν εμφανίζουν στοιχεία εξέλιξης.



Εικόνα 5.8: Γεωλογικός χάρτης Θήρας (Francalanci κ.α., 2005) – Θέσεις δειγματοληψίας

5.1.5 Νίσυρος

Εδαφοτομή 1

Τοποθεσία: 4054930 B, 785969 A

Μητρικό Υλικό : Τραχειανδεστικά κροκαλοπαγή

Κλίση: 1-2%

Βλάστηση: εγκαταλειμμένη καλλιέργεια αμπέλου (*Vitis vinifera*), φρύγανα, θάμνοι (*Thymus* sp., *Salvia* sp., *Alcane* sp., *Phagnalon* sp., *Fumaria*, sp.)

Ορ/ντα ς	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφ ή	^a Ρίζε ς	^b Δομή ή	^c HC l	^d Βιολογική ή δρασ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο οριζόντα
A	0-20	10YR 5/2	10YR 6/2	LS	2m	13sbk	n	m	Gs
C1	20-60	10YR 5/2	10YR 6/2	LS	2m	0	n	w	Gs
C2	60+	10YR 5/2	10YR 6/2	LS	1m	0	n	n	-

^aΡίζες Αφθονία ριζών: 1= λίγες (2-20%), 2= συνήθεις (20-50%) ; Μέγεθος διαμέτρου ριζών: m= 2-5 mm

^bΔομή Ευκρίνεια δομής: 0= απουσία, 1= ασθενής ; Μέγεθος δομής: 3= χονδρή ; Σχήμα δομής: sbk= υπογωνιώδης κυβική

^cΑντίδραση στο HCl n= καμία

^dΒιολογική δραστηριότητα n= καμία, w= ασθενής, m= μέτρια

^eΌριο προς υποκείμενο οριζόντα Ευκρίνεια ορίων: g= βαθμιαίο ; Ομαλότητα: s= ομαλό

Εδαφοτομή 2

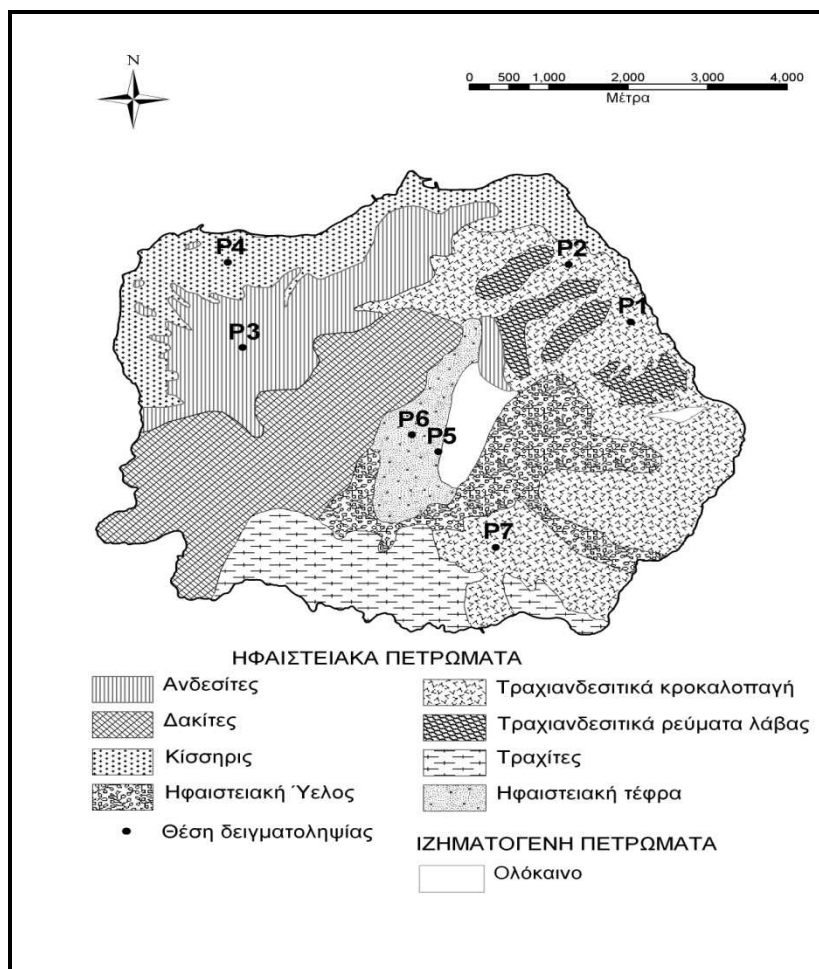
Τοποθεσία: 4053220 B, 783226 A

Μητρικό Υλικό : Ηφαιστειακή τέφρα

Κλίση: 1-2%

Βλάστηση: εγκαταλειμμένη καλλιέργεια αμπέλου (*Vitis vinifera*), φρύγανα, θάμνοι (*Thymus* sp., *Salvia* sp., *Alcane* sp., *Phagnalon* sp., *Fumaria*, sp.)

Ορ/ντα ς	Βάθος (cm)	Χρώμα υγρό	Χρώμα ξηρό	Υφ ή	^a Ρίζε ς	^b Δομή ή	^c HC l	^d Βιολογική ή δρασ/τα	^e Όριο προς υποκείμενο οριζόντα
A	0-30	10YR 4/4	10YR 5/3	LS	2m	13sbk	n	m	Gs
C1	30-60	10YR 4/4	10YR 5/4	LS	1m	0	n	w	Gs
C2	60-90	10YR 4/4	10YR 5/4	LS	1m	0	n	n	-



Εικόνα 5.9: Γεωλογικός χάρτης Νισύρου (Davis, 1967) – Θέσεις δειγματοληψίας

Από την περιγραφή των εδαφοτομών της Νισύρου προκύπτουν αντίστοιχα χαρακτηριστικά με αυτά των εδαφών που εξετάστηκαν στο νησί της Θήρας. Σε όλες τις εδαφοτομές παρατηρείται η απουσία διακριτών εδαφικών οριζόντων, με εξαίρεση την παρουσία και εδώ ενός ασθενώς αναπτυγμένου Α ορίζοντα. Τα εδάφη εμφανίζουν χονδρόκοκκη σύσταση και χαρακτηρίζονται από μια ασθενή, υπογωνιώδη κυβική δομή στον Α ορίζοντα ενώ είναι ανύπαρκτη η δομή στους υπόλοιπους ορίζοντες. Πρόκειται για πολύ εύθρυπτα εδάφη, χωρίς συνεκτικότητα. Η χροιά του χρώματος είναι 10YR, ενώ είναι αρκετά υψηλές οι τιμές της έντασης. Δεν παρατηρήθηκε αντίδραση με το HCl σε καμία εδαφοτομή. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την περιγραφή των εδαφοτομών της Νισύρου δείχνουν ότι και τα εδάφη αυτά δεν εμφανίζουν χαρακτηριστικά εξέλιξης.

Συνοψίζοντας μπορούμε να παρατηρήσουμε μια διαφοροποίηση ως προς τον βαθμό εξέλιξης μεταξύ των εδαφών. Πιο συγκεκριμένα τα εδάφη που βρίσκονται στη Θήρα και στη Νίσυρο δεν παρουσιάζουν χαρακτηριστικά εξέλιξης. Τα εδάφη από την Αίγινα, τα Μέθανα και τη Μήλο παρουσιάζουν στοιχεία εξέλιξης, όπως είναι ο σχηματισμός καμβικού ορίζοντα και ο

σχηματισμός εδαφικής δομής. Δεν εμφανίζονται ιδιαίτερες διαφορές όσον αφορά το τοπογραφικό ανάγλυφο (περιοχές με μικρές κλίσεις και σε χαμηλό υψόμετρο), αλλά ούτε και στη φυσική βλάστηση, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι θαμνώδης (φρύγανα-μακία βλάστηση). Μόνο σε τρεις περιπτώσεις (Μήλος - εδαφοτομή 1, Αίγινα - εδαφοτομή 1 και Μέθανα - εδαφοτομή 1) η βλάστηση είναι δάσος πεύκης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής σύστασης, της οργανικής ουσίας, του pH, των ελεύθερων (Fe_2O_{3d}) και άμορφων οξειδίων του σιδήρου (Fe_2O_{3o}), οι τιμές του ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας που μετρήθηκαν σε υψηλή (X_{hf}) και χαμηλή (X_{lf}) συχνότητα σε έδαφος χωρίς μεταχείριση και σε έδαφος μετά την καταστροφή των «ελεύθερων οξειδίων» του σιδήρου με τη μέθοδο CBD για κάθε περιοχή μελέτης. Τέλος, γίνεται η συνολική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

6.1.1 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

6.1.1.1 Αίγινα

Πίνακας 6.1: Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών της Αίγινας.

ΑΙΓΙΝΑ							
Ορίζοντες	Βάθος	Άμμος	Ίλος	Αργίλος	Κλάση	pH	Οργανική Ουσία
	(cm)	%					%
Εδαφοτομή 1							
A	0-25	41	28,9	30,1	CL	8,3	2,5
Bk	25-59	28,5	37,6	33,9	CL	8,4	1,3
BC	59-99	37,1	38,6	24,4	SCL	8,6	1,0
Εδαφοτομή 2							
A	0-23	43,6	26,2	30,2	CL	7,5	2,0
Bw	23-45	46	21,7	32,3	CL	6,7	1,3
C	45+	52,8	20	27,2	SCL	7,7	0,9

Στην εδαφοτομή 1 η περιεκτικότητα της άμμου κυμαίνεται από 28.5% έως 41%, της ίλος από 28.9% έως 38.6% και της αργίλου από 24.4% έως 33.9%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αργιλοπηλώδης (CL) και αμμοαργιλοπηλώδης (SCL).

Στην εδαφοτομή 2, η περιεκτικότητα σε άμμο είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την εδαφοτομή 1 και κυμαίνεται από 43.6% έως 52.8%. Η περιεκτικότητα σε άργιλο κυμαίνεται από 27.2% έως 32.3% και της ίλος από 20.0% έως 26.2%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αργιλοπηλώδης (CL) και αμμοαργιλοπηλώδης (SCL).

Στην εδαφοτομή 1 οι τιμές pH κυμαίνονται από 8.3 έως 8.6 και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μετρίως αλκαλικό.

Στην εδαφοτομή 2 κυμαίνονται από 6.7 έως 7.7, ενώ το έδαφος χαρακτηρίζεται ουδέτερο έως ελαφρά αλκαλικό. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία στις δύο εδαφοτομές κυμαίνεται από 0.9% έως 2.5% και εμφανίζει μείωση με το βάθος.

Πίνακας 6.2: Τιμές «ελεύθερων οξειδίων» (Fe_2O_{3d}) του σιδήρου, άμορφων οξειδίων (Fe_2O_{3o}) του σιδήρου, ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και λόγους εδαφογενετικής εξέλιξης

Αίγινα						
Ορίζοντες	Βάθος	Fe_2O_3 d	Fe_2O_3 o	Fe_2O_3 t	$\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ d	$\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ t
ς	ς (cm)	%			d	t
Εδαφοτομή 1						
A	0-25	0,44	0,06	4,5	0,14	0,10
Bk	25-59	0,47	0,03	2,6	0,06	0,18
BC	59-99	0,47	0,03	2,5	0,06	0,19
Εδαφοτομή 2						
A	0-23	0,62	0,12	6,5	0,19	0,10
Bw	23-45	0,61	0,13	5,7	0,21	0,11
BC	45+	0,52	0,12	5,7	0,23	0,09

Οι τιμές των Fe_2O_{3d} κυμαίνονται από 0,44 έως 0,62%, οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,03 έως 0,13% και τέλος ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 2,5 έως 6,5%.

Οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ κυμαίνονται από 0,06 έως 0,23 και οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3t}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ από 0,09 έως 0,19.

Πίνακας 6.3: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας X.

Αίγινα					
Ορίζοντες	Βάθος	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
	(cm)	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$			
Εδαφοτομή 1					
A	0-25	172,5	167	156,8	156,3
Bk	25-59	41,3	43,3	36,5	36,6
BC	59-99	11,5	10,7	8,3	11,4
Εδαφοτομή 2					
A	0-23	678,8	631,2	443,9	443,9
Bw	23-45	409	394,1	284	283,3
C	45+	289,7	288,3	149,3	147,8

Οι τιμές της X_{lf} στην περιοχή της Αίγινας κυμαίνονται από $11,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $678,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hf} κυμαίνονται μεταξύ $10,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $631,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Οι τιμές της X_{ifn} στην περιοχή της Αίγινας κυμαίνονται από $8,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $443,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hfn} κυμαίνονται μεταξύ $11,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $443,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

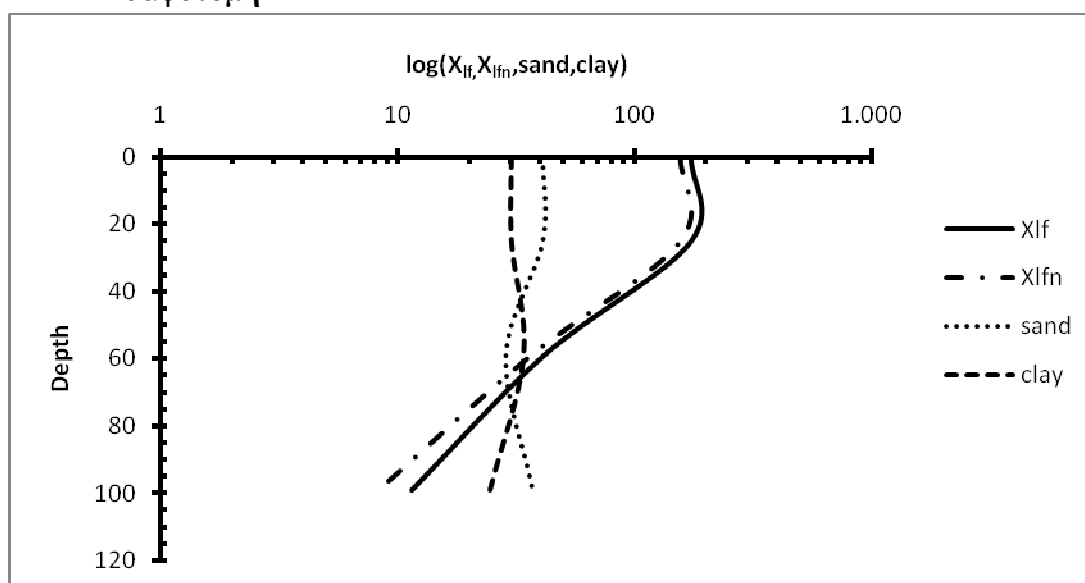
Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παραπάνω τιμών φαίνονται στον επόμενο Πίνακα:

Πίνακας 6.4: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας της X .

	X_{if}	X_{hf}	X_{ifn}	X_{hfn}
Μέσος όρος	267,1	255,8	179,8	179,9
Τυπική απόκλιση	251,2	234,2	162,5	161,8
Συντελεστής παραλλακτικότητας	94	91,5	90,3	89,9

6.1.1.2. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας X και κοκκομετρική σύσταση.

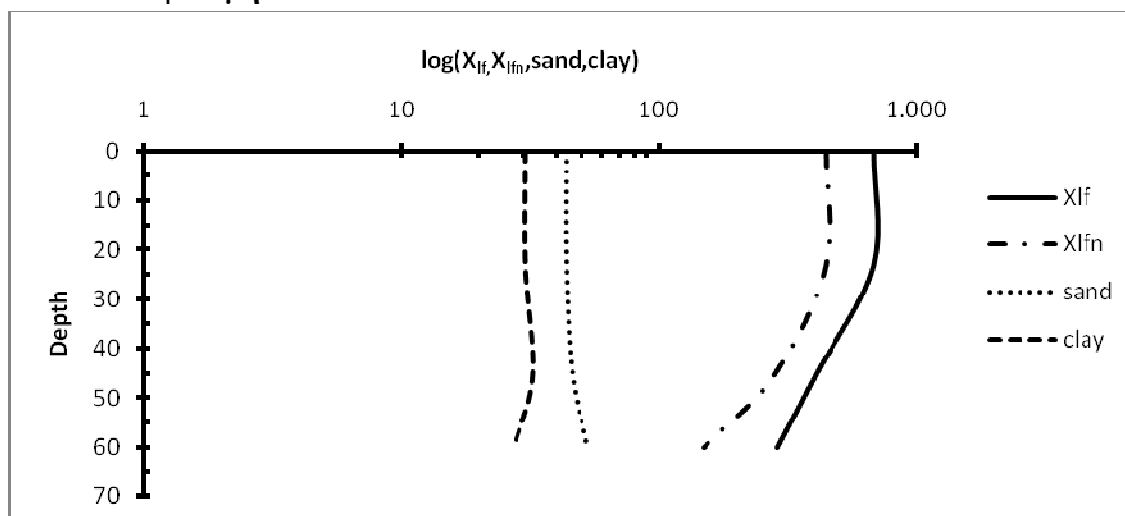
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.1: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο (Sand), έως το βάθος των 60 cm και μία τάση μείωσης της X με την άμμο (Sand) δηλώνοντας ότι οι μαγνητικές ιδιότητες έως το βάθος αυτό (τουλάχιστον) κληρονομούνται από το μητρικό υλικό του εδάφους. Στη συγκεκριμένη εδαφοτομή έχουμε μείωση της X με το βάθος.

Εδαφοτομή 2

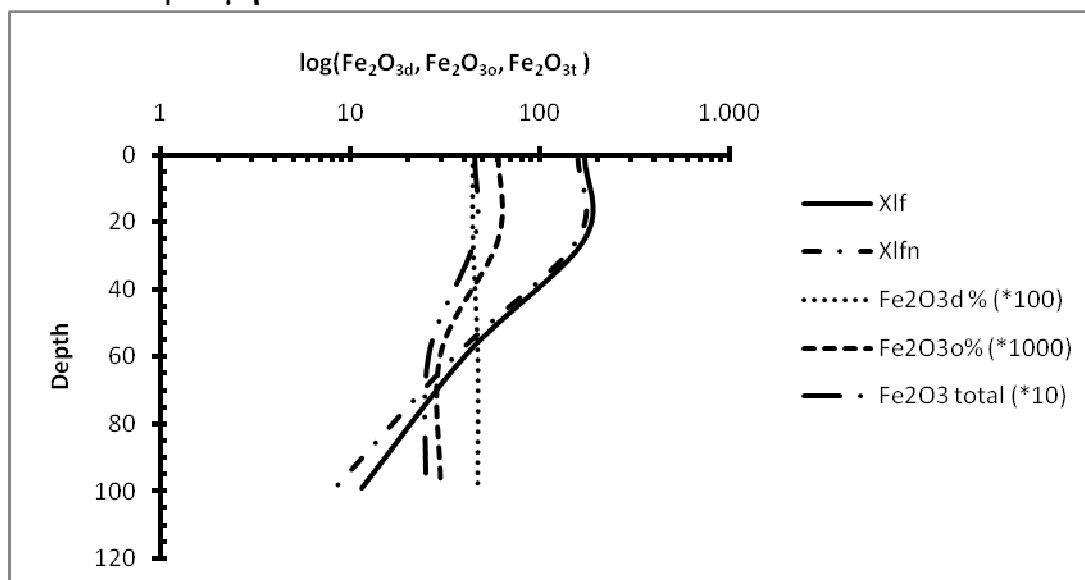


Διάγραμμα 6.2: Κατανομή άμμου (Sand), αργίλου (Clay) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο (Sand) και την άργιλο (Clay) έως το βάθος των 60cm. Η σχέση αυτή όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική.

6.1.1.3. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας X και οξειδία σιδήρου.

Εδαφοτομή 1

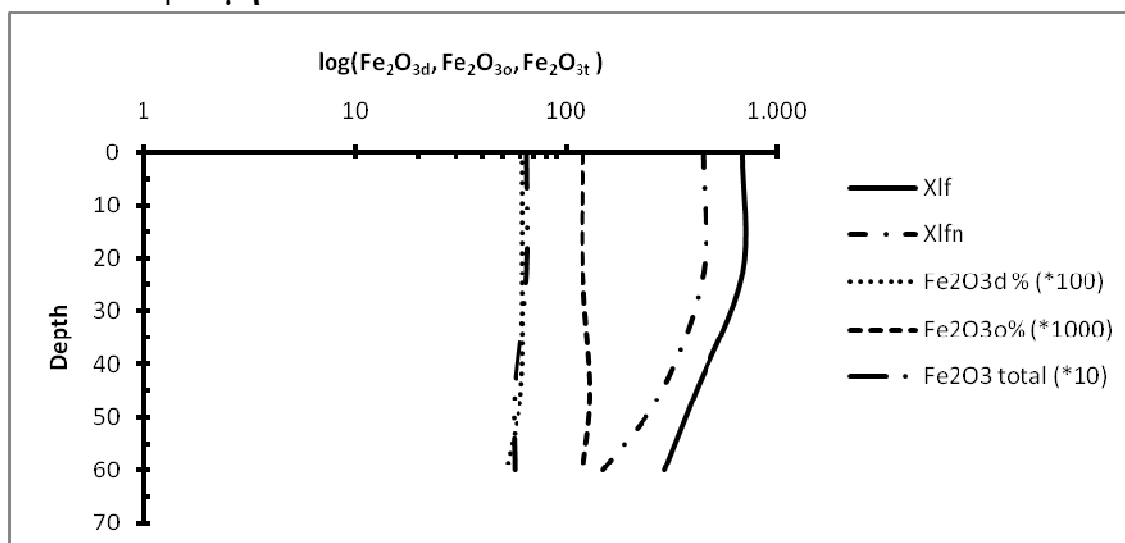


Διάγραμμα 6.3: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Από τη γραφική παράσταση της κατανομής των οξειδίων του Fe με τη X φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με το Fe_2O_{3o} και το Fe_2O_{3t} μέχρι το βάθος των 60 cm. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά

($r=0,98, p<0,50$ και $r=0,99, p<0,50$) αντίστοιχα. Η θετική συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ της X και του Fe_2O_{3o} δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων σιδήρου τα οποία μπορούν ή έχουν ήδη μετασχηματιστεί σε μαγεμίτη. Η θετική συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} δηλώνει ότι ο Fe που συμμετέχει στην X είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών (πρωτογενών και δευτερογενών) και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος. Η αρνητική συσχέτιση που προκύπτει μεταξύ της X και του Fe_2O_{3d} μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι τα ελεύθερα οξείδια του σιδήρου είναι μη μαγνητικά και δεν συνεισφέρουν στις μαγνητικές ιδιότητες (γκαιτίτης, αιματίτης).

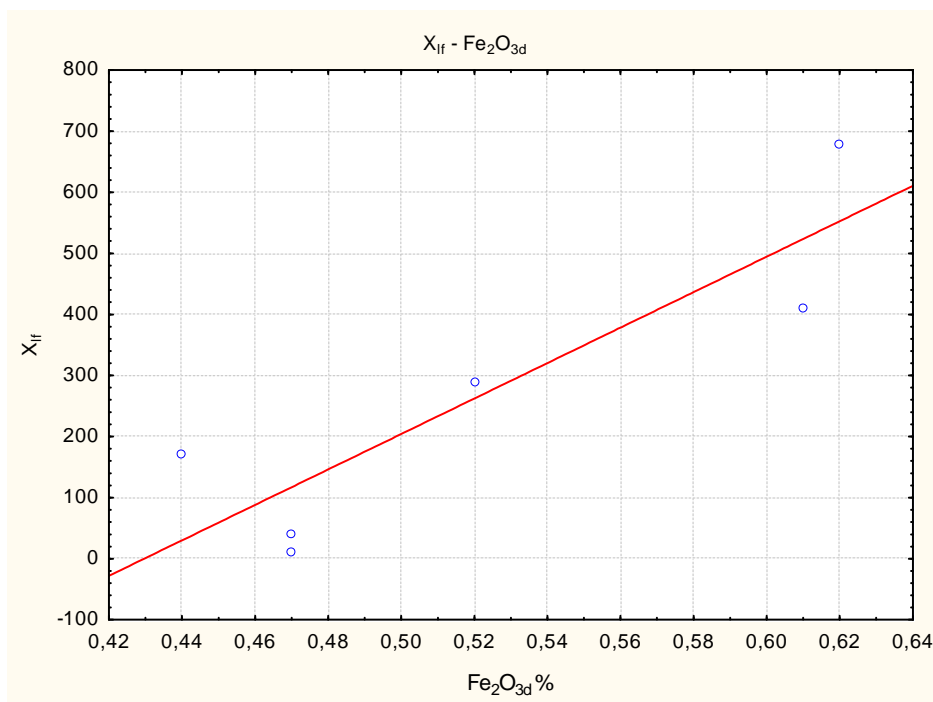
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.4: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

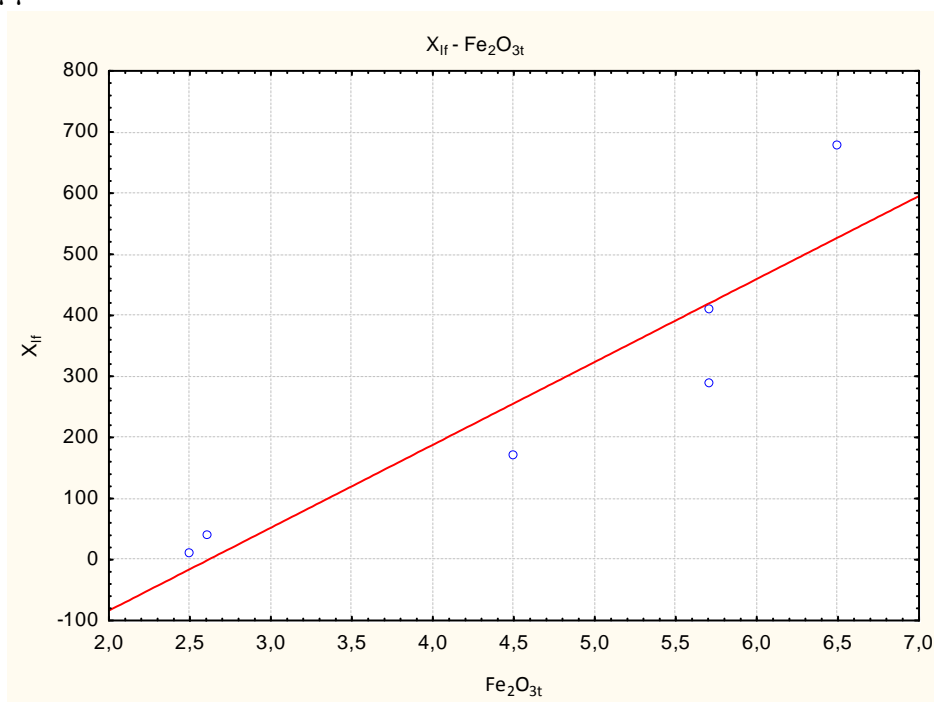
Παρατηρείται γραφικά και επιβεβαιώνεται και στατιστικά μια θετική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3d} . Παρατηρείται επίσης θετική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3o} .

Στο σύνολο των δειγμάτων των δύο εδαφοτομών στην περιοχή της Αίγινας διαπιστώνεται σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της X_{lf} και των ελεύθερων οξειδίων (Fe_2O_{3d}) ($r=0,89$, $p<0,05$, $n=6$) όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί:



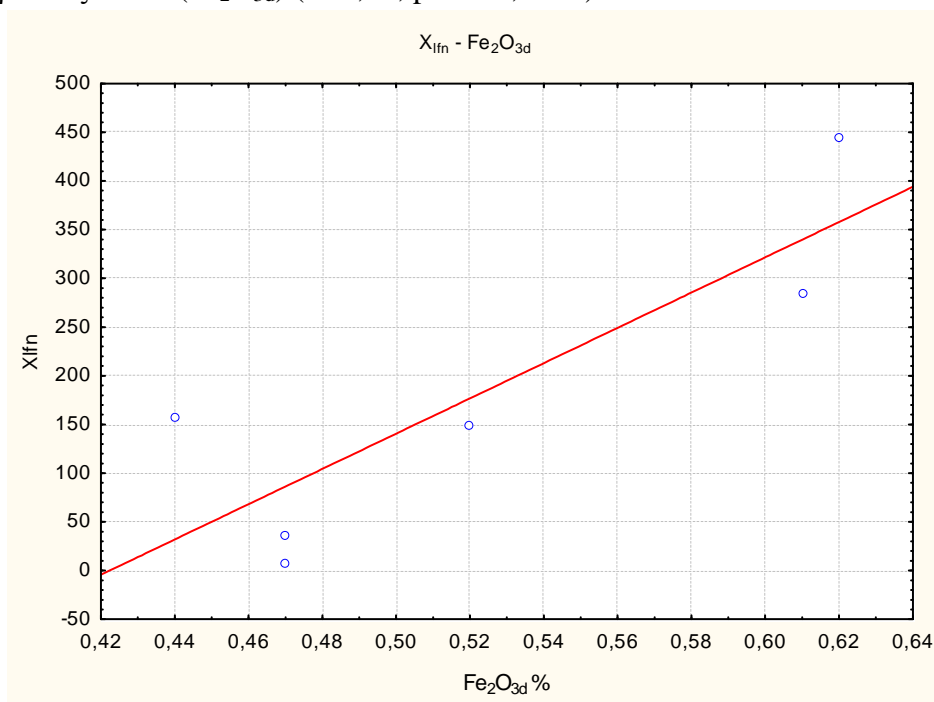
Διάγραμμα 6.5: Σχέση μεταξύ X_{lf} και Fe_2O_{3d} για το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Αίγινας.

Σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση παρατηρείται επίσης μεταξύ της X_{lf} και των άμορφων οξειδίων του σιδήρου (Fe_2O_{3o}) ($r = 0,85$, $p < 0,05$, $n = 6$) αλλά με τον ολικό σίδηρο (Fe_2O_{3t}) ($r = 0,92$, $p < 0,05$, $n = 6$) όπως φαίνεται στο διάγραμμα:



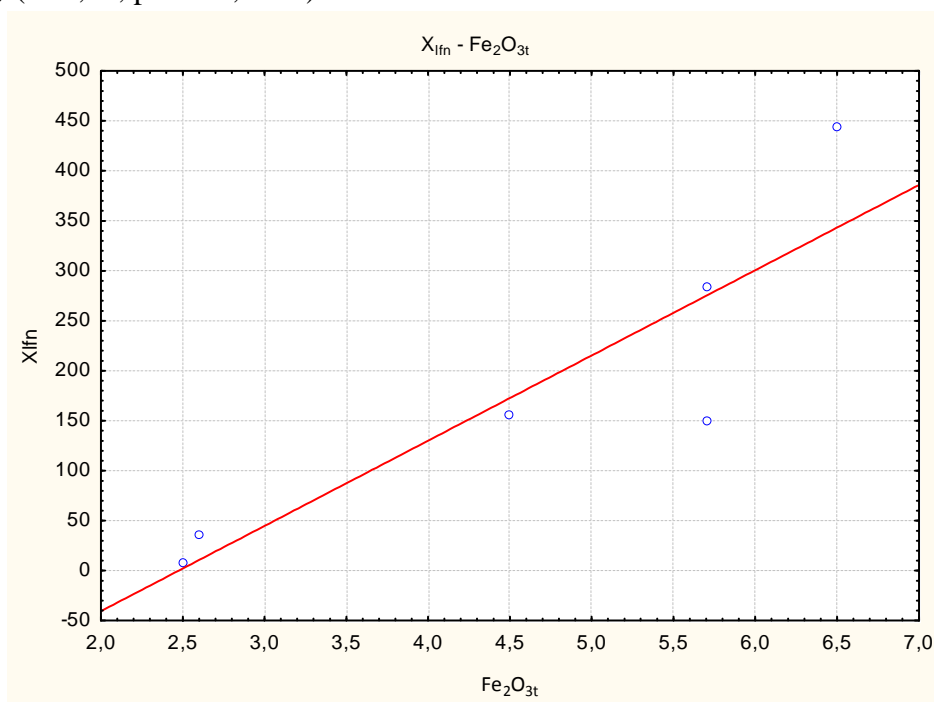
Διάγραμμα 6.6: Σχέση μεταξύ X_{lf} και Fe_2O_{3t} για το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Αίγινας.

Ακόμη παρατηρείται θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της X_{Ifn} και των ελεύθερων οξειδίων ($\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{d}}$) ($r=0,86$, $p<0,05$, $n=6$)



Διάγραμμα 6.7: Σχέση μεταξύ X_{Ifn} και $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{d}}$ για το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Αίγινας.

Παρατηρείται επίσης θετική γραμμική συσχέτιση με τον ολικό σίδηρο ($\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{t}}$) ($r=0,89$, $p<0,05$, $n=6$).



Διάγραμμα 6.8: Σχέση μεταξύ X_{Ifn} και $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{t}}$ για το σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Αίγινας.

6.1.2.1 Μέθωνα

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών των Μεθάνων.

Μέθωνα							
Οριζόντες	Βάθος	Άμμος	Ίλύς	Άργιλος	Κλάση	pH	Οργανική Ουσία %
	(cm)	%					%
Εδαφοτομή 1							
A	0-20	50,9	23	26,2	SCL	7,2	1,8
Bw	20-50	46,6	24,2	29,3	SCL	7,6	0,8
C	50-90	43,9	27,7	28,4	CL	7,7	0,6
Εδαφοτομή 2							
A	0-10	37,2	49,2	13,6	L	6,2	1,9
Bw1	10-30	33,9	47,6	18,5	L	6,3	1,0
Bw2	30-50	41,1	42,3	16,6	L	6,4	0,6
C1	50-70	39,9	41,6	18,4	L	6,3	0,5
C2	70-95	39,1	32,7	28,2	CL	6,6	0,5
C3	95+	36,5	29,3	34,2	CL	6,4	0,4

Στην εδαφοτομή 1 η περιεκτικότητα σε άμμο κυμαίνεται από 43.9% έως 50.9%. Η περιεκτικότητα της αργίλου εμφανίζει μικρές μεταβολές με το βάθος και κυμαίνεται από 26.2% έως 29.3%, ενώ η περιεκτικότητα της ιλύος σε ολόκληρη την εδαφοτομή κυμαίνεται από 23.0% έως 27.7%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αμμοαργιλοπηλώδης (SCL) και αργιλοπηλώδης (CL).

Στην εδαφοτομή 2 η περιεκτικότητα της άμμου κυμαίνεται από 33.9% έως 41.1%, ενώ διαπιστώνεται μια αντίστροφη μεταβολή μεταξύ της περιεκτικότητας της αργίλου και της ιλύος. Με το βάθος αυξάνει η περιεκτικότητα σε άργιλο (από 13.6% σε 34.2%), ενώ μειώνεται η περιεκτικότητα σε ιλύ (από 49.2% σε 29.3%). Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι πηλώδης (L) και αργιλοπηλώδης (CL).

Οι τιμές του pH στην εδαφοτομή 1 κυμαίνονται από 7.2 έως 7.7 και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς αλκαλικό, ενώ στην εδαφοτομή 2 το pH κυμαίνεται από 6.2 έως 6.6 (ελαφρώς όξινο). Παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία με το βάθος και στις δύο εδαφοτομές και οι τιμές κυμαίνονται από 0.4% έως 1.9%.

