

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE
SCHOOL OF MINERAL RESOURCES ENGINEERING
LABORATORY OF PETROLOGY AND ECONOMIC GEOLOGY



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χαρακτηρισμός κεραμικών από κλίβανο βυζαντινής περιόδου στο
μικρό θέατρο της αρχαίας Αμβρακίας (Αρτα).**

ΜΑΡΙΑ Κ. ΚΟΥΡΟΥΤΖΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Χρηστίδης Γεώργιος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Αλεβίζος Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής

Δρ. Γεώργιος Τριανταφύλλου

XANIA 2016

«Τα υλικά γεφυρώνουν το παρελθόν με το μέλλον.»

Φωτογραφία εξωφύλλου: Κορινθιακός πίνακας (625-600 π.Χ.) με παράσταση
εργαστηρίου κεραμικής, βρέθηκε στην τοποθεσία Πεντεσκούφια, Κόρινθος. Μουσείο Λούβρου,
Παρίσι.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης,

Η μελέτη της κεραμικής προσφέρει ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας, διότι η τέχνη αυτή αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής του ανθρώπου ανά τους αιώνες. Με την παρατήρηση της εξέλιξης της κεραμικής μέσα στο χρόνο γνωρίζουμε ακόμη περισσότερα για την εξέλιξη όλου του ανθρώπινου είδους. Ο χαρακτηρισμός των κεραμικών ευρημάτων που πραγματοποιήθηκε και η συσχέτισή τους με τον ευρύτερο χώρο στον οποίο βρέθηκαν παρέχει πλήθος πληροφοριών για την κεραμοποιία στην ευρύτερη περιοχή της Άρτας.

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας εκτός της προσωπικής προσπάθειας ιδιαίτερη ήταν και οι συμβολή ορισμένων ανθρώπων που θα ήθελα να τους ευχαριστήσω. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Γεώργιο Χρηστίδη ο οποίος με την εμπειρία και τις εξειδικευμένες γνώσεις του με καθοδήγησε. Ιδιαίτερα θα ήθελα να αναφερθώ στον Δρ. Γεώργιο Τριανταφύλλου και να τον ευχαριστήσω για τον χρόνο, την υπομονή και την υποστήριξη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω το μέλος της εξεταστικής επιτροπής Επίκουρο Καθηγητή Γεώργιο Αλεβίζο.

Αισθάνομαι βαθιά υποχρέωση και θέλω να ευχαριστήσω το προσωπικό των εργαστηρίων του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, πρώτα από όλους την κα. Ροτόντο Παυλίνα, τον κ. Γεώργιο Αποστολάκη, τον Δρ. Αντώνιο Στρατάκη και την Δρ. Κρητικάκη Άννα.

Δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην κα. Αναστασία Γ. Γιαγκάκη η οποία με τις αρχαιολογικές γνώσεις και την πείρα της με καθοδήγησε σε ότι αφορά την ομαδοποίηση των οστράκων, που παρουσιάζονται στη συνέχεια της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ τους φίλους μου για τη στήριξη τους και ιδιαίτερα της αγαπημένες μου Ελένη-Άννα Κάλφα, Πασχαλίνα Γαρδάνη και Αρχοντία Μοφρίδου για την ενθάρρυνση και την αγάπη τους.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στα μέλη της οικογένειάς μου για την αγάπη τους και την υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ας μου επιτραπεί να αφιερώσω την εργασία μου αυτή στην γυναίκα που αποτελεί την κινητήρια δύναμη για μένα την αγαπημένη μου γιαγιά Πέντση Αντωνία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν 21 δείγματα κεραμικών, τα οποία βρέθηκαν έπειτα από ανασκαφική έρευνα κοντά σε κλίβανο στο Μικρό Θέατρο της αρχαίας Αμβρακίας στην Άρτα. Ο κλίβανος ανήκει στη Βυζαντινή περίοδο, και τα κεραμικά ευρήματα προέρχονται από διαφορετικά στρώματα αποδόμησης του. Τα όστρακα ταξινομήθηκαν σε διάφορες κατηγορίες όπως: κεραμίδια και οπτόπλινθοι, όστρακα που φέρουν επίχρυσμα και εφνάλωση, όστρακα μόνο με επίχρυσμα, κάποια ακόσμητα όστρακα, ένας βυζαντινός τριποδίσκος καθώς και κάποια που είναι εμφανώς αποτυχημένης όπτησης.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να γίνει μια αρχαιομετρική προσέγγιση και ένας χαρακτηρισμός των κεραμικών οστράκων σχετικά με την πηγή της πρώτης ύλης τους καθώς και την τεχνοτροπία που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι, μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση, Περιθλασιμετρία Ακτίνων-X (XRD), Φασματομετρία Ακτίνων-X Φθορισμού (XRF), Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) και τέλος μέτρηση του Πορώδους και της Υδατοαπορροφητικότητας κάποιων χαρακτηριστικών δειγμάτων.

Τα αποτελέσματα της χημικής και της ορυκτολογικής ανάλυσης δείχνουν πως τα δείγματα είναι πλούσια σε ασβέστιο και σε χαλαζία. Η παρουσία ορυκτών φάσεων όπως του αιματίτη, του διοψιδίου, και των αστρίων μας δίνουν πληροφορίες για τις πιθανές θερμοκρασίες όπτησης των κεράμων. Το θερμοκρασιακό εύρος που παρατηρήθηκε ξεκινά από τους 600 °C και φτάνει έως τους 1000 °C.

Η χημική ανάλυση δείχνει πως υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στα όστρακα των διάφορων ομάδων με την πρώτη ύλη από την οποία παρήχθησαν. Η πρώτη ύλη προέρχεται σύμφωνα και με το γεωλογικό υπόβαθρο από την ευρύτερη περιοχή της Άρτας.

ABSTRACT

This study deals with the characterization of ceramics from a Byzantine kiln in the small theatre of ancient Amvrakia (Arta). The so called small theatre of Amvrakia- , the smallest of all ancient theaters discovered so far in Greece, is located in the centre of the contemporary city of Arta,Epirus, NW Greece-. Recent excavation works carried out by the local Ephoreia of Antiquities, revealed the existence of a unique updraft kiln of the Byzantine period. A remarkable variety of ceramic findings, were found inside the kiln and in different excavation layers. They include pottery artifacts such as, potsherds of glazed vessels with slip, unglazed wares with slip, a clay tripod stilt, vessels without slip and ceramoplastic decoration elements, like tiles and bricks.

The aim of this work is to present the preliminary results of the archaeometric characterization of the findings, to investigate the nature of the raw materials used for their production, and to obtain information on their manufacturing technology.

A total of twenty one representative samples were examined by mineralogical (XRD) and elemental (XRF-WDS) techniques. A more detailed observation of the morphology and texture of selected shards was performed by SEM/EDS analysis.

The mineralogical composition of the studied ceramics is marked by the dominance of quartz. The presence of certain minerals in various amounts like, hematite, diopside and feldspars provided information about the firing conditions applied. According to the results, a wide range of temperatures from about 600 ° C to 1000 ° C were employed during the lifespan of the kiln. Chemical analysis results assisted the classification of the examined samples in different compositional groups, related to the raw materials used for their production. The examined ceramic findings are derived mainly from local calcareous clay resources. The results of this study strengthen still further the belief of the existence of an important local ceramic kiln/workshop throughout the Byzantine era.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Οι φυσικές επιστήμες στην Αρχαιολογία
- 1.2 Για ποιο λόγο είναι χρήσιμη η μελέτη της κεραμικής

2 ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΚΕΡΑΜΙΚΗ

- 2.1 Η ιστορία της κεραμικής
- 2.2 Εργαστήρια κεραμικής
- 2.3 Κάμινος- Κλίβανος
- 2.4 Η πρώτη ύλη των κεραμικών
- 2.5 Στάδια επεξεργασίας και παραγωγής

3 ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

- 3.1 Ιστορικό περίγραμμα της περιοχής
- 3.2 Μικρό θέατρο της αρχαίας Αμβρακίας
 - 3.2.1 Ανασκαφική έρευνα
- 3.3 Γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής

4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

- 4.1 Μακροσκοπική μελέτη των δειγμάτων
- 4.2 Οπτική Μικροσκοπία (Optical Microscope)
- 4.3 Περίθλαση Ακτίνων- X (X-Ray Diffraction Analysis)
- 4.4 Φασματομετρία Ακτίνων-Χ Φθορισμού (X-Ray Fluorescence)
- 4.5 Προσδιορισμός Πορώδους και Υδατοαπορροφητικότητας
- 4.6 Ηλεκτρονική Μικροσκοπία (SEM)

5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

5.1 Ταξινόμηση των δειγμάτων

- 5.1.1 Ομάδα 1^η-κεραμίδια και οπτόπλινθοι
- 5.1.2 Ομάδα 2^η-όστρακα με επίχρισμα και εφυάλωση
- 5.1.3 Ομάδα 3^η-όστρακα μόνο με επίχρισμα
- 5.1.4 Ομάδα 4^η-ακόσμητα όστρακα
- 5.1.5 Ομάδα 5^η-ανοιχτά αγγεία αποτυχημένης όπτησης
- 5.1.6 Ομάδα 6^η-βυζαντινός τριποδίσκος

5.2 Ορυκτολογική ανάλυση

- 5.2.1 Αποτελέσματα της 1^{ης} ομάδας
- 5.2.2 Αποτελέσματα της 2^{ης} ομάδας
- 5.2.3 Αποτελέσματα της 3^{ης} ομάδας
- 5.2.4 Αποτελέσματα της 4^{ης} ομάδας
- 5.2.5 Αποτελέσματα της 5^{ης} ομάδας
- 5.2.6 Αποτελέσματα της 6^{ης} ομάδας

5.3 Χημική ανάλυση

5.4 Πορώδες και υδατοαπορροφητικότητα

5.5 Ηλεκτρονική μικροσκοπία

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

List of Mineral Abbreviations/Κατάλογος Συντομογραφιών Ορυκτών

Mineral name	Abbreviation
Albite (Αλβίτης)	Ab
Anorthite (Ανορθίτης)	An
Biotite (Βιοτίτης)	Bt
Calcite (Ασβεστίτης)	Cc
Clinocllore (Κλινόχλωρο)	Clc
Diopside (Διοψίδιος)	Di
Dolomite (Δολομίτης)	Dol
Gehlenite (Γκελενίτης)	Gh
Goethite (Γκαιτίτης)	Gt
Hematite (Αιματίτης)	Hem
Illite (Ιλλίτης)	Ill
Maghemite (Μαγκεμίτης)	Mgh
Mica (Μαρμαρυγίας)	Mca
Orthoclase (Ορθόκλαστο)	Or
Quartz (Χαλαζίας)	Qtz
Spinel (Σπινέλιος)	Spl

Πίνακας 1 Συντομογραφίες ορυκτών που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οι φυσικές επιστήμες στην αρχαιολογία

Η αρχαιολογία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με τη μελέτη και καταγραφή των καταλοίπων του ανθρώπινου παρελθόντος. Το 1948 ο Walter Taylor έδωσε έναν ορισμό, ο οποίος αναφερόταν στην αρχαιολογία ως την επιστήμη η οποία περιλαμβάνει τη δική της μεθοδολογία και εξειδικευμένες τεχνικές, για τη συγκέντρωση ή παραγωγή πολιτισμικής πληροφόρησης από έρευνα στερεής ύλης και μνημείων του παρελθόντος.

Η αρχαιολογική καταγραφή περιλαμβάνει το σύνολο των δεδομένων που αποτελούν κατάλοιπα της αρχαίας ανθρώπινης συμπεριφοράς. Τα δεδομένα αυτά χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες: (α) τα τέχνηρα ή τεχνουργήματα (artifacts) που περιλαμβάνουν αντικείμενα όπως όπλα, εργαλεία, αγγεία κ.α. (β) οι κατασκευές των ανθρώπων όπως τάφοι, δεξαμενές κ.α. (γ) τα κτίσματα όπως είναι οι ναοί, τα δημόσια κτήρια, οι κατοικίες κ.α. και τέλος (δ) τα οικουργήματα ή αλλιώς οικοδοδεδομένα (ecofacts) τα οποία αποτελούν τα οργανικά και ανόργανα κατάλοιπα του φυσικού περιβάλλοντος που συνδέονται με την ανθρώπινη συμπεριφορά του παρελθόντος όπως οστά ζώων, σπόροι και καρποί καθώς και ιζήματα, μεταλλεύματα κ.α.

Η επιστήμη της αρχαιολογίας φέρει στο φως τομείς της ανθρώπινης συμπεριφοράς του παρελθόντος άγνωστους προς εμάς, όπως τον τρόπο ζωής, τα θρησκευτικά ήθη και έθιμα, τον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας των κοινωνιών, τις διάφορες κοινωνικές τάξεις που υπήρχαν και άλλες χρήσιμες πληροφορίες που προκαλούν το ενδιαφέρον μας ακόμη και σήμερα. Για όλους αυτούς τους λόγους η επιστήμη της αρχαιολογίας αποτελεί έναν από τους τέσσερις τομείς της ανθρωπολογίας και έχει μελετηθεί από πολλούς επιστήμονες.

Οι φυσικοί επιστήμονες όπως γεωλόγοι, φυσικοί και χημικοί προσπάθησαν να δώσουν απαντήσεις σε αρχαιολογικά ζητήματα πριν ακόμη από την ανάπτυξη της αρχαιολογίας ως επιστημονικού κλάδου. Έως το τέλος του 19^{ου} αιώνα η αρχαιολογία είχε αναπτύξει τα τυπικά της συστήματα με τα οποία πραγματοποιούνταν οι ανασκαφές. Παράλληλα δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο έδαφος, τα ιζήματα και τη στρωματογραφία της περιοχής όπου πραγματοποιούνταν η μελέτη. Η αλληλεξάρτηση των φυσικών επιστημών με την

αρχαιολογία άρχισε να γίνεται εντονότερη με το πέρασμα του χρόνου και τη βελτίωση των τεχνολογιών.

Σήμερα με τον όρο αρχαιομετρία αναφερόμαστε σε δύο βασικά πεδία: (1) τις μεθόδους χρονολόγησης και (2) τις αναλυτικές τεχνικές για τον προσδιορισμό της τεχνολογίας και προέλευσης των πρώτων υλών των αρχαίων αντικειμένων. Με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας παρατηρούμε πλήθος φυσικών επιστημών να εμπλέκονται με την επιστήμη της αρχαιολογίας δίνοντας μας ακόμη περισσότερες πληροφορίες για τα αρχαιολογικά ευρήματα.

Πιο συγκεκριμένα, το ενδιαφέρον των ερευνητών για τη μελέτη της κεραμικής οφείλεται αρχικά στη μακρά ιστορία της κεραμικής και την εμφάνισή της σε όλα τα μέρη του κόσμου. Επίσης το μειωμένο ενδιαφέρον των συλλεκτών αρχαίων αντικειμένων για τα θραύσματα των κεραμικών αγγείων είχε σαν αποτέλεσμα τη διατήρησή τους στον ανθρωπογενή χώρο. Η μελέτη των κεραμικών οστράκων από πλευράς φυσικών επιστημών και αρχαιολογίας οδηγεί σε ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις που αφορούν το σχήμα του κεραμικού, τη διακόσμηση του, τα διαδοχικά στάδια παρασκευής του καθώς και τη σύνθεση του υλικού του. Έτσι είναι ευκολότερη η διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον τρόπο ζωής των ανθρώπων που τα κατασκεύασαν, τις μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούσαν και την εξέλιξη των μεθόδων αυτών συναρτήσει του χρόνου.

Οι C. Orton et al., 1993 επιχειρώντας μια ιστορική επισκόπηση της μελέτης της κεραμικής διακρίνουν τρεις κύριες φάσεις στην έρευνα: την «καλλιτεχνική- ιστορική φάση», τη «φάση της ταξινόμησης» και τη «φάση της σύνθεσης». Η πρώτη αναφέρεται σε ζητήματα που αφορούν την καλλιτεχνική αξία της κεραμικής και της αισθητικής. Στη συνέχεια λόγω της εμφάνισης όλο και μεγαλύτερου πλήθους κεραμικών ανά τον κόσμο είναι αναγκαία η ταξινόμησή τους με κριτήρια που αφορούν στιλιστικά και διακοσμητικά γνωρίσματα με σκοπό τη χρονολόγηση και τον προσδιορισμό της προέλευσής τους. Με το πέρασμα του χρόνου και την εξέλιξη της επιστήμης της σύγχρονης αρχαιολογίας αρχίζει μια νέα εποχή κατά την οποία δίνεται έμφαση στα υλικά κατασκευής και στην επίδραση του περιβάλλοντος για τη βαθύτερη κατανόηση της κεραμικής.

1.2 Για ποιο λόγο είναι χρήσιμη η μελέτη της κεραμικής

Με το πέρασμα των αιώνων παρατηρούμε την εξέλιξη της ανθρωπότητας μέσα από τα αρχαιολογικά ευρήματα που έρχονται στο φως από την αρχαιολογική σκαπάνη. Προσπαθώντας να μελετήσουμε τα αντικείμενα αυτά μέσω της τεχνοτροπίας τους, της μορφής και διακόσμησης τους, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε ένα ταξίδι πίσω στο χρόνο και να πάρουμε ποικίλες πληροφορίες για τον τρόπο και τις συνθήκες διαβίωσης των πολιτισμών που έζησαν πριν από εμάς.

Σε μια προσπάθεια μελέτης των παλαιότερων πληροφοριών για τον πολιτισμό μας ανακαλύπτουμε πως τα κεραμικά προϊόντα τα οποία δεν οξειδώνονται και δεν αποσυντίθενται μπορούν να μας δώσουν ορθές και χρήσιμες πληροφορίες, εν αντιθέσει με άλλα υλικά όπως τα οστά ή τα μέταλλα.

Η μελέτη της κεραμικής έχει την ικανότητα να χρονολογήσει τα διάφορα αρχαιολογικά στρώματα που μας είναι άγνωστα, και προσδιορίζει τις εμπορικές και οικονομικές συναλλαγές μεταξύ των διαφόρων πολιτισμών, τις διατροφικές συνήθειες των ανθρώπων καθώς και την εξέλιξη της τεχνολογίας-τεχνοτροπίας που χρησιμοποιούσαν.

2. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΚΕΡΑΜΙΚΗ

2.1 Η ιστορία της κεραμικής

Η άργιλος αποτελεί ένα από τα πιο άφθονα υλικά της γης με εύκολη εξόρυξη και επεξεργασία [Rye,1981]. Επομένως ήταν ζήτημα χρόνου η αρχή της ιστορίας της κεραμικής τέχνης από τη στιγμή που άνθρωπος θα ερχόταν σε επαφή με το αργιλικό υλικό και τις ιδιότητές του. Οι περισσότερες από τις αργίλους έχουν υψηλή πλαστικότητα, με την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας νερού πλάθονται εύκολα και έχουν την ιδιότητα να διατηρούν το σχήμα τους μετά την ξήρανσή τους. Έως το τέλος της Ύστερης Παλαιολιθικής εποχής ο άνθρωπος ανακάλυψε δυο ακόμη ιδιότητες των αργίλων, οι οποίες βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, την έψηση και την προσθήκη διάφορων συστατικών.

Τα αρχαιότερα αντικείμενα (μορφές ζώων και μια γυναικεία μορφή) ψημένης αργίλου χρονολογούνται γύρω στο 26.000 π.Χ. (τέλος Παλαιολιθικής Εποχής) και βρέθηκαν στην Τσεχοσλοβακία. Περίπου 14.000 χρόνια αργότερα εμφανίστηκαν τα πρώιμα κεραμικά δοχεία. Ενώ τα πρώτα χρωματισμένα κεραμικά χρονολογούνται στην Νεολιθική Εποχή και εντοπίστηκαν στο Ιράκ [Noll et al,1971,1975]. Κάποιες από τις μεγαλύτερες κατασκευές του ανθρώπου είναι κεραμικές, όπως η μεγάλη πυραμίδα της Γκίζας και το μεγάλο Σινικό Τείχος. Από κεραμικά ήταν κατασκευασμένα τα πρώτα κοπτικά εργαλεία και όπλα του ανθρώπου.

Κατά το μεσαίωνα και την αναγέννηση, τα πυριτικά γυαλιά, οι πορσελάνες και τα αργιλοπυριτικά γυαλιά βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στην υαλουργία. Κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής εποχής τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται ως πυρίμαχα, λειαντικά και μονωτικά. Από το 1950 καθαρά οξείδια, μείγματα οξειδίων και βιτροκεραμικά χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες για πυρηνικές, οπτικές και μαγνητικές εφαρμογές. Μετά το 1970 , μη οξυγονούχα κεραμικά βρίσκουν εφαρμογή στην οπτική την ηλεκτρονική καθώς και τη βιοϊατρική [Παντελής, 2008].

Στο ερώτημα πως το αρχέγονο ανθρώπινο είδος ανακάλυψε την κεραμική, μια ενδιαφέρουσα άποψη του Goffe (1996) μπορεί να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τι μπορεί να συνέβη. Ο Goffe αποδίδει την εμφάνιση της κεραμικής τέχνης στο φαινόμενο των ρηγματώσεων που σχηματίζονται στην επιφάνεια των εδαφών. Η

γρήγορη εξάτμιση του νερού από τα λεπτοκρυσταλλικά επιφανειακά στρώματα των εδαφών από ασβεστούχους πηλούς πλούσιους σε αργιλικά ορυκτά, μειώνει τον όγκο της επιφάνειας και σαν αντιστάθμισμα δημιουργούνται ρωγμές που καταλήγουν να σχηματίζουν ανώμαλες κοίλες επιφάνειες που αποχωρίζονται από το υποκείμενο υγρό έδαφος. Οι φυσικές τους ιδιότητες (σκληρότητα, πορώδες, αντοχή) είναι παρόμοιες με αυτές της πρωτόγονης κεραμικής.

2.2 Εργαστήρια κεραμικής

Τα κυριότερα κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης θέσης για τη δημιουργία εργαστηρίου κεραμικής είναι: η εγγύτητα με την απόληψη της πρώτης ύλης και της καύσιμης ύλης, η επαρκής διαθεσιμότητα νερού, όπως επίσης και μια ευνοϊκή τοποθεσία ορατή σε εμπορικές οδούς [Peacock, 1982; Hasaki, 2002].

Συνήθως η κατασκευή στα περίχωρα της πόλης ήταν επίσης σημαντικό κριτήριο τοποθεσίας, διότι έπρεπε να αποτραπεί ο κίνδυνος να πλησιάσει ο καπνός σ' αυτήν. Τέλος το μαλακό και με φυσική κατωφέρεια έδαφος ευνοεί την κατασκευή του κλιβάνου και την καλή κυκλοφορία του αέρα.

Αρχαιολογικές μελέτες και παρατηρήσεις του κ. Πλάτων Πετρίδη (2006) δίνουν στοιχεία τα οποία αναφέρονται στην ύπαρξη εργαστηρίων κεραμικής στον ελλαδικό χώρο πριν τον 6^ο αι. σε ελάχιστες περιοχές όπως στην Αθήνα και στην Κόρινθο, όπου και πραγματοποιούνταν εξαγωγές σε μικρότερες πόλεις. Στις μικρότερες πόλεις όπου υπάρχουν και εκεί κάποια εργαστήρια όπως στους Δελφούς οι κεραμείς επηρεάζονται από την τεχνοτροπία των εισαγόμενων αγγείων και προσπαθούν να μιμηθούν την τεχνοτροπία. Μετά τον 6^ο αιώνα παρατηρείται μια άνθηση στον τομέα της κεραμοποιίας και αυξάνονται τα εργαστήρια κεραμικής στον ελλαδικό χώρο. Πλέον την ανάγκη των μικρών πόλεων για κεραμικά την καλύπτει η τοπική παραγωγή.

Στην Άρτα την περιοχή την οποία μελετάμε στην παρούσα εργασία, η κεραμοπλαστική και η αγγειοπλαστική αναπτύχθηκαν έντονα όπως και τα τοπικά εργαστήρια, λόγω της ευρείας χρήσης των κεραμικών σε ολόκληρο τον οικοδομικό ιστό της πόλης [Βαβυλοπούλου-Χαριτωνίδου, 1986]. Οι αρχαιολογικές ανασκαφές σε διάφορα τμήματα

της πόλης της Άρτας δίνουν μεγάλο αριθμό κεραμικών οστράκων της βυζαντινής περιόδου. Η χρονολόγηση επετεύχθη με την εύρεση νομισμάτων τα οποία τοποθετούνται στον 13^ο και 14^ο αι. κατά την ακμή της πόλης.

Εγκαταστάσεις εργαστηρίων κεραμικής έρχονται στο φως πολύ σπάνια λόγω της σαθρότητας τους και της πρόχειρης κατασκευής τους. Έτσι οι πληροφορίες που έχουμε γι' αυτά είναι ελάχιστες. Τα περισσότερα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν για την τεχνολογία που χρησιμοποιούσαν αυτοί οι χώροι προέρχονται από τα απορρίμματα που άφηναν πίσω τους. Αγγεία τα οποία δεν ολοκληρώθηκαν ποτέ, ελαττωματικά λόγω παραμορφώσεων που προέκυψαν κατά τη διαδικασία όπτησης ή από ενδεχόμενα λάθη των κεραμέων, καθώς και όσα κρίθηκαν για κάποιον λόγο ως μη εμπορεύσιμα αποτελούν τα απορρίμματα των εργαστηρίων κεραμικής.

2.3 Κάμινος-Κλίβανος

Οι κάμινοι ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το σχήμα τους, τον τρόπο κατασκευής τους καθώς και την κατεύθυνση της θερμότητας εντός του κλιβάνου.

Ο κατακόρυφος κλίβανος ανοδικής καύσης (updraft), επιτυγχάνει αρκετά υψηλή και ομαλά κατανεμημένη θερμοκρασία, καλύτερο έλεγχο, χαμηλότερο ποσοστό σπασμένων αγγείων, βέλτιστη θερμική μόνωση, οικονομική κατανάλωση καύσιμης ύλης και τέλος έχει μεγάλη χωρητικότητα. Οι θερμοκρασίες που μπορούν να αναπτυχθούν στους κλιβάνους που ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία είναι περίπου 1100-1150°C. [Ράθωση, Πάτρα 2005].

Ο οριζόντιος κλίβανος μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες και άνω των 1300°C και είναι ιδανικός για την παραγωγή πορσελάνης. Στο συγκεκριμένο τύπο κλιβάνου ο αέρας κινείται με οριζόντια διεύθυνση.

Οι πρώτοι κλίβανοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στην Εγγύς Ανατολή γύρω στο 8.000 π.Χ. Στην αρχαία Ελλάδα οι κάμινοι ήταν εν μέρει υπόγειες κατασκευές, κλίβανοι με κανάλι (channel kilns) της Μέσης και Ύστερης Μινωικής περιόδου στην Κρήτη [Shaw et al, 2001].

Λόγω του ότι οι μεσογειακές αργιλικές αποθέσεις έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο οι οποίες υαλοποιούνται πάνω από τους 1100 °C οι Έλληνες στράφηκαν στη δημιουργία και ανάπτυξη της τυπολογίας των κατακόρυφων κλιβάνων.

Οι κλίβανοι αποτελούνταν από δυο ορόφους και περιλαμβάνουν : (1) Το θάλαμο καύσης, στον οποίον διοχετεύονταν η καύσιμη ύλη από το στόμιο πυροδότησης και ήταν συνήθως σκαμμένος στο φυσικό έδαφος για να αντέχει τις υψηλές πιέσεις. (2) Το στόμιο πυροδότησης, που προέβαλλε από το υπόλοιπο περίγραμμα του θαλάμου και η χρήση του αφορούσε την είσοδο της καύσιμης ύλης στο εσωτερικό του θαλάμου θέρμανσης. Στο τμήμα αυτό του κλιβάνου παρατηρείται η εντονότερη υαλοποίηση διότι εκεί πραγματοποιούνταν το μεγαλύτερο μέρος της καύσης. (3) Την εσχάρα, η οποία βρίσκεται πάνω από τον θάλαμο όπτησης και πάνω σε αυτήν τοποθετούνται τα αγγεία. Είναι διάτρητη για να επιτρέπει την κίνηση του αέρα στον εσωτερικό χώρο του κλιβάνου και το πάχος της κυμαίνονταν από 10-20 cm. (4) Τον θάλαμο όπτησης, που αποτελούσε το τμήμα του κλιβάνου που εκτίνονταν πάνω από την εσχάρα και εκεί πραγματοποιούνταν η όπτηση των αγγείων. Συνήθως η μορφή του ήταν θολωτή και στην κορυφή του θόλου βρισκόταν μια καπνοδόχος για την έξοδο του αέρα που δημιουργούνταν από την καύση.

Η καύσιμη ύλη που χρησιμοποιούσαν αποτελούνταν κυρίως από ξύλο, ελαιοπυρήνες, κελύφη, άχυρα και κάποια είδη φοιτών τα οποία συλλέγονταν από την ύπαιθρο ανάλογα με την τοπική χλωρίδα. Κατά την αρχή της διαδικασίας όπου το επιθυμητό αποτέλεσμα ήταν η αργή αύξηση της θερμοκρασίας, χρησιμοποιούνταν μεγάλοι κορμοί δέντρων. Λόγω της απαίτησης ξερών φυτών τα οποία καίγονται καλύτερα, οι διαδικασίες της όπτησης πραγματοποιούνταν συνήθως τους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού.

Εντός του κλιβάνου μπορούν να αναπτυχθούν δύο διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, η οξειδωτική και η αναγωγική. Κατά το στάδιο της οξείδωσης ανεβαίνει η θερμοκρασία του κλιβάνου με τη συνεχή παροχή οξυγόνου, η οποία επιτυγχάνεται με τη ροή του αέρα από το κάτω μέρος του κλιβάνου όπου καίγονται τα ξύλα με ένα άνοιγμα στο πάνω μέρος του. Στο στάδιο της οξείδωσης σχηματίζεται ο αιματίτης. Στο σημείο όπου η θερμοκρασία έφτανε στο επιθυμητό σημείο ο κλίβανος σφραγίζονταν και άρχιζε η μείωσή της. Το σημείο αυτό όπου η διακοπή του οξυγόνου αρχίζει,

αποτελεί την αναγωγική ατμόσφαιρα σε αυτό το στάδιο δημιουργείται σπινέλιος και μαγνητίτης που έχει θέσεις δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου .

2.4 Η πρώτη ύλη των κεραμικών

Τα παραδοσιακά κεραμικά κατασκευάζονται από πρώτες ύλες οι οποίες βρίσκονται σε αφθονία στη φύση. Ο συνδυασμός σε κατάλληλες αναλογίες αργίλου, άμμου και ορυκτών της ομάδας των αργιλοπυριτικών μετά από έψηση δίνει το τελικό αποτέλεσμα των κεραμικών.

(α) Οι άργιλοι είναι τα λεπτομερέστερα κλαστικά ιζήματα που το μέγεθος των κόκκων τους είναι μικρότερο από 4 μm . Χαρακτηρίζονται από μεγάλη πλαστικότητα και μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά. Επίσης περιέχουν μικρά ποσοστά λεπτόκοκκου χαλαζία, αστρίων, μαρμαρυγιών, ανθρακικών ορυκτών, οξειδίων του σιδήρου, οργανικής ύλης κ.λπ. Οι άργιλοι περιέχουν πάντοτε ένα ποσοστό υγρασίας, περίπου 20%. Μερικές άργιλοι, όταν αναμειχθούν με νερό σχηματίζουν μια κολλώδη, πλαστική, αποτυπώσιμη και αδιαπέραστη μάζα, που διατηρεί το σχήμα της μετά από διάβρεξη και ξήρανση και στερεοποιείται και σκληραίνει μετά από υψηλή θέρμανση ή πύρωση. Διακρίνονται δύο είδη αργίλων οι πλαστικοί και οι ισχνοί που δεν έχουν την ικανότητα πλάσης, όταν αναμειχθούν με νερό [Τσιραμπίδης ,2008].

Σε αβαθείς θάλασσες η συμμετοχή λεπτόκοκκων ιζημάτων μεγέθους αργίλου είναι συνήθως περιορισμένη, εξαιτίας της απομάκρυνσής τους με την ενέργεια των κυμάτων, παλινροιών και ρευμάτων. Αντίθετα, τα αργιλικά ιζήματα αποτελούν σχεδόν το σύνολο των υλικών στους πυθμένες των βαθιών θαλασσών. Η ανάμιξη των υλικών αποσάθρωσης κατά τη μεταφορά, η κροκίδωση, οι διαφορετικές διεργασίες καταβύθισης και η οργανική ύλη φαίνεται να είναι οι κύριοι μηχανισμοί που ελέγχουν την κατανομή των αργιλικών ορυκτών σε αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα [Griffin et al. 1968, Gibbs 1977].

(β) Η πυριτική άμμος (μικροσκοπικοί, λεπτομερείς κόκκοι άνυδρου SiO_2 και πυριτιόλιθοι) προστιθέμενη στην άργιλο προκαλεί αύξηση της πυριμαχικότητας, ιδιότητα που προστατεύει το μείγμα κατά την έψηση του και επηρεάζει την

πλαστικότητα και τη συμπεριφορά του κατά την ξήρανση και την έψηση του τελικού προϊόντος [Παντελής, 2008]. Άφθονες ποσότητες χαλαζιακής άμμου υπάρχουν σε παρόχθιες περιοχές.

(γ) Εύτηκτα ορυκτά (αλκαλικοί άτριοι, K-άστριος και αλβίτης) με την πρόσθεσή τους στο μείγμα σε συνδυασμό με το SiO_2 και την άργιλο, μειώνουν το σημείο τήξης κατά τη διάρκεια της έψησης. Καθώς βρίσκονται σε υγρή φάση διαβρέχουν τα σωματίδια της αργίλου και πυριτίας και ελαττώνουν το πορώδες. Τα εύτηκτα οξείδια αποτελούν την υαλώδη φάση στη δομή του τελικού προϊόντος. Τέλος έχουν την ικανότητα να ενισχύουν την αντοχή, τη σκληρότητα και την ανθεκτικότητα του σώματος του κεραμικού.

2.5 Στάδια επεξεργασίας και παραγωγής

Στόχος των κεραμέων από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα ήταν η διαμόρφωση του κατάλληλου υλικού το οποίο θα έπρεπε να είναι πλαστικό, ώστε να παίρνει το κατάλληλο σχήμα, πορώδες ώστε να στεγνώνει και να εξατμίζεται το νερό κατά τη διάρκεια της όπτησης, υαλώδες ώστε να αποκτά σκληρότητα και να μην είναι διαπερατό [Σκλαβενίτης, 2002].

