



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΤΟΥΜΠΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙ- ΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΧΡΙΣΤΙΝΑ Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπων: Αν. Καθ. Ι.Καραπαναγιώτης (Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακα-
δημία Θεσσαλονίκης)

Εξεταστική επιτροπή: Καθ. Ι. Λυριτζής (Πανεπιστήμιο Αιγαίου),
Αν. Καθ. Γ. Φακορέλλης (ΤΕΙ Αθήνας)

Ρόδος, Ιανουάριος 2018

Φωτογραφία Εξωφύλλου:

Κάθετη σειρά δομικού υλικού του προϊστορικού οικισμού Τούμπας Θεσσαλονίκης.

**ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥ-
ΝΗΣ:**

Η εργασία που παραδίδω είναι αποτέλεσμα πρωτότυπης έρευνας και δεν χρησιμο-
ποιώ πνευματική ιδιοκτησία τρίτων χωρίς αναφορές. Αναλαμβάνω όλες τις νόμιμες
και διοικητικές συνέπειες που δύναμαι να αντιμετωπίσω σε περίπτωση που η εργασία
μου αποδειχθεί ότι αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, σύμφωνα με τον Κανονισμό του Ι-
δρύματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	4
Περίληψη/Abstract	5
Εισαγωγή	6
Θεωρητικό Μέρος	
Κεφάλαιο 1.Η Επιστήμη της Γεωαρχαιολογίας	7
Κεφάλαιο 2.Ιζήματα	7
2.1 Φυσικά ιζήματα	8
2.1.1 Κλαστικά ιζήματα	8
2.1.2 Οργανικά ιζήματα	10
2.1.3 Χημικά/Βιοχημικά Ιζήματα	10
2.2 Αρχαιολογικά ιζήματα	11
Κεφάλαιο 3.Πηλός	14
Κεφάλαιο 4.Οικισμός Τούμπας Θεσσαλονίκης	16
4.1 Περιγραφή Οικισμού	17
4.2 Ανασκαφή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης	19
Κεφάλαιο 5 ^ο : Φασματοσκοπικές Μέθοδοι	20
Κεφάλαιο 6 ^ο : Φασματοσκοπία ακτίνων X Φθορισμού	20
6.1 Ανακάλυψη και εξέλιξη της φασματοσκοπίας ακτίνων X	20
6.2 Αρχή Φασματοσκοπίας Ακτίνων X Φθορισμού	21
6.3 Οργανολογία της ακτινοβολίας X φθορισμού	22
6.4 Ανάλυση χημικών στοιχείων	23
6.5 Εφαρμογή σε αρχαιολογικά υλικά	23
6.6 Πλεονεκτήματα της Φασματοσκοπίας Ακτίνων X Φθορισμού	24
Κεφάλαιο 7 ^ο : Φασματοσκοπία υπερύθρου	25
7.1 Ανακάλυψη και εξέλιξη της φασματοσκοπίας υπερύθρου	25
7.2 Αρχή Φασματοσκοπίας υπερύθρου	25
7.3 Κατηγορίες Δονήσεων	26
7.4 Κατηγορίες Δειγμάτων	26
7.5 Κατηγορίες Φασμάτων	27

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

7.6 Οργανολογία φασματοσκοπίας υπερύθρου	28
7.7 Φασματοσκοπία υπερύθρου με χρήση μετασχηματισμών Fourier	29
Πειραματικό Μέρος:	
Κεφάλαιο 1: Μεθοδολογία εξέτασης και πειραματικά δεδομένα του δομικού υλικού του αρχαιολογικού οικισμού της Τούμπας Θεσσαλονίκης	31
1.1 Δειγματοληψία	31
1.2 Μακροσκοπική εξέταση	32
1.3 Οπτική Μικροσκοπική εξέταση	33
1.4 Φασματοσκοπία Ακτίνων Χ Φθορισμού	34
1.5 Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με χρήση μετασχηματισμών Fourier	35
Κεφάλαιο 2 : Αποτελέσματα	36
2.1 Αποτελέσματα Μακροσκοπικής Εξέτασης	36
2.2 Αποτελέσματα Οπτικής Μικροσκοπικής Εξέτασης	46
2.3 Αποτελέσματα Φασματοσκοπίας Ακτίνων Χ Φθορισμού	56
2.4 Αποτελέσματα Υπέρυθρης Φασματοσκοπίας με χρήση μετασχηματισμών Fourier	76
2.5 Σχολιασμός αποτελεσμάτων	96
2.5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων XRF	96
2.5.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων FTIR	98
Συμπεράσματα	98
Βιβλιογραφία	100

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες» από το τμήμα Μεσογειακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Αιγαίου με έδρα την Ρόδο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου Αν. Καθηγητή Ι. Καραπαναγιώτη για την βοήθεια του στην εύρεση του υλικού μελέτης και για την παραχώρηση των εργαστηρίων της Ανώτατης Εκκλησιαστικής Ακαδημίας Θεσσαλονίκης για την εφαρμογή των φασματοσκοπικών τεχνικών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ομότιμο Καθηγητή Προϊστορικής Αρχαιολογίας και διευθυντή της πανεπιστημιακής ανασκαφής της Τούμπας Θεσσαλονίκης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κ. Στέλιο Ανδρέου για την παραχώρηση του υλικού και την υποψήφια διδάκτωρ Στέλλα Κυριλλίδου για την βοήθεια της στην επιλογή του υλικού.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την χημικό- συντηρήτρια Σβετλάνα Βιβντενκο για την βοήθεια της στην λήψη των αναλύσεων της Φασματοσκοπίας ακτίνων Χ Φθορισμού (XRF) και τον χημικό Δημήτριο Λαμπάκη για τη βοήθεια του στην λήψη των αναλύσεων της Φασματοσκοπίας Υπερύθρου με την χρήση Μετασχηματισμών Fourier (FTIR), καθώς και την υποψήφια διδάκτωρ Λαμπρινή Μαλετζίδου για την υποστήριξη και τις εύστοχες παρατηρήσεις στην επεξεργασία των δεδομένων, αλλά και τον χημικό Ιωάννη Ναζλή για την βοήθεια του στην επεξεργασία των φασμάτων.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την καθημερινή υποστήριξη, που έδειχναν σε όλο αυτό το διάστημα συγγραφής της εργασίας, ιδιαίτερα τους συμφοιτητές μου Νίκο Δασκαλάκη και Χριστίνα Παπαδοπούλου για τις αμέτρητες ώρες τηλεφωνικής επικοινωνίας, την Λένα και τον Αντώνη μου, που είναι πάντα δίπλα μου.

Η παρούσα εργασία είναι αφιερωμένη στους γονείς μου για την μόνιμη στήριξη και εμπιστοσύνη, που δείχνουν σε κάθε νέο μου εγχείρημα

Χριστίνα Α. Παπαδοπούλου

Ρόδος, Ιανουάριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως θέμα την μελέτη του δομικού υλικού του αρχαιολογικού οικισμού Τούμπας Θεσσαλονίκης με τη χρήση φασματοσκοπικών μεθόδων. Για την πραγματοποίηση της εργασίας αναλύθηκαν 20 δείγματα οικοδομικού υλικού. Συγκεκριμένα συλλέχθηκαν 8 δείγματα πλιθιών (Δείγματα 1-8), 2 δείγματα συνδετικού υλικού(Δείγματα 18-19) και ένα δείγμα επιχρίσματος (Δείγμα 20) από τον λόφο της Τούμπας και 9 δείγματα πλιθιών(Δείγματα 9-17), που είχαν συλλεχθεί κατά τις προηγούμενες ανασκαφικές περιόδους.

Τα δείγματα αναλύθηκαν με τις φασματοσκοπικές μεθόδους ακτίνων Χ Φθορισμού (XRF) και υπέρυθρης ακτινοβολίας με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FTIR). Τα συμπεράσματα των αναλύσεων αφορούν στην αναγνώριση της χημικής και ορυκτολογικής σύστασης του δομικού υλικού. Η εργασία αυτή συμβάλει στον εμπλουτισμό των γνώσεων για το προϊστορικό οικισμό της Τούμπας Θεσσαλονίκης.

ABSTRACT

Aim of this paper is to study and analyse the building material from the archaeological site of Toumba Thessaloniki with the use of X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). 11 samples of mudbricks and plaster were selected from the site and 9 other samples of mudbricks were chosen from the past excavations. The use of XRF and FTIR will provide the data for the chemical and mineralogical composition of the building materials. These analyses will provide new information for the prehistoric site of Toumba Thessaloniki.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως θέμα την μελέτη του δομικού υλικού του αρχαιολογικού οικισμού Τούμπας Θεσσαλονίκης με τη χρήση φασματοσκοπικών μεθόδων.

Η μελέτη των δομικών υλικών αποτελεί ένα πεδίο, με το οποίο λίγοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί, καθώς το ενδιαφέρον των περισσότερων επικεντρώνεται στις κατασκευαστικές τεχνικές, ενώ υπάρχει και η πεποίθηση ότι τα οικοδομικά υλικά μιας αρχαιολογικής θέσης δεν ανήκουν στην κατηγορία των πολιτισμικών αντικειμένων απόδειξης κοινωνικής ταυτότητας (Love, 2012). Στην πραγματικότητα η μελέτη του οικοδομικού υλικού μπορεί να δώσει ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών σχετικά με τη κοινωνική ζωή, το περιβάλλον, το εμπόριο και τις κατασκευαστικές πρακτικές. Το γεγονός αυτό καθιστά τη μελέτη των δομικών υλικών επιτακτική, καθώς μέσα από αυτά, γίνεται γνωστή η τεχνολογία της εποχής.

Οι έρευνες που έχουν γίνει μέχρι τώρα για τα δομικά υλικά επικεντρώνονται κυρίως στην Ανατολή και την Αίγυπτο, όπου οι συνθήκες διατήρησης του οικοδομικού υλικού είναι καλές, ενώ το σύνθημα κίνητρο ήταν η συντήρηση του, το οποίο εξαιτίας της φύσης του ήταν επιρρεπές στη φθορά του χρόνου και των καιρικών συνθηκών.

Κατά την νεολιθική εποχή η χρήση του πηλού στην αρχιτεκτονική της Ανατολίας ήταν εκτεταμένη, με αποτέλεσμα να χαρακτηριστεί η νεολιθική εποχή ως η εποχή του πηλού. Με τη χρήση των πλίνθων στην αρχιτεκτονική σηματοδοτείται η μετάβαση από κυκλικές σε ορθογώνιες κατασκευές (Love, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΓΕΩΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

Η γεωαρχαιολογία είναι κλάδος της επιστήμης της αρχαιολογίας και ορίζεται ως η εφαρμογή μεθόδων, πρακτικών και εννοιών των επιστημών της γης για την επίλυση αρχαιολογικών προβλημάτων (Καρκάνας, Π. 2010).

Η πρώτη αναφορά της επιστήμης της γεωαρχαιολογίας ως έννοιας έγινε το 1973 από τον Renfrew, ο οποίος υποστήριξε ότι η γεωαρχαιολογία έχοντας ως όπλα τη γνώση των ιζημάτων, των εδαφών και του ανάγλυφου, μπορεί να μελετήσει διεξοδικά το πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται τα αρχαιολογικά ευρήματα, όπως τα κριτήρια επιλογής μιας θέσης, ο σχηματισμός, η διατήρηση και η εγκατάλειψης της. Πρόκειται για μία νέα σκοπιά της αρχαιολογίας, η οποία δεν περιορίζεται στην μελέτη του αρχαιολογικού αντικειμένου είτε μεμονωμένα είτε ως συνόλου, αλλά στη μελέτη των αποθέσεων, που έχουν δημιουργηθεί μέσα από φυσικές και πολιτισμικές επιλογές και το πλαισιώνουν.

Η μελέτη των ανθρωπογενών αποθέσεων σε σχέση με τις φυσικές αποθέσεις και τους πολιτισμικούς παράγοντες της εκάστοτε θέσης προσδίδουν στην ερμηνεία της ανθρώπινης δραστηριότητας μία νέα προσέγγιση, καθώς η κατανόηση των αποθέσεων αυτών αντανακλά συγκεκριμένες πρακτικές και τρόπους ζωής (Καρκάνας, 2010, 20).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΖΗΜΑΤΑ

Ο όρος ίζημα στην επιστήμη της γεωλογίας αναφέρεται στα υλικά που συσσωρεύονται και αποτίθενται στην επιφάνεια της γης μέσα από φυσικές, χημικές/βιολογικές διαδικασίες. (Καρκάνας, 2010, 86). Εκτός από τα παραπάνω φυσικά ιζήματα, υπάρχουν και τα ανθρωπογενή, που αποτελούν το προϊόν της ανθρώπινης δραστηριότητας στο χώρο εγκατάστασης με ενέργειες όπως η μεταβολή και η αναδιανομή των φυσικών αποθέσεων.

Μέσω φυσικών και χημικών διεργασιών ξεκινάει η διαδικασία της αποσύνθεσης και διάσπασης των πετρωμάτων (αποσάθρωση) και ο σχηματισμός των ιζηματογενών αποθέσεων λαμβάνει χώρα. Παράγοντες όπως το νερό, η μεταβολή της θερμοκρασίας και τα φυτά είναι οι κύριοι λόγοι που οδηγούν τα πετρώματα στην αποσάθρωση .

Συγκεκριμένα ο παράγοντας του κλίματος είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς σε ψυχρά περιβάλλοντα, οι πόροι του πετρώματος καλύπτονται από χιόνι, οδηγώντας το σε διάρρηξη, ενώ σε υγρά περιβάλλοντα η υγρασία προκαλεί τη χημική διάσπαση των αρχικών ορυκτών των πετρωμάτων.

Κατά την ανασκαφή ενός αρχαιολογικού χώρου παρατηρεί κανείς ότι τα αρχαιολογικά αντικείμενα είτε πρόκειται για αρχιτεκτονικές κατασκευές είτε για κινητά ευρήματα όπως αγγεία εντοπίζονται θαμμένα μέσα σε ιζηματογενείς αποθέσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τον απλοϊκό όρο «χώμα». Οι αποθέσεις αυτές διακρίνονται με βάση τη διαδικασία δημιουργίας του σε τρεις κατηγορίες: τις αποθέσεις από φυσικές διαδικασίες, που δεν εμφανίζουν καθόλου αρχαιολογικά υλικά, όπως ένα λεπτό πλημμυρικό στρώμα, τις αποθέσεις από φυσικές διαδικασίες, στις οποίες εντοπίζονται αρχαιολογικά υλικά και στις αποθέσεις, που είναι το αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας όπως εστίες. Η μελέτη τους κρίνεται επιτακτική, προκειμένου να υπάρξει καλύτερη κατανόηση του αρχαιολογικού πλαισίου(Καρκάνας,2010,366).

2.1 Φυσικά ιζήματα

Τα φυσικά ιζήματα αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα υλικά, τα οποία έχουν αποθεθεί στην επιφάνεια της γης τόσο μέσω φυσικών διαδικασιών όπως η μεταφορά και απόθεση από τον αέρα και το νερό, όσο και μέσω χημικών διαδικασιών όπως η καθίζηση και η μεταφορά σε μορφή χημικών διαλυμάτων (Καρκάνας, 2010, 87). Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: α) κλαστικά, β) οργανικά και γ)χημικά/βιοχημικά.

2.1.1 Κλαστικά ιζήματα

Τα κλαστικά ιζήματα αποτελούνται από πετρώματα, ορυκτά και οργανικά υλικά που αποτέθηκαν με φυσικούς τρόπους μεταφοράς (νερό, αέρας, βαρύτητα) και είναι τα επικρατέστερα σε μία αρχαιολογική θέση.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση τα πετρώματα προέλευσης των κλαστικών ιζημάτων είναι α) τα εκρηξιγενή ή πυριγενή ή μαγματικά πετρώματα όπως οψιανός και βασάλτης, που δημιουργούνται από την κρυστάλλωση του υγρού μάγματος, που λαμβάνει χώρα είτε σε μεγάλος βάθος στο εσωτερικό της γης είτε στην ηφαιστειακή επιφάνεια, β) τα ιζηματογενή πετρώματα όπως ο ασβεστόλιθος και ο ψαμμίτης, τα οποία δημιουργούνται μετά την απόθεση υλικών στην επιφάνεια της γης και στερεοποίησης τους από την δράση υπεδαφικών νερών και γ) τα μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία είναι πετρώματα των δύο προηγούμενων κατηγοριών, που όταν βρεθούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, υπόκεινται σε ορυκτολογικές και χημικές αλλαγές π.χ. χαλαζίτης από τον ψαμμίτη (Καρκάνας, 2010, 89).

Με κριτήρια όπως οι φυσικές διαδικασίες δημιουργίας του ιζήματος και τον τόπο χρήσης και κίνησης, τα κλαστικά ιζήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: α) αιολικά (ανεμογενή) ιζήματα, τα οποία μεταφέρονται με τον αέρα είτε με αναπήδηση ή σύρσιμο στην περίπτωση των μεγαλύτερων υλικών από το μέγεθος της ιλύος (>63 μικρά) και σχηματίζουν καλύμματα άμμου, αμμορυτίδες και αιολικές θίνες, είτε μέσω θυελλών για υλικά μικρότερα από το μέγεθος της ιλύος, που καταλήγουν σε αποθέσεις σκόνης, αιολικής ιλύς, η οποία είναι γνωστή ως ασβεστούχος πηλός. Συνήθως τα αιολικά ιζήματα χαρακτηρίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την παρουσία αποστρογγυλεμένων κόκκων χαλαζία, ασβεστίτη, αστρίων και βαρέων ορυκτών όπως ο αιματίτης και το ζιρκόνιο, ενώ διακρίνονται και κρύσταλλοι μαρμαρυγιών. Το χρώμα τους είναι τεφρό-τεφροκίτρινο εξαιτίας του χαλαζία και του ασβεστίτη, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις ερυθρωπού χρώματος εξαιτίας της επικάλυψης της άμμου με άργιλο. β) ποτάμια ιζήματα, τα οποία μεταφέρονται με το νερό μέσω συρσίματος ή κύλισης, αιώρησης και αναπήδησης, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις, όπου το υλικό έχει τη μορφή διαλύματος. Στις υπερόχθιες αποθέσεις εντοπίζονται λεπτομερή υλικά όπως ιλύ, άργιλος και οργανικά στοιχεία, σε αντίθεση με τις αποθέσεις κοίτης, όπου τα ιζήματα είναι χονδρόκοκκα, όπως χονδρόκοκκη άμμος και κροκάλες με τη χαρακτηριστική ελλειψοειδή μορφή. Σε ότι αφορά το χρώμα, τα ποτάμια ιζήματα διακρίνονται για τις σκοτεινόχρωμες, ερυθρωπές ή πολύχρωμες συγκεντρώσεις σιδήρου, οι οποίες προέκυψαν από το φαινόμενο της οξειδοαναγωγής από τη διακύμανση του υπεδαφικού νερού (Καρκάνας, 2010, 105). γ) αποθέσεις κλιτύος, όπου ανήκουν οι σωροί λίθων (talus), τα πλευρικά κορήματα, οι λασποροές (mudflow), οι στρωματοροές (sheet flood), ο ερπυσμός κορημάτων κεκορεσμένων με νερό (solifluction), οι

ροές κορημάτων ή δεβριτικές ροές (debris flow), οι χειμάρριες αποθέσεις κοίτης και τα επιφανειακά ξεπλύματα (sheetwash, overland flow). (Καρκάνας, 2010, 106)
δ) κρουοκλαστικά ιζήματα, τα οποία εντοπίζονται σε αρχαιολογικές θέσεις του Πλειστόκαινου, όπως είναι τα σπήλαια και δημιουργούνται από την θραύση του πετρώματος κατά το φαινόμενο της πήξης και τήξης του πάγου, που έχει καλύψει τους πόρους του πετρώματος. ε) παγετώδης αποθέσεις, δηλαδή αποθέσεις που προέκυψαν από την αποσάθρωση και μετακίνηση πετρωμάτων από λάτυπες και άργιλο, πάνω στα οποία κινείται ο παγετώνας. Οι παγετώδεις αποθέσεις ονομάζονται τιλλίτες (till). στ) παράκτια ιζήματα, που δημιουργούνται από τα κύματα σε θάλασσες και λίμνες. Χαρακτηρίζονται από τις υψηλές συγκεντρώσεις σε θραύσματα θαλάσσιων οστράκων, ενώ ένα στοιχείο που τα διαφοροποιεί από τα ποτάμια ιζήματα, είναι η απουσία της αργίλου. ζ) λιμναία/ λιμνοθαλάσσια κλαστικά ιζήματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από την εναλλαγή ιλυούχων ή αργιλοπλούσιων στρωμάτων με οργανικές αποθέσεις

2.1.2 Οργανικά ιζήματα

Πρόκειται για ιζήματα, τα οποία δημιουργούνται όταν ο ρυθμός κλαστικής ιζηματογένεσης είναι μικρότερος από τον ρυθμό προσφοράς του οργανικού υλικού. Τα στρώματα τύρφης ανήκουν στα οργανικά ιζήματα και αποτελούνται από σκουρόχρωμα και αποσυντιθέμενα φυτικά κατάλοιπα. Εντοπίζονται σε εκτεταμένες συγκεντρώσεις λιμνάζοντος νερού και στις παρυφές λιμνών και λιμνοθαλασσών (Καρκάνας, 2010, 114).

2.1.3 Χημικά/Βιοχημικά Ιζήματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκει ένας μεγάλος αριθμός πετρωμάτων όπως ασβεστόλιθοι, εβαπορίτες, πυριτόλιθοι, δολομίτες, τραβερτίνες κ.α. Ανθρακικά ορυκτά όπως ο ασβεστίτης που εντοπίζεται σε λιμναία περιβάλλοντα και οι τραβερτίνες σε ποτάμια περιβάλλοντα κυριαρχούν. Ο ασβεστίτης είναι το σημαντικότερο ανθρακικό ορυκτό. Όταν το μέγεθος του είναι μικρότερο από 10 μικρά, ονομάζεται μικρίτης, ενώ σπαρίτης είναι η ονομασία του, όταν το μέγεθος του είναι μεγάλο.

Ο τραβερτίνης δημιουργείται από την απόθεση ασβεστίτη σε νερό πλούσιο σε ασβέστιο και ανθρακικά. Ανάλογα με τον τόπο σχηματισμού του, παίρνει τη μορφή καταρρακτών, φραγμάτων, κεκλιμένων θόλων κ.α.

Στα σπήλαια η παρουσία ανθρακικών ορυκτών οδηγεί στη δημιουργία σταλακτικών και σταλαγμιτών. Συγκεκριμένα η εξάτμιση του νερού (πλούσιο σε ανθρακικά), δημιουργεί στην οροφή του σπηλαίου σταλακτίτες, ενώ το νερό που πέφτει από τους σταλακτίτες στο έδαφος, δημιουργεί τους σταλαγμίτες.

2.2 Αρχαιολογικά ιζήματα

Η επιστήμη της αρχαιολογίας ορίζει το ιζήμα ως μια απόθεση που έχει προκύψει από το νερό και το χώμα ως ένα χαλαρό υλικό, πλούσιο σε άργιλο, το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι επιστήμες της γης(ιζηματολογία, γεωλογία, εδαφολογία κ.α.) ορίζουν το ιζήμα ως τα υλικά που συσσωρεύονται και αποτίθενται στην επιφάνεια της γης μέσα από φυσικές, χημικές/βιολογικές διαδικασίες. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου επηρεάζουν τις φυσικές/χημικές/βιολογικές αποθέσεις, με αποτέλεσμα τα αρχαιολογικά ιζήματα να θεωρούνται σύμμεικτες αρχαιολογικές και φυσικές αποθέσεις.

Επομένως ως αρχαιολογικά ιζήματα ορίζονται όλα τα οργανικά και ανόργανα υλικά, τα προϊόντα, παράγωγα και υπολείμματα τους, που δημιουργούνται από τον άνθρωπο μέσα από πολιτισμικές διαδικασίες και περιλαμβάνουν υλικά που σκοπό έχουν την κατασκευή οικοδομημάτων, εργαλείων, χρηστικών αντικειμένων για την επεξεργασία και κατανάλωση τροφής, τον ρουχισμό, την διακόσμηση, αλλά και υλικών που προορίζονταν ως καύσιμη ύλη, δηλαδή υλικών που η μελέτη τους μπορεί να συμβάλει στη γνώση και κατανόηση των φυσικών διεργασιών, που συνέβαιναν σε μία θέση. (Καρκάνας, 2010, 129-130).

Τα αρχαιολογικά ιζήματα που εντοπίζονται σε μεγάλη ποσότητα σε μία αρχαιολογική θέση είναι: α)υπολείμματα καύσης, όπως στάχτες, κάρβουνα και φυτόλιθοι. Οι στάχτες αποτελούνται από ανθρακικό ασβέστιο και αναγνωρίζονται ως ένα λευκό έως λευκότεφρο στρώμα, πολύ μαλακό και χαλαρό, που εντοπίζεται κοντά σε εστίες ή σε κατασκευές που μπορούν να ερμηνευθούν ως χώροι εστίας. Ακόμη η ταυτοποίηση στρώματος στάχτης μπορεί να γίνει, όταν σε μία αρχαιολογική θέση εντοπίζεται ασβεστιτικό υλικό μαζί με φυτόλιθους και κάρβουνα. Τα κάρβουνα αποτελούν το προϊόν της ατελούς καύσης του ξύλου και χαρακτηρίζονται από το μαύρο χρώμα με τη μεταλλική όψη. Σε πολλές περιπτώσεις μη καμένα φυτικά υπολείμματα, τα οποία βρίσκονται σε κατάσταση αποσύνθεσης λανθασμένα ταυτοποιούνται ως κάρβουνα. Οι φυτόλιθοι είναι μικροσκοπικές μορφές οπαλίου, που εντοπίζονται σε πολύ μεγάλες

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ποσότητες στα αγρωστώδη φυτά και λιγότερο στα ξυλώδη μέρη των φυτών. Αφού ολοκληρωθεί η τέλεια καύση του φυτού, ο φυτόλιθος είναι το μόνο στοιχείο, που μπορεί να μαρτυρήσει την παρουσία του φυτού. (Καρκάνας, 2010, 130-133) β)οργανικά κατάλοιπα όπως στρώματα κοπριάς και χώροι απορριμμάτων. Η μελέτη της μικροσκοπική δομής των περιττωμάτων μπορεί ταυτοποιήσει συγκεκριμένα είδη ζώων, καθώς και τα φυτικά υλικά που κατανάλωναν τα φυτοφάγα ζώα. Η κοπριά εντοπίζεται ως υλικό καύσης σε χώρους όπως οι βραχοσκεπές, ενώ χρησιμοποιούταν και στην αρχιτεκτονική ως υλικό κατασκευών, γιζήματα αρχιτεκτονικών κατασκευών όπως ωμές πλίνθοι, δάπεδα από πηλό και κονιάματα.

Οι πλίνθοι κατασκευάζονται από καθαρή λιμναία, ποτάμια, αλλουβιακή ιλύ ή και αργιλοϊλύ. Για την ενίσχυση της σταθερότητας τους χρησιμοποιούταν άχυρο. Το άχυρο έδινε στις πλίνθους την δυνατότητα, να στεγνώσουν χωρίς να σπάσουν, ενώ εξαιτίας της αποσύνθεσης του, φέρουν επιμήκεις στρογγυλές οπές. Η προσθήκη της άμμου και φυτικών συνδετικών υλικών προσδίδει στην πλίνθο εσωτερική πλαστικότητα, με αποτέλεσμα, όταν ξεραθεί, να μην θρυμματίζεται.

Οι πλίνθοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στις οπτές πλίνθους, δηλαδή πλίνθους, που έχουν ψηθεί σε καμίνι και έχουν την υφή κεραμικού και στις ωμές πλίνθους, που έχουν ξεραθεί στον ήλιο. Οι οπτές πλίνθοι, εξαιτίας του ψησίματος, αποκτούν ανθεκτικότητα, σε αντίθεση με τις ωμές, που αποσαθρώνονται εύκολα. Ένα συνηθισμένο φαινόμενο σε αρχαιολογική θέση είναι η παρουσία μισοψημένων πλιθιών, που είχαν χρησιμοποιηθεί ως οικοδομικό υλικό ξεραμένο στον ήλιο και στην διάρκεια κάποιας πυρκαγιάς, που έπληξε τον οικισμό, κάηκαν, με αποτέλεσμα να διατηρηθούν στο πέραςμα του χρόνου. Τα υλικά που συνθέτουν μια πλίνθο είναι άμμος σε συγκέντρωση 60%, ιλύς 20% και πηλός 20%. Σε περιπτώσεις όπου ο πηλός φτάνει το 40% , υπάρχει πρόβλημα, καθώς η πλίνθος μπορεί να σπάσει (Love, 2013).

Η συνταγή των πλίνθων περιλαμβάνει και άλλα συστατικά όπως κάρβουνο, όστρεα, οστά ζώων και σε κάποιες περιπτώσεις φολίδες οψιανού. Κατά την εξέταση των πλίνθων υπό το πρίσμα της αρχαιομετρίας έχουν εντοπιστεί ορυκτά όπως χαλαζίας(quartz) , ασβεστίτης(calcite), πυριτόλιθος (chert), βασάλτης (basalt), γύψος (gypsum), γρανίτης (granite), αστρίοι (feldbars), αλλά και μαρμαρυγία (mica), αμφιβολίτης (hornblade), γρανάτης (garnet), ελαφρόπετρα (pumice). Το χρώμα τους καθορίζεται από δύο παράγοντες: από τη φύση του ιζήματος και από την ανάμειξη των υλικών (Love S. 2013).