Πίνακας 6.6: Τιμές «ελεύθερων οξειδίων» (Fe_2O_{3d}) του σιδήρου, άμορφων οξειδίων (Fe_2O_{3o}) του σιδήρου, ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και λόγοι εδαφογενετικής εξέλιξης

Μέθανα						
Οριζόντες	Βάθος	Fe_2O_{3d}	Fe_2O_{3o}	Fe_2O_{3t}	$\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$	$\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$
	(cm)	%				
Εδαφοτομή 1						
A	0-20	0,75	0,16	6,1	0,21	0,12
Bw	20-50	0,75	0,15	5,9	0,20	0,13
BC	50-90	0,65	0,17	6,4	0,26	0,10
Εδαφοτομή 2						
A	0-10	1,22	0,15	5,9	0,12	0,21
Bw1	10-30	1,27	0,17	5,7	0,13	0,22
Bw2	30-50	1,24	0,18	5,6	0,15	0,22
C1	50-70	1,25	0,19	5,7	0,15	0,22
C2	70-95	1,25	0,17	5,8	0,14	0,22
C3	95+	1,25	0,15	6,6	0,12	0,19

Οι τιμές του Fe_2O_{3d} που προσδιορίστηκαν κυμαίνονται από 0,65 έως 1,27% και οι τιμές του Fe_2O_{3o} από 0,15 έως 0,19%. Οι τιμές του Fe_2O_{3t} κυμαίνονται από 5,6 έως 6,6%.

Οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ κυμαίνονται από 0,12 έως 0,26 και οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ από 0,10 έως 0,22.

Πίνακας 6.7: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας X.

Μέθανα					
Οριζόντες	Βάθος	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
	(cm)	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$			
Εδαφοτομή 1					
A	0-20	411,3	446,8	353,8	352,8
Bw	20-50	401,7	365,6	239,9	237,3
BC	50-90	305,3	274,8	194,7	195,4
Εδαφοτομή 2					
A	0-10	547,4	411,6	351,2	349
Bw1	10-30	486,6	455,9	406,9	401,9
Bw2	30-50	508,1	510	565,2	561,7
C1	50-70	510,8	541,8	481,5	477,7
C2	70-95	499,1	470,5	352	349,3
C3	95+	443,9	417,5	285,2	285,7

Οι τιμές της X_{lf} στην περιοχή των Μεθάνων κυμαίνονται από $305,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $547,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hf} κυμαίνονται μεταξύ $274,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $541,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Οι τιμές της X_{lfn} στην περιοχή των Μεθάνων κυμαίνονται από $194,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $565,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hfn} κυμαίνονται μεταξύ $195,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $561,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

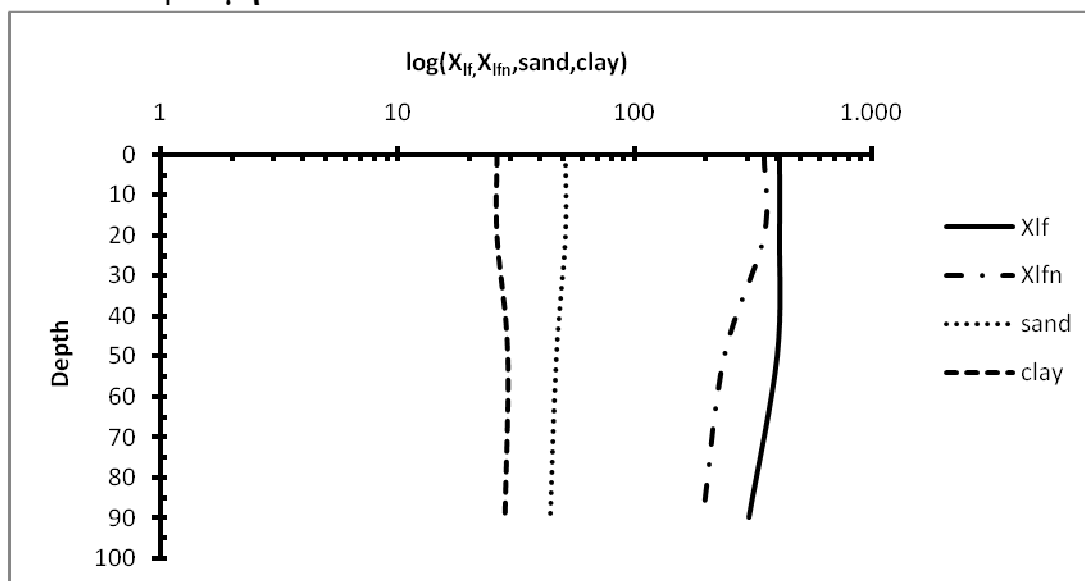
Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παραπάνω τιμών φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.8: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας της X.

	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
Μέσος όρος	457,1	432,7	358,9	372,3
Τυπική απόκλιση	74,7	79,2	115,4	129,5
Συντελεστής παραλλακτικότητας	16,3	18,3	32,1	34,8

6.1.2.2. Σχέση Μαγνητικής επιδεκτικότητας X και κοκκομετρική σύσταση.

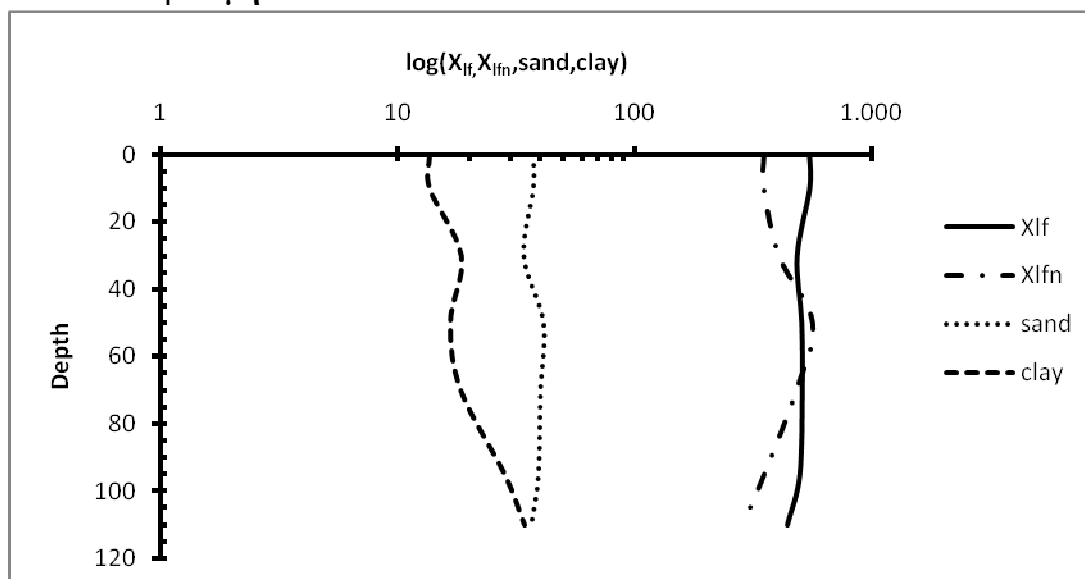
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.9: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Παρατηρείται γραφικά μια σχεδόν παράλληλη κατανομή της X και της άμμου (Sand) και επιβεβαιώνεται στατιστικά μια στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ($r = 0,84$, $p < 0,05$, $n = 9$) γεγονός που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες της εδαφοτομής 1 οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μητρικό υλικό και έχουν κληρονομηθεί από αυτό, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

Εδαφοτομή 2

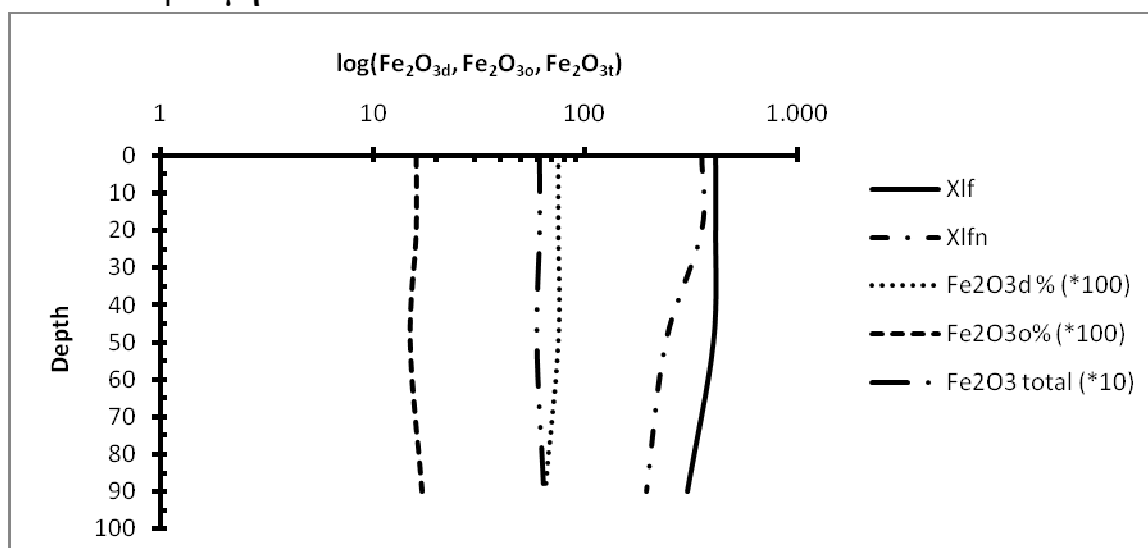


Διάγραμμα 6.10: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Παρατηρείται επίσης διαγραμματικά μία τάση μείωσης με το βάθος της X με την άμμο (Sand) γεγονός που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες της εδαφοτομής 2 οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μητρικό υλικό και έχουν κληρονομηθεί από αυτό, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

6.1.2.3. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας και οξειδία σιδήρου.

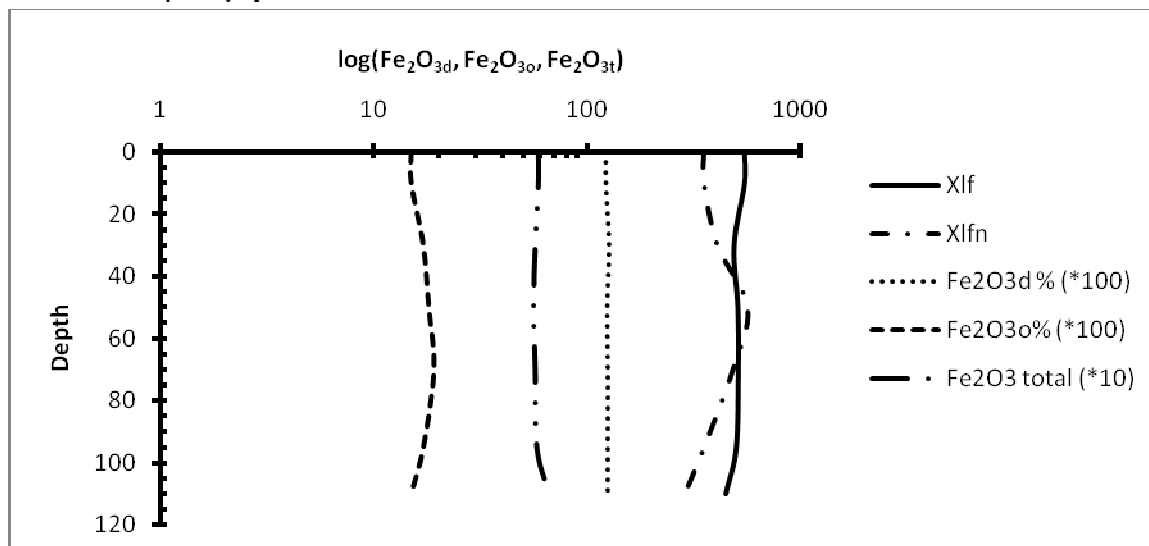
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.11: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με τον Fe_2O_{3d} . Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά αφού παρατηρείται θετική σχέση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική.

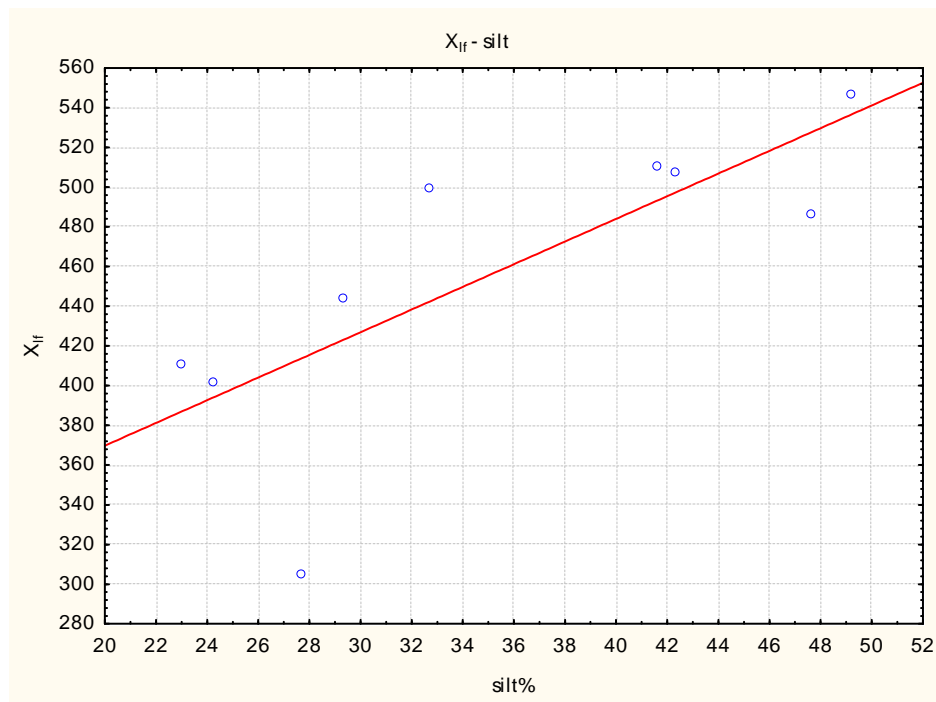
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.12: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

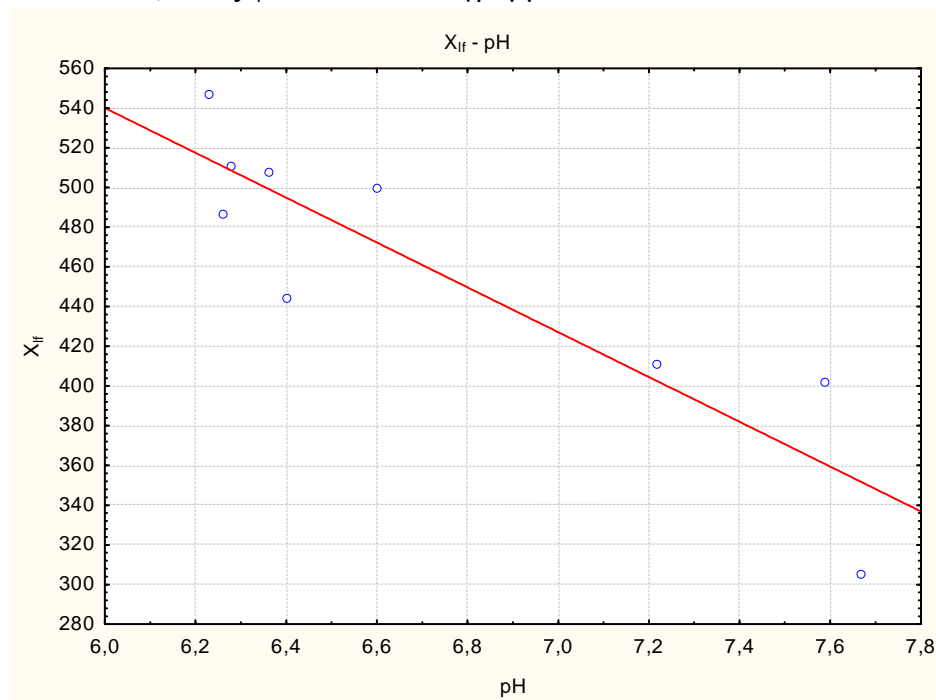
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή μεταξύ της X και του Fe_2O_{3o} η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά. Η θετική αυτή σχέση δηλώνει την παρουσία άμορφων οξειδίων σιδήρου τα οποία μπορούν ή έχουν ήδη μετασηματιστεί σε μαγεμίτη. Επίσης παρατηρείται αρνητική σχέση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση.

Στο σύνολο των δειγμάτων των δύο εδαφοτομών της περιοχής των Μεθάνων διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση, μεταξύ της X_{lf} και της ιλύος (Silt) ($r = 0,77$, $p < 0,05$, $n = 9$) όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα:



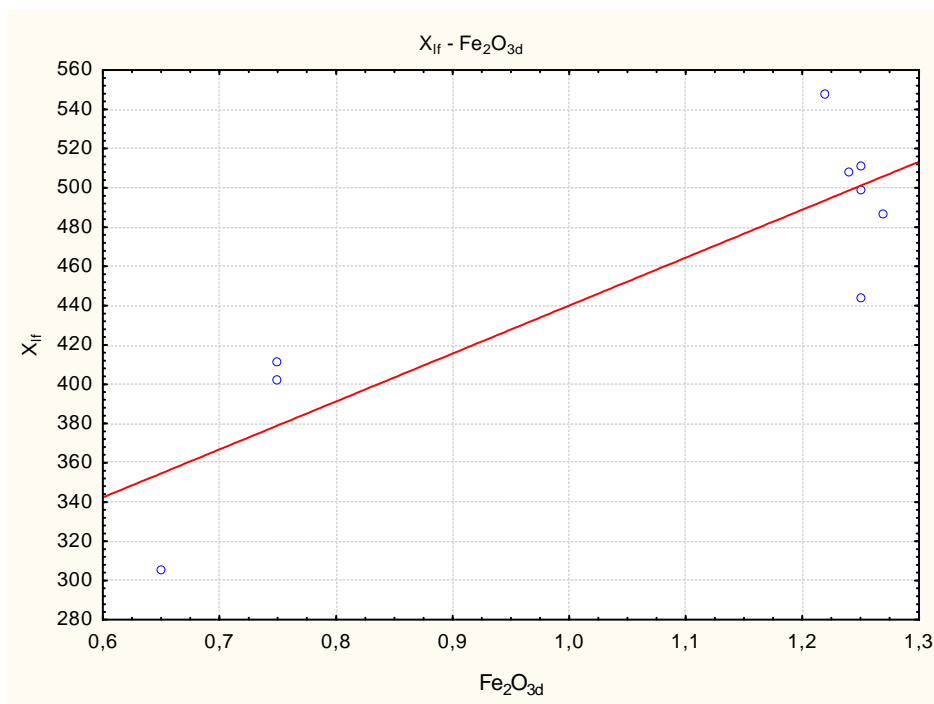
Διάγραμμα 6.13: Σχέση μεταξύ X_{if} και ιλύος (Silt) για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

Ακόμη αρνητική συσχέτιση εμφανίζουν οι τιμές της X_{if} με το pH ($r=-0,89$, $p<0,05$, $n=9$) όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



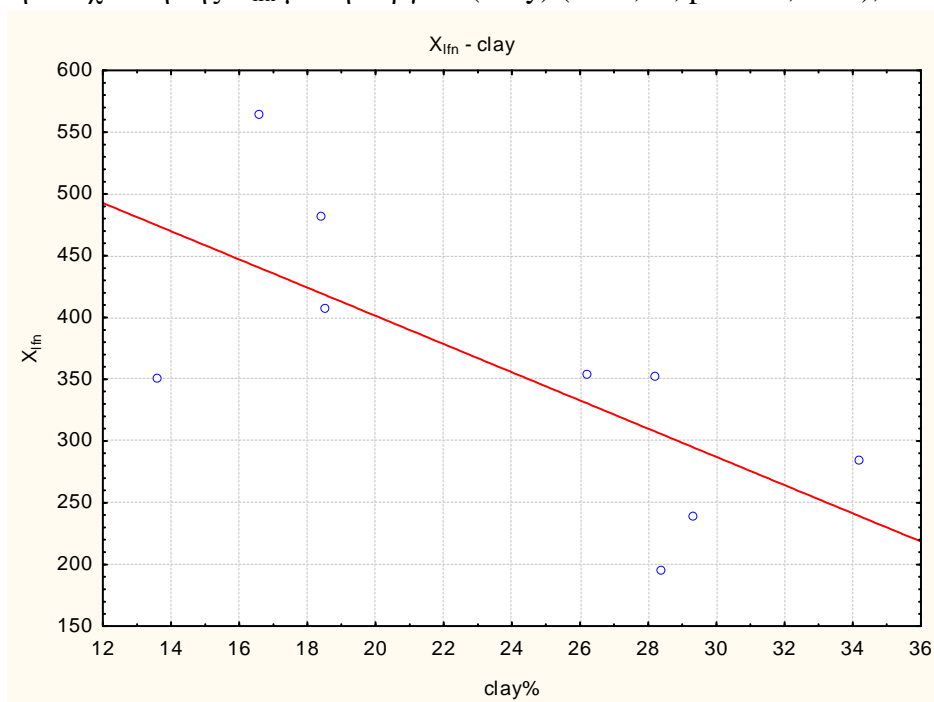
Διάγραμμα 6.14: Σχέση μεταξύ X_{if} και pH για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

Επίσης σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση διαπιστώνεται μεταξύ των τιμών της X_{if} και των ελεύθερων οξειδίων (Fe_2O_{3d}) ($r=0,87$, $p<0,05$, $n=9$).



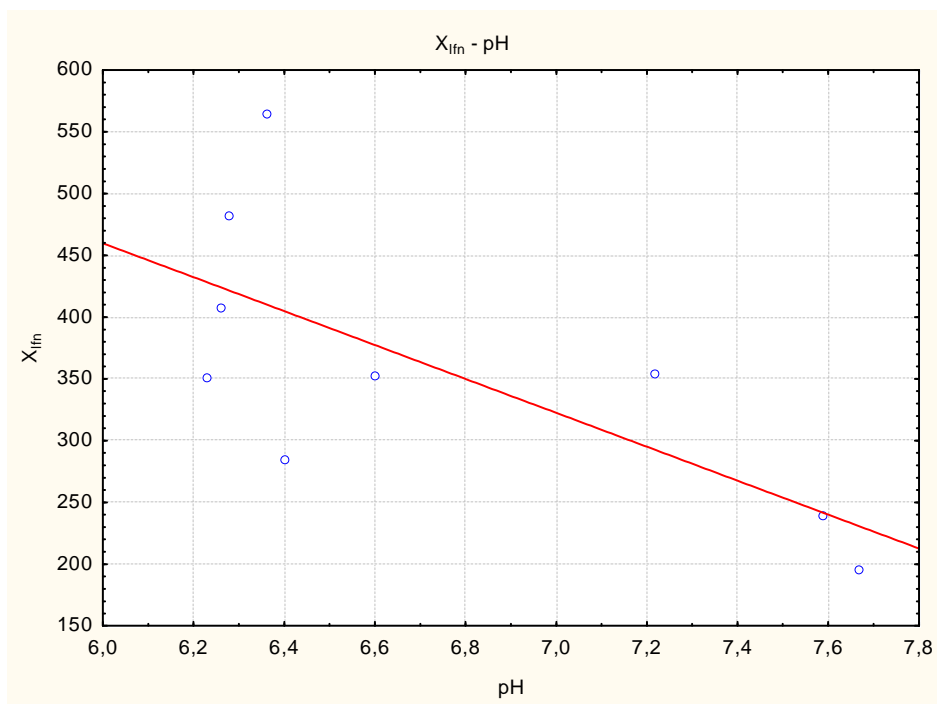
Διάγραμμα 6.15: Σχέση μεταξύ X_{lf} και Fe_2O_{3d} για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση της X_{lfn} με την άργιλο (Clay) ($r = -0,70$, $p < 0.05$, $n = 9$),



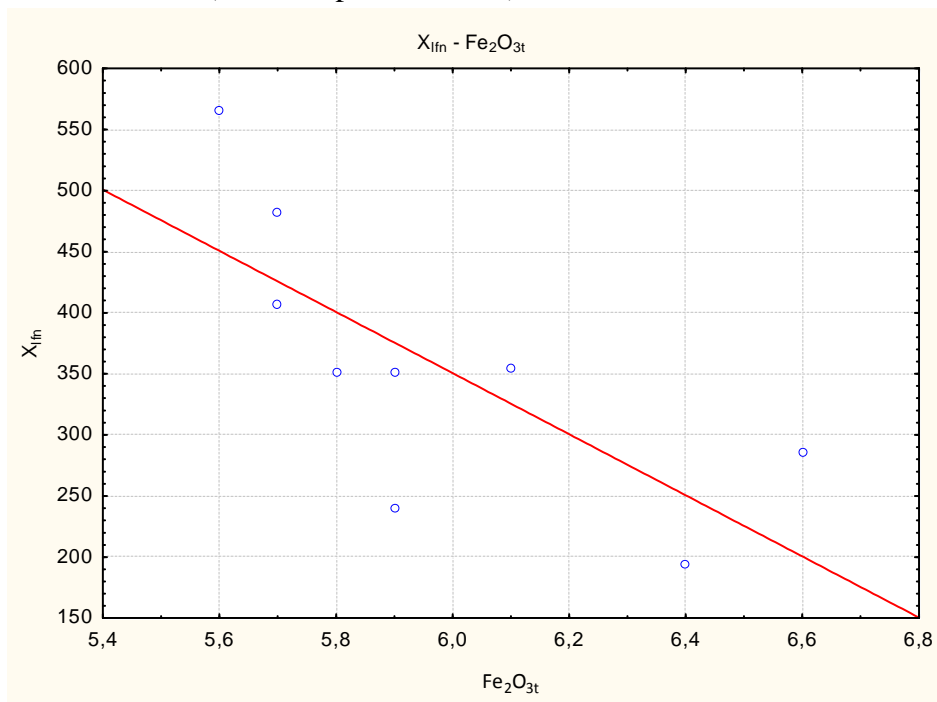
Διάγραμμα 6.16: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και άργιλου (Clay) για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

Στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση διαπιστώνεται επίσης μεταξύ της X_{lfn} και του pH ($r = -0,70$, $p < 0.05$, $n = 9$)



Διάγραμμα 6.17: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και pH για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

Τέλος διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X_{lfn} και του Fe_2O_{3t} ($r = -0,73$, $p < 0,05$, $n = 9$).



Διάγραμμα 6.18: Σχέση μεταξύ X_{lfn}^2 και Fe_2O_{3t} για το σύνολο των δειγμάτων στην περιοχή των Μεθάνων.

6.1.3.1 Μήλος

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών της Μήλου.

Μήλος							
Οριζόντες	Βάθος	Άμμος	ΐλος	Αργίλος	Κλάση	pH	Οργανική Ουσία
	(cm)	%					%
Εδαφοτομή 1							
A	0-15	61,4	29,6	9	SL	5,6	1,4
Bw1	15-30	51,1	30,2	18,7	L	6,2	1,0
Bw2	30-45	19,2	34,7	46,1	C	7,3	0,7
Εδαφοτομή 2							
A	0-12	37,4	22,9	39,7	CL	7,7	0,6
Bw1	12-49	44,2	15,9	39,9	CL	8,9	0,1
Bw2	49-128	50,6	15,8	33,6	SCL	8,9	0,1
Cw	128+	55	17,1	27,9	SCL	7,4	0,1
Εδαφοτομή 3							
A	0-18	51,5	36,8	11,7	L	7,0	2,1
C	18+	40,9	34,8	24,3	L	6,5	0,2
Εδαφοτομή 4							
A	0-30	77,1	13,6	9,4	SL	6,4	0,5
Bw	30-60	76,6	13,7	9,7	SL	7,2	0,1
Cw	60-90	62,4	11,1	26,5	SCL	7,2	0,2
Εδαφοτομή 5							
A	0-15	87,4	6,9	5,8	S	6,0	0,7
C1	15-30	90,2	4,4	5,4	S	6,5	0,4
C2	30-45	83,4	8,3	8,4	LS	6,4	0,6
C3	45-60	80,7	7,6	11,7	SL	6,7	0,3
Εδαφοτομή 6							
A	0-19	82,5	12,1	5,4	LS	7,0	0,6
C1	19-34	82,7	11,2	6,1	LS	7,4	0,3
C2	34-85	91,4	3,6	5,1	S	7,1	0,2
C3	85+	92	3,5	4,5	S	6,9	0,6
Εδαφοτομή 7							
A	0-32	63,7	21,2	15,1	SL	8,1	2,5
Bk	32-69	36,5	32,1	31,5	CL	7,7	0,2
C	69+	42,9	37,3	19,8	L	7,9	0,1

Η περιεκτικότητα της άμμου στην εδαφοτομή 1 εμφανίζει μια μεταβολή με το βάθος η οποία είναι συζυγής με μια αντίστροφη μεταβολή που παρατηρείται στην περιεκτικότητα της αργίλου. Η περιεκτικότητα της άμμου κυμαίνεται από 19.2% έως 61.4%, ενώ της αργίλου από 9.0% έως 46.1%. Η περιεκτικότητα της ίλος εμφανίζει μικρές μεταβολές με το βάθος και

κυμαίνεται από 29.6% έως 34.7%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αμμοπηλώδης (SL) και αργιλώδης (C).

Στην εδαφοτομή 2 η περιεκτικότητα σε άμμο παρουσιάζει μια αύξηση με το βάθος και οι τιμές της κυμαίνονται από 37.4% έως 55.0%, ενώ η περιεκτικότητα σε άργιλο μειώνεται με το βάθος (39.7%-27.9%). Οι τιμές της ιλύος κυμαίνονται από 15.8% έως 22.9%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αργιλοπηλώδης (CL) και αμμοαργιλοπηλώδης (SCL).

Στην εδαφοτομή 3 η περιεκτικότητα της άμμου κυμαίνεται από 40.9% έως 51.5%, της ιλύος από 34.8% έως 36.8% και της αργίλου από 11.7% έως 24.3%. Η κλάση κοκκομετρική σύστασης είναι πηλώδης (L) σε όλη την εδαφοτομή.

Στην εδαφοτομή 4 η περιεκτικότητα σε άμμο κυμαίνεται από 62.4% έως 77.1%, ενώ οι τιμές της ιλύος χαρακτηρίζονται από μικρότερες μεταβολές (13.7%-11.1%). Η περιεκτικότητα της αργίλου παρουσιάζει μια αύξηση με το βάθος και οι τιμές της κυμαίνονται από 9.4% έως 26.5%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αμμοπηλώδης (SL) και αμμοαργιλοπηλώδης (SCL).

Στην εδαφοτομή 5 η περιεκτικότητα της άμμου είναι υψηλή και οι τιμές της κυμαίνονται από 80.4% έως 90.2%, ενώ της ιλύος από 4.4% έως 8.3% και της αργίλου από 5.4% έως 13.2%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αμμώδης (S), πηλοαμμώδης (LS) και αμμοπηλώδης (SL).

Στην εδαφοτομή 6 η περιεκτικότητα σε άμμο είναι υψηλή και κυμαίνεται από 82.5% έως 92%, ενώ για την ιλύ οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται από 3.5% έως 12.1% και για την άργιλο από 4.5% έως 6.1%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι πηλοαμμώδης (LS) και αμμώδης (S).

Στην εδαφοτομή 7 η περιεκτικότητα σε άμμο κυμαίνεται από 36.5% έως 63.7%, ενώ σε ιλύ από 21.2% έως 37.3% και σε άργιλο από 15.1% έως 31.5%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι αμμοπηλώδης (SL), αργιλοπηλώδης (CL) και πηλώδης (L).

Στην εδαφοτομή 1 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 5.6 έως 7.3 και αυξάνονται με το βάθος, ενώ το έδαφος χαρακτηρίζεται από μετρίως όξινο έως ουδέτερο. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 0.7% έως 1,4%.

Στην εδαφοτομή 2 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7.4 έως 8.9 και το έδαφος χαρακτηρίζεται από ελαφρώς αλκαλικό έως ισχυρά αλκαλικό, ενώ η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι χαμηλή με μέγιστη τιμή 0.6%.

Στην εδαφοτομή 3 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 6.5 έως 7.0 και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία μειώνεται με το βάθος και κυμαίνεται από 0.2% έως 2.1%.

Στην εδαφοτομή 4 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 6.4 έως 7.2 και το έδαφος χαρακτηρίζεται από ελαφρά όξινο έως ουδέτερο, ενώ η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι πολύ χαμηλή (< 0.5 %).

Στην εδαφοτομή 5 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 6.0 έως 6.7 και το έδαφος χαρακτηρίζεται από ελαφρώς όξινο έως ουδέτερο. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι χαμηλή (< 0.7%).

Στην εδαφοτομή 6 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 6.9 έως 7.4 και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι χαμηλή (< 0.6%).

Στην εδαφοτομή 7 οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7.7 έως 8.1 και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μετρίως αλκαλικό. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 0,1% έως 2,5%

Πίνακας 6.10: Τιμές «ελεύθερων οξειδίων» (Fe_2O_{3d}) του σιδήρου, άμορφων οξειδίων (Fe_2O_{3o}) του σιδήρου, ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και λόγοι εδαφογενετικής εξέλιξης

Μήλος						
Ορίζοντες	Βάθος	Fe_2O_{3d}	Fe_2O_{3o}	Fe_2O_{3t}	$\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$	$\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$
	(cm)	%				
Εδαφοτομή 1						
A	0-15	0,43	0,15	5,1	0,35	0,08
Bw1	15-30	0,45	0,16	5,4	0,36	0,08
Bw2	30-45	0,6	0,17	5,5	0,28	0,11
Εδαφοτομή 2						
A	0-12	0,13	0,02	1,5	0,15	0,09
Bw1	12-49	0,08	0,02	2,5	0,25	0,03
Bw2	49-128	0,09	0,02	1,2	0,22	0,08
Cw	128+	0,08	0,02	1,2	0,25	0,07
Εδαφοτομή 3						
A	0-18	0,64	0,04	1,7	0,06	0,38
C	18+	0,76	0,04	1,5	0,05	0,51
Εδαφοτομή 4						
A	0-30	0,18	0,05	1,1	0,28	0,16
Bw	30-60	0,14	0,02	1,1	0,14	0,13
Cw	60-90	0,2	0,04	1,2	0,20	0,17
Εδαφοτομή 5						
A	0-15	0,23	0,03	1,8	0,13	0,13
C1	15-30	0,19	0,03	1,9	0,16	0,10
C2	30-45	0,18	0,03	1,8	0,17	0,10
C3	45-60	0,21	0,02	2	0,10	0,11
Εδαφοτομή 6						
A	0-19	0,14	0,03	1,6	0,21	0,09
C1	19-34	0,14	0,02	1,5	0,14	0,09
C2	34-85	0,1	0,01	1,3	0,10	0,08
C3	85+	0,09	0,01	1,3	0,11	0,07
Εδαφοτομή 7						
A	0-32	0,74	0,08	4,7	0,11	0,16
Bk	32-69	0,24	0,02	2,4	0,08	0,10
C	69+	0,5	0,04	3,2	0,08	0,16

Στην εδαφοτομή 1 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,43 και 0,6% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,15 έως 0,17%. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 5,1 έως 5,5%.

Στην εδαφοτομή 2 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,08 και 0,13 % και οι τιμές των Fe_2O_{3o} σε ποσοστό 0,02% σε όλο το βάθος της εδαφοτομής. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 1,2 έως 2,5%.