Τα στάδια της όπτησης είναι η προπύρωση, η κύρια όπτηση και η ψύξη. Κατά την προπύρωση λαμβάνει χώρα μια αργή αύξηση της θερμοκρασίας (έως 600-500 °C) για αποφευχθεί η θραύση των κεραμικών. Το στάδιο της προπύρωσης διαρκεί χρονικά όσο και το επόμενο στάδιο της κύριας όπτησης. Στη φάση της κύριας όπτησης έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας(900-1000°C) και τα κεραμικά αρχίζουν να αποκτούν ερυθρό χρώμα. Τέλος κατά την ψύξη των κεράμων έχουμε σταθερή μείωση της θερμοκρασίας και διάρκεια είναι ο συνολικός χρόνος των δυο προηγούμενων φάσεων.

3. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΑΡΤΑΣ

3.1 Ιστορικό περίγραμμα της ευρύτερης περιοχής

Η ανθρώπινη παρουσία στα όρια της σημερινής περιφερειακής ενότητας της Άρτας χρονολογείται κατά τη Νεολιθική εποχή (3000-2000 π.Χ.), σύμφωνα με έναν λίθινο πέλεκη που εντοπίστηκε νότια της Ακρόπολης του Αμμότοπου (αρχαίο Όρραον). Στην ίδια θέση βρέθηκαν και λιγοστά όστρακα αγγείων τα οποία χρονολογούνται περίπου 500 έως 1000 χρόνια αργότερα την εποχή του Χαλκού.

Τους αιώνες της αρχαϊκής εποχής στα παράλια της περιοχής κατοικούσαν οι Δρύοπες. Το βορειοανατολικό τμήμα της επικράτειας κατοικούνταν από τους Αμφίλοχες και τους Αθαμάνες. Ο Αριστοτέλης αναφέρεται στην Ήπειρο ως «Αρχαία Ελλάδα».

Το 625 π.Χ. οι Κορίνθιοι με αρχηγό το γιο του τυράννου της Κορίνθου, το Γόργο ιδρύουν την Αρχαία Αμβρακία, που ως τότε κατοικούνταν από τους Δρύοπες. Η πόλη έλαβε μέρος στους Περσικούς Πολέμους και κατά τον Πελοποννησιακό Πόλεμο συντάχθηκε με τη Σπάρτη. Την ίδια εποχή κατασκευάστηκε το δημόσιο Πολυάνδριο κενοτάφιο, για να τιμήσει η πόλη τους νεκρούς που χάθηκαν. Εκεί σε επίγραμμα του Πολυανδρίου υπάρχει η παλαιότερη μαρτυρία του ονόματος της πόλεως 'Ανπρακία'.

Ετυμολογικά η λέξη Αμβρακία ή Αμπρακία (Ambracia) ή Ανπρακία, προέρχεται από το αμφί ή αμπί και το ρακία ή ραχία το οποίο σημαίνει βραχώδης ακτή, πετρώδης γιαλός, από το ρήμα ράττω ή αράττω το οποίο σημαίνει κτυπώ με δύναμη, συντρίβω. Από το αμπί και τη ρίζα ράκ προήλθε μάλλον το τοπωνύμιο Αμπ-ρακ-ία και το υδρωνύμιο (όνομα ποταμού) Ά-ραχ-θος, δηλαδή η πετρώδης ακτή που κτυπιέται εκατέρωθεν (αμφί=αμπί).

Τον 6^ο αιώνα π.Χ. η πόλη υπήρξε αξιόλογο κέντρο του κορινθιακού εμπορίου στη βορειοδυτική Ελλάδα και σημαντικός σταθμός στα ταξίδια του προς την κάτω Ιταλία. Κατά τη διάρκεια του πελοποννησιακού πολέμου έμεινε πιστή στη μητρόπολή της την Κόρινθο, την οποία και βοήθησε και στις πολεμικές της επιχειρήσεις κατά των Κερκυραίων.

Ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός το οποίο θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι το έτος 582 π.Χ η Αμβρακία, μετά την τυραννία του Περίανδρου, είχε δημοκρατικό πολίτευμα, 74 χρόνια προγενέστερη της δημοκρατίας του Κλεισθένη στην Αθήνα.

Το 379-316 π.Χ. στην Αμβρακία έζησε η Ολυμπιάδα, κόρη του βασιλέως των Μολοσσών Νεοπτόλεμου, σύζυγος του Φιλίππου Β΄ της Μακεδονίας και μητέρα του Μεγάλου Αλεξάνδρου.

Το 295 π.Χ. ο Πύρρος της Ηπείρου, βασιλιάς των Μολοσσών, μετέφερε στην Αμβρακία την πρωτεύουσα του κράτους του. Ο Πύρρος έδωσε διεθνή αίγλη στην πόλη με σημαντικά οικοδομήματα. Όμως το 165 π.Χ. η Αμβρακία πέφτει στα χέρια των Ρωμαίων και πολλοί θησαυροί της πόλης μεταφέρονται στη Ρώμη. Με την ίδρυση της Νικόπολης το 31 μ.Χ. η Αμβρακία έπαψε να παίζει αξιόλογο ρόλο στην περιοχή.

Το 1082 η Άρτα αναφέρεται για πρώτη φορά με το νέο όνομά της, το οποίο πιθανόν προέρχεται από τη λατινική λέξη artus ή arta, που σημαίνει στενή ή στενά.

Το δεσποτάτο της Ηπείρου ένα από τα κράτη που προέκυψαν από την κατάλυση της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας μετά τη Δ΄ Σταυροφορία το 1204. Περιελάμβανε αρχικά τα εδάφη της Ηπείρου και της Αιτωλοακαρνανίας και στη συνέχεια επεκτάθηκε στα Ιόνια νησιά και σε τμήματα της Αλβανίας, της Θεσσαλίας, της Μακεδονίας και της Θράκης.

Από τα μέσα του 13^{ου} αιώνα άρχισε να συρρικνώνεται στα αρχικά του όρια, και ανά διαστήματα υποτάχθηκε στους Σέρβους και στο κράτος της Νίκαιας. Πιο συγκεκριμένα κατά το έτος 1210 μ.Χ. ο Μιχαήλ Α Κομνηνός Δούκας, με σύμμαχους τους Βενετούς επιτίθεται στη Θεσσαλονίκη. Λόγω των ενισχύσεων όμως του Λατίνου αυτοκράτορα προς τους πολιορκημένους, η Θεσσαλονίκη δεν καταλαμβάνεται. Μπορεί να μην κατάφερε να καταλάβει την Θεσσαλονίκη, παρόλα αυτά ο Μιχαήλ Α΄ Κομνηνός Δούκας επέκτεινε τα όρια του Δεσποτάτου στη Λάρισα, το Δυρράχιο, την Κέρκυρα καθώς και στην παραλιακή ζώνη του Κορινθιακού κόλπου. Το 1215 δολοφονείται και το διαδέχεται ο ετεροθαλής αδερφός του Θεόδωρος Κομνηνός Δούκας, ο οποίος το 1230 μ.Χ. μετά την ήττα στην μάχη της Κλοκοτινίτσας δολοφονείται και αυτός, από το βούλγαρο Ιωάννη Β΄ Ασέν.

Από το 1231 μ.Χ. και με την επάνοδο στο θρόνο του Δεσπότη της Ηπείρου Μιχαήλ Β΄ Κομνηνού Δούκα, γιο του Μιχαήλ Α΄ Κομνηνού Δούκα, αρχίζει μια νέα δημιουργική περίοδος για το Δεσποτάτο της Ηπείρου. Την περίοδο αυτή χτίζονται αξιόλογα μνημεία

και υψώνεται και το νεότερο κάστρο πάνω στα τμήματα της ανωδομής του αρχαίου τείχους. Έκτοτε αρχίζει μια περίοδος συνεχούς εναλλαγής ξένων ηγεμόνων, οι οποίοι όμως σεβάστηκαν τις παραδόσεις και τα δικαιώματα των υπηκόων τους.

Στα μέσα του 15^{ου} αιώνα, και πιο συγκεκριμένα στις 24 Μαρτίου 1449, η Άρτα κατακτάται από τους Οθωμανούς. Παράλληλα όμως οι Αρτινοί ήταν φόρου υποτελείς στην Ενετική Δημοκρατία με σκοπό να εξασφαλίσουν την προστασία τους από τον κίνδυνο των ληστών και πειρατών. Τον ίδιο αιώνα παρατηρείται μια σημαντική αύξηση του πληθυσμού της πόλης λόγω της εγκατάστασης αρκετών Εβραίων.

Στα έτη 1602-1606 μ.Χ. χτίζεται το διάσημο πέτρινο Γεφύρι της Άρτας. Το 1650 μ.Χ. το ρολόι-Πύργος της Άρτας, το μοναδικό ρολόι με δίσκο διακοσμημένο με σμάλτο σε όλη την Οθωμανική Αυτοκρατορία.

Κατά τη μετάβαση στην Νεότερη Εποχή, και πιο συγκεκριμένα το 1788, η δικαιοδοσία της πόλης περνά στον Αλή Πασά των Ιωαννίνων. Μερικά χρόνια αργότερα επιδημία πανώλης μειώνει το 30% του πληθυσμού της Άρτας και της Πρέβεζας. Τελικά η Άρτα ανακτά την ανεξαρτησία της με τη συνθήκη του Βερολίνου το 1881.

Μετά την απελευθέρωση της περιοχής, η Άρτα και το τμήμα της Ηπείρου μέχρι τον ποταμό Αραχθό αρχίζουν να αποτελούν το Νομό Άρτας, με πρωτεύουσα του την ομώνυμη πόλη.

Η Άρτα είναι κτισμένη στην αριστερή όχθη του ποταμού Αραχθού και απλώνεται αμφιθεατρικά στους πρόποδες του λόφου της Περάνθης. Η προνομιούχος θέση της, η ευφορία του εδάφους της και το κλίμα ήταν οι κυριότεροι λόγοι που έδωσαν στην πόλη μια συνεχή ζωή, από τον 9^ο αι. π.Χ. έως σήμερα. [Γιαννέλος και Τραχανάς, 2001].

3.2 Μικρό θέατρο της Αρχαίας Αμβρακίας

Το γεωγραφικό σημείο με συντεταγμένες 39° 9'39'' N και 20° 59' 2'' E αποτελεί το σημείο όπου πραγματοποιήθηκαν εργασίες αποδόμησης βυζαντινού κλιβάνου στις 8-10/1/2013 από την 18^η Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Άρτας Πρέβεζας. Στο σημείο αυτό περιμετρικά του κλιβάνου βρέθηκαν μερικά όστρακα και μαζί με κάποια τμήματα

αποδόμησης του κλιβάνου που παραλάβαμε μελετούμε στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Εξετάζοντας τη συγκεκριμένη περιοχή από ιστορική σκοπιά, ο χώρος στον οποίο βρέθηκε ο βυζαντινός κλίβανος αποτελεί το μικρότερο από όλα τα αρχαία Ελληνικά θέατρα που έχουν έρθει στο φως έως σήμερα. Τα αρχαία Ελληνικά θέατρα αποτελούν μέρη ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και πολιτισμικής σημασίας. Στους χώρους αυτούς ζωντάνεψαν η τραγωδία, η κωμωδία και το σατυρικό δράμα μέσω των θεατρικών παραστάσεων προς τιμήν του θεού Διονύσου. Η ορεινή περιοχή της Ηπείρου φιλοξενεί πέντε μοναδικά αρχαία θέατρα τα οποία κατασκευάστηκαν κατά τον 3^ο αιώνα π.Χ. υπό τη βασιλεία του Πύρρου. Το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης ένα από τα πιο καλοδιατηρημένα θέατρα της περιοχής, το θέατρο της Κασσώπης με εξαιρετική θέα στο Ιόνιο, το θέατρο της Νικόπολης με στοιχεία ελληνικής αλλά και ρωμαϊκής αρχιτεκτονικής, το πρόσφατα ανασκαμμένο θέατρο των Αρχαίων Γιγάντων και το Μικρό θέατρο της Αμβρακίας μέσα στην Άρτα.

Το Μικρό θέατρο της Αμβρακίας κατασκευάστηκε με επιχωμάτωση κατά τη βασιλεία του Πύρρου όταν έκανε την Αμβρακία πρωτεύουσα του βασιλείου του. Έχουν αποκαλυφθεί η ορχήστρα μέρος του κοίλου και των παρόδων καθώς και το δυτικό τμήμα του στυλοβάτη του προσκηνίου. Το κοίλο διαιρείται σε τρεις κερκίδες και έχει λίθινα ειδώλια. Η ορχήστρα είναι τέλειος κύκλος διαμέτρου 6,70 μέτρα.

Όπως δείχνει η γενική αρχιτεκτονική χτίστηκε στα τέλη του 4^{ου} αρχές του 3^{ου} αιώνα π.Χ. στο Β.Δ. τμήμα της αρχαίας πόλης, όπου αποτελεί και το θρησκευτικό και πολιτικό της κέντρο. Στα δυτικά του θεάτρου βρέθηκε τμήμα της αρχαίας πλακόστρωτης οδού και πέντε ακόμη χώροι, τμήματα του πολεοδομικού ιστού της αρχαίας πόλης. Η επιχωμάτωση για τη στήριξη του κοίλου έχει γίνει πάνω σε θεμέλια και ψηφιδωτά δάπεδα λουτρικών εγκαταστάσεων τα οποία χρονολογούνται στα μέσα του 4^{ου} αιώνα π.Χ. καθώς και θεμέλια οίκων της κλασικής και αρχαϊκής εποχής.

3.2.1 Ανασκαφή 18^{ης} Ε.Β.Α. – Βυζαντινός κλίβανος και ευρήματα κεραμικής

Η υπηρεσία της 18^{ης} Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Άρτας- Πρέβεζας έπειτα από εργασίες αποδόμησης βυζαντινού κλιβάνου συνέλεξε και μας παρέδωσε για μελέτη τα όστρακα που μελετούνται στην εργασία αυτή.

Το οικόπεδο της οδού Αγίου Κωνσταντίνου, όπου πραγματοποιήθηκε η ανασκαφή έχει δώσει πλήθος εγχώριων κεραμικών βυζαντινής περιόδου και άλλα νεότερα.

Η κα. Τερέζα Λογοθέτη, αρχαιολόγος της 18^{ης} Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Άρτας-Πρέβεζας μας παρέδωσε: (1) οχτώ όστρακα από την αποδόμηση του α ' στρώματος του κλιβάνου: *ομάδα Ε*. (2) δώδεκα όστρακα από την αποδόμηση του β ' στρώματος του κλιβάνου: *ομάδα Α*. (3) πέντε όστρακα κεραμικής που βρέθηκαν εντός του θαλάμου όπτησης: *ομάδα Δ*. (4) έξι μάζες πηλού από το θάλαμο όπτησης του κλιβάνου: *ομάδα Γ*. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιλογή των αντιπροσωπευτικότερων δειγμάτων από κάθε ομάδα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

3.3 Γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής

Ο Αμβρακικός κόλπος προέκυψε λόγω της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας που ξεκίνησε πριν από δυο εκατομμύρια χρόνια. Αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα το οποίο άρχισε να γεμίζει με τις αποθέσεις των δυο ποταμών, Άραχθου και Λούρου. Η βαθμιαία ανύψωση της θάλασσας τα τελευταία 10.000 χρόνια είχε ως αποτέλεσμα να εισχωρήσει το Ιόνιο πέλαγος ανάμεσα από το Άκτιο και την Πρέβεζα και να πλημμυρίσει τον κόλπο δίνοντας του τη σημερινή μορφή [Πετράκη και Τζιωρτζιώτη, 2010]. Στον Αμβρακικό περιλαμβάνονται 20 τουλάχιστον ακέραιες λιμνοθάλασσες, αριθμός που δε συναντάται σε κανένα άλλο μέρος της Ελλάδας, που η συνολική τους έκταση ξεπερνάει τα 70 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Η περιοχή αποτελεί τμήμα κυρίως της Αδριατικοϊονίου ζώνης και των ζωνών Πίνδου και Γαβρόβου-Τριπόλεως. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Λούρου βρίσκεται εξ'

ολοκλήρου εντός της Αδριατικοϊονίου ζώνης, ενώ η λεκάνη του ποταμού Άραχθου επεκτείνεται και στις ζώνες Γαβρόβου-Τριπόλεως και Πίνδου. Το γεγονός αυτό διαφοροποιεί και τη σύνθεση των υλικών αποσάθρωσης που μεταφέρουν τα νερά του Άραχθου σε σχέση με αυτά του Λούρου, με σημαντικότερη διαφοροποίηση την παρουσία υλικών αποσάθρωσης του οφιολιθικού συμπλέγματος στα νερά του ποταμού Αράχθου.

Ο ποταμός Λούρος διασχίζει ασβεστολιθικά κυρίως πετρώματα, χωρίς να μεταφέρει υλικά αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων και είναι πολύ μικρότερης δυναμικότητας σε παροχές νερού και μεταφοράς στερεών υλικών, σε σχέση με τον Άραχθο. Η προσχωματική ικανότητα του Αράχθου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του Λούρου, καθώς η λεκάνη απορροής του είναι μεγαλύτερη και αποτελείται σχεδόν στο σύνολό της από φλύσχη αδιαπέρατο από τα νερά της βροχής, ενώ αυτή του Λούρου είναι ασβεστολιθική.

Ο ποταμός Άραχθος πηγάζει από την οροσειρά της Πίνδου κοντά στο Μέτσοβο, ρέει με γενική κατεύθυνση Β-Ν και εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο. Το μήκος του ποταμού είναι περίπου 110 χιλιόμετρα και η λεκάνη απορροής του φτάνει τα 1850 km² [Καψιμάλης, 2004]. Τα πετρώματα που διαβρέχει ο ποταμός είναι κυρίως φλύσχης και σε μικρή έκταση ασβεστόλιθος. Τα ύδατα του Άραχθου προέρχονται κυρίως από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από διάφορες πηγές που ανήκουν σε δύο σημαντικά καρστικά συστήματα: το αντίκλινο του Άραχθου (ανατολικές πλαγιές των βουνών Μιτσικέλι και Ξεροβούνι) και των Αθαμανικών Ορέων (Τζουμέρκων). Ο Άραχθος προσφέρει χονδρόκοκκο υλικό, κατά κύριο λόγο χαλαζιακό αλλά και σημαντικές ποσότητες λεπτόκοκκης ιλύος, που εν μέρει προέρχεται, εκτός του φλύσχη, από υπερβασικά πετρώματα που βρίσκονται στον άνω ρου της λεκάνης του ποταμού.

Ο Λούρος αντίθετα προσφέρει μικρές ποσότητες λεπτόκοκκου υλικού και κροκάλες και χαλίκια ασβεστολιθικής προέλευσης, αφού τροφοδοτείται από τα νερά καρστικών πηγών του ασβεστολίθου. Οι κοιλάδες απορροής των δυο ποταμών εκτός των άλλων διαφορών που τις χαρακτηρίζουν (μέγεθος, θέση, λιθολογικό υπόβαθρο), διαφοροποιούνται και από το γεγονός ότι μόνο η κοιλάδα του Αράχθου φτάνει μέχρι τη ζώνη της Πίνδου βορειοανατολικά, με τους επικαθήμενους από επώθηση οφιολιθικούς σχηματισμούς [Νικολάου, 2005].

Τόσο η λεκάνη απορροής του Λούρου όσο και αυτή του Άραχθου ανήκουν κυρίως στην Ιόνιο ζώνη. Χαρακτηρίζονται από ασβεστολιθικά πετρώματα διαφόρων ηλικιών (Ιουρασικό-Κατώτερο Σενώνιο, Ανώτερο Σενώνιο, Παλαιόκαινο-Ανώτερο Ηώκαινο). Στη λεκάνη απορροής του Λούρου σημαντική εξάπλωση εμφανίζουν οι ασβεστόλιθοι Σινιών και Παντοκράτορα. Στη λεκάνη απορροής του Άραχθου μεγάλη έκταση καταλαμβάνει ο φλύσχης. Πρόκειται για εναλλαγές ιλυωδών μαργών και μεσόκοκκων έως χονδρόκοκκων ψαμμιτών. Στα δέλτα και των δυο ποταμών κυριαρχούν σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων και πεδιάδων καθώς και θαλάσσιες αποθέσεις, κροκαλοπαγή, άμμος, άργιλος, μάργες και ενίοτε στρώματα γύψου [Καραγιάννη, 2005].

Γενικά, η γεωλογική δομή της Ηπείρου παρουσιάζει το χαρακτηριστικό της επαλληλίας μεγάλων ανθρακικών αντικλίνων και φλυσχικών συγκλίνων με γενική διεύθυνση του άξονα ΒΔ-ΝΑ που είναι και η τυπική διεύθυνση της οροσειράς της Πίνδου.

Οι γεωτεκτονικές ζώνες που συμμετέχουν στη γεωλογική δομή της Ηπείρου, τμήμα της οποίας αποτελεί και η περιοχή του Αμβρακικού κόλπου, είναι [Νικολάου, 2005]:

1. Η Ιόνιος ζώνη που καταλαμβάνει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου, ανατολικά από τον ποταμό Άραχθο και το όρος Τύμφη έως και τις ακτές του Ιονίου από τα δυτικά.
2. Η ζώνη Ωλονού-Πίνδου, η οποία εμφανίζεται στα Αθαμανιά όρη που είναι επωθημένη επί του φλυσχικού συγκλίνου του Αράχθου της Ιόνιας ζώνης.
3. Η ζώνη Γαβρόβου Τριπόλεως που εμφανίζεται σε περιορισμένη έκταση στα όρια των νομών Άρτας-Αιτωλοακαρνανίας.
4. Η Πελαγονική και υποπελαγονική ζώνη.

Οι σχηματισμοί αυτών των ζωνών συναντούνται υπό μορφή τεκτονικών καλυμμάτων επί των σχηματισμών της Πίνδου και κυρίως εμφανίζονται στην περιοχή Μετσόβου-Κατάρας στο Σμόλικα και στο Γράμμο. Το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου καλύπτεται από σχηματισμούς της Ιονίου ζώνης που ακολουθούν την παρακάτω λιθοστρωματική σειρά (από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς) [Νικολάου, 2005]:

1. Εβαποριτική σειρά και τριαδικά λατυποπαγή (περμο-Τριαδικό)
2. Ανθρακική σειρά (ανώτερο Τριαδικό-ανώτερο Ηώκαινο)
3. Φλύσχης αδιαίρετος (ανώτερο Ηώκαινο-Ακουϊτάνιο)

Η ζώνη Πίνδου παρουσιάζεται με ένα ευρύ φάσμα λιθολογικών σχηματισμών κυρίως ανθρακικής και σχιστοκερατολιθικής φάσης. Στα τεκτονικά καλύμματα της Πελαγονικής συμμετέχουν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα (οφιολιθικό σύμπλεγμα). Τις λιθοστρωματογραφικές ακολουθίες συμπληρώνουν τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν σημαντικές εκτάσεις στο πεδινό τμήμα Άρτας-Πρέβεζας και στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

Σημειώνεται ότι εντός των ασβεστολιθικών σχηματισμών παρεμβάλλονται συχνά διαστρώσεις πυριτόλιθων σε διάφορα μεγέθη και μορφές. Στη δυτική Ήπειρο ο κύριος όγκος των πυριτολιθικών πηγών εμφανίζεται σε εναστρώσεις λεπτών διαθλαστικών πλακών. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις, τα δίκτυα των εσωτερικών διαρρήξεων διατρέχουν κάθετη διαδρομή προς τα εξωτερικά καλύμματα της πυριτικής μάζας. Οι όγκοι των πυριτολιθικών αποθεμάτων, αναλύονται μικροσκοπικά σε διάφορες ποικιλίες χαλκιδονίου με διαβαθμιζόμενη συμμετοχή οπάλιου και χαλαζία, ενώ ως προς τη χημική σύσταση η μάζα τους συνίσταται από SiO_2 σε αναλογία έως και 98%.

4. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

4.1 Μακροσκοπική μελέτη των δειγμάτων

Από το συνολικό υλικό που συλλέχθηκε και μας απέστειλε η 18^η Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Άρτας-Πρέβεζας από τον ανασκαφικό χώρο της περιοχής του μικρού θεάτρου της Άρτας επιλέχθηκαν συνολικά 21 αντιπροσωπευτικά δείγματα τα οποία και μελετήθηκαν. Η επιλογή των συγκεκριμένων οστράκων πραγματοποιήθηκε μετά από προσεκτική μακροσκοπική και μικροσκοπική μελέτη.

Η εφαρμογή της μακροσκοπικής παρατήρησης αφορά τη μελέτη όλων εκείνων των χαρακτηριστικών του οστράκου τα οποία αφορούν τη συνολική μορφή του αγγείου, τις διαστάσεις του, το σχήμα, το χρώμα του και άλλες τέτοιες παραμέτρους που αναφέρονται στην εξωτερική μορφή του.

Η μικροσκοπική παρατήρηση από την άλλη, εξετάζει παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τα τεχνολογικά κυρίως χαρακτηριστικά του οστράκου. Τον τρόπο κατασκευής του τέχνηργου, τις θερμοκρασίες όπτησης του, την πρώτη ύλη από την οποία παράχθηκε καθώς και πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά γνωρίσματα όπως για παράδειγμα η αντοχή του υλικού κ.α.

Κατά τη μακροσκοπική παρατήρηση μας δίνεται η δυνατότητα να κάνουμε έναν πρώτο διαχωρισμό της συνολικής μάζας των αρχαιολογικών στοιχείων προς εξέταση. Οι πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε κατά το πρώτο αυτό στάδιο της μελέτης είναι χρωματικές διαφορές οι οποίες μπορούν με εύκολο τρόπο να μας οδηγήσουν σε μια πρώτη κατηγοριοποίηση σχετικά με τις πιθανές θερμοκρασίες όπτησης, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν μέσα στον κλίβανο (οξειδωτικές ή αναγωγικές) καθώς και την πιθανή χημική σύσταση της πρώτης ύλης.

Η εμφάνιση των οστράκων ποικίλει σε χρώματα από φαιό μέχρι σκούρο καφέ και από ρόδινο μέχρι σκούρο κόκκινο. Κάποια από τα όστρακα φέρουν μόνο επίχρισμα και κάποια άλλα επίχρισμα και εφυάλωση. Τέλος υπάρχει μια κατηγορία οστράκων τα οποία φαίνονται ημιτελή.

Κατά το στάδιο αυτό της μελέτης διακρίνουμε και διαφορετικές υφές. Μερικά δείγματα έχουν τραχιά υφή ενώ άλλα λεία.

4.2 Οπτική μικροσκοπία

Ακολουθεί τη μακροσκοπική εξέταση των κεράμων που περιλαμβάνει την πετρογραφική και ιστολογική εξέταση του κεραμικού συνόλου. Παρέχει τη δυνατότητα χαρακτηρισμού της ορυκτολογικής σύστασης και δομής της κεραμικής ύλης, μέσω του ορυκτολογικού προσδιορισμού των εγκλεισμάτων της κεραμικής μάζας.

Η μετέπειτα σύγκριση αυτών των αποτελεσμάτων με τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την προέλευση των πρώτων υλών της κεραμικής και συνδυαστικά με τα αρχαιολογικά δεδομένα δύναται να παρέχει πληροφορίες για την τοπική παραγωγή κεραμικής, τα δίκτυα ανταλλαγών μεταξύ των αρχαίων κοινωνιών και το εμπόριό τους.

Κατά την οπτική μικροσκοπική εξέταση της εργασίας αυτής κατασκευάστηκαν και μελετήθηκαν στιλπνές τομές στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας. Η οπτική μικροσκοπική παρατήρηση έγινε με στερεοσκόπιο τύπου Motic SMZ-143 N2GG stereomicroscope με μια 12V/15W top and a 12V/10W bottom λυχνία αλογόνου. Οι αντίστοιχες φωτογραφίες λήφθηκαν με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή τύπου Olympus VG170.

Με τη χρήση κοπτικού μηχανήματος κόβεται ένα μικρό κομμάτι του προς εξέταση δείγματος σε μορφή πλακιδίου. Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετούνται σε ειδικές φόρμες διαμέτρου περίπου τριών εκατοστών, στις οποίες προστίθεται το υλικό εγκλίσεως (ρητίνη). Έπειτα εμποτίζονται υπό κενό για να απομακρυνθεί ο αέρας των πόρων του δείγματος και ο εγκλωβισμένος αέρας της ρητίνης.

Τα εμποτισμένα με τεχνητή ρητίνη δείγματα προστιλβώνονται με το χέρι με SiCl₂00 και στη συνέχεια στιλβώνονται με τη μέθοδο Rehwald, η οποία είναι σε θέση να στιλβώσει 6 στιλπνές τομές 2,4 ή 6 εκατοστών. Κατά τη διαδικασία στίλβωσης στην επιφάνεια του παρασκευάσματος, σχηματίζεται ένα λεπτότατο στρώμα, το οποίο οφείλεται στη μετατόπιση των επιφανειακών μορίων και καλύπτει με μορφή επιδερμίδας πάχους 0.5-1 μm, μικροανωμαλίες της επιφανείας, όπως λεπτές χαραγές που δημιουργήθηκαν κατά τη λείανση του παρασκευάσματος [Αλεβίζος, 2009].

Το λειαντικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε είναι το καρβίδιο του πυριτίου ή αλουμίνα διαφόρων κοκκομετριών. Η διαδικασία της λείανσης μέσω τριβής πραγματοποιείται σε

στάδια, αρχικά από το χονδρόκοκκο κλάσμα και σταδιακά, απομακρύνοντας κάθε φορά τη σκόνη, καταλήγει στο πιο λεπτό κλάσμα.

4.3 Περιθλασιμετρία ακτίνων-X

Η μέθοδος περίθλασης ακτίνων-X είναι μια τεχνική η οποία χρησιμοποιείται για χαρακτηρισμό κρυσταλλικών υλικών, πετρωμάτων, ορυκτών και γενικότερα οποιωνδήποτε στερεών ανεξάρτητα από τη χημική φύση του υλικού. Πραγματοποιείται με αυτόν τον τρόπο μια ποιοτική ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων. Αποτελεί μια αναλυτική μέθοδο η οποία προσδιορίζει τις ορυκτολογικές φάσεις και ταυτοποιεί τα ορυκτά.

Το φαινόμενο της περίθλασης ακτίνων-X πάνω στους κρυστάλλους οφείλεται στην αλληλεπίδραση τους με τα ηλεκτρόνια των ατόμων των κρυστάλλων και έχει ως αποτέλεσμα την σκέδαση των ακτίνων-X. Αυτή η ικανότητα του ατόμου να σκεδάζει ακτίνες-X είναι ανάλογη του αριθμού των ηλεκτρονίων του. Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης των ακτίνων-X με τα ηλεκτρόνια των ατόμων, τα ηλεκτρόνια ωθούνται σε εξαναγκασμένες ταλαντώσεις και εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ως αποτέλεσμα των αλμάτων τους από διάφορες ενεργειακές στάθμες σε άλλες.

Ο Άγγλος επιστήμονας William Lawrence Bragg (1890-1971) ερμήνευσε το συγκεκριμένο φαινόμενο. Έστω ότι το πλέγμα ενός κρυστάλλου αποτελείται από ομάδες πλεγματικών επιπέδων τα οποία σε κάθε ομάδα είναι παράλληλα και διαδέχεται το ένα το άλλο πάντα στην ίδια απόσταση d . Εάν E_1 , E_2 , E_3 τα πλεγματικά επίπεδα ενός κρυστάλλου και A_1, A_2 οι ακτίνες-X μήκους κύματος λ , η γωνία με την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες θ και η τάξη της ανάκλασης n . Σύμφωνα με την εξίσωση του Bragg ισχύει :

$$\lambda \cdot n = 2 \cdot d \cdot \sin \theta.$$

Όπου:

n : ακέραιος θετικός αριθμός

λ : μήκος κύματος

θ : γωνία ανάκλασης

d : πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου.

Ο ποιοτικός προσδιορισμός των ορυκτών φάσεων έγινε με τη χρήση του λογισμικού Diffrac Plus (Bruker AXS) και τη βάση δεδομένων JCPDS. Η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με το περιθλασίμετρο ακτίνων-X τύπου D8-Advance της BrukerAXS του εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων έγινε με χρήση λυχνίας Cu και φίλτρο Ni, τάση λυχνίας $U = 35$ kV και ένταση ρεύματος $I = 35$ mA στην περιοχή των γωνιών 2θ μεταξύ $4-70^\circ$, με βήμα 0.019° και χρόνο 31.8 s ανά βήμα.

Τα δείγματα που αναλύθηκαν λειοτριβήθηκαν σε γουδί αχάτη και τοποθετήθηκαν μέσα στην κοιλότητα πλαστικών ή μεταλλικών πλακιδίων βάθους περίπου 1 mm και έκτασης μερικών cm^2 . Η μάζα του κάθε δείγματος ήταν της τάξης του 1 g και σχημάτιζε επίπεδη επιφάνεια κατά την είσοδο της στο πλακίδιο [Κωστάκης, 2006]. Στη συνέχεια το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε στο περιθλασίμετρο και πιο συγκεκριμένα στο κέντρο του κύκλου που διαγράφει ο απαριθμητής των ακτίνων-X.

Οι βασικές μονάδες που αποτελούν το περιθλασίμετρο ακτίνων-X είναι μια μονάδα παραγωγής υψηλής τάσης, μια λυχνία ακτίνων-X, το γωνιόμετρο, ο απαριθμητής των ακτίνων-X, η ηλεκτρική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής κρούσεων και μια μονάδα μικροϋπολογιστή καθοδήγησης του συστήματος και αξιολόγησης δεδομένων.

Το περιθλασίμετρο καταγράφει υπό μορφή ακτινογραφήματος την ένταση των ανακλώμενων ακτίνων για κάθε συγκεκριμένη γωνία και για ένα ορισμένο φάσμα γωνιών. Βάσει του ακτινογραφήματος αυτού μπορούμε να ταυτοποιήσουμε κάθε κρυσταλλική ουσία η οποία απεικονίζεται. Μετά την ακτινογραφική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε ημιποσοτικός προσδιορισμός των κύριων ορυκτολογικών φάσεων με τη μέθοδο των σχετικών υψών που στηρίζεται στο λογισμικό EVA.