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Η κατασκευή των πλίνθων ήταν μια σύνθετη διαδικασία που περιλάμβανε πολλούς ανθρώπους, πρόσβαση σε υλικά και εξωτερικούς χώρους, καθώς πρόκειται για μια δραστηριότητα που γινόταν σε εξωτερικό χώρο κοντά στην περιοχή ανέγερσης του κτιρίου που θα χρησιμοποιούνταν. Οι πλίνθοι κατασκευάζονταν με το χέρι, αλλά και με ξύλινο καλούπι, που είναι γνωστό ήδη από την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού. Όταν το μείγμα είναι σε υγρή κατάσταση και έχει δουλευτεί καλά σε καλούπι, η δυνατότητα διάκρισης μικροσκοπικών δομών μικροστρωμάτωσης, αλλά και κοκκομετρικής διαβάθμισης και ταξινόμησης είναι εφικτή (Καρκάνας, 2010, 136).

Μετά το πλάσιμο, οι ωμές πλίνθοι στέγνωναν στον ήλιο συχνά πάνω σε άχυρο, προκειμένου κατά την απομάκρυνση τους από το έδαφος να μην κολλήσει η κάτω επιφάνεια τους (Nodarou, E., Frederick, C., Hein, A. 2008). Στη συνέχεια τοποθετούνταν πάνω σε χαμηλή λίθινη βάση σε οριζόντιες στρώσεις με παχύ στρώμα πηλοκονιάματος στους οριζόντιους αρμούς (Πολύβου Κ. 2005).

Τα πηλοκονιάματα είναι κατασκευασμένα από τα ίδια υλικά με τις πλίνθους (άμμος, άργιλος, ιλύς), αλλά το μείγμα τους δεν είναι τόσο καθαρό όσο στις πλίνθους και χρησιμοποιούνταν στην αρχιτεκτονική για την σύνδεση των λίθων ή των πλίνθων. Πρόκειται για ένα αρκετά συμπαγές υλικό, ετερογενές με σχετικά λίγους πόρους, που δημιουργήθηκαν κατά το πλάσιμο του. Σύμφωνα με τους αρχαίους Έλληνες τα κονιάματα προέκυπταν από την καύση του ασβεστόλιθου και την ανάμειξη του με άμμο, νερό και οργανικά υλικά όπως η κοπριά, στάχτη, άχυρα και υπολείμματα τροφών. Η καύση του ασβεστόλιθου για την παραγωγή κονιάματος είναι μία πρακτική, που ήταν γνωστή στην Ανατολία ήδη από την Μεσολιθική εποχή, ενώ κατά την Νεολιθική εποχή έγινε ευρέως γνωστή και στον ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα όταν ο ασβεστόλιθος καίγεται σε θερμοκρασία κοντά στους 900°C, χάνει το διοξείδιο του άνθρακα και μετατρέπεται σε οξείδιο του ασβεστίου(CaO). Έπειτα αναμειγνύεται με νερό και δημιουργείται ένα μείγμα που ονομάζεται σβησμένος ασβέστης (Ca(OH)₂). Κατά την ξήρανση του, έρχεται σε επαφή με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, αποβάλλει νερό και γίνεται ξανά ασβεστόλιθος(Ca(OH)₂) (Καρκάνας,2010,136-138).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΗΛΟΣ

Ο πηλός ή άργιλος είναι το πιο συνηθισμένο υλικό που συναντά κανείς σε μία αρχαιολογική θέση, καθώς αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή της κεραμικής. Η μελέτη του στον αρχαιολογικό κόσμο είναι ευρεία, καθώς μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την καθημερινή ζωή και το κοινωνικό/οικονομικό πλαίσιο της εκάστοτε θέσης.

Τα ορυκτά της αργίλου είναι ένυδρες ενώσεις με βασικά χημικά συστατικά αργίλιο (Al), πυρίτιο (Si) και νερό. Τα άτομα του πυριτίου και του οξυγόνου σχηματίζουν τετράεδρα, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω κοινών οξυγόνων και σχηματίζουν «φύλλα». Τα φύλλα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο, δημιουργώντας τους κρυστάλλους των αργιλικών ορυκτών. Ο αριθμός των φύλλων και ο τρόπος τοποθέτησης τους διακρίνει τα ορυκτά της αργίλου σε δύο ομάδες: μία ομάδα με ορυκτά από δύο φύλλα (τετράεδρο πυριτίου και οκτάεδρο αργιλίου) και μία ομάδα ορυκτών με τρία φύλλα (δύο τετράεδρα πυριτίου και ένα οκτάεδρο αργιλίου). Οι κρύσταλλοι των αργιλικών ορυκτών δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Το σχήμα τους είναι πλακώδες και εξαιτίας της φυλλόμορφης δομής τους, ονομάζονται φυλλοπυριτικά ορυκτά. Οι διαφορετικοί τύποι αργιλιτικών ορυκτών οφείλονται στην εισχώρηση ιόντων σιδήρου, μαγνησίου, νατρίου, ασβεστίου, αλλά και άλλων χημικών στοιχείων, που αντικαθιστούν τα ιόντα αργιλίου στα οκτάεδρα ή καλύπτουν κενά για την εξισορρόπηση του ηλεκτρικού φορτίου. (Κυριατζή, 2000,32-33).

Με κριτήριο τη θέση τους σε σχέση με το μητρικό πέτρωμα οι αργιλικές αποθέσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τους πρωτογενείς και δευτερογενείς αργίλους.

Οι πρωτογενείς άργιλοι βρίσκονται στην ίδια θέση με το μητρικό πέτρωμα και περιέχουν μεγάλη ποσότητα χονδρόκοκκου υλικού, δηλαδή θραύσματα του μητρικού πετρώματος, που δεν αποσαθρώθηκε πλήρως και οργανικά συστατικά σε χαμηλή περιεκτικότητα, ενώ χαρακτηρίζονται από χαμηλή πλαστικότητα.

Οι δευτερογενείς άργιλοι βρίσκονται σε απόσταση από το μητρικό πέτρωμα. Ο σχηματισμός τους προέκυψε από υλικά, που μεταφέρθηκαν μέσω θαλάσσης, αέρα, ποταμών ή χειμάρρων. Κατά την μεταφορά τους η ταξινόμηση των υλικών γίνεται

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

κατά βάρος, εμφανίζοντας ομοιογένεια στην κοκκομετρία. Αποτελούνται από λεπτόκοκκα υλικά και οργανικά συστατικά(φυτικά και ζωικά κατάλοιπα) σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τους πρωτογενείς αργίλους (Κυριατζή, 2000, 34-35).

Με βάση τις προσμίξεις που περιέχουν διακρίνονται σε α)σιδηρούχοι άργιλοι, εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης οξειδίων του σιδήρου με χαρακτηριστικό χρώμα που κυμαίνεται από κίτρινο με καφέ, β) μαργαϊκοί με συγκέντρωση άμμου και ασβεστολιθικού υλικού και γ)αμμώδεις άργιλοι, με μεγάλη συγκέντρωση άμμου και χαρακτηριστική μικρή πλαστικότητα (Λαμπρόπουλος, Παπαθανασίου, Νταλούκα, Χατζηδάκη, 29).

Με βάση την ορυκτολογική του σύσταση διακρίνεται σε πέντε κατηγορίες: τον καολίνη, ιλλίτη, μοντμοριλονίτη, βερμικουλίτη και πολυγορσκήτη. Ο καολίνης ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος πηλού, που δημιουργείται από την φυσική και χημική κατάρρευση των ορυκτών αστρίου, όταν τα οξείδια του νατρίου και καλίου προσβάλλονται και γίνονται διαλυτά από οξέα που βρίσκονται μέσα στο έδαφος.(Λυριτζής, 2010 43-44).

Εξαιτίας του τρόπου σχηματισμού του, δεν βρίσκεται στη φύση ποτέ σε καθαρή μορφή, αλλά σχεδόν πάντα εμπεριέχει αναλλοίωτους κόκκους αστρίων και πετρώματα αστρίων όπως είναι ο χαλαζίας και η μαρμαρυγία, αλλά και προσμίξεις υλικών όπως ο σίδηρος και το ασβέστιο. Οι αστρίοι είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά με περιεκτικότητα του διοξειδίου του πυριτίου να κυμαίνεται από 43%-65% και τα χημικά στοιχεία κάλιο, νάτριο και ασβέστιο σε διαφορετικές αναλογίες.

Ο καολίνης αποτελείται από μικρούς πλακοειδής κρυστάλλους ως είδος επάλληλων στρώσεων 1:1, δηλαδή ένα 4εδρο προς ένα 8εδρο. Η πλαστικότητα που τον χαρακτηρίζει, οφείλεται στο γεγονός διαχωρισμού των κρυστάλλων μεταξύ τους από ένα λεπτό στρώμα νερού. Όταν ο καολίνης βρίσκεται σε σχετικά καθαρή μορφή, οι κρύσταλλοι του είναι μικροί και λεπτοί, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται με ιδιαίτερα μεγάλη πλαστικότητα, καθώς η ποσότητα νερού, που απορροφά, είναι μεγάλη.

Εκτός από την χρήση του ως πρώτη ύλη για την παρασκευή της κεραμικής, ο πηλός χρησιμοποιείται και ως οικοδομικό υλικό. Η χρήση του ως οικοδομικό υλικό τοποθετείται στις αρχές της Ανώτερης Παλαιολιθικής Εποχής και συγκεκριμένα στο σπήλαιο της Κλεισούρας, κοντά στην Πρόσυμνα του Άργους (Καρκάνας, 2010, 378).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΤΟΥΜΠΙΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ο οικισμός της Τούμπας Θεσσαλονίκης ανήκει στον τύπο της τούμπας με τράπεζα. Η πρωιμότερη φάση κατοίκησης του τοποθετείται στο τέλος της 3^{ης} ή στην αρχή της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ., ενώ η χρήση του παραμένει αδιατάραχτη μέχρι και τον 4^ο αιώνα π.Χ.

Γεωγραφικά βρίσκεται σε ένα από τα τελευταία υψώματα του Χορτιάτη και συγκεκριμένα στο άκρο της παραλιακής πεδιάδας στο ΒΑ μυχό του κόλπου, σε υψόμετρο 50 μέτρων από την θάλασσα. Γεωλογικά βρίσκεται ανάμεσα σε δύο διαφορετικές ζώνες από κόκκινους αργίλους και ψαμμίτες με ορίζοντες μαργών. Πρόκειται για μία περιοχή με βαθειά ρέματα και πρόσβαση σε διαφορετικές οικολογικές ζώνες όπως χαμηλοί λόφοι, θάλασσα, ορεινό τμήμα Χορτιάτη, που ήταν πλούσιο σε εκρηξιγενή πετρώματα και φλύσχη και φυσικά τη παραλιακή πεδιάδα (Κωτσάκης, Ανδρέου, 1987).

Εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους του, ο λόφος είχε τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών περιηγητών και αρχαιολόγων, που αναζητούσαν τον «τάφο», που έκρυβε ο λόφος, σκάβοντας κατά καιρούς στοές και λαγούμια. Η μεγαλύτερη στοά σκάφθηκε από τον Θ. Μακρίδη Μπέη, στα τέλη του προηγούμενου αιώνα και είχε μήκος 32 μέτρα και πλάτος 2,5 μέτρα στο κέντρο του «τύμβου». Φυσικά τάφος δεν βρέθηκε, αλλά εντοπίστηκαν στρώματα κατοίκησης (Κυριατζή, 2000, 105).

Στην βιβλιογραφία ο οικισμός αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Körte στα 1899, θεωρώντας ότι η θέση αυτή αντιστοιχεί σε ταφικό τύμβο. Ένας άλλος ερευνητής ο Träger, βασιζόμενος στα επιφανειακά ευρήματα και στις επιχώσεις από την στοά του Μακρίδη-Μπέη, θεωρεί ότι πρόκειται για οικισμό με συνεχή κατοίκηση από τα προϊστορικά χρόνια μέχρι και την ιστορική εποχή. Έπειτα οι Wace και Thompson δημοσιεύουν το πρώτο κατάλογο των προϊστορικών θέσεων της Μακεδονίας, εντάσσοντας στον κατάλογο και την Τούμπα (Κυριατζή, 2000, 105).

Κατά την διάρκεια του Α΄ Παγκόσμιου Πολέμου η θέση ανασκάβεται από βρετανικά και γαλλικά στρατεύματα, ενώ υπάρχουν μαρτυρίες και για ανασκαφές κατά τη γερμανική κατοχή. Σήμερα η θέση ανασκάβεται τόσο από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, όσο και από την ΙΣΤ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων (Κυριατζή, 2000, 105-106).

4.1 Περιγραφή Οικισμού

Ο οικισμός εκτείνεται σε 13 στρέμματα στη βάση, ενώ η κορυφή του περιορίζεται σε 7. Ένα στοιχείο που κάνει τον οικισμό να ξεχωρίζει, είναι το ύψος των επιχώσεων του, που φτάνουν τα 23 μέτρα. Πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό που το συναντάμε και σε άλλες θέσεις, όπως η τούμπα της Θέρμης, του Άγιου Μάμα, του Λεμπέτη, του Αξιοχώρου και του Πενταλόφου, που χρονολογούνται στην Εποχή του Χαλκού (Κωτσάκης Κ., Άνδρεου Σ. 1987).

Τα οικοδομήματα που έχουν εντοπιστεί, διακρίνονται σε δέκα οικοδομικές φάσεις. Οι οικοδομικές φάσεις 10-6 χρονολογικά καλύπτουν το διάστημα 19^{ος} με μέσα 14^{ου} αιώνα π.Χ. Οι φάσεις 10-8 περιλαμβάνουν τις διαδοχικές ανακατασκευές ενός οικήματος στα νοτιοδυτικά της κορυφής του λόφου και αποτελούν τα πρώτα σαφή αρχιτεκτονικά κατάλοιπα, που χρονολογούνται στις αρχές της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. Η κεραμική αυτών των φάσεων χαρακτηρίζεται από την απουσία γραπτής κεραμικής και την παρουσία «σαρωμένης», που εντοπίστηκε και στη βάση της Τούμπας. Η 5^η οικοδομική φάση χρονολογείται στα τέλη του 14^{ου} με αρχές 12^{ου} αιώνα π.Χ.

Η 4^η οικοδομική φάση χρονολογείται τον 12^ο αιώνα π.Χ. βάση της κεραμικής, που έχει εντοπιστεί σε δάπεδα και περιλαμβάνει πολύχρωρα, ορθογώνια, πλινθόκτιστα οικήματα μικρού και μεγάλου μεγέθους, τα οποία είχαν δάπεδα από πατημένο χώμα και σκελετό από πασσάλους. Ανάμεσα στα οικοδομήματα ξεχωρίζει το κτίριο Α με έκταση που ξεπερνούσε τα 230 τ.μ. Το κτίριο Α είχε δύο πτέρυγες με πολυάριθμους χώρους. Στα ανατολικά του υπήρχαν αποθήκες, όπου έχουν βρεθεί οξυπύθμενα πιθάκια, ενώ βόρεια και νότια των αποθηκών υπήρχαν χώροι, όπου έχουν εντοπιστεί φούρνοι και δηλώνουν την χρήση των χώρων αυτών, ως χώρων εργασίας. Η δυτική πτέρυγα είχε αψιδωτή διαμόρφωση στα νότια, ενώ η παρουσία μικρών εστιών, σιρών και πιθαριών αποτελούν ενδείξεις προσωρινής αποθήκευσης, που εξυπηρετούσε τα πλαίσια του κτιρίου. Τα αγγεία της 4^{ης} οικοδομικής φάσης διακρίνονται στην χειροποίητη, χονδρόκοκκη, ακόσμητη, χρηστική κεραμική και στη καστανή, στιλβωμένη, ενώ υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις εγχάρακτης με επίθετη κόκκινη ή λευκή πάστα και αμαυρόχρωμης χειροποίητης κεραμικής. Στην φάση αυτή έχουν εντοπιστεί αντικείμενα, που παραπέμπουν σε υφαντικές δραστηριότητες όπως σφοντύλια, αγνύθες και αποστρογγυλεμένα όστρακα.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Η 2^η και 3^η οικοδομική φάση τοποθετείται τον 10^ο - 11^ο αιώνα π.Χ., όπου δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην πολεοδομία του οικισμού (Ανδρέου, Κωτσάκης, 1996). Πιο συγκεκριμένα η 3^η οικοδομική φάση χαρακτηρίζεται από τις ιδιαίτερα υψηλές επιχωματώσεις και την ύπαρξη ενός κεντρικού δρόμου, που χώριζε τα οικήματα, αρκετά από τα οποία δεν είχαν στέγη.

Η 1^η οικοδομική φάση καλύπτει το διάστημα από τον 9^ο έως τα τέλη του 4^{ου} αιώνα π.Χ. και συνδέεται με την επέκταση του οικισμού στην τράπεζα. Περιλαμβάνει λίγα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα, που ανήκουν σε λιθόκτιστα θεμέλια πολύχρωμων οικημάτων και έχουν εντοπιστεί στο νοτιοδυτικό άκρο της κορυφής και χρονολογούνται στην κλασική εποχή. Πιο συγκεκριμένα έχουν εντοπιστεί αποθηκευτικοί λάκκοι, αποσπασματικά θεμέλια τοίχων, πιθάρια και χτιστοί κυκλικοί σιροί, που δηλώνουν την συστηματική χρήση του χώρου κατά τον 6^ο και 5^ο αιώνα π.Χ., ενώ σε όλη τη διάρκεια της φάσης έχει εντοπιστεί τροχήλατη και χειροποίητη κεραμική (Ανδρέου, Κωτσάκης, 1996).

Στην Πρώιμη Εποχή του Χαλκού ο οικισμός δεν είχε κατασκευές, που θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως μια προσπάθεια οριοθέτησης του χώρου. Αντίθετα αυτό συμβαίνει κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού, όπου κατασκευάζονται αναλημματικοί τοίχοι μεγάλων διαστάσεων και κλιμακωτά άνδηρα από ωμές πλίνθους. Πρόκειται για έργα δημόσιου χαρακτήρα και μεγάλης κλίμακας, που αποτελούνταν από λίθινους τοίχους παράλληλους προς τις ισοϋψείς της πλαγιάς και ισχυρούς εγκάρσιους πλίνθινους. Ένας χαμηλότερος τοίχος, που βρισκόταν έξω από αυτή τη διαμόρφωση, όριζε το εξωτερικό όριο του δρόμου με μικρή κλίση (Κωτσάκης Κ., Ανδρέου Σ. 1987).

Οι κατασκευές αυτές ανήκουν σε πέντε οικοδομικές φάσεις, όπου οι τέσσερις τοποθετούνται στην Ύστερη Εποχή του Χαλκού και η μία στη Πρώιμη Εποχή του Σιδήρου (Κωτσάκης Κ., Ανδρέου Σ. 1989). Η τρίτη φάση αποτελείται από ένα χαμηλό τοίχο ύψους 0,70 μέτρα, ο οποίος εξωτερικά υποστηριζόταν από συμπαγή και χαμηλά άνδηρα, κατασκευασμένα από πλιθιά, λίθους και πηλόχωμα. Εσωτερικά του τοίχου, υπήρχε στενός δρόμος, ο οποίος είχε ανηφορική κλίση προς τα βόρεια, δίνοντας πρόσβαση στα υψηλότερα τμήματα του οικισμού. Μία εκτεταμένη συμπαγής κατασκευή από σκληρά πηλοχώματα και πλιθιά, που έφτανε σε ύψος τα δυο μέτρα, βρισκόταν στην άλλη πλευρά του δρόμου. Η κατασκευή αποτελούταν από κάθετους τοίχους, που δημιουργούσαν ένα δίκτυο τυφλών χώρων. Κατά την τέταρτη φάση η διάταξη

των κατασκευών παραμένει ίδια, ενώ η κλίμακα αυξάνεται. Συγκεκριμένα η κύρια κατασκευή έχει πλάτος μεγαλύτερο των πέντε μέτρων και ύψος, που φτάνει τα τρία μέτρα. Η πέμπτη φάση, που τοποθετείται στην Πρώιμη Εποχή του Σιδήρου, παρουσιάζει μια διαφορετική εικόνα του οικισμού. Ο περιμετρικός δρόμος καταργείται, οι κατασκευές οργανώνονται σε χαμηλές αναβαθμίδες στην άκρη του λόφου, ενώ στην κορυφή για πρώτη φορά υπάρχουν σαφείς ενδείξεις οικιακής χρήσης, καθώς εντοπίστηκαν μια εστία και ένας αποθηκευτικός χώρος.

Συνοψίζοντας ο οικισμός της Τούμπας κατά την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού είχε ένα χαμηλό περιμετρικό τοίχο, οποίος θεμελιώνει ένα οίκημα και ταυτόχρονα είχε αναλληψιμότητα λειτουργία. Κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού, τα βαθμιδωτά συστήματα, που κατασκευάζονται δίνουν στο οικισμό οχυρωματικό και κοινόχρηστο χαρακτήρα και μία διάταξη σταθερή. Κατά την Πρώιμη εποχή του Σιδήρου, ο χαρακτήρας του οικισμού αλλάζει, καθώς ο κοινόχρηστος δρόμος καταργείται και οι κορυφές των ανδρών αποκτούν ιδιωτικό χαρακτήρα. (Κωτσάκης, Ανδρέου, 1989) Στα ψηλότερα στρώματα του οικισμού έχουν εντοπιστεί αρχιτεκτονικά λείψανά των ιστορικών χρόνων από τον 6^ο έως τον 4^ο αιώνα π.Χ. Οι κατασκευές αυτές, που εντοπίστηκαν στην νοτιοδυτική άκρη της κορυφής και στα ψηλότερα σημεία των πλαγιών, εξαιτίας της απουσίας ενιαίας στρωματογραφίας, δηλώνουν μη συστηματική χρήση του χώρου.

Ο οικισμός της Τούμπας σταμάτησε σταδιακά να κατοικείται στα τέλη του 4^{ου} με αρχές 3^{ου} αιώνα π.Χ.

4.2 Ανασκαφή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Η πανεπιστημιακή ανασκαφή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ξεκίνησε στα 1984 υπό την διεύθυνση του καθηγητή προϊστορικής αρχαιολογίας Γεώργιου Χουρμουζιάδη με στόχο την διερεύνηση των οικονομικών και κοινωνικών δομών του οικισμού. Ένας πολυάριθμος αριθμός φοιτητών έχει συμμετάσχει στην ανασκαφή από το 1984 μέχρι και σήμερα σε όλα τα στάδια της ανασκαφικής διαδικασίας. Τα τελευταία χρόνια η πανεπιστημιακή ανασκαφή βρίσκεται υπό την διεύθυνση του Ομότιμου Καθηγητή Προϊστορικής Αρχαιολογίας Στέλιο Ανδρέου, ο οποίος παραχώρησε και το υλικό για την πραγματοποίηση της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι ασχολούνται με τη μέτρηση της απορρόφησης και της εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τα μόρια ενός υλικού, μέσω της λήψης και παρατήρησης φασμάτων. Η ερμηνεία των φασμάτων προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τη δομή των μορίων, ενώ βοηθά στον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε φασματοφωτόμετρα, όπου καταγράφεται η ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται από ένα δείγμα και συγκρίνεται με την ένταση της δέσμης αναφοράς (Γκανέτσος, 2015, 7).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ (ΦΑΧΦ)

6.1 Ανακάλυψη και εξέλιξη της φασματοσκοπίας ακτίνων Χ

Η ανακάλυψη των ακτίνων Χ έγινε από τον Wilhelm Conrad Röntgen το 1895, οι οποίες ονομάστηκαν Χ, εξαιτίας της άγνωστης –για την εποχή– προέλευσης τους. Τα έτη 1912-1913 διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μικρό μήκος κύματος σε σχέση με την ορατή, που εκπέμπεται από κάθε στοιχείο, όταν του προσδοθεί υψηλή ενέργεια. Συγκεκριμένα ο Max von Laue ανακάλυψε ότι οι ακτίνες Χ περιθλώνται από το άτομο ενός κρυστάλλου, όπως περιθλάται το φως από ένα φράγμα. Ο Henry Moseley μελέτησε τις ακτίνες Χ που εκπέμπονται από έναν αριθμό στοιχείων και διαπίστωσε ότι τα μήκη κύματος εξαρτώνται από τον ατομικό αριθμό του κάθε στοιχείου. Ο Coolidge απέδειξε την δυνατότητα μέτρησης με φθορισμό ακτίνων Χ με διασπορά μήκους κύματος (WD-XRF) με τη χρήση μιας υψηλού κενού λυχνίας ακτίνων Χ το 1913. Το 1948 κατασκευάστηκε το πρώτο φασματόμετρο XRF από τους Friedmann και Bricks, ενώ το 1965 αναπτύχθηκε ο πρώτος ανιχνευτής Si(Li) ανίχνευσης, βάζοντας τις βάσεις για την ανάπτυξη των ED-XRF οργάνων (Οξενκιουν-Πετροπούλου, 2006, 225-226).

6.2 Αρχή Φασματοσκοπίας Ακτίνων X Φθορισμού

Η Φασματοσκοπία Ακτίνων X Φθορισμού ανήκει στις αναλυτικές μεθόδους ακτίνων X και χρησιμοποιείται για να δώσει ποσοτική και ποιοτική πληροφορία των χημικών στοιχείων. Η ΦΑΧΦ βασίζεται στην αρχή ότι, όταν ένα άτομο ακτινοβολείται από πρωτογενείς ακτίνες X, εκπέμπει δευτερογενείς ακτίνες X. Συγκεκριμένα πρωτογενείς ακτίνες X, που παράγονται από γεννήτρια α-X ή από ραδιοϊσότοπα, όπως σίδηρος, κάδμιο και κοβάλτιο ακτινοβολούν το άτομο και απορροφούνται από τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων με αποτέλεσμα την απομάκρυνση των ηλεκτρονίων από το άτομο, το οποίο στη συνέχεια γίνεται ασταθές. Προκειμένου να επανέλθει στη φυσιολογική του κατάσταση, ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων μετακινούνται στις εσωτερικές στοιβάδες και καλύπτουν τις κενές θέσεις, απελευθερώνοντας ενέργεια με τη μορφή δευτερογενών ακτίνων X με λ που κυμαίνονται από 2×10^{-5} έως 2×10^{-4} μm (Λυριτζής 2007, 146).

Κάθε χημικό στοιχείο εκπέμπει συγκεκριμένες δευτερογενείς ακτίνες X με διακριτά και χαρακτηριστικά λ , τα οποία εξαρτώνται από τον ατομικό αριθμό (Z) του κάθε χημικού στοιχείου και προκύπτουν στην περίπτωση των πιο σπουδαίων ακτινοβολιών K(α) και L(α) από την σχέσεις:

$$\lambda_K = 0,12 / (Z-1)^2 \qquad \lambda_L = 0,65 / (Z-7,4)^2$$

Οι δευτερογενείς ακτίνες X διαχωρίζονται με βάση τις ενέργειες τους στα επιμέρους λ με τη χρήση περιθλασιόμετρου και ανιχνεύονται είτε με αναλογικό ανιχνευτή, είτε με σπινθηριστή. Ο προσδιορισμός του λ είναι αυτός που οδηγεί τόσο στην ταυτοποίηση των χημικών στοιχείων όσο και στον προσδιορισμό της ποσότητας τους.

Συνοπτικά η ανάλυση ενός δείγματος με την μέθοδο του XRF είναι η εξής: ραδιοϊσότοπα διεγείρουν τα άτομα των στοιχείων με ακτινοβολία. Τα άτομα αποβάλλουν ηλεκτρόνια και η κενή θέση συμπληρώνεται από άλλο ηλεκτρόνιο. Έπειτα το άτομο εκπέμπει ακτινοβολία φθορισμού με ένταση χαρακτηριστική για κάθε στοιχείο, η οποία αναλύεται. Από την ανάλυση προκύπτει το ποσό του κάθε χημικού στοιχείου στο δείγμα είτε επί τοις εκατό ή στο εκατομμύριο κατά βάρος (Λυριτζής, 2007, 147).

6.3 Οργανολογία της ακτινοβολίας X φθορισμού

Με βάση τον τρόπο ανίχνευσης της ακτινοβολίας φθορισμού, τα όργανα διακρίνονται σε δύο είδη α) διασποράς μήκους κύματος (WD-XRF, Wavelength Dispersive XRF), τα οποία χαρακτηρίζονται από την υψηλή διακριτή ικανότητα και το μεγάλο εύρος των στοιχείων που μπορούν να προσδιορίσουν και β) διασποράς ενέργειας (ED-XRF, Energy Dispersive-XRF), που χαρακτηρίζονται από την μεγάλη ταχύτητα ανάλυσης, τη συμπαγή κατασκευή, τη δυνατότητα ταυτόχρονου προσδιορισμού στοιχείων και την δυνατότητα κατασκευής μεταφερόμενων συστημάτων. (Παπαδοπούλου, 2015,66-67).

Τα φασματόμετρα διασποράς μήκους κύματος διακρίνονται σε όργανα διαδοχικής ανάλυσης ή μονοδιαυλικά και σε όργανα ταυτόχρονης ανάλυσης ή πολυδιαυλικά. Διαθέτουν διάταξη για την ανάλυση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας X, που προκύπτει από το διαφορετικό μήκος κύματος των εκπεμπόμενων από τα στοιχεία φασματικών γραμμών.