Στην εδαφοτομή 3 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,64 και 0,76% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} σε ποσοστό 0,04% σε όλο το βάθος της εδαφοτομής. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 1,5 έως 1,7%.

Στην εδαφοτομή 4 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,14 και 0,2% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,02 έως 0,05%. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 1,1 έως 1,2%.

Στην εδαφοτομή 5 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,18 και 0,23% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,02 έως 0,03%. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 1,8 έως 2%.

Στην εδαφοτομή 6 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,09 και 0,14% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,01 έως 0,03%. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 1,3 έως 1,6%.

Στην εδαφοτομή 7 οι τιμές των Fe_2O_{3d} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,24 και 0,74% και οι τιμές των Fe_2O_{3o} από 0,02 έως 0,08%. Ο Fe_2O_{3t} κυμαίνεται από 2,4 έως 4,7%.

Στην περιοχή της Μήλου οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ κυμαίνονται από 0,06 έως 0,36 και οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ από 0,03 έως 0,51.

Πίνακας 6.11: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας X.

Μήλος					
Ορίζοντες	Βάθος	X_{if}	X_{hf}	X_{ifn}	X_{hfn}
	(cm)	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$			
Εδαφοτομή 1					
A	0-15	552,7	548,8	567,4	567
Bw1	15-30	513,4	563,8	391,5	391,8
Bw2	30-45	229,9	218,9	87,8	88,6
Εδαφοτομή 2					
A	0-12	20	21	20,9	19
Bw1	12-49	11,8	10,7	11	10
Bw2	49-128	32,5	31,1	21,3	23,1
Cw	128+	33,2	30,8	20	20,3
Εδαφοτομή 3					
A	0-18	55,9	50,5	32	31,8
C	18+	61,2	60	21,2	26,1
Εδαφοτομή 4					
A	0-30	72,9	72,2	65,4	66,8

Bw	30-60	35,2	35	28,5	29,8
Cw	60-90	70,5	68,4	43,5	45,4
Εδαφοτομή 5					
A	0-15	596,4	556,8	442,1	440,7
C1	15-30	654,1	574,9	377	376,9
C2	30-45	534,3	547,8	495,2	495,8
C3	45-60	542,7	515,8	622,3	623,1
Εδαφοτομή 6					
A	0-19	418,1	377,8	385,4	383,8
C1	19-34	430,8	431,6	147,8	145,3
C2	34-85	330,6	316,2	118,4	118,2
C3	85+	317,9	300,8	42,2	43,4
Εδαφοτομή 7					
A	0-32	64,5	65,9	70,8	68,3
Bk	32-69	51	54,3	31	32
C	69+	81	85,8	79,4	79,1

Οι τιμές της X_{if} στην περιοχή της Μήλου κυμαίνονται από $11,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $654,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hf} κυμαίνονται μεταξύ $10,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $574,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Οι τιμές της X_{ifn} στην περιοχή της Μήλου κυμαίνονται από $11 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $622,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hfn} κυμαίνονται μεταξύ $10 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $623,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

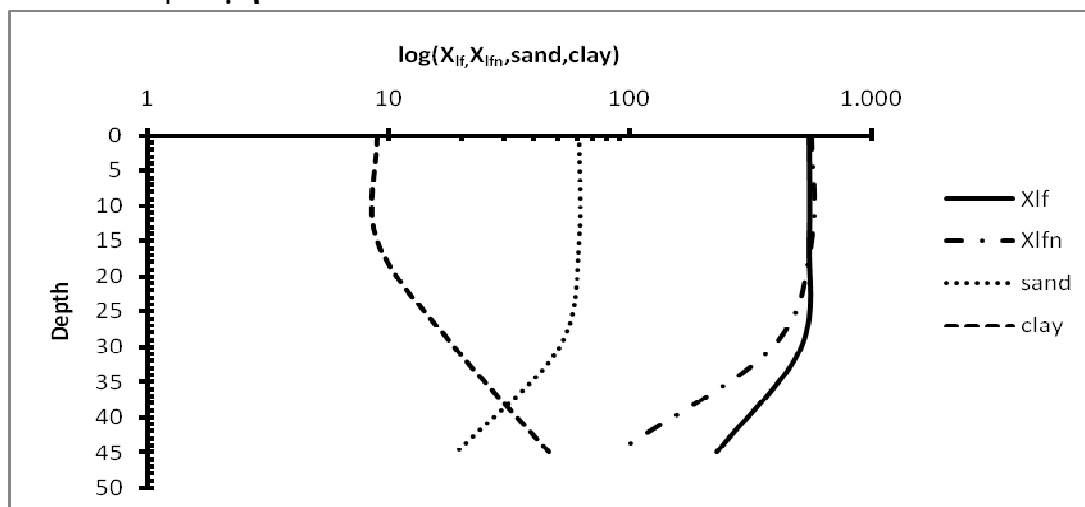
Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παραπάνω τιμών φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.12: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας της X.

	X_{if}	X_{hf}	X_{ifn}	X_{hfn}
Μέσος όρος	248,3	240,8	179,2	179,4
Τυπική απόκλιση	230,9	223	204,8	204,5
Συντελεστής παραλλακτικότητας	93	92,6	114,2	114

6.1.3.2. Σχέση Μαγνητικής επιδεκτικότητας X και κοκκομετρική σύσταση.

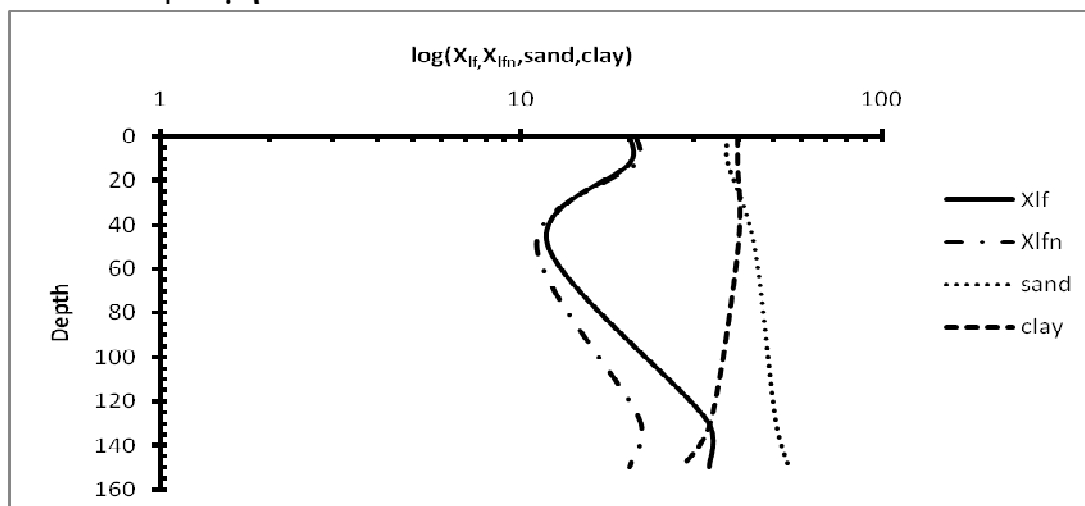
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.19: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά μια παράλληλη κατανομή της X με την άμμο και επιβεβαιώνεται μία θετική σχέση από τη στατιστική ανάλυση ($r=0,99$, $p < ,050$) γεγονός που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες της εδαφοτομής 1 οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μητρικό υλικό και έχουν κληρονομηθεί από αυτό, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

Εδαφοτομή 2

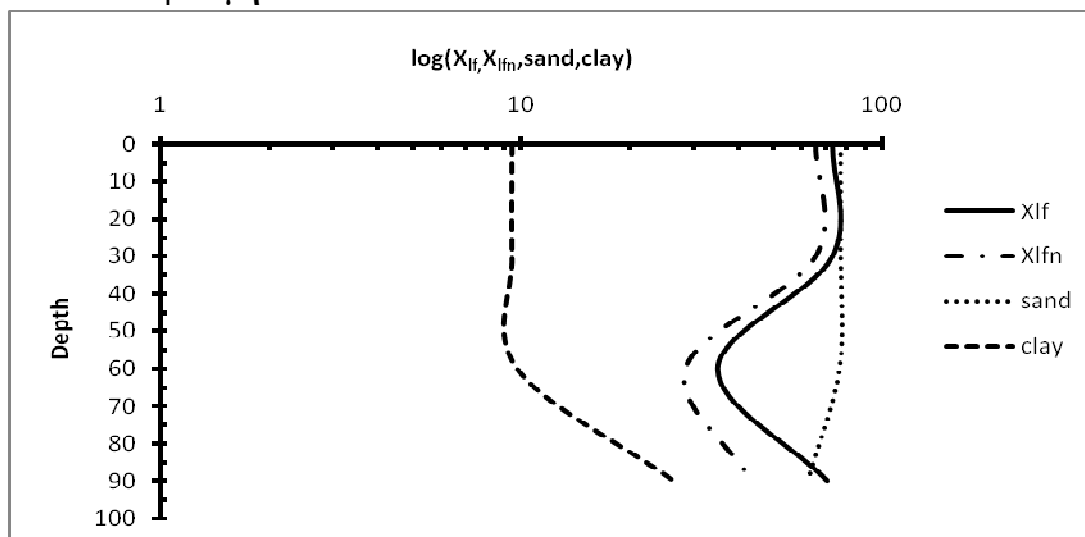


Διάγραμμα 6.20: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται αύξηση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο

και επιβεβαιώνεται στατιστικά μία θετική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες της εδαφοτομής 2 οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μητρικό υλικό.

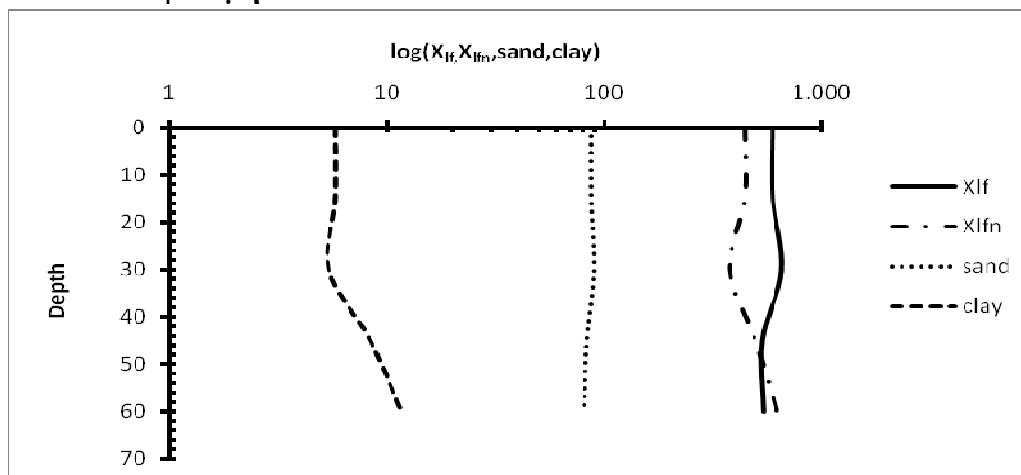
Εδαφοτομή 4



Διάγραμμα 6.21: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 4.

Στην εδαφοτομή 4 παρατηρείται αύξηση και στη συνέχεια μείωση της X με το βάθος. Παρατηρείται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή μεταξύ της X και της αργίλου από το βάθος των 60 cm και κάτω και επιβεβαιώνεται στατιστικά μία θετική σχέση μεταξύ αυτών σε όλο το βάθος της εδαφοτομής που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες είναι αποτέλεσμα δευτερογενών εδαφικών υλικών (μαγεμίτης).

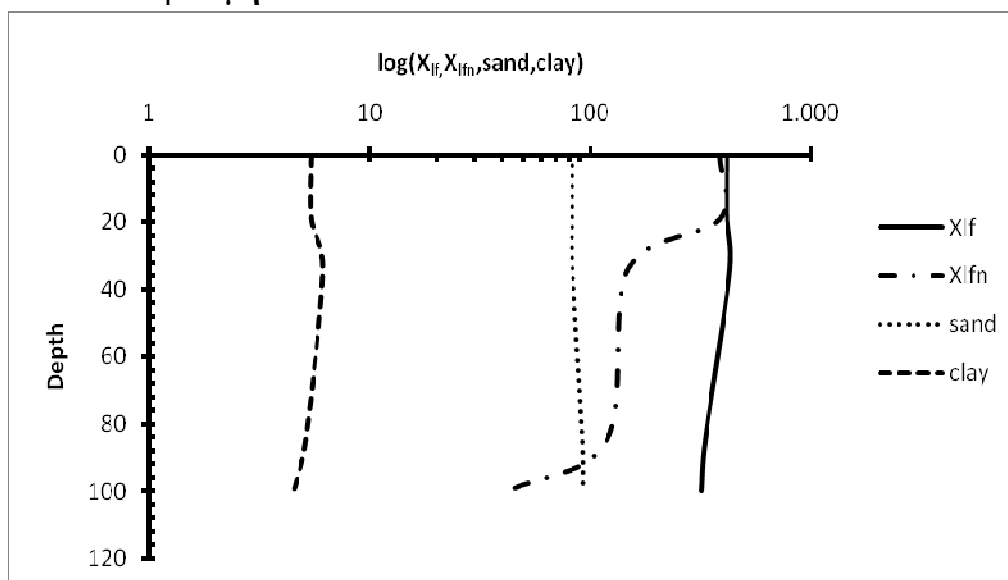
Εδαφοτομή 5



Διάγραμμα 6.22: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 5.

Στην εδαφοτομή 5 παρατηρείται αύξηση και στη συνέχεια μείωση της X με το βάθος. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της X_{if} και της άμμου ($r=0,94$, $p < ,050$). Τα παραπάνω δηλώνουν ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης). Επίσης παρατηρείται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση της X_{ifn} με την άργιλο ($r=0,98$, $p < ,050$) που δηλώνει τη ύπαρξη παραμαγνητικών και σιδηρομαγνητικών ορυκτών τα οποία πιθανόν να συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στις μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους.

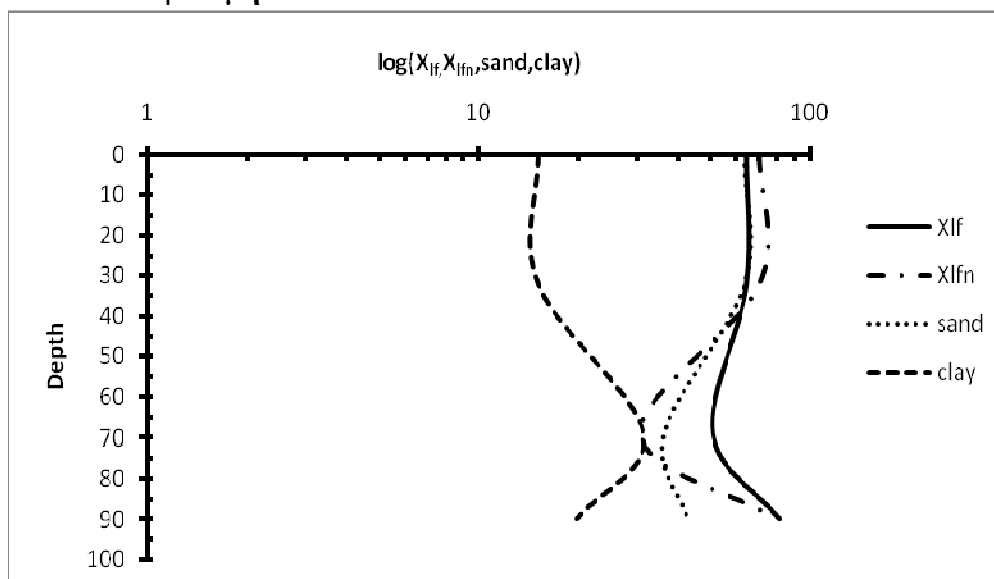
Εδαφοτομή 6



Διάγραμμα 6.23: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 6.

Στην εδαφοτομή 6 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άργιλο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει θετική συσχέτιση μεταξύ της X και της αργίλου γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους οφείλονται σε δευτερογενή εδαφικά υλικά (μαγεμίτης). Παρατηρείται επίσης θετική συσχέτιση αλλά όχι στατιστικά σημαντική μεταξύ της X_{ifn} και της αργίλου ($r=0,39$, $p < ,050$) γεγονός που δηλώνει ότι μέρος των μαγνητικών ιδιοτήτων οφείλεται σε σιδηρομαγνητικά και παραμαγνητικά ορυκτά.

Εδαφοτομή 7

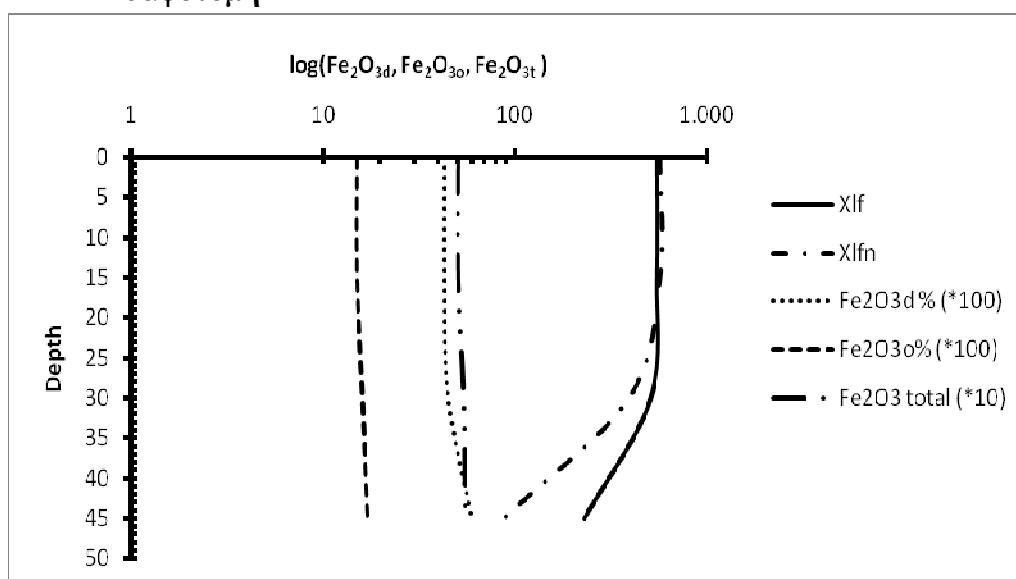


Διάγραμμα 6.24: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 7.

Στην εδαφοτομή 7 παρατηρείται αύξηση της X με το βάθος. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία θετική σχέση μεταξύ της X και της άμμου αλλά όχι στατιστικά γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

6.1.3.3. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας και οξειδία σιδήρου.

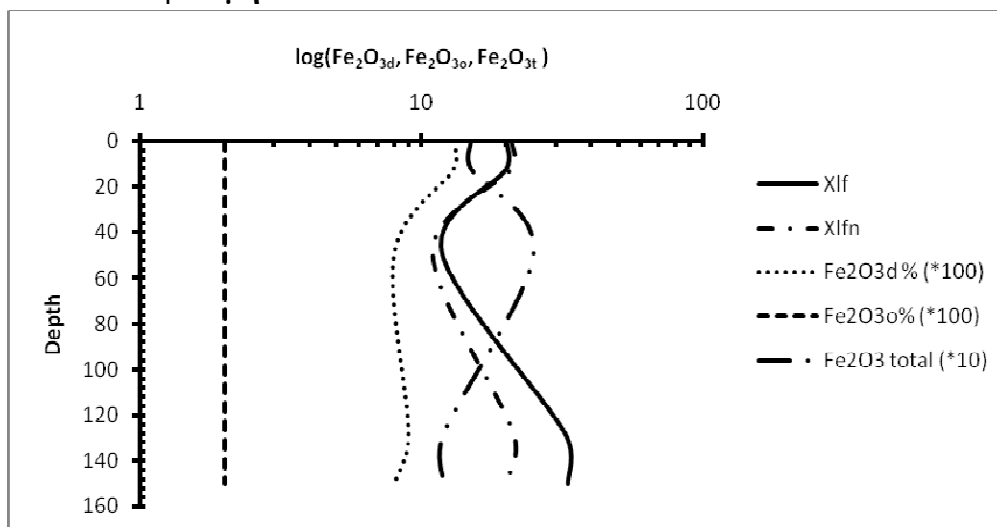
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.25: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Όπως προκύπτει διαγραμματικά παρατηρείται αντίθετη κατανομή μεταξύ της X και του Fe_2O_{3d} που επιβεβαιώνεται στατιστικά σαν μία αρνητική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Η αρνητική αυτή συσχέτιση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι τα ελεύθερα οξείδια του σιδήρου είναι μη μαγνητικά και δεν συνεισφέρουν στις μαγνητικές ιδιότητες (γκαιίτης, αιματίτης). Παρατηρείται επίσης αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3o} η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική. Τέλος παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} .

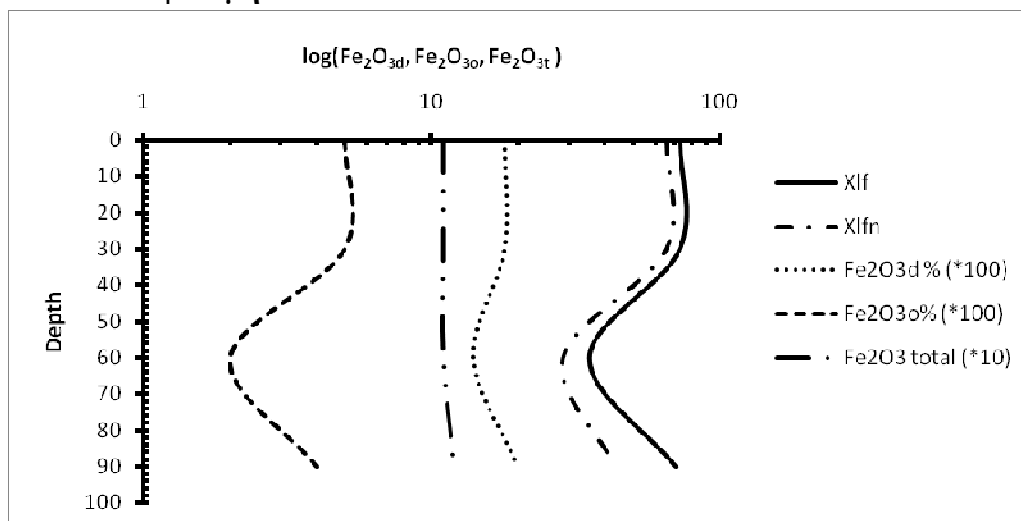
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.26: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται διαγραμματικά και επιβεβαιώνεται στατιστικά μία σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της MS και του Fe_2O_{3t} ($r=-0,92$, $p < ,050$).

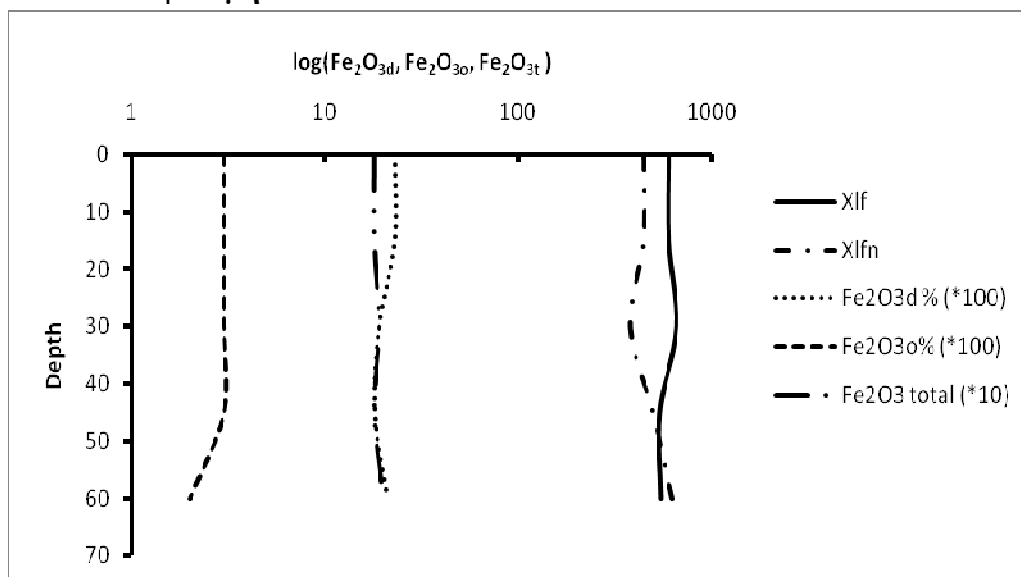
Εδαφοτομή 4



Διάγραμμα 6.27: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 4.

Όπως φαίνεται διαγραμματικά υπάρχει μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με τον Fe_2O_{3d} και τον Fe_2O_{3o} . Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτουν αντίστοιχα θετικές συσχετίσεις αλλά όχι στατιστικά σημαντικές. Τέλος, παρατηρείται θετική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} η οποία δεν είναι στατιστικά σημαντική γεγονός που δηλώνει ότι ο Fe που συμμετέχει στην X είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών (πρωτογενών και δευτερογενών) και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος.

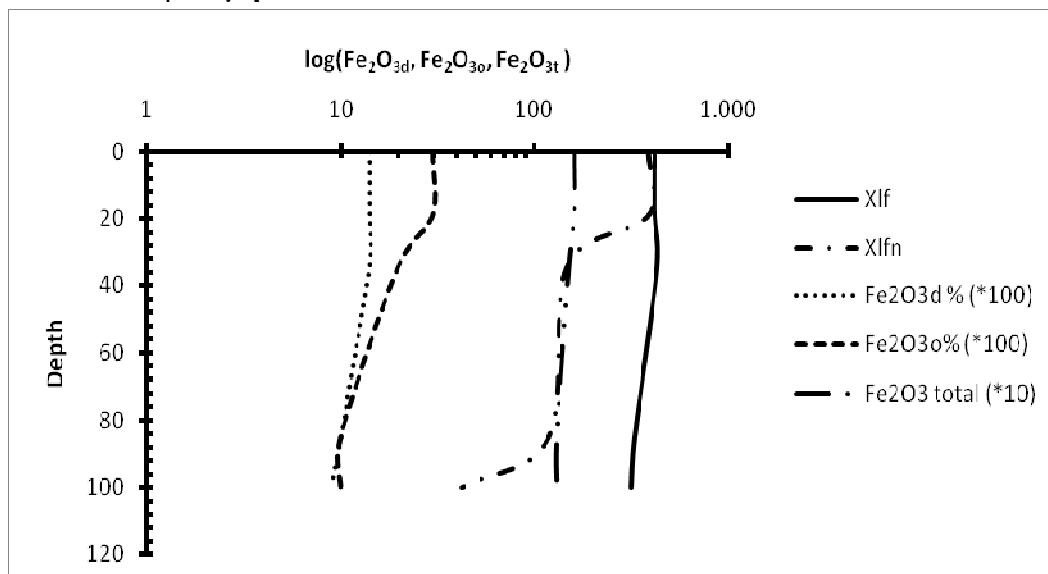
Εδαφοτομή 5



Διάγραμμα 6.28: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 5.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή μεταξύ της X_{lf} και του Fe_2O_{3o} που επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού προκύπτει θετική συσχέτιση αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Παρατηρείται επίσης σχεδόν αντίθετη κατανομή της X_{lfn} και του Fe_2O_{3o} το οποίο επίσης επιβεβαιώνεται στατιστικά με αρνητική σχέση μεταξύ τους αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Τέλος, παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή μεταξύ της X_{lf} και του Fe_2O_{3t} που επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού προκύπτει θετική συσχέτιση αλλά όχι στατιστικά σημαντική όπως επίσης και σχεδόν αντίθετη κατανομή της X_{lfn} και του Fe_2O_{3t} το οποίο επίσης επιβεβαιώνεται στατιστικά με αρνητική σχέση μεταξύ τους αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Η θετική σχέση μεταξύ της X_{lf} και του Fe_2O_{3t} δηλώνει ότι ο Fe που συμμετέχει στην X είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών (πρωτογενών και δευτερογενών) και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος.

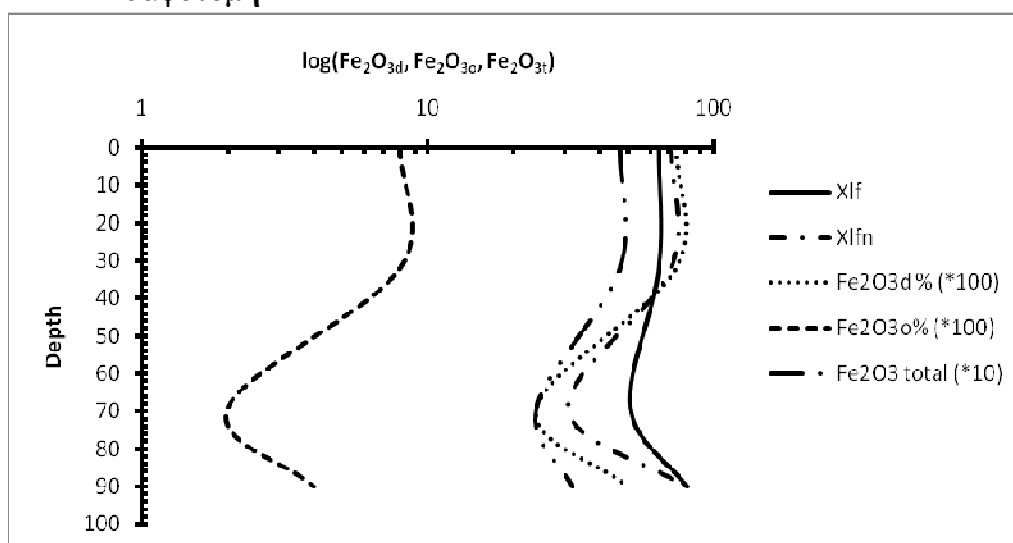
Εδαφοτομή 6



Διάγραμμα 6.29: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 6.

Όπως φαίνεται διαγραμματικά υπάρχει μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με τον Fe_2O_{3d} και τον Fe_2O_{3o} . Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτουν αντίστοιχα θετικές συσχετίσεις αλλά όχι στατιστικά σημαντικές. Η θετική συσχέτιση της X με τον Fe_2O_3 είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν άμορφα οξείδια τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη. Τέλος παρατηρείται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με τον Fe_2O_{3t} που επιβεβαιώνεται στατιστικά με τη θετική συσχέτιση που προκύπτει αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική.

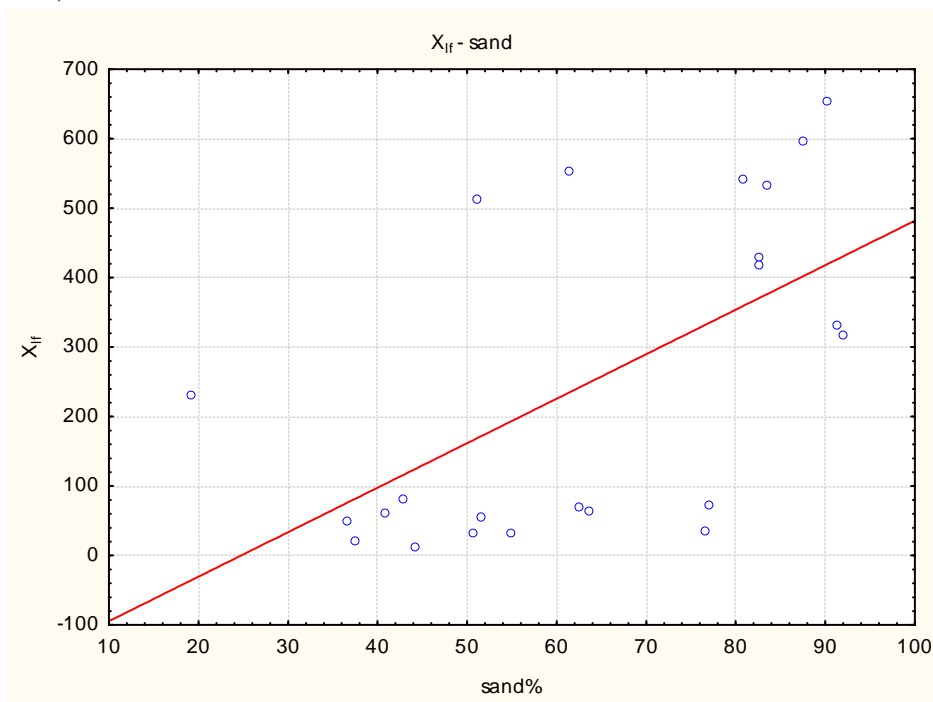
Εδαφοτομή 7



Διάγραμμα 6.30: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 7.

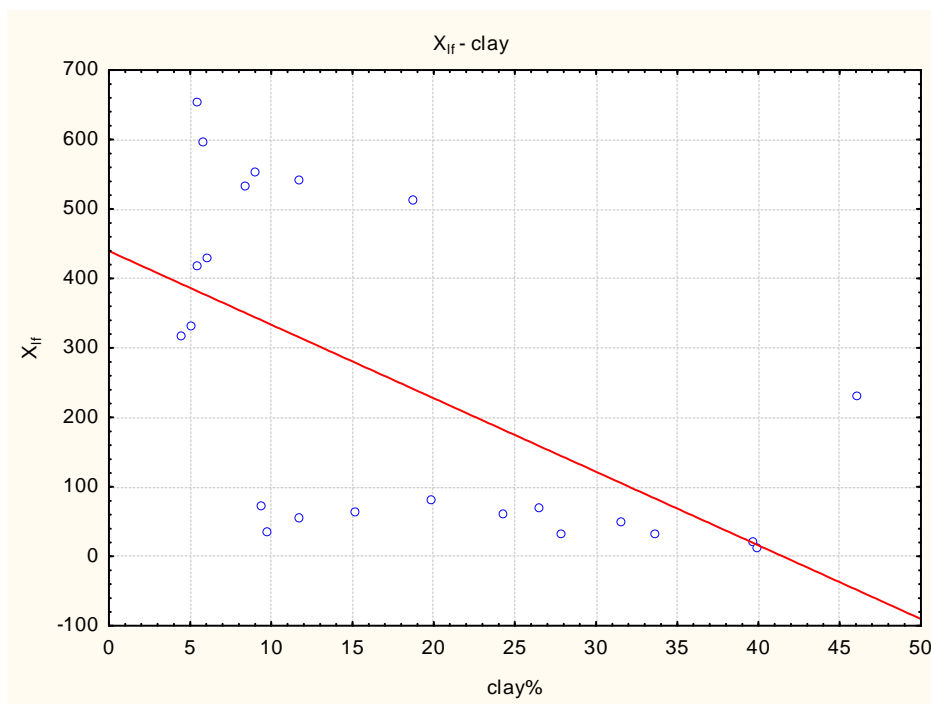
Διαπιστώνεται διαγραμματικά σχεδόν παράλληλη κατανομή όλων των οξειδίων του Fe με την X. τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά με θετικές σχέσεις μεταξύ των οξειδίων και της X οι οποίες δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Η θετική συσχέτιση της X με τον Fe_2O_3 είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν άμορφα οξείδια τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη.