4.4 Φασματοσκοπία Ακτίνων-X Φθορισμού

Για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος φασματομετρίας ακτίνων-X φθορισμού. Αποτελεί καταστρεπική αναλυτική μέθοδο γεωλογικού υλικού και μετρά την εκλυόμενη ακτινοβολία ακτίνων-X κατά το «βομβαρδισμό» του δείγματος με ακτίνες-X.

Αρχικά παρασκευάζονται δισκία γυαλιού από τις μάζες των προς εξέταση δειγμάτων που επιλέχθηκαν. Τα δισκία αυτά αποτελούνται από 1,5gr του δείγματος αναμεμιγμένο με 7,5gr τετραβορικό λίθιο στον αχάτη. Το παρασκεύασμα αυτό τοποθετείται στη συνέχεια στην κάψουλα όπου και προστίθενται τέσσερις σταγόνες τετραβορικό λίθιο και αρχίζει η διαδικασία της σύντηξης (950-1100 °C).

Κατά την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το φασματόμετρο του εργαστηρίου Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας και Οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης, με χρήση λυχνίας Παλλαδίου (Pd). Ο προσδιορισμός έγινε με το σύστημα διαχωρισμού της ενέργειας της ακτινοβολίας (EDS).

Το σύστημα φασματομετρίας ακτίνων-X φθορισμού, αποτελείται από τα παρακάτω κύρια μέρη:

- α. Τη λυχνία παραγωγής πρωτογενούς ακτινοβολίας X
- β. Το δειγματοφορέα
- γ. Το φίλτρο πρωτογενούς ακτινοβολίας
- δ. Τον ευθυγραμμιστή
- ε. Τον ανιχνευτή
- ζ. Τον πολυδιάυλο αναλυτή
- στ. Το ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής

Το φασματόμετρο λειτουργεί εκπέμποντας πρωτογενείς ακτίνες X1 από την πηγή, οι οποίες προκαλούν εκπομπή χαρακτηριστικών δευτερογενών ακτίνων X2 από το δείγμα (φαινόμενο φθορισμού). Οι ενέργειες των δευτερογενών ακτίνων X2 είναι μικρότερες από την ενέργεια των πρωτογενών ακτίνων X1 και εξαρτώνται από τα στοιχεία που περιέχει το δείγμα. Τα άτομα αυτών των στοιχείων αναλυτικότερα, διεγείρονται από

ακτίνες-X υψηλής ενέργειας και εκπέμπουν δευτερογενή ακτινοβολία (φθορισμός) ακτίνων-X, το φάσμα της οποίας αναλύεται. Καθώς οι ακτίνες X διέρχονται μέσω της ύλης ελαττώνεται η έντασή τους. Ο βαθμός ελάττωσης εξαρτάται από την ενέργεια της ακτινοβολίας και τη χημική σύσταση του υλικού και περιγράφεται από τον νόμο των Lambert-Beer:

$$I=I_0 e^{-\mu x}$$

Όπου, I: η ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας, I_0 : η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, μ : ο μαζικός συντελεστής απορρόφησης και x: το πάχος του υλικού.

Μετά την ακτινοβολήση του δείγματος και την εκπομπή της δευτερογενούς ακτινοβολίας X, η οποία ανιχνεύεται από τον ανιχνευτή του οργάνου, λαμβάνεται συνεχές και γραμμικό φάσμα.

Η ποιοτική ανάλυση, στην φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων X ενεργειακής διασποράς γίνεται με βάση το διάγραμμα ενέργειας- έντασης. Οι φασματικές γραμμές, που χαρακτηρίζουν τα χημικά στοιχεία εμφανίζονται σε συγκεκριμένες τιμές ενέργειας. Για την ανίχνευση ενός στοιχείου αρκεί η ανίχνευση μίας ή δύο χαρακτηριστικών γραμμών εκπομπής του.

Η χημική σύσταση των οστράκων που εξετάστηκε σχετίζεται άμεσα με τη χημική σύσταση των πρώτων υλών από τις οποίες κατασκευάστηκαν. Για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η μελέτη του φαινομένου του φθορισμού ακτίνων-X που πραγματοποιήσαμε κατά την εργασία αυτή.

4.4.1 Προσδιορισμός απώλειας πύρωσης

Κατά τη διαδικασία του προσδιορισμού της απώλειας πύρωσης, ζυγίζεται αρχικά ποσότητα ξηρού δείγματος η οποία τοποθετείται σε κάψα πορσελάνης. Στη συνέχεια τοποθετείται στον ηλεκτρικό κλίβανο της εταιρίας Nabertherm, Model D-2804, ο οποίος βρίσκεται στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων και θερμαίνεται στους 900 °C για 4 ώρες.

Όταν το πείραμα ολοκληρωθεί τα δείγματα τοποθετούνται σε αφυγραντήρα για την αποφυγή προσρόφησης υγρασίας. Μόλις το δείγμα αποκτήσει θερμοκρασία

περιβάλλοντος ζυγίζεται εκ νέου και υπολογίζουμε το ποσοστό της απώλειας πύρωσης. Η σχέση που μας δίνει την τιμή αυτή είναι η εξής:

$$\%A.Π.=[(A-T)/A]*100$$

Όπου,

%A.Π. : το υπολογιζόμενο ποσοστό της απώλειας πύρωσης

A: το αρχικό βάρος του ξηρού δείγματος (gr)

T : το τελικό βάρος του δείγματος μετά την πύρωση (gr)

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία για τον προσδιορισμό της απώλειας πύρωσης περιλάμβανε αρχικά τη ζύγιση ποσότητας υλικού από κάθε δείγμα, το οποίο πυρώθηκε στους 900° C για τέσσερις ώρες.

4.5 Προσδιορισμός πορώδους και υδατοαπορροφητικότητας

4.5.1 Πορώδες

Σύμφωνα με τη μέθοδο DIN EN 993-1 προσδιορίζεται το βάρος της μάζας του προς εξέταση ξηρού δοκιμίου, έπειτα η φαινόμενη μάζα όταν εμβαπτίζεται σε ένα υγρό με το οποίο έχει πληρωθεί σε κενό και μετά η μάζα στον αέρα ενώ είναι ακόμα διαποτισμένο με το υγρό. Από τις τιμές αυτές και από την πραγματική πυκνότητα του υλικού υπολογίζονται η πυκνότητα, το φαινόμενο πορώδες και το πραγματικό πορώδες.

Ως Φαινόμενο πορώδες (π_a) ορίζεται ο λόγος του συνολικού όγκου των ανοικτών πόρων σε ένα πορώδες προς τον όγκο (% v/v). Ως φαινόμενη πυκνότητα (ρ_b) ορίζεται ο λόγος της μάζας ξηρού υλικού ενός πορώδους σώματος προς τον όγκο αυτού (g/cm^3 ή kg/m^3).

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: αρχικά προσδιορίζεται η μάζα του ξηρού δοκιμίου (m1) η οποία έχει τοποθετηθεί εκ των προτέρων σε πυριαντήριο στους 110° C για δύο ώρες. Στη συνέχεια τοποθετείται το ψυχρό και ξερό δοκίμιο σε ένα ερμητικά κλειστό δοχείο και η συσκευή ελέγχεται ότι θα διατηρήσει το

κενό. Αφού σφραγιστεί το δοχείο, δημιουργείται κενό έως ότου επιτευχθεί πίεση 2500 Pa, οπότε και διατηρείται κενό για 15 λεπτά. Για να εξασφαλιστεί ότι όλος ο αέρας έχει φύγει από τους πόρους, το δοχείο απομονώνεται ή αποσυνδέεται από την αντλία κενού και ταυτόχρονα ελέγχεται η πίεση να μην αυξηθεί κατά την αφαίρεση του αέρα από το δοκίμιο.

Το δοκίμιο επανασυνδέεται και προοδευτικά εισάγεται το υγρό εμβαπτισμού, έτσι ώστε τρία λεπτά αργότερα το δοκίμιο να είναι καλυμμένο από το υγρό κατά 20 mm. Η μειωμένη πίεση διατηρείται για 10 λεπτά και το δοχείο ανοίγεται. Μετά από επιπλέον αναμονή 10 λεπτών ώστε να εξασφαλιστεί ότι το υγρό έχει εισχωρήσει σε όλους τους ανοικτούς πόρους, το δοκίμιο ανασηκώνεται από το δίσκο υδροστατικής ισορροπίας και ζυγίζεται. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται η φαινόμενη μάζα του εμβαπτισμένου δοκιμίου (m_2). Τέλος το δοκίμιο απομακρύνεται από το υγρό, στεγνώνεται και ζυγίζεται προσδιορίζοντας έτσι την εμβαπτισμένη μάζα m_3 . Με τη χρήση των παρακάτω εξισώσεων υπολογίζεται το φαινόμενο πορώδες και η πυκνότητα για τα δοκίμια,

$$\text{Πυκνότητα : } \rho_b = [m_1/(m_3 - m_2)] * \rho_{liq} \quad (\text{g/cm}^3)$$

$$\text{Φαινόμενο πορώδες : } \pi_a = [(m_3 - m_1)/(m_3 - m_2)] * 100 \quad (\%v/v)$$

Όπου,

m_1 : μάζα του ξηρού δοκιμίου (gr)

m_2 : φαινόμενη μάζα του εμβαπτισμένου δοκιμίου (gr)

m_3 : μάζα του εμβαπτισμένου δοκιμίου (gr)

ρ_t : πραγματική πυκνότητα (gr/ cm³)

ρ_{liq} : πυκνότητα του υγρού εμβαπτισμού (gr/ cm³)

4.5.2 Υδατοαπορροφητικότητα

Η ιδιότητα αυτή εμφανίζεται στα πορώδη υλικά και εξαρτάται από την πυκνότητα των υλικών καθώς επίσης και από τη μορφή και το σχήμα των πόρων τους. Η υδατοαπορροφητικότητα εκφράζεται ως ο λόγος του βάρους του απορροφημένου νερού προς το βάρος του υλικού επί τοις εκατό.

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Τμήμα του προς εξέταση πετρώματος ξηραίνεται σε φούρνο σε σταθερή θερμοκρασία 100° C και στη συνέχεια ζυγίζεται. Το υλικό εμβαπτίζεται μέσα σε απιονισμένο νερό, για 24 ώρες και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (περίπου 20° C). Στη συνέχεια το υλικό απομακρύνεται από το νερό, σκουπίζεται και τοποθετείται πάνω σε απορροφητικό χαρτί ώστε να φύγει η περίσσεια νερού. Λίγο αργότερα και ενώ το δείγμα είναι κορεσμένο και επιφανειακά ξερό, ζυγίζεται. Το βάρος του νερού που έχει απορροφηθεί είναι ίσο με τη διαφορά μεταξύ αρχικού και τελικού βάρους του πετρώματος. Η σχέση που καθορίζει το ποσοστό της υδατοαπορροφητικότητας είναι:

$$Y=[(m_2-m_1)/m_1]*100$$

Όπου,

Y : το ποσοστό της υδατοαπορροφητικότητας

m₁ : το βάρος του ξηρού δείγματος (gr)

m₂ : το βάρος του υγρού δείγματος (gr)

4.6 Ηλεκτρονική μικροσκοπία

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και διερχόμενων ηλεκτρονίων οδηγεί στην ιστολογική παρατήρηση μικρών θραυσμένων επιφανειών των υπό μελέτη οστράκων. Με τη χρήση ηλεκτρονικής δέσμης η οποία προσπίπτει στην προς εξέταση επιφάνεια δημιουργείται ένα είδωλο της επιφάνειας του αντικειμένου σε μια οθόνη. Η προσπίπτουσα δέσμη ηλεκτρονίων στο δοκίμιο δημιουργεί εκπομπές ανάλογα με τις ιδιότητες του υλικού στο σημείο αυτό. Η περιοχή σάρωσης στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο καλύπτει μια ορθογώνια επιφάνεια λίγων χιλιοστών ενώ στην οθόνη καλύπτεται μια μεγάλη επιφάνεια, δηλαδή προβάλλεται μια πολύ μικρή επιφάνεια του δοκιμίου σε πολύ μεγάλη μεγέθυνση στην οθόνη. Κάθε θραύσμα επικαλύπτεται με ένα πολύ λεπτό αγωγίμο στρώμα άνθρακα ή χρυσού, στη συνέχεια τοποθετείται και γειώνεται σε μια μεταλλική βάση μέσα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης όπου στη συνέχεια μπορεί να δημιουργηθεί η τοπογραφία του ειδωλίου του δοκιμίου στην

επιθυμητή μεγέθυνση. Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, τύπου Jeol JSM 5400.

Τα βασικά στάδια λειτουργίας ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου είναι:

- Σχηματίζεται από την πηγή μια δέσμη ηλεκτρονίων η οποία επιταχύνεται προς το δείγμα μέσω ενός θετικού ηλεκτρικού δυναμικού
- Χρησιμοποιώντας μεταλλικά ανοίγματα, ηλεκτρομαγνητικούς φακούς και πηνία σάρωσης, επιτυγχάνεται μια λεπτή εστιασμένη μονοχρωματική δέσμη ηλεκτρονίων η οποία σαρώνει την επιφάνεια του δείγματος
- Οι αλληλεπιδράσεις δέσμης δείγματος καταγράφονται από τους ανιχνευτές και μετατρέπονται σε εικόνα [Μαυρομμάτη, 2014].

5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

5.1 Ταξινόμηση δειγμάτων

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των 27 οστράκων που παραλάβαμε από την 18^η Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, σύμφωνα με τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά τους όπως παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο. Η κατηγοριοποίηση έγινε κάτω από τη συμβουλευτική καθοδήγηση αρχαιολόγου και τα δείγματα διαχωρίστηκαν σε ομάδες σύμφωνα με την τεχνοτροπία τους, την αισθητική τους καθώς και το είδος του οστράκου. Στην τελική ομαδοποίηση που παρουσιάζεται γίνεται αναφορά σε 21 δείγματα, τα υπόλοιπα δε συμπεριλήφθησαν στην παρούσα εργασία διότι το μέγεθος τους δεν ήταν ικανοποιητικό για την εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων.

5.1.1 Ομάδα 1^η- κεραμίδια και οπτόπλινθοι

Κατά την ύπαρξη του ανθρώπινου είδους πάνω στη γη δημιουργήθηκε η ανάγκη της στέγασης για την προστασία του από έντονα φυσικά φαινόμενα ή εξωτερικούς κινδύνους. Όταν η φύση, έπαψε να αποτελεί ιδανικό περιβάλλον για την εξέλιξή του είδους ο άνθρωπος στράφηκε προς την κατασκευή της πρώτης του κατοικίας. Η πρώτη αυτή κατοικία αποτελούνταν από κλαδιά πλεγμένα και κορμούς δέντρων και χρονολογείται κατά την Παλαιολιθική εποχή. Με το πέρασμα του χρόνου η λάσπη αποτέλεσε την πρώτη μόνωση που ήρθε να καλύψει τα κενά των δέντρων.

Η χρήση λιθοδομών για τη βελτίωση της ανθρώπινης κατοικίας ήταν το επόμενο στάδιο στην εξέλιξη της ανθρώπινης κατοικίας. Αρχικά χρησιμοποίησε τους φυσικούς λίθους τοποθετώντας τους χωρίς τη χρήση κονιάματος, ξηρολιθοδομή. Στη συνέχεια τους συνέδεσε με λάσπη για επίτευξη μεγαλύτερης αντοχής, αργολιθοδομή. Και τέλος έδωσε μορφή στους φυσικούς λίθους και οι λιθοδομές αποτέλεσαν τις λαξευτές και ημιλαξευτές.

Η δυσκολία λάξευσης της πέτρας και η σπανιότητα εύρεσης της σε κάποιες περιοχές οδήγησε στη χρήση της αργίλου η οποία προσφέρεται για εύκολο πλάσιμο. Έτσι ξεκινά

μια περίοδος κατά την οποία κατασκευάζονται πλίνθοι από άργιλο και νερό, ονομαζόμενες ως πλινθοδομές. Σε πρώτη φάση οι πλίνθοι αυτοί ξηραίνονταν στον ήλιο και ονομάζονται ωμόπλινθοι, αργότερα για τη βελτίωση της αντοχής τους άρχισαν να ψήνονται, οπότε ονομάστηκαν οπτόπλινθοι. Οι τεχνικοί αυτοί λίθοι είναι κεραμικά υλικά τα οποία έχουν πρισματικό (κεραμίδια) ή πλακοειδές (οπτόπλινθοι) σχήμα.

Στη συγκεκριμένη παράγραφο μελετούνται τρία δείγματα οπτόπλινθων και δύο δείγματα κεραμιδιών.

(α) Συνοπτική παρουσίαση σε πίνακα των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της ομάδας των οπτοπλίνθων και κεραμιδιών.

Δείγμα	Τύπος οστράκου	Χρώμα	Υφή	Δομή	Κενά πόρων
A2	Οπτόπλινθος	Ανοιχτό ερυθρό	Η μια πλευρά τραχιά και η άλλη λεία	λεπτοκρυσταλλική	Εμφανή κενά πόρων
A4	Οπτόπλινθος	Ερυθρωπό κίτρινο	λεία	λεπτοκρυσταλλική	Εμφανή κενά πόρων
A6	Οπτόπλινθος	Λευκοκίτρινο	Η μια πλευρά τραχιά και η άλλη λεία	λεπτοκρυσταλλική	Εμφανή κενά πόρων
E7	Κεραμίδι	Ωχροκίτρινο , κρεμώδες	Η μια πλευρά τραχιά και η άλλη λεία	λεπτοκρυσταλλική	Εμφανή κενά πόρων
E8	Κεραμίδι	ερυθρό	Η μια πλευρά τραχιά και η άλλη λεία	λεπτοκρυσταλλική	Ομοιογενές σώμα χωρίς εμφανή μακροσκοπικά κενά πόρων

Πίνακας 2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της 1^{ης} ομάδας

(β) Παρακάτω παρουσιάζονται μακροσκοπικά τα δείγματα της ομάδας των οπτοπλίνθων και κεραμιδιών. Τα δείγματα φωτογραφήθηκαν με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Olympus VG170. Σε κάθε δείγμα απεικονίζεται η εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του κεραμικού.

Δείγμα Α2



- Οπτόπλινθος
- Λεπτοκρυσταλλική και πορώδη δομή.
- Η μια πλευρά του έχει τραχιά υφή σαν κρούστα ενώ η άλλη είναι λεία.
- Χρώμα 2.5YR 6/6 ανοιχτό ερυθρό, με βάση την κλίμακα Munsell.
- Προήλθε από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα Α4



- Οπτόπλινθος
- Λεπτοκρυσταλλικής δομής, με εμφανή κενά πόρων.
- Η υφή του είναι λεία και το υλικό αρκετά εύθρυπτο.
- Χρώμα 5YR 6/6 ερυθρωπό κίτρινο με βάση την κλίμακα Munsell.
- Προήλθε από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα Α6



- Οπτόπλινθος
- Λεπτοκρυσταλλικής δομής με εμφανή κενά πόρων.

- Παρουσιάζει επαλληλία στις στρώσεις
- Η μία πλευρά του έχει τραχιά ενώ η άλλη λεία υφή.
- Χρώμα 5YR 5/3, λευκοκίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα του Munsell .
- Προήλθε από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα E7



- Κεραμίδι
- Λεπτοκρυσταλλική και πορώδη δομή, είναι αρκετά εύθρυπτο.
- Χρώμα 5YR 6/3, ωχροκίτρινο κρεμώδες σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Η μία πλευρά έχει τραχιά ενώ η άλλη λεία υφή.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α' στρώματος.

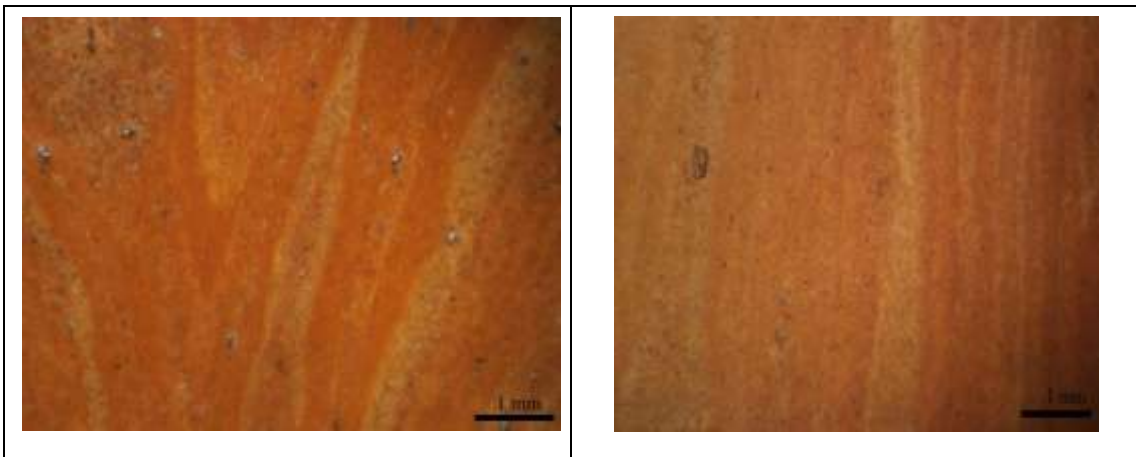
Δείγμα E8



- Κεραμίδι
- Λεπτοκρυσταλλική δομή χωρίς εμφανή κενά πόρων.
- Το σώμα του είναι συμπαγές και ομοιογενές.
- Η μια πλευρά έχει τραχιά και η άλλη λεία υφή.
- Χρώμα 7.5YR 7/4, ερυθρό σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α' στρώματος.

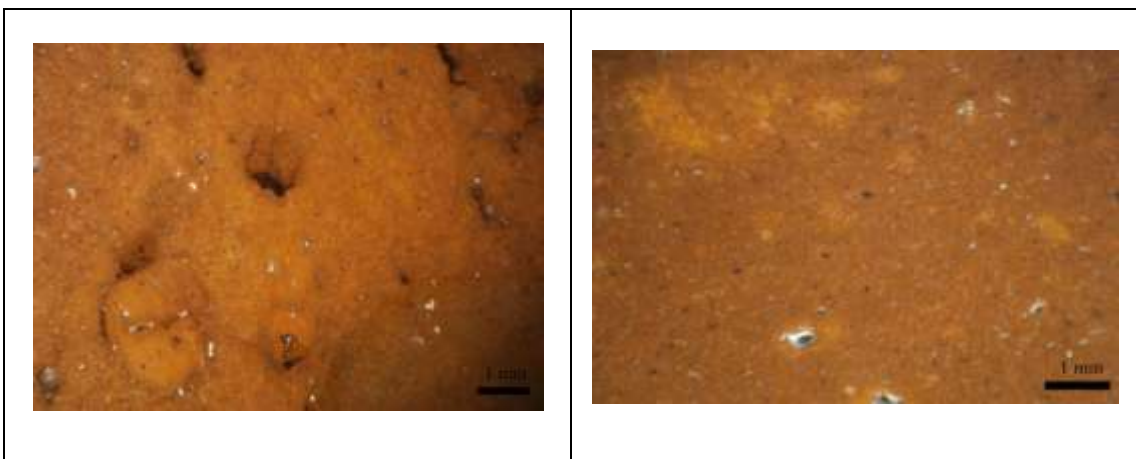
(γ) Φωτογραφική απεικόνιση κατά την παρατήρηση των δειγμάτων με την μέθοδο της οπτικής μικροσκοπίας των οστράκων της ομάδας αυτής.

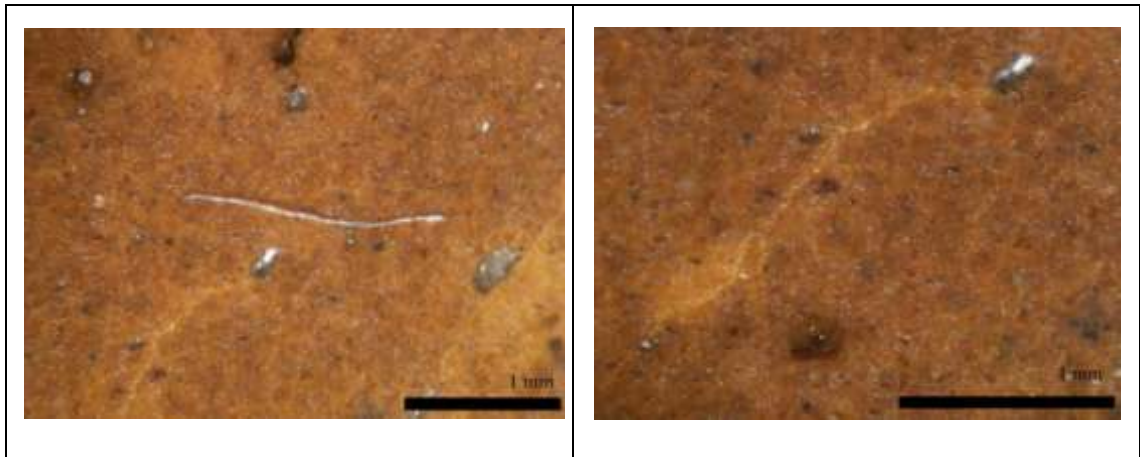
Δείγμα A2



Το δείγμα A2, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό διαφορετικών αποχρώσεων του καστανού, με ανομοιόμορφη κατανομή στην κύρια μάζα του. Η ανομοιόμορφη αυτή κατανομή μπορεί να οφείλεται στην ατελή ομογενοποίηση του αρχικού υλικού ή στην εναλλαγή οξειδωτικών και αναγωγικών συνθηκών. Παρατηρείται επίσης ένας μικρός αριθμός κόκκων που διαφέρουν από την κύρια μάζα και ενδεχομένως είναι χαλαζίας.

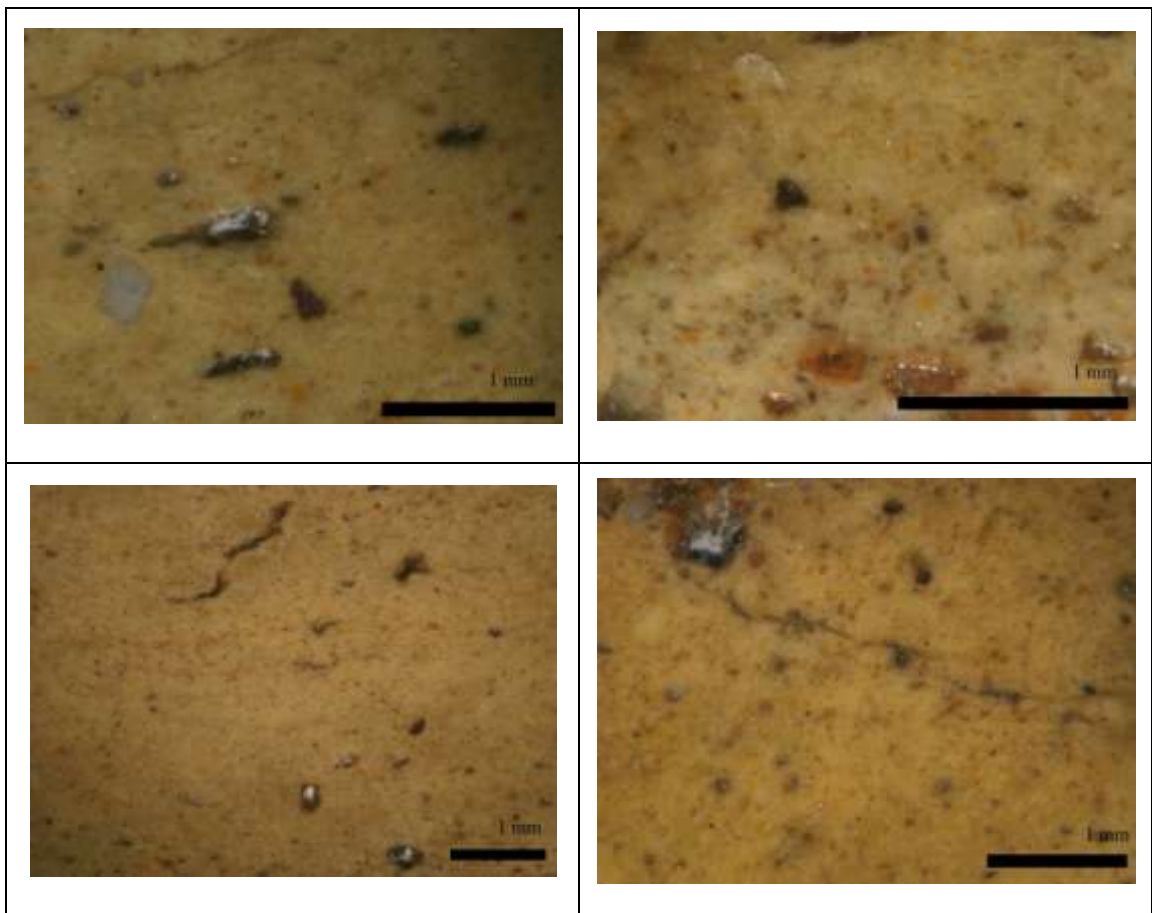
Δείγμα A4





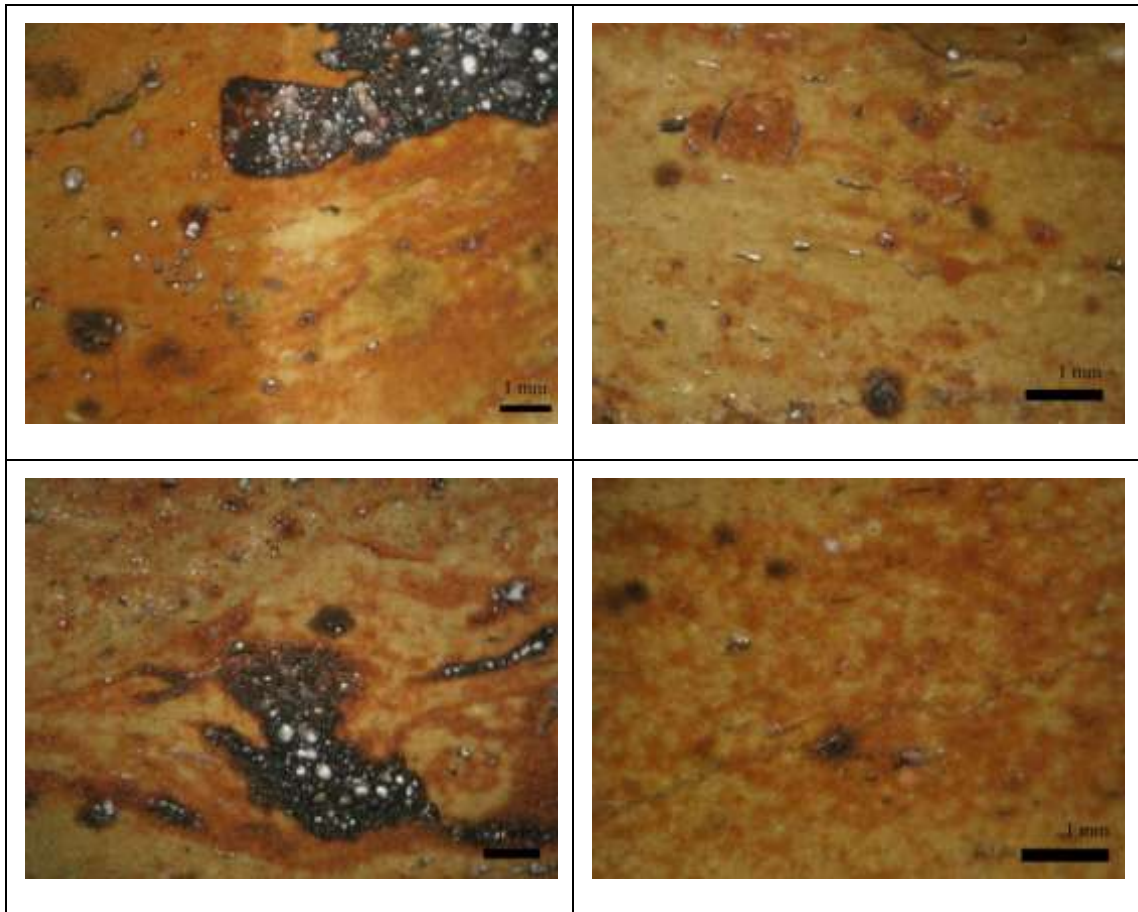
Το δείγμα A4, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκη δομή σκούρου καστανού χρώματος. Επίσης παρατηρείται ένας αριθμός διάκενων και ρωγματώσεων στη δομή του σώματος. Αυξημένος είναι ο αριθμός των κόκκων χαλαζία διαφορετικών μεγεθών διάσπαρτων σε όλη τη μάζα του δείγματος.

Δείγμα A6



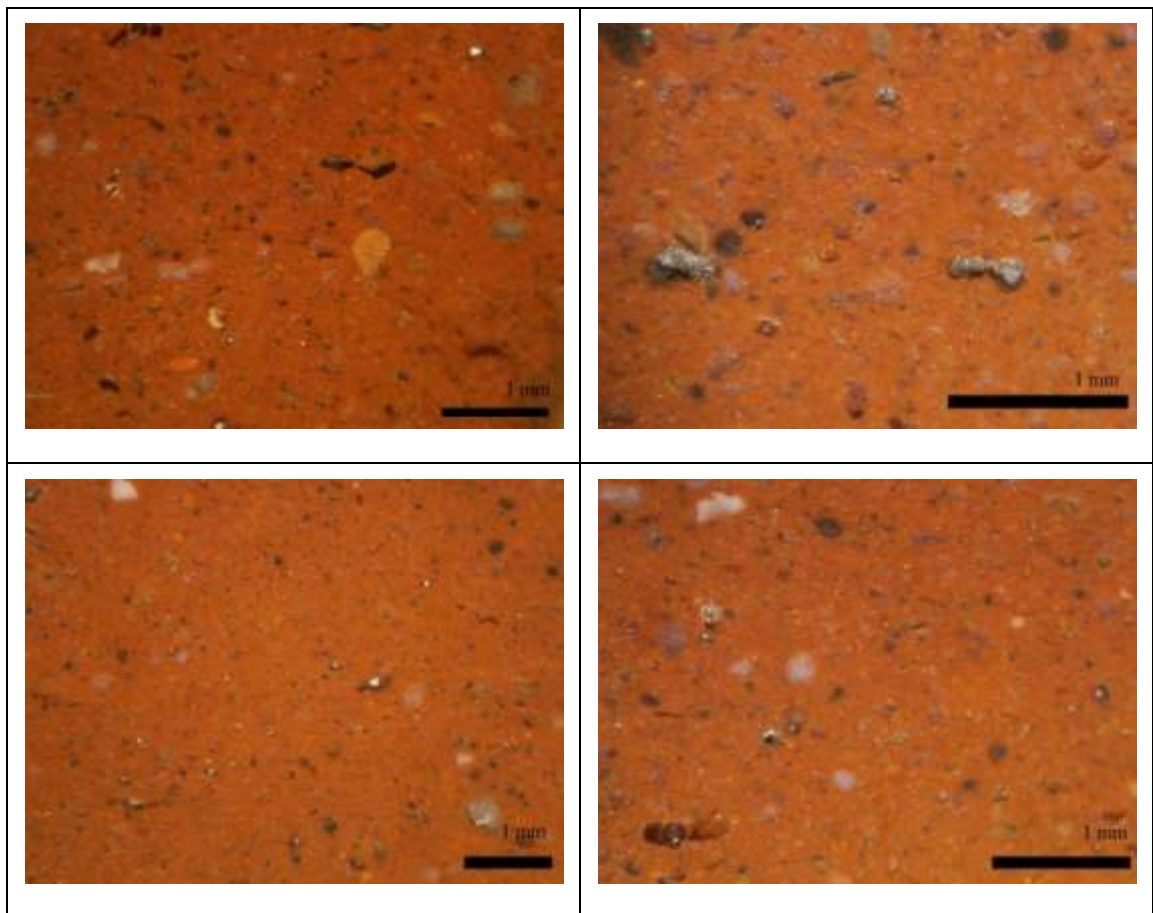
Το δείγμα Α6, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό χρώματος σκούρου μπεζ. Παρατηρούνται επίσης κάποιες ρωγματώσεις κατά μήκος της δομής του. Έντονα εμφανείς είναι κόκκοι λευκού χρώματος (χαλαζίας) και άλλοι σκούροι φαιού χρώματος (διοψιδίος).