Η διάταξη ενός φασματόμετρου διασποράς μήκους κύματος περιλαμβάνει τα εξής: μια πηγή για την παραγωγή πρωτογενούς ακτινοβολίας ακτίνων X, το δείγμα, δύο ευθυγραμμιστές, ένας πριν και ένας μετά τον κρύσταλλο, ο αναλυτής-κρύσταλλος για την ανάλυση της εκπεμπόμενης δευτερογενούς ακτινοβολίας και ο ανιχνευτής. Τα φασματόμετρα διασποράς ενέργειας αποτελούνται από μία λυχνία ακτίνων X ή ραδιενεργή ουσία, που λειτουργεί ως πηγή ακτίνων X, έναν ημιαγωγό ανιχνευτή Si(Li) και από διάφορα ηλεκτρονικά τμήματα για την διάκριση των ενεργειών. Σε σχέση με τα φασματόμετρα διασποράς μήκους κύματος είναι πιο οικονομικά (Οξενκιουν-Πετροπούλου, 2006, 239-241 και 260-261). Τα σύγχρονα όργανα χρησιμοποιούν λυχνία ροδίου (Rh), όπου οι K (Rh) γραμμές διεγείρουν τα μεσαία ατομικού αριθμού στοιχεία, ενώ οι L(Rh) τα ελαφρύτερα στοιχεία.

6.4 Ανάλυση χημικών στοιχείων

Κατά την εφαρμογή της XRF, μπορούν να αναλυθούν όλα σχεδόν τα χημικά στοιχεία από το Βηρύλλιο (Be-7) μέχρι το Ουράνιο (U-238). Η ανάλυση ενεργειών κάτω από 3 - 5 keV απαιτεί κενό ή ατμόσφαιρα ηλίου (He). Αυτό επηρεάζει όλα τα ελαφρά χημικά στοιχεία, δηλαδή στοιχεία με μικρό ατομικό αριθμό, καθώς και πολλές φασματικές γραμμές εκπομπής από τις ηλεκτρονικές στοιβάδες L και M των χημικών στοιχείων με μέσο και μεγάλο ατομικό αριθμό.

Εξαιτίας της απορρόφησης των πρωτογενών ακτίνων X από τον αέρα, ο αριθμός των χημικών στοιχείων, που μπορούν να ανιχνευθούν περιορίζεται. Πρακτικά το κατώτατο όριο ανίχνευσης στοιχείων είναι το Τιτάνιο με ατομικό αριθμό(Z) 22, ενώ ανώτατο όριο δεν υπάρχει (Λυριτζής, 2007,151).

Σε περιπτώσεις ανίχνευσης στοιχείων <5keV με χρήση ηλίου (He), παρατηρήθηκε ότι ο βαθμός απορρόφησης των πρωτογενών ακτίνων X ήταν μικρότερος, με αποτέλεσμα την ανίχνευση περισσότερων στοιχείων και μεγαλύτερης έντασης.

Οι συγκεντρώσεις ορισμένων ιχνοστοιχείων μέχρι το κατώτερο όριο των 10 - 100 ppm μπορούν να ανιχνευθούν, αλλά αυτό εξαρτάται από το χημικό στοιχείο και από το είδος του υλικού που μετρείται.

Τα χημικά στοιχεία που εντοπίζονται ανάλογα με την περιεκτικότητά τους, διακρίνονται σε κύρια (> 1%) , σε μικροστοιχεία (<1%) και σε ιχνοστοιχεία (<0,01%) (Παπαγεωργίου, 2014, 336)

6.5 Εφαρμογή σε αρχαιολογικά υλικά

Η XRF εφαρμόζεται σε υλικά στερεής και υγρής μορφής. Σχεδόν όλα τα αντικείμενα του πολιτισμού μπορούν να αναλυθούν, ωστόσο κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός της XRF με άλλες αρχαιομετρικές μεθόδους, προκειμένου να υπάρχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα.

Πιο συγκεκριμένα εφαρμόζεται στην κεραμική για τον προσδιορισμό της προέλευσης των πρώτων υλών, αλλά και την ανάλυση των χρωστικών που έφεραν τα αγγεία στην περίπτωση της φασματοσκοπίας ED-XRF, σε ειδώλια, πηλούς και ιζήματα, εργαλεία από οψιανό, ασβεστόλιθο, επιχρίσματα, μεταλλικά αντικείμενα όπως εργαλεία και νομίσματα, φαγεντιανή, σε αντικείμενα από γυαλί, όπως αγγεία για την μελέτη της τεχνολογίας τους με την ταύτιση χρωστικών, σε τοιχογραφίες και πίνακες ζωγραφικής για τον προσδιορισμό των χρωστικών. Στα μέταλλα υπάρχει δυσκολία

στο συσχετισμό της χημικής σύστασης των κραμάτων των μετάλλων με τις πρώτες ύλες.

Εξαιτίας του χαρακτηρισμού της ως επιφανειακή ανάλυση, καθώς οι πρωτογενείς ακτίνες X διέρχονται μόνο από 20-200μm της επιφάνειας του υλικού, είναι ιδανική για την ανάλυση επιχρισμάτων και στιλβωμένης επιφάνειας, ενώ εξαιτίας των διαβρώσεων που εμφανίζουν τα μέταλλα στην επιφάνεια τους, η μελέτη τους με την XRF, πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Σε περίπτωση που ο ερευνητής δεν θέλει να περιοριστεί στην επιφανειακή ανάλυση, μπορεί είτε μέσω κάποιας οπής, που υπάρχει στην επιφάνεια του υλικού, είτε με την απόσπαση δείγματος λίγων χιλιοστών του γραμμαρίου να εφαρμόσει την XRF στο εσωτερικό του αντικειμένου (Λυριτζής, 2007,148).

6.6 Πλεονεκτήματα της Φασματοσκοπίας Ακτίνων X- Φθορισμού

Η ΦΑΧΦ είναι μια γρήγορη, πολυστοιχειακή μέθοδος, καθώς μπορεί να αναλύσει ταυτόχρονα τα χημικά στοιχεία του εξεταζόμενου αντικειμένου, δίνοντας άμεσα αποτελέσματα. Πρόκειται για μη καταστροφική μέθοδο, που δεν απαιτεί δειγματοληψία για την εφαρμογή της. Μόνο σε περιπτώσεις εφυαλωμένων επιφανειών και γυαλιών, έχει παρατηρηθεί αμυδρή αμαύρωση στο σημείο που «χτύπησε» η ακτινοβολία, ύστερα από μεγάλο χρόνο έκθεσης. Ωστόσο η αμαύρωση είναι παροδική, καθώς εξαφανίζεται μέσα σε λίγες μέρες είτε από μόνη της είτε με θέρμανση στους 200°C (Λυριτζής, 2007,151).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ

7.1 Ανακάλυψη και εξέλιξη της φασματοσκοπίας υπέρυθρου.

Ο Sir William Herschel ανακάλυψε την υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος το 1800, όταν παρατήρησε την αύξηση της θερμοκρασίας ενός θερμομέτρου κατά την τοποθέτηση του μετά την κόκκινη περιοχή του φάσματος.

Το 1905 ο William Coblentz δημοσίευσε τα πρώτα φάσματα απορρόφησης 131 ενώσεων. Στην διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου η ανάπτυξη της μεθόδου ήταν μεγάλη, εξαιτίας της συνεισφορά της στην ανάλυση του συνθετικού καουτσούκ. Το 1943 ξεκίνησε η μαζική παραγωγή οργάνων μέτρησης της φασματοσκοπίας υπέρυθρου.

7.2 Αρχή Φασματοσκοπίας υπέρυθρου

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου μελετά την αλληλεπίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας με τα μόρια ή τις ομάδες των ατόμων. Τα μόρια του ατόμου ταλαντεύονται συνεχώς με δονήσεις ή κάμψεις των δεσμών τους και απορροφούν υπέρυθη ακτινοβολία. Η μάζα των ατόμων και η ισχύς του δεσμού καθορίζουν την συχνότητα ταλάντωσης των ατόμων.

Η περιοχή του υπέρυθρου φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχει κυματάριθμο από 10cm^{-1} έως 10000cm^{-1} . Διακρίνεται σε τρεις επιμέρους περιοχές: το κοντινό υπέρυθρο από 4000cm^{-1} μέχρι 10000cm^{-1} , το μέσο υπέρυθρο από 400cm^{-1} έως 4000cm^{-1} και μακρινό υπέρυθρο από 10cm^{-1} έως 400cm^{-1} .

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου είναι μη καταστροφική μέθοδος, η οποία λόγω της μεγάλης ευαισθησίας που παρουσιάζει, μπορεί να εμφανίσει τις αλλαγές στις συγκεκριμένες ενώσεις των στοιχείων. Είναι μία καθολική μέθοδος σε ότι αφορά το εύρος της μορφής των δειγμάτων που μπορεί να αναλύσει.

7.3 Κατηγορίες Δονήσεων

Οι δονήσεις των ατόμων διακρίνονται σε δονήσεις έκτασης και κάμψης. Κατά τις δονήσεις έκτασης, το μήκος των δεσμών του μορίου μεταβάλλεται. Όταν η αλλαγή του μήκους είναι ίδια για όλους τους δεσμούς, τότε ονομάζεται δόνηση συμμετρικής έκτασης. Όταν η αλλαγή του μήκους παρουσιάζει διαφοροποίηση ανάμεσα στους δεσμούς π.χ. το μήκος ενός δεσμού είναι μεγαλύτερο σε σχέση με έναν άλλο, τότε η δόνηση είναι ασύμμετρης έκτασης.

Όταν αλλάζει η γωνία που σχηματίζουν οι δεσμοί, τότε η ταλάντωση ονομάζεται δόνηση κάμψης.

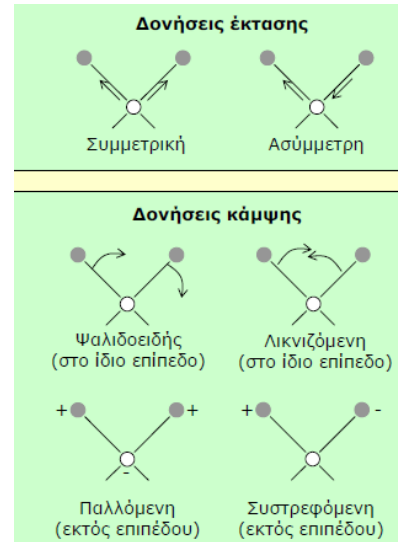
Οι κάμψεις των δεσμών μπορούν να γίνονται είτε στο ίδιο επίπεδο, που ορίζεται από τους δεσμούς του μορίου σε κατάσταση ηρεμίας και διακρίνεται σε λικνιζόμενη και ψαλιδοειδή, είτε εκτός του επιπέδου όπως η παλλόμενη και η σπειροειδή.

Με τις δονήσεις το μόριο παραμορφώνεται και η διπολική ροπή του μεταβάλλεται. Κατά την έκθεση του μορίου στην υπέρυθη ακτινοβολία, οι δονήσεις που διεγείρονται, είναι μόνο όσες ακολουθούνται από την μεταβολή της διπολικής ροπής, με αποτέλεσμα μονοατομικά (He, Ne) και ομοατομικά διαατομικά μόρια (H_2, N_2) να μην ανιχνεύονται (Θεοδοσόγλου, 2013, 60).

Η ένταση των κορυφών εξαρτάται από τη μεταβολή της διπολικής ροπής κατά την διάρκεια της δόνησης. Όταν η συγκέντρωση ενός υλικού είναι μεγάλη, η ένταση των κορυφών στο φάσμα είναι έντονη.

7.4 Κατηγορίες Δειγμάτων

Η υπέρυθη φασματοσκοπία μπορεί να αναλύσει δείγματα σε υγρή, στερεή και αέρια μορφή. Η προετοιμασία των δειγμάτων σε υγρή μορφή γίνεται με τοποθέτηση 1-2 σταγόνων του υγρού δείγματος πάνω σε πλακίδιο ορυκτού NaCl. Το πλακίδιο NaCl συμπιέζεται με ένα δεύτερο πλακίδιο, ώστε να δημιουργηθεί ένα λεπτό φιλμ



Εικόνα 1 Αναπαράσταση δονήσεων

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

του υγρού δείγματος μεταξύ τους. Ο καθαρισμός των πλακιδίων γίνεται με ξηρούς διαλύτες και φυλάσσονται σε ξηραντήρες με αρκετή ποσότητα Silica gel. Ακόμη χρησιμοποιούνται πλακίδια CaF_2 , όταν τα δείγματα έχουν μικρή ποσότητα νερού. Τα φάσματα των αέριων γίνονται με τη χρήση κυψελίδων, κατασκευασμένες από NaCl.

Τα δείγματα στερεής μορφής προετοιμάζονται με τρεις τρόπους:

α) γίνεται ανάμειξη 10-20mg ουσίας με 200 mg KBr. Το μείγμα ανακατεύεται καλά με τη βοήθεια μικρού γουδιού από αχάτη. Στη συνέχεια παρασκευάζονται ειδικές ταμπλέτες (δισκία) με διάμετρο ~13 mm και πάχος ~0.3 mm, υπό πίεση 8-14 tonnes με ταυτόχρονη εφαρμογή κενού για την απομάκρυνση ιχνών υγρασίας.

β) Η ουσία διασκορπίζεται (διάλυμα) σε Nujol (υγρή παραφίνη) ανακατεύοντας την σε ένα μικρό γουδί. Το παρασκεύασμα τοποθετείται μεταξύ πλακιδίων ορυκτού NaCl και συμπιέζεται σε λεπτό φιλμ. Το Nujol απορροφάται σε ορισμένες γνωστές συχνότητες που αφαιρούνται από το φάσμα. Συνήθως οι απορροφήσεις του σκεπάζουν τις περιοχές απορρόφησης των ομάδων C—H (δονήσεις τάσης $-3\ 000\ \text{cm}^{-1}$) και C—H (δονήσεις κάμψης $-1400\ \text{cm}^{-1}$). Στην περίπτωση που δεν θέλουμε οι απορροφήσεις αυτές να σκεπάζουν τις απορροφήσεις της ουσίας, γίνεται χρήση εξαχλωροβουταδιένιο ή φθοριομένου υδρογονάνθρακες.

(γ) Παρασκευάζεται λεπτό φιλμ της ουσίας με διάλυση σε διαλυτικό χαμηλού σ.ζ. και εξάτμισης του διαλύματος πάνω σε ένα πλακίδιο NaCl (Κατσαρός, 2009, 143).

7.5 Κατηγορίες Φασμάτων

Στην φασματοσκοπία υπέρυθρου, τα φάσματα διακρίνονται σε φάσματα ανακλαστικότητας (reflectance) και διαπερατότητας (transmittance).

Στις μετρήσεις της ανακλαστικότητας, η δέσμη της υπέρυθρης ακτινοβολίας διεισδύει ελάχιστα στο δείγμα, ένα μέρος της απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο ανακλάται και καταγράφεται.

Στις μετρήσεις της διαπερατότητας, η δέσμη της υπέρυθρης ακτινοβολίας διέρχεται από το δείγμα. Ένα μέρος της απορροφάται, ταλαντώνοντας τα μόρια του και το υπόλοιπο εξέρχεται. Σημαντική παράμετρος αποτελεί το πάχος του δείγματος. Η μορφή, που πρέπει να έχει το δείγμα πρέπει να είναι είτε πολύ λεπτή τομή, είτε μορφή υμενίου. Και στις δύο περιπτώσεις η επιφάνεια του πρέπει να είναι λεία και επίπεδη, ώστε το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της ακτινοβολίας να απορροφηθεί και

να καταγραφεί. Το δείγμα μπορεί να έχει και τη μορφή κόνεως. Στην περίπτωση αυτή παρασκευάζονται δισκία είτε αμιγούς δείγματος, είτε δισκία όπου έχει αναμειχθεί μικρή ποσότητα δείγματος με κάποια ουσία όπως το βρωμιούχο κάλιο (KBr), που είναι ανενεργή στο υπέρυθρο.

Το δείγμα που έχει κονιορτοποιηθεί, εμφανίζει τις περισσότερες ενεργές δονήσεις, καθώς οι κόκκοι του δείγματος είναι προσανατολισμένοι τυχαία, προς όλες τις διευθύνσεις, άρα και τις περισσότερες κορυφές.

Οι ιδιότητες και η φύση του προς εξέταση υλικού και η περιοχή του υπέρυθρου, που θα παρέχει επαρκείς πληροφορίες αποτελούν τα κριτήρια επιλογής των δύο τεχνικών.

Υπάρχουν ακόμα τα φάσματα διάχυτης ανάκλασης, που προτιμούνται, όταν δεν θέλει ο ερευνητής να κάνει επεξεργασία στο στερεό δείγμα. Σε αυτή την περίπτωση μετράται η διάχυτη ανάκλαση της ακτινοβολίας. Τα φάσματα ανάκλασης παρέχουν τις ίδιες πληροφορίες και παρόμοια εικόνα με τα φάσματα απορρόφησης.

7.6 Οργανολογία φασματοσκοπίας υπέρυθρου

Τα όργανα μέτρησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας ονομάζονται φασματόμετρα διασποράς IR. Η τυπική διάταξη ενός φασματόμετρου διασποράς είναι εξής:

- α) μια πηγή που εκπέμπει ακτινοβολία σε όλη την υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η πηγή μπορεί να είναι μία λάμπα με νήμα Ni-Cr(Nicrome)ή μείγμα ZrO και άλλων οξειδίων σπάνιων γαιών (Nerst) ή λυχνία Globar, κατασκευασμένη από καρβίδιο του πυριτίου,

- β) ένας μονοχρωμάτορας, που έχει στοιχείο διασποράς ως πρίσμα ή φράγμα περίθλασης,

- γ) ένας ανιχνευτής υπέρυθρου, που είναι συνήθως θερμικός ή φωτοαγώγιμος

- δ) ένα οπτικό σύστημα κατόπτρων.

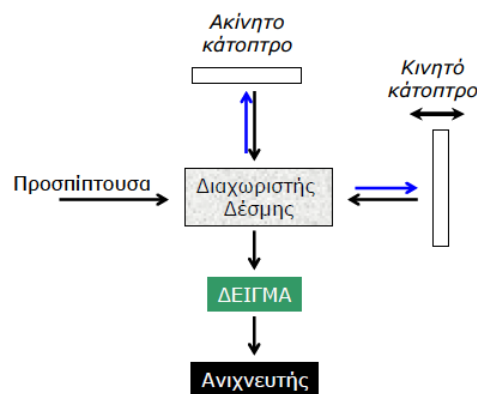
Η αρχή λειτουργίας ενός φασματόμετρου διασποράς είναι η εξής:

Από την πηγή εκπέμπεται υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία διαχωρίζεται αφού υποστεί ανάκλαση από ένα σύστημα επίπεδων κάτοπτρων σε δύο δέσμες όπου η μία διέρχεται μέσω του συστήματος αναφοράς (τυφλό) και η άλλη διέρχεται από το δείγμα. Στην συνέχεια οι δύο δέσμες ανακλώνται από ένα σύστημα περιστρεφόμενων κάτο-

πτρων το οποίο εναλλάσσεται προκαλώντας την περιοδική διέλευση της δέσμης μέσω του δείγματος και της δέσμης αναφοράς, για να προσπέσει τελικά στον μονοχρωμάτορα. Καθώς οι δέσμες εναλλάσσονται, το κάτοπτρο περιστρέφεται αργά και διαφορετικές συχνότητες υπέρυθρης ακτινοβολίας καταλήγουν στον ανιχνευτή, ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια της IR ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό σήμα καταγράφοντας το φάσμα.

7.7 Φασματοσκοπία υπέρυθρου με χρήση μετασχηματισμών Fourier

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου με τη χρήση μετασχηματισμών Fourier αποτελεί εξέλιξη στη φασματοσκοπία υπέρυθρου, καθώς τα όργανα μέτρησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας χρησιμοποιούν αντί για μονοχρωμάτορα, το συμβολόμετρο Michelson. Πλέον τα όργανα είναι πιο ευαίσθητα και γρήγορα στην απόδοση των φασμάτων. Συγκεκριμένα η δέσμη της υπέρυθρης ακτινοβολίας διαιρείται σε δύο δέσμες, όπου η μία προσπίπτει σε ένα ακίνητο κάτοπτρο και άλλη σε ένα κινητό. Μετά την ανάκλαση τους, επανασυνδέονται με διαφορά φάσης και οδηγούνται στο δείγμα. Ο ανιχνευτής εμφανίζει την ένταση σε συνάρτηση με τη μετακίνηση του κινητού κατόπτρου. Έπειτα με την χρήση του μαθηματικού μετασχηματισμού Fourier, παράγεται το φάσμα (Καραπαναγιώτης, 2016, 9).



Εικόνα 2: Σχεδιαστική αναπαράσταση FTIR

Τα όργανα μέτρησης της φασματοσκοπίας υπέρυθρου Ftir διακρίνονται σε φορητά και μη. Στην κατηγορία των μη φορητών ανήκει το micro Ftir, το οποίο διαθέτει οπτικό μικροσκόπιο. Μέσω του οπτικού μικροσκοπίου μπορεί να επιλεγεί μια πολύ μικρή περιοχή του δείγματος, η οποία θα εκτεθεί στην υπέρυθρη ακτινοβολία και στην συνέχεια θα δώσει το φάσμα.



Εικόνα 3: Micro Ftir(αριστερά), Ftir (δεξιά)



Εικόνα 4: Φορητό Ftir

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου Ftir μπορεί αναλύσει μεγάλο φάσμα υλικών, ταυτίζοντας ανόργανες και οργανικές χρωστικές, κονιάματα, προϊόντα διάβρωσης, είδη υφάνσιμων υποστρωμάτων όπως μετάξι, βερνίκια κ.α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΤΟΥΜΠΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση του δομικού υλικού του αρχαιολογικού οικισμού της Τούμπας Θεσσαλονίκης περιλαμβάνει την δειγματοληψία του υλικού, την μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση του με το στερεοσκοπικό μικροσκόπιο και τις φασματοσκοπικές μεθόδους: Ακτίνων Χ Φθορισμού (XRF) και Υπέρυθρης Ακτινοβολίας με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FTIR). Η μακροσκοπική εξέταση πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο της πανεπιστημιακής ανασκαφής της Τούμπας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ενώ η μικροσκοπική εξέταση, η φασματοσκοπία ακτίνων Χ φθορισμού και η φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας με χρήση μετασχηματισμών Fourier πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της Ανώτατης Εκκλησιαστικής Ακαδημίας Θεσσαλονίκης.

1.1 Δειγματοληψία

Για την πραγματοποίηση της μελέτης έγινε δειγματοληψία δομικού υλικού τόσο από τα ευρήματα της πανεπιστημιακής ανασκαφής του Α.Π.Θ. των προηγούμενων ετών όσο και από δομικά υλικά in situ. Το κριτήριο επιλογής των δειγμάτων ήταν το χρώμα του πηλού και οι παρουσία προσμίξεων .



Συγκεκριμένα συλλέχθηκαν 8 δείγματα πλιθιών (Δείγματα 1-8), 2 δείγματα συνδετικού υλικού (Δείγματα 18-19) και ένα δείγμα επιχρίσματος (Δείγμα 20) από τον λόφο (in situ) και 9 δείγματα πλιθιών(Δείγματα 9-17), που είχαν συλλεχθεί κατά τις προηγούμενες ανα-

σκαφικές περιόδους βάρους 50 γραμμαρίων.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με απόξεση της κάθετης επιφάνειας με μαχαίρι και τριγωνάκι και στη συνέχεια αφού έγινε φωτογράφιση των δειγμάτων, τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια με αρίθμηση.

1.2 Μακροσκοπική εξέταση

Η μακροσκοπική εξέταση πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο της πανεπιστημιακής ανασκαφής της Τούμπας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Κατά την μακροσκοπική εξέταση καταγράφηκε το χρώμα με βάση τον πίνακα Munsell, η υφή, η συνεκτικότητα, η πλαστικότητα και η παρουσία προσμίξεων.

Χρώμα Munsell

Το βιβλίο Munsell Soil Color Charts, Macbeth Color and Photometry Division of Kollmorgan Corporation USA περιλαμβάνει τυποποιημένες μετρήσεις Munsell για να ταυτίσει το χρώμα. Οι μετρήσεις Munsell κατατάσσουν το χρώμα με βάση 3 κριτήρια: hue, δηλαδή την περιεκτικότητα σε κόκκινο, chroma, δηλαδή τη δύναμη του χρώματος και value, την περιεκτικότητα σε μαύρο χρώμα. Στην αρχαιολογία χρησιμοποιείται ευρέως στην κεραμική.

Υφή

Η υφή αναφέρεται στην κοκκομετρική κατανομή, δηλαδή στο μέγεθος των κόκκων του πηλού, άμμου και ιλύς, που εντοπίζονται σε μια επίχωση. Υπάρχουν διάφορα συστήματα ταξινόμησης και περιγραφής. Σε όλα τα συστήματα περιγραφής διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες κόκκων: πηλός $2\mu\text{m}$, ιλύς $2\mu\text{m}-62\mu\text{m}</math> και άμμος $62\mu\text{m}-2000\mu\text{m}</math>¹. Το σύστημα που έχει χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία βασίζεται στο εδαφολογικό σύστημα της Μ. Βρετανίας (Soil Survey of England and Wales). Η κοκκομετρική ταξινόμηση μπορεί να αποδοθεί με ακρίβεια στο εργαστήριο μέσω αναλύσεων. Υπάρχει και η τεχνική «texture by feel», που χρησιμοποιείται στην ανασκαφή για την επιτόπου εξέταση της υφής μέσω της αφής. Συγκεκριμένα μια μικρή ποσότητα του δείγματος αναμειγνύεται με νερό με στόχο να πλασθεί μία ομοιόμορφη μάζα. Ανάλογα με το αποτέλεσμα του πλασίματος, το δείγμα κατατάσσεται σε κατηγορίες όπως sandy clay και silt loam. Η τεχνική texture by feel χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της μακροσκοπικής εξέτασης των δειγμάτων.$$

¹ $1\mu\text{m}=1/1000\text{mm}=0,001\text{mm}$

Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα αναφέρεται στην δυναμική σύνδεσης των κόκκων μέσα σε μία επίχωση, δηλαδή στο πόσο εύκολα ή δύσκολα σπάζουν οι κόκκοι, όταν πιεστούν από το γυμνό χέρι. Διακρίνεται σε κατηγορίες όπως σφιχτό, σκληρό έως αρκετά σκληρό κ.α.

Πλαστικότητα

Η πλαστικότητα αναφέρεται στην δυνατότητα πλασίματος μίας κουλούρας ή ενός μικρού κυλίνδρου και ανάλογα με το μήκος, το πάχος και τη συνεκτικότητα κατατάσσεται σε κατηγορίες όπως πολύ πλαστικό, μη πλαστικό κ.α.

Προσμίξεις/Εγκλείσματα

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στην παρουσία προσμίξεων στο δείγμα οργανικής (π.χ. άχυρο, σπόροι, ξύλο), ανόργανης (π.χ. όστρεα) και ορυκτολογικής προέλευσης (λίθοι, πετρώματα).

1.3 Οπτική Μικροσκοπική εξέταση

Για την παρατήρηση των δειγμάτων μικροσκοπικά χρησιμοποιήθηκε το στερεοσκοπικό μικροσκόπιο της Ανώτατης Εκκλησιαστικής Ακαδημίας του οίκου Zeiss. Η διάταξη του περιλαμβάνει μια πηγή λευκού φωτός με λαμπτήρα αλογόνου HAL 100, πηγή υπεριώδους φωτός με λαμπτήρα υδραργύρου υψηλής πίεσης HBO 100, αντικειμενικούς φακούς μεγεθυντικής ικανότητας 5x, 10x, 20x και 50x, φίλτρα διέγερσης και αποκοπής για την παρατήρηση του φθορισμού και ηλεκτρονικό υπολογιστή για την επεξεργασία των ψηφιακών φωτογραφιών. Οι φωτογραφίες τραβήχτηκαν με μεγέθυνση 10x.

1.4 Φασματοσκοπία Ακτίνων Χ Φθορισμού

Για την ανάλυση των δειγμάτων με την μέθοδο της φασματοσκοπίας ακτίνων Χ φθορισμού, αναλύθηκαν και τα 20 δείγματα οικοδομικού υλικού σε μορφή κόνεως. Χρησιμοποιήθηκε ποσότητα μερικών μικρογραμμαρίων για κάθε δείγμα. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 20 μετρήσεις (1 για κάθε δείγμα) διάρκειας 60 δευτερολέπτων, με φίλτρο Τιτανίου (Ti)- Αργιλίου(Al) τάση επιτάχυνσης 40 kV και ένταση του ρεύματος στα 15μΑ . Η επεξεργασία των φασμάτων έγινε με το πρόγραμμα Artax, ενώ χρησιμοποιήθηκε το excel για την δημιουργία στατιστικών διαγραμμάτων.