Στο σύνολο των δειγμάτων των επτά εδαφοτομών της περιοχής της Μήλου προκύπτει θετική γραμμική συσχέτιση της X_{If} και της άμμου ($r=0,59$, $p<0.05$, $n=23$).



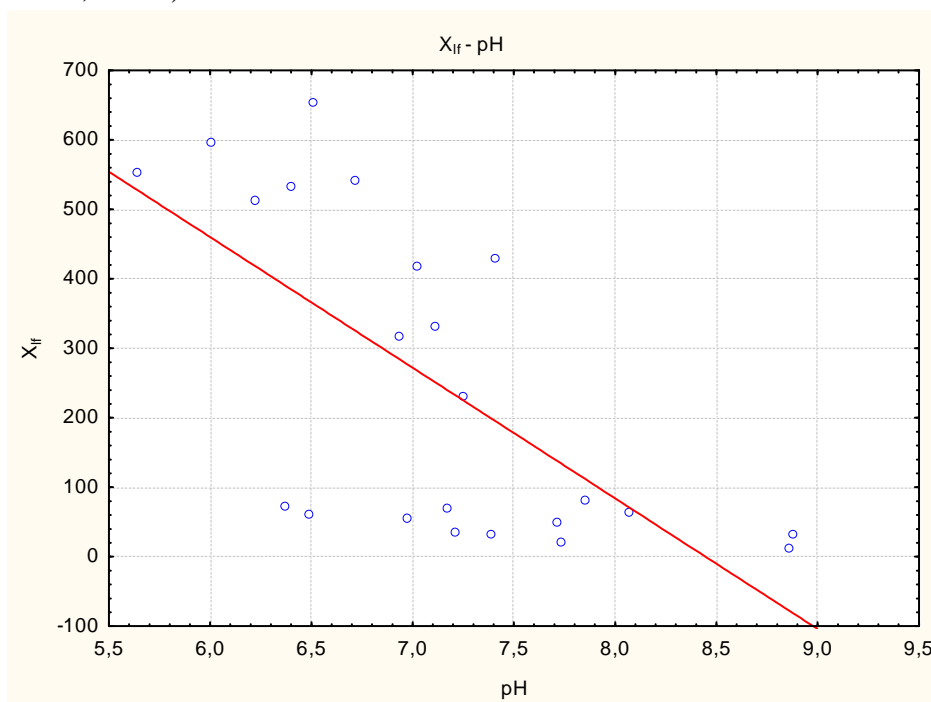
Διάγραμμα 6.31: Σχέση μεταξύ X_{If} και άμμου για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

Επίσης παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X_{If} και της αργίλου ($r=-0,60$, $p<0.05$, $n=23$)



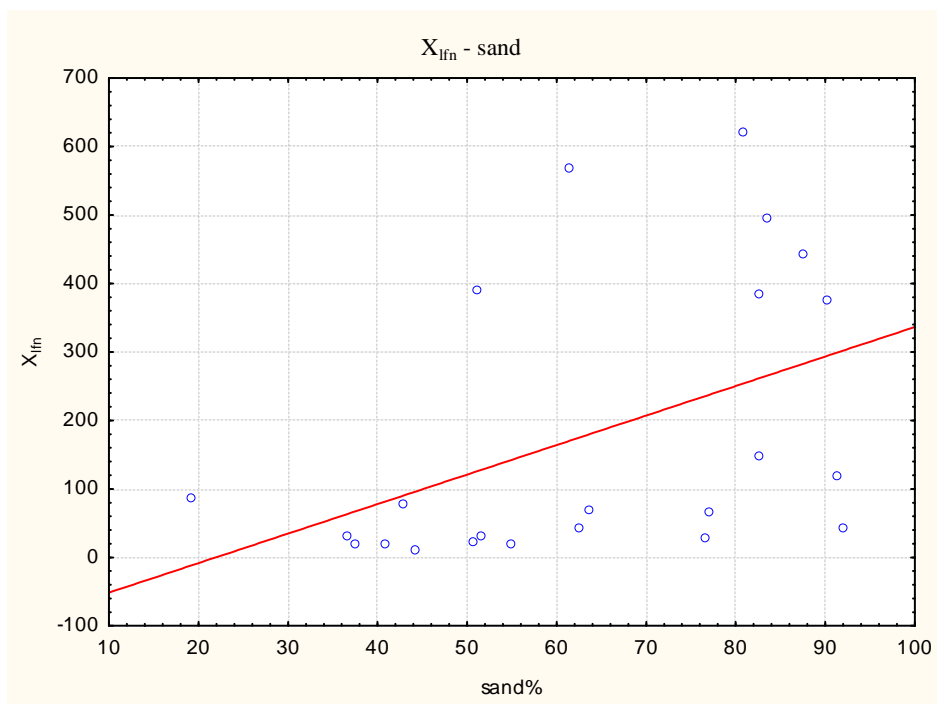
Διάγραμμα 6.32: Σχέση μεταξύ X_{if} και αργίλου για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

Ακόμη προκύπτει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X_{if} και του pH ($r=-0,67$, $p<0.05$, $n=23$).



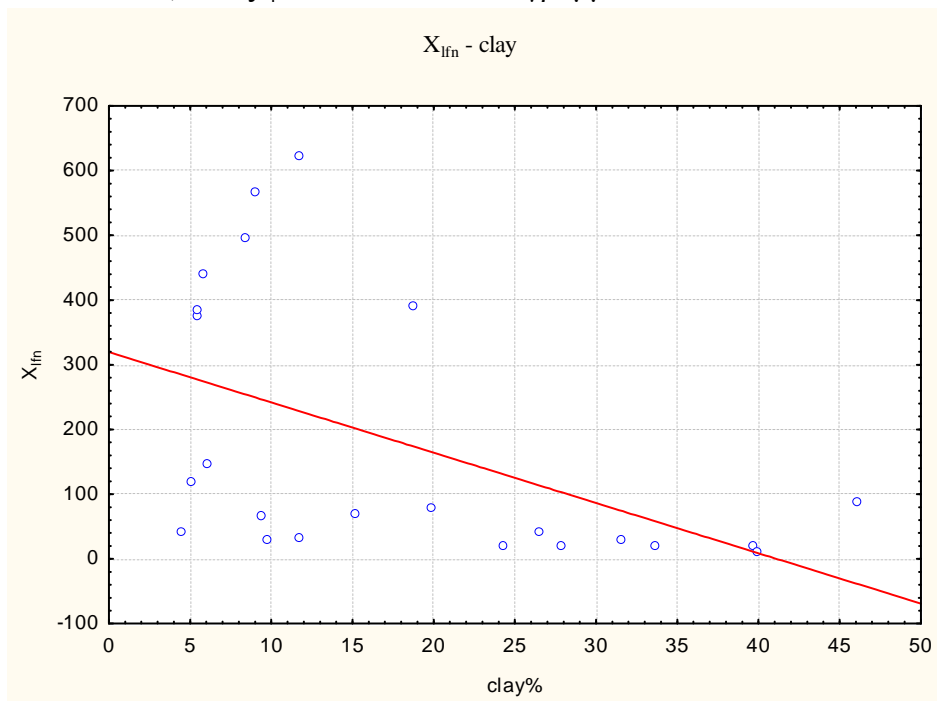
Διάγραμμα 6.33: Σχέση μεταξύ X_{if} και pH για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

Στην περιοχή της Μήλου διαπιστώνεται θετική γραμμική συσχέτιση της άμμου με την X_{ifn} ($r=0,45$, $p<0.05$, $n=23$),



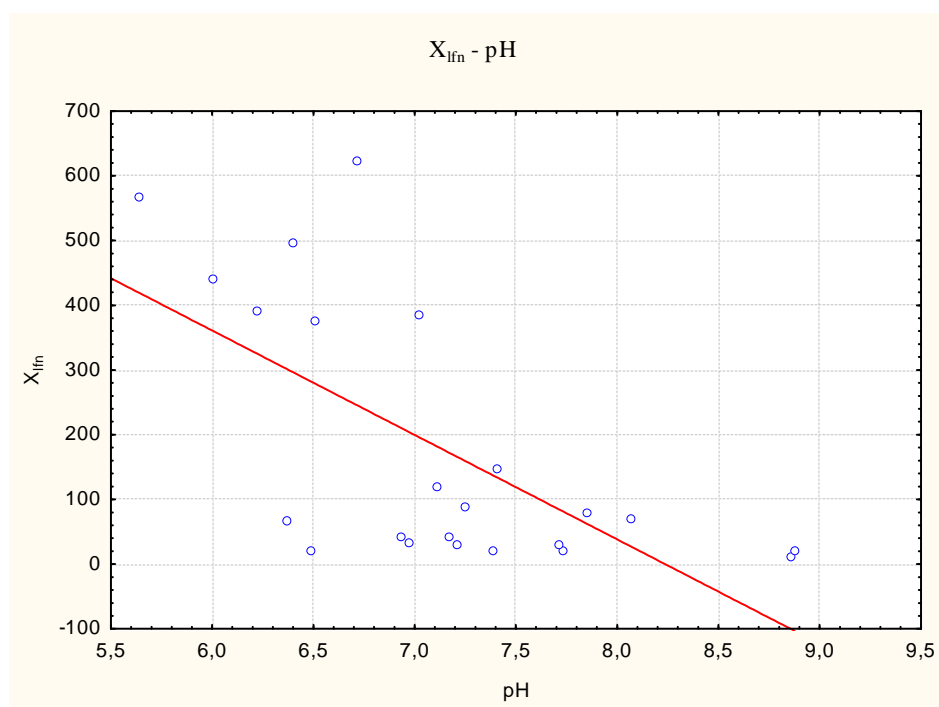
Διάγραμμα 6.34: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και άμμου για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

Επίσης, διαπιστώνεται αρνητική συσχέτιση της X_{lfn} με την άργιλο ($r = -0,49$, $p < 0,05$, $n = 23$) όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Διάγραμμα 6.35: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και αργίλου για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

Τέλος, διαπιστώνεται αρνητική συσχέτιση της X_{lfn} με το pH ($r = -0,65$, $p < 0,05$, $n = 23$).



Διάγραμμα 6.36: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και pH για το σύνολο των δειγμάτων της Μήλου.

6.1.4.1 Θήρα

Πίνακας 6.13: Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών της Θήρας.

Θήρα							
Οριζόντες	Βάθος	Άμμος	Ιλός	Άργιλος	Κλάση	pH	Οργανική Ουσία
	(cm)	%					%
Εδαφοτομή 1							
A	0-23	79,4	16,1	4,5	LS	6,5	0,4
C1	23-53	70,7	25,2	4,1	SL	6,6	0,3
C2	53-89	63,8	33,8	2,4	SL	6,7	0,1
C3	89-120	63,3	33,1	3,6	SL	7,2	0,2
Εδαφοτομή 2							
A	0-15	76,8	19,3	3,9	LS	6,8	2,1
C1	15-32	79,5	17,7	2,7	LS	6,7	0,7
C2	32-57	78,1	19,3	2,7	LS	6,4	0,5
C3	57-79	70,1	26,1	3,8	SL	6,8	0,5
C4	79+	69,7	25,9	4,4	SL	6,8	0,5
Εδαφοτομή 3							
A	0-25	71,9	24,6	3,5	SL	6,9	1,2
C1	25-40	76,4	21,3	2,2	LS	6,9	0,3
C2	40-90	83,8	14,6	1,6	LS	7,2	0,2
Εδαφοτομή 4							

A	0-25	85	11,2	3,8	LS	7,0	0,2
C1	25-60	81,1	14,4	4,6	LS	7,0	0,2
C2	60-81	77	18,5	4,5	LS	7,0	0,2
C3	81-120	79,5	16,8	3,7	LS	7,2	0,1

Όλες οι εδαφοτομές από τη Θήρα, χαρακτηρίζονται από χονδρόκοκκη σύσταση και δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ τους στην περιεκτικότητα της άμμου, της ιλύος και της αργίλου. Σε όλα τα δείγματα η περιεκτικότητα σε άμμο κυμαίνεται από 63.3% έως 85%, σε άργιλο από 1.6% έως 4.6% και σε ιλύ από 11.2% έως 33.8%. Σε όλα τα δείγματα η κλάση κοκκομετρικής σύστασης είναι πηλοαμμώδης (LS) και αμμοπηλώδης (SL).

Σε όλες τις εδαφοτομές από την περιοχή της Θήρας, προσδιορίζονται παρόμοιες τιμές στις περισσότερες από τις βασικές χημικές ιδιότητες. Οι τιμές του pH σε όλα τα δείγματα κυμαίνονται από 6.4 έως 7.2 και τα εδάφη χαρακτηρίζονται από ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 2.1% έως 0.1% και οι υψηλότερες τιμές προσδιορίζονται στους A ορίζοντες.

Πίνακας 6.14: Τιμές «ελεύθερων οξειδίων» (Fe_2O_{3d}) του σιδήρου, άμορφων οξειδίων (Fe_2O_{3o}) του σιδήρου, ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και λόγιοι εδαφογενετικής εξέλιξης

Θήρα						
Ορίζοντε ς	Βάθος ς (cm)	Fe_2O_3 d	Fe_2O_3 o	Fe_2O_3 t	$\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ d	$\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ t
		%				
Εδαφοτομή 1						
A	0-23	0,21	0,02	4	0,10	0,05
C1	23-53	0,2	0,01	2,9	0,05	0,07
C2	53-89	0,19	0,01	2,8	0,05	0,07
C3	89-120	0,23	0,01	4	0,04	0,06
Εδαφοτομή 2						
A	0-15	0,21	0,03	3,6	0,14	0,06
C1	15-32	0,21	0,02	3,7	0,10	0,06
C2	32-57	0,22	0,01	3,7	0,05	0,06
C3	57-79	0,23	0,01	3,5	0,04	0,07
C4	79+	0,25	0,01	3,6	0,04	0,07
Εδαφοτομή 3						
A	0-25	0,17	0,02	3,1	0,12	0,05
C1	25-40	0,17	0,02	3,7	0,12	0,05
C2	40-90	0,27	0,02	3,6	0,07	0,08
Εδαφοτομή 4						
A	0-25	0,28	0,03	5,3	0,11	0,05

C1	25-60	0,28	0,01	4,6	0,04	0,06
C2	60-81	0,3	0,02	3,7	0,07	0,08
C3	81-120	0,28	0,02	3,5	0,07	0,08

Από τις εκλεκτικές εκχυλίσεις που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε ότι οι τιμές του Fe_2O_{3d} κυμαίνονται από 0,17 έως 0,3%. Οι τιμές του Fe_2O_{3o} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,01 και 0,03% και οι τιμές του Fe_2O_{3t} από 2,8 έως 5,3%.

Στην περιοχή της Θήρας οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ κυμαίνονται από 0,04 έως 0,14 και οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ από 0,05 έως 0,08.

Πίνακας 6.15: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας X.

Θήρα					
Ορίζοντες	Βάθος	X_{if}	X_{hf}	X_{ifn}	X_{hfn}
	(cm)	m³ kg⁻¹			
Εδαφοτομή 1					
A	0-23	904	949,8	662	656,1
C1	23-53	774,2	775,6	658,4	652,3
C2	53-89	770,4	761,9	438,6	437,6
C3	89-120	672,1	680,4	502,8	499
Εδαφοτομή 2					
A	0-15	677,1	551,7	702,2	692,1
C1	15-32	677,4	678	611,4	600,2
C2	32-57	703,3	674,5	581,3	572
C3	57-79	532,6	507,2	516,4	505,9
C4	79+	570,7	525,5	497	488
Εδαφοτομή 3					
A	0-25	598,6	549,2	518,1	509,8
C1	25-40	913,5	870,6	786,5	781,7
C2	40-90	1267,9	1287,2	1045,9	1035,3
Εδαφοτομή 4					
A	0-25	1037,3	1027	1091,5	1079,3
C1	25-60	836	787,2	663,6	651,8
C2	60-81	638,2	572,7	507	498,9
C3	81-120	590,1	535,3	379,5	375,6

Οι τιμές της X_{if} στην περιοχή της Θήρας κυμαίνονται από $532,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $1267,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hf} κυμαίνονται μεταξύ $507,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $1287,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Οι τιμές της X_{ifn} στην περιοχή της Θήρας κυμαίνονται από $379,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $1091,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hfn} κυμαίνονται μεταξύ $375,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $1079,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

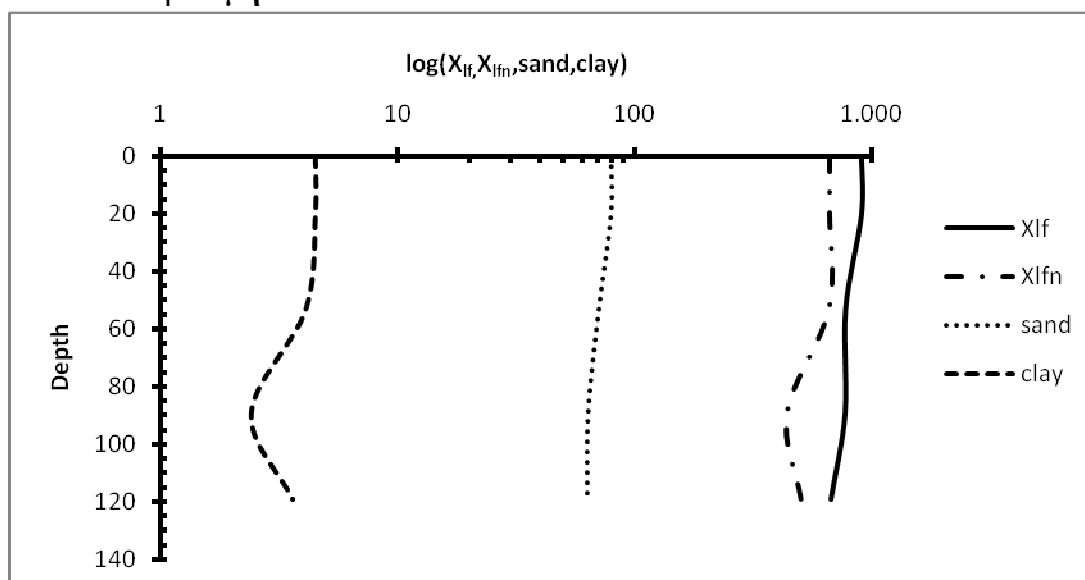
Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παραπάνω τιμών φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.16: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας της X .

	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
Μέσος όρος	760,2	733,4	635,1	627,2
Τυπική απόκλιση	194,5	216	199,1	197,5
Συντελεστής παραλλακτικότητας	25,9	29,4	31,3	31,5

6.1.4.2. Σχέση Μαγνητικής επιδεκτικότητας και κοκκομετρική σύσταση.

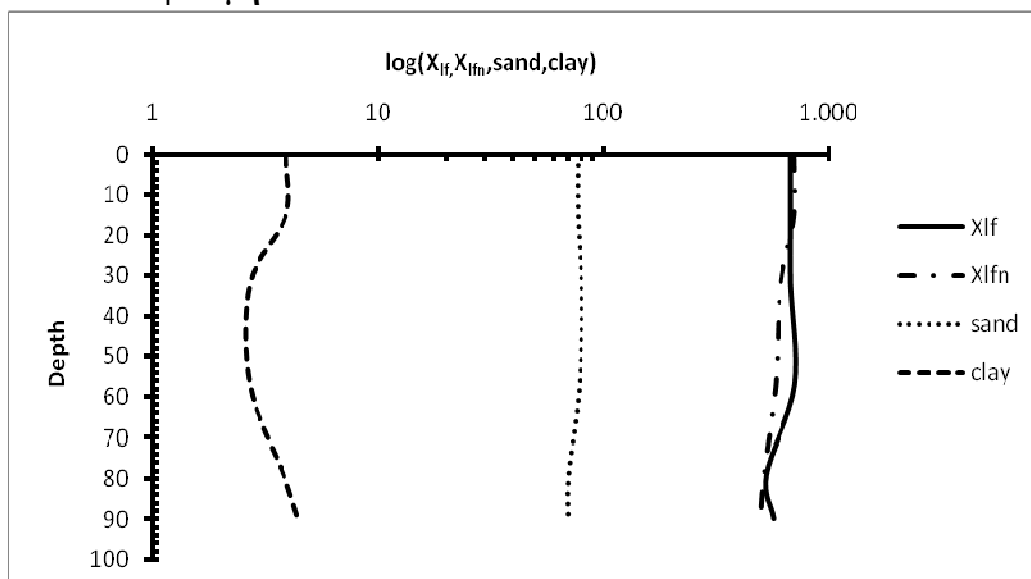
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.37: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία θετική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης). Όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίσης θετική σχέση μεταξύ της X και τη αργίλου αλλά όχι στατιστικά σημαντική που δηλώνει την συνεισφορά δευτερογενών εδαφικών υλικών στις μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους.

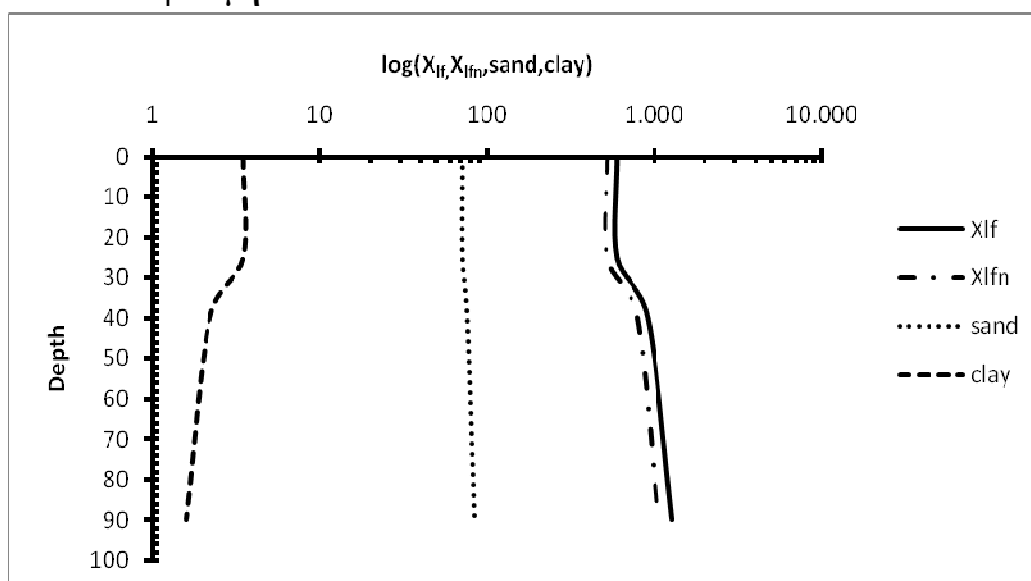
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.38: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται αύξηση και στη συνέχεια μείωση της X με το βάθος. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της X και της άμμου ($r=0,95$, $p < ,050$). Τα παραπάνω δηλώνουν ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

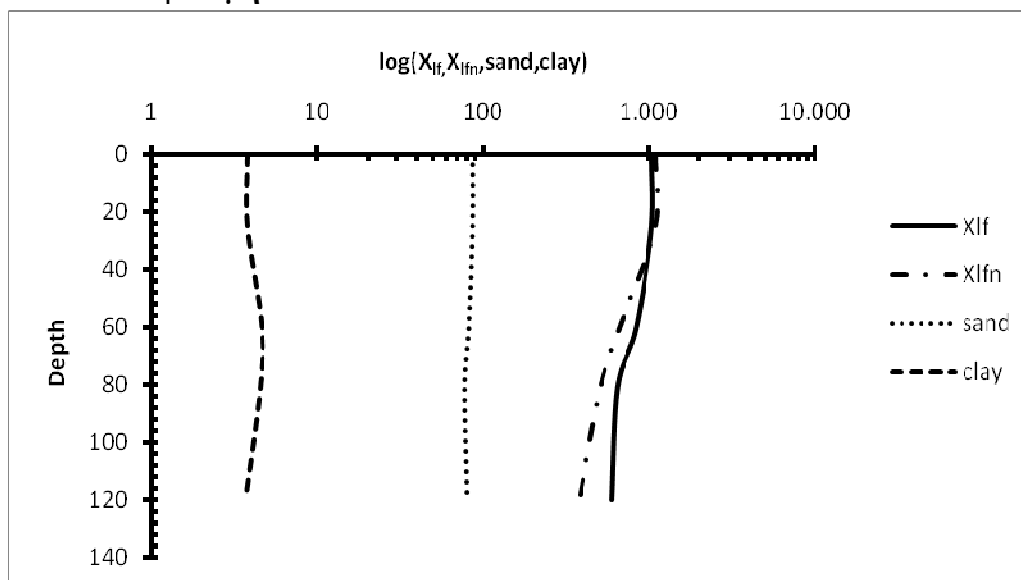
Εδαφοτομή 3



Διάγραμμα 6.39: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 3.

Στην εδαφοτομή 3 παρατηρείται αύξηση της X με το βάθος. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της X και της άμμου ($r=0,99$, $p < ,050$). Τα παραπάνω δηλώνουν ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

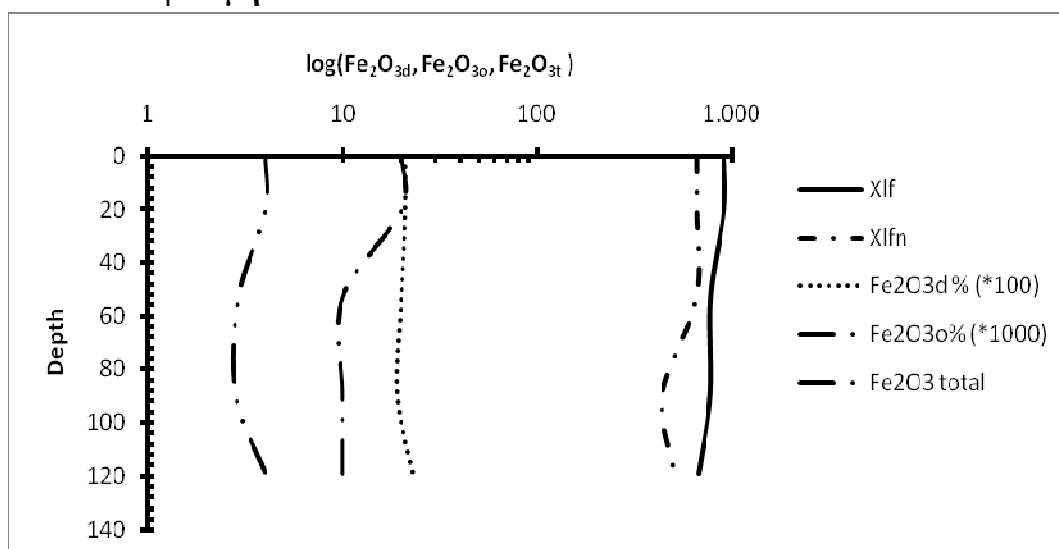
Εδαφοτομή 4



Διάγραμμα 6.40: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 4.

Στην εδαφοτομή 4 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία θετική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης).

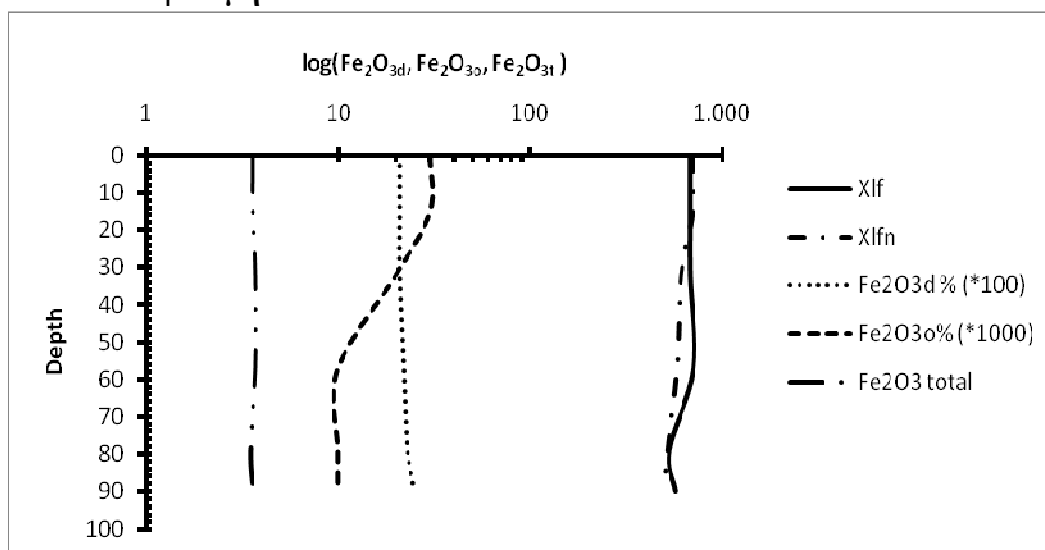
6.1.4.3. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας και οξειδία σιδήρου. Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.41: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Παρατηρείται διαγραμματικά μία αντίθετη κατανομή με το βάθος της X και του Fe_2O_{3d} η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού παρατηρείται αρνητική σχέση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Η αρνητική αυτή συσχέτιση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι τα ελεύθερα οξειδία του σιδήρου είναι μη μαγνητικά και δεν συνεισφέρουν στις μαγνητικές ιδιότητες (γκαιίτης, αιματίτης). Παρατηρείται επίσης θετική σχέση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3o} γεγονός το οποίο δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη.

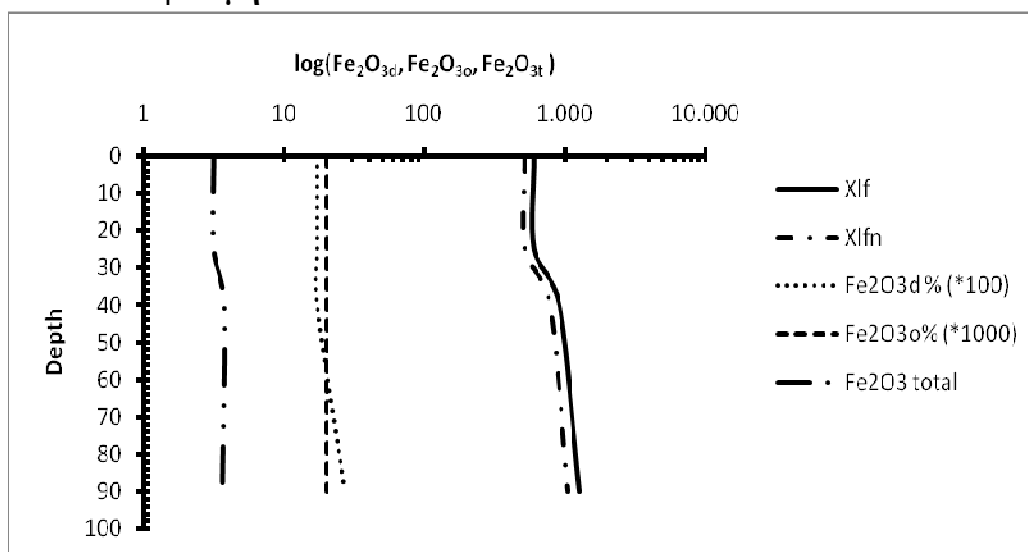
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.42: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Παρατηρείται διαγραμματικά μία αντίθετη κατανομή με το βάθος της X και του Fe_2O_{3d} η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού παρατηρείται αρνητική σχέση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Η αρνητική αυτή συσχέτιση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι τα ελεύθερα οξείδια του σιδήρου είναι μη μαγνητικά και δεν συνεισφέρουν στις μαγνητικές ιδιότητες (γκαιίτης, αιματίτης). Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει επίσης θετική συσχέτιση μεταξύ της X_{If} και του Fe_2O_{3o} αλλά όχι στατιστικά σημαντική και στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της X_{Ifn} και του Fe_2O_{3o} ($r=0,92$, $p < ,050$) γεγονός το οποίο δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη.

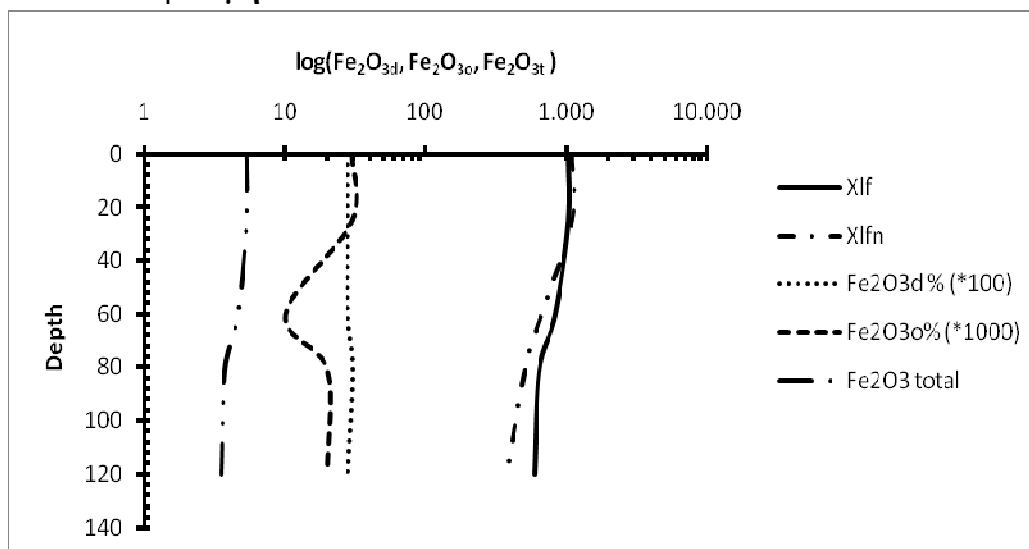
Εδαφοτομή 3



Διάγραμμα 6.43: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 3.

Διαπιστώνεται διαγραμματικά σχεδόν παράλληλη κατανομή τα X και του Fe_2O_{3d} η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού παρατηρείται θετική συσχέτιση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Επίσης διαπιστώνεται διαγραμματικά και επιβεβαιώνεται στατιστικά θετική σχέση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} η οποία δεν είναι στατιστικά σημαντική. Η θετική αυτή σχέση πιθανό να οφείλεται στον Fe που συμμετέχει στις μαγνητικές ιδιότητες και είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών –πρωτογενών και δευτερογενών- και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος.

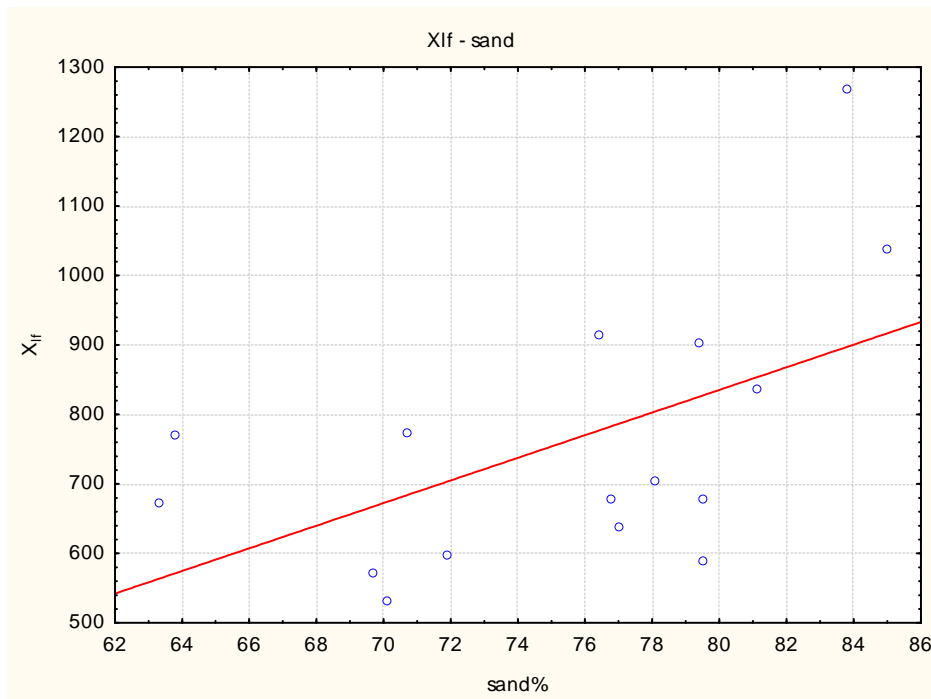
Εδαφοτομή 4



Διάγραμμα 6.44: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 4.