Δείγμα E7



Το δείγμα E7, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό χρώματος σε κάποια σημεία κρεμ και κάποια άλλα κόκκινου. Η ανομοιόμορφη κατανομή της μάζας του μπορεί να οφείλεται είτε στην ατελή ομογενοποίηση του αρχικού υλικού είτε στην εναλλαγή των συνθηκών έψησης εντός του κλιβάνου. Κατά τύπους παρατηρούμε κάποια διάκενα και μερικές “εξαλλοιώσεις” πράσινου χρώματος. Είναι ξεκάθαρα εμφανής ένας κόκκος μαύρου χρώματος αρκετά μεγάλου μεγέθους και διάφοροι άλλοι μικρότεροι διάσπαρτοι σε όλη τη δομή, που πιθανώς αντιστοιχούν σε διοψίδιο.

Δείγμα E8



Το δείγμα E8, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκη δομή αρκετά συμπαγή χρώματος σκούρου καφέ προς κόκκινο. Σε όλη τη δομή παρατηρούνται στρογγυλεμένοι διάσπαρτοι κόκκοι χρώματος λευκού (χαλαζίας) φαιού και μαύρου.

5.1.2 Ομάδα 2^η-όστρακα με επίχρυσμα και εφυάλωση

Η επιφανειακή κάλυψη του κεραμικού με επίχρυσμα και εφυάλωση πραγματοποιείται για αισθητικούς λόγους καθώς και για τη μείωση της διαπερατότητας. Η τοποθέτηση του υλικού μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν τη διαδικασία της όπτησης ή μετά το στάδιο της κύριας όπτησης με εμβάπτιση ή περίχυση.

Το επίχρυσμα αρχίζει να εμφανίζεται κατά τον 11^ο αιώνα από τους Βυζαντινούς κεραμείς οι οποίοι κάλυπταν με αυτό τις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες των κεράμων. Στη γλώσσα των κεραμέων το επίχρυσμα είναι γνωστό ως αστάρι ή μπατανάς. Αποτελεί ένα ιδιαίτερα λεπτόκοκκο υλικό καθαρού πηλού με αραιή και κρεμώδη υφή. Η προέλευση της αργίλου για το επίχρυσμα μπορεί να ήταν ίδια με αυτή του κεραμικού μετά από μικρή επεξεργασία ή διαφορετική. Στην περίπτωση εφυαλωμένων κεραμικών το επίχρυσμα προσφέρει κατάλληλο υπόστρωμα για την εφυάλωση και τη διακόσμηση. Τέλος το επίχρυσμα εμφανίζεται σε διάφορες περιπτώσεις και σαν ζωγραφικό υλικό στη γραπτή δια επιχρίσματος διακόσμηση.

Η εφυάλωση (glaze) στα κεραμικά έχει σκοπό τη βελτίωση της αισθητικής εμφάνισης των κεραμικών και τη στεγανοποίηση του πορώδους. Τα υλικά της εφυάλωσης όταν τήκονται έχουν φυσική δομή παρόμοια με του γυαλιού. Ενσωματώνονται στην επιφάνεια του κεραμικού κατά την όπτηση σε υψηλές θερμοκρασίες.

Όσον αφορά την εγχώρια ζωγραφιστή κεραμική της Άρτας οι γαβάθες και τα υπόλοιπα επιτραπέζια σκεύη ήταν διακοσμημένα και στο εσωτερικό και στο εξωτερικό τμήμα τους [Βαβυλοπούλου-Χαριτωνίδου, 1986]. Η επιφάνεια δεχόταν αρχικά ένα λεπτό επίχρυσμα από υπόλευκο υγρό, που μετά την έψηση έπαιρνε ένα ωχροκίτρινο-σταρένιο ή ροδί χρώμα. Στη συνέχεια γινόταν η επιζωγράφηση με λεπτό πινέλο και τέλος όλη η επιφάνεια αλειφόταν με ένα λεπτό διαφανές άχρωμο βερνίκι που έδινε έναν ιριδισμό στα χρώματα.

(α) Συνοπτική παρουσίαση σε πίνακα των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της ομάδας των οστράκων που φέρουν επίχρυσμα και εφυάλωση

Δείγμα	Τύπος οστράκου	Χρονολογία	Χρώμα σώματος	Χρώμα επιχρίσματος	Χρώμα εφυαλώματος	Υφή	Δομή
A1	Κούπα γραπτής εφυαλωμένης κεραμικής, με δαχτυλόσχημη βάση	Μεταβυζαντινό	Ανοιχτό καφεκίτρινο	Λευκό επίχρισμα μέσα και έξω (δεν καλύπτει όλο το όστρακο έως τη βάση του)	Κιτρινοκάστανο ιριδιζον χρώμα	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή
A9	Δισκοειδής βάση/κυρτό τοίχωμα κανάτας γραπτής εφυαλωμένης κεραμικής με ταινίες	Μεταβυζαντινό (6 ^ο -7 ^ο αι. π.Χ.)	Ερυθρωπό κίτρινο	λευκό επίχρισμα το οποίο καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια έως τη βάση	Αμελώς τοποθετημένο έως πάνω από τη βάση στρώμα κίτρινης εφυάλωσης κάτω από το οποίο γαλαζοπράσινες ταινίες με κηλίδες πράσινου χρώματος	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή
Δ1	-	Μεταβυζαντινό	Ανοιχτό καφέ, ρόζ	Λευκό επίχρισμα	Λευκή εφυάλωση με ίχνη από τρεις απολήξεις λογχόσχημων φύλλων καστανοκίτρινου χρώματος	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή
A10	Κλειστό αγγείο	-	Ανοιχτό ερυθρωπό καφέ	Λευκό επίχρισμα μέσα και έξω	Εφυάλωση μαύρη	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή

E3	μικρή κανάτα	μεταβυζαντινό	Ερυθρωπό κίτρινο	πολύ λεπτό στρώμα λευκου επιχρίσματος	Ιώδες καστανέριθρο χρώμα	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή
E6	Μικρή κανάτα	μεταβυζαντινό	Ερυθρωπό κίτρινο	Στρώμα επιχρίσματος	Εφυαλωμένη όλη η επιφάνεια με κάποιο σχέδιο καφέ χρώματος	Λεία	Λεπτοκρυσταλλικ ή

Πίνακας 3 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της 2^{ης} ομάδας

(β) Μακροσκοπική παρουσίαση των δειγμάτων της ομάδας των οστράκων με επίχρισμα και εφυάλωση.

Δείγμα A1



- Κούπα γραπτής εφυαλωμένης κεραμικής με κοίλα τοιχώματα και δαχτυλόσχημη βάση.
- Μεταβυζαντινής περιόδου.
- Χρώμα σώματος 2.5YR 6/4 , ανοιχτό καφέ-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος στην εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια το οποίο δεν καλύπτει όλο το όστρακο έως τη βάση του.
- Εφυάλωση κιτρινοκάστανου ιριδίζοντος χρώματος.
- Λεία υφή και λεπτοκρυσταλλική δομή
- Από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα Α9



- Κανάτα δισκοειδούς βάσεως με κυρτό τοίχωμα.
- Μεταβυζαντινό (6^{ος} – 7^{ος} αι.)
- Χρώμα σώματος 5 YR 7/6 , ερυθρό-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρυσμα λευκού χρώματος στην εξωτερική επιφάνεια που εκτείνεται έως τη βάση της.
- Εφυάλωση αμελώς τοποθετημένη έως πάνω από τη βάση, χρώματος κίτρινου με γαλαζοπράσινες ταινίες και κηλίδες πράσινου χρώματος.
- Λεία υφή και λεπτοκρυσταλλική δομή.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα Δ1



- Μεταβυζαντινό
- Χρώμα σώματος 10 YR 7/4 , ανοιχτό καφέ σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρυσμα λευκού χρώματος
- Εφυάλωση λευκού χρώματος με ίχνη από τρεις απολήξεις λογχόσχημων φύλλων καστανοκίτρινου χρώματος.
- Λεία υφή και λεπτοκρυσταλλική δομή επίσης παρατηρούνται και μικρά κενά πόρων.
- Προέρχεται από την κεραμική που βρέθηκε εντός του θαλάμου όπτησης.

Δείγμα Α10



- Κλειστό αγγείο

- Χρώμα σώματος 2.5 YR 6/4 , ανοιχτό ερυθρωπό καφέ σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος στην εξωτερική και την εσωτερική επιφάνεια.
- Εφύαλωση μαύρου χρώματος (πιθανόν κακή όπτηση με αποτέλεσμα εφύαλωση μαύρου χρώματος).
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική, επίσης παρατηρούνται και κενά πόρων στο κυρίως σώμα.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

Δείγμα Ε3



- Μικρή κανάτα
- Μεταβυζαντινό
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/6 , ερυθρωπό κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος.
- Εφύαλωση πολύ λεπτού στρώματος χρώματος καστανέρυθρου
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α' στρώματος.

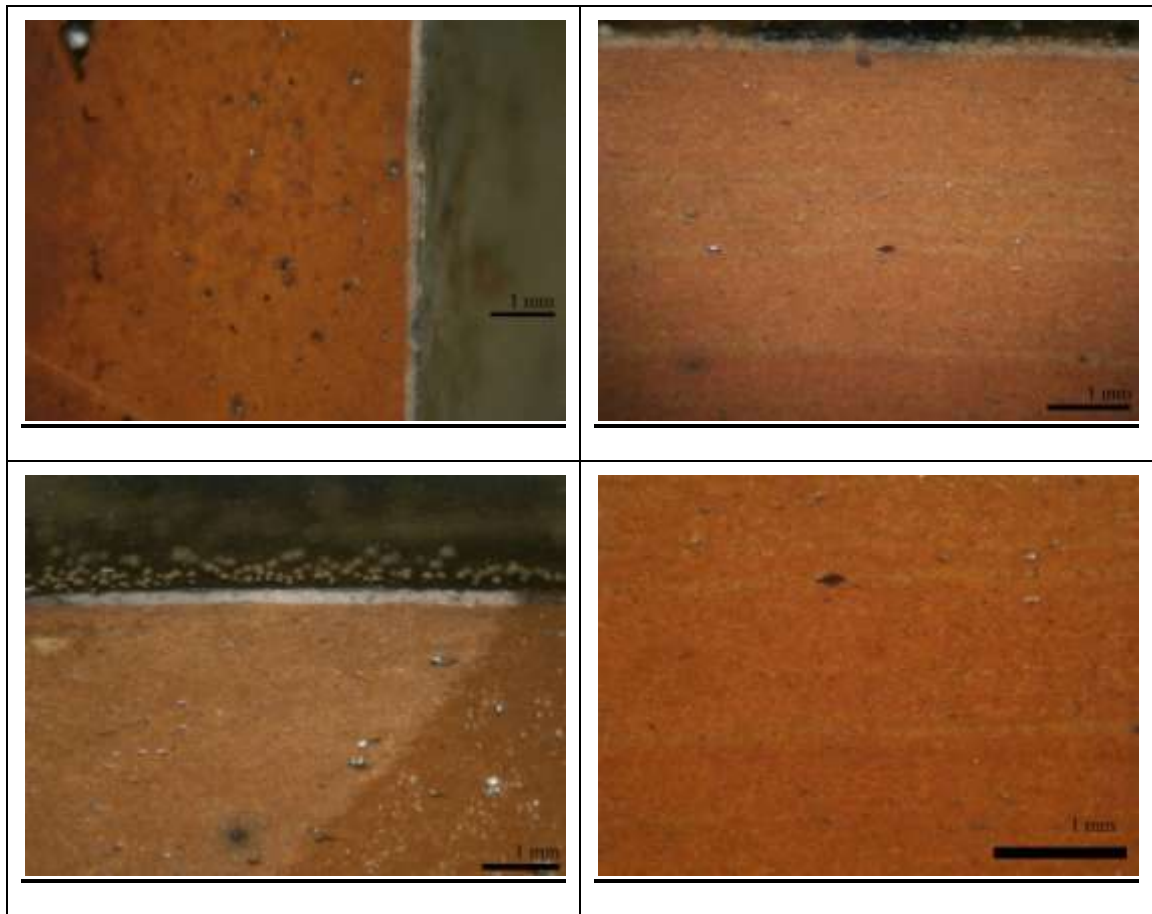
Δείγμα Ε6



- Μικρή κανάτα.
- Μεταβυζαντινό.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 7/6 , ερυθρωπό κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος αρκετά λεπτού στρώματος.
- Εφυάλωση σκούρα-φαιά χρώματος σε όλη την επιφάνεια.
- Υφή λεία και δομή λεποκρυσταλλική.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α΄ στρώματος.

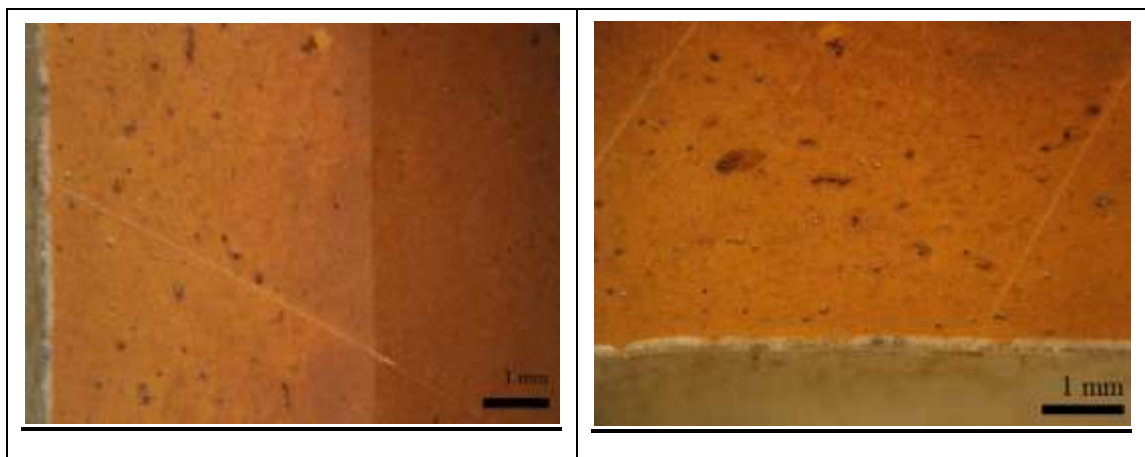
(γ) Παρουσίαση εικόνων οπτικής μικροσκοπίας των δειγμάτων της ομάδας των οστράκων που φέρουν επίχρισμα και εφυάλωση.

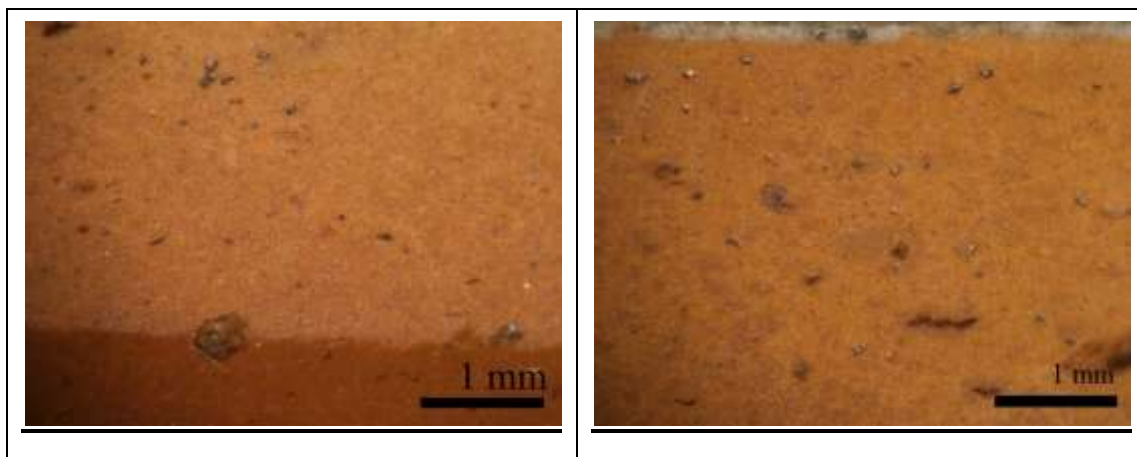
Δείγμα A1



Το δείγμα A1, χαρακτηρίζεται από λεπτοκρυσταλλική δομή σκούρου καφέ χρώματος. Το λευκό στρώμα της εφυσάλωσης είναι εμφανές στις φωτογραφίες. Σε όλη τη δομή του κεραμικού εμφανίζονται στρογγυλεμένοι κόκκοι λευκού και μαύρου χρώματος.

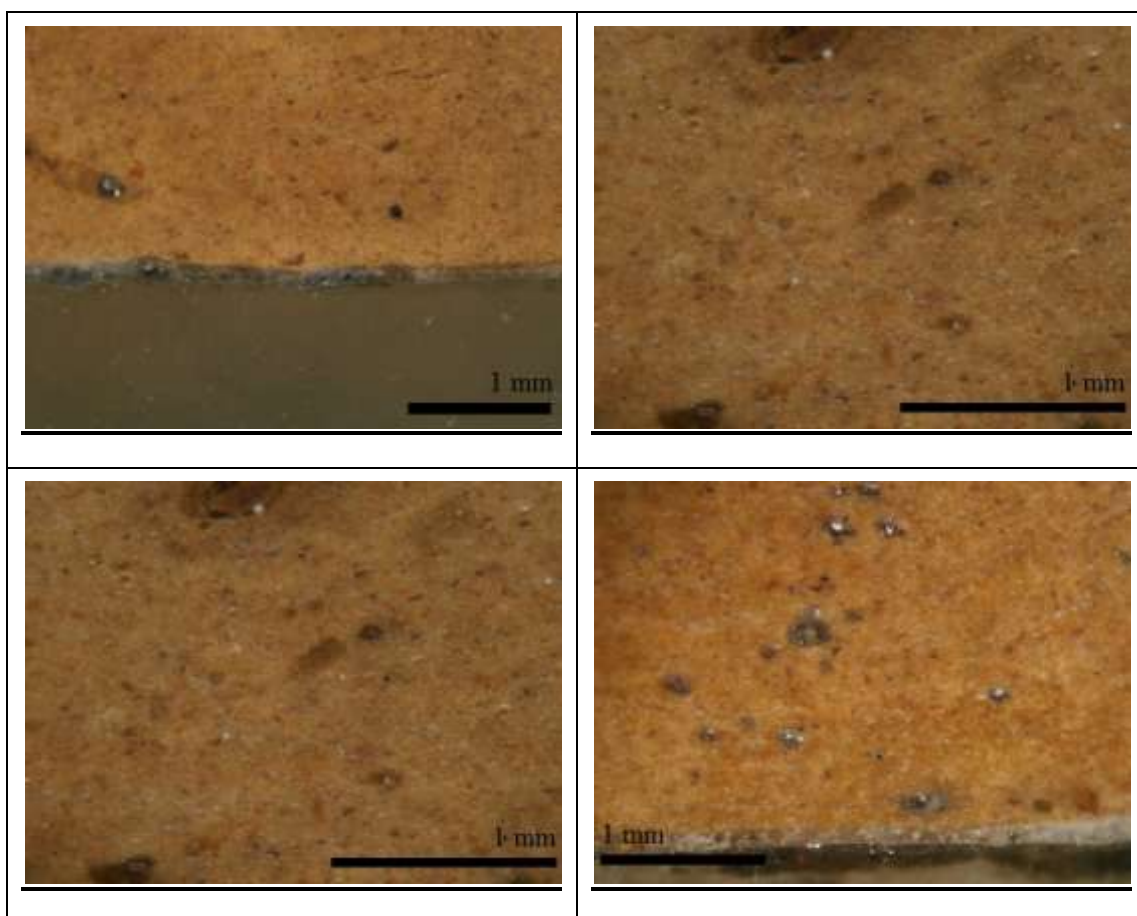
Δείγμα A9





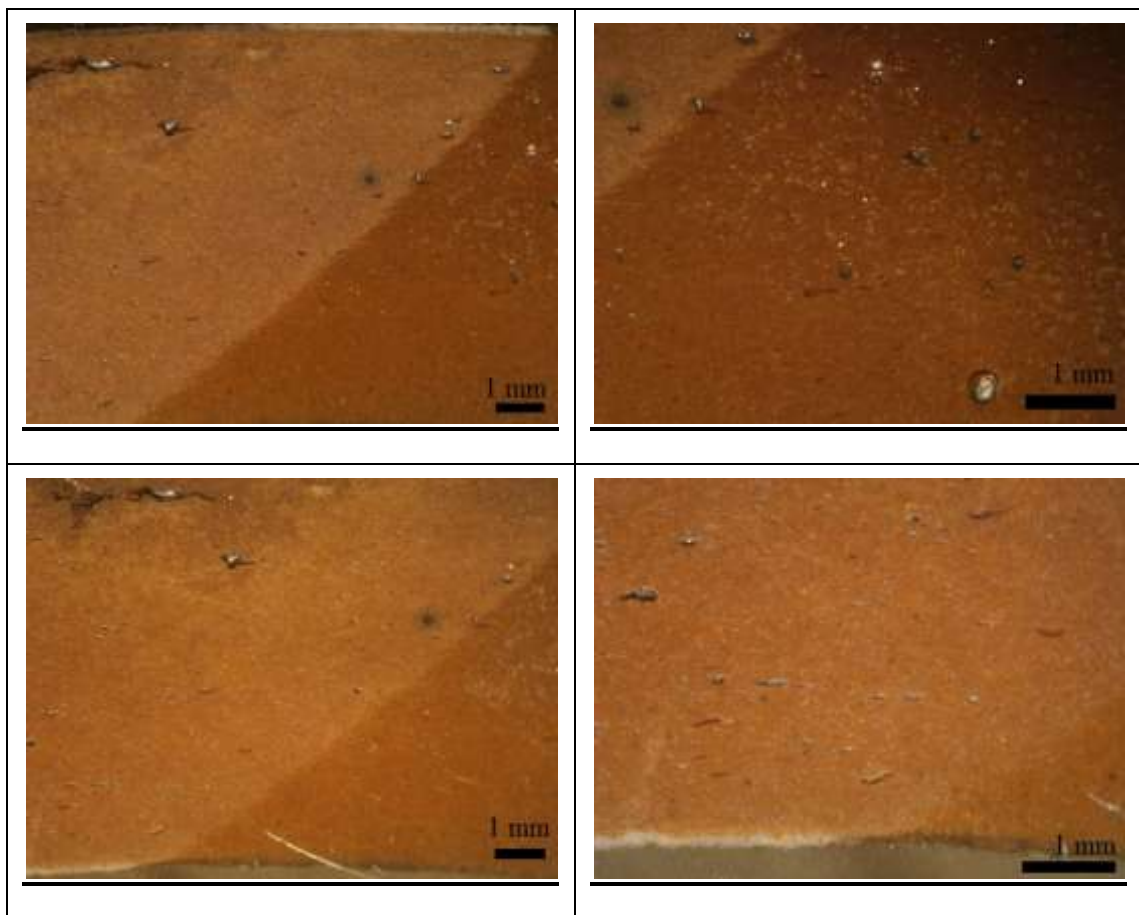
Το δείγμα A9, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκή δομή σκούρου καφέ χρώματος. Υπάρχουν διάκενα στη μάζα του σώματος και ένα πλήθος στρογγυλεμένων κόκκων χρώματος λευκού και μαύρου.

Δείγμα Δ1



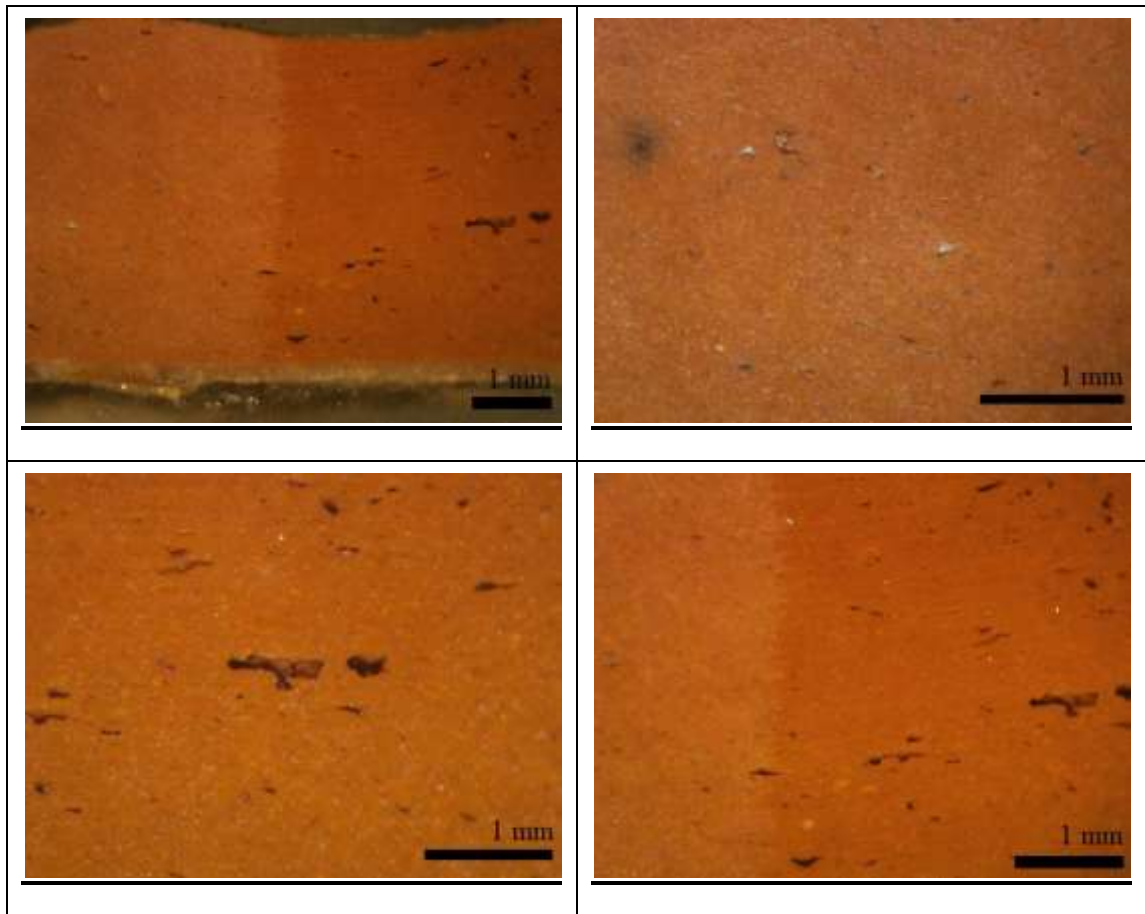
Το δείγμα Δ1, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό χρώματος ανοικτού καφέ. Παρατηρούνται διάφοροι γωνιώδεις και αποστρογγυλεμένοι κόκκοι χρώματος φαιού και κάποιοι στρογγυλεμένοι κόκκοι λευκού χρώματος.

Δείγμα A10



Το δείγμα A10, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό χρώματος ανοιχτού και σκούρου καφέ. Παρατηρείται μια χρωματική διαφοροποίηση εμφανώς οριοθετημένη και όχι τυχαία, η ζώνη του ανοικτού καφέ χρώματος φέρει κάποια διάκενα. Τέλος παρατηρούνται μερικοί στρογγυλεμένοι κόκκοι σκούρου φαιού χρώματος.

Δείγμα E6



Το δείγμα E6, έχουν λεπτόκοκκη δομή σκούρου και ανοιχτού κόκκινου χρώματος. Είναι και εδώ εμφανής η διαφοροποίηση του χρώματος με τη μορφή δύο διαφορετικών ζωνών. Στη δομή του σκούρου κόκκινου χρώματος παρατηρούνται διάκενα.

5.1.3 Ομάδα 3^η-όστρακα μόνο με επίχρισμα.

Από τα όστρακα της ομάδας αυτής τα οποία φέρουν μόνο επίχρισμα κάποια είναι εγχάρακτα με σπειροειδή σχήματα ενώ κάποια άλλα φέρουν γραπτό επίχρισμα. Πληροφορίες σχετικά με το επίχρισμα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Το επίχρισμα μπορεί να αποτελεί μέρος της διακόσμησης του τελικού προϊόντος, μπορεί όμως να υπήρξε κάποια αστοχία προς το επιθυμητό αποτέλεσμα και οι κεραμείς να πέταξαν τα συγκεκριμένα αγγεία χωρίς να συνεχίσουν το στάδιο της εφυάλωσης. Τέλος μπορεί το στρώμα της εφυάλωσης να υπήρχε αλλά να μη σώθηκε έως σήμερα.

Η εγχάρακτη διακόσμηση, την οποία φέρουν δυο από τα όστρακα της ομάδας αυτής, αποτελεί κυρίαρχο είδος διακόσμησης κατά τη βυζαντινή κεραμική. Η εγχάραξη πραγματοποιείται πάνω στο στρώμα του επιχρίσματος. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: αφού ο κεραμέας δώσει μορφή στη μάζα του πηλού και την αφήσει να στεγνώσει και να σταθεροποιηθεί το σχήμα της την επενδύει με επίχρισμα. Στη συνέχεια με κάποιο αιχμηρό εργαλείο χαράσσει το επιθυμητό σχέδιο πάνω στο λευκό επίχρισμα, με αποτέλεσμα την αποκάλυψη του κόκκινου υποβάθρου του σώματος σε αντίθεση με το λευκό επίχρισμα δημιουργώντας ένα διακοσμητικό θέμα. Η λεπτεγχάρακτη διακόσμηση εμφανίζεται τον 11^ο -12^ο αιώνα, ενώ η αδρεγχάρακτη αποδίδεται στο β' μισό του 12^{ου} αιώνα.

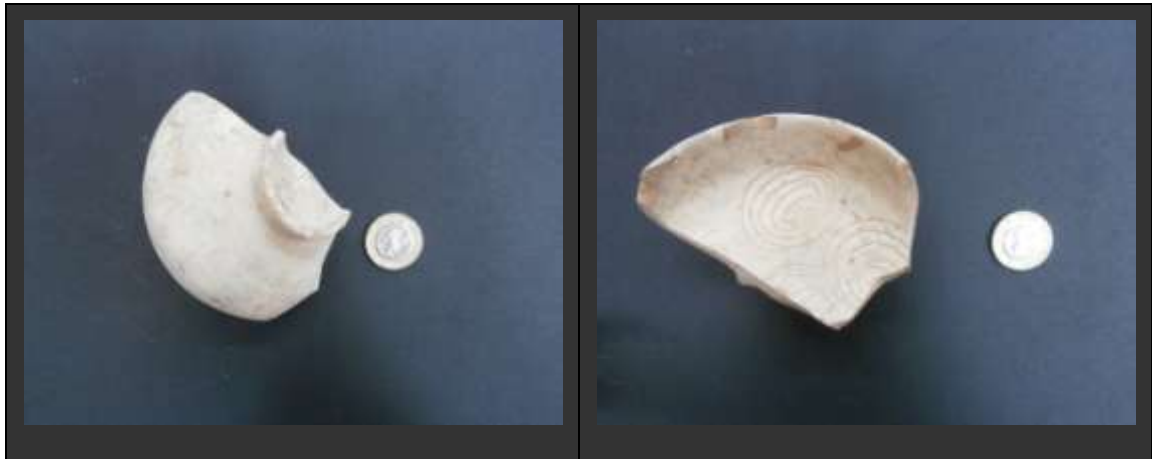
(α) Συνοπτική παρουσίαση σε πίνακα των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της ομάδας των οστράκων που φέρουν επίχρυσμα.

Δείγμα	Τύπος οστράκου	Χρονολογία	Χρώμα	Υφή	Δομή
Δ4	Μικρή ρηχή κούπα λεπτεγχάρακτης κεραμικής	13 ^ο -14 ^ο αιώνα μ.Χ.	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεία	Λεπτοκρυσταλλική
A12	Χείλος πινακίου με κυματοειδή απόληξη	-	Ανοιχτό καφέ	Λεία	Λεπτοκρυσταλλική
E5	Όστρακο αδρεχάρακτης κεραμικής	13 ^ο -14 ^ο αιώνα μ.Χ.	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεία	Λεπτοκρυσταλλική
A7	Όστρακο από χείλος πινακίου	-	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεία	Λεπτοκρυσταλλική
Δ5	Προχοή πιθανόν από κανάτα	-	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεία	Λεπτοκρυσταλλική

Πίνακας 4 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της 3^{ης} ομάδας

(β) Μακροσκοπική περιγραφή της ομάδας των οστράκων που φέρουν μόνο επίχρυσμα

Δείγμα Δ4



- Μικρή ρηχή κούπα, φέρει ευθύ χείλος κάθετο και λοξά τοιχώματα και η βάση της είναι δαχτυλόσχημη.
- Λεπτεγχάρακτης κεραμικής
- Χρονολογείται κατά τον 13^ο -14^ο αιώνα.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/6 , ερυθρωπό-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρυσμα λευκού χρώματος.
- Υφή λεία και δομή συμπαγής λεπτοκρυσταλλική.
- Προέρχεται από την κεραμική εντός του θαλάμου όπτησης.