Εικόνα 5: Φορητό XRF

1.5 Φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας με τη χρήση μετασχηματισμών Fourier

Για την μέθοδο της φασματοσκοπίας υπέρυθρου αναλύθηκαν και τα 20 δείγματα. Αρχικά έγινε η προετοιμασία των δειγμάτων. Με τη χρήση ενός μικρού νυστεριού αφαιρέθηκε ελάχιστη ποσότητα δείγματος και τοποθετήθηκε πάνω σε δειγματοφορείς για μετρήσεις υπέρυθρου ανάκλασης διάχυσης (uncoated SiC abrasive pads). Έπειτα ασκήθηκε πίεση στην επιφάνεια του δειγματοφορέα ώστε να «κολλήσει» στην επιφάνεια του το δείγμα. Για την ανάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η μη φορητή συσκευή FTIR της Ανώτατης Εκκλησιαστικής Ακαδημίας Θεσσαλονίκης μοντέλο Spectrum Spotlight 400 της εταιρείας Perkin Elmer. Κάθε μέτρηση είχε διάρκεια 90 δευτερολέπτων και εφαρμόστηκε στη περιοχή του μεσαίου υπέρυθρου 750cm^{-1} έως 4000cm^{-1} με διακριτική ικανότητα 4cm^{-1} . Τα φάσματα ήταν αποτέλεσμα 32 scans και το πρόγραμμα επεξεργασίας των φασμάτων ήταν το Spectrum 6.3.4. της εταιρείας Perkin Elmer.



Εικόνα 6 :Micro Ftir(αριστερά) Ftiri (δεξιά)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1 Αποτελέσματα Μακροσκοπικής Εξέτασης

1^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί χρώματος κοκκινωπό καφέ με κιτρινωπό κόκκινο 5YR 5/4 (reddish brown)-5/6 (yellowish red) με βάση τον πίνακα Munsell. Κατά το πλάσιμο, η υφή του ήταν ιδιαίτερα απαλή με αποτέλεσμα να ενταχθεί στην κατηγορία Silty Clay Loam, ενώ η πλαστικότητα ήταν μέτρια. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

2^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που βρισκόταν πάνω από το δείγμα 1. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει καφέ χρώμα 7,5YR 5/3-5/4 (brown). Κατά το πλάσιμο κολλούσε στα χέρια, γυάλιζε και ήταν ιδιαίτερα μαλακό. Εντάσσεται στην κατηγορία Silty Clay.

Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

3^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που βρισκόταν πάνω από το δείγμα 2. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει καφέ χρώμα 7,5YR 5/3-5/4 (brown). Κατά το πλάσιμο η

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι μέτρια πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

4^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που βρισκόταν πάνω από το δείγμα 3. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει καφέ χρώμα 7,5YR 5/3-5/4 (brown). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα, αλλά δεν είναι ούτε απαλή, ούτε τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

5^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που βρισκόταν πάνω από το δείγμα 4. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα κοκκινωπό καφέ με κιτρινωπό κόκκινο 5YR 4/4(reddish brown)-4/6(yellowish red). Κατά το πλάσιμο, κολλούσε στα χέρια, γυάλιζε και ήταν ιδιαίτερα μαλακό. Εντάσσεται στην κατηγορία Silty Clay. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

6^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που βρισκόταν πάνω από το δείγμα 5. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα κοκκινωπό καφέ 5YR 5/3-5/4 (reddish brown). Κατά το πλάσιμο, κολλούσε στα χέρια, γυάλιζε και ήταν ιδιαίτερα μαλακό. Εντάσσεται στην κατηγο-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ρία Silty Clay. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

7^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα κοκκινωπό καφέ με κοκκινωπό κίτρινο 5YR 6/4(light reddish brown)-6/6(reddish yellow). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα, αλλά δεν είναι ούτε απαλή, ούτε τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Silt Loam . Η

συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ η πλαστικότητα του είναι μέτρια. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

8^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα κοκκινωπό καφέ 5YR (reddish brown). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα σφιχτή ,

καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν με αρκετή πίεση, ενώ η πλαστικότητα του είναι μεγάλη. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

9^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει πορτοκαλί χρώμα 5YR6/6 (orange). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα, αλλά δεν είναι ούτε απαλή, ούτε τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Silt Loam . Η συνεκτικότητα του χαρα-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

κτηρίζεται σκληρή έως αρκετά σκληρή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

10^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα κιτρινωπό καφέ 2Y 8/4. Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα, αλλά δεν είναι ούτε απαλή, ούτε τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Loamy Sand. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σκληρή έως αρκετά σκληρή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

11^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει πορτοκαλί χρώμα 2,5 YR 6/6 (orange). Κατά το πλάσιμο του, η υφή του είναι σχετικά τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Clay Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σκληρή έως αρκετά σκληρή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

12^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα ωχρό κίτρινο 2,5Y 8/4 (pale yellow). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα, αλλά δεν είναι ούτε απαλή, ούτε τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Loamy Sand. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σκληρή, ενώ είναι μη πλα-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

στικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

13^ο Δείγμα



Πρόκειται για το μοναδικό πλιθί που έχει υποστεί καύση. Με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα σκούρο κιτρινωπό γκρι 2,5Y 4/2 (dark yellowish grey). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και η υφή του είναι τραχειά. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Loam.

. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σφιχτή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

14^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί που με βάση τον πίνακα Munsell έχει κίτρινο χρώμα 2,5Y 7/3-7/4 (light yellow). Κατά το πλάσιμο, η υφή του ήταν ιδιαίτερα απαλή με αποτέλεσμα να ενταχθεί στην κατηγορία Silty Clay Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σφιχτή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται σφιχτή, ενώ είναι μη πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

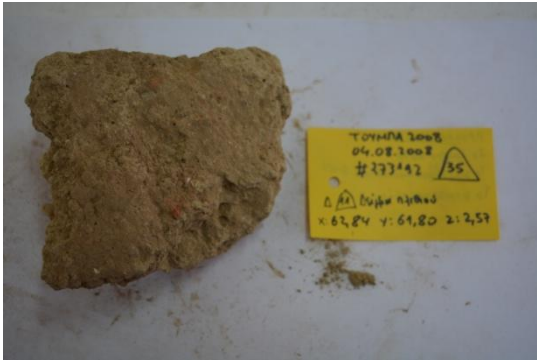
15^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί, που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα ωχρό κίτρινο 2,5Y 8/3- 8/4 (pale yellow). Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

16^ο Δείγμα

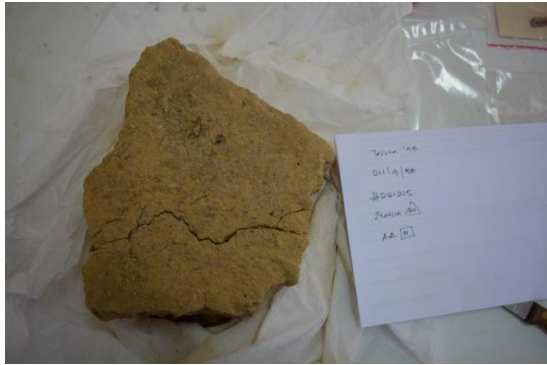


Πρόκειται για πλιθί, που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα ωχρό κίτρινο 2,5Y 8/3-8/4 (pale yellow).

Κατά το πλάσιμο, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται ελαφρώς

σφιχτή, ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

17^ο Δείγμα



Πρόκειται για πλιθί, που με βάση τον πίνακα Munsell έχει χρώμα ωχρό κίτρινο 5Y 8/3-8/4 (pale yellow).

Κατά το πλάσιμο του, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται

σκληρή έως πολύ σκληρή ενώ είναι ελαφρώς πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν λίθους.

18^ο Δείγμα



Πρόκειται για συνδετικό υλικό ανάμεσα στα δείγματα 1-2. Με βάση τον πίνακα Munsell το χρώμα του είναι γκριζωπό καφέ 10YR 5/2 (grayish brown).

Κατά το πλάσιμο του, η μάζα κολλούσε στα χέρια, γυάλιζε και είχε τραχειά υφή.

Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Clay. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι μέτρια πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

19^ο Δείγμα

Πρόκειται για συνδετικό υλικό ανάμεσα στα δείγματα 2-3. Με βάση τον πίνακα



Munsell το χρώμα του είναι γκριζωπό καφέ 10YR 5/2 (grayish brown). Κατά το πλάσιμο του, η μάζα κολλούσε στα χέρια, γυάλιζε και είχε τραχειά υφή. Εντάσσεται στην κατηγορία Sandy Clay. Η συνεκτικότητα του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι

μέτρια πλαστικό. Οι ορατές προσμίξεις περιλαμβάνουν ριζίδια και λίθους.

20^ο Δείγμα



Πρόκειται για επίχρισμα, πάνω από το δείγμα 8. Με βάση τον πίνακα Munsell το χρώμα του είναι 10YR 7/3-7/4 ωχρό καστανό (very pale brown). Κατά το πλάσιμο του, η μάζα παραμορφώνεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα απαλή. Εντάσσεται στην κατηγορία Silt Loam.

Η συνεκτικότητά του χαρακτηρίζεται μαλακή/εύθρυπτη/εύθραυστη, καθώς οι σβώλοι του δείγματος έσπαγαν εύκολα, ενώ είναι μη πλαστικό. Δεν έχει ορατές προσμίξεις.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
 «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Συγκεντρωτικός πίνακας μακροσκοπικής εξέτασης:

ΔΕΙΓΜΑ	ΧΡΩΜΑ MUNSELL	ΥΦΗ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ
Δ1	5YR 5/4(reddish brown)-5/6 (yellowish red)	SILTY CLAY LOAM	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ2	7,5YR 5/3-5/4 (brown)	SILTY CLAY	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ3	7,5YR 5/3-5/4 (brown)	SILT LOAM	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ4	7,5YR 5/3-5/4 (brown)	SANDY SILT LOAM	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ5	5YR 4/4(reddish brown)- 4/6(yellowish red)	SILTY CLAY	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ6	5YR 5/3-5/4 (reddish brown)	SILTY CLAY	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ7	5YR 6/4(light reddish brown)- 6/6(reddish yellow)	SANDY SILT LOAM	ΜΑΛΑΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥΘΡΑΣΤΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ8	5YR (reddish brown)	SILT LOAM	ΠΟΛΥ ΣΦΙΧΤΟ	ΠΟΛΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ9	5YR6/6	SANDY	ΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΑΡ-	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
 «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

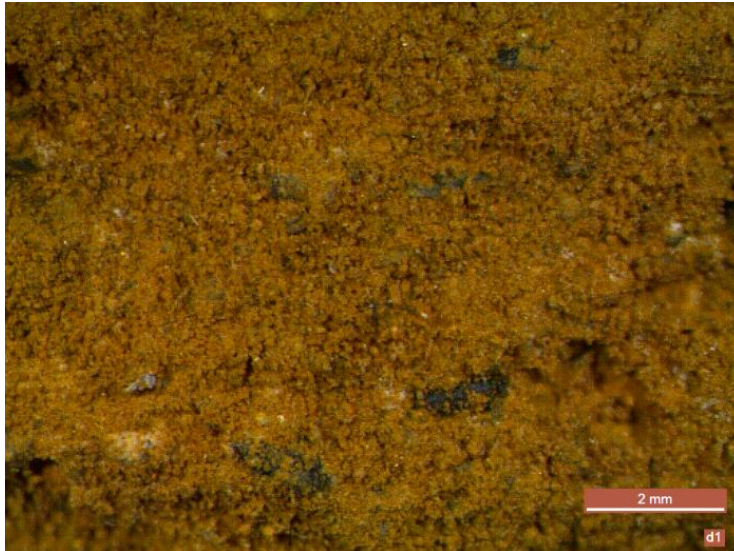
	(orange)	SILT LOAM	ΚΕΤΑ ΣΚΛΗΡΟ		ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ10	2Y Y 8/4	SANDY CLAY LOAM	ΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΑΡ- ΚΕΤΑ ΣΚΛΗΡΟ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), Ο- ΡΥΚΤΟΛΟΓΙ- ΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ11	2,5 YR 6/6 (orange)	CLAY LOAM	ΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΑΡ- ΚΕΤΑ ΣΚΛΗΡΟ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), Ο- ΡΥΚΤΟΛΟΓΙ- ΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ12	2,5Y 8/3-8/4 (pale yellow)	LOAMY SAND	ΣΚΛΗΡΟ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ- ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ13	2,5Y 4/2 (dark yellow- ish grey)	SANDY LOAM	ΣΦΙΧΤΟ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ- ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ14	2,5Y 7/3-7/4 (light yellow)	SILTY CLAY LOAM	ΣΦΙΧΤΟ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), Ο- ΡΥΚΤΟΛΟΓΙ- ΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ15	2,5Y 8/3- 8/4 (pale yellow)	SILT LOAM	ΜΑΛΛΑ- ΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥ ΘΡΑΣΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑ- ΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ- ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ16	2,5Y 8/3- 8/4 (pale yellow)	SILT LOAM	ΕΛΑΦΡΩΣ ΣΦΙΧΤΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑ- ΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ- ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ17	5Y 8/3-8/4 (pale yellow)	SILT LOAM	ΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΑΡ- ΚΕΤΑ ΣΚΛΗΡΟ	ΕΛΑΦΡΩΣ ΠΛΑ- ΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΥΚΤΟΛΟ- ΓΙΚΕΣ(ΛΙΘΟΙ)
Δ18	10YR 5/2 (grayish brown)	SANDY CLAY	ΜΑΛΛΑ- ΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥ ΘΡΑΣΤΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙ- ΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), Ο- ΡΥΚΤΟΛΟΓΙ- ΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ19	10YR 5/2 (grayish brown)	SANDY CLAY	ΜΑΛΛΑ- ΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥ ΘΡΑΣΤΟ	ΜΕΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙ- ΚΟΤΗΤΑ	ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ (ΡΙΖΙΔΙΑ), Ο- ΡΥΚΤΟΛΟΓΙ- ΚΕΣ (ΛΙΘΟΙ)
Δ20	10YR 7/3-7/4 (very pale	SILT LOAM	ΜΑΛΛΑ- ΚΟ/ΕΥΘΡΥΠΤΟ/ΕΥ	ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

	brown)		ΘΡΑΣΤΟ		
--	--------	--	--------	--	--

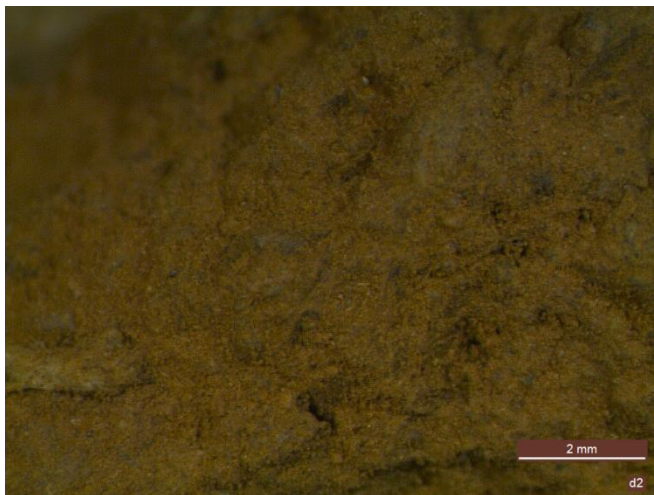
- Μετά την ολοκλήρωση της μακροσκοπικής εξέτασης, παρατηρήθηκαν τα εξής:
- α) τα δείγματα 1-8 και 11 χαρακτηρίζονται από κοκκινωπό χρώμα.
 - β) τα δείγματα 9-10, 12 και 14-17 χαρακτηρίζονται από κιτρινωπό χρώμα.
 - γ) το δείγμα 13, που είναι το μοναδικό δείγμα οπτού πλιθιού, έχει το χαρακτηριστικό σκούρο μαύρο χρώμα.
 - δ) τα δείγματα 1-19 φέρουν ορατές οργανικές και ορυκτολογικές προσμίξεις.
 - ε) το δείγμα 20 δεν έχει ορατές οργανικές και ορυκτολογικές προσμίξεις.

2.2 Αποτελέσματα Οπτικής Μικροσκοπικής Εξέτασης



Το 1ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, αμμώδες λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-κοκκινωπό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών στοιχείων, που κυριαρχεί, αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων με ποικιλία χρωμάτων (μαύρο, γκρίζο,

κόκκινο) και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι γωνιώδες και πεπλατυσμένο.



Το 2^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-ανοιχτό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα

των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο.



Το 3^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-ανοιχτό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Παρατηρούνται και οργανικά στοιχεία (ρίζιδια). Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο.



Το 4^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος ανοιχτό κίτρινο. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό.



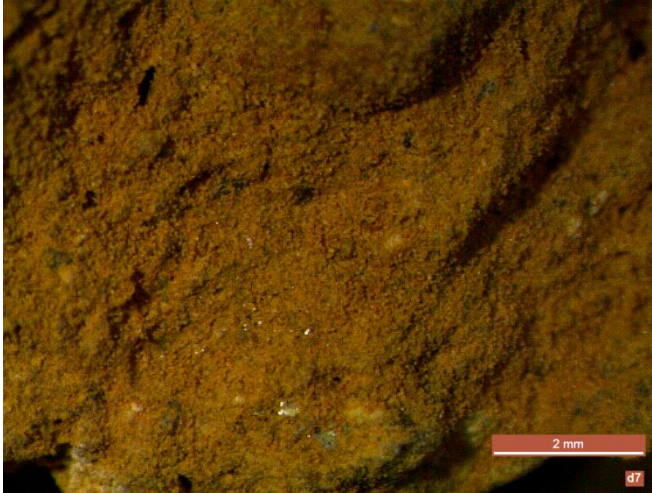
Το 5^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη, ενώ είναι αρκετή παρουσία οργανικών στοιχείων (ρίζια). Το σχήμα των μη πλαστικών

στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό.



Το 6^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και αρκετά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των

μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο.



σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι γωνιώδες.

Το 7^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμμόδες υλικό χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το



να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το χρώμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι κόκκινο και πράσινο. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι γωνιώδες.

Το 8^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμμόδες υλικό χρώματος κίτρινο-πορτοκαλί, που κοκκινίζει ελαφρώς. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν



σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι γωνιώδες.

Το 9^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμμόδες υλικό χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το



πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό και το χρώμα τους διακρίνεται σε κόκκινο, μαύρο και γκρίζο.

Το 10^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη



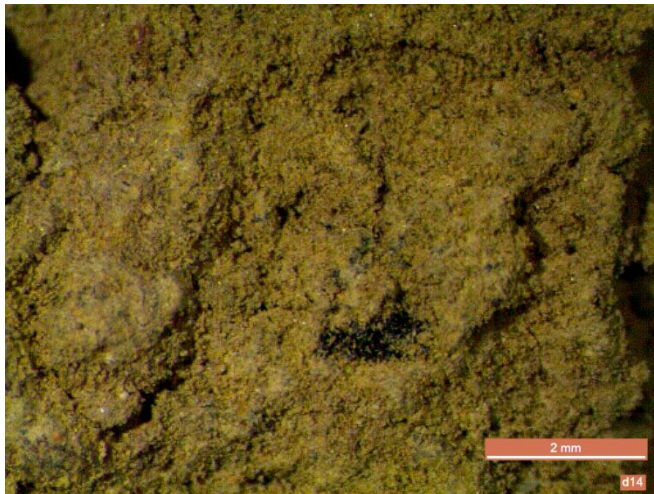
Το 11^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κοκκινωπό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και εγκλείσματα λευκού χρώματος σε μεγάλη συγκέντρωση, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό και το χρώμα τους διακρίνεται σε μαύρο και γκριζό.



Το 12^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων σε μεγάλη συγκέντρωση και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος κόκκινο, πράσινο, γκριζό.



Το 13^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμώδες υλικό, χρώματος σκούρο γκρίζο. Παρατηρούνται πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη.



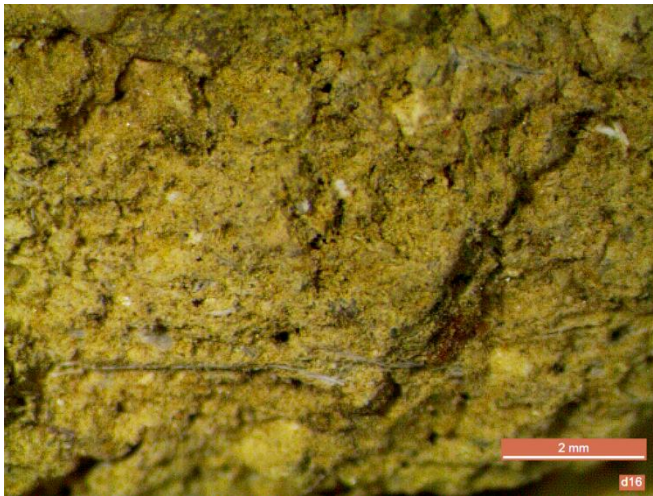
Το 14^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμώδες υλικό, χρώματος σκούρο καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβε-

στίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος μαύρο και γκρίζο.



Το 15^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο, αμμώδες υλικό, χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το

σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος κόκκινο και γκρίζο.



Το 16^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων σε μεγάλη συγκέντρωση και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμέ-

νο και στρογγυλό, χρώματος γκρίζο.



Το 17^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος κίτρινο-κοκκινωπό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων σε μεγάλη συγκέντρωση και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος μαύρο και γκρίζο.



Το 18^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος ανοιχτό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος μαύρο και γκρίζο.



των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος μαύρο και γκρίζο.

Το 19^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος ανοιχτό καφέ. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και πολλά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον ασβεστίτη. Το σχήμα



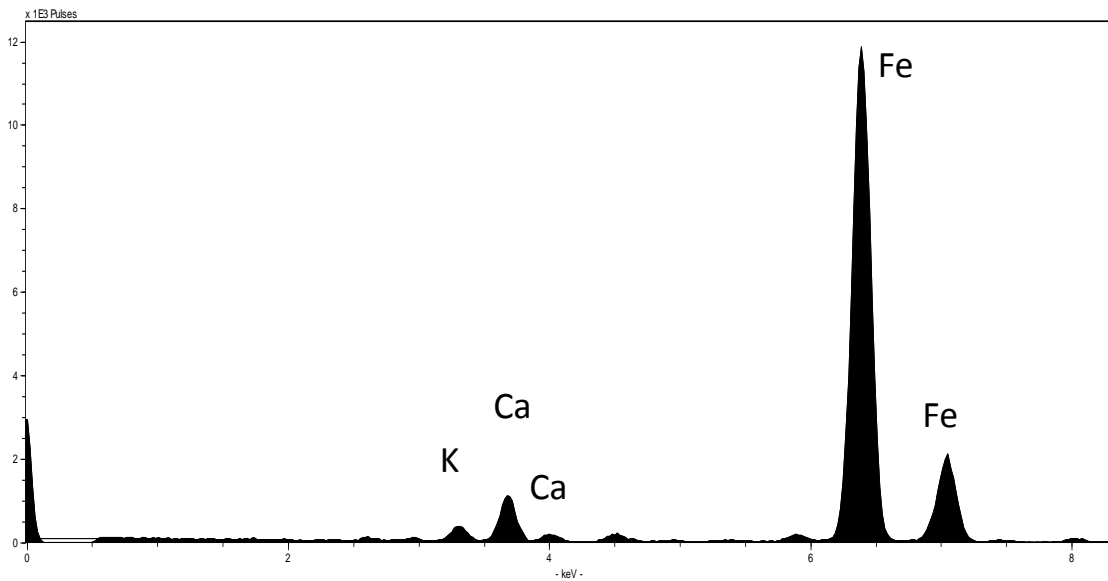
ασβεστίτη. Το σχήμα των μη πλαστικών στοιχείων είναι πεπλατυσμένο και στρογγυλό, χρώματος μαύρο και γκρίζο.

Το 20^ο δείγμα χαρακτηρίζεται από σκληρό, λεπτόκοκκο υλικό, χρώματος ανοιχτό κίτρινο που καφετίζει. Το είδος των μη πλαστικών αντιπροσωπεύεται από θραύσματα ορυκτών και πετρωμάτων και αρκετά εγκλείσματα λευκού χρώματος, που πιθανόν να ανήκουν στον

2.3 Αποτελέσματα Φασματοσκοπίας Ακτίνων Χ Φθορισμού

Κατά την εξέταση του 1^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία: χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

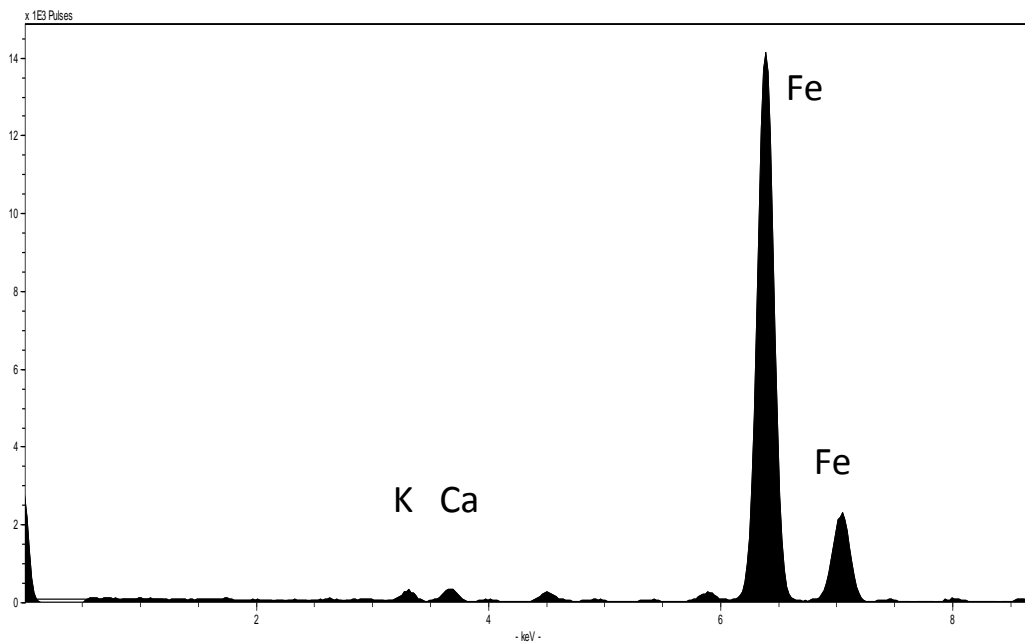
Δείγμα 1



Κατά την εξέταση του 2^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

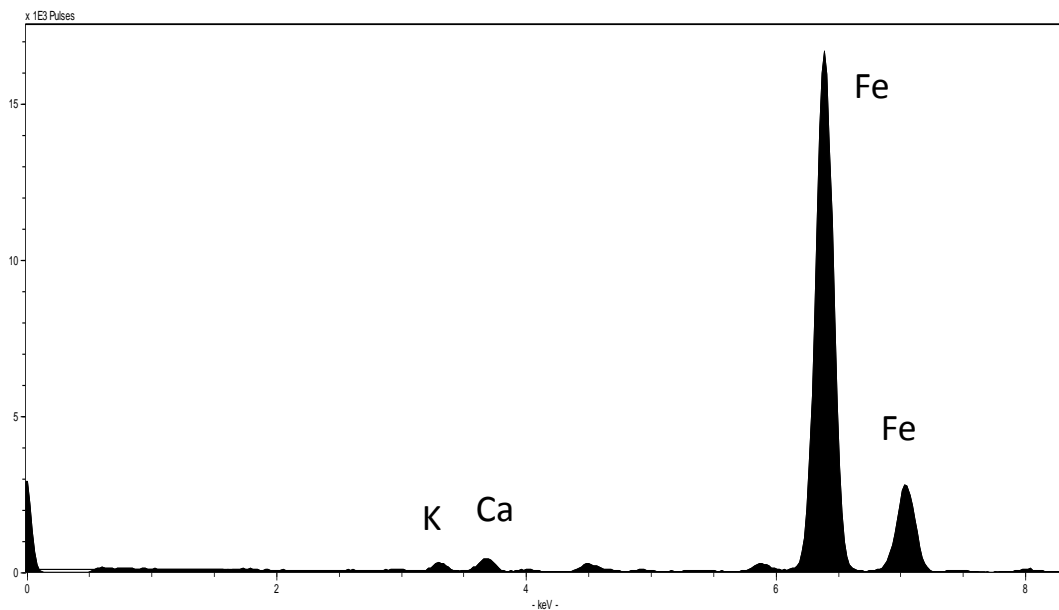
Δείγμα 2



Κατά την εξέταση του 3^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

πυρίτιο (Si), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 3

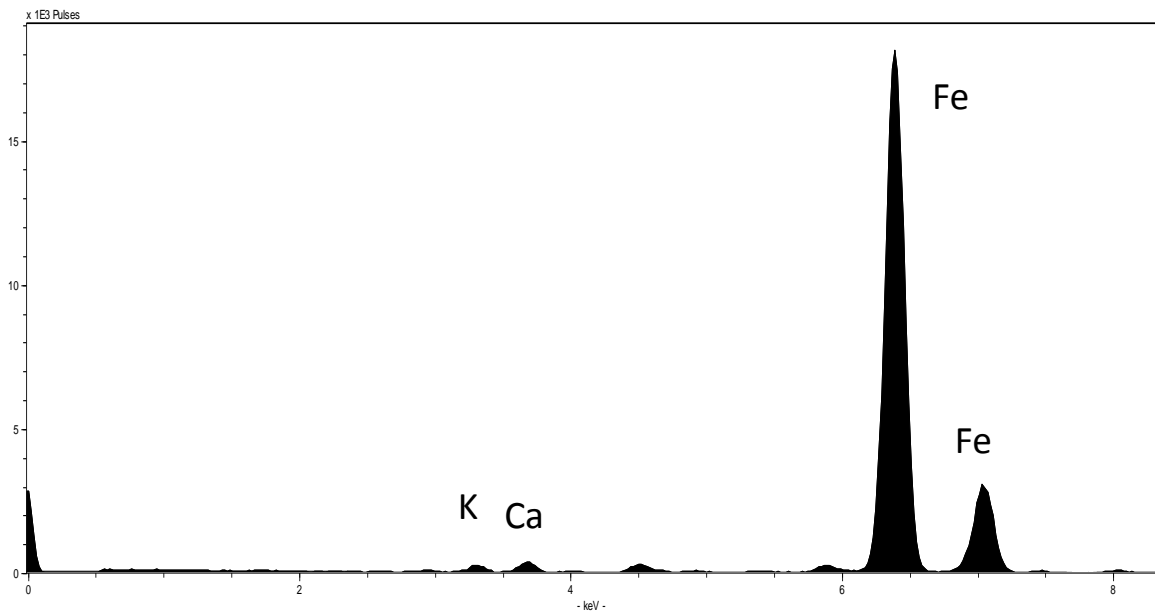


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 4^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 4