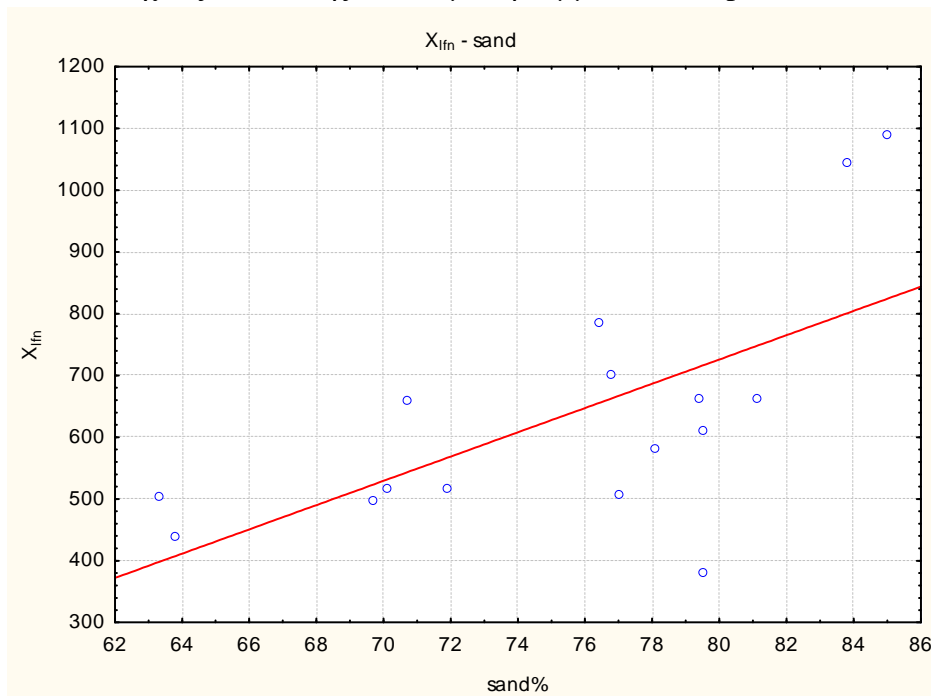
Παρατηρείται διαγραμματικά μία αντίθετη κατανομή με το βάθος της X και του Fe_2O_{3d} η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά αφού παρατηρείται αρνητική σχέση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Η αρνητική αυτή συσχέτιση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι τα ελεύθερα οξείδια του σιδήρου είναι μη μαγνητικά και δεν συνεισφέρουν στις μαγνητικές ιδιότητες (γκαιτίτης, αιματίτης). Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει επίσης θετική συσχέτιση μεταξύ της X_{lf} και του Fe_2O_{3o} αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη. Τέλος διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της X και του Fe_2O_{3t} ($r=1$, $p < ,050$). Η θετική αυτή σχέση πιθανό να οφείλεται στον Fe που συμμετέχει στις μαγνητικές ιδιότητες και είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών –πρωτογενών και δευτερογενών- και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος.

Στο σύνολο των δειγμάτων των τεσσάρων εδαφοτομών της περιοχής της Θήρας προκύπτει θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ X_{If} και άμμου ($r=0,54$, $p < 0,05$, $n=16$).



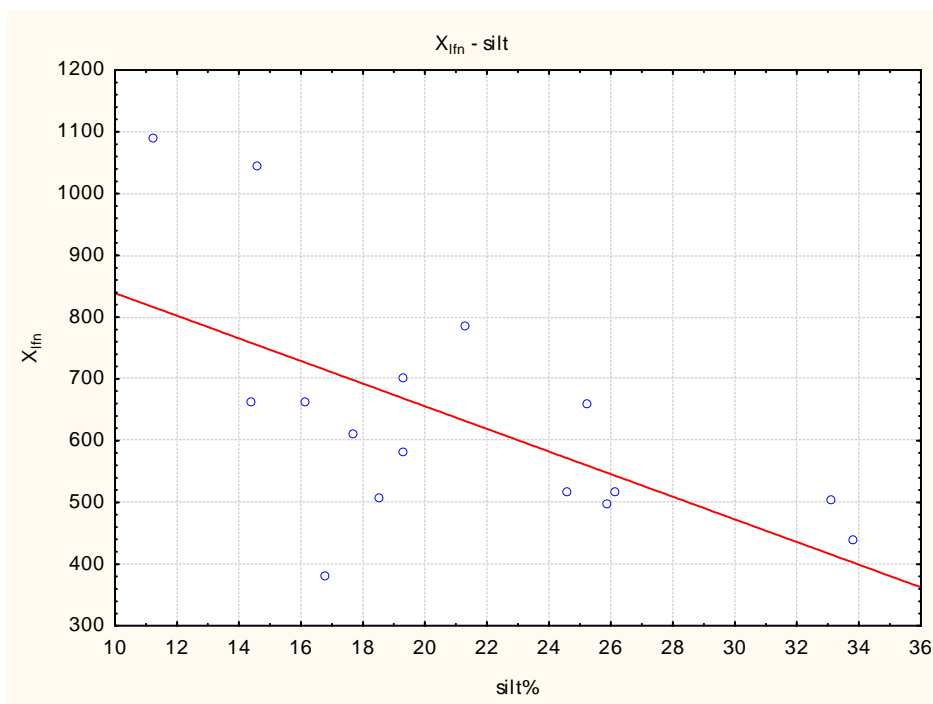
Διάγραμμα 6.45: Σχέση μεταξύ X_{If} και άμμου στην περιοχή της Θήρας

Η X_{Ifn} συσχετίζεται επίσης θετικά με την άμμο ($r=0,64$, $p < 0,05$, $n=16$)



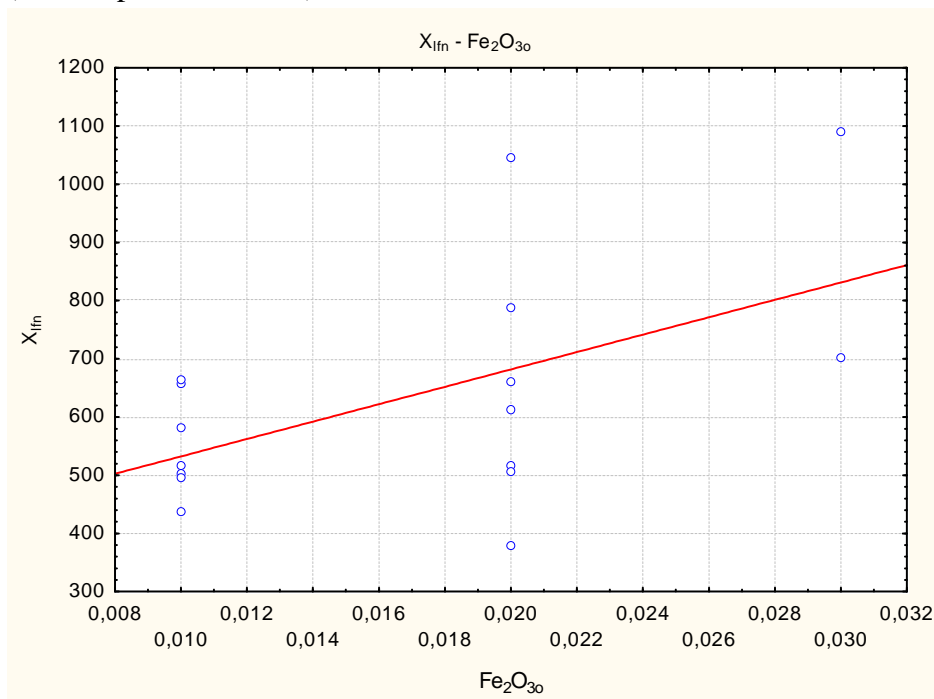
Διάγραμμα 6.46: Σχέση μεταξύ X_{Ifn} και άμμου στην περιοχή της Θήρας

Παρατηρείται επίσης αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X_{Ifn} και της ιλύος ($r=-0,60$, $p < 0,05$, $n=16$).



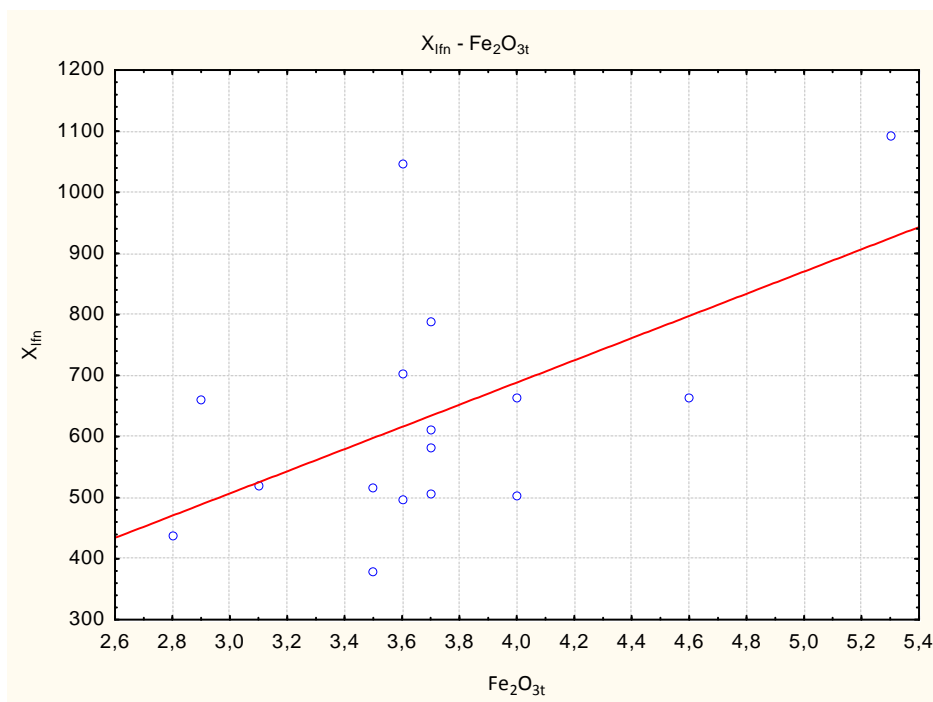
Διάγραμμα 6.47: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και ιλύος στην περιοχή της Θήρας

Ακόμη προκύπτει θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της X_{lfn} και του Fe_2O_{3o} ($r=0,53$, $p<0,05$, $n=16$)



Διάγραμμα 6.48: Σχέση μεταξύ X_{lfn} και Fe_2O_{3o} στην περιοχή της Θήρας.

Τέλος, παρατηρείται επίσης θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της X_{lfn} και του Fe_2O_{3t} ($r=0,55$, $p<0,05$, $n=16$).



Διάγραμμα 6.49: Σχέση μεταξύ X_{ifn} και Fe_2O_{3t} στην περιοχή της Θήρας.

6.1.5.1 Νισύρος

Πίνακας 6.17: Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών της Νισύρου.

Νισύρος							
Οριζόντες	Βάθος	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος	Κλάση	pH	Οργανική Ουσία
	(cm)	%					%
Εδαφοτομή 1							
A	0-20	93,5	1,1	3,6	LS	6,6	0,9
C1	20-60	93,4	2,8	2,8	LS	7,4	0,5
C2	60+	92,3	5,9	1,8	LS	7,4	0,2
Εδαφοτομή 2							
A	0-30	93,7	2,4	3,9	LS	6,2	1,9
C1	30-60	89,5	5,2	5,3	LS	6,5	1,3
C2	60-90	88,8	5,7	5,5	LS	6,7	1,1

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης των εδαφών της Νισύρου είναι ανάλογα με αυτά της Θήρας. Όλα τα εδάφη χαρακτηρίζονται από χονδρόκοκκη σύσταση. Και στις δύο εδαφοτομές της Νισύρου, η περιεκτικότητα σε άμμο είναι πολύ μεγάλη και οι τιμές κυμαίνονται από 88.8% έως 93.7%. Η περιεκτικότητα σε ιλύ είναι χαμηλή και κυμαίνεται από 1.1% έως 5.9%. Η περιεκτικότητα της αργίλου είναι χαμηλή και κυμαίνεται από 1.8% έως 5.5%. Η κλάση κοκκομετρικής σύστασης σε όλα τα δείγματα είναι πηλοαμμώδης (LS).

Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 6.2 έως 7.4 Η περιεκτικότητα των εδαφών σε οργανική ουσία είναι μικρή και κυμαίνεται από 0.2 έως 1.9%.

Πίνακας 6.18: Τιμές «ελεύθερων οξειδίων» (Fe_2O_{3d}) του σιδήρου, άμορφων οξειδίων (Fe_2O_{3o}) του σιδήρου, ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και λόγοι εδαφογενετικής εξέλιξης

Νίσυρος						
Ορίζοντες	Βάθος	Fe_2O_3 _d	Fe_2O_3 _o	Fe_2O_3 _t	$\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ _d	$\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ _t
	(cm)	%				
Εδαφοτομή 1						
A	0-20	0,25	0,05	6,5	0,20	0,04
C1	20-60	0,22	0,07	6,5	0,32	0,03
C2	60+	0,15	0,01	6	0,07	0,03
Εδαφοτομή 6						
A	0-30	0,33	0,13	4,6	0,39	0,07
C1	30-60	0,33	0,08	5,7	0,24	0,06
C2	60-90	0,37	0,08	5,3	0,22	0,07

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εκλεκτικών εκχυλίσεων οι τιμές του Fe_2O_{3d} κυμαίνονται από 0,15 έως 0,37%. Οι τιμές του Fe_2O_{3o} προσδιορίστηκαν μεταξύ 0,01 και 0,13% και οι τιμές του Fe_2O_{3t} από 4.6 έως 6,5%.

Στην περιοχή της Νισύρου οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3o}/\text{Fe}_2\text{O}_{3d}$ κυμαίνονται από 0,07 έως 0,39 και οι τιμές του λόγου $\text{Fe}_2\text{O}_{3d}/\text{Fe}_2\text{O}_{3t}$ από 0,03 έως 0,07.

Πίνακας 6.19: Τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας X.

Νίσυρος					
Ορίζοντες	Βάθος	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
	(cm)	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$			
Εδαφοτομή 1					
A	0-20	1230,6	1037	87,1	85,3
C1	20-60	502,7	482,7	423,6	419,8
C2	60+	463,2	448,8	309,6	307,8
Εδαφοτομή 6					
A	0-30	757,8	755,8	577,9	573,5
C1	30-60	744,6	643,7	613,3	614,1
C2	60-90	758,5	776,7	768,1	762,9

Οι τιμές της X_{lf} στην περιοχή της Νισύρου κυμαίνονται από $463,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $1230,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hf} κυμαίνονται μεταξύ $448,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $1037,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

Οι τιμές της X_{lfn} στην περιοχή της Νισύρου κυμαίνονται από $87,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ έως $768,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Οι τιμές της X_{hfn} κυμαίνονται μεταξύ $85,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και $762,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

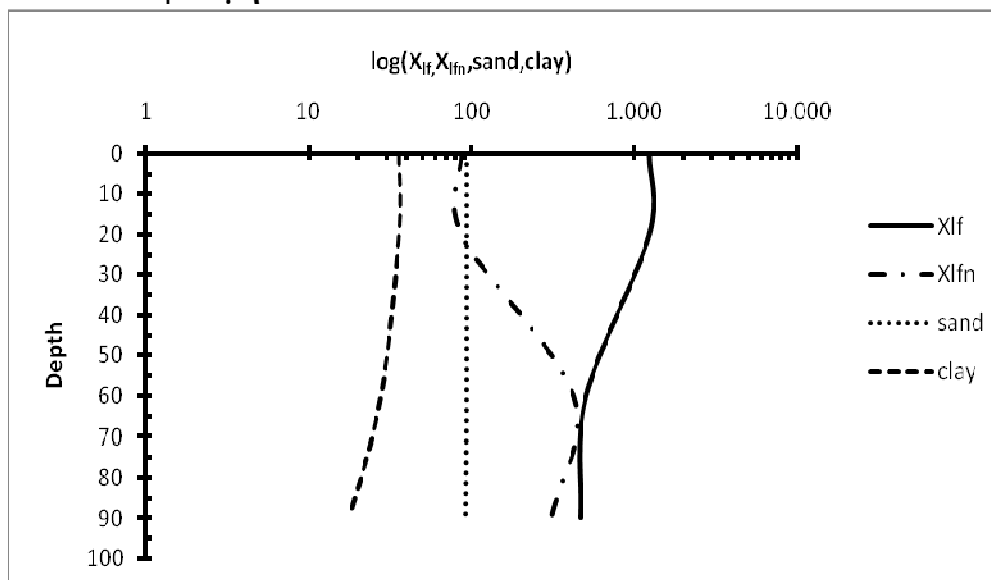
Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παραπάνω τιμών φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.20: Μέσος όρος, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας της X.

	X_{lf}	X_{hf}	X_{lfn}	X_{hfn}
Μέσος όρος	751,2	699,75	500,75	496,65
Τυπική απόκλιση	273,5	217	243	242,3
Συντελεστής παραλλακτικότητας	111,6	88,6	99	98,9

6.1.5.2. Σχέση Μαγνητικής επιδεκτικότητας και κοκκομετρική σύσταση.

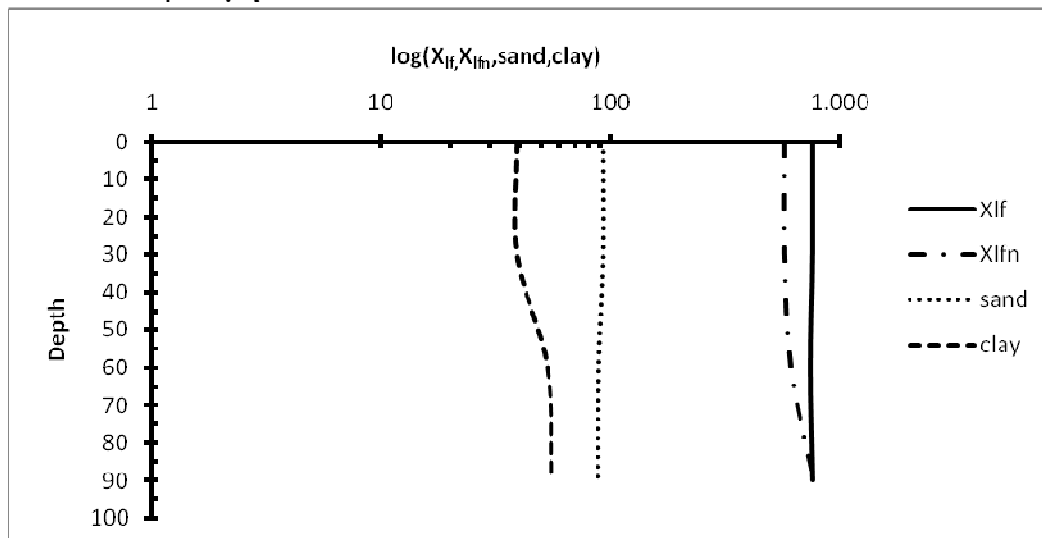
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.50: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Στην εδαφοτομή 1 παρατηρείται μείωση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία θετική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης). Όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίσης θετική σχέση μεταξύ της X και τη αργίλου αλλά όχι στατιστικά σημαντική που δηλώνει την συνεισφορά δευτερογενών εδαφικών υλικών στις μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους.

Εδαφοτομή 2

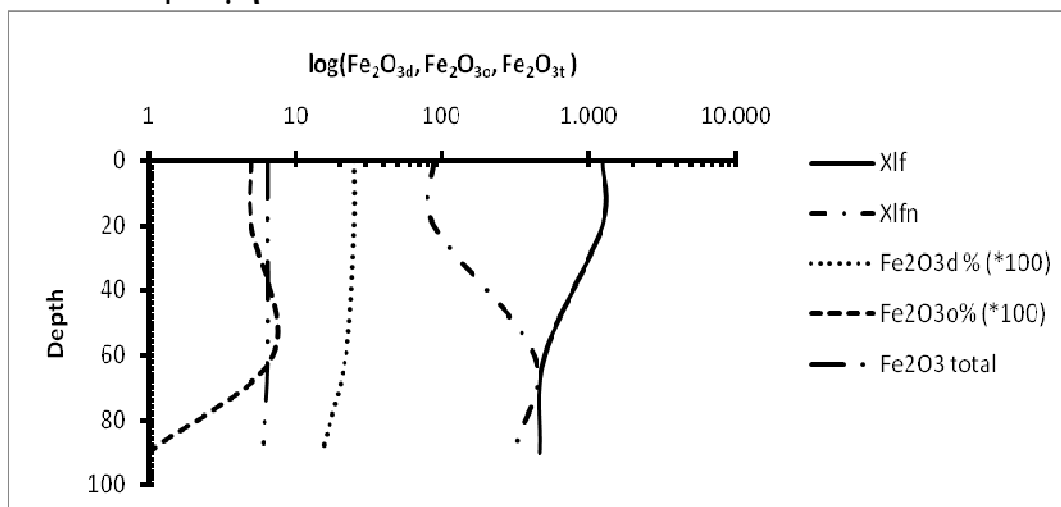


Διάγραμμα 6.51: Κατανομή άμμου (S), αργίλου (C) και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

Στην εδαφοτομή 2 παρατηρείται μείωση και στη συνέχεια αύξηση της X με το βάθος. Διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X με την άμμο. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει μία θετική σχέση αλλά όχι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους έχουν πιθανώς κληρονομηθεί από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης). Όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίσης θετική σχέση μεταξύ της X και τη αργίλου αλλά όχι στατιστικά σημαντική που δηλώνει την συνεισφορά δευτερογενών εδαφικών υλικών στις μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους.

6.1.5.3. Σχέση μαγνητικής επιδεκτικότητας και οξειδία σιδήρου.

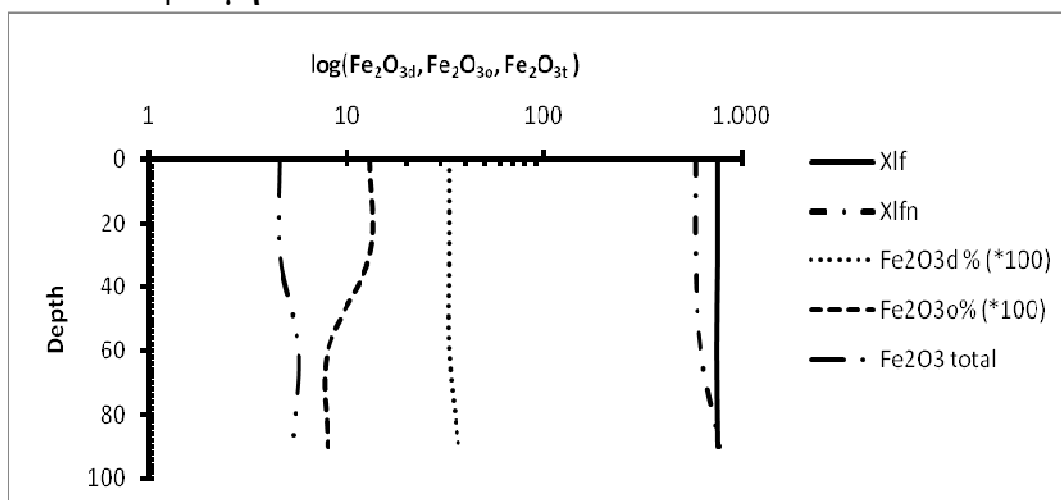
Εδαφοτομή 1



Διάγραμμα 6.52: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 1.

Διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X_{If} και του Fe_2O_{3o} με το βάθος. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στατιστικά όπου προκύπτει θετική σχέση μεταξύ αυτών η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη. Τέλος από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει θετική συσχέτιση μεταξύ της X_{If} και του Fe_2O_{3t} . Η θετική αυτή σχέση πιθανό να οφείλεται στον Fe που συμμετέχει στις μαγνητικές ιδιότητες και είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών –πρωτογενών και δευτερογενών- και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος.

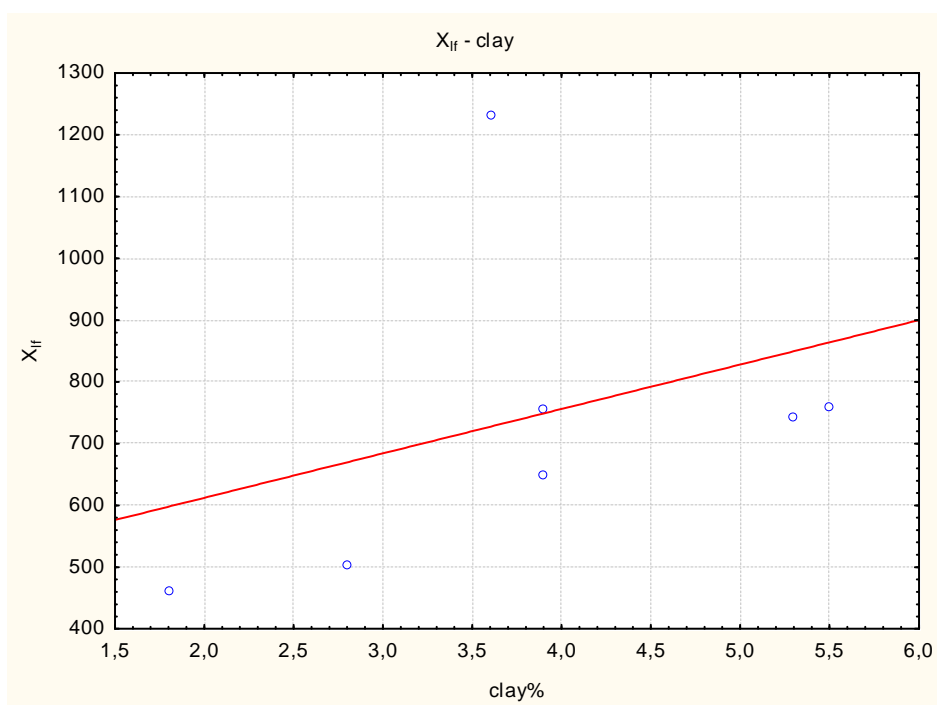
Εδαφοτομή 2



Διάγραμμα 6.53: Κατανομή οξειδίων Fe και X με το βάθος στην εδαφοτομή 2.

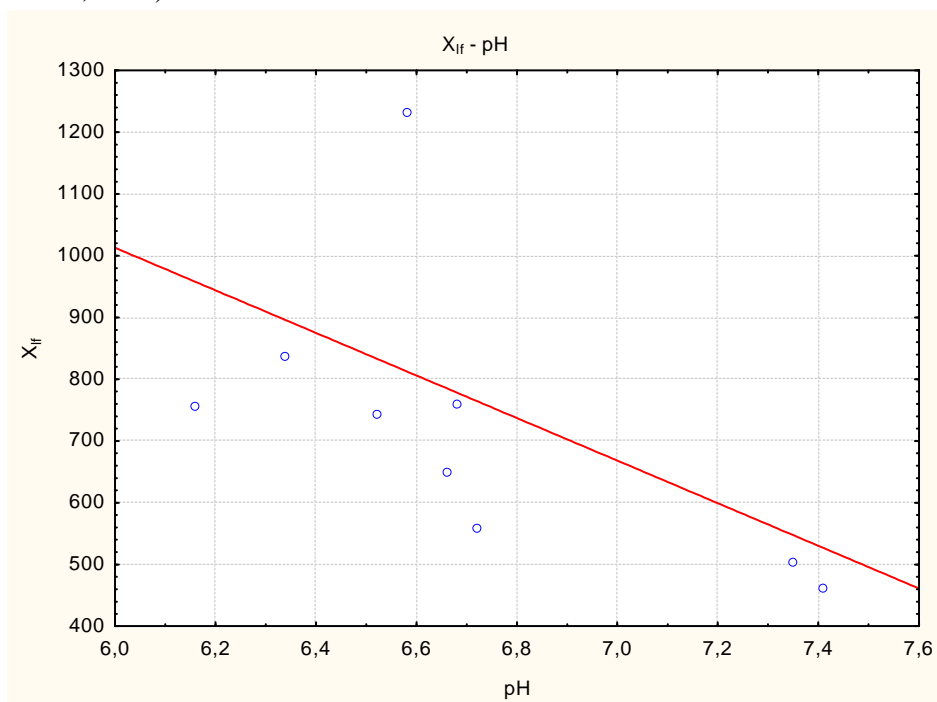
Στην εδαφοτομή 2 διαπιστώνεται διαγραμματικά μία σχεδόν παράλληλη κατανομή της X και του Fe_2O_{3d} με το βάθος η οποία επιβεβαιώνεται και στατιστικά όπου προκύπτει θετική συσχέτιση μεταξύ αυτών αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει επίσης θετική σχέση μεταξύ της X_{If} και του Fe_2O_{3o} η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική γεγονός το οποίο δηλώνει την ύπαρξη άμορφων οξειδίων τα οποία μπορούν ή έχουν μετατραπεί σε μαγεμίτη.

Στο σύνολο των δειγμάτων των δύο εδαφοτομών της περιοχής της Νισύρου διαπιστώνεται θετική συσχέτιση μεταξύ X_{If} και της αργίλου ($r= 0,38$, $p < 0.05$, $n= 6$)



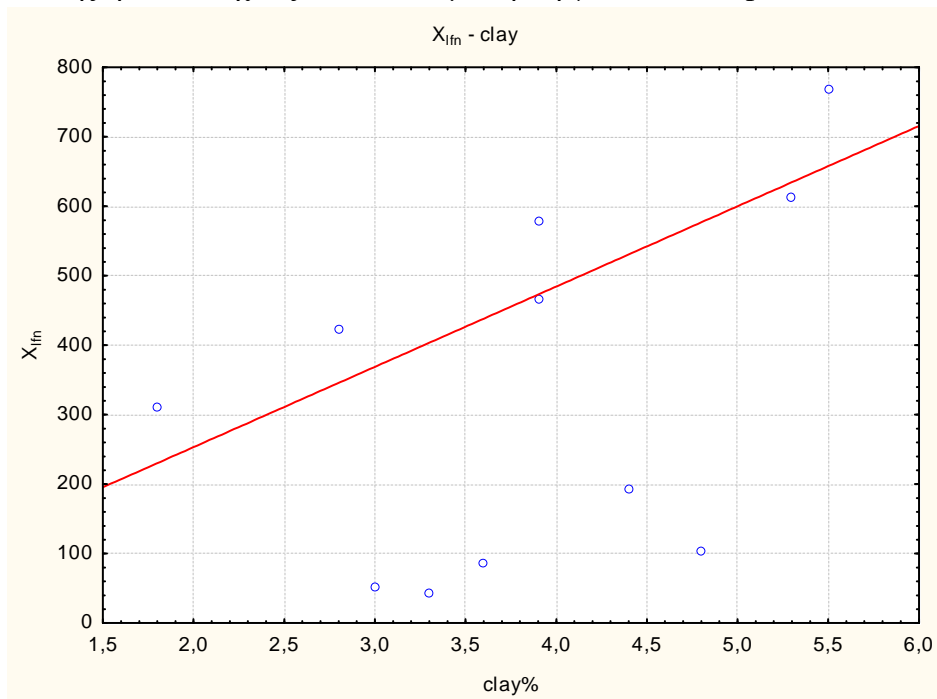
Διάγραμμα 6.54: Σχέση μεταξύ X_{lf} και αργίλου στο σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Νισύρου.

Επίσης προκύπτει αρνητική γραμμική συσχέτιση της X_{lf} με το pH ($r=-0,62$, $p < 0.05$, $n=6$).



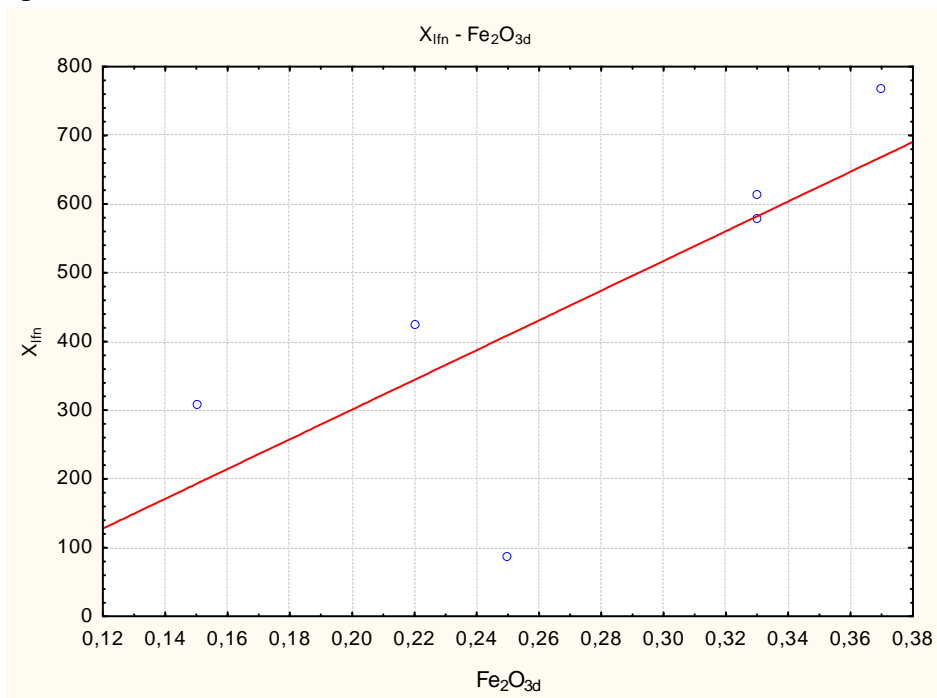
Διάγραμμα 6.55: Σχέση μεταξύ X_{lf} και pH στο σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Νισύρου.

Επίσης η X_{IIn} συσχετίζεται θετικά με την άργιλο ($r=0,68$, $p < 0.05$, $n= 6$).