Δείγμα A12



- Χείλος πινακίου με κυματοειδή απόληξη.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/4 , ανοιχτό καφέ σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρυσμα λευκού χρώματος.
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική και συμπαγής.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Β΄ στρώματος.

Δείγμα E5



- Οστρακο αδρεγγάρακτης κεραμικής.
- Χρονολογείται στον 13^ο – 14^ο αιώνα.

- Χρώμα σώματος 7.5 YR 7/6 , ερυθρωπό-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια.
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α' στρώματος.

Δείγμα Α7



- Όστρακο από χείλος πινακίου.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/6 , ερυθρωπό-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα λευκού χρώματος στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια.
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

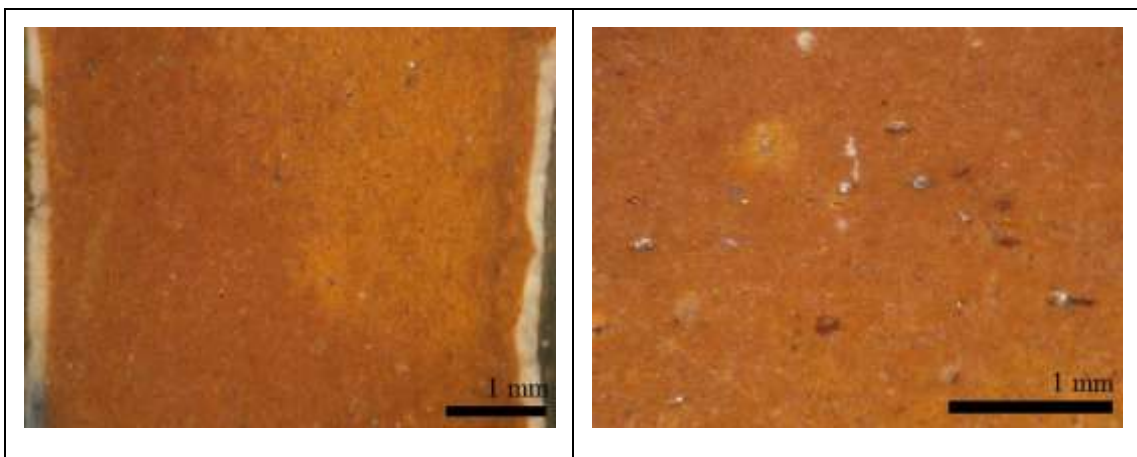
Δείγμα Δ5



- Προχολή πιθανόν κανάτας.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/6 , ερυθρωπό-κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Επίχρισμα γραπτό.
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική και συμπαγής.
- Προέρχεται από την κεραμική που βρέθηκε εντός του θαλάμου όπτησης.

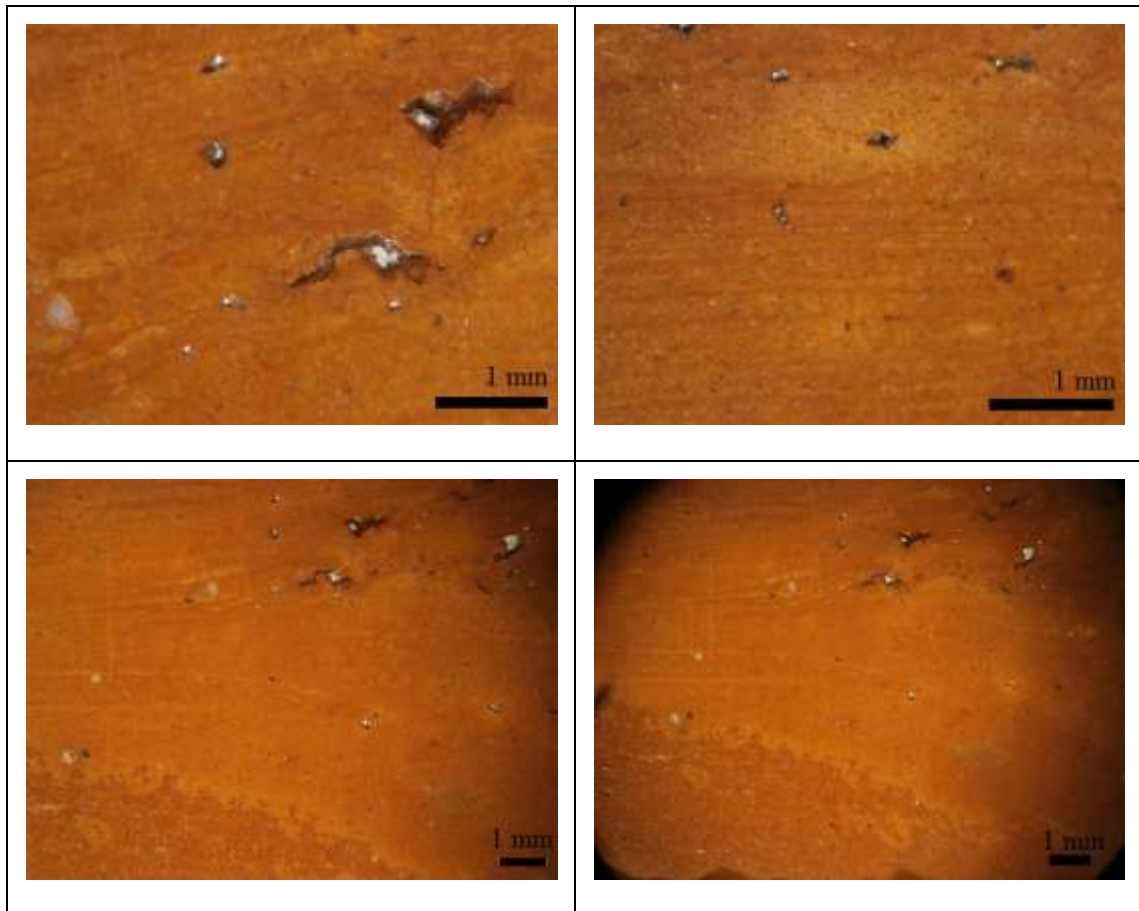
(γ) Παρουσίαση εικόνων οπτικής μικροσκοπίας μερικών εκ των δειγμάτων της ομάδας των οστράκων που φέρουν επίχρισμα.

Δείγμα Δ4



Το δείγμα Δ4, χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκο υλικό χρώματος καστανού. Είναι εμφανής η στρώση του λευκού επιχρίσματος. Υπάρχει ομοιογένεια στη δομή του σώματος και παρατηρούνται διάσπαρτοι κόκκοι λευκού χρώματος.

Δείγμα E5



Το δείγμα E5, παρουσιάζει λεπτόκοκκη δομή χρώματος σκούρου καφέ. Είναι εμφανή κάποια διάκενα και μερικοί στρογγυλοποιημένοι κόκκοι λευκού χρώματος.

5.1.4 Ομάδα 4^η-ακόσμητα όστρακα

Κατά την βυζαντινή περίοδο τα κεραμικά που χρησιμοποιούνταν για καθημερινή χρήση και απευθύνονται στο μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού, είναι ακόσμητα κεραμικά. Δεν φέρουν εφύαλωση ή κάποιου είδους διακόσμηση και χρησιμοποιούνται για το μαγείρεμα, την μεταφορά και την αποθήκευση. Ο πηλός τους έχει αρκετές προσμίξεις για να αντέχει στη φωτιά. Από τον συνολικό αριθμό οστράκων που μελετούνται στην εργασία αυτή έχουμε δυο ακόσμητα όστρακα που παρουσιάζονται παρακάτω.

(α) Συνοπτική παρουσίαση σε πίνακα των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της ομάδας των ακόσμητων οστράκων.

Δείγμα	Τύπος οστράκου	Χρώμα	Δομή	Υφή
Δ3	Πιθανόν από μικρή κανάτα	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεπτοκρυσταλλική	Λεία
A8	Σώμα κάθετης λαβής πεπλατυσμένης από κλειστό αγγείο	Ερυθρωπό κίτρινο	Λεπτοκρυσταλλική	Λεία

Πίνακας 5 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της 4^{ης} ομάδας

(β) Μακροσκοπική περιγραφή της ομάδας των ακόσμητων οστράκων

Δείγμα Δ3



- Πιθανόν μικρή κανάτα
- Χρώμα σώματος 5YR 7/8 , ερυθρωπό κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Δομή λεπτοκρυσταλλική και συμπαγής, υφή λεία.
- Προέρχεται από την κεραμική που βρέθηκε εντός του θαλάμου όπτησης.

Δείγμα Δ8

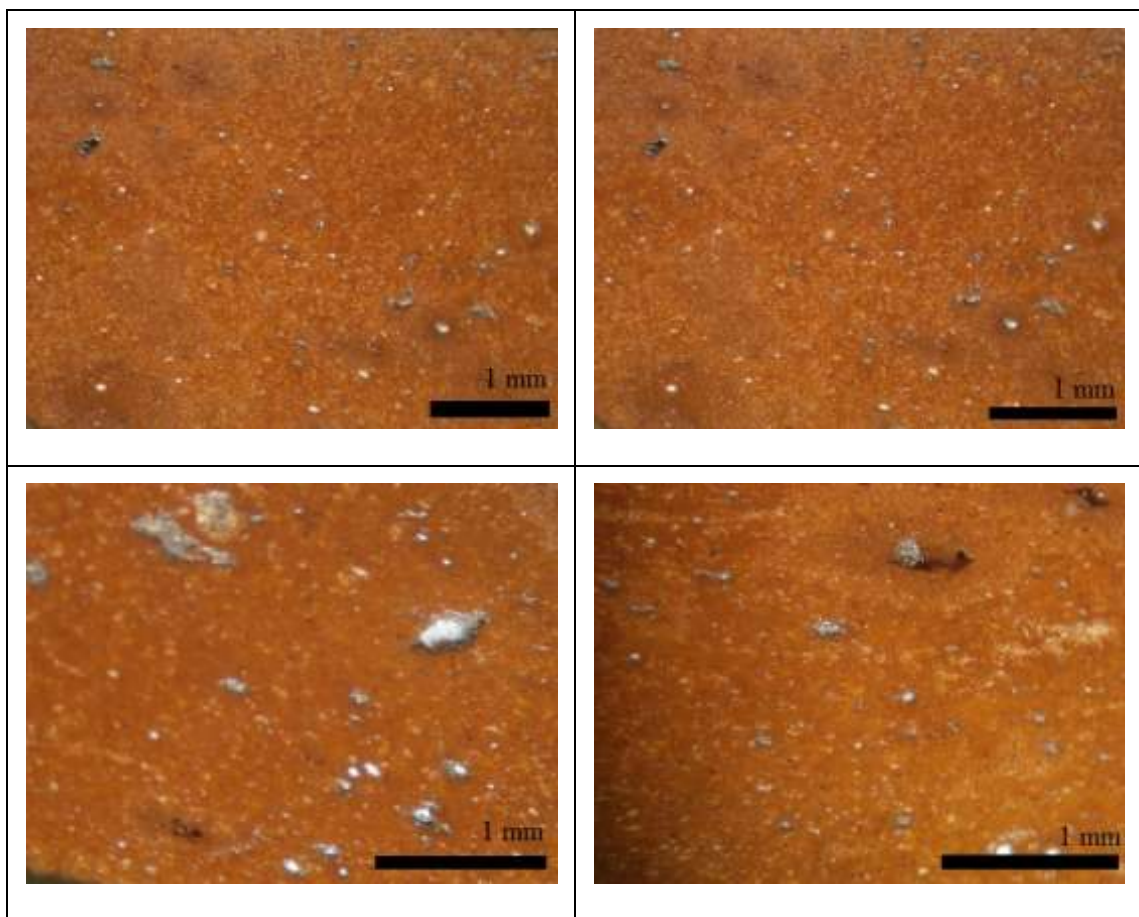


- Σώμα κάθετης λαβής από κλειστό αγγείο (πιθανόν κανάτα).

- Χρώμα σώματος 7.5 YR 7/6 , ερυθρωπό κίτρινο σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Δομή λεπτοκρυσταλλική και συμπαγής, υφή λεία.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Β' στρώματος.

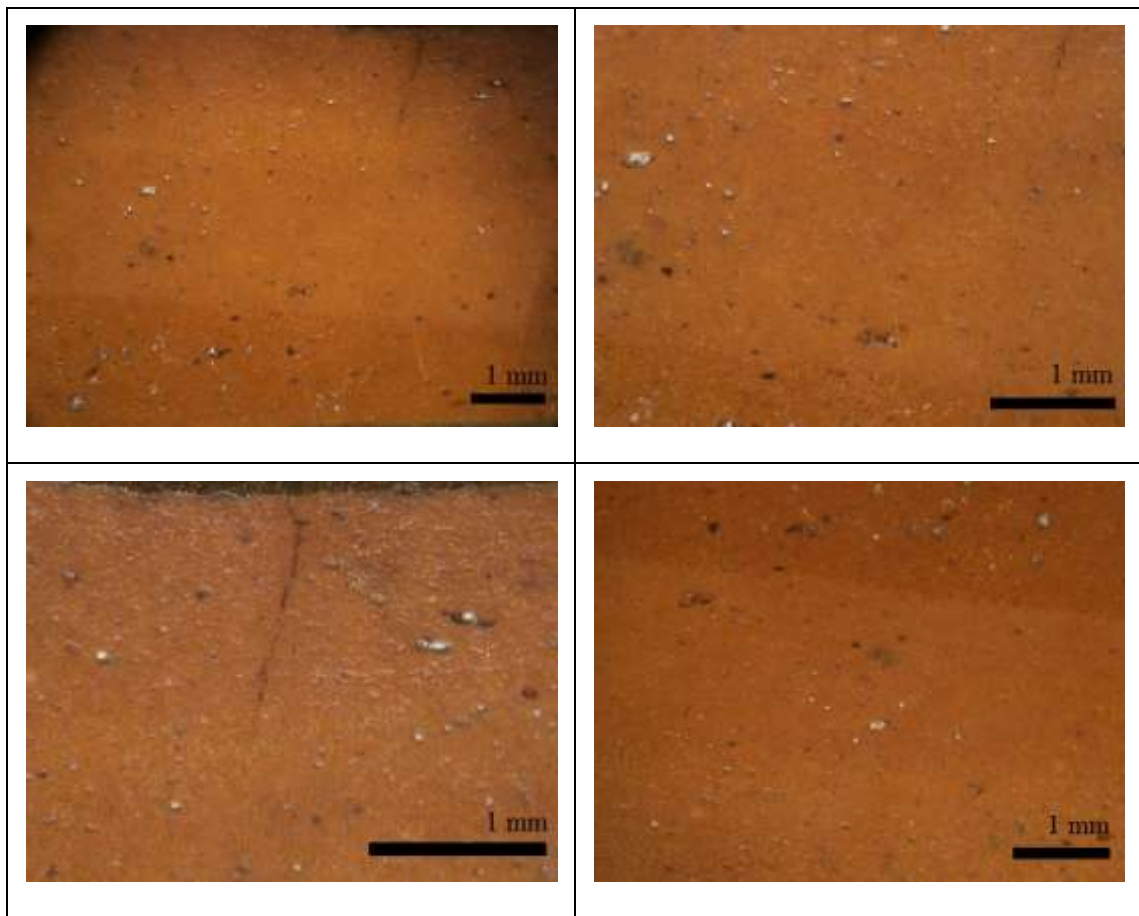
(γ) Παρουσίαση εικόνων οπτικής μικροσκοπίας των δειγμάτων της ομάδας ακόσμητων οστράκων.

Δείγμα Δ3



Το δείγμα Δ3, αποτελείται από λεπτόκοκκη δομή σκούρου καφέ χρώματος. Είναι εμφανής διάσπαρτοι κόκκοι στρογγυλεμένοι λευκού χρώματος και κάποιοιγωνιώδεις αποστρογγυλοποιημένοι κόκκοι φαιού χρώματος.

Δείγμα A8



Το δείγμα A8, αποτελείται από λεπτόκοκκη δομή σκούρου καφέ χρώματος. Σε όλη τη μάζα του παρατηρούμε ελάχιστα διάκενα και διάσπαρτους κόκκους λευκού χρώματος.

5.1.5 Ομάδα 5^η-ανοιχτα αγγεία αποτυχημένης όπτησης

Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται δυο όστρακα τα οποία λόγω της εμφάνισής τους μας δίνουν την εικόνα πως η όπτησή τους δεν επιτεύχθηκε.

(α) Συνοπτική περιγραφή σε πίνακα των αγγείων αποτυχημένης όπτησης

Δείγμα	Τύπος οστράκου	Χρώμα	Δομή	Υφή	Επίχρισμα
Δ2	Βάση κούπας ή πινακίου με επίπεδη την επιφάνεια έδρασης	Ροζ γκρι	Λεπτοκρυσταλλική	Λεία	Έχνη λευκού επιχρίσματος
Ε4	Βάση ανοιχτού αγγείου	Ροζ γκρι	Λεπτοκρυσταλλική	Λεία	Έχνη λευκού επιχρίσματος

Πίνακας 6 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της 5^{ης} ομάδας

(β) Μακροσκοπική παρατήρηση των οστράκων της ομάδας που η όπτησή τους δεν πραγματοποιήθηκε με επιτυχία

Δείγμα Δ2



- Βάση κούπας ή πινακίου, με επίπεδη επιφάνεια έδρασης.
- Πιθανόν μεταβυζαντινής περιόδου.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 7/2 , ροζ-γκρι σύμφωνα με την κλίμακα κατά Munsell.
- Παρατηρούνται ίχνη λευκού υπολείμματος.
- Αρκετά εύθρυπτο σώμα.
- Δομή λεπτοκρυσταλλική και υφή λεία.
- Προέρχεται από την κεραμική που βρέθηκε εντός του θαλάμου όπτησης.

Δείγμα E4



- Βάση ανοιχτού αγγείου
- Χρώμα σώματος 5 YR 7/2 , ροζ-γκρι σύμφωνα με την κλίμακα κατά Munsell.
- Ίχνη λευκού υπολείμματος.
- Αρκετά εύθρυπτο σώμα
- Υφή λεία και δομή λεπτοκρυσταλλική.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α' στρώματος.

5.1.5 Ομάδα 6^η-βυζαντινός τριποδίσκος

Πρόκειται για μικρά τριγωνικά αντικείμενα τα οποία φέρουν τρία ποδαράκια και χρησιμοποιούνται βοηθητικά για την τοποθέτηση των κεραμικών μέσα στον κλίβανο. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα διότι κατά τη διάρκεια της όπτησης όπου η θερμοκρασία αυξάνεται και η εξωτερική επένδυση των κεραμικών ρευστοποιείται αποτρέπεται η συγκόλληση μεταξύ των αγγείων. Η χρήση τους υιοθετείται μετά το 1200 με αποτέλεσμα τη βελτίωση της παραγωγής της κεραμικής.

(α) Μακροσκοπική περιγραφή βυζαντινού τριποδίσκου

Δείγμα Ε1



- Μεταβυζαντινός τριποδίσκος , χρονολογείται περίπου τον 15^ο αιώνα.
- Χρώμα σώματος 7.5 YR 6/6 , ερυθρωπός-κίτρινος σύμφωνα με την κλίμακα Munsell.
- Προέρχεται από την αποδόμηση του Α΄ στρώματος.

5.2 Ορυκτολογική ανάλυση

Σε αυτή τη παράγραφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης των κεραμικών η οποία πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ. Η εξέταση και μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης των οστράκων παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις συνθήκες όπτησης και το θερμοκρασιακό εύρος που επικρατούσε εντός του κλιβάνου. Επίσης εξάγονται συμπεράσματα που αφορούν τα πρωτογενή και δευτερογενή ορυκτά τα οποία προσδιορίστηκαν με το πολωτικό μικροσκόπιο .

Οι ορυκτολογικές φάσεις που προκύπτουν καθώς και οι ιστολογικές και χημικές μετατροπές της πρώτης ύλης κατά τη διάρκεια της όπτησης εξαρτώνται: (1) από την ορυκτολογική σύσταση της πρώτης ύλης, (2) τη χημική σύσταση της αργίλου, (3) την κοκκομετρία της, (4) τις ατμοσφαιρικές συνθήκες εντός του κλιβάνου, (5) τη χρονική διάρκεια της όπτησης και τέλος (6) το ρυθμό ανόδου της θερμοκρασίας.

Κατά την έψηση αργιλικών πρώτων υλών, τα περισσότερα από τα συνήθη ορυκτά των αργιλοχωμάτων (ιλλίτης-μοσχοβίτης, χλωρίτης, χαλαζίας, άστριοι και ανθρακικά ορυκτά), υφίστανται διάφορες μετατροπές όπως: (1) διάσπαση των ανθρακικών ορυκτών, (2) τροποποίηση ή διάσπαση του κρυσταλλικού πλέγματος των αργιλικών ορυκτών (3) μετατροπή του α-χαλαζία σε β-χαλαζία στους 573 °C και (4) αντιδράσεις των οξειδίων που προκύπτουν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία αφ' ενός μεν νέων ορυκτολογικών φάσεων και αφ' ετέρου υαλώδους φάσης (σε υψηλές θερμοκρασίες που φτάνουν τους 1400 °C), απαραίτητης για το κλείσιμο των πόρων των κεραμικών [Jordan et al.,1999].

Στη συνέχεια παρατίθεται οι ορυκτολογικές φάσεις που εμφανίζονται γενικά στα κεραμικά [Trindade et al., 2010] οι πρώτες ύλες καθώς και οι νεοσχηματισθείσες φάσεις μετά την έψηση των κεραμικών.

Minerals	Abbreviations	chemical formula	d(Å)
Αρχικά Ορυκτά			
Αλκαλικός άστριος	Afs	(K _a ,Na)AlSi ₃ O ₈	3.25
Ρουτίλιο	Rt	TiO ₂	3.52
Ανυδρίτης	Anh	CaSO ₄	3.50
Δολομίτης	Dol	CaMg(CO ₃) ₂	2.89
Γκαιτίτης	Gt	FeO(OH)	4.18
Ιλλίτης	Ill	(K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·(H ₂ O)	10.0
Καολινίτης	Kln	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	7.18
Πλαγιόκλαστο	Pl	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	3.19
Σμεκτίτης	Sme	(Na,Ca)(Al,Mg) ₆ (Si ₄ O ₁₀) ₃ (OH) _{6-n} H ₂₀	17.0
Χαλαζίας	Qtz	SiO ₂	3.35
Αρχικά και νεοσχηματισθέντα			
Ασβεστίτης	Cc	CaCO ₃	3.04
Αιματίτης	Hem	α-Fe ₂ O ₃	2.69
Νεοσχηματισθέντα			
Ακερμανίτης	Ak	Ca ₂ MgSi ₂ O ₇	2.87
Ανορθίτης	An	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	3.18
Χριστοβαλίτης	Crs	SiO ₂	4.05
Διοψίδιος	Di	CaMgSi ₂ O ₆	2.99
Ενστατίτης	En	MgSiO ₃	3.16
Γκελενίτης	Gh	Ca ₂ Al ₂ SiO ₇	2.85
Φορστερίτης	Fo	Mg ₂ SiO ₄	2.46
Λαρνίτης	Lr	Ca ₂ SiO ₄	2.75
Μοντισελλίτης	Mtc	CaMgSiO ₄	2.66

Μουλίτης	Mul	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$	3.40
Περίκλαστο	Per	MgO	2.11
Σπινέλιος	Spl	MgAl_2O_4	2.42
Θευκό ορυκτό (Ca,K)	Ca-K sulf.		3.13
Βολλαστονίτης	Wo	CaSiO_3	2.98
γ-Αλουμίνα	γ-Al	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	1.98

Πίνακας 7 Οι ορυκτολογικές φάσεις που συνήθως εμφανίζονται τα κεραμικά σύμφωνα με Trindade et al.

Σύμφωνα με τη Ράθωση (2005) τα αρχαιολογικά κεραμικά περιέχουν ορυκτά τα οποία ταξινομούνται ανάλογα με την προέλευσή τους σε πρωτογενή ορυκτά, ορυκτά όπτησης και δευτερογενή ορυκτά.

Πρωτογενή ορυκτά, αποτελούν τις ορυκτολογικές φάσεις που προϋπήρχαν στο αργιλικό ίζημα που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των κεραμικών και οι οποίες δεν υπέστησαν αλλαγές κατά το στάδιο της όπτησης. Τα ορυκτά αυτά ονομάζονται κλαστικοί κόκκοι (non plastic inclusions) όταν συμμετέχουν στο αργιλικό ίζημα με φυσικό τρόπο. Ορυκτά τα οποία είναι προσθήκη των αρχαίων κεραμέων στο αργιλικό ίζημα για τη βελτίωση των ιδιοτήτων του κεραμικού ονομάζονται αναμειγνύμενα ορυκτά (temper).

Ορυκτά όπτησης, αφορούν τα ορυκτά τα οποία κρυσταλλώθηκαν κατά τη διαδικασία της όπτησης των κεραμικών ταυτόχρονα με τη διάσπαση των πρωτογενών ορυκτών ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας σε συνθήκες πέραν των ορίων σταθερότητας των πρωτογενών κρυσταλλικών φάσεων. Οι υαλώδεις φάσεις επίσης εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία.

Δευτερογενή ορυκτά, είναι τα ορυκτά τα οποία σχηματίστηκαν μετά την όπτηση κατά τη χρονική διάρκεια του ενταφιασμού των οστράκων. Η κρυστάλλωση αυτών των ορυκτών εξαρτάται από παράγοντες όπως ο βαθμός υγρασίας ή ξηρότητας του εδάφους, το pH και η χημική σύσταση των διαλυμάτων που διεισδύουν στο κεραμικό.

Οι μετατροπές των πρωτογενών ορυκτών σε δευτερογενή σε φυσικό οξειδοαναγωγικό σύστημα γίνονται ως εξής:

1) Με ιοντική αντικατάσταση στο κρυσταλλικό πλέγμα των πρωτογενών ορυκτών

2) Με καταστροφή των κρυσταλλικών πλεγμάτων μετά την απελευθέρωση του κατιόντος πυριτίου (Si^{4+}) και του αργιλίου (Al^{3+}) και το σχηματισμό ιοντικών διαλυμάτων. Έπειτα συναθροίζονται τα ιόντα και σχηματίζουν συσσωματώματα κολλοειδούς μεγέθους. Τα κολλοειδή είναι αρχικά άμορφα και σταδιακά μεταπίπτουν σε κρυσταλλικά πλέγματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε περιθλασιμετρία ακτίνων-X σε 21 δείγματα. Τα πρωτογενή ορυκτά που αναγνωρίστηκαν στα δείγματα είναι χαλαζίας, ασβεστίτης, άστριοι και τα νεοκρυσταλλωμένα ορυκτά όπτησης είναι αιματίτης, σπινέλιος, ανορθίτης, γκελενίτης και διοψίδιος. Οι κύριες ανακλάσεις για την αναγνώριση των ορυκτών είναι:

Χαλαζίας 4.25 Å, 3.34 Å, 1.81 Å, 2.46 Å, 2.28 Å, 2.13 Å, 1.98 Å, 1.54 Å

Ασβεστίτης 3.03 Å, 3.84 Å, 2.49 Å, 2.28 Å, 2.10 Å

Ανορθίτης 4.03 Å, 3.78 Å, 3.19 Å, 3.17 Å, 3.12 Å, 2.83 Å, 2.52 Å

Ιλλίτης/ Μοσχοβίτης 10 Å, 3.24 Å,

Διοψίδιος 2.99 Å, 2.91 Å, 2.53 Å

Αιματίτης 3.76 Å, 2.70 Å, 2.51 Å, 2.69 Å, 2.03 Å

Πίνακας 8 Ορυκτολογικές φάσεις που ανιχνεύτηκαν στα κεραμικά

Δείγμα	Ab	An	Bt	Cc	Clc	Di	Dol	Gh	Gt	Hem	Ill	Mgh	Mca	Or	Qtz	Spl
A2	•									•		•			•	
A4	•			•							•		•		•	
A6		•				•		•							•	
E7		•				•		•	•						•	
E8				•					•	•				•	•	
A1								•		•	•	•	•	•	•	
A9	•			•					•	•	•	•	•		•	
Δ1		•				•		•		•		•			•	•
A10		•				•		•		•		•			•	•
E6			•							•	•		•	•	•	
E3	•			•		•			•	•	•		•		•	
Δ4									•	•	•	•	•	•	•	
A12								•			•	•	•	•	•	
E5	•			•						•	•		•		•	
A7		•				•				•					•	•
Δ5		•				•									•	
A8		•		•		•		•	•	•		•			•	
Δ3			•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•	
Δ2	•			•	•		•	•			•		•		•	
E4				•	•			•			•		•	•	•	
E1		•		•		•		•		•	•		•		•	

5.2.1 Αποτελέσματα 1^{ης} ομάδας.

Στην ομάδα κεραμίδια και οπτόπλινθοι η οποία αποτελείται από πέντε δείγματα υπερिσχύει ο χαλαζίας. Το δείγμα A4 εμφανίζει χαρακτηριστικά έντονες τις ανακλάσεις του χαλαζία καθώς ξεκάθαρη είναι και η ανάκλαση του ασβεστίτη. Πριν την ανάκλαση του ασβεστίτη είναι εμφανής και η ύπαρξη αλβίτη. Η απουσία φάσεων υψηλών θερμοκρασιών καθώς και η παρουσία του μαρμαρυγία (υλλίτη, μοσχοβίτη) υποδηλώνουν μια θερμοκρασία όπτησης μικρότερη των 800 °C.

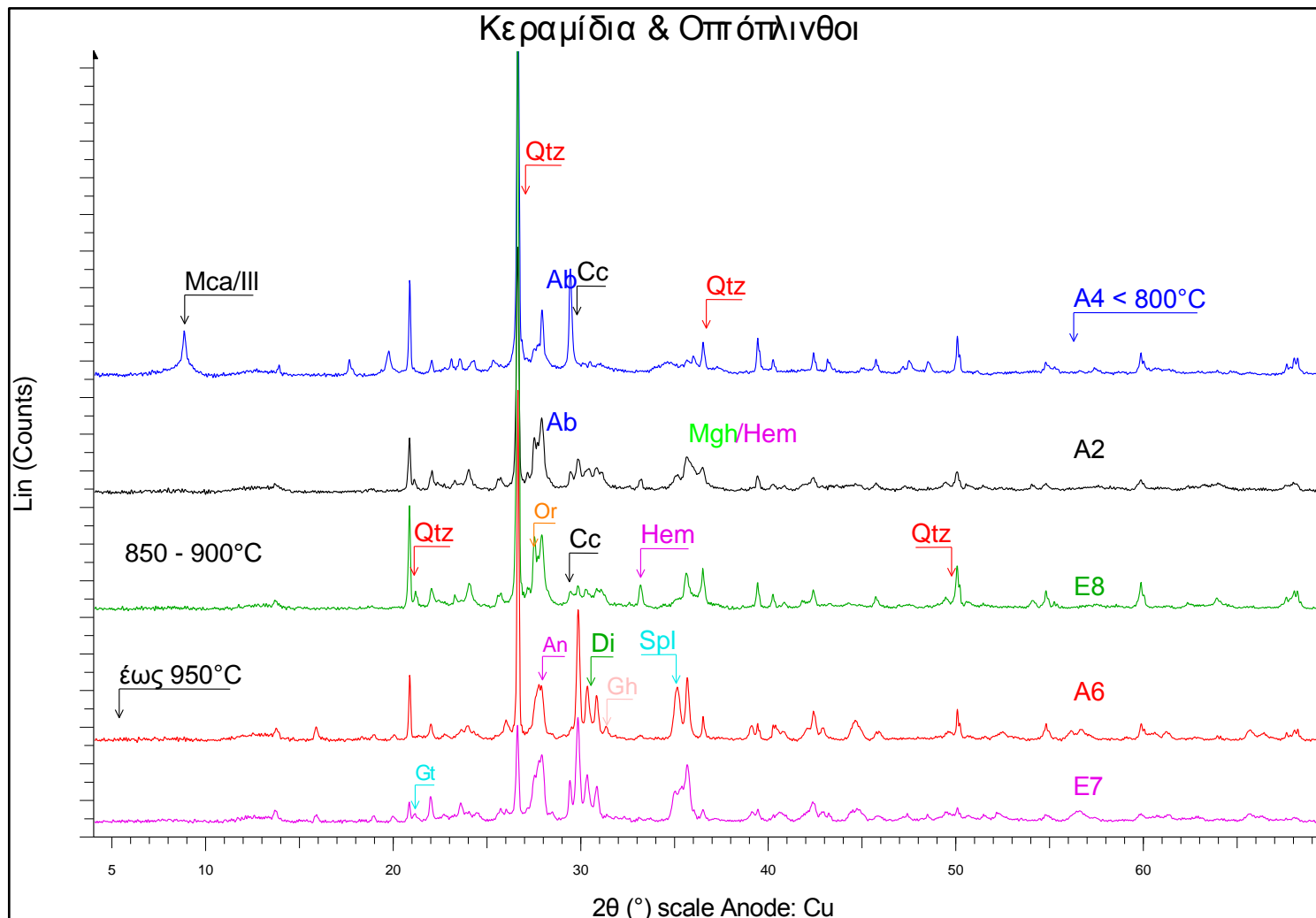
Στο δείγμα A2, είναι επίσης υψηλή η περιεκτικότητα του χαλαζία. Αρκετά έντονες είναι και οι ανακλάσεις του αλβίτη μεταξύ 27 έως 28.5 , °2θ. Η παρουσία μαγγελίτη/αιματίτη σε συνδυασμό με την παρουσία του αλβίτη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία όπτησης του συγκεκριμένου οστράκου είναι περίπου 850 °C. Η εμφάνιση του αιματίτη υποδηλώνει οξειδωτικές συνθήκες εντός του κλιβάνου.

Στο κεραμικό με κωδικό E8, ο χαλαζίας η έντονη ανάκλαση του ορθόκλαστου καθώς και η εμφάνιση του αιματίτη υποδηλώνουν μια θερμοκρασία όπτησης γύρω στους 800 έως 850 °C. Οι συνθήκες εντός του κλιβάνου ήταν οξειδωτικές. Η εμφάνιση αιματίτη και γκαιτίτη υποδηλώνουν πρώτη ύλη που περιείχε σιδηρούχες φάσεις. Ο ασβεστίτης που εμφανίζεται, είναι δευτερογενής. Αυτό παρατηρείται και μακροσκοπικά διότι υπάρχει μια μικρή κρούστα ασβεστίτη στην εξωτερική επιφάνεια του κεραμιδιού η οποία σχηματίστηκε κατά τον ενταφιασμό του κεραμικού.