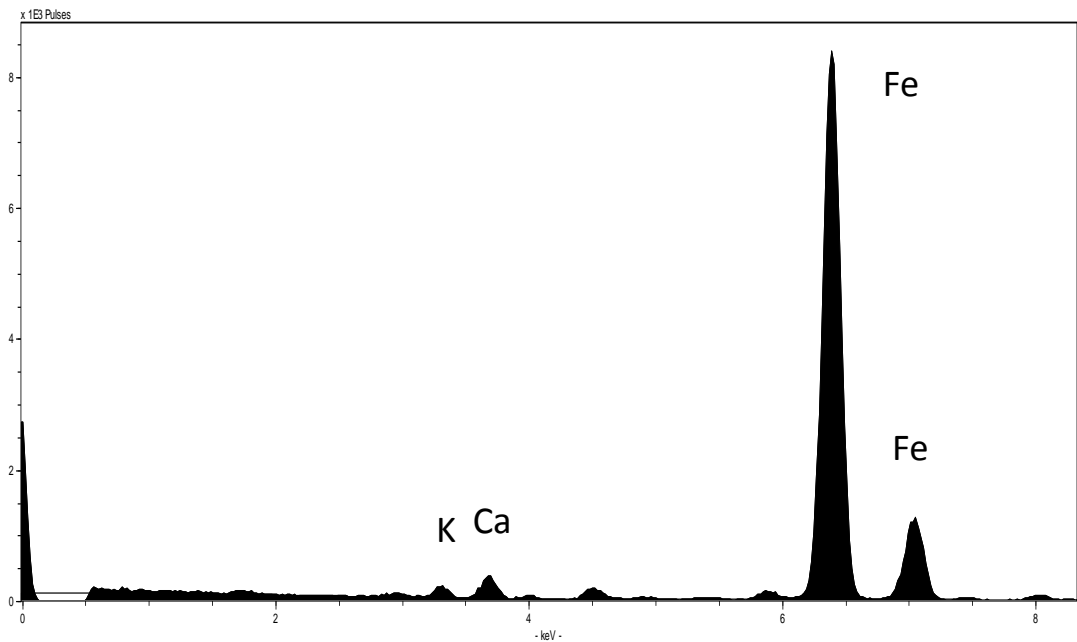


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 5^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάριο (Ti), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

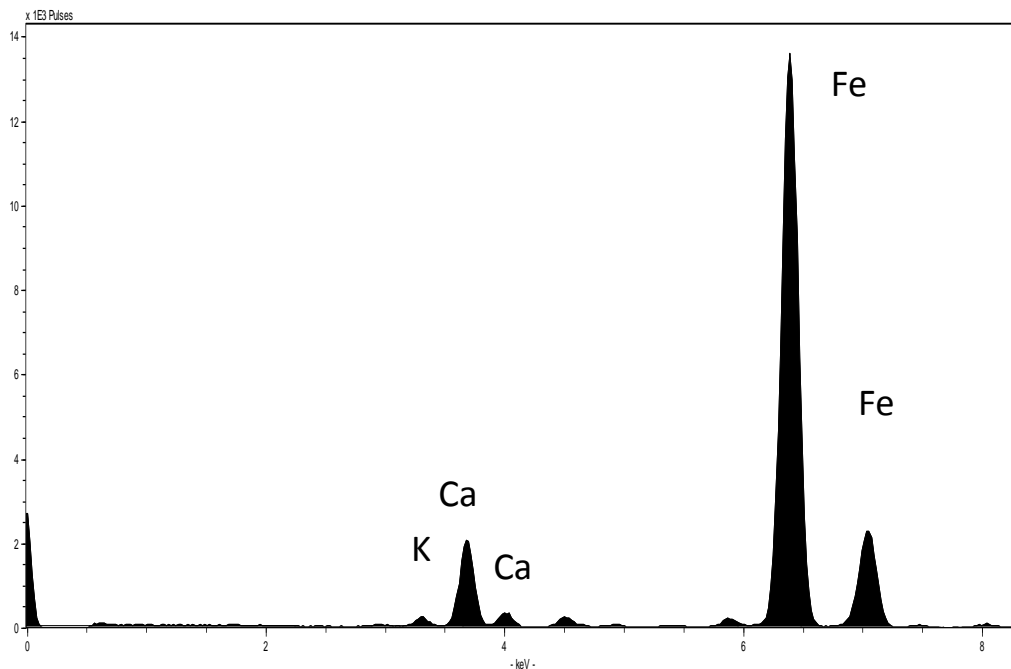
Δείγμα 5



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 6^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία: πυρίτιο (Si), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), ρουβίδιο(Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

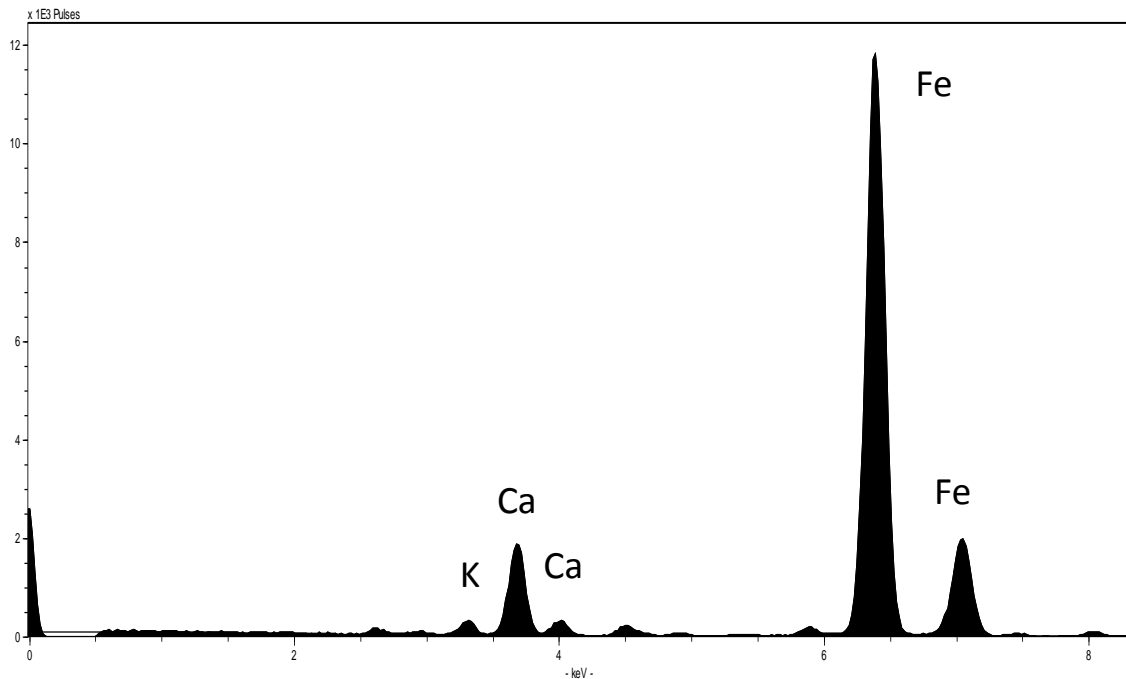
Δείγμα 6



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 7^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία: χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 7

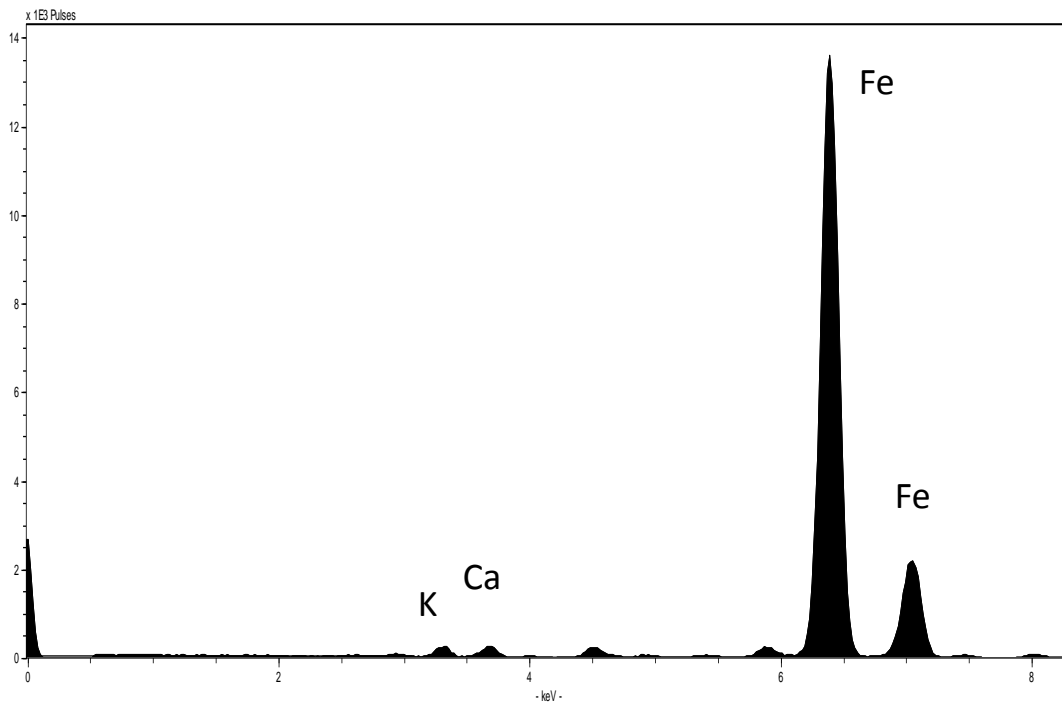


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 8^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), αργό(Ar), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάριο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 8

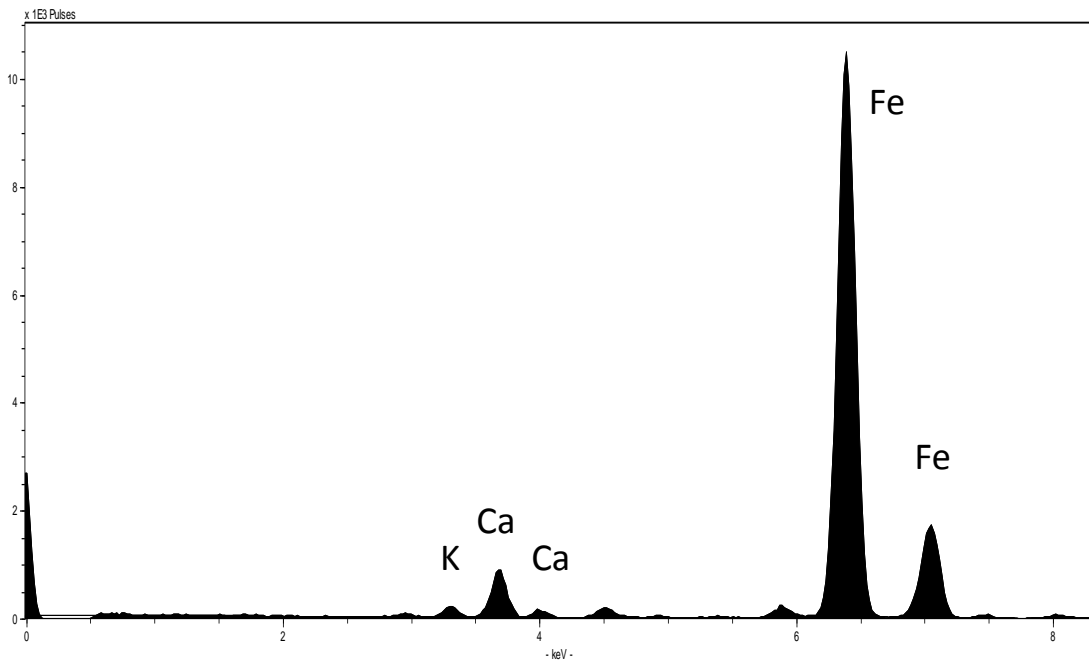


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 9^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

πυρίτιο (Si), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάριο (Ti), βανάδιο (V), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 9

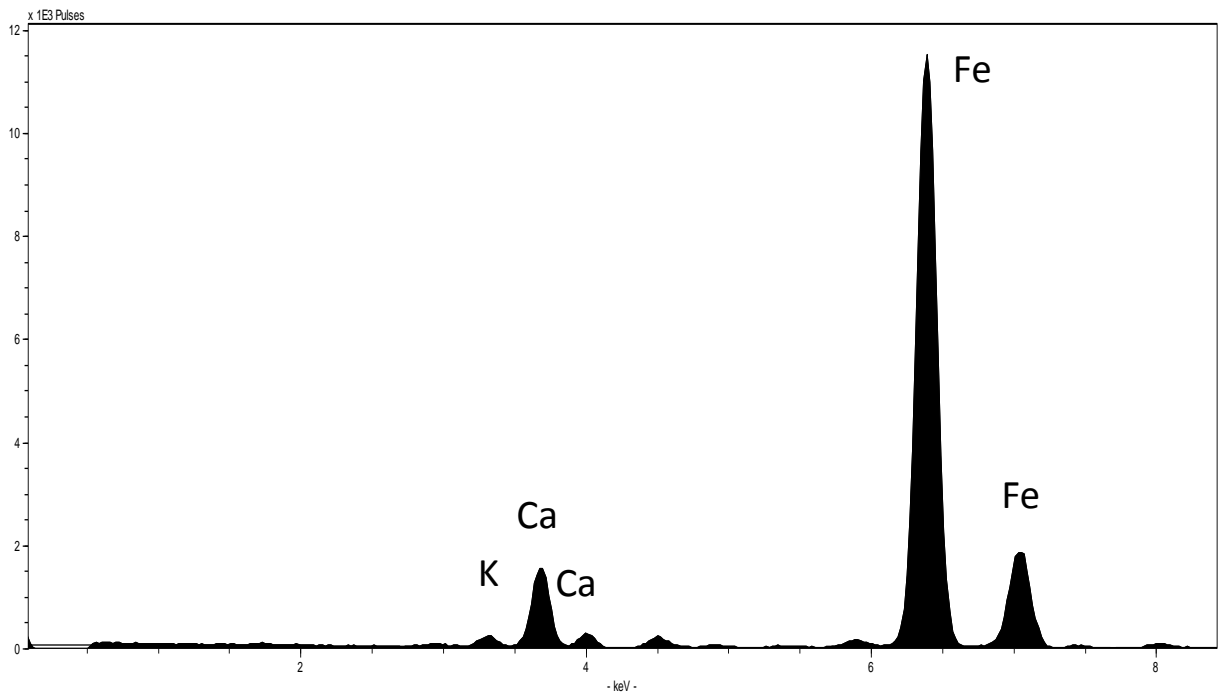


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 10^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 10

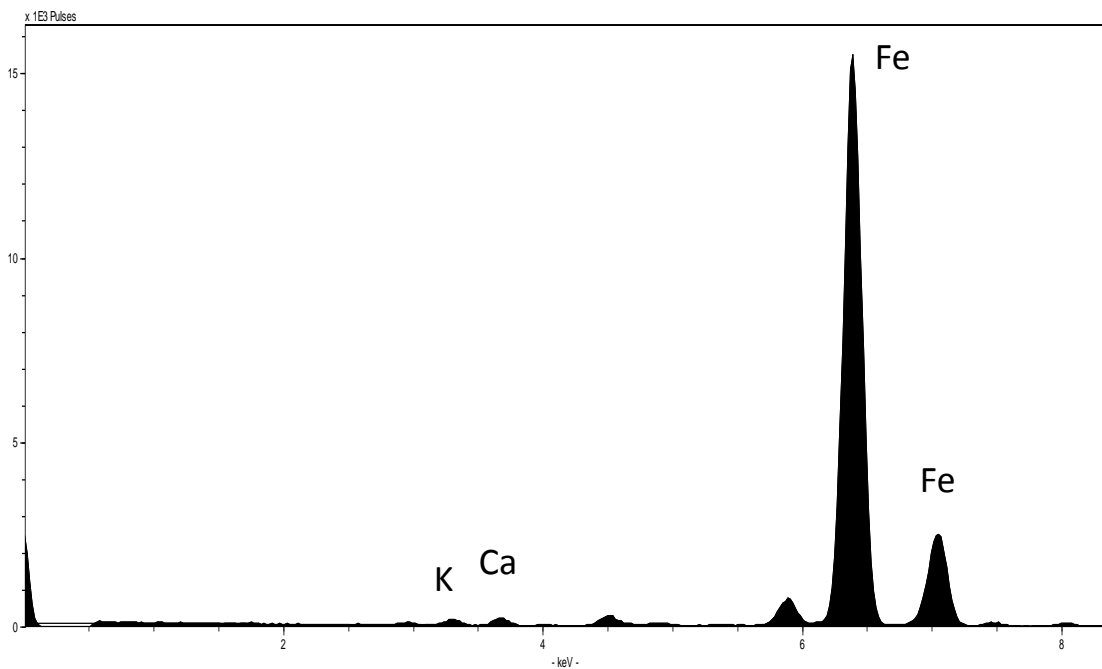


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 11^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

πυρίτιο (Si), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάριο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 11

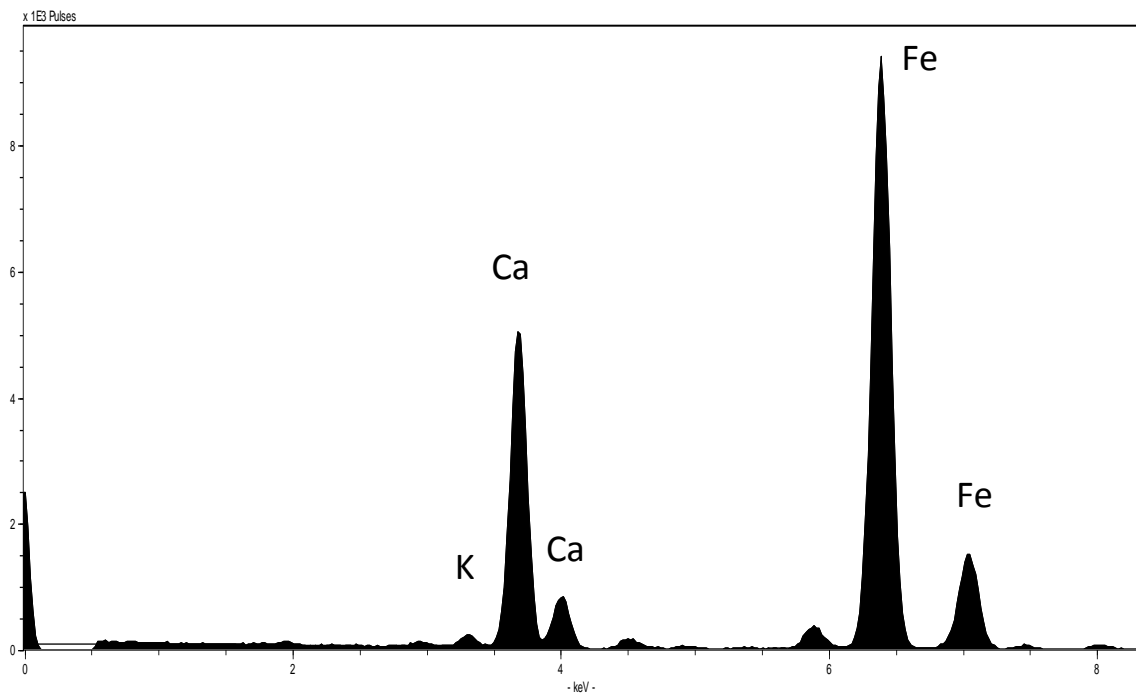


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 12^ο δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

αργό (Ar), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 12

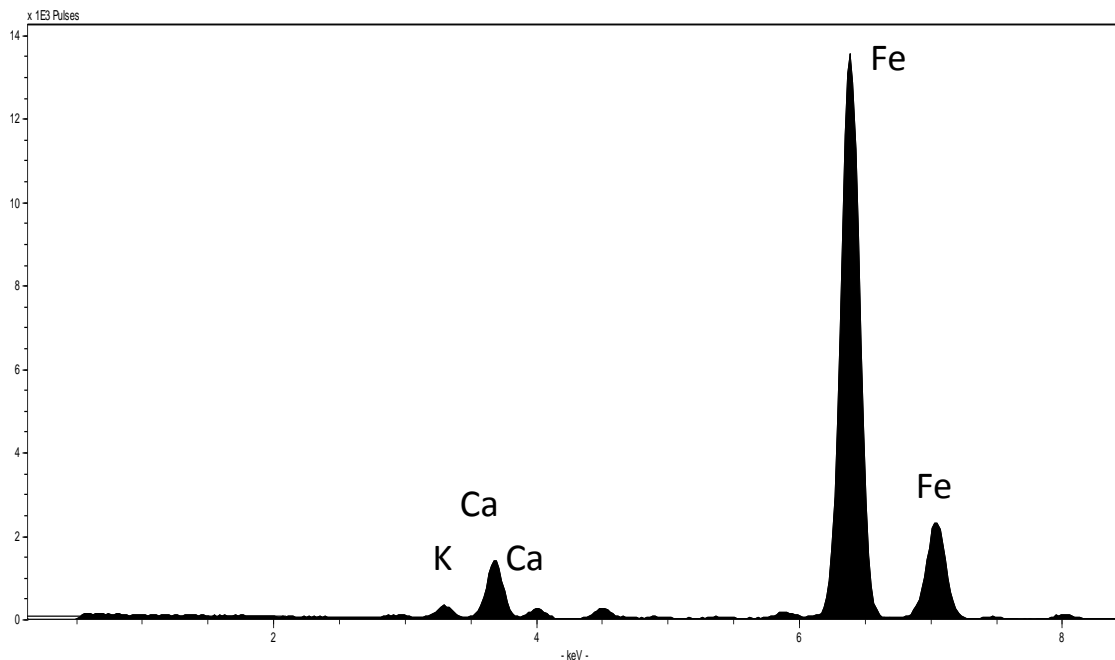


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 13^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 13

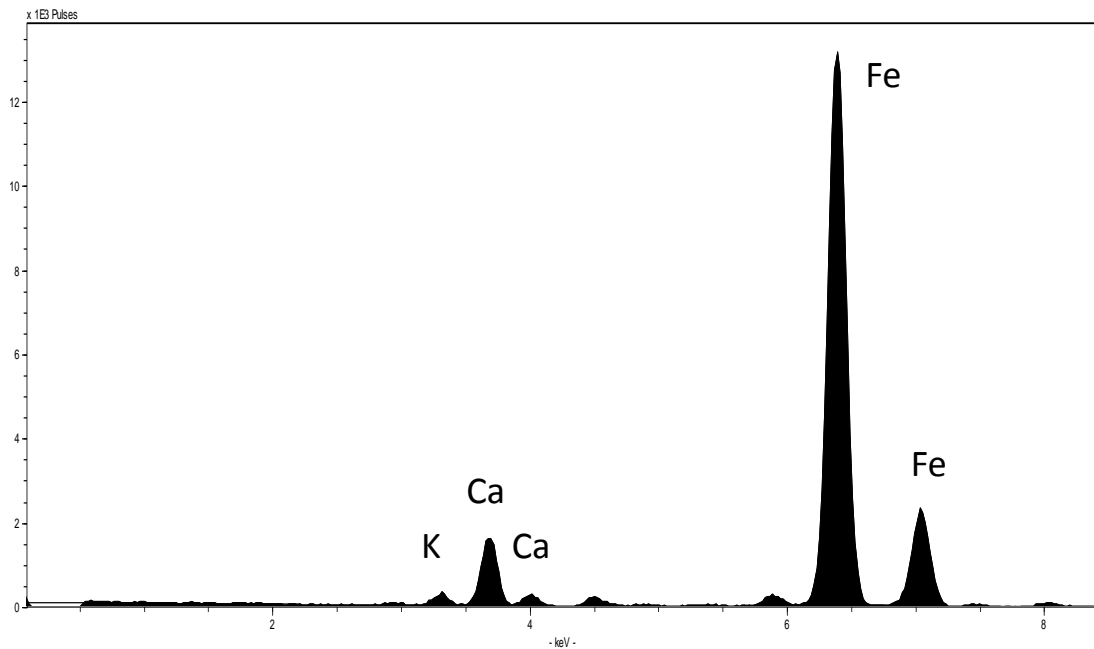


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 14^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 14

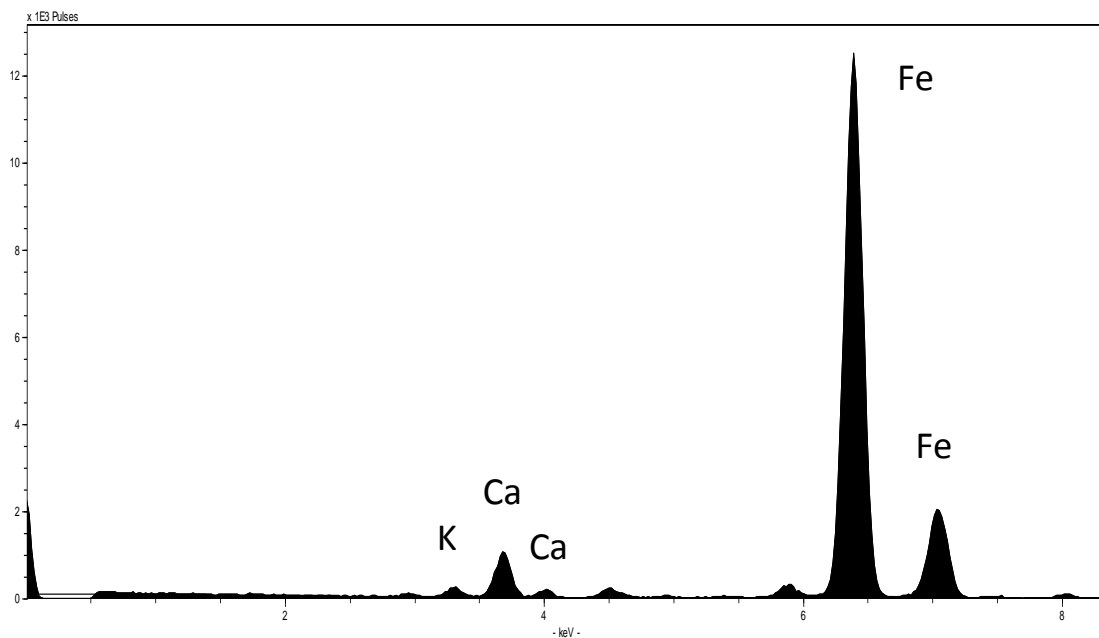


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 15^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 15

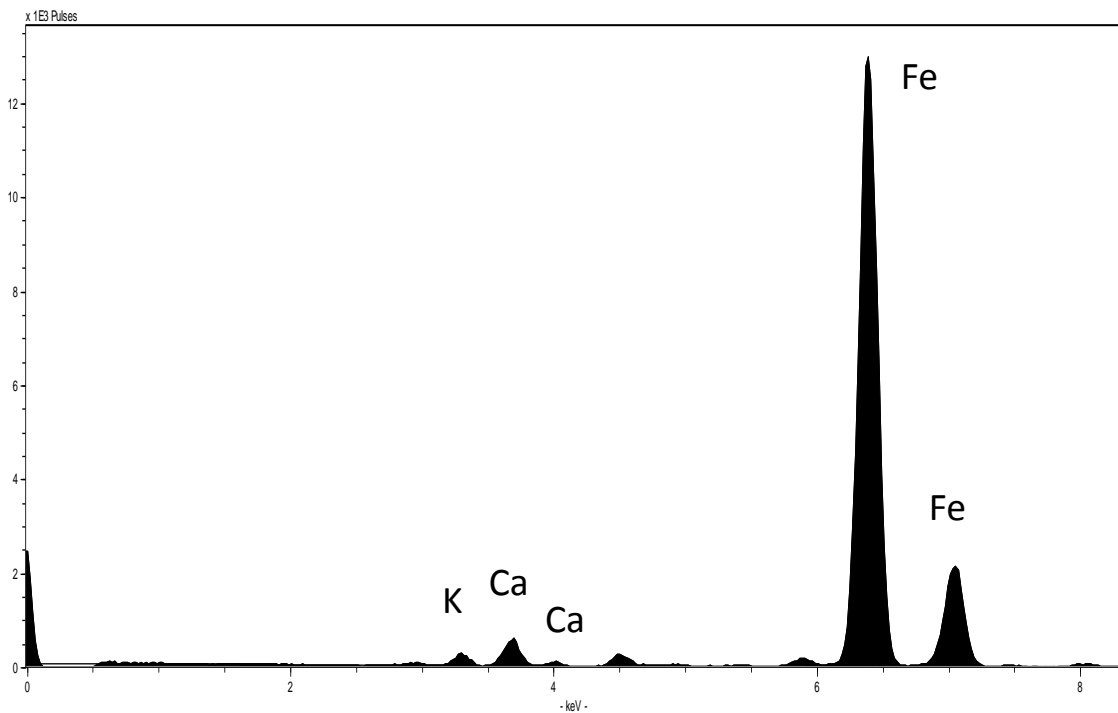


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 16^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 16