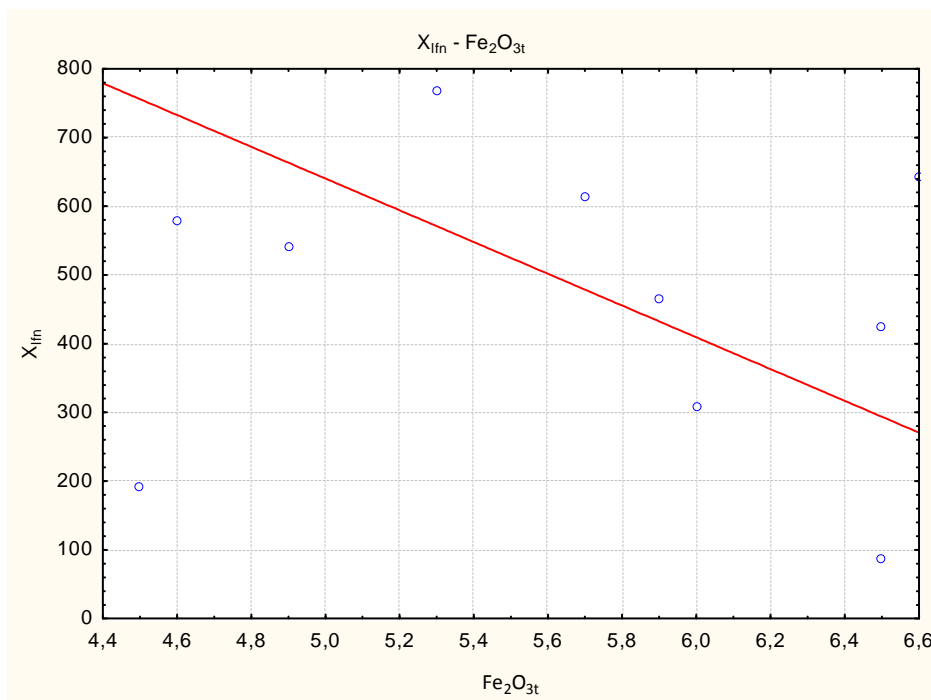
Διάγραμμα 6.56: Σχέση μεταξύ X_{IIn} και αργίλου στο σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Νισύρου.

Ακόμη διαπιστώνεται θετική συσχέτιση μεταξύ X_{IIn} και του $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{d}}$ ($r=0,74$, $p < 0.05$, $n= 6$).



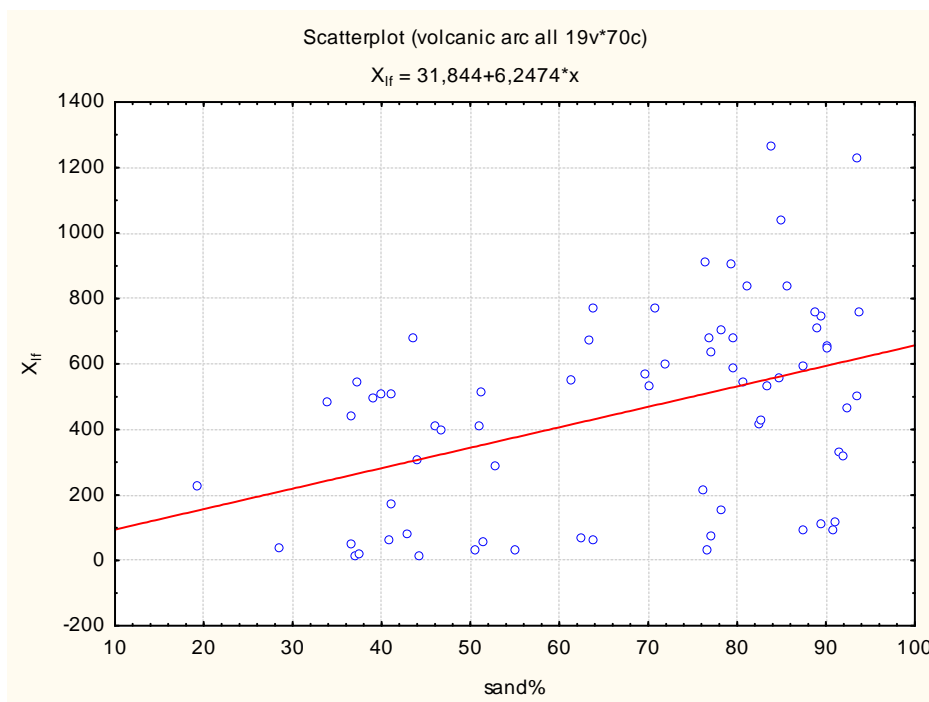
Διάγραμμα 6.57: Σχέση μεταξύ X_{IIn} και $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{d}}$ στο σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Νισύρου.

Τέλος, διαπιστώνεται αρνητική συσχέτιση μεταξύ X_{IIn} και του $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{t}}$ ($r=-0,70$, $p<0,05$, $n=6$).



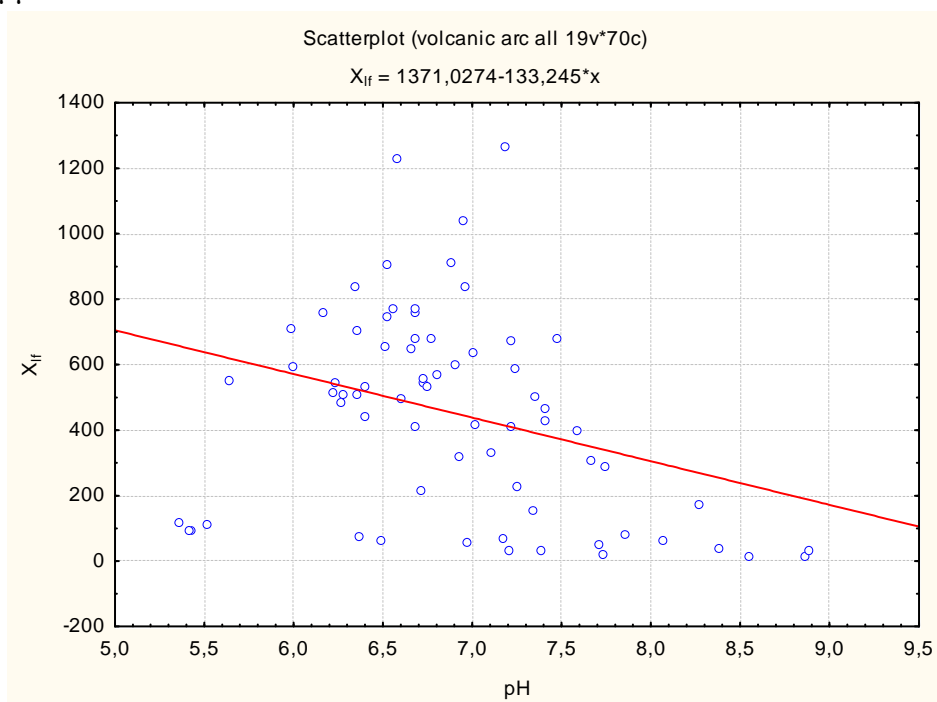
Διάγραμμα 6.58: Σχέση μεταξύ X_{IIn} και $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{t}}$ στο σύνολο των δειγμάτων της περιοχής της Νισύρου.

Επειδή έχουμε ομοιογένεια των εδαφικών δειγμάτων (Γεωργούλιας, 2008) έγινε στατιστική επεξεργασία των εδαφικών δειγμάτων στο σύνολό τους δηλαδή για το ηφαιστειακό τόξο του Ν. Αιγαίου. Από τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση της X με την άμμο ($r=0,42$, $p<0,05$, $n=70$) γεγονός που δηλώνει ότι οι μαγνητικές ιδιότητες είναι αποτέλεσμα «κληρονομιάς» από το μητρικό πέτρωμα, οφείλονται δηλαδή σε πρωτογενή εδαφικά υλικά (μαγνητίτης) όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα:



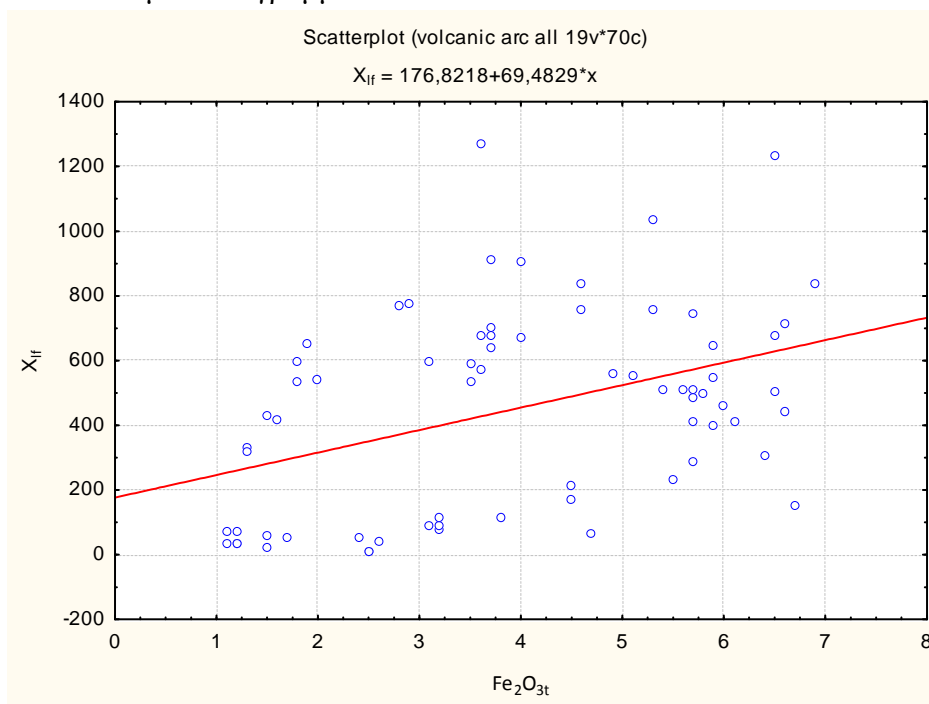
Διάγραμμα 6.59: Σχέση της X_{if} με την άμμο για το σύνολο των δειγμάτων του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου.

Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει επίσης στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X_{if} και του pH ($r = -0,33$, $p < 0,05$, $n = 70$) η οποία οφείλεται στο γεγονός, ότι αυξανόμενης της οξύτητας του εδάφους αυξάνεται η ένταση της αποσάθρωσης που ευνοεί την μεγαλύτερη απελευθέρωση πρωτογενών ορυκτών (μαγνητίτη). Τα παραπάνω φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.60: Σχέση της X_{If} με το pH για το σύνολο των δειγμάτων του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου.

Τέλος, παρατηρείται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με τον Fe_2O_{3t} ($r= 0,41$, $p< 0.05$, $n= 70$) γεγονός που σημαίνει ότι ο Fe που συμμετέχει στην X είναι κυρίως στο πλέγμα των ορυκτών (πρωτογενών και δευτερογενών) και η X εμφανίζεται μετά την καταστροφή του πλέγματος. Τα παραπάνω φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.61: Σχέση της X_{If} με τον Fe_2O_{3t} για το σύνολο των δειγμάτων του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου.

6.2. Συζήτηση

Στην περιοχή της Μήλου και της Θήρας παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ της X και της άμμου και συμφωνεί με τα αποτελέσματα των E. de Jong et al., 1999, 2000 και B.Maher, 1997. Στα δείγματα της Αίγινας και της Νισύρου παρατηρείται μία τάση αρνητικής συσχέτισης της X με την άμμο. Η αύξηση της X με την περιεκτικότητα σε άμμο είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του κληρονομούμενου, μεγέθους άμμου, μαγνητίτη και καταδεικνύει την μεγάλη σημασία του στην X. Μετά τη μεταχείριση των δειγμάτων με CBD παρατηρείται θετική συσχέτισή της X_{Ifm} με την άμμο. Σύμφωνα με τον Mullins (1977) ο μαγνητίτης είναι ένα πολύ σταθερό πρωτογενές ορυκτό. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η X που παρατηρείται στα μελετούμενα εδάφη οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μαγνητίτη που είναι πρωτογενές ορυκτό και όχι στο μαγεμίτη (που είναι δευτερογενές ορυκτό ο οποίος έχει διαστάσεις αργίλου) και σχηματίζεται κατά τη διαδικασία της εδαφογένεσης.

Σύμφωνα με τους E. de Jong et al. (1999, 2000) έχουν παρατηρηθεί θετικές συσχετίσεις και με το κλάσμα της ιλύος. Στα υπό μελέτη εδάφη η

περιοχή των Μεθάνων εμφανίζει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της X και του κλάσματος της ιλύος ($r= 0,77$, $p< 0.05$, $n= 9$).

Ο Lu Shenggao (2000) αναφέρει θετική συσχέτιση της X με την άργιλο ενώ οι E. de Jong et al. (1999, 2000) αναφέρουν το αντίθετο, δηλαδή η X αυξάνεται καθώς το ποσοστό της αργίλου ενός εδάφους μειώνεται. Για τις περιοχές Μεθάνων, Μήλου και Θήρας διαπιστώνουμε μία τάση μείωσης της X_{if} με την άργιλο γεγονός το οποίο δηλώνει ότι υπάρχουν μη σιδηρομαγνητικά δευτερογενή ορυκτά και οξειδία – οξυυδροοξειδία – υδροοξειδία του σιδήρου (αιματίτης, γκαιτίτης, λεπιδοχρωσίτης) που δεν παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες. Αντίθετα στην περιοχή της Αίγινας εμφανίζεται μία τάση αύξησης της X_{if} με την άργιλο. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα για την X_{fin} όπως αυτή προσδιορίστηκε μετά τη μεταχείριση των δειγμάτων με CBD. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα συμβαίνει λόγω του ότι οι μαγνητικές ιδιότητες του εδάφους οφείλονται σε παραμαγνητικά υλικά (σμεκτίτης, βερμικουλίτης), των οποίων η μαγνήτιση οφείλεται στην παρουσία σιδήρου.

Οι πεδογενετικοί παράγοντες των μελετούμενων περιοχών φαίνεται να επηρεάζουν τα μαγνητικά υλικά που σχετίζονται κυρίως με τα κλάσματα της άμμου και της ιλύος και λιγότερο ή και καθόλου με τις μαγνητικές ιδιότητες του κλάσματος της αργίλου και συμφωνούν με τα αποτελέσματα των E. de Jong et al., 2000.

Στα μελετούμενα εδάφη, εμφανίζεται στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X και του pH στην περιοχή των Μεθάνων ($r= -0,89$, $p< 0.05$, $n= 9$) και στην περιοχή της Μήλου ($r=-0,67$, $p< 0.05$, $n= 23$). Η X του εδάφους αυξάνεται καθώς η τιμή του pH μειώνεται. Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεγεθών αυτών οφείλεται στο γεγονός, ότι αυξανόμενης της οξύτητας του εδάφους αυξάνεται η ένταση της αποσάθρωσης. Η έντονη διαδικασία αποσάθρωσης ευνοεί την μεγαλύτερη απελευθέρωση πρωτογενών ορυκτών (μαγνητίτη), τα οποία βρίσκονται στο κλάσμα κυρίως της άμμου και τα οποία αυξάνουν τη μαγνητική συμπεριφορά των εδαφών, εμφανίζοντας σημαντική θετική συσχέτιση ης άμμου με τη X σύμφωνα με τους M. Jelenska et al. (2007).

Σύμφωνα με τους Jelenska et al. (2007) η X αυξάνεται καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία του εδάφους. Η παρουσία της οργανικής ουσίας ευνοεί το σχηματισμό μαγνητικών ορυκτών και είναι υπεύθυνη για τις υψηλές τιμές που παρατηρούνται στους επιφανειακούς ορίζοντες. Επίσης η οργανική ουσία ευνοεί τη μικροβιακή δραστηριότητα η οποία είναι το κλειδί στην ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών για την αναγωγική κινητοποίηση του σιδήρου (Dearing et al. 1985; Schwertmann et al. 1986; Hailang et al. 2000). Επειδή όμως η παρουσία της οργανικής ουσίας παρεμποδίζει την κρυσταλλοποίηση των δευτερογενών οξειδίων του σιδήρου είναι πιθανό η τιμή της X να οφείλεται σε πρωτογενή ορυκτά (μαγνητίτης). Στις περιοχές της Αίγινας, των Μεθάνων και της Μήλου παρατηρείται μία τάση αύξησης της X με την οργανική ουσία. Οι τιμές της οργανικής ουσίας στις μελετούμενες περιοχές

είναι πάρα πολύ χαμηλές και δεν μπορεί επομένως να συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

Στα εδάφη των περιοχών της Αίγινας και των Μεθάνων παρατηρείται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των Fe_2O_{3d} και της X ($r= 0,89$, $p< 0.05$, $n= 6$ και $r= 0,87$, $p< 0.05$, $n= 9$ αντίστοιχα). Θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεγεθών εμφανίζουν και οι περιοχές της Θήρας και της Νισύρου αλλά όχι στατιστικά σημαντική. Αρνητική αλλά όχι στατιστικά σημαντική είναι και η σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών και για την περιοχή της Μήλου. Οι Lu Shenggao (2000) και Owliaie et al., (2005) αναφέρουν θετική συσχέτιση μεταξύ της X και των Fe_2O_{3d} . Οι διαδικασίες αποσάθρωσης του μητρικού υλικού απελευθερώνουν Fe^{3+} στο εδαφικό σύστημα. Ο Fe^{3+} μπορεί να οξειδωθεί και να κατακρημνιστεί *in situ* ή σε άλλη θέση, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και ευθύνεται για το σχηματισμό των δευτερογενών σιδηρομαγνητικών ορυκτών. Θετική συσχέτιση μεταξύ των Fe_2O_{3d} και της X δηλώνει ότι οι κύριοι παράγοντες της μαγνητικής συμπεριφοράς του εδάφους είναι τα δευτερογενή σιδηρομαγνητικά ορυκτά (Lu Shenggao, 2000). Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι στις περιοχές της Αίγινας, της Θήρας και των Μεθάνων και της Νισύρου, οι μαγνητικές ιδιότητες των εδαφών δεν οφείλονται σε δευτερογενή σιδηρομαγνητικά ορυκτά (μαγεμίτης) ενώ στην περιοχή της Μήλου οι μαγνητικές ιδιότητες οφείλονται σε πρωτογενή σιδηρομαγνητικά ορυκτά (μαγνητίτης).

Από τις συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν στα υπό μελέτη εδάφη διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του Fe_2O_{3t} και της X στην περιοχή της Αίγινας ($r= 0,92$, $p< 0.05$, $n= 6$) οι οποίες συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Jelenska et al. (2007) και των Fine et al. (1995) με την παραδοχή των Dearing et al. (1996) ότι οι χαμηλές τιμές σιδήρου μπορεί να αποτελούν περιοριστικό παράγοντα στον σχηματισμό πεδογενετικών σιδηρομαγνητικών ορυκτών. Θετικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν επίσης στις περιοχές Θήρας και Μήλου. Στην περιοχή των Μεθάνων και στην περιοχή της Νισύρου παρατηρείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ του ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}) και της X . Ανάλογες συσχετίσεις διαπιστώθηκαν και για τις τιμές της X_{fin} και τις τιμές του ολικού σιδήρου (Fe_2O_{3t}).

6.3. Εκτίμηση συμμετοχής πρωτογενών και δευτερογενών μαγνητικών ορυκτών στην X .

Απουσία ατμοσφαιρικών εισροών, το μητρικό υλικό παρέχει τα μαγνητικά και μη μαγνητικά ορυκτά τα οποία μέσω της αποσάθρωσης και της πεδογένεσης είναι υπεύθυνα για τη μαγνητική επιδεκτικότητα (X) ενός εδάφους. Ο σχηματισμός οριζόντων με μαγνητικές ιδιότητες είναι αποτέλεσμα του σχηματισμού και της καταστροφής των μαγνητικών ορυκτών, της μετακίνησης τους στο *solum* και της διάλυσης ή της συγκέντρωσής τους λόγω μετατροπής ή αφαίρεσης των μη μαγνητικών εδαφικών συστατικών (P.Fine et al., 1989). Ο μαγνητίτης και ο μαγεμίτης είναι τα ορυκτά που συμβάλλουν κυρίως στην X (ferrimagnetic - σιδηρομαγνητικά ορυκτά) αν και σε μερικά εδάφη τα σουλφίδια

του σιδήρου μπορούν επίσης να συνεισφέρουν σημαντικά (Mullins, 1977; Stanjek et al, 1994). Ο μαγνητίτης θεωρείται ότι κληρονομείται από το μητρικό υλικό αφού ο πεδογενετικά σχηματιζόμενος μαγνητίτης γρήγορα οξειδώνεται σε μαγεμίτη (Schwertmann και Taylor, 1989). Ο μαγεμίτης μπορεί να σχηματιστεί πεδογενετικά κυρίως μέσω επαναλαμβανόμενων κύκλων οξείδωσης και αναγωγής (Mullins, 1977). Αυτή η διαδικασία ευνοείται από την παρουσία οργανικής ουσίας και θεωρείται υπεύθυνη για την αύξηση της X.

Η εφαρμογή της μεθόδου CBD δίνει τη δυνατότητα καταστροφής του μαγεμίτη και άλλων δευτερογενών ορυκτών όπως του αιματίτη και του γκαιτίτη. Για να προσδιοριστεί το ποσοστό συμμετοχής των μαγνητικών ορυκτών (ferromagnetic) στην X των υπό μελέτη περιοχών υπολογίστηκε η διαφορά που προκύπτει από την μέτρηση της X_{If} και της X_{Ifm} , δεδομένου ότι η δεύτερη τιμή αναμένεται μικρότερη εφόσον έχει επέλθει καταστροφή μέρους των μαγνητικών υλικών. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρατηρήθηκαν κάποιες τιμές της X_{Ifm} μεγαλύτερες από αυτές της X_{If} γεγονός το οποίο δεν συμφωνεί με τα παραπάνω. Οι παράγοντες που δημιουργούν αυτό το φαινόμενο δεν έχουν διαπιστωθεί. Είναι πιθανό τα αποτελέσματα αυτά να προκύπτουν λόγω της μεγάλης ηλικίας των εδαφών. Τα ποσοστά τα οποία προέκυψαν ανά περιοχή παρουσιάζονται παρακάτω:

ΑΙΓΙΝΑ

Στην περιοχή της Αίγινας το ποσοστό συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD κυμαίνεται από 9,1% έως 48,5% και μετά τη μέθοδο με CBD από 51,5% έως 90,0%. Η θετική συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ αργίλου και X_{If} πιθανόν να οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε canted antiferromagnetic υλικά (αιματίτης, γκαιτίτης).

ΜΕΘΑΝΑ

Στην περιοχή των Μεθάνων το ποσοστό συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD κυμαίνεται από 5,7% έως 40,3% και μετά τη μέθοδο με CBD από 59,7% έως 94,3%.

ΜΗΛΟΣ

Στην περιοχή της Μήλου το ποσοστό συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD κυμαίνεται από 2% έως 86,7% και μετά τη μέθοδο με CBD από 13,3% έως 98%. Η στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της άμμου και της X_{If} σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD δείχνει ότι η X_{If} είναι αποτέλεσμα «κληρονομιάς» από το μητρικό πέτρωμα.

ΘΗΡΑ

Στην περιοχή της Θήρας το ποσοστό συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD κυμαίνεται από 3% έως 43,1% και μετά τη μέθοδο με CBD από 56,9% έως 97%.

ΝΙΣΥΡΟΣ

Στην περιοχή της Θήρας το ποσοστό συμμετοχής των ferromagnetic στην X_{If} πριν τη μέθοδο CBD κυμαίνεται από 15,7% έως 92,9% και μετά τη μέθοδο με CBD από 7,1% έως 84,3%.

6.4. Λόγος Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} και Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} και ηλικία των περιοχών του ηφαιστειακού τόξου.

Οι ηλικίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη συσχέτιση αυτή είναι: 3.8 Ma έτη για τα εδάφη από την Αίγινα (μέση τιμή του χρόνου της πρώτης περιόδου ηφαιστειότητας που είναι μεταξύ 3.0 Ma και 4.7 Ma), 0.5 Ma για τα εδάφη από τα Μέθανα (μέση τιμή του χρόνου από την πρώτη ηφαιστειότητα των Μεθάνων, που είναι 0.95 Ma έτη, έως σήμερα), 0.0035 Ma έτη για τα εδάφη της Θήρας (Μινωικές αποθέσεις) και 0.025 Ma για τα εδάφη της Νισύρου (μετακαλδερική περίοδος). Για τα εδάφη από τη Μήλο χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές ηλικίες: 2.1 Ma έτη για τις εδαφοτομές 1 και 2, 0.38 Ma έτη για την εδαφοτομή 4 και 0.1 Ma για τις εδαφοτομές 5 και 6-. Δεν χρησιμοποιήθηκαν στη συσχέτιση αυτή τα δεδομένα από τις εδαφοτομές 3 και 7, όπου το μητρικό υλικό είναι πράσινο λαχάρ και αυτό διότι ο σχηματισμός του ηφαιστειακού αυτού ιζήματος έλαβε χώρα όλο το Ολόκαινο και συνεχίστηκε και μετά την περίοδο της τελευταίας ηφαιστειότητας (Fytikas, 1986a), με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο καθορισμός της ηλικίας του μητρικού υλικού. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσοι σταθμισμένοι όροι της X_{If} των περιοχών που μελετήθηκαν ο μέσος όρος της περιεκτικότητας της αργίλου και της άμμου, όλων των εδαφοτομών που το μητρικό υλικό είναι ίδιας ηλικίας και η ηλικία της κάθε περιοχής.

Πίνακας 6.21: Μέσος σταθμισμένος όρος αργίλου, άμμου και X_{If} και ηλικία των περιοχών του ηφαιστειακού τόξου.

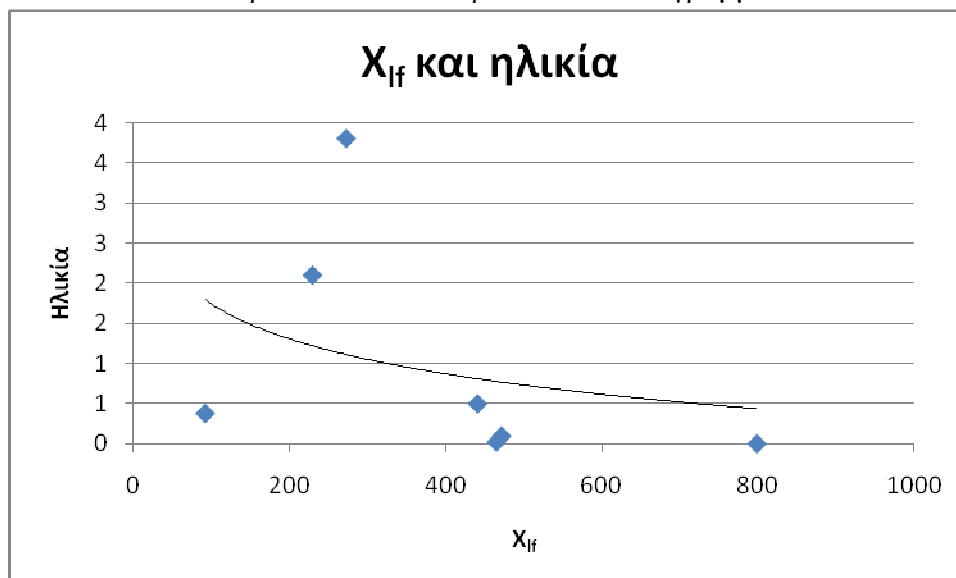
ΠΕΡΙΟΧΗ	Άργιλος	Άμμος	ΜΣΟ X_{If}	Ηλικία
	%	%	$m^3 kg^{-1}$	Ma
ΑΙΓΙΝΑ	29,66	40,96	272,49	3,80
ΜΕΘΑΝΑ	25,37	421,19	440,50	0,50
ΜΗΛΟΣ 1&2	29,70	234,52	229,25	2,10
ΜΗΛΟΣ 4	15,20	95,25	92,15	0,38
ΜΗΛΟΣ 5&6	6,52	445,86	471,11	0,10
ΘΗΡΑ	3,31	75,83	797,89	0,0035
ΝΙΣΥΡΟΣ	4,58	81,68	464,71	0,025

Διαπιστώνεται θετική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε άργιλο και της ηλικίας του μητρικού υλικού ($r=0.80$, $p<0.05$, $n=7$) δηλώνοντας ότι με

την αύξηση του χρόνου (εδαφογενετικός παράγοντας) αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε άργιλο.

Η υψηλή συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε άργιλο και της ηλικίας του μητρικού υλικού φανερώνει ότι τα εδάφη αυτά έχουν χαρακτηριστικά χρονοσειράς. Οι εδαφοχρονοσειρές είναι γενετικά σχετιζόμενες συνέχειες εδαφών, που σχηματίζονται κάτω από παρόμοιες συνθήκες βλάστησης, τοπογραφίας και κλίματος (Harden, 1982) και στις περισσότερες από αυτές διαπιστώνεται εκθετική ή και γραμμική σχέση διαφόρων εδαφικών ιδιοτήτων με το χρόνο. Η αξιολόγηση και η αποτύπωση μιας χρονοσειράς εδαφών, εμπεριέχει πολλαπλά προβλήματα (Gerard, 1992), και η κυριότερη δυσκολία είναι η ταυτοποίηση της ίδιας επίδρασης των παραγόντων της εδαφογένεσης στα εδάφη εκτός από αυτή του χρόνου. Χρονοσειρές εδαφών που σχηματίζονται σε ηφαιστειακά μητρικά υλικά έχουν μελετηθεί από διάφορους ερευνητές.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 6.62: Σχέση μεταξύ του μέσου σταθμισμένου όρου της X_{If} και της ηλικίας των υπό μελέτη εδαφών.

Σύμφωνα με το διάγραμμα η αύξηση της ηλικίας ενός εδάφους συνοδεύεται από μείωση της μαγνητικής επιδεκτικότητας του εδάφους. Η μείωση αυτή είναι πιθανό να οφείλεται στο ότι δεν έχουμε πεδογενή μετασχηματισμό μη μαγνητικών ορυκτών σε μαγνητικά.

Οι εδαφογενετικές διεργασίες της οξειδωσης και της αναγωγής που είναι εξαρτώμενες από το χρόνο δίνουν τη δυνατότητα σχηματισμού σιδηρομαγνητικών δευτερογενών ορυκτών και τη συσσώρευσή τους στο εδαφικό σύστημα όπως αναφέρουν οι Singer και Fine (1989), Maher et al. (2003) και L. Shenggao (2000) και με αποτέλεσμα την αύξηση της X με το χρόνο.

Οι M. Jelenska et al. (2007) διαπίστωσαν αρνητική συσχέτιση μεταξύ του X και της ηλικίας του εδάφους. Η αύξηση της X είναι πιθανό να οφείλεται στο μητρικό υλικό ή σε εδαφογενετικές διεργασίες. Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ της X και του «παράγοντα» χρόνου δηλώνει ότι η X κληρονομείται από το μητρικό υλικό όπως άλλωστε εξηγείται και από τη θετική συσχέτιση μεταξύ της X και της άμμου. Τα ίδια αναφέρουν και οι P.Fine et al. (1989).

Στην περίπτωση των υπό μελέτη εδαφών παρατηρείται θετική συσχέτιση του μέσου σταθμισμένου όρου της X και της άμμου ($r= 0.38$, $p < 0.05$, $n=7$) και αρνητική συσχέτιση με την άργιλο ($r= -0.61$, $p < 0.05$, $n=7$).

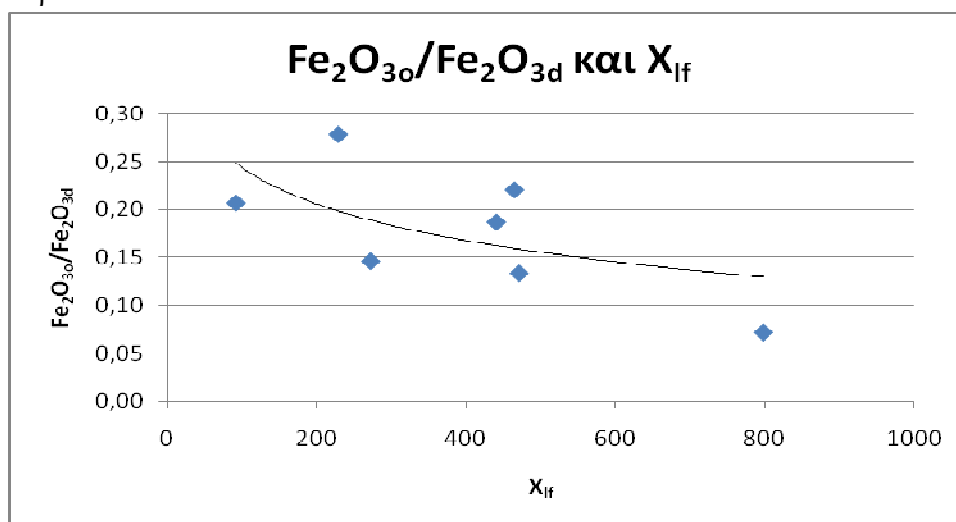
Προκειμένου να εκτιμηθεί η γένεση των εδαφών χρησιμοποιείται ο λόγος του «ενεργού σιδήρου» Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} (Stonehouse and Arnard, 1971; Gallez et al., 1975). Όσο μικρότερες είναι οι τιμές του λόγου αυτού τόσο πιο εξελιγμένο θεωρείται ένα έδαφος. Ο λόγος Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} αποτελεί δείκτη ωρίμανσης ενός εδάφους.

Για να προσδιοριστεί η σχέση της X_{if} με τους λόγους Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} και Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} υπολογίστηκε ο μέσος σταθμισμένος όρος των λόγων για τις εδαφοτομές που παρουσιάζονται στον πίνακα.

Πίνακας 6.22: Τιμές μέσων σταθμισμένων όρων X_{if} και λόγων Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} και Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t}

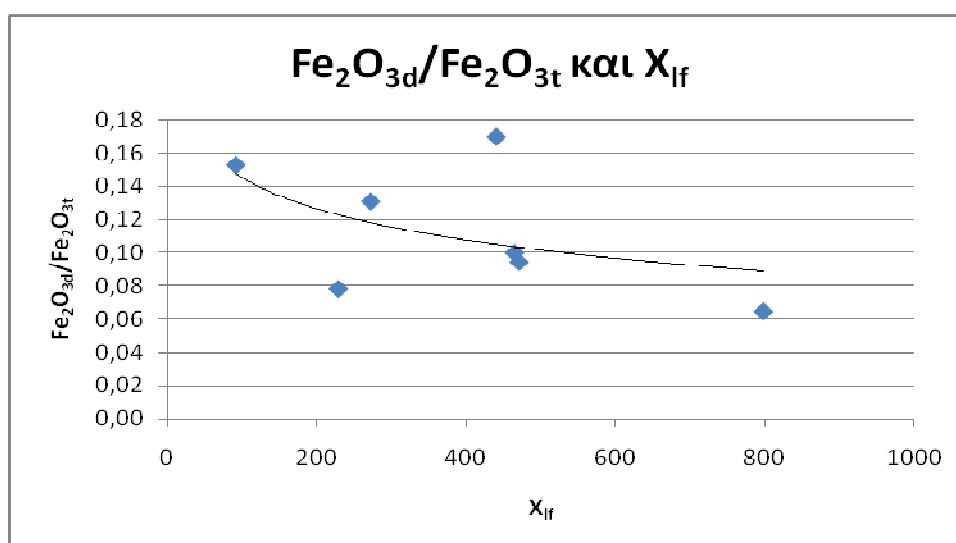
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΣΟ X_{if} $m^3 kg^{-1}$	Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d}	Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t}
ΑΙΓΙΝΑ	272,49	0,15	0,13
ΜΕΘΑΝΑ	440,50	0,19	0,17
ΜΗΛΟΣ 1&2	229,25	0,28	0,08
ΜΗΛΟΣ 4	92,15	0,21	0,15
ΜΗΛΟΣ 5&6	471,11	0,13	0,09
ΘΗΡΑ	797,89	0,07	0,06
ΝΙΣΥΡΟΣ	464,71	0,22	0,10

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα φαίνονται παρακάτω:



Διάγραμμα 6.63: Σχέση μεταξύ του Μέσου Σταθμισμένου Όρου της X_{If} και του λόγου Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} .