Σε θερμοκρασία περίπου 850 έως 900 °C, ψήθηκε το δείγμα A6. Οι κρυσταλλικές φάσεις του ανορθίτη, του χαλαζία και του διοψιδίου εμφανίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα ασβεστούχα πλαγιόκλαστα (ανορθίτης) σχηματίζονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τα νατριούχα (αλβίτης). Ο σχηματισμός του διοψιδίου ενεργοποιείται από την διάσπαση μιας αρχικής ασβεστομαγνησιούχας φάσης και την αντίδραση των CaO και MgO με SiO₂ σε θερμοκρασίες έψησης κοντά στους 900 °C. Ο γκελενίτης σχηματίζεται επίσης σε θερμοκρασία πάνω από 850 °C. Η εμφάνιση του γκελενίτη στο δείγμα A6 οφείλεται και στην υψηλή περιεκτικότητα σε CaO του συγκεκριμένου δείγματος.

Το όστρακο με κωδικό δείγματος E7, φαίνεται να έχει ψηθεί σε θερμοκρασία περίπου 950 °C λόγω της εμφάνισης ορυκτών φάσεων υψηλών θερμοκρασιών. Η ανάκλαση του ανορθίτη έχει αρχίσει να γίνεται εντονότερη σε σχέση με το A6, επίσης η ανάκλαση του

γκελενίτη αρχίζει να αυξάνει σημαντικά. Ο διοψίδιος είναι πολύ καλά κρυσταλλωμένος.



Εικόνα 1 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X της 1^{ης} ομάδας

5.2.2 Αποτελέσματα 2^{ης} ομάδας.

Στη δεύτερη ομάδα, τα όστρακα που φέρουν επίχρισμα και εφυσάλωση περιέχουν ορυκτολογικές φάσεις υψηλών θερμοκρασιών.

Το δείγμα Δ1, εμφανίζει έντονη ανάκλαση του χαλαζία, ενώ οι ορυκτολογικές φάσεις των διοσιδίου, ανορθίτη και γκελενίτη υποδεικνύουν θερμοκρασία όπτησης χαμηλότερη των 950 °C. Ο ανορθίτης είναι αποτέλεσμα της κρυστάλλωσης της πλούσιας σε ασβέστιο πρώτης ύλης. Στο συγκεκριμένο ακτινοδιάγραμμα η ανάκλασή του είναι οξεία και γι αυτό μπορούμε να θεωρήσουμε υψηλή θερμοκρασία όπτησης. Ο γκελενίτης είναι καλά κρυσταλλωμένος. Η μικρή ανάκλαση του αιματίτη υποδηλώνει οξειδωτικές συνθήκες εντός του κλιβάνου και δικαιολογείται και με το μικρό ποσοστό Fe_2O_3 που βρέθηκε στην χημική ανάλυση.

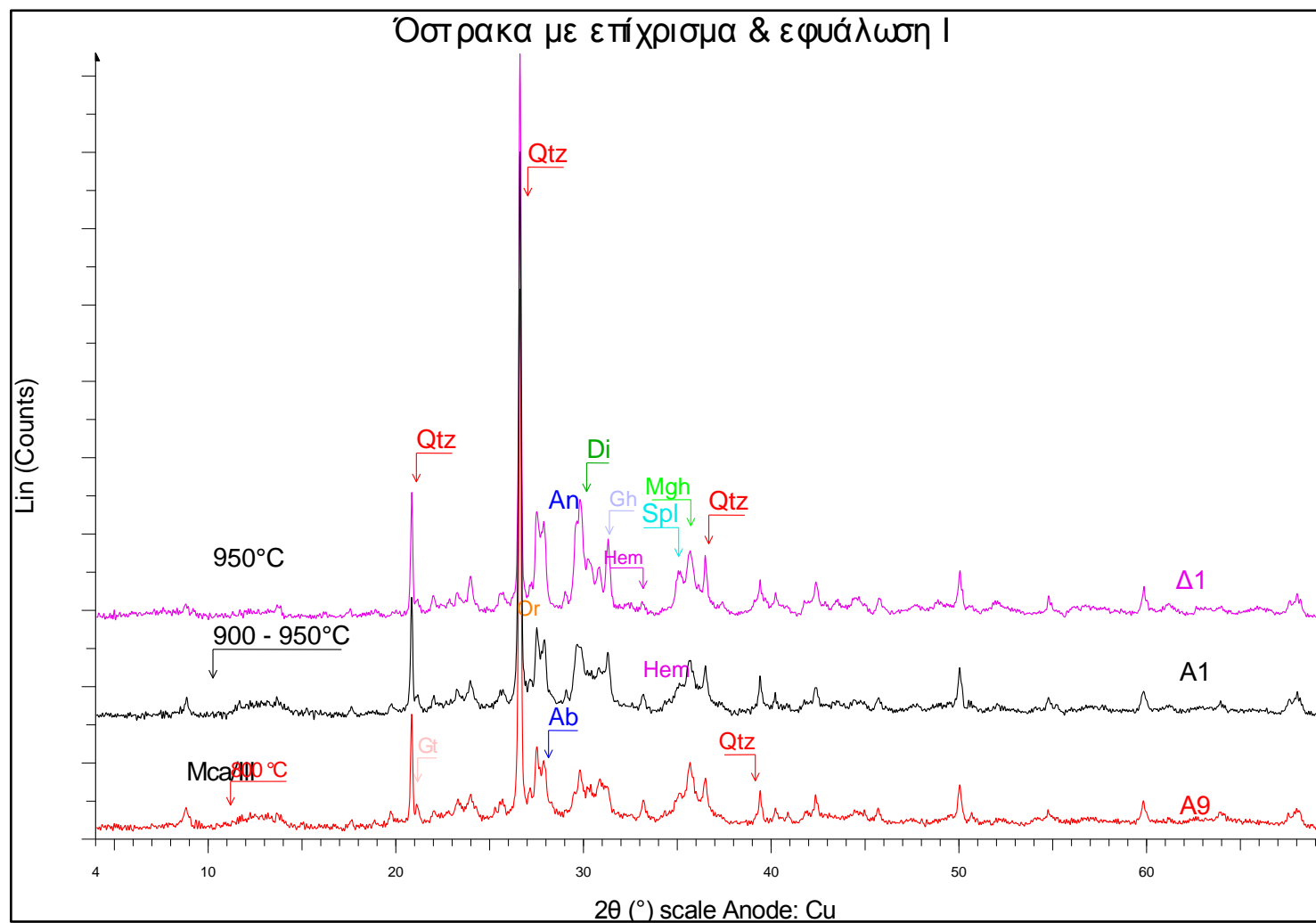
Το όστρακο με κωδικό A1, έχει ψηθεί σε μικρότερη θερμοκρασία από το Δ1, γύρω στους 850-950 °C. Η ορυκτολογική φάση του ορθόκλαστου καθώς και οι όχι τόσο έντονες ανακλάσεις του διοσιδίου και γκελενίτη οδηγούν σε αυτή τη διαπίστωση. Τέλος η μικρής έντασης ανάκλαση του μαρμαρυγία είναι ένα ακόμη χαρακτηριστικό χαμηλότερων θερμοκρασιών.

Στην ίδια θερμοκρασία με το A1 φαίνεται πως θερμάνθηκε και το δείγμα A9. Οι διαφορές των δύο δειγμάτων είναι η παρουσία του αλβίτη στο δείγμα A9 στην θέση του ορθόκλαστου του A1. Η ανάκλαση του αιματίτη στο A9 είναι εντονότερη, κάτι που επιβεβαιώνεται και από την υψηλότερη περιεκτικότητα του δείγματος σε Fe_2O_3 , καθώς και από το πιο κόκκινο χρώμα του.

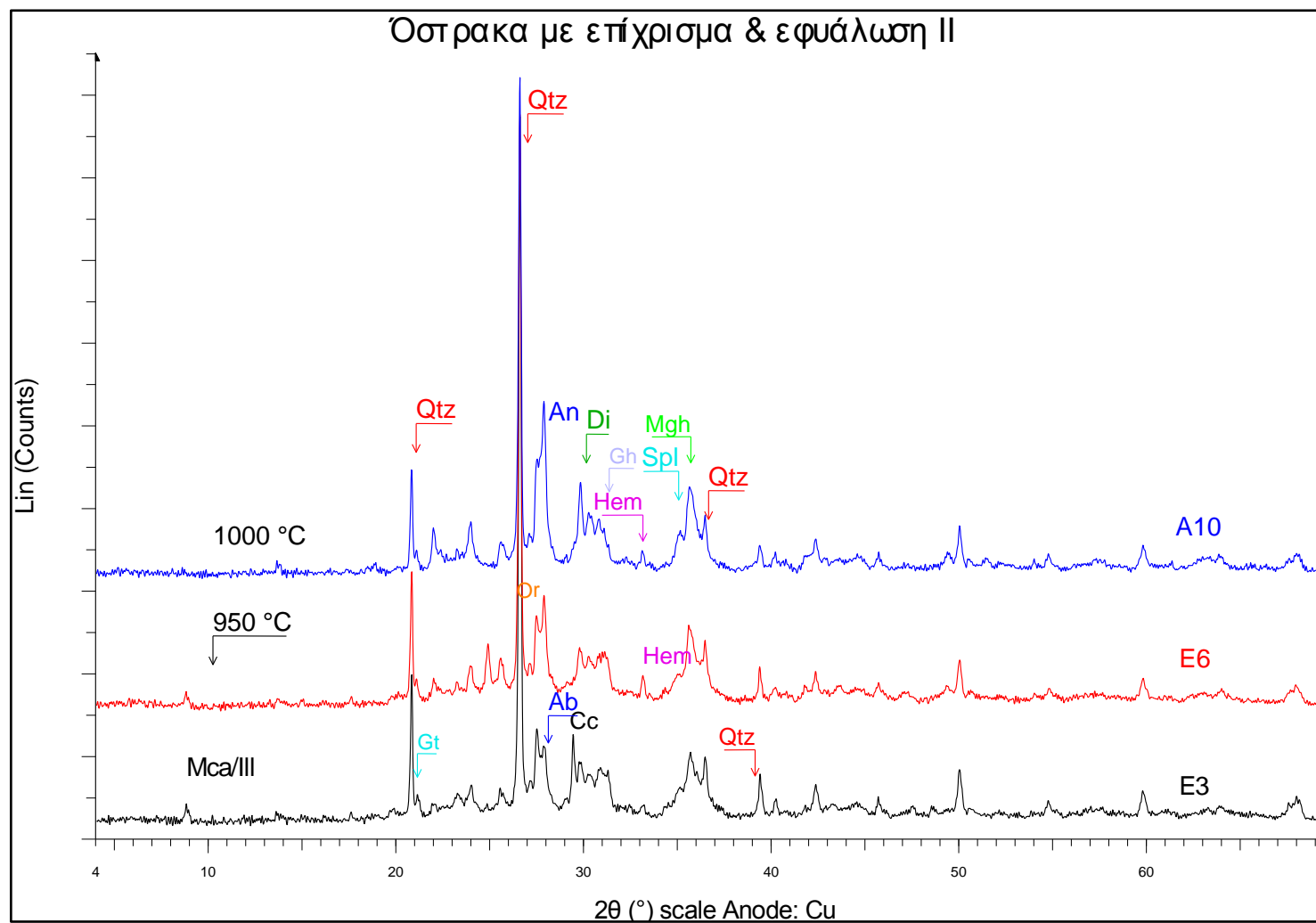
Στο δείγμα A10, η οξεία ανάκλαση του ανορθίτη, η εμφάνιση του σπινέλιου, η έντονη ανάκλαση του διοσιδίου και η κρυστάλλωση των υπόλοιπων νέων ορυκτών οδηγεί στο συμπέρασμα πως το συγκεκριμένο δείγμα ψήθηκε σε θερμοκρασίες κοντά στους 1000 °C. Η εμφάνιση του σπινελίου, οδηγεί στο συμπέρασμα πως υπήρχαν αναγωγικές συνθήκες κατά την διάρκεια της όπτησης.

Σε λίγο χαμηλότερη θερμοκρασία όπτησης φαίνεται να σχηματίστηκε το δείγμα E6, διότι οι ανακλάσεις, όπως για παράδειγμα του διοσιδίου, αρχίζουν να μικραίνουν και απαντά μαρμαρυγίας. Στην θέση των αστρίων στο ακτινοδιάγραμμα εμφανίζεται ορθόκλαστο.

Στους 900-950 °C, φαίνεται να έχει ψηθεί και το δείγμα E3. Η διαφορά του από το δείγμα E6 είναι η παρουσία αλβίτη. Η ανάκλαση του χαλαζία συνεχίζει να είναι έντονη και σε αυτό το δείγμα, καθώς και αυτές του διοψιδίου, του γκελενίτη και του μαγκεμίτη.



Εικόνα 2 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 2^{ης} ομάδας



Εικόνα 3 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 2^{ης} ομάδας

5.2.3 Αποτελέσματα 3^{ης} ομάδας.

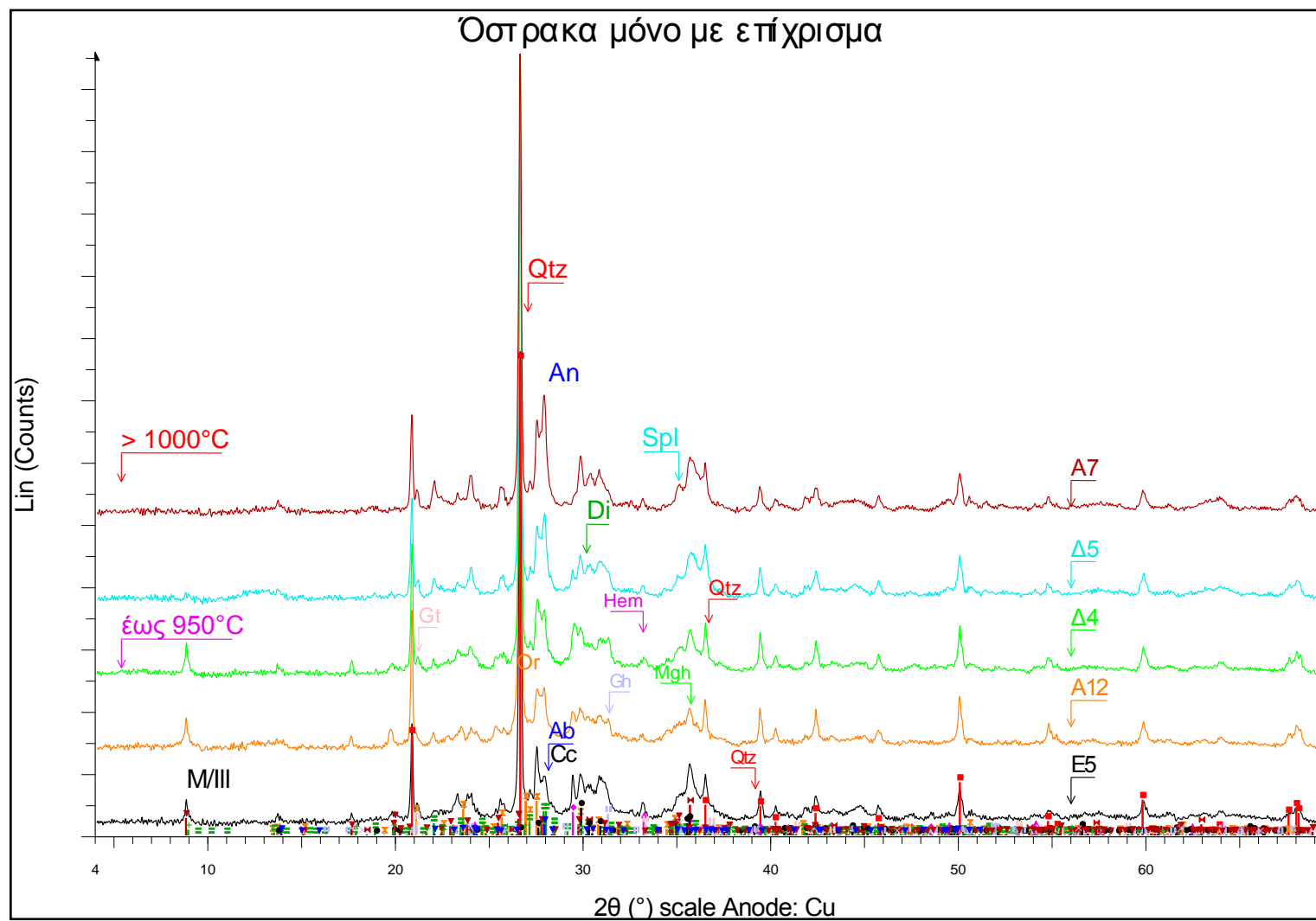
Το δείγμα A7, φαίνεται να έχει ψηθεί σε θερμοκρασία υψηλότερη των 1000 °C. Η οξεία ανάκλαση του ανορθίτη και η κορυφή του σπινέλιου είναι χαρακτηριστικά υψηλών θερμοκρασιών. Η περιεκτικότητα σε χαλαζία είναι και εδώ υψηλή. Τέλος εμφανής είναι και οι ανακλάσεις του αιματίτη και του διοψιδίου τα οποία είναι χαρακτηριστικά ορυκτά όπτησης.

Σε ίδιες συνθήκες και θερμοκρασία όπτησης είναι ψημένο και το όστρακο με κωδικό δείγματος Δ5. Τα δυο ακτινοδιαγράμματα είναι παρόμοια.

Το Δ4, έχει ψηθεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τα δυο προηγούμενα όστρακα. Περίπου στους 950 °C. Η ανάκλαση του ανορθίτη αρχίζει να φθίνει. Παράλληλα έχουμε εμφάνιση ιλλίτη/μοσχοβίτη και γκαιτίτη. Ο γκαιτίτης όταν αποσυντίθεται πλήρως μετατρέπεται σε αιματίτη.

Τέλος σε θερμοκρασίες έως 950 °C έχουν υποστεί όπτηση και τα δυο άλλα δείγματα της ομάδας αυτής, το A12 και το E5, η ανάκλαση του μαρμαρυγία είναι χαρακτηριστική και εδώ. Το A12 εμφανίζει ανάκλαση του ορθόκλαστου, καθώς και γκελενίτη, ο οποίος απαντάται σε κεραμικά προϊόντα τα οποία έχουν προέλθει από έψηση πρώτων υλών σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 800 °C.

Το δείγμα E5 εμφανίζει και αυτό την ανάκλαση του μαρμαρυγία στο ακτινοδιάγραμμά του. Υπάρχει επίσης κορυφή ασβεστίτη, ο οποίος είναι δευτερογενής, διότι η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή για να μην έχει διασπαστεί από την πρώτη ύλη. Η πιθανή θερμοκρασία όπτησης είναι 900 °C.



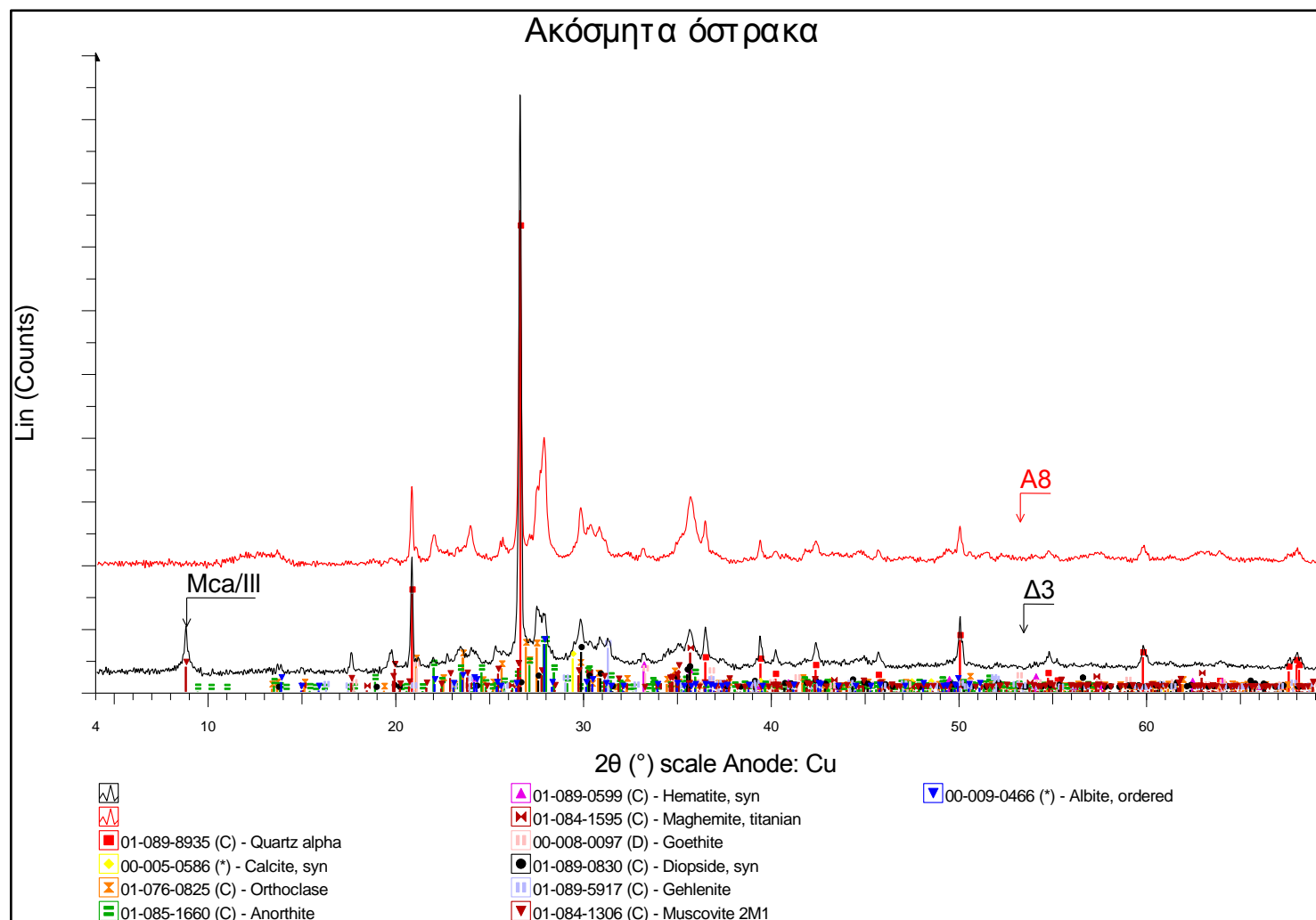
Εικόνα 4 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 3^{ης} ομάδας

5.2.4 Αποτελέσματα 4^{ης} ομάδας.

Στην ομάδα των ακόσμητων οστράκων έχουμε δύο όστρακα με κωδικούς A8 και Δ3. Το όστρακο με κωδικό A8, φαίνεται πως έχει ψηθεί για μικρότερο χρονικό διάστημα, αλλά σε κανένα από τα δυο η θερμοκρασία όπτησης δεν υπερβαίνει τους 850 °C. Ο ασβεστίτης που εμφανίζεται και στα δυο ακτινοδιαγράμματα είναι δευτερογενής και προέρχεται από τον ενταφιασμό των κεραμικών.

Το ακτινοδιάγραμμα του A8 εμφανίζει στη θέση των αστρίων μια έντονη ανάκλαση ανορθίτη, ο οποίος δεν είναι καθαρός. Οξείες είναι και οι ανακλάσεις του διοψιδίου, του γκελενίτη και του μαγγελίτη. Η ανάκλαση του αιματίτη είναι μικρότερη.

Το δείγμα Δ3 παρουσιάζει έντονη ανάκλαση των μοσχοβίτη/ιλλίτη. Η κρυστάλλωση του ορθόκλαστου είναι άλλο ένα χαρακτηριστικό χαμηλής θερμοκρασίας όπτησης. Και στα δυο όστρακα η περιεκτικότητα του χαλαζία είναι υψηλή.

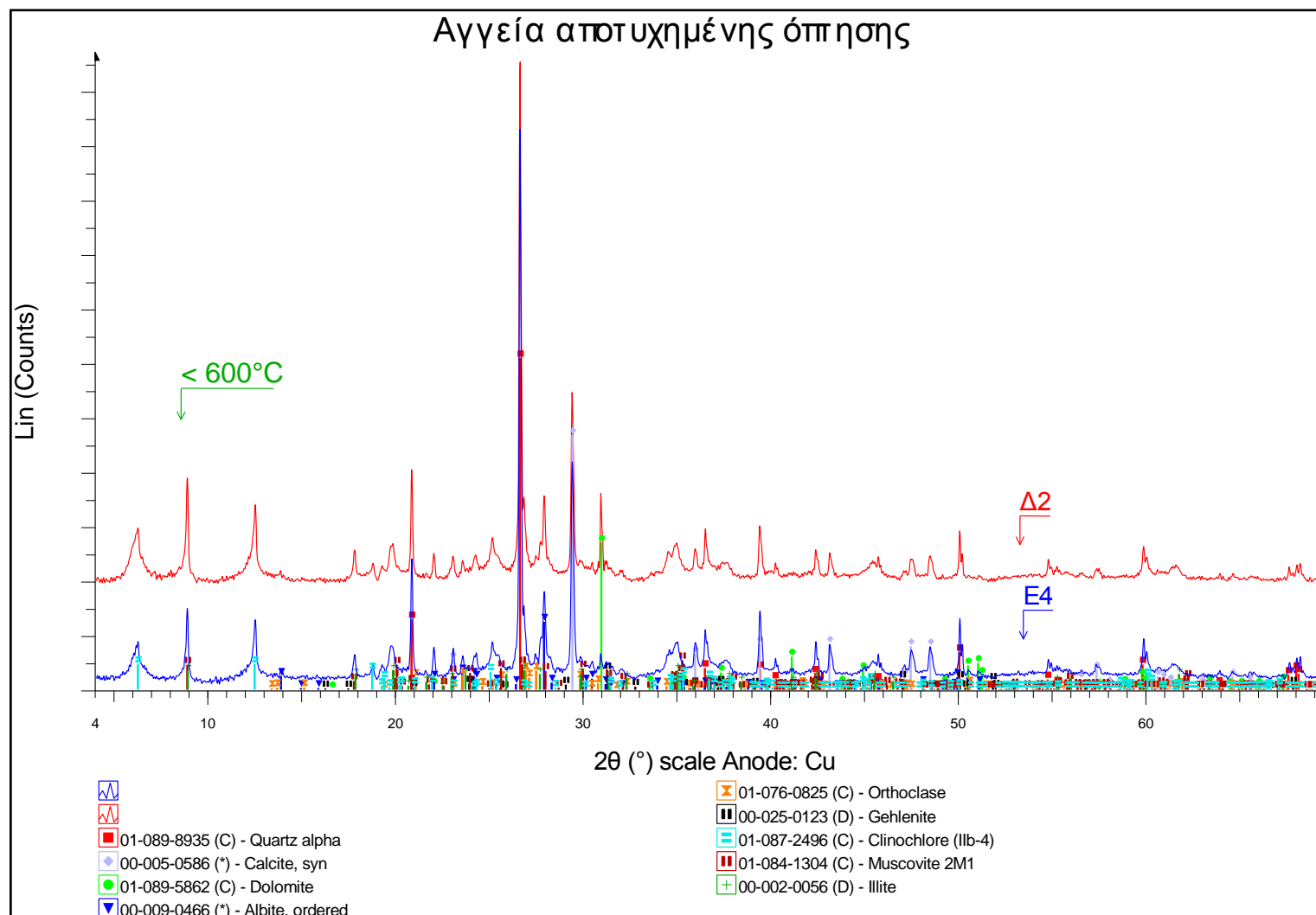


Εικόνα 5 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 4^{ης} ομάδας

5.2.5 Αποτελέσματα 5^{ης} ομάδας.

Σε αυτήν την ομάδα έχουμε δυο αγγεία αποτυχημένης όπτησης. Η θερμοκρασία όπτησής τους είναι μικρότερη των 600 °C. Τα νέα ορυκτά απουσιάζουν, και οι ορυκτολογικές φάσεις που εμφανίζονται είναι πιθανόν η πρωταρχική ύλη. Τα ακτινοδιάγραμμα των Δ2 και Ε4, παρουσιάζουν έντονες ανακλάσεις του χαλαζία και του ασβεστίτη καθώς και των μοσχοβίτη/ιλλίτη. Ο χλωρίτης δεν έχει διασπαστεί, και οι άστριοι που εμφανίζονται είναι αυτοί των χαμηλότερων θερμοκρασιών, ακραία μέλη, αλβίτης και ορθόκλαστο.

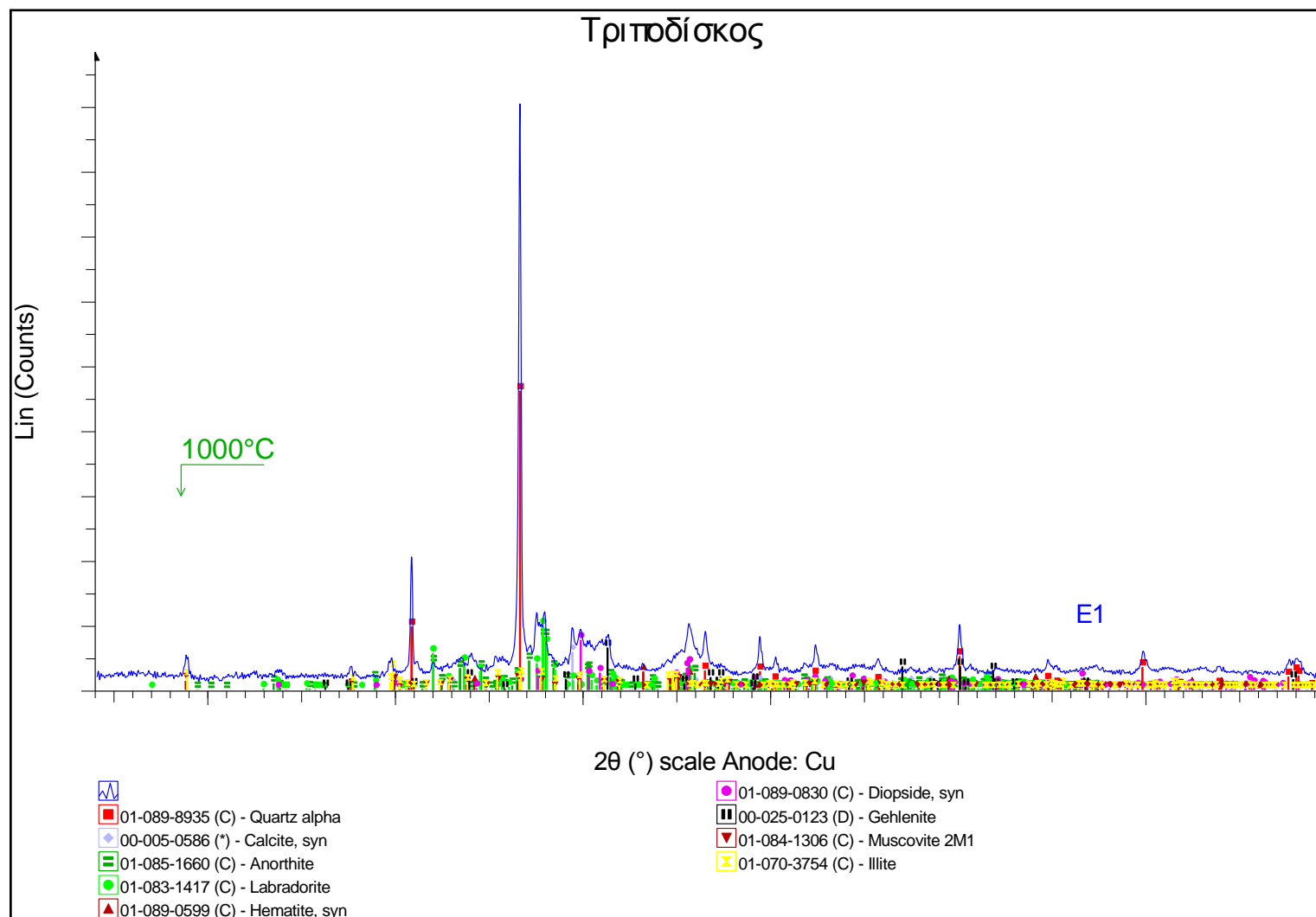
Το δείγμα Δ2 παρουσιάζει και μια ανάκλαση δολομίτη. Ο δολομίτης αρχίζει να αποσυντίθεται σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες από εκείνες του ασβεστίτη και συγκεκριμένα από 500-650 °C, ανάλογα με το μέγεθος κόκκου και την κρυσταλλικότητά.



Εικόνα 6 Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 5^{ης} ομάδας

5.2.6 Αποτελέσματα 6^{ης} ομάδας.

Στην τελευταία ομάδα σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που πραγματοποιήθηκε ανήκει ο βυζαντινός τριποδίσκος. Η ορυκτολογική σύσταση του βυζαντινού τριποδίσκου απαρτίζεται από σχεδόν όλες τις ορυκτολογικές φάσεις που συναντάμε και στα υπόλοιπα κεραμικά. Οι κρυσταλλικές φάσεις που ανιχνεύθηκαν είναι αιματίτης, διοψίδιος και γκελενίτης οι οποίες φανερώνουν υψηλή θερμοκρασία όπτησης. Στη θέση των αστρίων παρατηρούμε έντονη ανάκλαση ανορθίτη και κάποιου άλλου πλαγιόκλαστου ίσως λαβραδόριο. Και σε αυτό το δείγμα δεν απουσιάζει η κορυφή του μοσχοβίτη/ιλλίτη. Ο μοσχοβίτης εξαφανίζεται στους 1000 °C επομένως η θερμοκρασία όπτησης μπορεί να είναι και λίγο χαμηλότερη. Ο ασβεστίτης που εμφανίζεται είναι δευτερογενής. Οι μετατροπές των ορυκτολογικών φάσεων μπορεί να πραγματοποιήθηκαν και λόγω των παρατεταμένων επαναλήψεων όπτησης που ενδεχομένως υπέστη το κεραμικό, λόγω της χρήσης για την οποία προσδιορίζονται οι τριποδίσκοι.