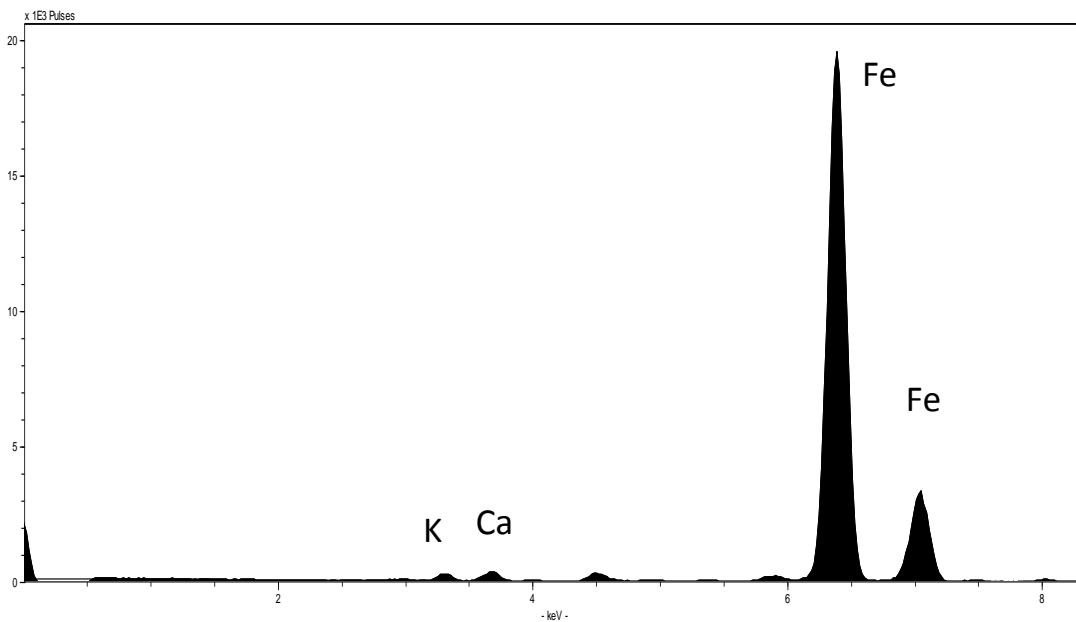


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 17^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

πυρίτιο (Si), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), αρσενικό (As), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

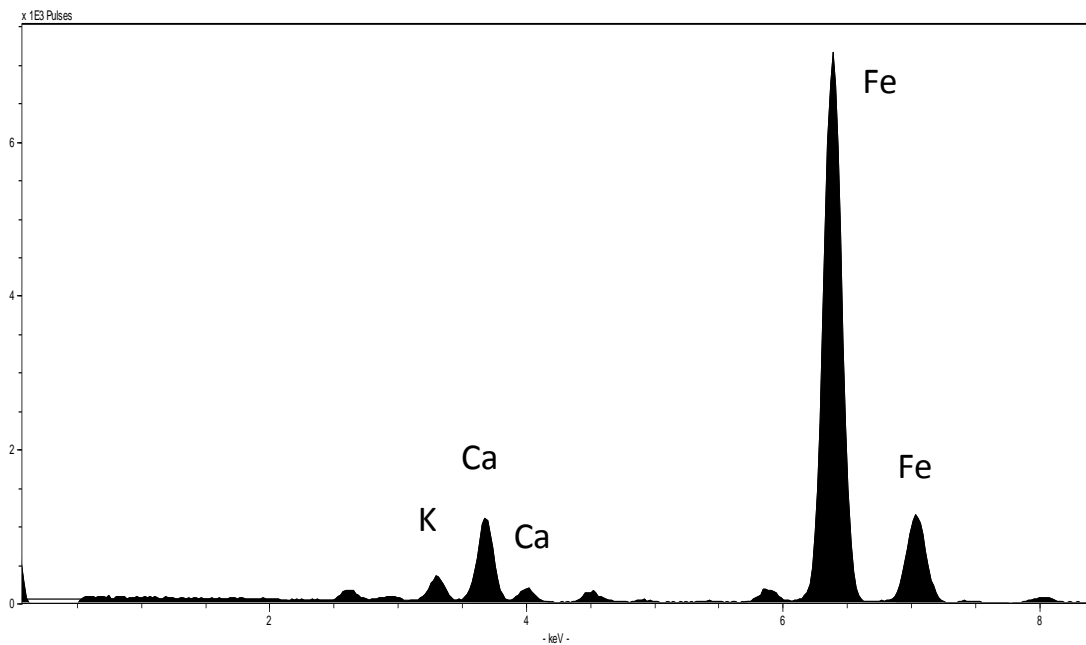
Δείγμα 17



Κατά την εξέταση του 18^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), γάλλιο (Ga), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 18

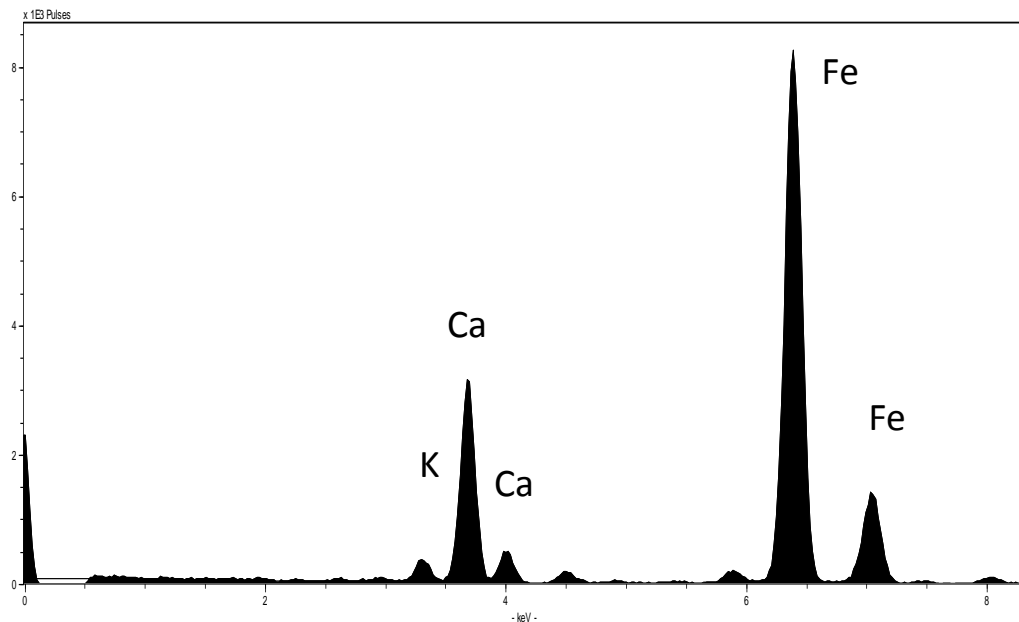


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 19^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 19

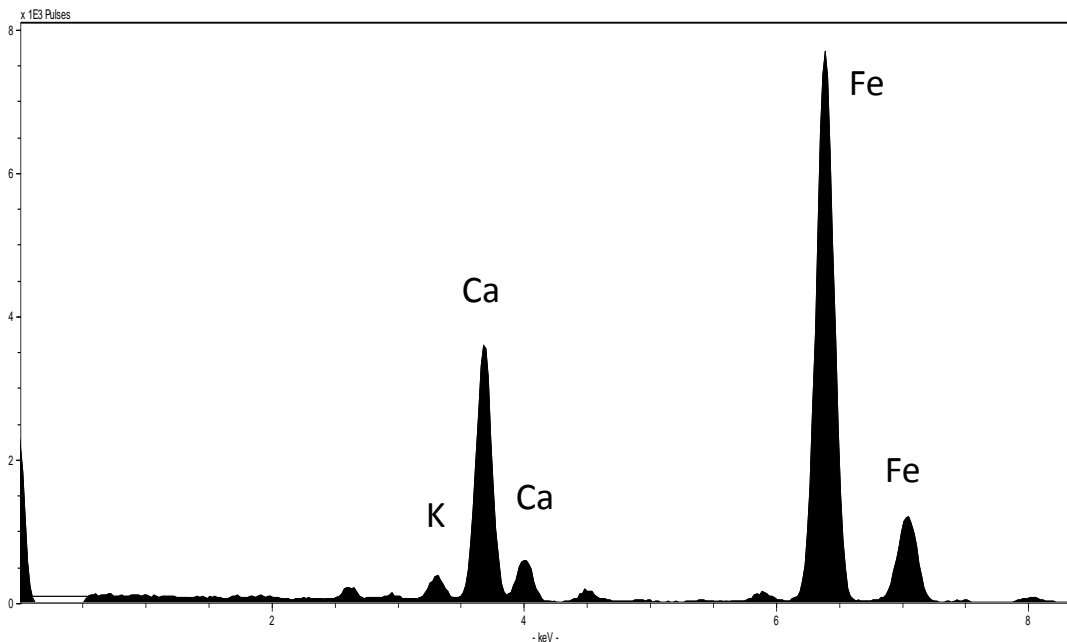


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κατά την εξέταση του 20^{ου} δείγματος η ποιοτική ανάλυση έδωσε τα εξής χημικά στοιχεία:

χλώριο (Cl), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), τιτάνιο (Ti), βανάδιο (V), χρώμιο (Cr), μαγγάνιο (Mn), σίδηρος (Fe), νικέλιο (Ni), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος (Zn), αρσενικό (As), βρώμιο (Br), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο(Sr). Τα στοιχεία, που εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και κάλιο.

Δείγμα 20



2.4 Αποτελέσματα Υπέρυθρης Φασματοσκοπίας με χρήση μετασχηματισμών Fourier

Στο 1^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocs kai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite (2986, 2875, 2514, 1798, 1437, 874),

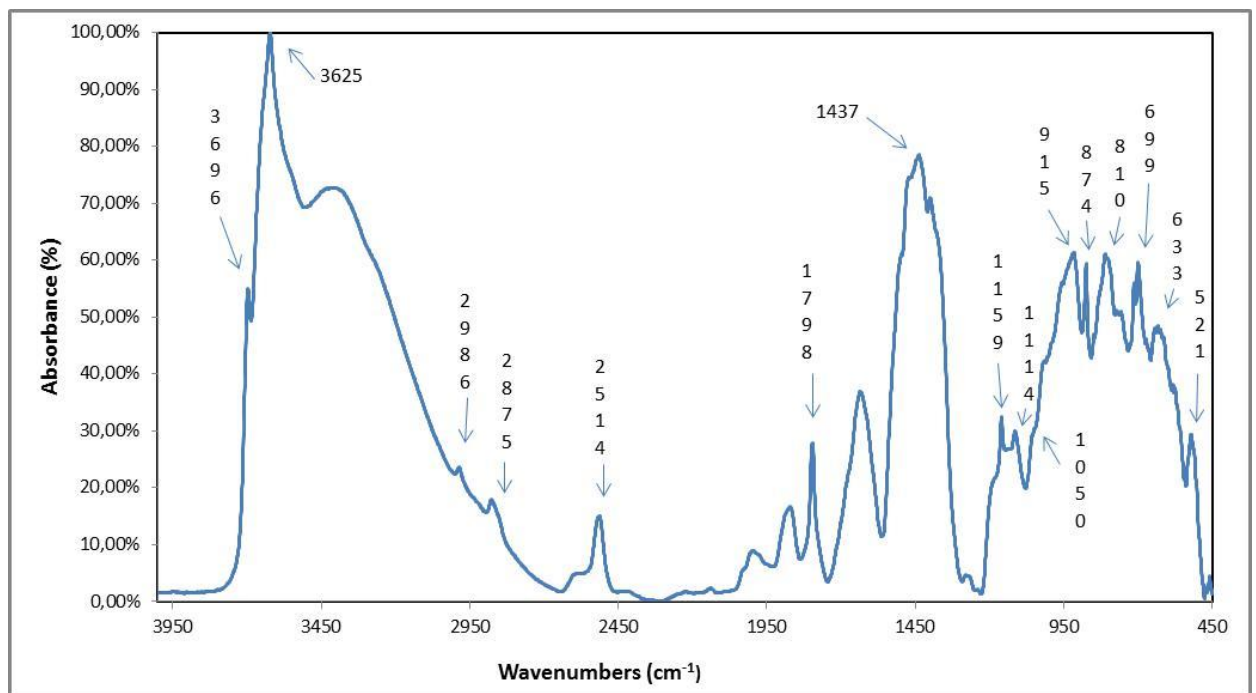
καολίνης/kaolinite (3696, 1114, 915),

χαλαζίας /crystalline quartz(1159, 810, 699, 521),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite (3625),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(633),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 2^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάρθρωμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(1795,875),

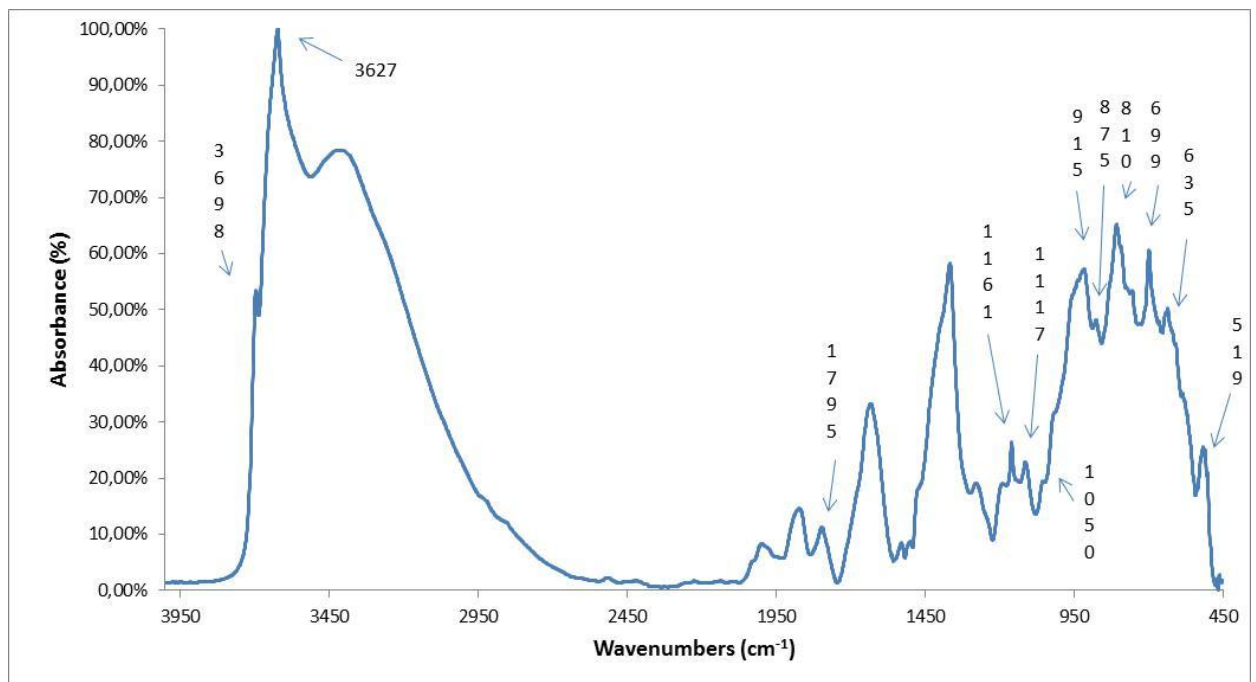
καολίνης/kaolinite (3698,1117,918),

χαλαζίας/crystalline quartz(1161, 810, 699, 519),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3627),

αστρίου/K-feldspars/Plagioclases(635).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 3^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

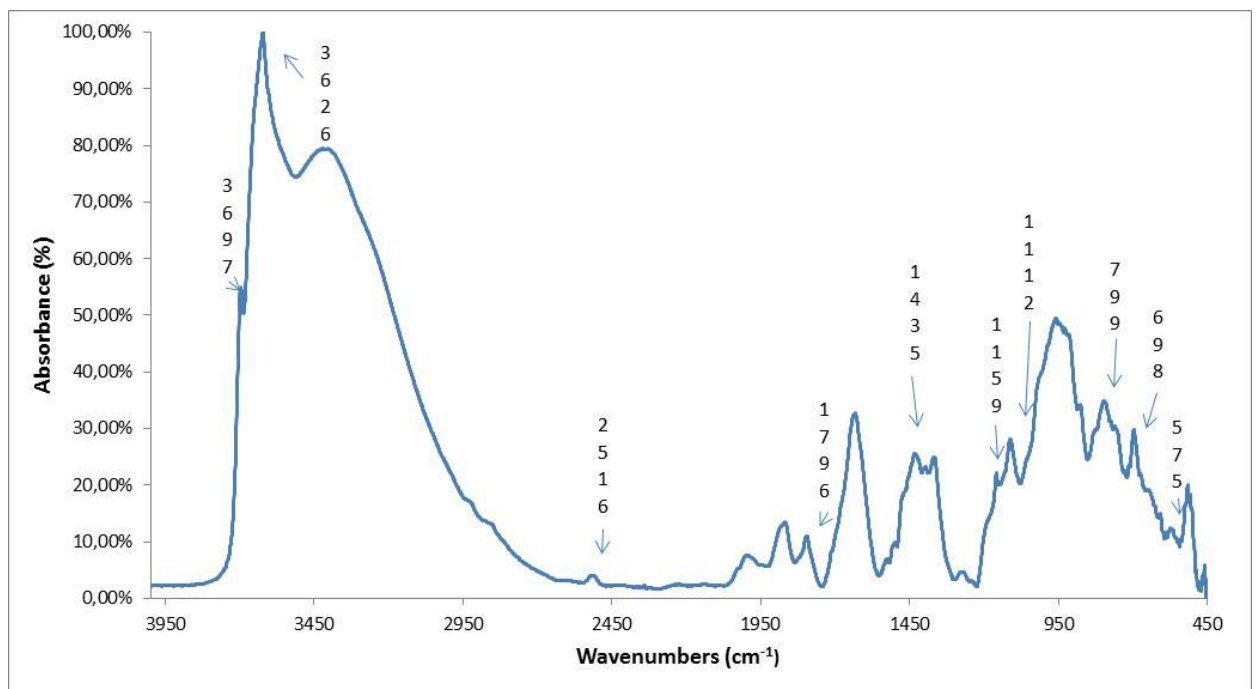
καολίνης/kaolinite(3697, 1112),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159,799),

ασβεστίτης/calcite(2516, 1796, 1435),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3626),

αστρίου/K-feldspars/Plagioclases(575).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 4^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάρθρωμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškowska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

καολίνης/kaolinite(3696,1113),

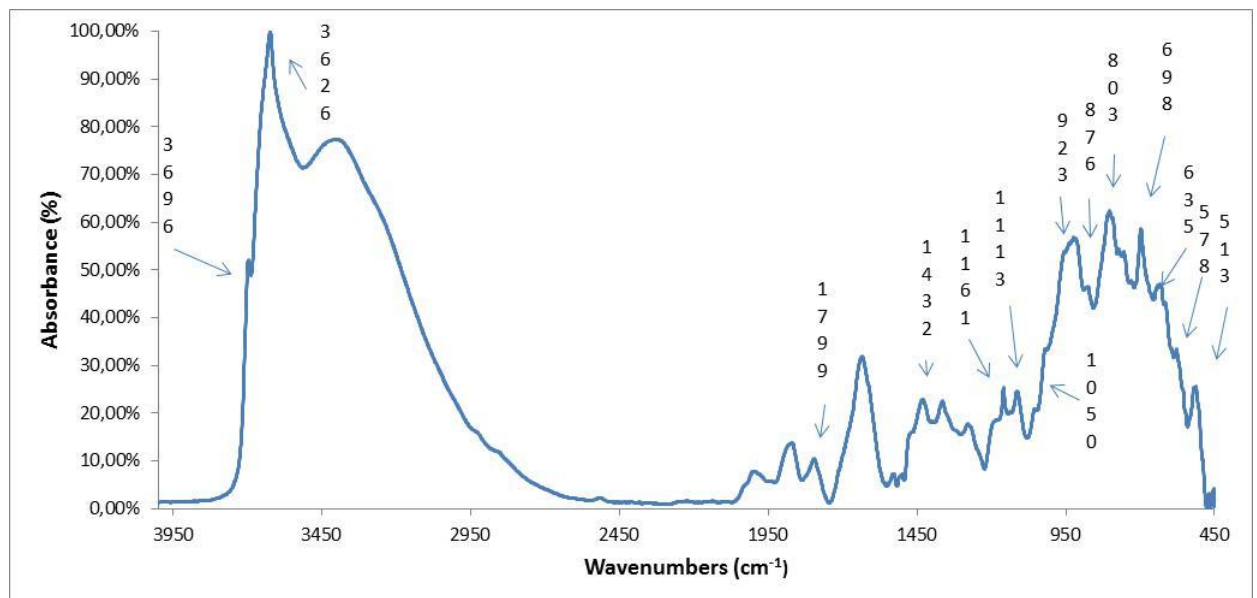
χαλαζίας/crystalline quartz(1161, 803, 698, 513),

ασβεστίτης/calcite(1799, 1432, 876),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3626),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

αστρίου/K-feldspars/Plagioclases(635,578)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 5ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάρημοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

καολίνης/kaolinite(3696, 1112),

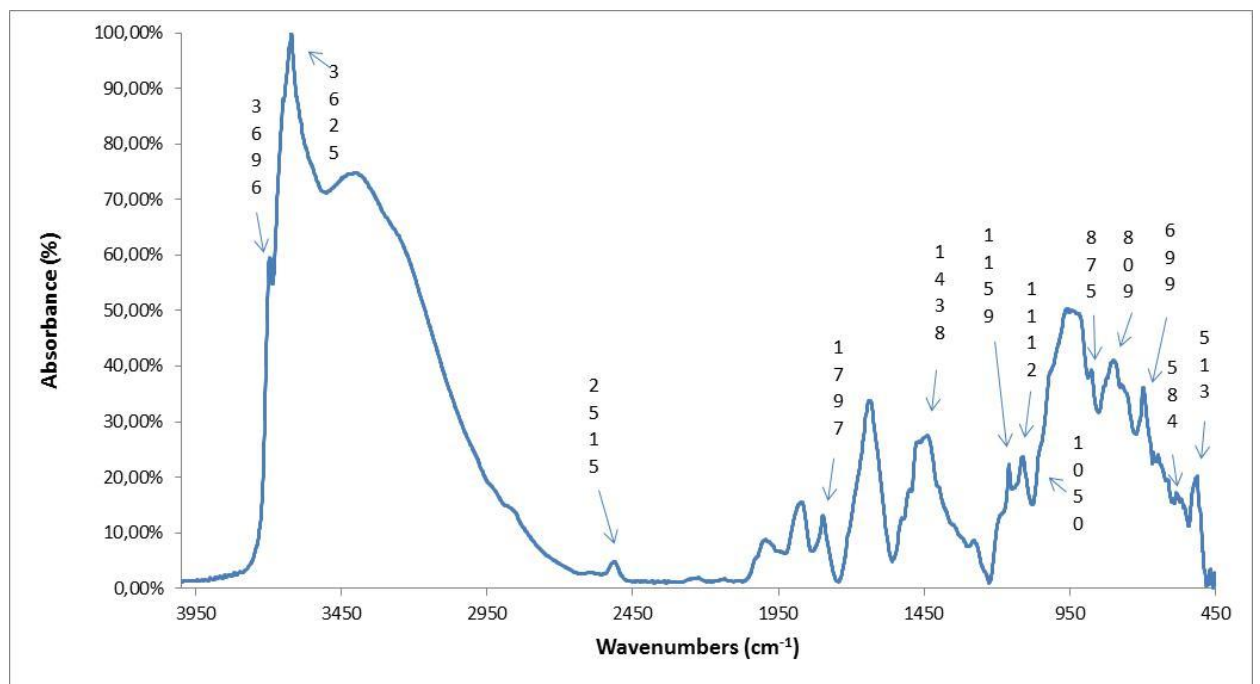
χαλαζία/crystalline quartz(1159, 809, 699, 513),

ασβεστίτης/calcite(2515, 1797, 1438, 875),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3625),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(584)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 6^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocs kai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

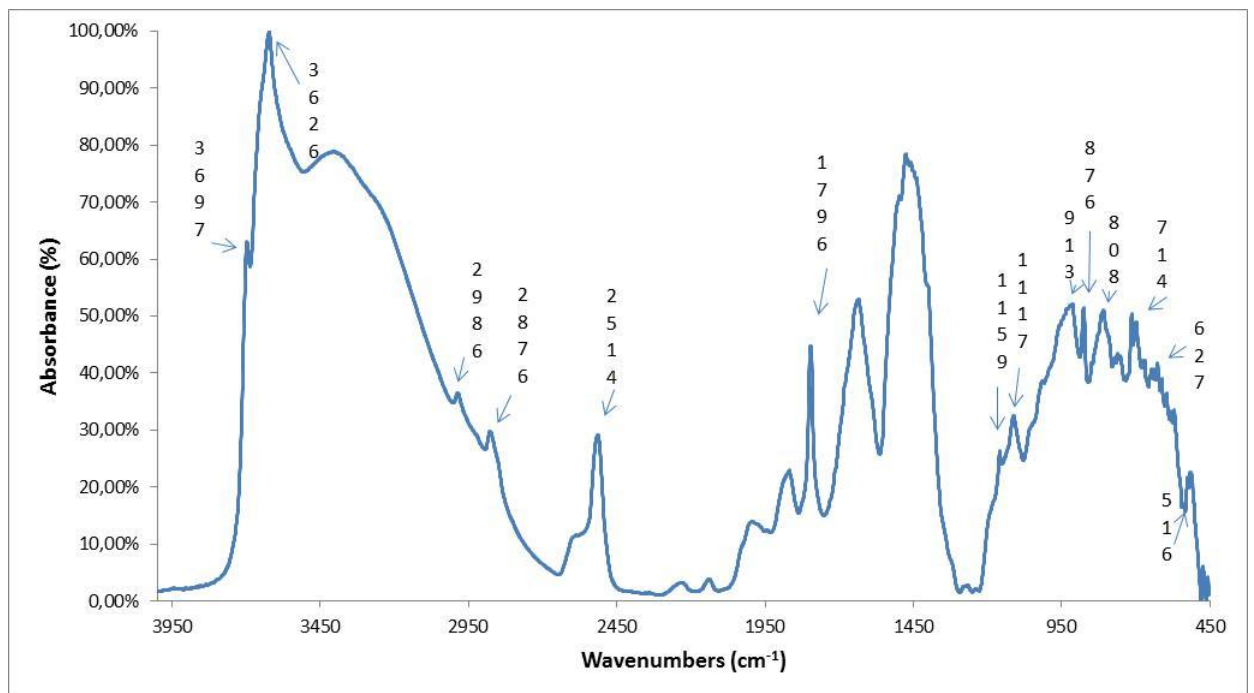
ασβεστίτης/calcite(2986,2876, 2514, 1796, 876, 714),

καολίνης/kaolinite(3697, 1117, 913),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 808, 516),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3626),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(627)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 7^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite (2989, 2879, 2517, 1798, 875, 714),

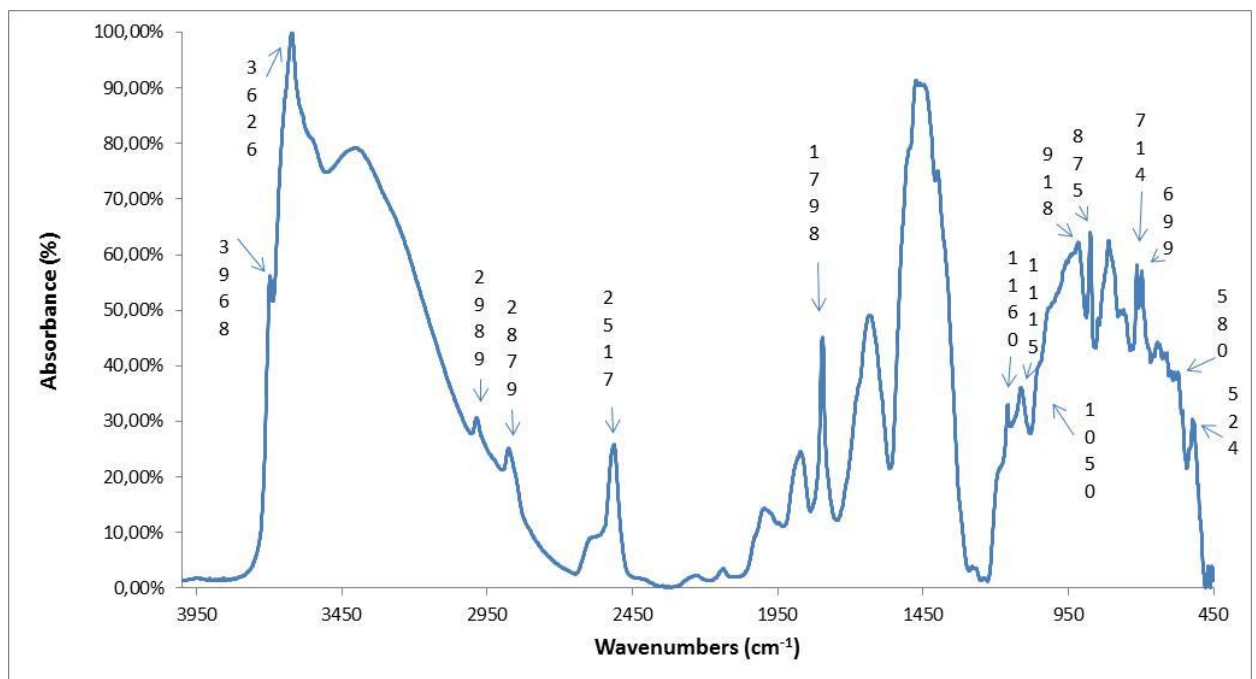
καολίνης/kaolinite (3698, 1115, 918),

χαλαζιάς/crystalline quartz (1160, 699, 524),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite (3626),