Σύμφωνα με το διάγραμμα παρατηρείται ελαφριά τάση μείωσης της μαγνητικής επιδεκτικότητας X καθώς αυξάνεται ο λόγος Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} . Όσο λιγότερο εξελιγμένο είναι δηλαδή ένα έδαφος τόσο μικρότερες είναι οι τιμές της X . Η αρνητική αυτή σχέση είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι κύριος παράγοντας στον οποίο οφείλεται η X είναι ο μαγνητίτης ο οποίος κληρονομείται από το μητρικό υλικό άρα ένα έδαφος που δεν έχει εξελιχθεί δεν έχει συνεισφέρει στην αύξηση της X μέσω της αποσάθρωσης του μητρικού υλικού. Με την επίδραση του χρόνου δεν παρατηρείται αύξηση της X καθώς δεν πραγματοποιείται μείωση των άμορφων οξειδίων και δημιουργία κρυσταλλικών οξειδίων μέσω των επαναλαμβανόμενων κύκλων οξείδωσης και αναγωγής που προωθούν τη δημιουργία γκαιτίτη και αιματίτη.



Διάγραμμα 6.64: Σχέση μεταξύ του Μέσου Σταθμισμένου Όρου της X_{If} και του λόγου Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} .

Σύμφωνα με το διάγραμμα παρατηρείται μείωση της X καθώς ο λόγος Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} αυξάνεται. Η αρνητική αυτή συσχέτιση σημαίνει ότι στην πορεία του χρόνου δημιουργείται γκαιτίτης και αιματίτης λόγω των εδαφογενετικών διεργασιών οπότε αυξάνεται το ποσοστό των ελεύθερων οξειδίων στο έδαφος (Fe_2O_{3d}).

Οι υψηλότερες τιμές Fe_2O_{3d} σε σχέση με αυτές του Fe_2O_{3o} δείχνουν ότι στα εξεταζόμενα εδάφη κυριαρχούν τα κρυσταλλικά οξείδια του Fe. Ο Fe που απελευθερώνεται από την αποσάθρωση των ορυκτών του μητρικού υλικού σχηματίζει κυρίως κρυσταλλικά οξείδια του Fe και όχι άμορφα, όπως συμβαίνει συνήθως στα ηφαιστειακά εδάφη. Αυτό φαίνεται σαφώς και από τις τιμές των λόγων Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} και Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} . Οι λόγοι αυτοί εκφράζουν το βαθμό κρυσταλλικότητας των οξειδίων του Fe (Schwertmann, 1985 ; Schwertmann και Taylor, 1989). Ο Fe_2O_{3o} προέρχεται κυρίως από τη διαλυτοποίηση των άμορφων οξειδίων του Fe (ferrihydrite), ενώ ο Fe_2O_{3d} από την διαλυτοποίηση τόσο των άμορφων όσο και των κρυσταλλικών οξειδίων του Fe. Γενικά τα ηφαιστειακά εδάφη χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε άμορφα οξείδια του Fe (ferrihydrite) και επομένως και από μικρό βαθμό κρυσταλλοποίησης (Childs κ.α., 1991). Ακόμα διαπιστώνουμε ότι η αύξηση του λόγου Fe_2O_{3d}/Fe_2O_{3t} συνεπάγεται μεγαλύτερη μετατροπή του μητρικού υλικού σε πεδογενή οξείδια.

Όσον αφορά τα υπό μελέτη εδάφη στα αρχικά στάδια σχηματισμού ο λόγος Fe_2O_{3o}/Fe_2O_{3d} , έχει υψηλές τιμές (κυριαρχούν τα άμορφα οξείδια του Fe), ενώ σταδιακά, με την εξέλιξη του εδάφους, η τιμή του λόγου μειώνεται λόγω της προοδευτικής κρυσταλλοποίησης των άμορφων οξειδίων του Fe.

6.5. Μαγνητική επιδεκτικότητα εξαρτώμενη από τη συχνότητα μαγνήτισης (% X_{fd})

Όπως προαναφέρθηκε, ο υπολογισμός της συχνότητας μαγνητικής επιδεκτικότητας απαιτεί δύο μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε δύο διαφορετικές συχνότητες (0,47 και 4,7 kHz). Η % X_{fd} έχει σα σκοπό την ανίχνευση πολύ λεπτών (<0,03 μ m) υπερπαραμαγνητικών σιδηρομαγνητικών ορυκτών που προκύπτουν σαν κρύσταλλοι και παράγονται σε μεγάλες ποσότητες από τις βιοχημικές διαδικασίες του εδάφους. Η παρουσία SP (superparamagnetic - υπερπαραμαγνητικών υλικών) μπορεί να προσδιοριστεί από τις τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας X που είναι συνάρτηση της συχνότητας % X_{fd} και εκφράζεται από τον τύπο:

$$\%X_{fd} = (X_{lf} - X_{hf}) \times 100 / X_{lf}$$

Όπου X_{fd} = η μαγνητική επιδεκτικότητα εξαρτώμενη από τη συχνότητα μαγνήτισης του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου.

X_{lf} = η μαγνητική επιδεκτικότητα χαμηλής συχνότητας.

X_{hf} = η μαγνητική επιδεκτικότητα υψηλής συχνότητας.

Η % X_{fd} μεγάλων κόκκων είναι πολύ μικρή ή μηδέν. Δείγματα με % X_{fd} μικρότερη του 2% ουσιαστικά δεν περιέχουν SP (superparamagnetic -

υπερπαραμαγνητικά υλικά), ενώ σε δείγματα που έχουν % X_{fd} μεγαλύτερη από 10% κυριαρχούν τα SP (superparamagnetic - υπερπαραμαγνητικά υλικά).

Από τον υπολογισμό της % X_{fd} προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες και έγινε προσπάθεια κατάταξης των ορυκτών με βάση το μέγεθός τους.

ΑΙΓΙΝΑ

ΑΙΓΙΝΑ		
Ορίζοντες	Βάθος (cm)	X_{fd} %
Εδαφοτομή 1		
A	0-25	3,2
Bk	25-59	0
BC	59-99	7,0
Εδαφοτομή 2		
A	0-23	7,0
Bw	23-45	3,6
C	45+	0,5

Από τα αποτελέσματα της % X_{fd} διαπιστώνεται μίγμα υπερπαραμαγνητικών υλικών και λεπτότερων μη υπερπαραμαγνητικών κόκκων ή υπερπαραμαγνητικών κόκκων με διάμετρο <0,005 μ m.

ΜΕΘΑΝΑ

ΜΕΘΑΝΑ		
Ορίζοντες	Βάθος (cm)	X_{fd} %
Εδαφοτομή 1		
A	0-20	0
Bw	20-50	9,0
BC	50-90	10,0
Εδαφοτομή 2		
A	0-10	24,8
Bw1	10-30	6,3
Bw2	30-50	0
C1	50-70	0
C2	70-95	5,7
C3	95+	5,9

Στην περιοχή των Μεθάνων παρατηρούνται κατά κύριο λόγο μίγματα υπερπαραμαγνητικών κόκκων και λεπτότερων μη υπερπαραμαγνητικών κόκκων ή υπερπαραμαγνητικοί κόκκοι με διάμετρο <0,005 μ m όπως προκύπτει από την τιμή της % X_{fd} .

ΜΗΛΟΣ

ΜΗΛΟΣ		
Ορίζοντες	Βάθος	X_{fd}
	(cm)	%
Εδαφοτομή 1		
A	0-15	0,7
Bw1	15-30	0
Bw2	30-45	4,8
Εδαφοτομή 2		
A	0-12	0
Bw1	12-49	9,3
Bw2	49-128	4,3
Cw	128+	7,2
Εδαφοτομή 3		
A	0-18	9,7
C	18+	2,0
Εδαφοτομή 4		
A	0-30	1,0
Bw	30-60	0,6
Cw	60-90	3,0
Εδαφοτομή 5		
A	0-15	6,6
C1	15-30	12,1
C2	30-45	0
C3	45-60	5,0
Εδαφοτομή 6		
A	0-19	9,6
C1	19-34	0
C2	34-85	4,4
C3	85+	5,4
Εδαφοτομή 7		
A	0-32	0
Bk	32-69	0
C	69+	0

Στην περιοχή της Μήλου παρατηρούνται κατά κύριο λόγο μίγματα υπερπαραμαγνητικών κόκκων και λεπτότερων μη υπερπαραμαγνητικών κόκκων με διάμετρο <0,005 μm όπως προκύπτει από την τιμή της %X_{fd}.

ΘΗΡΑ

ΘΗΡΑ		
Ορίζοντες	Βάθος	X_{fd}
	(cm)	%
Εδαφοτομή 1		
A	0-23	0
C1	23-53	0
C2	53-89	1,1
C3	89-120	0
Εδαφοτομή 2		
A	0-15	18,5
C1	15-32	0
C2	32-57	4,1
C3	57-79	4,8
C4	79+	7,9
Εδαφοτομή 3		
A	0-25	8,3
C1	25-40	4,7
C2	40-90	0
Εδαφοτομή 4		
A	0-25	1,0
C1	25-60	5,8
C2	60-81	10,3
C3	81-120	9,3

Στη περιοχή της Θήρας παρατηρούνται κατά κύριο λόγο μίγματα υπερπαραμαγνητικών κόκκων και λεπτότερων μη υπερπαραμαγνητικών κόκκων με διάμετρο <0,005 μm όπως προκύπτει από την τιμή της %X_{fd}.

ΝΙΣΥΡΟΣ

ΝΙΣΥΡΟΣ		
Ορίζοντες	Βάθος	X_{fd}
	(cm)	%
Εδαφοτομή 1		
A	0-20	15,7
C1	20-60	4,0
C2	60+	3,1
Εδαφοτομή 2		
A	0-30	0,3
C1	30-60	13,6
C2	60-90	0

Στην περιοχή της Νισύρου παρατηρούνται κυρίως εμφανείς μη υπερπαραμαγνητικοί κόκκοι σε ποσοστό <10% καθώς επίσης μίγματα υπερπαραμαγνητικών κόκκων και λεπτότερων μη υπερπαραμαγνητικών κόκκων με διάμετρο <0,005 μm όπως προκύπτει από την τιμή της % X_{fd} .

6.6 Συσχετίσεις μαγνητικής επιδεκτικότητας εξαρτώμενης από τη συχνότητα μαγνήτισης (% X_{fd}) με τις ιδιότητες των εδαφών του ηφαιστειακού τόξου.

Από τη στατιστική επεξεργασία (βλέπε Παράρτημα Π22) που πραγματοποιήθηκε προκύπτει ότι δεν υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μαγνητικής επιδεκτικότητας εξαρτώμενης από τη συχνότητα μαγνήτισης X_{fd} και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου. Από τα παραπάνω οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η μαγνητική επιδεκτικότητα των εδαφών που μελετήθηκαν είναι αποτέλεσμα «κληρονομιάς» από το μητρικό υλικό και οφείλεται σε αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ηφαιστειακά εδάφη που μελετήθηκαν προέρχονται από περιοχές που ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου και συγκεκριμένα από τη χερσόνησο των Μεθάνων και τις νήσους Αίγινα, Μήλο, Θήρα και Νίσυρο. Από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Τα μελετούμενα εδάφη αποτελούν μία χρονοσειρά. Η μαγνητική επιδεκτικότητα X μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης χρονοσειράς.
- Στα ηφαιστειακά εδάφη η συμμετοχή των ferrimagnetic ορυκτών είναι σημαντική.
- Η μαγνητική επιδεκτικότητα οφείλεται κυρίως στην άμμο και κληρονομείται από το μητρικό υλικό του εδάφους.
- Η μαγνητική επιδεκτικότητα μειώνεται καθώς αυξάνεται η ηλικία ενός εδάφους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

Σε όλο το κείμενο της μελέτης αυτής θα χρησιμοποιηθούν ορισμένες συντμήσεις προς διευκόλυνση. Οι συντμήσεις αυτές είναι:

Fe₂O_{3d}: Ελεύθερα οξείδια του σιδήρου.

Fe₂O_{3o}: Άμορφα οξείδια του σιδήρου.

Fe₂O_{3t}: Ολικός σίδηρος του κλάσματος της άμμου (< 250μm).

X_{lf}: Μαγνητική Επιδεκτικότητα μετρούμενη σε χαμηλή συχνότητα μαγνήτισης (0,47 kHz). Στο κείμενο όπου υπάρχει Μαγνητική Επιδεκτικότητα χωρίς δείκτη θα εννοείται η X_{lf}.

X_{lfn}: Μαγνητική Επιδεκτικότητα μετρούμενη σε υψηλή συχνότητα μαγνήτισης (4,7 kHz).

X_{hlf}: Μαγνητική Επιδεκτικότητα μετρούμενη σε χαμηλή συχνότητα μαγνήτισης (0,47 kHz), μετά την καταστροφή των ελεύθερων οξειδίων του σιδήρου με κιτρικό διθειονικό νάτριο (CBD).

X_{hfn}: Μαγνητική Επιδεκτικότητα μετρούμενη σε υψηλή συχνότητα μαγνήτισης (4,7 kHz), μετά την καταστροφή των ελεύθερων οξειδίων του σιδήρου με κιτρικό διθειονικό νάτριο (CBD).

X_{fd}: Μαγνητική Επιδεκτικότητα εξαρτώμενη από τη συχνότητα μαγνήτισης => [(X_{lf} - X_{hlf}) / X_{lf}] * 100

Π1: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 1 της περιοχής της Αίγινας.

Variable	Correlations (aigina 1) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=3 (Casewise deletion of missing data)											
	X _{lf}	X _{hlf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O ₃
X _{lf}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	-1,00	0,29	-0,89	1,00	-1,0	1,0	0,99
X _{hlf}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,59	-0,99	0,31	-0,90	1,00	-1,0	1,0	0,99
X _{lfn}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	-1,00	0,29	-0,89	1,00	-1,0	1,0	0,99
X _{hfn}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,62	-1,00	0,27	-0,89	1,00	-1,0	1,0	0,99
sand%	0,61	0,59	0,61	0,62	1,00	-0,67	-0,58	-0,19	0,60	-0,7	0,7	0,71
silt%	-1,00	-0,99	-1,00	-1,00	-0,67	1,00	-0,21	0,85	-1,00	1,0	-1,0	-1,00
clay%	0,29	0,31	0,29	0,27	-0,58	-0,21	1,00	-0,69	0,30	-0,1	0,1	0,16
pH	-0,89	-0,90	-0,89	-0,89	-0,19	0,85	-0,69	1,00	-0,90	0,8	-0,8	-0,82
o.m.%	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	-1,00	0,30	-0,90	1,00	-1,0	1,0	0,99
Fe ₂ O _{3d}	-0,98	-0,98	-0,98	-0,99	-0,74	1,00	-0,11	0,80	-0,98	1,0	-1,0	-1,00
Fe ₂ O _{3o}	0,98	0,98	0,98	0,99	0,74	-1,00	0,11	-0,80	0,98	-1,0	1,0	1,00
Fe ₂ O ₃	0,99	0,99	0,99	0,99	0,71	-1,00	0,16	-0,82	0,99	-1,0	1,0	1,00

e

Π2: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 2 της περιοχής της Αίγινας.

Correlations (aigina 2) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m. %	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	1,00	0,99	0,99	-0,88	1,00	0,39	-0,02	1,00	0,79	-0,22	0,95
X _{hf}	1,00	1,00	0,99	0,99	-0,88	1,00	0,40	-0,02	1,00	0,80	-0,22	0,95
X _{lfn}	0,99	0,99	1,00	1,00	-0,95	0,98	0,54	-0,19	0,99	0,89	-0,05	0,89
X _{hfn}	0,99	0,99	1,00	1,00	-0,95	0,98	0,54	-0,19	0,99	0,89	-0,05	0,89
sand%	-0,88	-0,88	-0,95	-0,95	1,00	-0,87	-0,78	0,49	-0,91	-0,99	-0,27	-0,70
silt%	1,00	1,00	0,98	0,98	-0,87	1,00	0,36	0,02	1,00	0,77	-0,25	0,96
clay%	0,39	0,40	0,54	0,54	-0,78	0,36	1,00	-0,93	0,45	0,87	0,81	0,10
pH	-0,02	-0,02	-0,19	-0,19	0,49	0,02	-0,93	1,00	-0,08	-0,62	-0,97	0,28
o.m. %	1,00	1,00	0,99	0,99	-0,91	1,00	0,45	-0,08	1,00	0,83	-0,16	0,93
Fe ₂ O _{3d}	0,79	0,80	0,89	0,89	-0,99	0,77	0,87	-0,62	0,83	1,00	0,42	0,58
Fe ₂ O _{3o}	-0,22	-0,22	-0,05	-0,05	-0,27	-0,25	0,81	-0,97	-0,16	0,42	1,00	-0,50
Fe ₂ O _{3t}	0,95	0,95	0,89	0,89	-0,70	0,96	0,10	0,28	0,93	0,58	-0,50	1,00

Π3: Πίνακας συσχετίσεων της περιοχής της Αίγινας.

Correlations (aigina) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=6 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	F ₂ O ₃
X _{lf}	1,00	1,00	0,99	0,99	0,57	-0,69	0,21	-0,75	0,31	0,89	0,85	0,92
X _{hf}	1,00	1,00	0,98	0,98	0,59	-0,71	0,21	-0,76	0,30	0,89	0,87	0,93
X _{lfn}	0,99	0,98	1,00	1,00	0,49	-0,64	0,28	-0,74	0,44	0,86	0,80	0,89
X _{hfn}	0,99	0,98	1,00	1,00	0,49	-0,64	0,27	-0,74	0,44	0,86	0,80	0,89
sand%	0,57	0,59	0,49	0,49	1,00	-0,91	-0,33	-0,60	-0,09	0,48	0,84	0,81
silt%	-0,69	-0,71	-0,64	-0,64	-0,91	1,00	-0,09	0,79	-0,05	-0,61	-0,94	-0,91
clay%	0,21	0,21	0,28	0,27	-0,33	-0,09	1,00	-0,35	0,32	0,23	0,12	0,13
pH	-0,75	-0,76	-0,74	-0,74	-0,60	0,79	-0,35	1,00	0,04	-0,88	-0,89	-0,78
o.m.%	0,31	0,30	0,44	0,44	-0,09	-0,05	0,32	0,04	1,00	-0,05	0,01	0,27
Fe ₂ O _{3d}	0,89	0,89	0,86	0,86	0,48	-0,61	0,23	-0,88	-0,05	1,00	0,83	0,77
Fe ₂ O _{3o}	0,85	0,87	0,80	0,80	0,84	-0,94	0,12	-0,89	0,01	0,83	1,00	0,96
F ₂ O ₃	0,92	0,93	0,89	0,89	0,81	-0,91	0,13	-0,78	0,27	0,77	0,96	1,00

Π4: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 1 της περιοχής των Μεθάνων.

Correlations (methana 1)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,92	0,77	0,76	0,84	-0,99	-0,31	-0,7	0,7	1,00	-0,82	-0,88
X _{hf}	0,92	1,00	0,96	0,96	0,99	-0,97	-0,67	-0,9	0,9	0,88	-0,53	-0,62
X _{lfn}	0,77	0,96	1,00	1,00	0,99	-0,87	-0,84	-1,0	1,0	0,72	-0,28	-0,38
X _{hfn}	0,76	0,96	1,00	1,00	0,99	-0,86	-0,85	-1,0	1,0	0,71	-0,26	-0,37
sand%	0,84	0,99	0,99	0,99	1,00	-0,92	-0,78	-1,0	1,0	0,79	-0,38	-0,49
silt%	-0,99	-0,97	-0,87	-0,86	-0,92	1,00	0,47	0,8	-0,8	-0,97	0,72	0,79
clay%	-0,31	-0,67	-0,84	-0,85	-0,78	0,47	1,00	0,9	-0,9	-0,24	-0,28	-0,17
pH	-0,70	-0,93	-0,99	-1,00	-0,97	0,81	0,90	1,0	-1,0	-0,64	0,17	0,28
o.m.%	0,69	0,92	0,99	0,99	0,97	-0,80	-0,90	-1,0	1,0	0,63	-0,16	-0,27
Fe ₂ O _{3d}	1,00	0,88	0,72	0,71	0,79	-0,97	-0,24	-0,6	0,6	1,00	-0,87	-0,92
Fe ₂ O _{3o}	-0,82	-0,53	-0,28	-0,26	-0,38	0,72	-0,28	0,2	-0,2	-0,87	1,00	0,99
Fe ₂ O _{3t}	-0,88	-0,62	-0,38	-0,37	-0,49	0,79	-0,17	0,3	-0,3	-0,92	0,99	1,00

Π5: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 2 της περιοχής των Μεθάνων.

Correlations (methana 2)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=6 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,17	0,37	0,36	0,33	0,72	-0,84	-0,35	0,70	-0,64	0,17	-0,66
X _{hf}	0,17	1,00	0,82	0,82	0,66	0,06	-0,29	0,03	-0,52	0,25	0,98	-0,65
X _{lfn}	0,37	0,82	1,00	1,00	0,60	0,41	-0,62	-0,24	-0,17	0,01	0,81	-0,77
X _{hfn}	0,36	0,82	1,00	1,00	0,61	0,41	-0,61	-0,24	-0,18	0,00	0,81	-0,76
sand%	0,33	0,66	0,60	0,61	1,00	-0,19	-0,14	0,32	-0,35	-0,42	0,55	-0,35
silt%	0,72	0,06	0,41	0,41	-0,19	1,00	-0,95	-0,79	0,75	-0,21	0,14	-0,64
clay%	-0,84	-0,29	-0,62	-0,61	-0,14	-0,95	1,00	0,69	-0,64	0,35	-0,33	0,76
pH	-0,35	0,03	-0,24	-0,24	0,32	-0,79	0,69	1,00	-0,58	0,16	0,01	0,16
o.m.%	0,70	-0,52	-0,17	-0,18	-0,35	0,75	-0,64	-0,58	1,00	-0,57	-0,48	-0,16
Fe ₂ O _{3d}	-0,64	0,25	0,01	0,00	-0,42	-0,21	0,35	0,16	-0,57	1,00	0,36	-0,04
Fe ₂ O _{3o}	0,17	0,98	0,81	0,81	0,55	0,14	-0,33	0,01	-0,48	0,36	1,00	-0,72
Fe ₂ O _{3t}	-0,66	-0,65	-0,77	-0,76	-0,35	-0,64	0,76	0,16	-0,16	-0,04	-0,72	1,00

Π6: Πίνακας συσχετίσεων της περιοχής των Μεθάνων.

Correlations (methana)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=9 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O ₃
X _{lf}	1,00	0,79	0,73	0,69	-0,57	0,77	-0,66	-0,89	0,17	0,87	0,19	-0,64
X _{hf}	0,79	1,00	0,89	0,83	-0,26	0,47	-0,47	-0,74	-0,07	0,72	0,54	-0,65
X _{lfn}	0,73	0,89	1,00	0,94	-0,26	0,62	-0,70	-0,70	-0,03	0,65	0,65	-0,73
X _{hfn}	0,69	0,83	0,94	1,00	-0,41	0,71	-0,71	-0,73	-0,01	0,67	0,62	-0,75
sand%	-0,57	-0,26	-0,26	-0,41	1,00	-0,75	0,31	0,79	0,26	-0,83	-0,11	0,14
silt%	0,77	0,47	0,62	0,71	-0,75	1,00	-0,87	-0,81	0,15	0,75	0,33	-0,59
clay%	-0,66	-0,47	-0,70	-0,71	0,31	-0,87	1,00	0,57	-0,41	-0,44	-0,40	0,73
pH	-0,89	-0,74	-0,70	-0,73	0,79	-0,81	0,57	1,00	0,01	-0,97	-0,27	0,40
o.m.%	0,17	-0,07	-0,03	-0,01	0,26	0,15	-0,41	0,01	1,00	-0,20	-0,43	-0,08
Fe ₂ O _{3d}	0,87	0,72	0,65	0,67	-0,83	0,75	-0,44	-0,97	-0,20	1,00	0,27	-0,40
Fe ₂ O _{3o}	0,19	0,54	0,65	0,62	-0,11	0,33	-0,40	-0,27	-0,43	0,27	1,00	-0,53
Fe ₂ O ₃	-0,64	-0,65	-0,73	-0,75	0,14	-0,59	0,73	0,40	-0,08	-0,40	-0,53	1,00

Π7: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 1 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos 1)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,0	0,98	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,87	-1,0	-0,93	-0,78
X _{hf}	1,0	1,02	0,9	0,9	1,0	-1,1	-1,0	-1,0	0,82	-1,1	-0,90	-0,71
X _{lfn}	0,9	0,90	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,95	-1,0	-0,98	-0,90
X _{hfn}	0,9	0,90	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,95	-1,0	-0,97	-0,90
sand%	1,0	0,94	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,91	-1,0	-0,95	-0,84
silt%	-1,0	-0,98	-1,0	-1,0	-1,0	1,0	1,0	1,0	-0,87	1,0	0,93	0,78
clay%	-1,0	-0,94	-1,0	-1,0	-1,0	1,0	1,0	1,0	-0,92	1,0	0,96	0,85
pH	-1,0	-0,90	-1,0	-1,0	-1,0	1,0	1,0	1,0	-0,95	1,0	0,97	0,89
o.m.%	0,9	0,83	1,0	1,0	1,0	-0,9	-1,0	-1,0	1,03	-0,9	-1,01	-1,00
Fe ₂ O _{3d}	-1,0	-0,98	-1,0	-1,0	-1,0	1,0	1,0	1,0	-0,87	1,0	0,93	0,78
Fe ₂ O _{3o}	-0,9	-0,85	-1,0	-1,0	-1,0	0,9	1,0	1,0	-1,00	0,9	1,00	0,96
Fe ₂ O _{3t}	-0,9	-0,75	-1,0	-1,0	-0,9	0,8	0,9	1,0	-1,10	0,8	1,05	1,09

Π8: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 2 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos 2) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=4 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,99	0,79	0,90	0,74	-0,20	-0,88	-0,33	-0,28	-0,19		-0,92
X _{hf}	0,99	1,00	0,86	0,95	0,65	-0,09	-0,82	-0,36	-0,17	-0,06		-0,96
X _{lfn}	0,79	0,86	1,00	0,96	0,18	0,40	-0,47	-0,48	0,35	0,46		-0,96
X _{hfn}	0,90	0,95	0,96	1,00	0,38	0,15	-0,60	-0,32	0,11	0,23		-0,98
sand%	0,74	0,65	0,18	0,38	1,00	-0,73	-0,91	-0,08	-0,82	-0,79		-0,44
silt%	-0,20	-0,09	0,40	0,15	-0,73	1,00	0,39	-0,57	0,98	0,95		-0,18
clay%	-0,88	-0,82	-0,47	-0,60	-0,91	0,39	1,00	0,44	0,52	0,50		0,69
pH	-0,33	-0,36	-0,48	-0,32	-0,08	-0,57	0,44	1,00	-0,42	-0,32		0,49
o.m.%	-0,28	-0,17	0,35	0,11	-0,82	0,98	0,52	-0,42	1,00	0,98		-0,11
Fe ₂ O _{3d}	-0,19	-0,06	0,46	0,23	-0,79	0,95	0,50	-0,32	0,98	1,00		-0,20
Fe ₂ O _{3o}												
Fe ₂ O _{3t}	-0,92	-0,96	-0,96	-0,98	-0,44	-0,18	0,69	0,49	-0,11	-0,20		1,00

Π9: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 4 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos 4) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	1,00	0,84	0,85	-0,4	-0,48	0,4	-0,58	0,73	0,92	0,96	0,4
X _{hf}	1,00	1,00	0,86	0,87	-0,4	-0,45	0,4	-0,61	0,76	0,91	0,97	0,4
X _{lfn}	0,84	0,86	1,00	1,00	0,1	0,07	-0,1	-0,93	0,98	0,57	0,96	-0,1
X _{hfn}	0,85	0,87	1,00	1,00	0,1	0,06	-0,1	-0,92	0,98	0,58	0,96	-0,1
sand%	-0,42	-0,39	0,14	0,12	1,0	1,00	-1,0	-0,49	0,31	-0,74	-0,16	-1,0
silt%	-0,48	-0,45	0,07	0,06	1,0	1,00	-1,0	-0,43	0,24	-0,78	-0,22	-1,0
clay%	0,44	0,40	-0,12	-0,11	-1,0	-1,00	1,0	0,48	-0,29	0,75	0,17	1,0
pH	-0,58	-0,61	-0,93	-0,92	-0,5	-0,43	0,5	1,00	-0,98	-0,23	-0,78	0,5
o.m.%	0,73	0,76	0,98	0,98	0,3	0,24	-0,3	-0,98	1,00	0,42	0,89	-0,3
Fe ₂ O _{3d}	0,92	0,91	0,57	0,58	-0,7	-0,78	0,7	-0,23	0,42	1,00	0,79	0,8
Fe ₂ O _{3o}	0,96	0,97	0,96	0,96	-0,2	-0,22	0,2	-0,78	0,89	0,79	1,00	0,2
Fe ₂ O _{3t}	0,45	0,42	-0,11	-0,09	-1,0	-1,00	1,0	0,46	-0,28	0,76	0,19	1,0

Π10: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 5 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos 5) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=4 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,81	-0,83	-0,83	0,94	-0,97	-0,79	-0,21	-0,04	0,07	0,47	-0,04
X _{hf}	0,81	1,00	-1,00	-1,00	0,96	-0,71	-0,96	-0,49	0,41	-0,20	0,89	-0,56
X _{lfn}	-0,83	-1,00	1,00	1,00	-0,97	0,72	0,98	0,52	-0,43	0,14	-0,89	0,57
X _{hfn}	-0,83	-1,00	1,00	1,00	-0,97	0,72	0,98	0,53	-0,43	0,13	-0,89	0,57
sand	0,94	0,96	-0,97	-0,97	1,00	-0,84	-0,96	-0,47	0,29	0,02	0,75	-0,39
silt	-0,97	-0,71	0,72	0,72	-0,84	1,00	0,65	-0,03	0,27	0,04	-0,31	-0,16
clay	-0,79	-0,96	0,98	0,98	-0,96	0,65	1,00	0,68	-0,55	-0,05	-0,89	0,64
pH	-0,21	-0,49	0,52	0,53	-0,47	-0,03	0,68	1,00	-0,94	-0,50	-0,69	0,84
o.m.%	-0,04	0,41	-0,43	-0,43	0,29	0,27	-0,55	-0,94	1,00	0,25	0,73	-0,95
Fe ₂ O _{3d}	0,07	-0,20	0,14	0,13	0,02	0,04	-0,05	-0,50	0,25	1,00	-0,23	0,04
Fe ₂ O _{3o}	0,47	0,89	-0,89	-0,89	0,75	-0,31	-0,89	-0,69	0,73	-0,23	1,00	-0,87
Fe ₂ O _{3t}	-0,04	-0,56	0,57	0,57	-0,39	-0,16	0,64	0,84	-0,95	0,04	-0,87	1,00

Π11: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 6 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos6) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=4 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,96	0,68	0,67	-0,99	0,98	0,89	0,64	0,02	0,99	0,86	0,93
X _{hf}	0,96	1,00	0,45	0,45	-0,92	0,89	0,96	0,82	-0,17	0,93	0,68	0,79
X _{lfn}	0,68	0,45	1,00	1,00	-0,75	0,78	0,39	-0,03	0,32	0,75	0,94	0,88
X _{hfn}	0,67	0,45	1,00	1,00	-0,74	0,77	0,39	-0,04	0,33	0,74	0,93	0,87
sand	-0,99	-0,92	-0,75	-0,74	1,00	-1,00	-0,83	-0,54	-0,11	-0,99	-0,91	-0,97
silt	0,98	0,89	0,78	0,77	-1,00	1,00	0,79	0,48	0,18	0,99	0,94	0,98
clay	0,89	0,96	0,39	0,39	-0,83	0,79	1,00	0,90	-0,43	0,87	0,56	0,68
pH	0,64	0,82	-0,03	-0,04	-0,54	0,48	0,90	1,00	-0,66	0,59	0,16	0,31
o.m.%	0,02	-0,17	0,32	0,33	-0,11	0,18	-0,43	-0,66	1,00	0,02	0,38	0,30
Fe ₂ O _{3d}	0,99	0,93	0,75	0,74	-0,99	0,99	0,87	0,59	0,02	1,00	0,89	0,95
Fe ₂ O _{3o}	0,86	0,68	0,94	0,93	-0,91	0,94	0,56	0,16	0,38	0,89	1,00	0,99
Fe ₂ O _{3t}	0,93	0,79	0,88	0,87	-0,97	0,98	0,68	0,31	0,30	0,95	0,99	1,00

Π12: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 7 της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos 7) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=3 (Casewise deletion of missing data)													
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}	
X _{lf}	1,00	1,00	0,92	0,94	0,17	0,37	-0,65	0,33	-0,09	0,47	0,27	0,29	
X _{hf}	1,00	1,00	0,87	0,90	0,08	0,46	-0,58	0,24	-0,19	0,39	0,18	0,20	
X _{lfn}	0,92	0,87	1,00	1,00	0,55	-0,03	-0,90	0,68	0,31	0,79	0,64	0,65	
X _{hfn}	0,94	0,90	1,00	1,00	0,51	0,02	-0,88	0,64	0,26	0,75	0,59	0,61	
sand	0,17	0,08	0,55	0,51	1,00	-0,85	-0,86	0,99	0,97	0,95	0,99	0,99	
silt	0,37	0,46	-0,03	0,02	-0,85	1,00	0,46	-0,75	-0,96	-0,65	-0,79	-0,78	
clay	-0,65	-0,58	-0,90	-0,88	-0,86	0,46	1,00	-0,93	-0,70	-0,98	-0,91	-0,91	
pH	0,33	0,24	0,68	0,64	0,99	-0,75	-0,93	1,00	0,91	0,99	1,00	1,00	
o.m.%	-0,09	-0,19	0,31	0,26	0,97	-0,96	-0,70	0,91	1,00	0,83	0,93	0,93	
Fe ₂ O _{3d}	0,47	0,39	0,79	0,75	0,95	-0,65	-0,98	0,99	0,83	1,00	0,98	0,98	
Fe ₂ O _{3o}	0,27	0,18	0,64	0,59	0,99	-0,79	-0,91	1,00	0,93	0,98	1,00	1,00	
Fe ₂ O _{3t}	0,29	0,20	0,65	0,61	0,99	-0,78	-0,91	1,00	0,93	0,98	1,00	1,00	

Π13: Πίνακας συσχετίσεων της περιοχής της Μήλου.