Εικόνα 7 Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ της 6^{ης} ομάδας

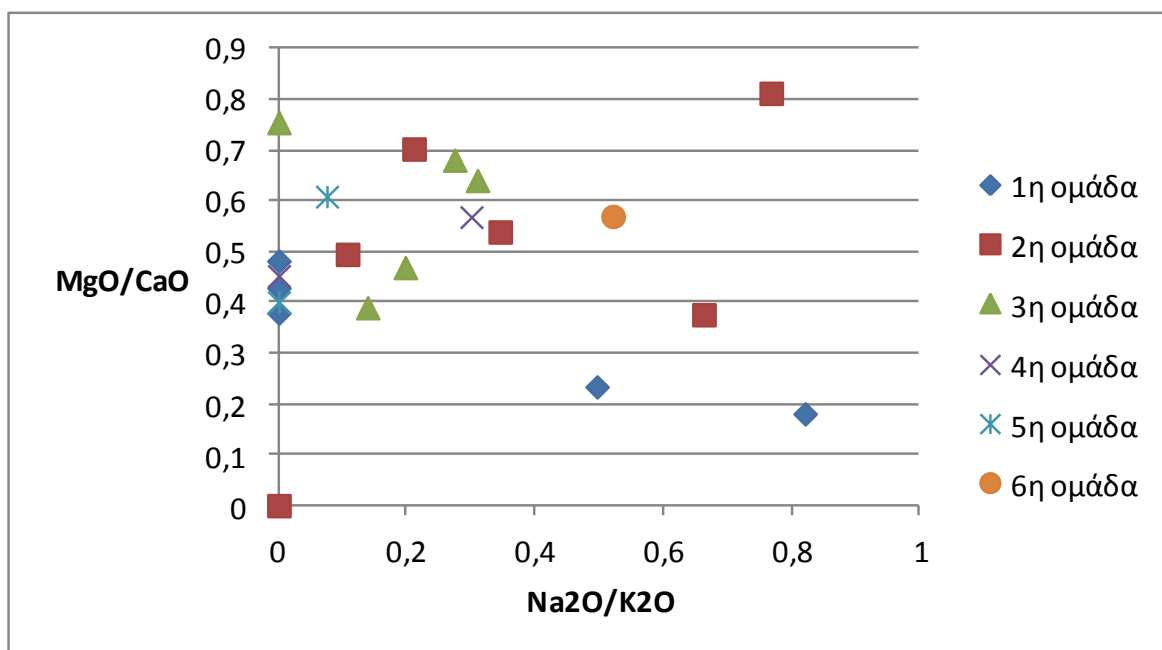
5.3 Χημική ανάλυση

Η χημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε αφορά τον προσδιορισμό των κύριων στοιχείων (SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , MgO , K_2O , TiO_2 , Na_2O , MnO , P_2O_5) και της απώλειας πύρωσης με τη μέθοδο Φασματοσκοπίας Ακτίνων-Χ Φθορισμού. Η χημική σύσταση των κεραμικών αντιπροσωπεύει τη χημική σύσταση των πρώτων υλών που χρησιμοποίησαν οι αρχαίοι κεραμείς και δίνει πληροφορίες για τις ορυκτολογικές φάσεις που σχηματίστηκαν κατά την όπτηση, επιβεβαιώνοντας τον ορυκτολογικό προσδιορισμό.

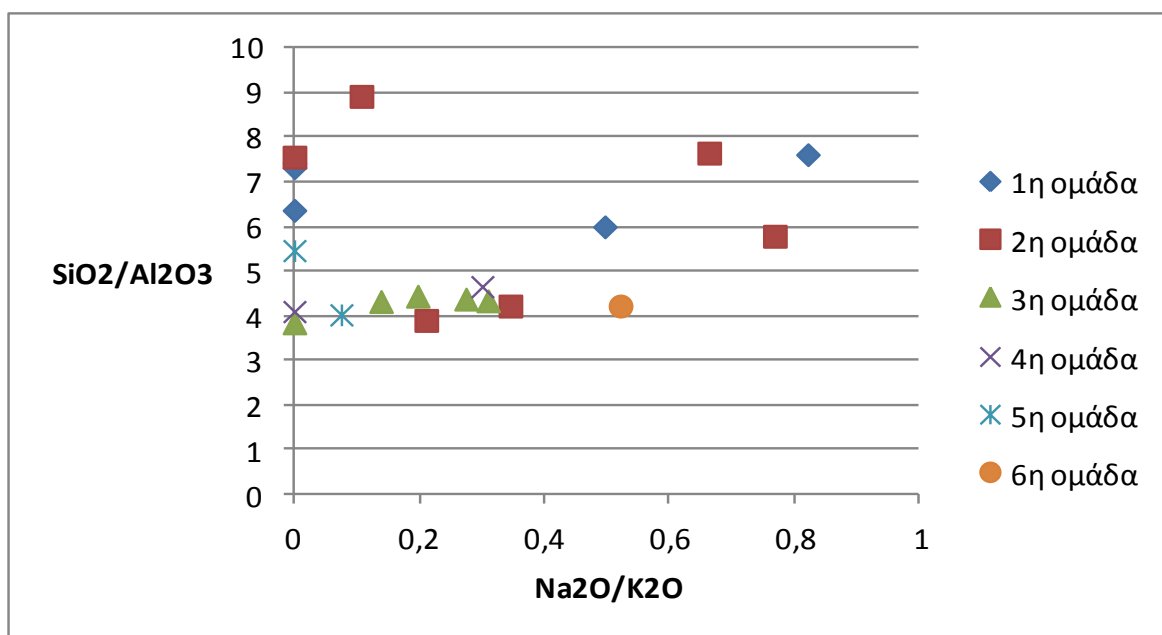
Τα 21 δείγματα οστράκων που αναλύθηκαν είναι πλούσια σε SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO και Al_2O_3 . Με την παρατήρηση των δυαδικών διαγραμμάτων κύριων στοιχείων τα κεραμικά όστρακα μπορούν να ομαδοποιηθούν και να συγκριθούν με τις πρώτες ύλες. Η διακύμανση των υπόλοιπων οξειδίων συνδέεται με τις κύριες ποσότητες των αργιλικών ορυκτών, των αστρίων, του γκελενίτη και του κλινοπυρόξενου (διοψιδίου) [Muntoni and Laviano, 2008].

Τα κεραμικά που βρέθηκαν κατά την ανασκαφή στο Μικρό θέατρο της αρχαίας Αμβρακίας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωχημικής ανάλυσης χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα ($\text{CaO} > 5\%$ κ.β.) με υψηλή συγκέντρωση σιδήρου ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \approx 9\%$ κ.β. κατά μέσο όρο).

Στα δυαδικά διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω γίνεται συσχέτιση των λόγων οξειδίων MgO/CaO και $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.



Εικόνα 8 Συσχέτιση των λόγων οξειδίων MgO/CaO και Na₂O/K₂O των κεραμικών που εξετάστηκαν



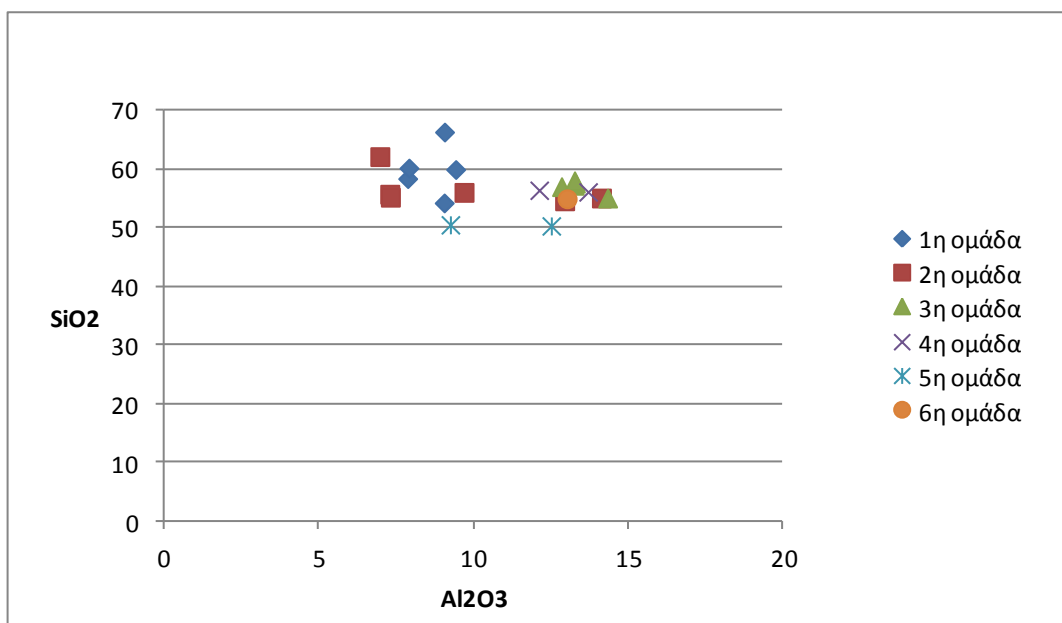
Εικόνα 9 Συσχέτιση των λόγων οξειδίων SiO₂/Al₂O₃ και Na₂O/K₂O των κεραμικών που εξετάστηκαν

Στο 1^ο διάγραμμα δίνονται οι λόγοι $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} - \text{MgO}/\text{CaO}$, όπου προσδιορίζεται η συσχέτιση των δειγμάτων που οφείλεται στην παρουσία των ανθρακικών ορυκτών και στους αστρίους. Παρατηρείται διακύμανση ως προς τον λόγο σε οξείδια των MgO/CaO όπου οφείλεται στην ύπαρξη του ασβεστίτη και του δολομίτη. Στον λόγο $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ υπάρχει επίσης μια εκτεταμένη διακύμανση ως προς την παρουσία των αστρίων.

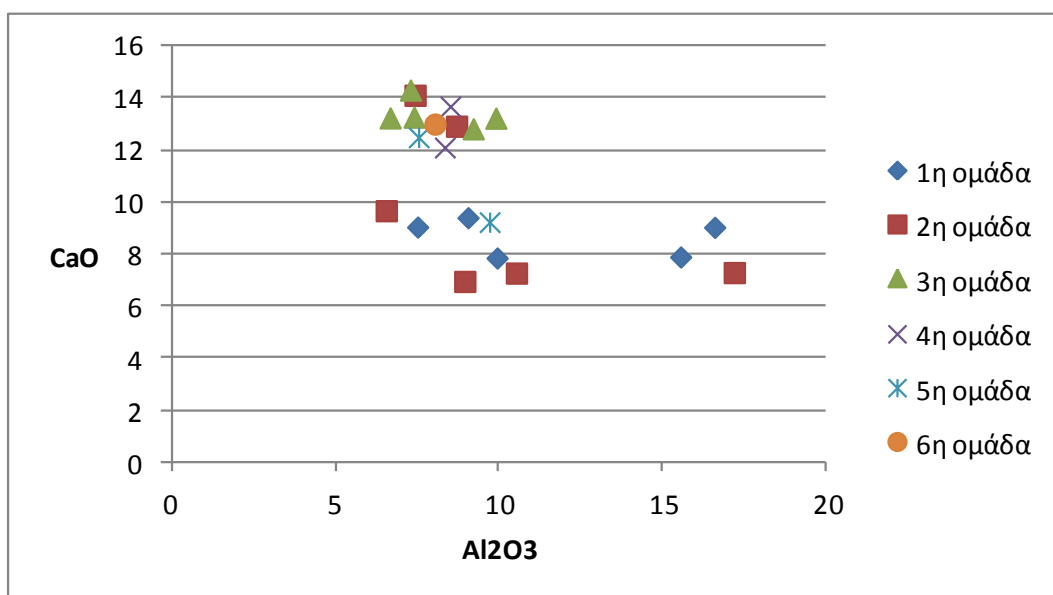
Στο 2^ο διάγραμμα ο λόγος $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ παρουσιάζει δύο τάσεις, μια θετική και μια χωρίς συσχέτιση με τιμές $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ προφανώς λόγω μηδενικής συγκέντρωσης νατρίου. Αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε χαλαζία όλων των δειγμάτων. Κάποια από τα δείγματα της 1^{ης} και της 2^{ης} ομάδας έχουν μεγαλύτερο λόγο, αυτό συμβαίνει λόγω της παρουσίας των αστρίων, του χαλαζία και των αργιλικών ορυκτών.

Στο δυαδικό διάγραμμα της Εικόνας 10 παρατηρούμε μια σταθερή συγκέντρωση SiO_2 και διακύμανση της συγκέντρωσης του Al_2O_3 . Στις δυο πρώτες ομάδες με τη διαφορά ότι τα δείγματα A9 και E3 της 2^{ης} ομάδας είναι χημικά συνδεδεμένα με τα όστρακα της 3^{ης} και της 4^{ης} ομάδας. Από τα δύο δείγματα της 5^{ης} ομάδας το E4 είναι χημικά πιο κοντά στις δυο πρώτες ομάδες, ενώ το Δ2 στις υπόλοιπες.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 11 η προβολή του Al_2O_3 με το CaO δίνει τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις, τα κεραμικά που είναι πλούσια σε CaO , αυτά που έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση σε CaO και αυτά που έχουν υψηλότερη συγκέντρωση Al_2O_3 .



Εικόνα 10 Δυαδικό διάγραμμα της περιεκτικότητας των δειγμάτων των ομάδων σε SiO₂ και Al₂O₃



Εικόνα 11 Δυαδικό διάγραμμα της περιεκτικότητας των δειγμάτων των ομάδων σε CaO και Al₂O₃

Δείγμα	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	Al ₂ O ₃ (%)	MgO(%)	K ₂ O(%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O(%)	MnO(%)	P ₂ O ₅ (%)	SUM	LOI%
A2	59.92	10.06	9.05	9.41	4.36	3.64	0.99	0.00	0.15	0.10	99.77	2.05
A4	58.37	8.82	9.94	7.86	3.77	3.30	0.88	0.00	0.19	0.08	99.67	6.29
A6	60.17	7.23	15.55	7.90	2.81	1.84	0.80	1.51	0.08	0.09	99.55	1.29
E7	54.22	8.23	16.59	9.04	3.88	2.60	0.81	1.29	0.14	0.09	99.68	2.45
E8	66.31	7.75	7.51	9.05	3.22	3.00	0.83	0.00	0.17	0.12	99.65	1.63
A1	55.71	8.52	10.53	7.28	3.96	3.44	0.85	2.28	0.15	0.19	98.99	3.93
A9	55.06	10.15	7.43	14.12	5.22	3.75	0.93	0.79	0.16	0.19	99.77	1.85
Δ1	55.20	8.22	17.19	7.30		3.16	0.84	0.00	0.15	0.00	99.24	5.35
A10	62.12	9.94	8.95	6.96	4.43	3.83	0.96	0.41	0.16	0.12	99.53	1.5
E6	56.02	9.80	6.55	9.68	5.32	3.66	0.92	2.81	0.12	0.13	99.22	1.73
E3	54.58	9.46	8.70	12.93	4.69	3.39	0.87	1.17	0.18	0.09	99.80	2.91
Δ4	57.00	8.78	9.21	12.83	4.32	3.50	0.85	0.69	0.12	0.13	99.79	2.14
A12	57.23	8.94	9.90	13.24	3.86	3.54	0.93	0.49	0.13	0.23	99.79	1.23
E5	55.05	10.61	7.29	14.32	5.50	3.81	0.96	0.00	0.16	0.10	99.79	1.93
A7	57.60	9.28	7.40	13.28	4.74	3.52	0.90	1.09	0.13	0.12	99.79	1.59
Δ5	58.00	9.64	6.67	13.25	4.54	3.61	0.92	0.99	0.17	0.11	99.79	1.79
A8	56.10	10.63	8.51	13.69	3.85	4.01	1.01	0.00	0.18	0.23	99.79	1.59
Δ3	56.38	9.53	8.34	12.11	4.74	3.63	0.91	1.09	0.14	0.12	99.78	2.68
Δ2	50.30	9.31	7.54	12.50	4.59	3.60	0.85	0.27	0.14	0.13	99.81	10.33
E4	50.49	8.39	9.71	9.24	3.89	3.25	0.87	0.00	0.12	0.06	99.80	13.21
E1	54.93	9.05	8.04	13.01	4.58	3.55	0.86	1.85	0.15	0.19	99.80	2.89

Πίνακας 9 Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης των δειγμάτων

5.4 Πορώδες, πυκνότητα και υδατοαπορροφητικότητα

Κατά τη διαδικασία της έψησης της μορφοποιημένης πρώτης ύλης με στόχο την παρασκευή ενός ανθεκτικού τελικού προϊόντος παρατηρούνται οι παρακάτω μεταβολές στο πορώδες και την πυκνότητα. Με τη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται αύξηση της πυκνότητας και το υλικό συρρικνώνεται, ενώ ταυτόχρονα το πορώδες αρχίζει να μειώνεται.

Η διαδικασία της έψησης των κεραμικών ή αλλιώς πυροσυσσωμάτωση επιφέρει τη δομική διασύνδεση των επιμέρους συστατικών ενός κεραμικού συστήματος [Παντελής, 2008].

Όταν η πυροσυσσωμάτωση πραγματοποιείται χωρίς τήξη των πρώτων υλών, η φύση και η ένταση των δεσμών που δημιουργούνται μεταξύ των σωματιδίων στηρίζεται σε μηχανισμούς μεταφοράς μάζας. Η μεταφορά μάζας διευκολύνεται από γραμμικές ατέλειες στη μάζα του υλικού, οι οποίες οφείλονται είτε στην πλαστική του παραμόρφωση, είτε συνοδεύουν την ενδοκρυσταλλική διάχυση. Λόγω των φαινομένων αυτών έχουμε αύξηση της πυκνότητας του υλικού. Η μείωση του πορώδους και η συρρίκνωση του υλικού έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πυκνότητάς του. Η πυκνότητα της κεραμικής σκόνης, που υφίσταται πυροσυσσωμάτωση, αυξάνεται με τον χρόνο έψησης ως ένα οριακό σημείο, πέρα από οποίο η τιμή της διατηρείται σταθερή. Το οριακό αυτό σημείο είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και του χρόνου έψησης καθώς και των χαρακτηριστικών της πρώτης ύλης [Παντελής, 2008].

Στις περιπτώσεις όπου η πυροσυσσωμάτωση πραγματοποιείται με παρουσία μικρής ποσότητας τήγματος, το οποίο δρα ως συνδετικό έχουμε μεγάλη ελάττωση του πορώδους, άρα και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή του κεραμικού. Σε αυτήν την περίπτωση η μεταφορά μάζας πραγματοποιείται μέσω της ρευστής φάσης. Λόγω της παρουσίας της υγρής φάσης, τα φαινόμενα της διάχυσης είναι λιγότερο ευαίσθητα στη μεταβολή της θερμοκρασίας. Τέλος η πυροσυσσωμάτωση μέσω αντιδρώντος υγρού είναι ταχύτερη από την πυροσυσσωμάτωση στερεάς κατάστασης [Παντελής, 2008].

Η πυροσυσσωμάτωση γίνεται παρουσία υψηλού ιξώδους υγρού (υαλοποίηση). Στη θερμοκρασία έψησης, μέρος του υλικού τήκεται δημιουργώντας υγρό υψηλού ιξώδους. Η ύπαρξη στερεών σωματιδίων στη μάζα του τήγματος, δημιουργεί περιοχές

διαφορετικής πίεσης. Το υγρό ρέει προς τις περιοχές χαμηλής πίεσης, οι οποίες αντιστοιχούν σε πόρους και προκαλεί την πυροσυσσωμάτωση. Η υαλώδης φάση αυξάνει την πυκνότητα του κεραμικού[Παντελής, 2008].

Γενικά, μικρό μέγεθος κόκκου ή υψηλή θερμοκρασία έψησης, δίνουν τελικό προϊόν με χαμηλό πορώδες, υψηλό βαθμό υαλοποίησης και αυξημένη πυκνότητα. Η χαμηλή θερμοκρασία έψησης μειώνει το βαθμό υαλοποίησης, δίνοντας προϊόν με μεγάλο και εκτεταμένο πορώδες.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πορώδους, της πυκνότητας και της υδατοαπορροφητικότητας που μελετήθηκαν ενδεικτικά σε επτά δείγματα:

Δείγμα	Πορώδες (%)	Πυκνότητα(g/cm ³)	Υδατοαπορροφητικότητα (%)
A4	39.72	1.56	25.27
A6	44.32	1.33	33.26
E7	32.63	1.68	19.39
Δ1	33.36	1.59	20.94
A10	35.78	1.66	21.52
E5	38.21	1.57	24.23
Δ3	44.92	1.67	26.83

Πίνακας 10 Αποτελέσματα πορώδους, υδατοαπορροφητικότητας και πυκνότητας μερικών δειγμάτων

Από τα τρία δείγματα της 1^{ης} ομάδας το υψηλότερο πορώδες το έχει το δείγμα A6. Η θερμοκρασία όπτησης του όπως παρατηρήθηκε και από την Περιθλασιμετρία Ακτίνων-X είναι περίπου 900 °C. Σε παρόμοια θερμοκρασία όπτησης φαίνεται πως ψήθηκε και το όστρακο E7, ενώ οι περιεκτικότητες και των δυο σε CaO είναι σχετικά ίδιες. Αφού η τιμή του πορώδους εξαρτάται από την πρώτη ύλη, την θερμοκρασία όπτησης και τη χρονική διάρκεια της, συμπεραίνουμε πως η διάρκεια όπτησης του οπτόπλινθου A6 ήταν μικρή και γι' αυτόν το λόγο δεν υπήρχε επαρκής χρόνος για να ολοκληρωθεί το φαινόμενο της πυροσυσσωμάτωσης. Το όστρακο A4, εμφανίζει επίσης ένα σχετικά υψηλό πορώδες γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται στη χαμηλή θερμοκρασία όπτησής του.

Από την 2^η ομάδα των κεραμικών, στην οποία ανήκουν το Δ1 και το A10, συμπεραίνεται από τη μελέτη της χημικής σύστασης πως συσχετίζονται με αυτά της 1^{ης}

ομάδας. Το όστρακο Δ1 έχει ψηθεί σε θερμοκρασία παρόμοια με αυτή του Ε7 ($T < 950$ °C). Και τα δύο εμφανίζουν υψηλή περιεκτικότητα σε CaO, γεγονός που εξηγεί το παρόμοιο πορώδες των δυο κεραμικών.

Τέλος τα δείγματα Ε5 και Δ3 των οποίων η χημική σύσταση των πρώτων υλών τους είναι σχεδόν όμοια, έχουν μια αρκετά μεγάλη απόκλιση στο πορώδες τους, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως θερμάνθηκαν για διαφορετικούς χρόνους και πως η χρονική διάρκεια όπτησης του Δ3 ήταν μικρότερη, αφού και τα δύο θερμάνθηκαν σε θερμοκρασίες κοντά στους 850 °C.

5.5 Ηλεκτρονική μικροσκοπία

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τις ορυκτολογικές και ιστολογικές μετατροπές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της όπτησης, κυρίως σε κεραμικά προερχόμενα από ασβεστόχο πρώτη ύλη οι οποίες δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν με το πολωτικό μικροσκόπιο.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν με τη μέθοδο της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης συνολικά επτά δείγματα. Τρία από την ομάδα κεραμίδια και οπτόπλινθοι, δύο από την ομάδα των οστράκων που φέρουν επίχρισμα και εφυάλωση, ένα δείγμα από την ομάδα των οστράκων που φέρουν μόνο επίχρισμα και τέλος ένα δείγμα της ομάδας των ακόσμητων οστράκων.

Μελετώντας τις εικόνες που πήραμε από την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης, παρατηρούμε τους μετασχηματισμούς που λαμβάνουν χώρα στην αργλική μικρομάζα, στις πρωτογενείς ορυκτολογικές φάσεις και στα όρια επαφής τους. Σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις της πετρογραφίας και τον ορυκτολογικό προσδιορισμό υπολογίζουμε την πιθανή θερμοκρασία όπτησης.

Το ποσοστό του CaO σύμφωνα με την έρευνα των Maniatis & Tite (1981) καθορίζει το βαθμό υαλοποίησης του κεραμικού περισσότερο από τη θερμοκρασία έψησης. Τα επτά δείγματα που μελετήσαμε είναι όλα ασβεστόχα κεραμικά ($\text{CaO} > 5 \%$ κ.β.), με τις περιεκτικότητες σε CaO να διαφέρουν σημαντικά.

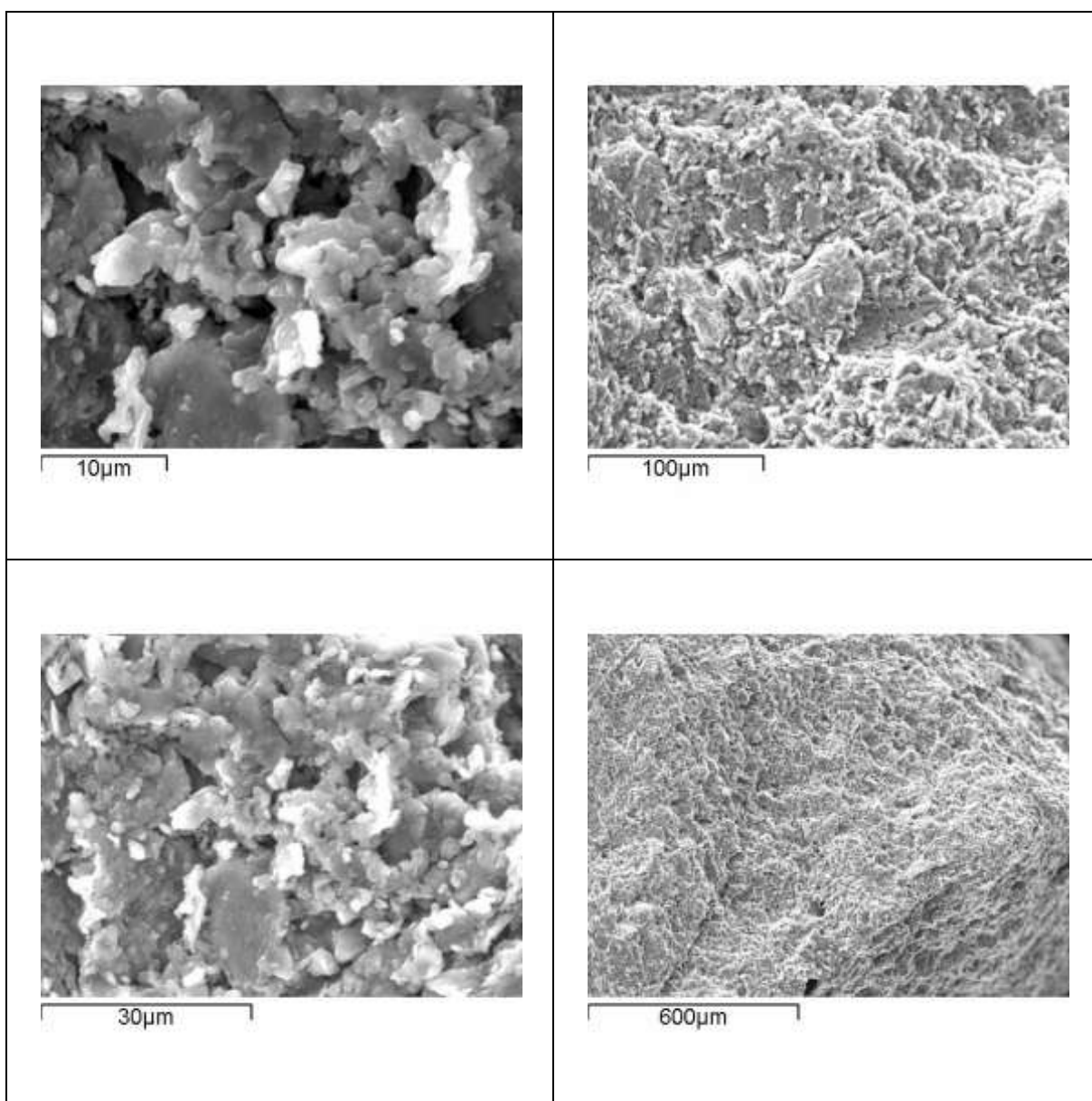
Η παρατήρηση της φρέσκιας επιφάνειας θραύσης του A4 μας επιτρέπει την αναγνώριση της διατήρησης των αργιλικών ορυκτών και την απουσία λείων και υαλωδών περιοχών. Η έλλειψη υαλωδών περιοχών στην επιφάνεια του κεραμικού οφείλεται στην ανομοιόμορφη κατανομή του ασβεστίου. Η θερμοκρασία όπτησης του οστράκου A4, σύμφωνα με την πετρογραφική παρατήρηση και τα αποτελέσματα της Περιθλασιμετρίας Ακτίνων-X έχει προσδιοριστεί <800 °C. Το δείγμα χαρακτηρίζεται ως μη υαλοποιημένο.

Το όστρακο A6, εμφανίζει επιφάνειες υαλοποίησης ωστόσο υπάρχουν περιοχές στις οποίες είναι εμφανή τα νέα ορυκτά.. Η ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα σε CaO 15,55% κ.β. και η ομοιόμορφη κατανομή του στη μάζα του κεραμικού όπως φαίνεται και από την πετρογραφική παρατήρηση, ευθύνονται για την επικράτηση των νέων φάσεων έναντι της υαλώδους φάσης. Η υαλοποίηση με τέτοια υψηλή περιεκτικότητα CaO, παραμένει σταθερή στο θερμοκρασιακό εύρος 850-1050 °C. Η πιθανή θερμοκρασία όπτησης είναι 800-900 °C σύμφωνα και με τις συσχετίσεις της πετρογραφικής παρατήρησης και της Περιθλασιμετρίας Ακτίνων-X.

Η επιφάνεια του οστράκου E7, εμφανίζει επιφάνειες υαλοποίησης όμως υπάρχουν περιοχές στις οποίες επικρατεί η κρυστάλλωση των νέων ορυκτών. Η περιεκτικότητα του CaO είναι και σε αυτό το δείγμα ιδιαίτερα υψηλή, 16.59% κ.β . Η πιθανή θερμοκρασία έψησης είναι 850- 900 °C. Η κατανομή του ασβεστίου στο κεραμικό φαίνεται και εδώ πως είναι ομοιόμορφη, όμως τα εκτεταμένα πορώδη κενά στο σώμα του κεραμικού υποδεικνύουν κακή διαδικασία όπτησης.

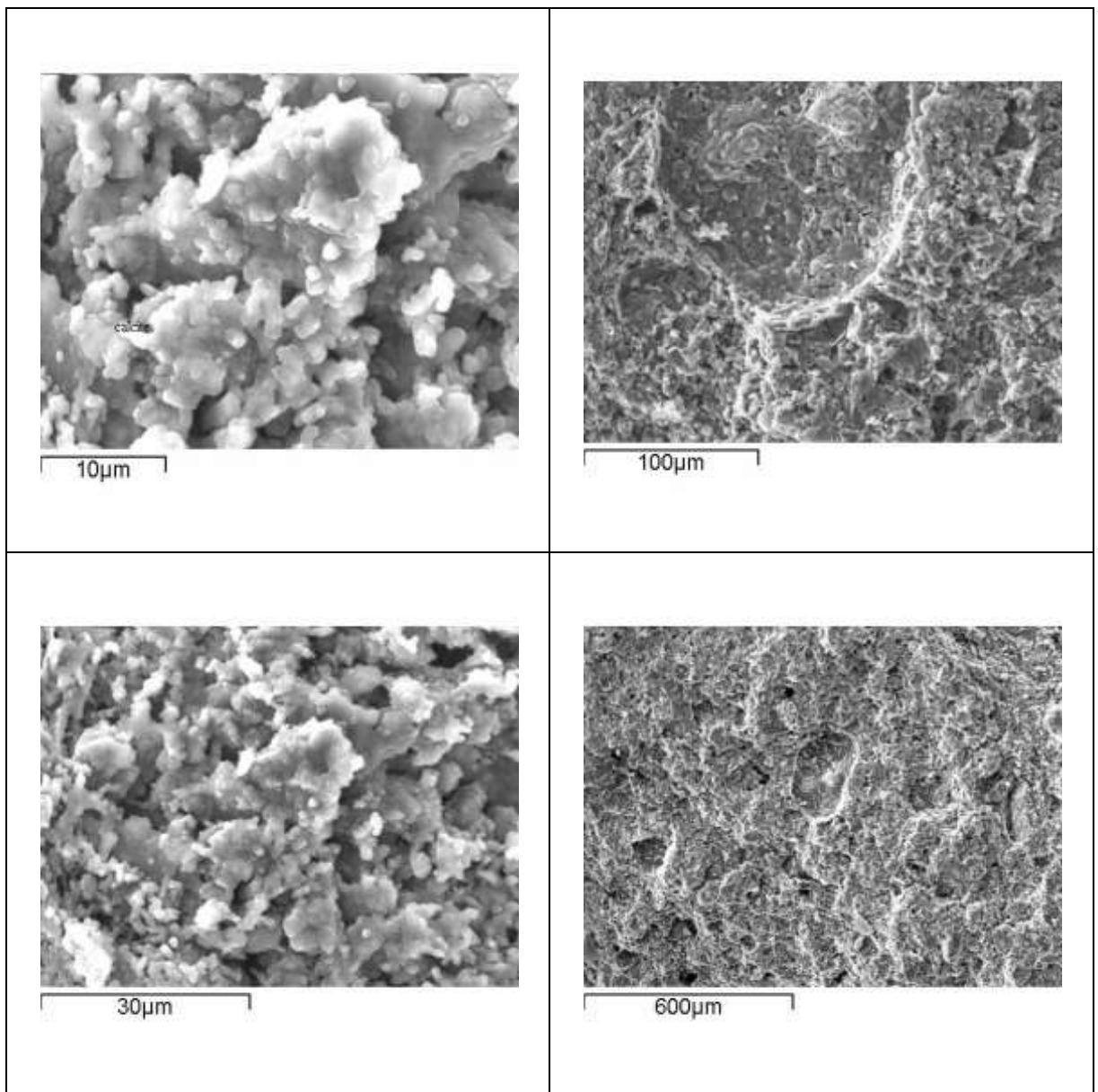
Το κεραμικό με κωδικό Δ1, με επίσης υψηλή περιεκτικότητα σε CaO 17.19% κ.β. παρουσιάζει ελάχιστα σημεία υαλοποίησης στην επιφάνειά του. Τα άκρα των κόκκων αποστρογγυλώνονται λόγω της αντίδρασής τους με την αργιλική μάζα, χαρακτηριστικό υψηλών θερμοκρασιών. Η θερμοκρασία όπτησης σύμφωνα και με το ακτινογράφημα της Περιθλασιμετρίας Ακτίνων-X υποδηλώνει μια θερμοκρασία μικρότερη των 950 °C.