άμορφη πυριτία/amorphous silica (1050),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases (580).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 8^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocs kai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

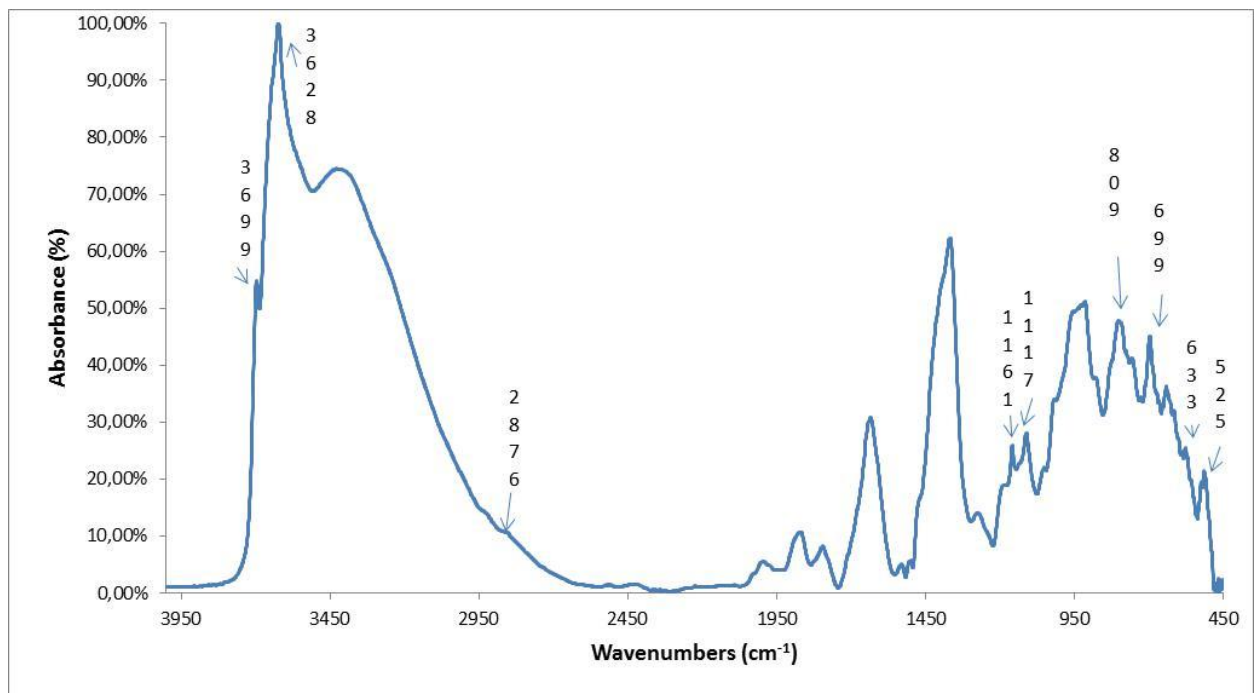
ασβεστίτης/calcite(2876),

καολίνης/kaolinite(3699, 1117),

χαλαζίας/crystalline quartz(1161, 809, 699, 525),

μοντμοριλλονίτης/ montmorillonite(3628),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(633)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 9^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

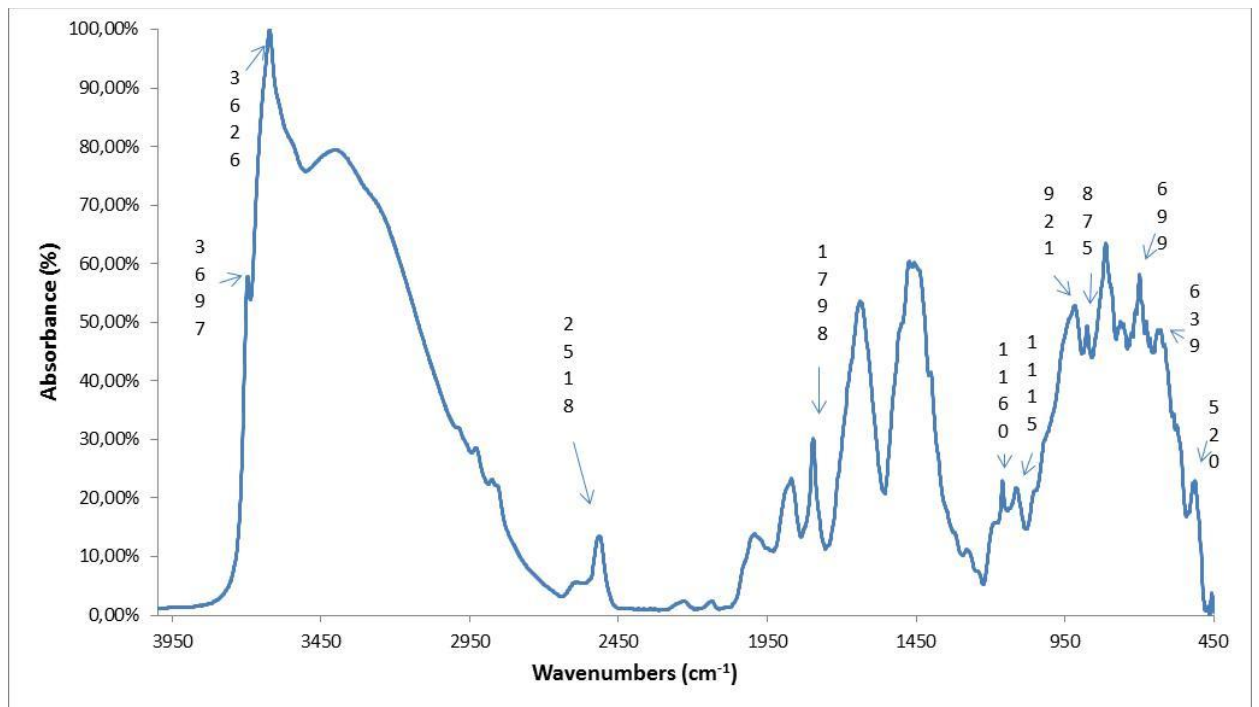
ασβεστίτης/calcite(2518, 1798, 875),

καολίνης/kaolinite(3697, 1115, 921),

χαλαζίας/crystalline quartz(1160, 699, 520),

μοντμοριλλονίτης/ montmorillonite(3626),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(639)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 10^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevoopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2991, 2879, 2519, 1798, 875, 714),

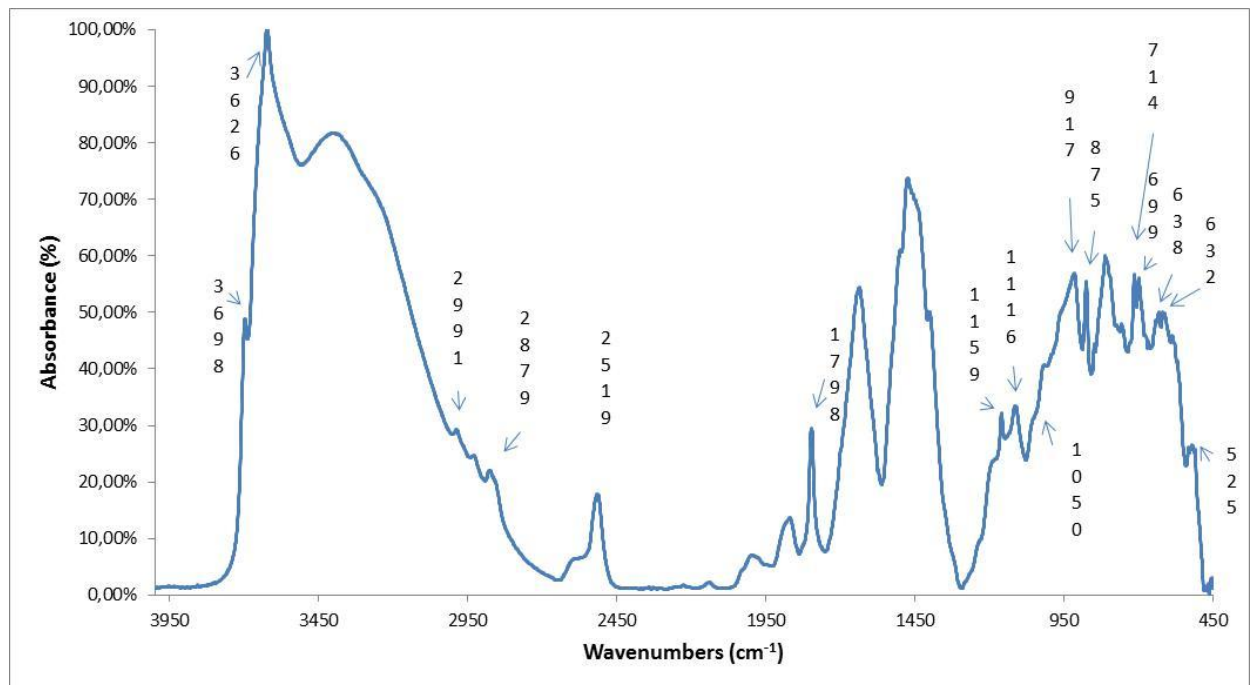
καολίνης/kaolinite(3698, 1116, 917),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 699, 525),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3626),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

αστρίου/K-feldspars/Plagioclases(638, 632)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 11^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

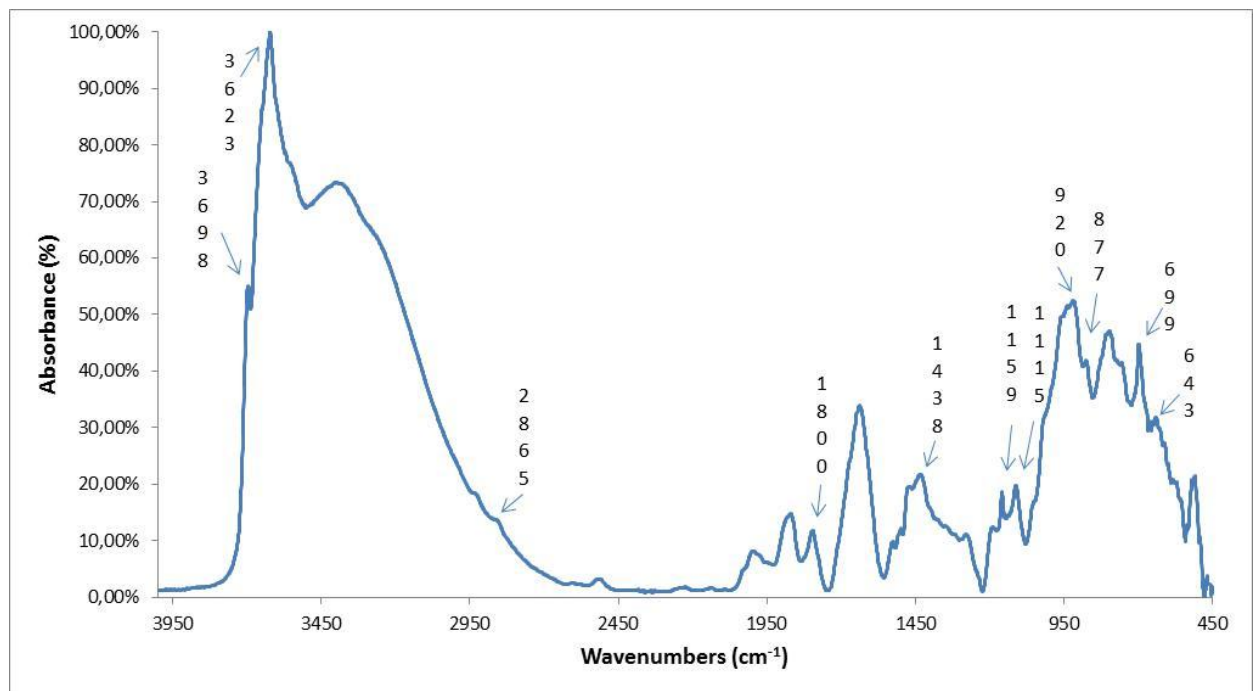
καολίνης/kaolinite(3698, 1115, 920),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 699),

ασβεστίτης/calcite(2865, 1800, 1438, 877),

μοντμοριλλονίτης/ montmorillonite(3623),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(643).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 12^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2985, 2877, 2513, 1797, 1438, 870, 714) σε πολύ μεγάλο ποσοστό,

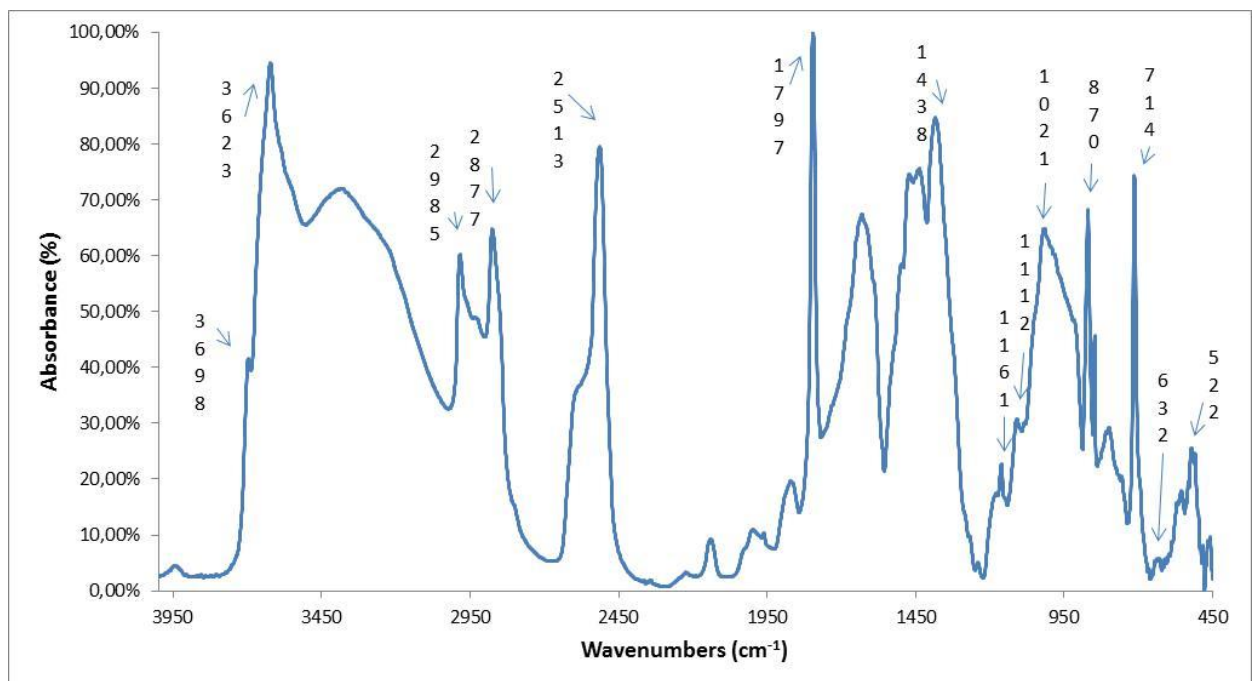
καολίνης/kaolinite(3698, 1112),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3623),

χαλαζίας/crystalline quartz (1161, 522) σε μικρό ποσοστό

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(632).

Ακόμη, η ισχυρή κορυφή στα 1021 υποδηλώνει την ύπαρξη micas (μάλλον muscovite) σε μεγάλο ποσοστό.



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 13^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2523, 1799),

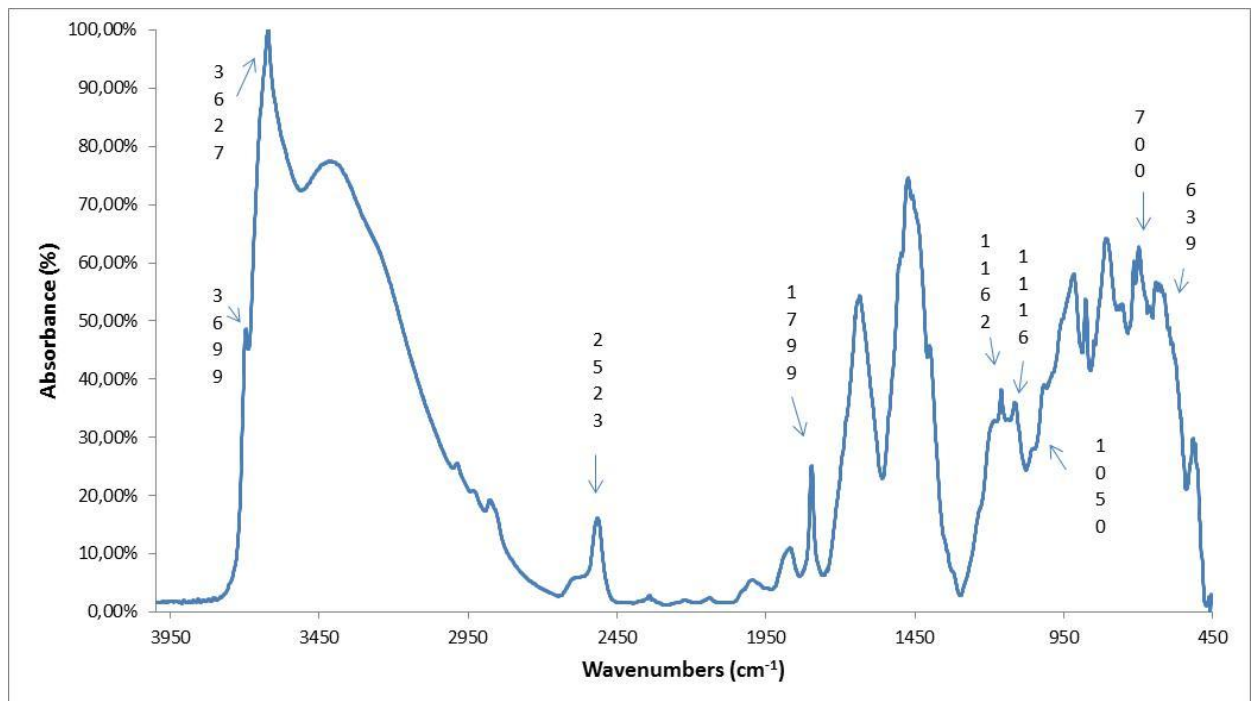
καολίνης/kaolinite(3699, 1116),

χαλαζίας/crystalline quartz(1162, 700),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3627),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(639)



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 14^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm⁻¹) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2992, 2881, 2516, 1798, 876, 714),

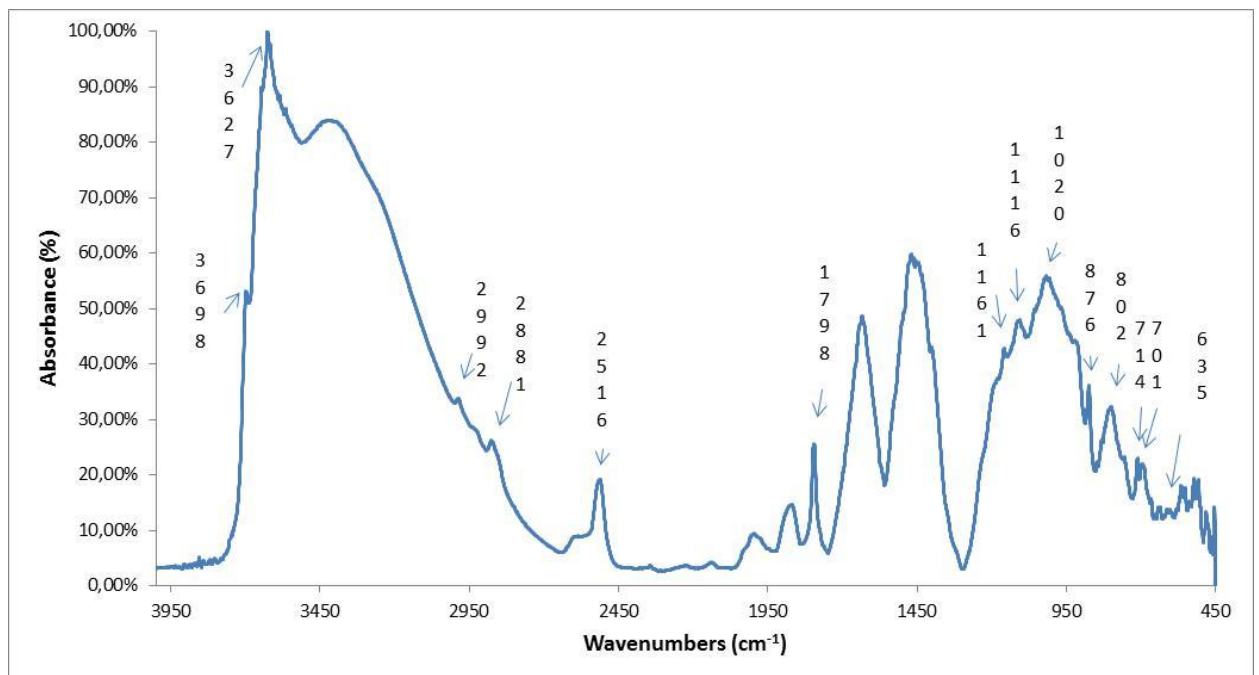
καολίνης/kaolinite(3698, 1116),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3627),

χαλαζίας/crystalline quartz(1161, 802, 701),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(635).

Ακόμη, η ισχυρή κορυφή στα 1020 υποδηλώνει την ύπαρξη micas (μάλλον muscovite) σε μεγάλο ποσοστό.



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 15^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2879, 2520, 1798, 875, 713),

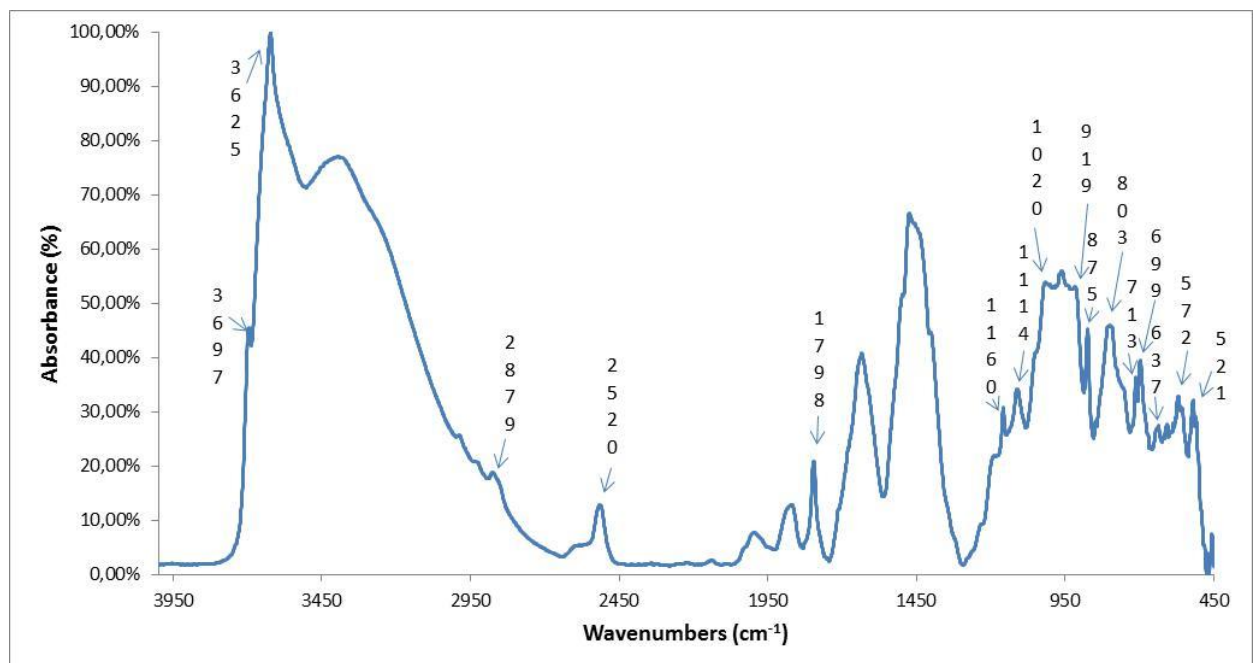
καολίνης/kaolinite(3697, 1114, 919),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(),

χαλαζίας/crystalline quartz(1160, 803, 699, 521),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(637, 572).

Ακόμη, η ισχυρή κορυφή στα 1020 υποδηλώνει την ύπαρξη micas (μάλλον muscovite).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 16^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocs kai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

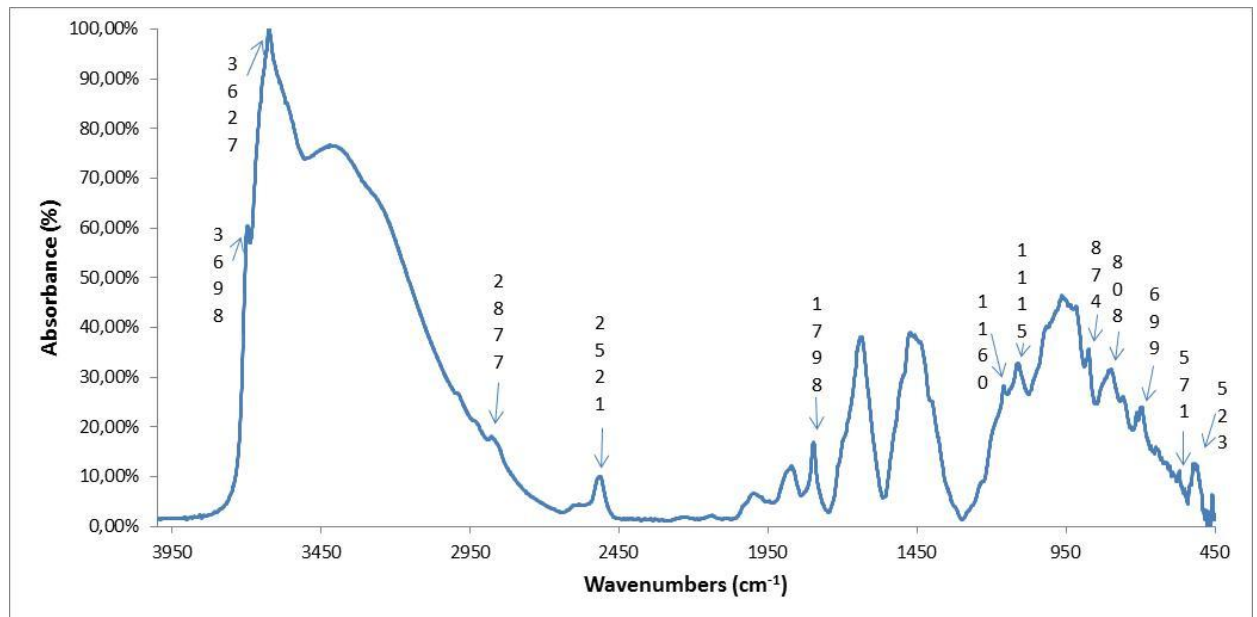
ασβεστίτης/calcite(2877, 2521, 1798, 874),

καολίνης/kaolinite(3698, 1115),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3627),

χαλαζίας/crystalline quartz(1160, 808, 699, 523),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(571).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 17^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2896, 1796, 1439) σε μικρό ποσοστό,

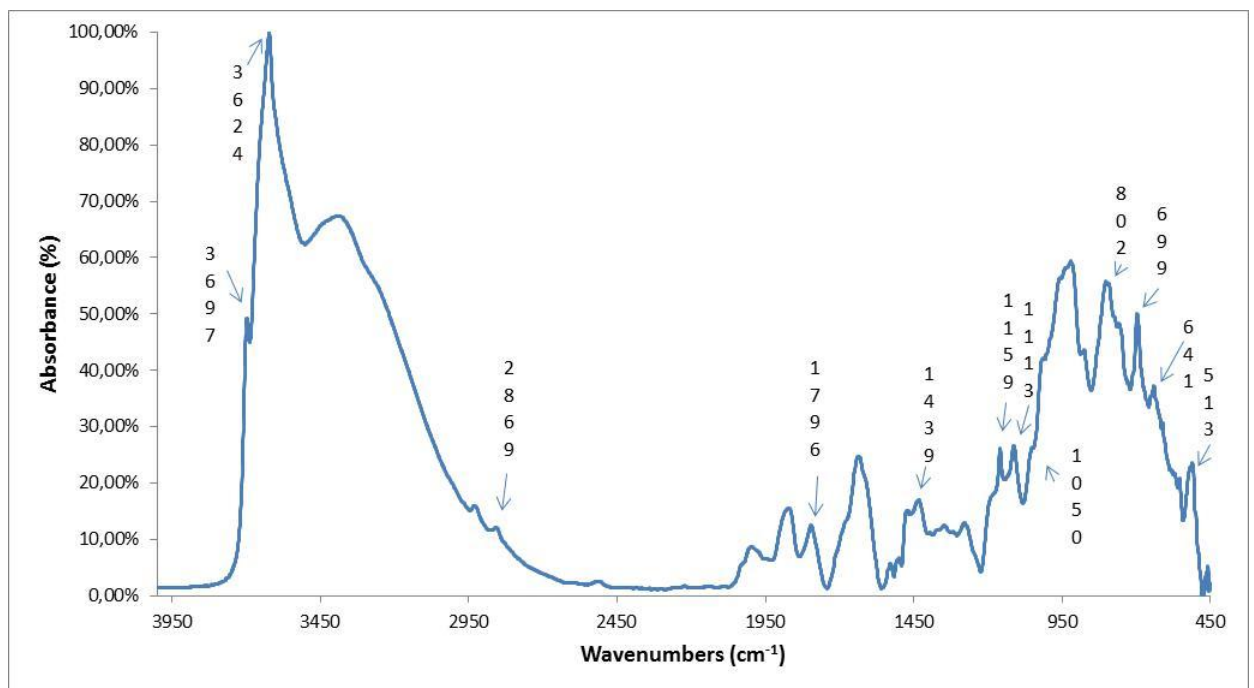
καολίνης/kaolinite(3697, 1113),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3624),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 802, 699, 513),

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(641).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 18^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2987, 2879, 2516, 1797, 1439, 875, 713),

καολίνης/kaolinite(3696, 1115),

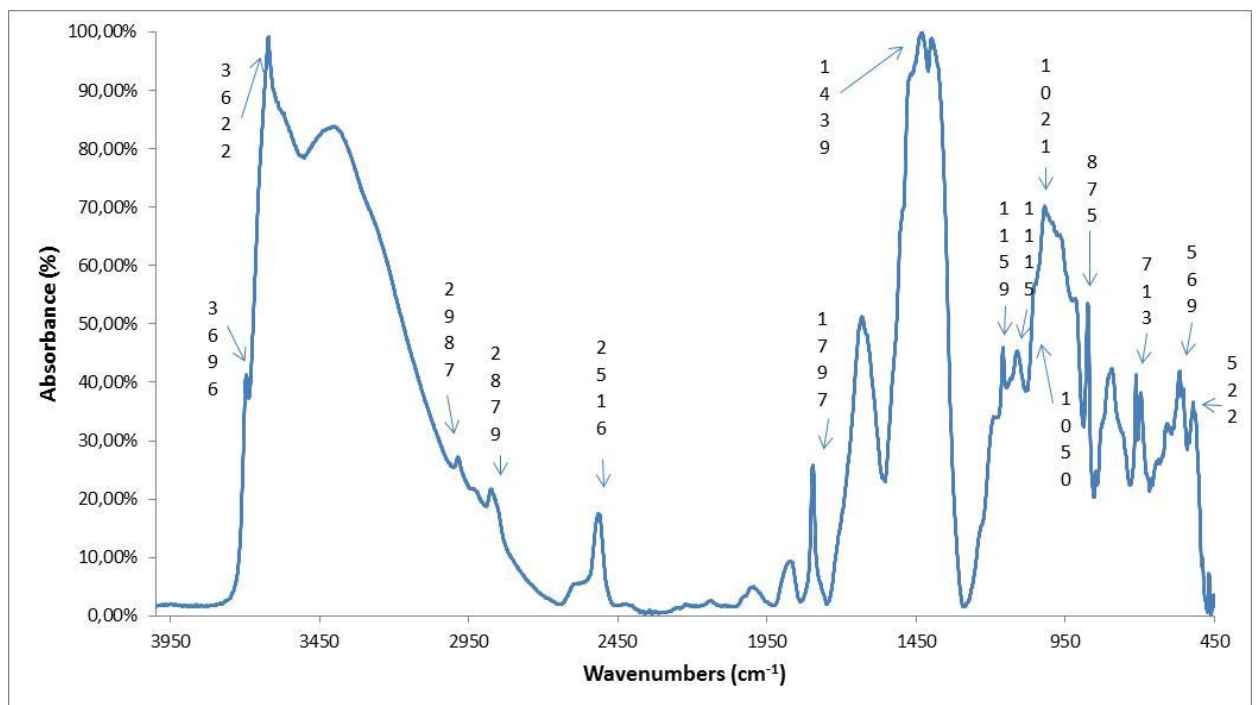
άμορφη πυρίτια/amorphous silica(1050),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3622),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 522)

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(569).