Correlations (milos) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=23 (Casewise deletion of missing data)													
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	om%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	F ₂ O ₃	
X _{lf}	1,00	1,00	0,89	0,89	0,59	-0,40	-0,60	-0,67	0,08	-0,13	0,22	0,21	
X _{hf}	1,00	1,00	0,90	0,90	0,56	-0,37	-0,58	-0,68	0,09	-0,11	0,27	0,25	
X _{lfn}	0,89	0,90	1,00	1,00	0,45	-0,26	-0,49	-0,65	0,14	-0,05	0,27	0,27	
X _{hfn}	0,89	0,90	1,00	1,00	0,44	-0,26	-0,49	-0,65	0,14	-0,05	0,27	0,27	
sand%	0,59	0,56	0,45	0,44	1,00	-0,84	-0,88	-0,41	-0,04	-0,47	-0,41	-0,44	
silt%	-0,40	-0,37	-0,26	-0,26	-0,84	1,00	0,49	0,08	0,30	0,74	0,53	0,55	
clay%	-0,60	-0,58	-0,49	-0,49	-0,88	0,49	1,00	0,59	-0,21	0,11	0,20	0,23	
pH	-0,67	-0,68	-0,65	-0,65	-0,41	0,08	0,59	1,00	-0,19	-0,17	-0,34	-0,12	
om%	0,08	0,09	0,14	0,14	-0,04	0,30	-0,21	-0,19	1,00	0,62	0,45	0,51	
Fe ₂ O _{3d}	-0,13	-0,11	-0,05	-0,05	-0,47	0,74	0,11	-0,17	0,62	1,00	0,57	0,60	
Fe ₂ O _{3o}	0,22	0,27	0,27	0,27	-0,41	0,53	0,20	-0,34	0,45	0,57	1,00	0,90	
F ₂ O ₃	0,21	0,25	0,27	0,27	-0,44	0,55	0,23	-0,12	0,51	0,60	0,90	1,00	

Π14: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 1 της περιοχής της Θήρας.

Correlations (thira 1)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=4 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,99	0,60	0,61	0,90	-0,87	0,46	-0,84	0,68	-0,39	0,87	0,10
X _{hf}	0,99	1,00	0,64	0,64	0,94	-0,92	0,55	-0,76	0,75	-0,25	0,93	0,24
X _{lfn}	0,60	0,64	1,00	1,00	0,86	-0,88	0,93	-0,55	0,95	0,06	0,57	0,22
X _{hfn}	0,61	0,64	1,00	1,00	0,86	-0,88	0,93	-0,56	0,95	0,06	0,57	0,22
sand	0,90	0,94	0,86	0,86	1,00	-1,00	0,80	-0,69	0,93	-0,06	0,89	0,34
silt	-0,87	-0,92	-0,88	-0,88	-1,00	1,00	-0,83	0,65	-0,95	0,01	-0,88	-0,37
clay	0,46	0,55	0,93	0,93	0,80	-0,83	1,00	-0,25	0,96	0,42	0,62	0,55
pH	-0,84	-0,76	-0,55	-0,56	-0,69	0,65	-0,25	1,00	-0,45	0,76	-0,46	0,44
o.m.%	0,68	0,75	0,95	0,95	0,93	-0,95	0,96	-0,45	1,00	0,23	0,77	0,49
Fe ₂ O _{3d}	-0,39	-0,25	0,06	0,06	-0,06	0,01	0,42	0,76	0,23	1,00	0,10	0,86
Fe ₂ O _{3o}	0,87	0,93	0,57	0,57	0,89	-0,88	0,62	-0,46	0,77	0,10	1,00	0,58
Fe ₂ O _{3t}	0,10	0,24	0,22	0,22	0,34	-0,37	0,55	0,44	0,49	0,86	0,58	1,00

Π15: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 2 της περιοχής της Θήρας.

Correlations (thira 2)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=5 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,82	0,75	0,75	0,95	-0,95	-0,69	-0,61	0,38	-0,74	0,50	0,85
X _{hf}	0,82	1,00	0,33	0,32	0,88	-0,83	-0,93	-0,74	-0,17	-0,58	0,07	0,93
X _{lfn}	0,75	0,33	1,00	1,00	0,74	-0,80	-0,28	-0,06	0,87	-0,86	0,92	0,35
X _{hfn}	0,75	0,32	1,00	1,00	0,74	-0,80	-0,28	-0,07	0,87	-0,85	0,92	0,35
sand	0,95	0,88	0,74	0,74	1,00	-0,99	-0,82	-0,54	0,32	-0,87	0,52	0,82
silt	-0,95	-0,83	-0,80	-0,80	-0,99	1,00	0,75	0,47	-0,41	0,87	-0,60	-0,80
clay	-0,69	-0,93	-0,28	-0,28	-0,82	0,75	1,00	0,76	0,22	0,66	0,00	-0,74
pH	-0,61	-0,74	-0,06	-0,07	-0,54	0,47	0,76	1,00	0,31	0,29	0,32	-0,63
o.m.%	0,38	-0,17	0,87	0,87	0,32	-0,41	0,22	0,31	1,00	-0,54	0,93	-0,07
Fe ₂ O _{3d}	-0,74	-0,58	-0,86	-0,85	-0,87	0,87	0,66	0,29	-0,54	1,00	-0,70	-0,43
Fe ₂ O _{3o}	0,50	0,07	0,92	0,92	0,52	-0,60	0,00	0,32	0,93	-0,70	1,00	0,13
Fe ₂ O _{3t}	0,85	0,93	0,35	0,35	0,82	-0,80	-0,74	-0,63	-0,07	-0,43	0,13	1,00

Π16: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 3 της περιοχής της Θήρας.

Correlations (thira3) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	-0,99	-0,97	0,85	-0,89	0,88		0,76
X _{hf}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,99	-0,96	0,87	-0,87	0,90		0,73
X _{lfn}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	-0,98	-0,98	0,83	-0,91	0,86		0,78
X _{hfn}	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	-0,98	-0,98	0,82	-0,92	0,86		0,79
sand	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	-1,00	-0,94	0,90	-0,84	0,93		0,68
silt	-0,99	-0,99	-0,98	-0,98	-1,00	1,00	0,92	-0,93	0,81	-0,95		-0,64
clay	-0,97	-0,96	-0,98	-0,98	-0,94	0,92	1,00	-0,70	0,98	-0,74		-0,89
pH	0,85	0,87	0,83	0,82	0,90	-0,93	-0,70	1,00	-0,53	1,00		0,30
o.m.	-0,89	-0,87	-0,91	-0,92	-0,84	0,81	0,98	-0,53	1,00	-0,58		-0,97
Fe ₂ O _{3d}	0,88	0,90	0,86	0,86	0,93	-0,95	-0,74	1,00	-0,58	1,00		0,36
Fe ₂ O _{3o}												
Fe ₂ O _{3t}	0,76	0,73	0,78	0,79	0,68	-0,64	-0,89	0,30	-0,97	0,36		1,00

Π17: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 4 της περιοχής της Θήρας.

Correlations (thira4) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=4 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	1,00	0,98	0,98	0,91	-0,95	-0,10	-0,72	0,60	-0,45	0,40	1,00
X _{hf}	1,00	1,00	0,98	0,98	0,93	-0,96	-0,14	-0,69	0,57	-0,46	0,43	0,99
X _{lfn}	0,98	0,98	1,00	1,00	0,88	-0,91	-0,18	-0,70	0,60	-0,33	0,56	0,97
X _{hfn}	0,98	0,98	1,00	1,00	0,89	-0,91	-0,18	-0,70	0,60	-0,33	0,57	0,96
sand	0,91	0,93	0,88	0,89	1,00	-0,99	-0,44	-0,37	0,23	-0,73	0,47	0,90
silt	-0,95	-0,96	-0,91	-0,91	-0,99	1,00	0,33	0,47	-0,33	0,69	-0,41	-0,95
clay	-0,10	-0,14	-0,18	-0,18	-0,44	0,33	1,00	-0,57	0,64	0,50	-0,70	-0,06
pH	-0,72	-0,69	-0,70	-0,70	-0,37	0,47	-0,57	1,00	-0,99	-0,18	-0,03	-0,73
o.m.	0,60	0,57	0,60	0,60	0,23	-0,33	0,64	-0,99	1,00	0,33	0,00	0,62
Fe ₂ O _{3d}	-0,45	-0,46	-0,33	-0,33	-0,73	0,69	0,50	-0,18	0,33	1,00	0,00	-0,46
Fe ₂ O _{3o}	0,40	0,43	0,56	0,57	0,47	-0,41	-0,70	-0,03	0,00	0,00	1,00	0,34
Fe ₂ O _{3t}	1,00	0,99	0,97	0,96	0,90	-0,95	-0,06	-0,73	0,62	-0,46	0,34	1,00

Π18: Πίνακας συσχετίσεων της περιοχής της Θήρας.

Correlations (thira)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=16 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,99	0,87	0,87	0,54	-0,48	-0,44	0,15	-0,30	0,15	0,32	0,38
X _{hf}	0,99	1,00	0,83	0,83	0,48	-0,42	-0,44	0,11	-0,38	0,12	0,23	0,35
X _{lfn}	0,87	0,83	1,00	1,00	0,64	-0,60	-0,30	0,10	-0,02	0,17	0,53	0,55
X _{hfn}	0,87	0,83	1,00	1,00	0,64	-0,59	-0,30	0,10	-0,02	0,16	0,53	0,55
sand%	0,54	0,48	0,64	0,64	1,00	-0,99	-0,05	0,09	-0,00	0,46	0,61	0,58
silt%	-0,48	-0,42	-0,60	-0,59	-0,99	1,00	-0,09	-0,09	-0,01	-0,50	-0,61	-0,62
clay%	-0,44	-0,44	-0,30	-0,30	-0,05	-0,09	1,00	-0,04	0,10	0,34	-0,04	0,27
pH	0,15	0,11	0,10	0,10	0,09	-0,09	-0,04	1,00	-0,23	0,51	0,22	0,24
o.m.%	-0,30	-0,38	-0,02	-0,02	-0,00	-0,01	0,10	-0,23	1,00	-0,39	0,44	-0,18
Fe ₂ O _{3d}	0,15	0,12	0,17	0,16	0,46	-0,50	0,34	0,51	-0,39	1,00	0,11	0,54
Fe ₂ O _{3o}	0,32	0,23	0,53	0,53	0,61	-0,61	-0,04	0,22	0,44	0,11	1,00	0,37
Fe ₂ O _{3t}	0,38	0,35	0,55	0,55	0,58	-0,62	0,27	0,24	-0,18	0,54	0,37	1,00

Π19: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 1 της περιοχής της Νισύρου.

Correlations (nisyros 1)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,0	1,0	-0,93	-0,93	0,60	-0,80	0,86	-1,0	0,92	0,76	0,23	0,54
X _{hf}	1,0	1,0	-0,92	-0,93	0,61	-0,80	0,86	-1,0	0,92	0,77	0,24	0,54
X _{lfn}	-0,9	-0,9	1,00	1,00	-0,26	0,51	-0,60	0,9	-0,71	-0,46	0,15	-0,18
X _{hfn}	-0,9	-0,9	1,00	1,00	-0,26	0,52	-0,60	0,9	-0,71	-0,47	0,14	-0,19
sand	0,6	0,6	-0,26	-0,26	1,00	-0,96	0,93	-0,6	0,86	0,98	0,92	1,00
silt	-0,8	-0,8	0,51	0,52	-0,96	1,00	-0,99	0,8	-0,97	-1,00	-0,77	-0,94
clay	0,9	0,9	-0,60	-0,60	0,93	-0,99	1,00	-0,9	0,99	0,99	0,70	0,90
pH	-1,0	-1,0	0,92	0,92	-0,62	0,81	-0,87	1,0	-0,93	-0,77	-0,25	-0,56
o.m.	0,9	0,9	-0,71	-0,71	0,86	-0,97	0,99	-0,9	1,00	0,95	0,59	0,82
Fe ₂ O _{3d}	0,8	0,8	-0,46	-0,47	0,98	-1,00	0,99	-0,8	0,95	1,00	0,81	0,96
Fe ₂ O _{3o}	0,2	0,2	0,15	0,14	0,92	-0,77	0,70	-0,3	0,59	0,81	1,00	0,94
Fe ₂ O _{3t}	0,5	0,5	-0,18	-0,19	1,00	-0,94	0,90	-0,6	0,82	0,96	0,94	1,00

Π20: Πίνακας συσχετίσεων εδαφοτομής 2 της περιοχής της Νισύρου.

Correlations (nisyros2)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=3 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand	silt	clay	pH	o.m.	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,99	0,38	0,36	0,3	-0,3	-0,4	-0,17	0,23	0,54	0,46	-0,75
X _{hf}	0,99	1,00	0,47	0,45	0,2	-0,2	-0,3	-0,07	0,13	0,62	0,37	-0,68
X _{lfn}	0,38	0,47	1,00	1,00	-0,7	0,7	0,7	0,84	-0,81	0,98	-0,64	0,33
X _{hfn}	0,36	0,45	1,00	1,00	-0,8	0,8	0,7	0,86	-0,83	0,98	-0,67	0,35
sand	0,34	0,24	-0,74	-0,76	1,0	-1,0	-1,0	-0,99	0,99	-0,61	0,99	-0,88
silt	-0,33	-0,23	0,74	0,76	-1,0	1,0	1,0	0,99	-0,99	0,62	-0,99	0,87
clay	-0,36	-0,26	0,73	0,75	-1,0	1,0	1,0	0,98	-0,99	0,60	-0,99	0,89
pH	-0,17	-0,07	0,84	0,86	-1,0	1,0	1,0	1,00	-1,00	0,74	-0,95	0,78
o.m.	0,23	0,13	-0,81	-0,83	1,0	-1,0	-1,0	-1,00	1,00	-0,69	0,97	-0,82
Fe ₂ O _{3d}	0,54	0,62	0,98	0,98	-0,6	0,6	0,6	0,74	-0,69	1,00	-0,50	0,16
Fe ₂ O _{3o}	0,46	0,37	-0,64	-0,67	1,0	-1,0	-1,0	-0,95	0,97	-0,50	1,00	-0,93
Fe ₂ O _{3t}	-0,75	-0,68	0,33	0,35	-0,9	0,9	0,9	0,78	-0,82	0,16	-0,93	1,00

Π21: Πίνακας συσχετίσεων της περιοχής της Νισύρου.

Correlations (nisuros)												
Marked correlations are significant at $p < ,05000$												
N=6 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	X _{lf}	X _{hf}	X _{lfn}	X _{hfn}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{lf}	1,00	0,97	-0,37	-0,37	0,10	-0,60	0,38	-0,62	0,38	0,34	0,15	0,09
X _{hf}	0,97	1,00	-0,22	-0,22	0,05	-0,56	0,45	-0,70	0,48	0,47	0,28	-0,09
X _{lfn}	-0,37	-0,22	1,00	1,00	-0,69	0,56	0,68	-0,31	0,49	0,74	0,59	-0,70
X _{hfn}	-0,37	-0,22	1,00	1,00	-0,69	0,56	0,68	-0,31	0,49	0,74	0,59	-0,70
sand%	0,10	0,05	-0,69	-0,69	1,00	-0,77	-0,73	0,11	-0,10	-0,56	-0,01	0,23
silt%	-0,60	-0,56	0,56	0,56	-0,77	1,00	0,18	0,32	-0,26	0,05	-0,31	-0,21
clay%	0,38	0,45	0,68	0,68	-0,73	0,18	1,00	-0,68	0,66	0,95	0,57	-0,45
pH	-0,62	-0,70	-0,31	-0,31	0,11	0,32	-0,68	1,00	-0,95	-0,80	-0,76	0,66
o.m.%	0,38	0,48	0,49	0,49	-0,10	-0,26	0,66	-0,95	1,00	0,82	0,91	-0,79
Fe ₂ O _{3d}	0,34	0,47	0,74	0,74	-0,56	0,05	0,95	-0,80	0,82	1,00	0,78	-0,66
Fe ₂ O _{3o}	0,15	0,28	0,59	0,59	-0,01	-0,31	0,57	-0,76	0,91	0,78	1,00	-0,71
Fe ₂ O _{3t}	0,09	-0,09	-0,70	-0,70	0,23	-0,21	-0,45	0,66	-0,79	-0,66	-0,71	1,00

Π22: Πίνακας συσχετίσεων για το ηφαιστειακό τόξο του Ν. Αιγαίου.

Correlations (volcanic arc all)													
Marked correlations are significant at $p < ,05000$													
N=70 (Casewise deletion of missing data)													
Variable	X _{if}	X _{hf}	X _{ifn}	X _{hfn}	X _{ifd}	sand%	silt%	clay%	pH	o.m.%	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3o}	Fe ₂ O _{3t}
X _{if}	1,00	0,99	0,86	0,86	0,18	0,42	-0,20	-0,53	-0,33	-0,09	-0,12	-0,06	0,41
X _{hf}	0,99	1,00	0,88	0,88	0,08	0,42	-0,19	-0,53	-0,33	-0,11	-0,12	-0,05	0,40
X _{ifn}	0,86	0,88	1,00	1,00	0,02	0,36	-0,13	-0,50	-0,32	-0,05	-0,07	-0,02	0,36
X _{hfn}	0,86	0,88	1,00	1,00	0,02	0,36	-0,13	-0,49	-0,33	-0,05	-0,07	-0,02	0,36
X _{ifd}	0,18	0,08	0,02	0,02	1,00	-0,02	0,05	-0,03	0,01	0,09	0,06	-0,01	0,09
sand%	0,42	0,42	0,36	0,36	-0,02	1,00	-0,86	-0,86	-0,43	0,01	-0,51	-0,27	-0,09
silt%	-0,20	-0,19	-0,13	-0,13	0,05	-0,86	1,00	0,48	0,21	-0,02	0,55	0,21	0,11
clay%	-0,53	-0,53	-0,50	-0,49	-0,03	-0,86	0,48	1,00	0,53	-0,00	0,32	0,25	0,04
pH	-0,33	-0,33	-0,32	-0,33	0,01	-0,43	0,21	0,53	1,00	-0,25	-0,23	-0,36	-0,16
o.m.%	-0,09	-0,11	-0,05	-0,05	0,09	0,01	-0,02	-0,00	-0,25	1,00	0,31	0,41	0,32
Fe ₂ O _{3d}	-0,12	-0,12	-0,07	-0,07	0,06	-0,51	0,55	0,32	-0,23	0,31	1,00	0,76	0,56
Fe ₂ O _{3o}	-0,06	-0,05	-0,02	-0,02	-0,01	-0,27	0,21	0,25	-0,36	0,41	0,76	1,00	0,64
Fe ₂ O _{3t}	0,41	0,40	0,36	0,36	0,09	-0,09	0,11	0,04	-0,16	0,32	0,56	0,64	1,00

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Angelier, J., 1979. Recent Quaternary Tectonics in the Hellenic Arc: Examples of geological observation of lands. *Tectonophysics* 52, 267-275.
- Arnalds, O., Kimble, J., 2001. Andisols of deserts in Iceland. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1778-1786.
- Bartoli, F., Arnalds, O., Buurman, P., Oskarsson, H., Stoops, G., Garcia-Rodejia, E., Hernandez-Moreno, J., Pinheiro, J., Quantin, P., 2007. Preface. In: Bartoli, F., Arnalds, O., Buurman, P., Oskarsson, H., Stoops, G., Garcia-Rodejia, E. (Eds.), *Soils of volcanic regions in Europe*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Bernas, B., 1968. A new method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry. *Analytical Chemistry* 40, 1682-1686.
- Blakemore, L.C., Searle, P.L., Daly, B.K., 1987. *Methods for chemical analysis of soils*. N.Z. Soil Bureau, Scientific Report 80. N.Z. Soil Bureau, Lower Hutt, New Zealand.
- Childs, C.W., Matsue, N., Yoshinaga, N., 1991. Ferrihydrite in volcanic ash soils of Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* 37, 299-311.
- Dahlgren, R.A., Dragoo, J.P., Ugolini, F.C., 1997. Weathering of Mt. St. Helens tephra under a cryic-udic climatic regime. *Soil Science Society of America Journal* 61, 1519-1525.
- Dahlgren, R.A., Saigusa, M., Ugolini, F.C., 2004. The nature, properties and management of volcanic soils. *Advances in Agronomy* 82, 113-182.
- Davis, E., 1967. Zur Geologie und Petrologie der Inseln Nisyros und Jali (Dodecanes). *Praktika Akad. Athen* 42, 235-252.
- Dearing, J.A., Maher B.A., Oldfield, F., 1985. Geomorphological linkages between soils and sediments: the role of magnetic measurements. In: Richards K.S., Ellis, S., Arnett, R.R. (Eds.), *Soils and Georphology*. George Allen and Unwin, pp. 245-266.
- Dearing, J.A., Hay, K.L., Bbabn, S.M.J., Huddleston, A.S., Wellington, E.M.H., Loveland, P.J., 1996a. Magnetic susceptibility of soil: an evaluation of conflicting theories using a national dataset. *Geophys. J.Int.* 127 (3), 728-734.
- Dearing, J.A., Livingstone, I., Zhou, L.P., 1996b. A late Quaternary magnetic record of Tunisian loess and its paleoclimatic significance. *Geophys. Res. Lett.* 23, 189-192.
- de Jong, E., Kozak, L.M., Rostad, H.P.W., 1999. Effects of parent material and

- climate on the magnetic susceptibility of Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 80. 135-142.
- de Jong, E., Pennock, D.J., Nestor, P.A. 2000. Magnetic susceptibility of soils in different slope positions in Saskatchewan, Canada. *Catena* 40. 291-305.
- Di Paola, G.M., 1974. Volcanology and Petrology of Nisyros island (Dodecanese, Greece). *Bulletin of Volcanology* 38, 944-987.
- Dietrich, V.J., Gaitanakis, P., Mercolli, I., Oberhasli, R., 1991. Geological Map of Greece, Aegina Island, Zurich.
- Druitt, T.H., Francaviglia, V., 1992. Caldera formation on Santorini and the physiography of the islands in the late Bronze Age. *Bulletin of Volcanology* 54, 484-493.
- Druitt, T.H., Mellors, R.A., Pyle, D.M., Sparks, R.S.J., 1989. Explosive volcanism on Santorini, Greece. *Geological Magazine* 126, 95-126.
- Dubroeuq, D., Geissert, D., Quantin, P., 1998. Weathering and soil forming processes under semi-arid conditions in two Mexican volcanic ash soils. *Geoderma* 86, 99-122.
- FAO, ISRIC, 2006. World Reference Base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Report 1003. FAO, Rome, Edition 2006.
- Field Book for Describing and Sampling Soils, 1998. Version 1.1. Revised, Refined, and Compiled by Schoeneberger, P.J., Wysochi, D.A., Benham, E.C., Broderson, W.D. National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Lincoln, Nebraska.
- Fine, P., Singer, M. J., La Ven, R., Verosub, K. and Southard, R.J. 1989. Role of pedogenesis in distribution of magnetic susceptibility in two California chronosequences. *Geoderma* 44. 287-306.
- Fine, P., Singer, M. J., Verosub, K. 1992. The use of magnetic susceptibility measurements in assessing soil uniformity in chronosequence studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56. 1195-1199.
- Fine, P., Verosub, K., Singer, M. J., 1995. Pedogenic and lithogenic contributions to the magnetic susceptibility record of the Chinese loess/palaeosol sequence. *Geophys. J. Int.* 122, 97-107.
- Fontes, M.P.F., de Oliveira, T.S., da Costa, L.M., Campos, A.A.G., 2000. Magnetic separation and evaluation of magnetization of Brazilian soils from different parent materials. *Geoderma* 96, 81-99.
- Foth, D.H., 1990. Fundamentals of soil science. Eighth edition, p. 67.

- Francalanci, L., Vougioukalakis, E.G., Perini, G., Manetti, P., 2005. A West-East traverse along the magmatism of the South Aegean volcanic arc in the light of volcanological, chemical and isotope data. In: Fytikas, M., Vougioukalakis, E.G. (Eds.), *The South Aegean Volcanic Arc: Present knowledge and future perspectives*. *Developments in Volcanology* 7, 67-113.
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Kolios, N., Manetti, P., Mazzuoli, R., 1986a. The Plio-Quaternary volcanism of Saronikos area (western part of the active Aegean volcanic Arc). *Annales Géologiques des Pays Helléniques* 33, 23-45.
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Marinelli, G., Mazuolli, R., 1976. Geochronological Data on Recent magmatism of the Aegean Sea. *Tectonophysics* 31, T29-T34.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Kolios, N., Manetti, P., Mazzuoli, R., Poli, G., Rita, F., Villari, L., 1986b. Volcanology and petrology of volcanic products from the island of Milos and neighbouring islets. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 28, 297-317.
- Gaitanakis, P., Dietrich, V., 1995. Geological Map of Methana peninsula 1:25000. Zurich.
- Gallez, A., Juo, A.S.R., Herbillon, J.A., 1975. Clay mineralogy of selected soils in southern Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* 39, 577-585.
- Georgalas, G.C., 1962. Catalogue of the Active Volcanoes of the World. Part XII – Greece. *International association in Volcanology*, Rome, p. 40.
- Gerard, A.J., 1992. *Soil Geomorphology: An Integration of Pedology and Geomorphology*. Chapman and Hall, London, pp. 260.
- Global Volcanism Program, 2003. Dept. of Mineral Sciences, Smithsonian Institution, Washington DC. <http://www.volcano.si.edu/gvp/>.
- Hailang, D., Frederickson, J.K., Kennedy, D.W., Zachara, J.M., Kukkadapu, R.K., Onstott, T.C. 2000. Mineral transformation associated with the microbial reduction of magnetite. *Chem. Geol.* 169. 299-318.
- Harden, J.W., 1982. A quantitative index of soil development from field descriptions: examples from a chronosequence in central California. *Geoderma* 28, 1-28.
- Innocenti, F., Manetti, P., Peccerillo, A., Poli, G., 1981. South Aegean Volcanic Arc: Geochemical Variations and Geotectonic Implications. *Bulletin of Volcanology* 44 (3), 377-391.
- Ito, S., Shoji, S., Saigusa, M., 1991. Classification of volcanic ash soils from Kosen district, Hokkaido, according to the last Keys to Soil Taxonomy (1990) (in Japanese with English summary). *Japanese Journal of Soil*

Science and Plant Nutrition 62, 237-247.

- Jelenska M., Hasso-Agopsowicz A., Kadzialko-Hofmokl M., Sukhorada A., Bondar K., Matviishina Zh., 2007. Magnetic iron oxides occurring in chernozem soil from Ukraine and Poland as indicators of pedogenic processes. *Stud. Geophys. Geod.*, 52, 255-270.
- Jenny, H., 1941. *Factors of soil formation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- Kimble, J.M., Ping, C.L., Sumner, M.E., Wilding, L.P., 2000. Andisols. In: Sumner, M.E., (Ed.), *Handbook of Soil Science*. CRC Press, pp. E209-E224.
- Kirkman, J.H., McHardy, W.J., 1980. A comparative study of the morphology, chemical composition and weathering of rhyolitic and andesitic glass. *Clay Minerals* 15, 165-173.
- Leamy, M.L., 1984. Andisols of the world. *Congreso Internacional de Suelos Volcanicos, Comunicaciones, Universidad de La Laguna Secretariado de Publicaciones, serie informes* 13, pp. 368-387.
- Lu, S.G. 2000. Lithological factors affecting magnetic susceptibility of subtropical soils, Zhejiang, China. *Catena* 40, 359-373.
- Maher, B.A. 1986. Characterization of soils by mineral magnetic measurements. *Phys. Earth Planet. Inter.* 42, 76-92.
- Maher, B.A. 1998. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications. *Palaeogeogr., Paleoclimatol., palaeocol.* 137, 25-54.
- Maher, B.A. Alekseev A. and Alekseeva T., 2003. Magnetic mineralogy of soils across the Russian Steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation. *Palaeogeogr., Paleoclimatol., palaeocol.* 201. 321-341.
- McLean, E., 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties*. Agron. 9. ASA, SSSA. Madison, W.I, USA, pp. 199-223.
- Mehra, O.P., Jackson, M.L., 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay minerals* 5, 317-327
- Mitropoulos, P., Tarney, J., Saunders, A.D., Marsh, N.G., 1987. Petrogenesis of Cenozoic volcanic rocks from the Aegean Island Arc. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 32, 177-193.
- Moustakas, N.K., Georgoulas, F.A., 2005. Soils developed on volcanic materials in the island of Thera, Greece. *Geoderma* 129, 125-138.

- Mullins, C.E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science – A review. *J. Soil Sci.* 28, 223-246.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2*, 2nd edition. Agronomy Monograph 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 539-579.
- Nicholls, I.A., 1971. Santorini volcano, Greece. Tectonic and petrochemical relationships with volcanics of the Aegean region. *Tectonophysics* 11, 377-385.
- Okamura, Y., Wada, K., 1983. Electrical charge characteristics of Ando (B) and Red-Yellow B soils and weathered pumices. *Journal of Soil Science* 34, 287-295.
- Owliaie H.R., Heck R.J., Abtahi A., 2005. The magnetic susceptibility of soils in Kohgilouye, Iran. *Can. J. Soil Sci.* 86, 97-107.
- Papazachos, B.C., 1973. Distribution of Seismic Foci in the Mediterranean and surrounding area and its tectonic implications. *Geophysical Journal International* 33, 421-430.
- Pe, G.G., Piper, D.J.W., 1972. Volcanism at subduction zones. The Aegean area. *Bulletin of the Geological Society of Greece* 9, 113-114.
- Pe-Piper, G., Piper, D.J.W., 2002. The igneous rocks of Greece, The anatomy of an orogen. *Beitrage regionalen geologie der erde. Gebruder borntraeger*, p. 409.
- Pichler, H., Kussmaul, S., 1972. Calc-alkaline Volcanic Rocks of the Santorini Group (Aegean Sea, Greece). *N. Jh. Miner. Abh.*, 116, 268-307.
- Rech, A. J., Reeves, W.R., Hendricks, M.D., 2001. The influence of slope aspect on soil weathering processes in the Springerville volcanic field, Arizona. *Catena* 43, 49-62.
- Schwertmann, U., 1985. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. *Advances in Soil Science* 1, 171-200.
- Schwertmann, U., Kodama H., Fischer W.R., 1986. Mutual interactions between organics and iron oxides. Pages 223-250 in P.M. Huang and M. Schnitzer, eds. *Interactions of soil minerals with natural organics and microbes*. SSSA, Special Publication vol.17 SSSA, Madison, WI.
- Schwertmann, U., Taylor, R.M., 1989. Iron oxides. In: Dixon, J.B., Weed S.B. (Eds.), *Minerals in Soil Environments*, 2nd ed., Soil Science Society of America. Madison, WI, pp. 379-438.
- Shoji, S., Fujiwara, Y., 1984. Active aluminum and iron in the humus horizons of Andosols from Northeastern Japan. Their forms, properties and significance in clay weathering. *Soil Science* 137, 216-226.

- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren R.A., 1993a. Volcanic ash soils. Genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21. Elsevier.
- Singer, M.J., Fine, P., 1989. Pedogenic factors affecting magnetic susceptibility of Northern California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53. 1119-1127.
- Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004. Soil Survey Investigations Report No.42, version 4.0, November 2004. United States Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for making and interpreting soil surveys, Second edition. *Agr. Hdbk.*, vol. 436, USDA.
- Soil Survey Staff, 2003. Keys to Soil Taxonomy, 9th edition. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Soil Survey Staff, 2006. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for making and interpreting Soil Surveys, Tenth edition. *Agr. Hdbk.*, vol. 436, USDA.
- Soutanto, R., De Conick, F., Doube, M., 1988. Mineralogy, Charge Properties and Classification of Soils on Volcanic Materials and Limestone in Central Java (Indonesia). State University Ghent, Belgium.
- Stanjek, H., Fassbinder, J.W.E., Vali, H., Wagele, H., Graf, W., 1994. Evidence of biogenic greigite (ferrimagnetic Fe₃S₄) in soil. *Eur. J. Soil. Sci.* 45. 97-103.
- Stonehouse, H.B. and R.J.St. Arnaud. 1971. Distribution of iron, clay and extractable iron and aluminum in some Saskatchewan soils. *Can. J. Soil. Sci.* 51:283-293.
- Suc, J.P., 1984. Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature* 307, 429-432.
- Thornwaite, C.W., 1933. The climates of the Earth, *Geogr. Rev.* New York. 23, 433-440.
- Traineau, H., Dalabakis, P., 1989. Mise en evidence d' une eruption phreatique historique sur l' ile de Milos (Grèce). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t.308, Serie II, 247-252.
- Varekamp, J.C., 1992. Some remarks on volcanic vent evolution during plinian eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 54, 309-318.
- Volentik, A., Vanderklysen, L., Principe, C., 2002. Stratigraphy of the caldera wals of Nisyros volcano, Greece. *Ecologiae Geologicae Helveticae* 95, 223-235.
- Vougioukalakis, G., 1993. Volcanic stratigraphy and evolution of Nisyros island. *Bulletin of the Geological Society of Greece* 28, 239-258.

- Wada, K., Higashi, T., 1976. The categories of aluminium and iron humus complexes in Ando soils determined by selective dissolution. *Journal of Soil Science* 27, 357-368.
- Αιγινίτης, Β., 1954. Το κλίμα της Κρήτης και η σταθερότητα του κλίματος της Ελλάδος από των Μινωικών χρόνων. *Πραγματείες Ακαδημίας Αθηνών*, τόμ. 18, αρ. 3.
- Βουγιουκαλάκης, Γ., 1992. Έκθεση γεωλογικών-ηφαιστειολογικών παρατηρήσεων για τη νήσο Νίσυρο. Ι.Γ.Μ.Ε., ΔΕΠΥ/Τμ. Γεωθερμίας.
- Βουγιουκαλάκης, Γ., 1998. Στα γαλάζια ηφαίστεια: Νίσυρος. Έκδοση του Συμβουλίου Περιοχής Νισύρου.
- Γιάσογλου, Ι.Ν., 1994. Μαθήματα Γεωργικής Χημείας (Εδαφολογία). Τόμος ΙΙ: Δυναμική και Γονιμότητα του Εδαφικού συστήματος, σελ. 159.
- Γεωργούλιας, Φ. 2008. Γένεση ηφαιστειακών εδαφών στις ελλαδικές συνθήκες. Διδακτορική διατριβή.
- Δάβη, Ε.Ν., 1967. Γεωλογική κατασκευή της Νισύρου και της νησίδος Γιαλί. Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών. Τόμος 42^{ος}, Αθήνα.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, 1991. Φύλλο Αίγινας, Κλίμακα 1:25000.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, 1980. Φύλλο Θήρας, Κλίμακα 1:50000.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, 1977. Φύλλο Μήλου, Κλίμακα 1:50000.
- Μουστάκας, Ν. 2000. Σημειώσεις στο μάθημα Γένεση Ταξινόμηση Εδαφών, Αθήνα.
- Μουστάκας, Ν. 2006. Περιγραφή Εδαφοτομής-Σύμβολο Χαρτογράφησης Εδαφών, Αθήνα.
- Μπαλαφούτης, Ι.Χ., Μαχαίρας, Χ., 1999. Γενική κλιματολογία με στοιχεία μετεωρολογίας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Φύτικας, Δ.Μ., 1977. Γεωλογική και γεωθερμική μελέτη της νήσου Μήλου. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Αθήνα