Δείγμα A4



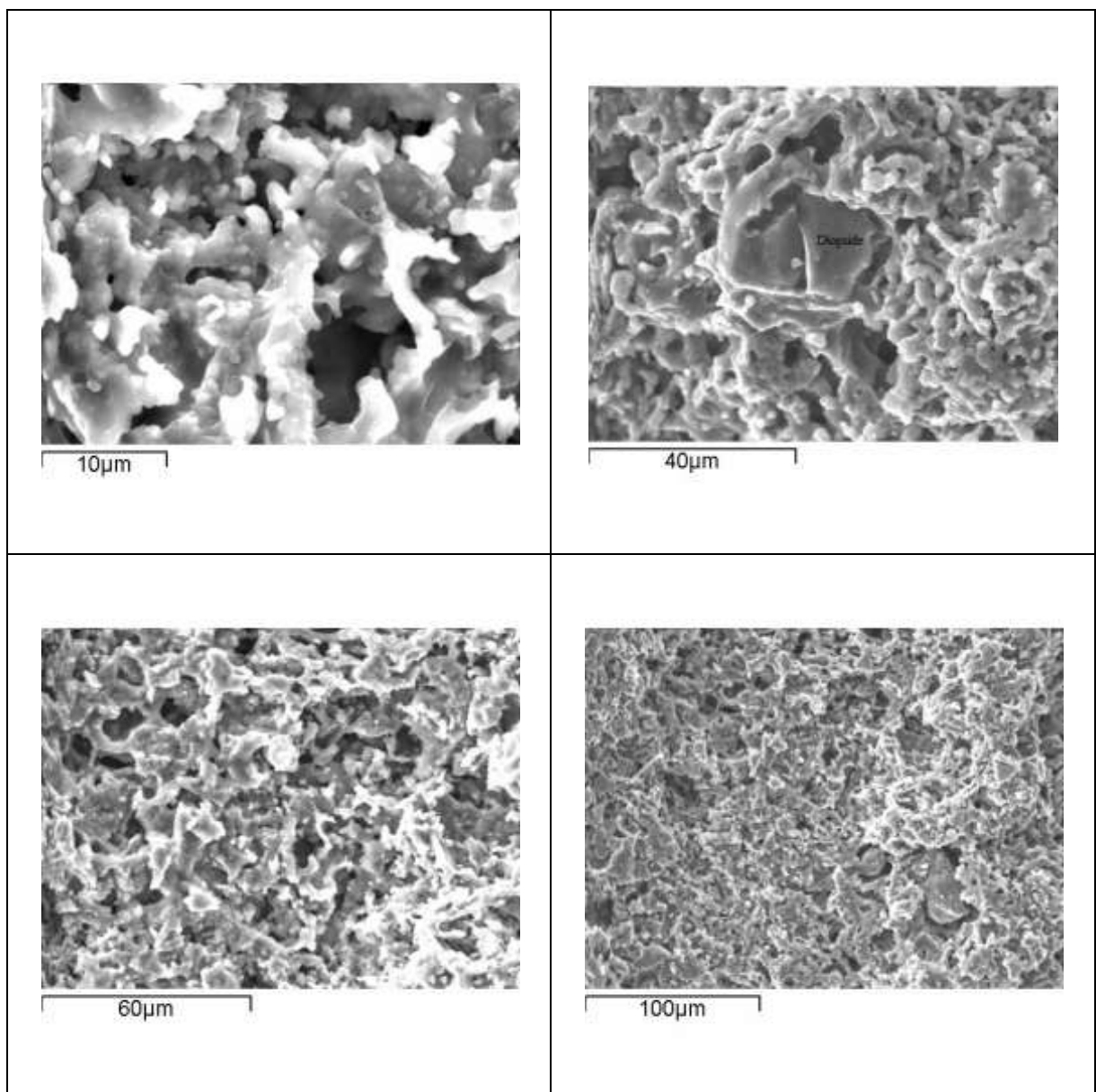
Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου SEM σε πρόσφατες επιφάνειες θραύσεως του δείγματος A4. Εκτιμώμενη θερμοκρασία όπτησης <800 °C.

Δείγμα Α6



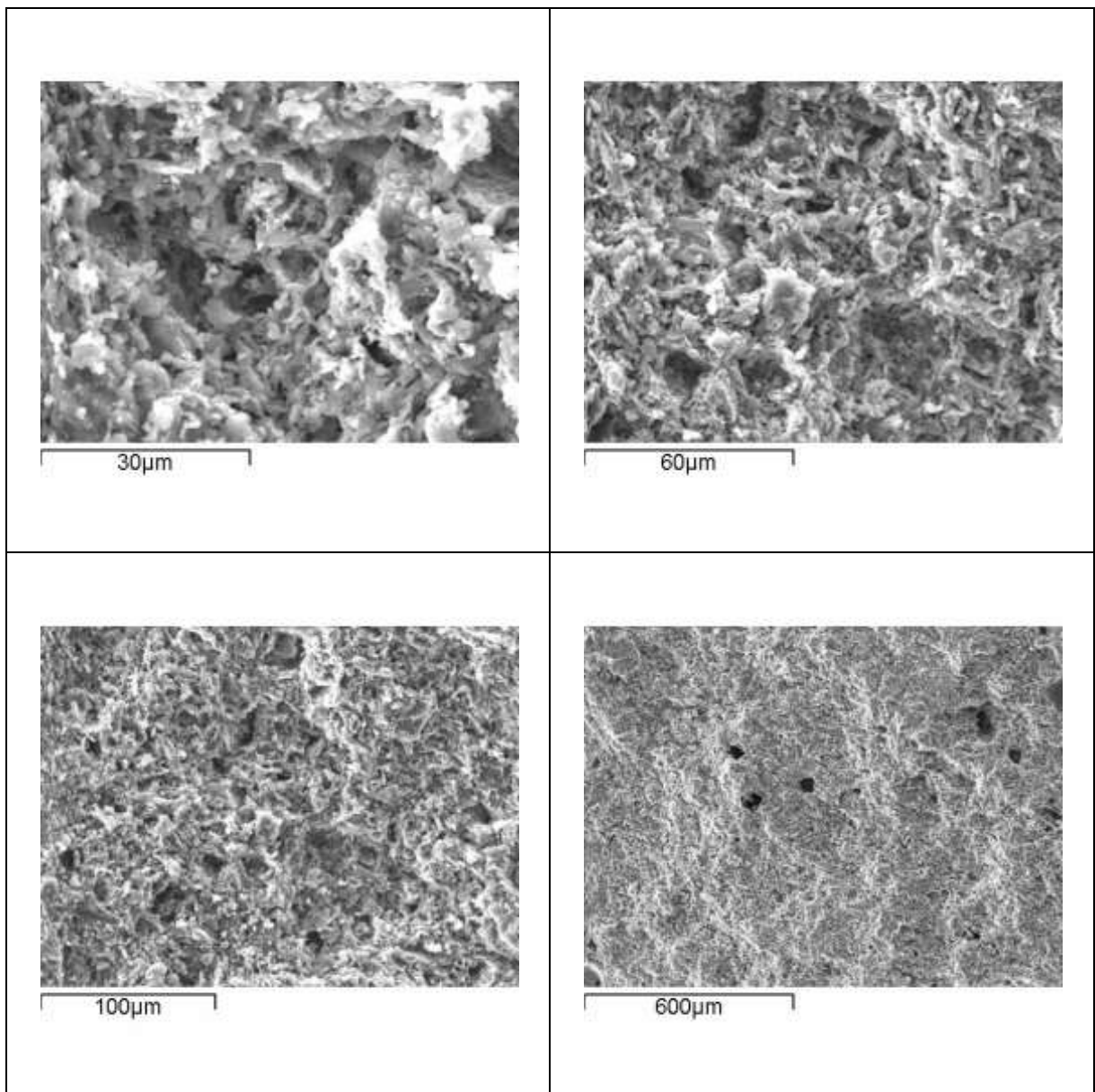
Χαρακτηριστικές μικροφωτογραφίες Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM) του δείγματος Α6. Η υψηλή περιεκτικότητα του CaO προκαλεί μερική υαλοποίηση του συγκεκριμένου οστράκου.

Δείγμα E7



Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης SEM από τις πρόσφατες επιφάνειες θραύσης του δείγματος E7. Η υψηλή περιεκτικότητα του CaO περιορίζει το φαινόμενο της εκτεταμένης υαλοποίησης. Η πιθανή θερμοκρασία όπτησης δεν ξεπερνά τους 950 °C.

Δείγμα Δ1

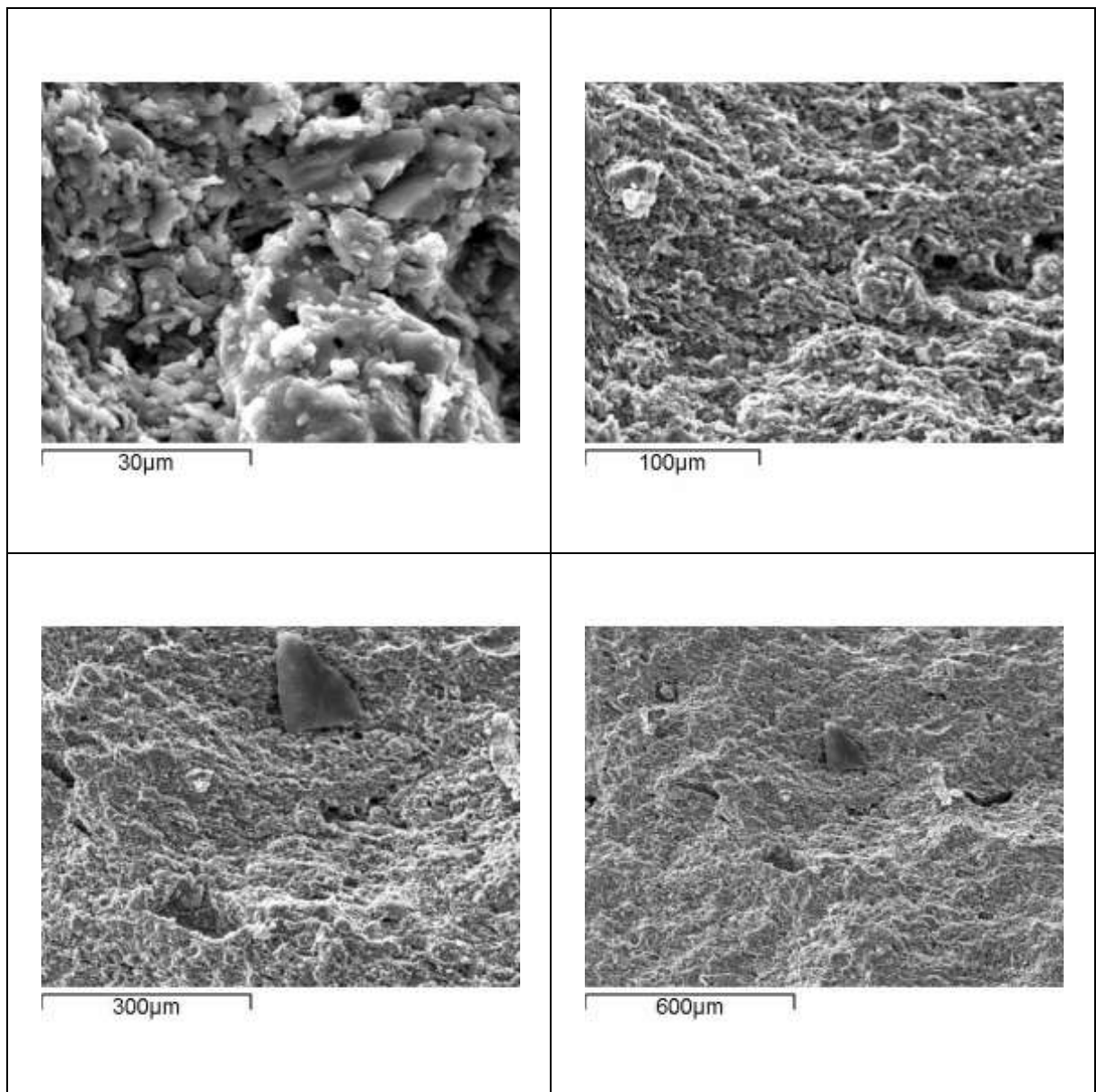


Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου SEM των πρόσφατα θραυσμένων επιφανειών του δείγματος Δ1. Πιθανή θερμοκρασία όπτησης $T < 950\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ο ιστός του οστράκου A10 όπως παρατηρήθηκε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, παρουσιάζει μικρής έκτασης υαλώδεις περιοχές και μεγάλους κρυστάλλους οι οποίοι δεν έχουν αρχίσει την φάση του μετασχηματισμού τους. Το υλικό του κεραμικού αυτού όπως φαίνεται και από την πετρογραφική παρατήρηση είναι λεπτόκοκκο και η δομή του σχετικά ομοιόμορφη. Από τις ορυκτολογικές φάσεις που εμφανίζονται στα αποτελέσματα της Περιθλασιμετρίας Ακτίνων-X φαίνεται πως το

κεραμικό έχει υποστεί όπτηση σε θερμοκρασίες κοντά στους 1000 °C. Η ελλιπής υαλοποίηση ενδεχομένως οφείλεται στο χαμηλό ποσοστό CaO (8.59 % κ.β.) ή σε μια κακή διαδικασία όπτησης.

Δείγμα A10

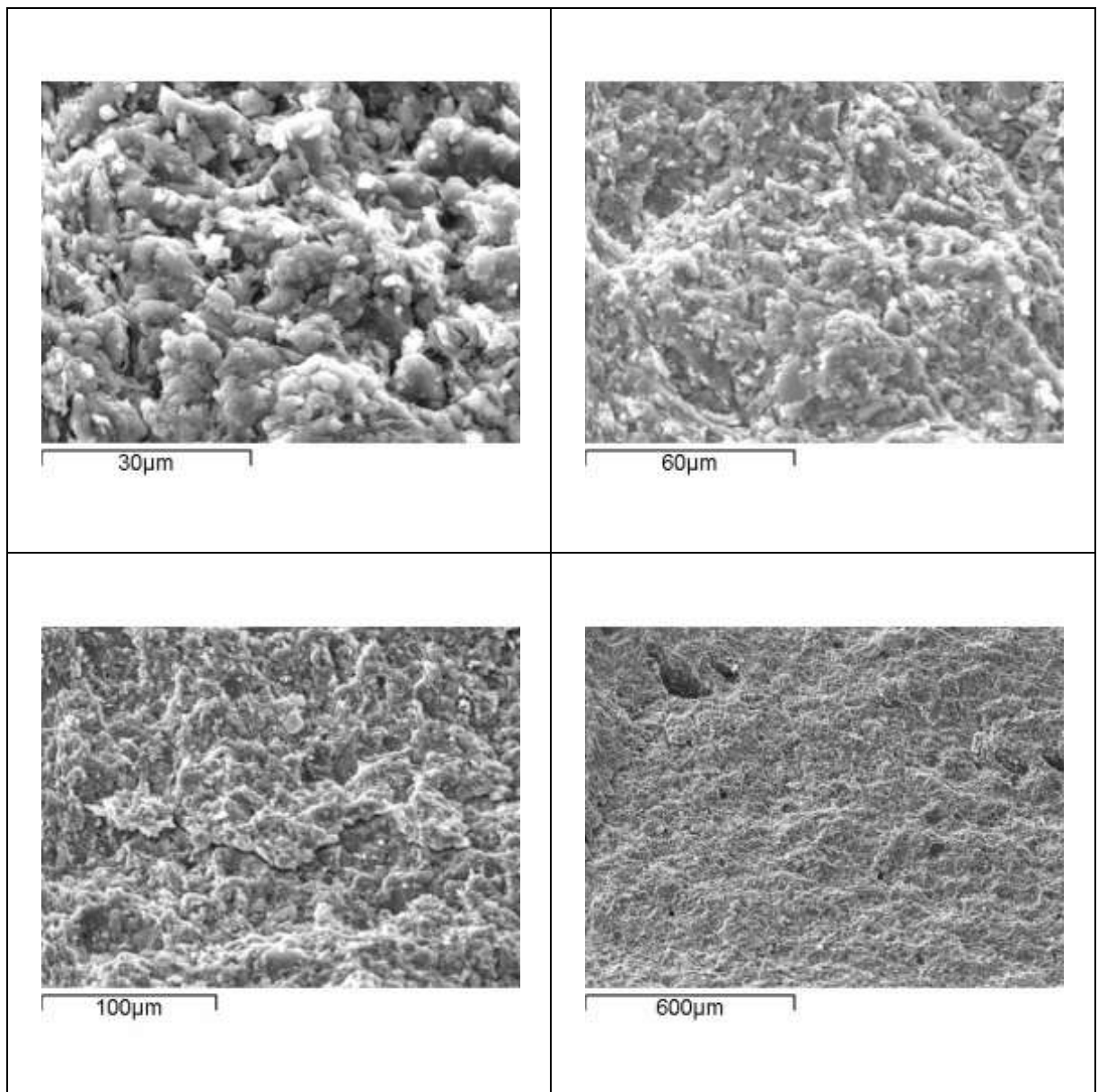


Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης SEM στην πρόσφατα θραυσμένη επιφάνεια θραύσης του κεραμικού A10. Η πιθανή θερμοκρασία όπτησης του είναι οι 1000 °C.

Ο ιστός του κεραμικού E5 αποτυπώνει τα αρχικά στάδια της διαδικασίας υαλοποίησης, όπου παρατηρούμε αλλαγές στις μορφές των κόκκων. Κατά την πετρογραφική παρατήρηση φαίνεται πως ο ιστός είναι λεπτοκρυσταλλικός και ο ασβεστίτης δεν

κατανέμεται ομοιόμορφα στην μάζα του κεραμικού. Γι' αυτόν το λόγο και η υαλοποίηση δεν είναι ανεπτυγμένη στον ίδιο βαθμό σε όλη την επιφάνεια. Η πιθανή θερμοκρασία όπτησης όπως προέκυψε από τα παραπάνω και από την περιθλασιμετρία ακτίνων-X είναι περίπου 900 °C. Ο μικρός βαθμός υαλοποίησης οφείλεται στο μικρό ποσοστό του ασβεστίου που περιέχεται στο δείγμα και στην ανομοιόμορφη κατανομή του.

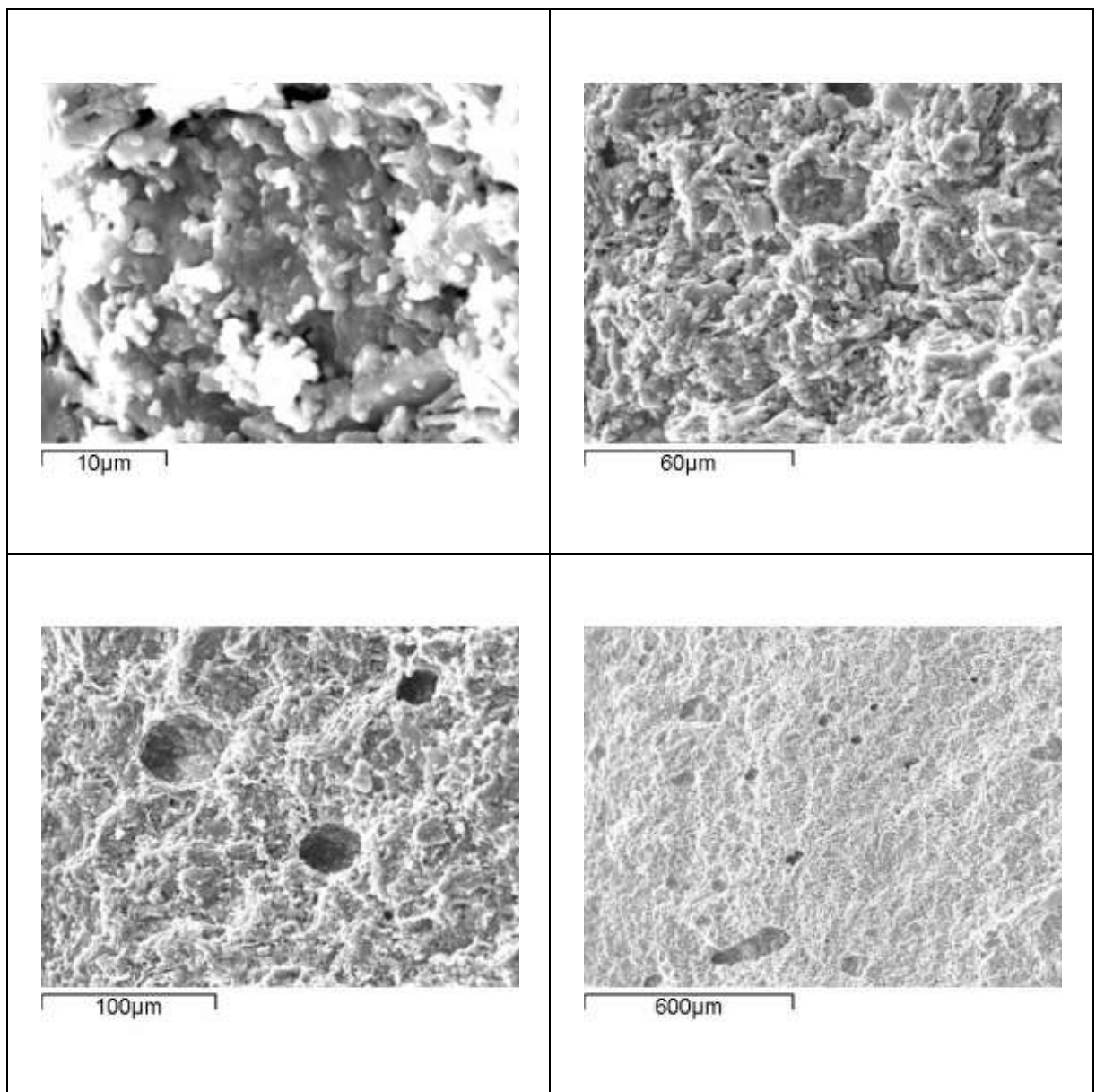
Δείγμα E5



Μικροφωτογραφίες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης SEM του δείγματος E5. Η θερμοκρασία όπτησής του είναι περίπου 900 °C..

Το δείγμα Δ3 φαίνεται πως βρίσκεται και αυτό σε αρχικό στάδιο υαλοποίησης, οι επιφάνειες των αργιλικών ορυκτών αρχίζουν να αλλάζουν μορφή. Οι υαλώδεις επιφάνειες που δημιουργούνται δεν είναι λείες, υποδεικνύοντας το αρχικό στάδιο της υαλοποίησης. Η πετρογραφική παρατήρηση εμφανίζει μια ανομοιομορφη δομή στην οποία είναι διάσπαρτοι κόκκοι αστρίων και χαλαζία. Σύμφωνα με τα παραπάνω και με την ορυκτολογία του συγκεκριμένου οστράκου το θερμοκρασιακό εύρος όπτησης βρίσκεται κάτω από 850 °C.

Δείγμα Δ3



Εικόνες από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM του δείγματος Δ3. Πιθανή θερμοκρασία όπτησης μικρότερη των 850 °C.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη των κεραμικών οστράκων, τα οποία ομαδοποιήθηκαν σύμφωνα με την τεχνοτροπία τους ως εξής:

1^η ομάδα-κεραμίδια και οπτόπλινθοι

2^η ομάδα-όστρακα με επίχρυσμα και εφυάλωση

3^η ομάδα-όστρακα μόνο με επίχρυσμα

4^η ομάδα-ακόσμητα όστρακα

5^η ομάδα-αγγεία αποτυχημένης όπτησης

6^η ομάδα-βυζαντινός τριποδίσκος

τα οποία βρέθηκαν σε κλίβανο έπειτα από ανασκαφή στο χώρο του Μικρού Θεάτρου της Άρτας, οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

Η μακροσκοπική εξέταση των κεραμικών η οποία αφορούσε το χρώμα και τη δομή τους, έδειξε μια έντονη ποικιλομορφία στα χρώματα των κεραμικών από ερυθρώπο κίτρινο έως ερυθρό καφέ και από ροζ γκρι έως ερυθρό. Η δομή όλων των οστράκων ήταν λεπτοκρυσταλλική. Η διαφοροποίηση των χρωμάτων υποδεικνύει διαφορετική σύσταση του ασβεστίτη στα κεραμικά καθώς και διαφορετικές συνθήκες όπτησης και θερμοκρασίες εντός του κλιβάνου.

Η μικροσκοπική εξέταση των στιλπνών τομών, έδειξε διαφορετικές υφές στην κύρια μάζα των οστράκων γεγονός που συνδέεται με την σύσταση των πρώτων υλών και με τη θερμοκρασία όπτησης.

Η περιθλασημετρία των Ακτίνων-X, η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις της μικροσκοπίας, εμφάνισε ένα εύρος θερμοκρασιών στα κεραμικά δείγματα που εξετάστηκαν από θερμοκρασίες μικρότερες των 600 °C έως 1000 °C. Η ομαδοποίηση που πραγματοποιήθηκε αρχικά συμπίπτει σε αρκετά μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης. Οι ορυκτολογικές φάσεις που ανιχνεύτηκαν από την εξέταση της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X είναι χαλαζίας,

ασβεστίτης, άστριοι, αιματίτης, μαγκεμίτης, ιλλίτης/μοσχοβίτης, γκαιτίτης, γκελενίτης, χλωρίτης, σπινέλιος.

Η χημική ανάλυση των δειγμάτων, συσχετίζεται με τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής μελέτης. Με τη χημική ανάλυση υπήρξαν κάποιες διαφοροποιήσεις όσον αφορά την πρώτη ύλη των κεραμικών ανά ομάδα, τα όστρακα της κάθε ομάδας δεν έχουν την ίδια χημική σύσταση μεταξύ τους.

Το πορώδες των δειγμάτων που μελετήθηκαν μας οδήγησε σε πιθανά συμπεράσματα όσον αφορά τον χρόνο όπτησης των κεραμικών. Η συσχέτιση αυτή έγινε συγκρίνοντας την τιμή του πορώδους με τη θερμοκρασία όπτησης και την πρώτη ύλη.

Η Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης, προσδιόρισε το βαθμό υαλοποίησης των κεραμικών και επιβεβαίωσε τις θερμοκρασίες όπτησης που είχαν υπολογιστεί από την περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ. Επίσης παρατηρήθηκε λεπτομερέστερα ο ιστός και οι αλλαγές στην μορφή των ορυκτών.

Έπειτα από την συνολική εικόνα που λαμβάνουμε από όλες τις πειραματικές αναλύσεις διαπιστώνουμε πως όλα τα κεραμικά χαρακτηρίζονται ως ασβεστιτικά με υψηλή περιεκτικότητα σε χαλαζία και η πρώτη ύλη η οποία χρησιμοποιούνταν από τους κεραμείς ήταν τοπικής προέλευσης, συμβατή με την τοπική γεωλογία της περιοχής.

Η εμφάνιση διαφορετικών ομάδων στα διαγράμματα της χημικής σύστασης όσον αφορά την πρώτη ύλη, οδηγεί στο συμπέρασμα πως υπήρχαν διαφορετικές συνταγές με τις οποίες οι κεραμείς κατασκεύαζαν τα κεραμικά.

Η ποικιλομορφία των κεραμικών μας πληροφορεί πως ο κλίβανος χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή μεγάλου εύρους κεραμικών, από δομικούς λίθους έως αγγεία με περίτεχνα σχέδια, κάτι το οποίο είναι λογικό αν αναλογιστούμε και την ιστορία της Άρτας σε σχέση με την κεραμική τέχνη.

Οι θερμοκρασίες όπτησης που προσδιορίστηκαν δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές και θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τα κεραμικά στο σύνολό τους ως ημιτελή, αυτό ίσως εξηγεί το λόγο για τον οποίο βρέθηκαν κοντά στον κλίβανο. Λόγω της αποτυχίας κατά τη διάρκεια της όπτησης ή των ενδεχόμενων πειραματικών προσπαθειών των κεραμέων να βρουν την σωστή πρώτη ύλη τα κεραμικά αυτά αποτέθηκαν εντός και στην περιοχή γύρω από τον κλίβανο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλεβίζος, 2009, « Μικροσκοπία ορυκτών πρώτων υλών και τεχνητών προϊόντων», Χανιά

Ανδριοπούλου Ναυσικά-Χρυσούλα, Χανιά 2013, «Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών κεραμικών ευρημάτων από το μεσαιωνικό κάστρο της Άρτας»

Βαβυλοπούλου-Χαριτωνίδου Αγγελική, 1986-1987 , «Ηπειρωτικά Χρονικά»

Βαβυλοπούλου-Χαριτωνίδου Αγγελική, Αθήνα 1986 «Βυζαντινή κεραμική στην Άρτα»

Γιαγκάκη Αναστασία, Αθήνα 2006 «Γραπτή εφυαλωμένη κεραμική από την ανασκαφή της αρχαίας Μεσσήνης»

Ζαχαρίου Ολίβια, Πάτρα 2013, «Τεχνολογική Μελέτη Αρχαίων Κεράμων Της Αρχαϊκής, Ελληνιστικής Και Ρωμαϊκής Περιόδου Και Αργιλικών Πρώτων Υλών Από Τις Περιοχές Sant' Angelo Vecchio Και Pantanello Ορυκτογραφική Και Γεωχημική Προσέγγιση»

Θεοδωρίκας Στέργιος, Θεσσαλονίκη 2002 «Ορυκτολογία Πετρολογία»

Θεοχαρίδου Καλλιόπη , Αθήνα 1988, «Συμβολή στη μελέτη της παραγωγής οικοδομικών κεραμικών προϊόντων στα βυζαντινά και μεταβυζαντινά χρόνια»

Καψιμάλης, Β, Τζιαβός, Χ, Λιβανός, Χ, και Αναγνώστου, Χ, 1999. Η νέα εκβολή του Αράχθου ποταμού (ΒΔ Ελλάδα): Παράγοντες που επηρεάζουν τη γεωμορφολογική εξέλιξη. , (1992), pp.1-7.

Κρητικάκη Άννα, Χανιά 2014, «Εργαστηριακές Ασκήσεις Στα Πλαίσια Του Μαθήματος Μεταλλουργικές Διεργασίες»

Κωστάκης Γ, Χανιά 2005, «Γενική Ορυκτολογία»

Κωστάκης Γ, Χανιά 2005, «Συστηματική Ορυκτολογία»

Κωστάκης Γ., Χανιά 2003, «Φυσικές Ιδιότητες Των Ορυκτών»

Λαμπροπούλου Α. Ελένη, Χανιά 2013 «Διερεύνηση των ορυκτολογικών και πετρογραφικών χαρακτηριστικών οπτοπλίνθων δόμησης από το Μεσαιωνικό Κάστρο της Άρτας»

Λεωνιδάκη Κωνσταντία , Χανιά 2012, «Ανάλυση κονιαμάτων του Ι.Ν. Γενεσίου Θεοτόκου Κορωνησίας Ν. Άρτας με ορυκτολογικές και πετρογραφικές μεθόδους»

Μαυρομμάτη Μαρία, Θεσσαλονίκη 2014, «Μελέτη Συντήρησης Υστερορωμαϊκού Κλιβάνου Στον Αρχαιολογικό Χώρο Της Αγοράς Του Διου»

Παντελής Δημήτρης , Αθήνα 2008, «Μη Μεταλλικά Τεχνικά Υλικά»

Παπανικόλα-Μπακιρτζή Δήμητρα , «Γνωριμία με τη Βυζαντινή Εφυαλωμένη Κεραμική». Αρχαιολογία & Τέχνες, Τεύχος 96, Σελίδες 23-29, Σεπτέμβριος 2005

Παπανικόλα-Μπακιρτζή Δήμητρα , **Κουσουλάκου Ντίνα**, Θεσσαλονίκη 2006, Επιστημονική Συνάντηση «Κεραμική Της Ύστερης Αρχαιότητας Από Τον Ελλαδικό Χώρο (3^{ος}-7^{ος} αι.μ.Χ.)»

Περράκη Θεοδώρα , **Οικονομόπουλος Ιωάννης**, Αθήνα 2010, «Μετατροπές Ορυκτολογικών Φάσεων Κατά Την Παρασκευή Κεραμικών Από Αργίλους Της Περιοχής ‘Αχλάδα’ Του Νομού Φλωρίνης»

Ράθωση Ε. Χριστίνα, Πάτρα 2005 «Αρχαιολογικά κεραμικά ΒΔ Πελοποννήσου και προέλευση των ορυκτών πρώτων υλών τους: Πετρογραφική, Ορυκτολογική Γεωχημική και Αρχαιομετρική προσέγγιση»

Σοφianoπούλου Α., Λαμπρόπουλος Β., Καντηράνης Ν., Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, 2004 «Μελέτη Τεχνολογίας Εφυαλωμένης Κεραμικής Σε Αντικείμενα Από Ανασκαφή Της Θεσσαλονίκης»

Τσιραμπίδης Ανανίας, 2008 «Ιζηματογενή Πετρώματα»

Froh J., «Archaeological Ceramics Studied by Scanning Electron Microscopy», *Hyperfine Interactions*, June 2004, Volume 154, Issue 1, pp 159-176.

George E.Christidis, Christine M. Shriner, Haydn H. Murray, «An Integrated Methological Approach For Source-Clay Determination Of Ancient Ceramics: The Case Of Aegina Island,Greece», *Clays and Clay Minerals*, Volume 62, Number 6, December 2014, pp. 447-469 (23)

Hasaki Eleni, University of Cincinnati 2002,«Ceramic Kilns in Ancient Greece: Technology and Organization of Ceramic Workshops»

Issi A.,2011, «Estimation of ancient firing technique by the characterization of semi-fused», *Ceramics International* 38(3), April 2012

Nevila Molla, «The Despotate of Epirus: The Archaeology of a Late Byzantine State», university of Siena, PhD Thesis

Nicol D., 1957, «The Despotete of Epios», Oxford, Basil Blackwell

Pavia S., «The determination of brick provenance and technology using analytical techniques from the physical sciences», *Archaeometry*, 48, 2, 2006, pp 201-218.

Trindade Maria Jose, Maria Isabel Dias, Joao Coroado, Fernando Rocha, «Firing Tests On Clay-Rich Raw Materials From The Algarve Basin: Study Of Mineral Transformations With Temperature», *Clay and Clay Minerals*, Volume 58, Number 2, April 2010, pp 188-204(17)