Ακόμη, η ισχυρή κορυφή στα 1020 υποδηλώνει την ύπαρξη micas (μάλλον muscovite) σε μεγάλο ποσοστό.



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 19^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθμοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocska, 2006, 35), (Theodosoglou, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2989, 2879, 2516, 1797, 1438, 875),

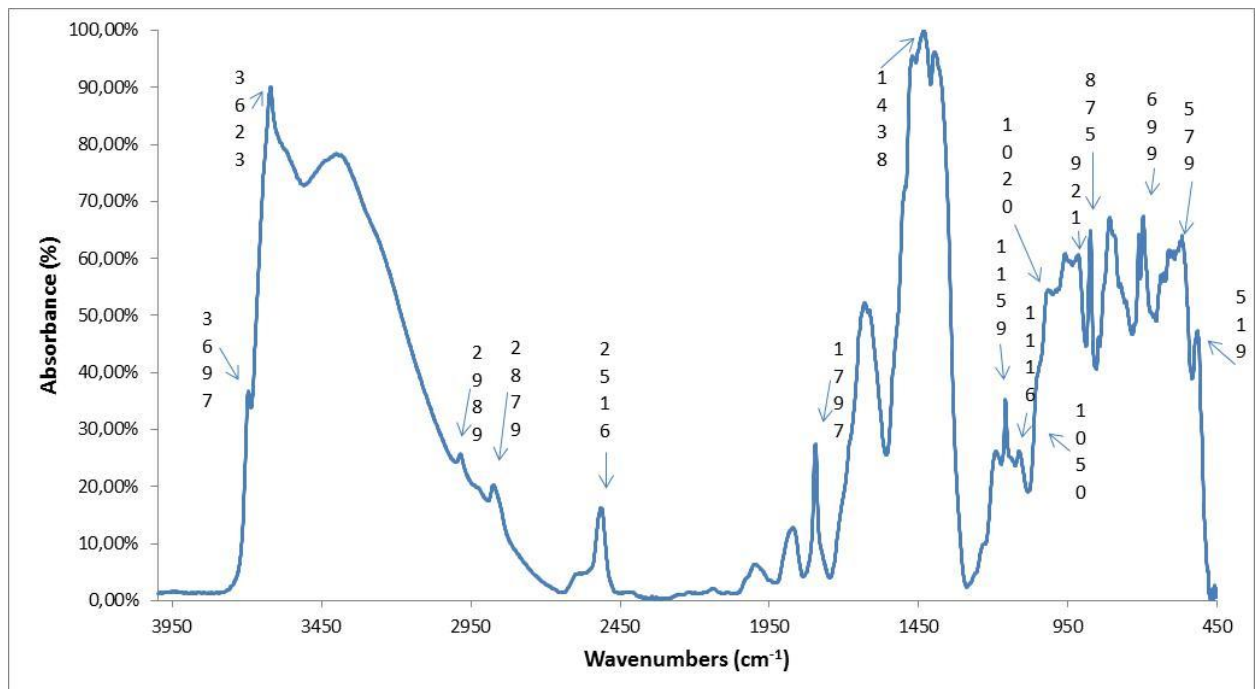
καολίνης/kaolinite(3697, 1116, 921),

χαλαζίας/crystalline quartz(1159, 699, 519),

άμορφη πυριτία/amorphous silica(1050),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite(3623)

αστρίοι/K-feldspars/Plagioclases(579).



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στο 20^ο δείγμα ταυτοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, καθώς στα φάσματα καταγράφηκαν οι χαρακτηριστικότερες κορυφές, των οποίων οι κυματάριθοι (cm^{-1}) δίνονται εντός παρενθέσεως. Οι ταυτοποιήσεις επιτεύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας (Soda, 1961, 1491-1495), (Hlavay, Jonas, Elek, Inczedy, 1978, 139-143), (Farmer, 1974, 331-364), (Šontevska, Jovanovski, Makreski, Raškovska, Šoptrajanov, 2008, 757-766), (Gucsik, Gasharova, Bidló, Kovács, Heil, Patocskai, 2006, 35), (Theodosoglu, Koroneos, Soldatos, Zorba, Paraskevopoulos, 2010, 2752-2761).

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν:

ασβεστίτης/calcite(2987, 2877, 2517, 1798, 1432, 874, 714) σε μεγάλο ποσοστό,

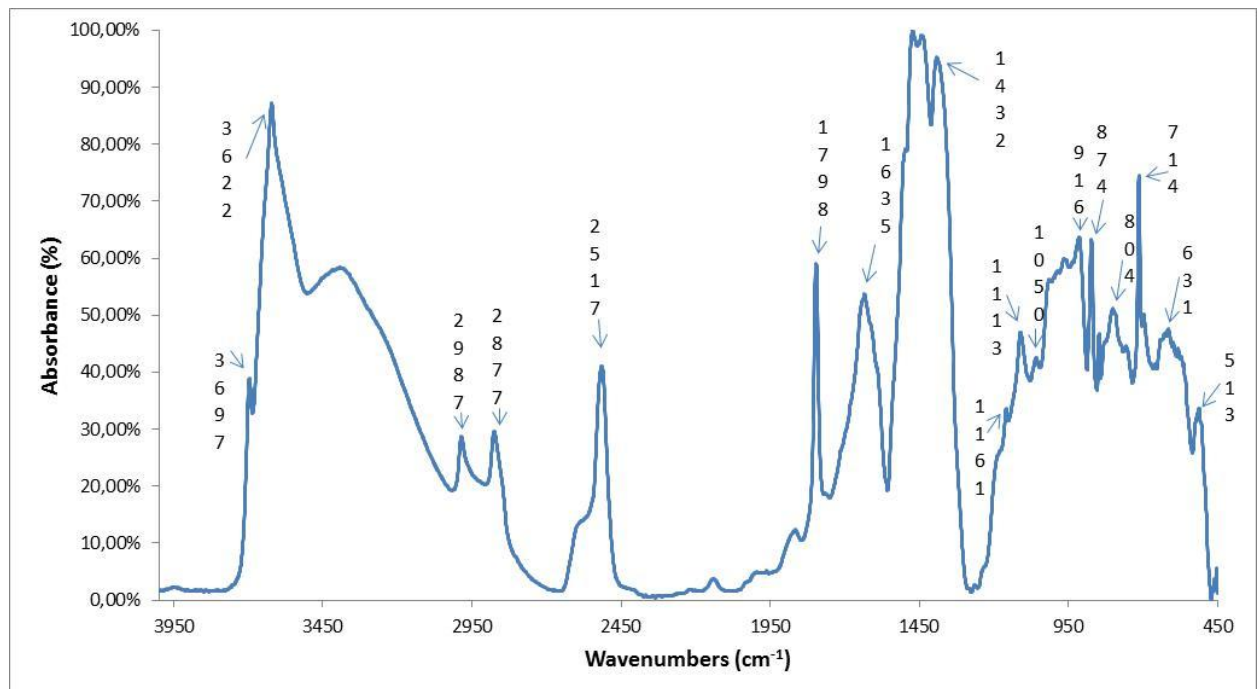
καολίνης/kaolinite(3697, 1113, 916),

χαλαζίας/crystalline quartz(1161, 804, 513),

άμορφη πυρίτια/amorphous silica(1050),

μοντμοριλλονίτης/montmorillonite (3622),

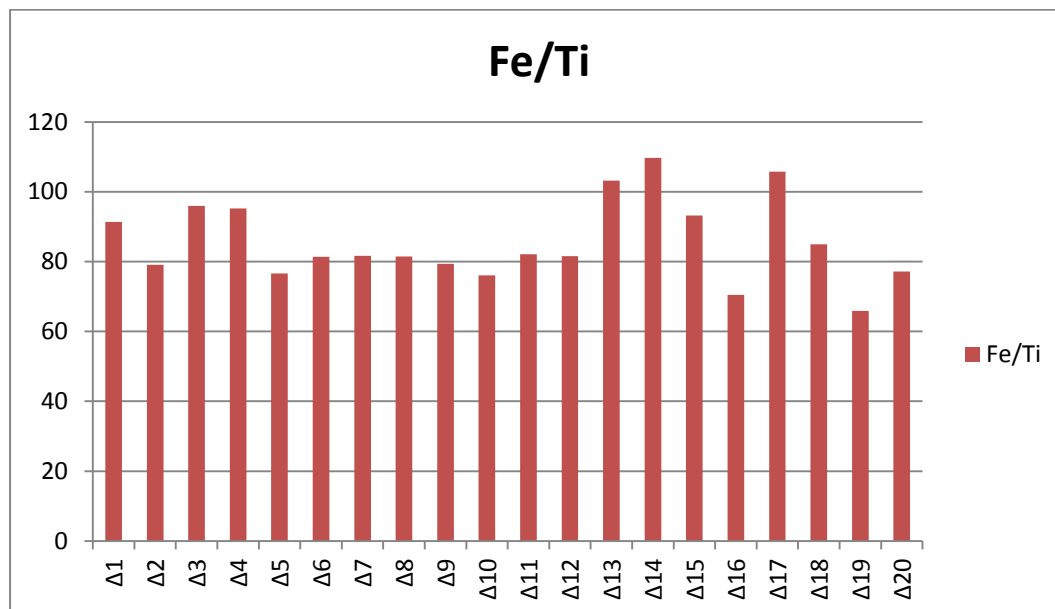
αστρίου/K-feldspars/Plagioclases(631).



2.5 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

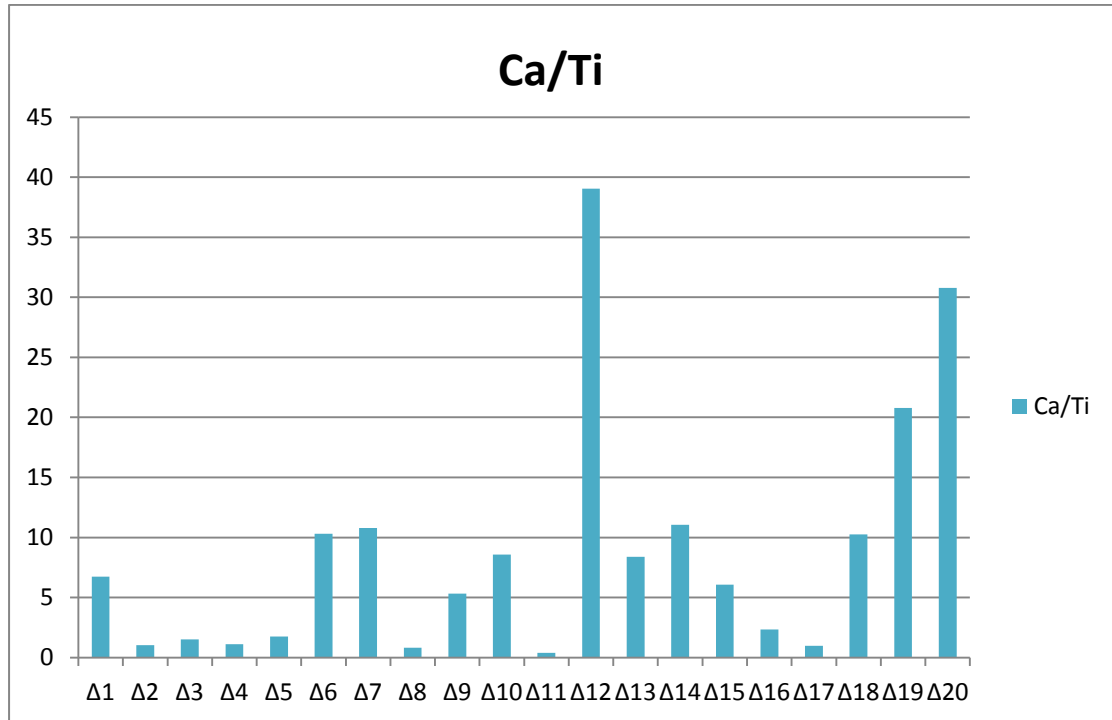
2.5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων XRF

Τα δείγματα 1-20 εμφάνισαν υψηλές συγκεντρώσεις σε σίδηρο, ασβέστιο και κάλιο. Τα στατιστικά διαγράμματα, που ακολουθούν δείχνουν την περιεκτικότητα των στοιχείων σιδήρου, ασβεστίου και καλίου σε σχέση με το τιτάριο. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του σιδήρου παρατηρούνται στα δείγματα 13, 14 και 18, ενώ οι χαμηλότερες στα δείγματα 10, 16 και 19, όπως διακρίνονται στο διάγραμμα:

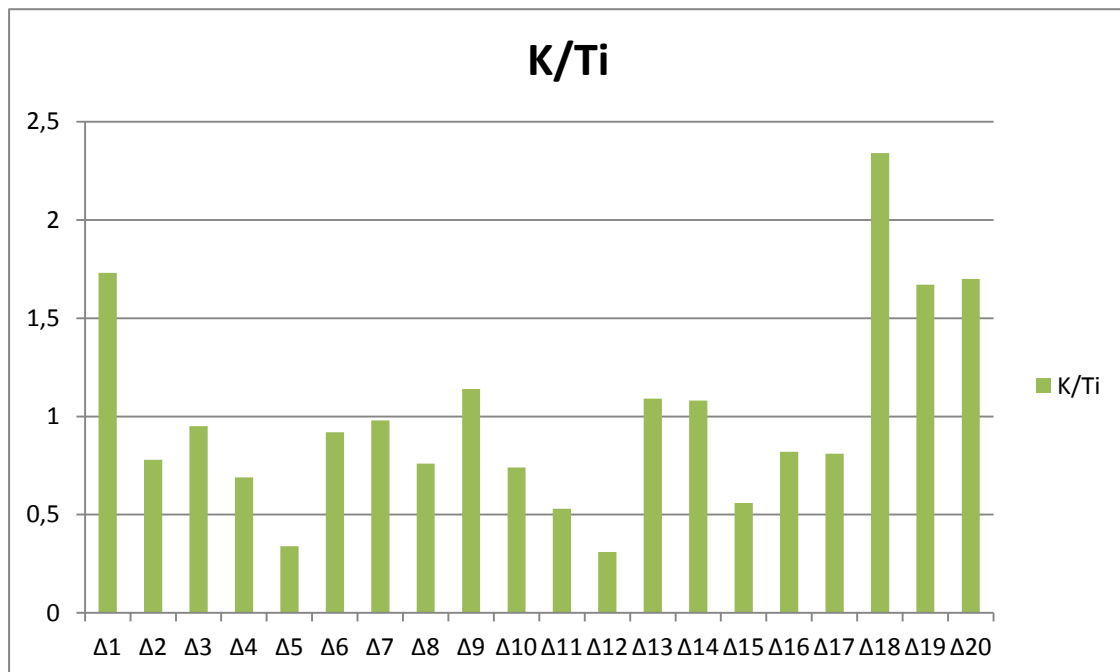


Οι συγκεντρώσεις του ασβεστίου ήταν υψηλότερες στα δείγματα 12, 19 και 20, ενώ χαμηλότερες στα δείγματα 8, 11, 17 όπως διακρίνονται από το διάγραμμα:

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Οι συγκεντρώσεις καλίου είναι υψηλότερες στα δείγματα 1, 18, 19 και 20, ενώ οι χαμηλότερες στα δείγματα 5 και 12, όπως διακρίνονται από το διάγραμμα:



2.5.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων FTIR

Τα περισσότερα φάσματα έφεραν ίδιες κορυφές με διαφοροποιήσεις στην ένταση τους. Τα φάσματα των δειγμάτων 12, 18, 19 και 20 διαφέρουν από τα υπόλοιπα ως προς τις μεγάλες διαφοροποιήσεις στην ένταση των κορυφών.

Η ανάλυση των δειγμάτων 1-20 με τη μέθοδο FTIR έδωσε την ορυκτολογική σύσταση τους: ο πηλός, που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή των πλιθιών, συνδεδετικού υλικού και επιχρίσματος είναι καολίνης και μοντμοριλλονίτης, ενώ οι ορυκτολογικές προσμίξεις, που εμπεριέχει είναι χαλαζίας, ασβεστίτης και σε κάποιες περιπτώσεις άμορφη πυριτία και μαρμαρυγία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η μελέτη του δομικού υλικού του αρχαιολογικού οικισμού της Τούμπας Θεσσαλονίκης με τη χρήση των φασματικών μεθόδων ακτίνων Χ Φθορισμού και Υπέρυθρης Ακτινοβολίας με τη χρήση μετασχηματισμών Fourier για την απόδοση της στοιχειακής και ορυκτολογικής σύστασης του.

Οι αναλύσεις έδειξαν ότι τα δομικά υλικά είχαν παρασκευαστεί από πηλό, που ορυκτολογικά εντάσσεται στον καολίνη και τον μοντμοριλλονίτη και μη πλαστικών στοιχείων όπως χαλαζίας, ασβεστίτης και αστρίοι.

Πριν από αρκετά χρόνια είχε πραγματοποιηθεί μία προκαταρκτική μελέτη του δομικού υλικού του οικισμού της Τούμπας, ώστε να εξακριβωθούν οι λόγοι αποσάθρωσης του με τη χρήση των μεθόδων XRD και SEM. Οι αναλύσεις με τη μέθοδο SEM (Scanning Electron Microscopy) έδειξαν ότι η χημική σύσταση των δειγμάτων απαρτίζεται από αργίλιο, πυρίτιο, σίδηρο κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο σε μορφή οξειδίων ή υδροξειδίων ή ένυδρων. Οι αναλύσεις με τη μέθοδο XRD έδειξαν ότι τα δείγματα αποτελούνταν κυρίως από χαλαζία και από άλλες προσμίξεις, όπως αργυλοπυριτικά, αστρίους, μοντμοριλλονίτη και άλλα ορυκτά. Η στοιχειακή κατανομή της κοκκομετρίας δηλώνει ότι η περιεκτικότητα των δομικών υλικών σε πηλό είναι 10%, ιλύ 50% και άμμο 40%. Το συμπέρασμα που προέκυπτε ήταν ότι τα πλιθιά από τον οικισμό της Τούμπας αποτελούνταν από πηλό, ιλύ και άμμο με προσμίξεις χαλαζία, μοντμοριλλονίτη, αστρίων και άλλων ορυκτών (Spathis, Christaras, Stergiou, 1999).

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Κάνοντας σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης του 1999 με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, μπορεί να ειπωθεί ότι ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό.

Δεδομένης της γεωμορφολογίας της περιοχής, η οποία αποτελείται από πυριγενή μεταμορφωμένα πετρώματα όπως μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή από γρανιτικά, μεταμορφωμένα και ηφαιστειακά πετρώματα όπως χαλαζίας, αστρίοι και πυριτόλιθος, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η προέλευση των πρώτων υλών των δομικών υλικών του αρχαιολογικού οικισμού της Τούμπας Θεσσαλονίκης ήταν τοπική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρέου, Σ., Κωτσάκης, Κ. (1996) Η προϊστορική Τούμπα της Θεσσαλονίκης παλιά και νέα ευρήματα, Το Αρχαιολογικό Έργο Στη Μακεδονία Και Θράκη 10Α, 369-87.
- Γκανέτσος, Θ. (2015) Φορητή οργανολογία, Σημειώσεις Μαθήματος «Αρχαιομετρία Ι» Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Θεοδοσόγλου, Ελένη (2013) Μελέτη της δομής καλιούχων αστρίων από πυριγενή πετρώματα της βορείου Ελλάδος με φασματοσκοπία με μετασχηματισμούς Fourier (FTIR) και με περιθλασιμετρία κόνεως ακτίνων Χ-(XRD) Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Farmer, V.C. (1974) The Layer Silicates. In V.C. Farmer (eds.), The infrared spectra of minerals, Mineralogical Society, London, 331-364.
- Gucsik, A., Gasharova, B., Bidló, A., Kovács, G., Heil, B., Patocskai, Z., (2006) Infrared spectroscopy of the muscovite (Sopron)-illite (Füzérradvány) system. 3rd Mineral Sciences in the Carpathians Conference, Miskolc, Hungary, Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series V, 35.
- Hlavay, J., Jonas, K., Elek, S., Inczedy, J., (1978) Characterization of the Particle Size and the Crystallinity of Certain Minerals by Infrared Spectrophotometry and Other Instrumental Methods - II. Investigations on Quartz and Feldspar". Clays Clay Miner. 26, 139-143.
- Καραπαναγιώτης, Ι.(2016) Υπέρυθρη Φασματοσκοπία, Σημειώσεις Μαθήματος «Αναλυτικές μέθοδοι φορητής οργανολογίας» Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες», Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Καρκάνας, Π. (2010) Εισαγωγή στη γεωαρχαιολογία, Εκδ. Νεφέλη, Αθήνα.
- Κατσαρός, Θ. (2009) Χρωματολογία Θεόφραστου του Ερέσιου- Αναλύσεις-Ταυτοποίηση-Συμβολή στην ανάδειξη έργων πολιτιστικής κληρονομιάς. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιου Αιγαίου, Ρόδος.
- Κυριατζή, Ε.(2000) Κεραμική Τεχνολογία και Παραγωγή: Η Κεραμική της Ύστερης Εποχής Χαλκού από την Τούμπα Θεσσαλονίκης, Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Κωτσάκης, Κ., Ανδρέου, Σ. (1987) Προκαταρκτικές παρατηρήσεις για την οργάνωση του χώρου στην προϊστορική Τούμπα Θεσσαλονίκης, Το Αρχαιολογικό Έργο ο Στη Μακεδονία Και Θράκη 1, 223-229.
- Κωτσάκης, Κ., Ανδρέου, Σ. (1989) Προκαταρκτικές παρατηρήσεις στις αρχιτεκτονικές φάσεις του οικισμού Τούμπας Θεσσαλονίκης, Το Αρχαιολογικό Έργο Στη Μακεδονία Και Θράκη 3, 201-13.
- Λαμπρόπουλος, Β., Νταλούκα, Ε., Παπαθανασίου, Θ., Χατζηδάκη, Μ., Συντήρηση έργων τέχνης Τόμος 1^{ος}, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.
- Love, S. (2012) The Geoarchaeology of Mudbricks in Architecture: A Methodological Study from Çatalhöyük, Turkey, *Geoarchaeology* 27, Issue 2, pp 140-156.
- Love, S. (2013) The Performance of Building and Technological Choice Made Visible in Mudbrick Architecture, *Cambridge Archaeological Journal*, Volume 23, Issue 02, pp 263-282.
- Λυριτζής, Ι. (2007) Φυσικές επιστήμες στην Αρχαιολογία, Εκδ. Τυποθήτω, Αθήνα.
- Λυριτζής, Ι., Ζαχαριάς Ν. (2010) Αρχαιο-υλικά, Αρχαιολογικές, Αρχαιομετρικές και Πολιτισμικές προσεγγίσεις, Συλλογικό, Εκδ. Παπαζήση, Αθήνα
- Munsell (1992) Munsell Soil Color Charts. New York, Macbeth, Kollmorgen Instruments Corp. Holtz, R.D., Kovacs, W.D., 1981. An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Nodarou, E., Frederick, C., Hein, A. (2008) Another (mud)brick in the wall: scientific analysis of Bronze Age earthen construction materials from East Crete, *Journal of Archaeological Science* 35, pp 2997-3015.
- Όξενκιουν-Πετροπούλου, Μ. (2006), Φυσικές μέθοδοι Ανάλυσης: Φασματοσκοπικές μέθοδοι, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Παπαγεωργίου, Μ. (2014) Αρχαιολογική και αρχαιομετρική ανάλυση υάλινων αντικειμένων της Ύστερης Αρχαιότητας από την δυτική Πελοπόννησο, Διδακτορική διατριβή, Αθήνα: Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών.
- Παπαδοπούλου, Δ. (2005) Ανάπτυξη και επικύρωση καταστρεπτικών και μη καταστρεπτικών μεθόδων πολυστοιχειακής ανάλυσης κεραμικών με τις τεχνικές της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (ICP-AES) και της μικροφασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων Χ (μ-XRF). Εφαρμογή στην κε-

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ραμική των αρχαίων Αβδήρων. Διδακτορική Διατριβή. , Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- Παλύβου, Κ. (2005) Η οικοδομική τεχνολογία των προϊστορικών χρόνων. Περιοδικό Αρχαιολογία και Τέχνες Τεύχος 94 , <http://www.archaiologia.gr/> (επίσκεψη στις 19/11/2017).
- Soda, R. (1961) Infrared absorption spectra of quartz and some other silica modifications Bulletin of Chemical Society of Japan, 34, 1491-1495.
- Šontevska, V., Jovanovski, G., Makreski, P., Raškowska, A., Šoptrajanov, B., (2008) Minerals from Macedonia. XXI. Vibrational spectroscopy as identificational tool for some Phyllosilicate minerals, Acta Chim. Slov 55, 757-766.
- Spathis P., Christaras B., Stergiou A. (1999) Preliminary observations on the building materials at the prehistoric settlement of Toumba Thessaloniki, Transactions on the Built Environment vol 39.
- Theodosoglou, E., Koroneos, A., Soldatos, T., Zorba, T., Paraskevopoulos K.M., (2010), Comparative Fourier Transform Infrared and X-Ray Powder Diffraction Analysis of Naturally Occurring K-Feldspars. Bulletin of the Geological Society of Greece, XLII, 2752-2761.